Université de Sherbrooke

Baccalauréat en biochimie de la santé
BCM 114 – Clonage moléculaire

Plan d'activité pédagogique

Automne 2026

Enseignant

Simon Labbé simon.labbe@usherbrooke.ca

Site web du cours : https ://moodle.usherbrooke.ca/course/view.php ?id=2594

Description officielle de l'activité pédagogique[1]

Cibles de formation :	Connaître et maîtriser les notions reliées aux techniques de base du clonage moléculaire et de l'analyse de l'ADN, menant à la production de protéines chez les bactéries, à partir de vecteurs d'expression.
Contenu :	Composantes, structures, formes de l'ADN et ses propriétés biochimiques ; la réplication, la transcription et la traduction. Enzymes de restriction et de modification ; fonctionnement des réplicons et propriétés des vecteurs de clonage. Principes et applications de la synthèse enzymatique de l'ADN ; polymérisation en chaîne et séquençage de l'ADN. Stratégies de clonage et d'expression d'un gène dans E. coli.
Crédits	1
Organisation	2.0 heures d'exposé magistral par semaine 1.0 heure de travail personnel par semaine
Concomitant	BCM112 ou BCM122
Particularités	Aucune

[1] https ://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/bcm114

1 Présentation

1.1 Mise en contexte

Depuis une trentaine d'années, la biologie moléculaire connaît un essor considérable, tant sur le plan des connaissances que sur celui de la technologie. L'avènement du clonage moléculaire et des techniques de recombinaison de l'ADN a déclenché une véritable révolution dans des domaines aussi variés que la génétique, l'agriculture, l'industrie pharmaceutique, la thérapie génique et les techniques policières. Ce cours prépare à suivre les activités *Génétique fondamentale et appliquée – GNT 305* et *Biologie moléculaire du gène – BIM 501*, deux cours de deuxième année au programme de Biochimie de la santé. Il utilise quelques notions de base vues dans le cours *Biochimie générale I – BCM 112* qui est offert en parallèle et passe en revue les principales techniques utilisées de nos jours par tout biochimiste et biologiste moléculaire.

1.2 Cibles de formation spécifiques

À la fin du cours, les étudiants devront être capables de :

1. Connaître la nature moléculaire des acides nucléiques, les propriétés des enzymes de restrictions et autres enzymes utilisés dans le clonage ;
2. Connaître les propriétés des vecteurs de clonage et des méthodes de sélection ;
3. Résoudre des problèmes reliés aux différentes techniques en intégrant leur utilisation et en concevant une approche expérimentale.

2 Organisation

Cette section propre à l'approche pédagogique de chaque enseignante ou enseignant présente la méthode pédagogique, le calendrier, le barème et la procédure d'évaluation ainsi que l'échéancier des travaux.

2.1 Méthode pédagogique

Exposé magistral

2.2 Calendrier

Date	Thème	Objectifs
2026-11-03	**Structure de l'ADN :** • Composantes • Structures • Propriétés biochimiques • Conventions de lecture de l'ADN et ARN **Réplication :** • Réplication semi-conservative de l'ADN • Fourche réplicative • ADN polymérases • Amorces ; fragments Okasaki, brin précoce et brin retardé • Mécanisme de réplication	• Connaître le dogme central de la biologie moléculaire • Comprendre la nature moléculaire de l'ADN et de l'ARN • Connaître la définition d'un gène, d'un ARNm (transcrit) et d'une protéine • Concept d'éléments agissant en cis et trans • Comprendre les concepts de réplication, transcription et traduction et bien les situer les uns par rapport aux autres • Connaître les composantes de base de la machinerie réplicative
2026-11-05	**Réplication (suite) :** • Le réplicon • La réplication des vecteurs de clonage **Méthodologies de clonage I :** • Éléments structuraux des vecteurs • Propriétés des vecteurs de clonage • Marqueurs de sélection • Sélection indirecte des vecteurs recombinants • Sélection directe bleue-blanche des vecteurs recombinants • Cotransformation de plasmides recombinants	**Exception horaire : jeudi 10h30 à 12h30** • Comprendre l'importance des origines de réplication dans la duplication du matériel génétique, particulièrement des plasmides • Comprendre les propriétés des vecteurs • Comprendre le concept d'ADN recombinant • Comprendre les principes et les méthodes qui résultent en la sélection de molécules recombinantes • Sélection indirecte et directe
2026-11-10	**Méthodologies de clonage I** • Méthodes de transformation • Enzymes de restriction et de modification • Groupe endonucléases de type II • Exemple de clonage du gène codant pour la protéine fluorescente verte nommée GFP	• Comprendre les principes et les méthodes qui permettent la transformation des bactéries • Connaître les propriétés des enzymes de restriction et de modification • Stratégies de clonage et d'expression d'un gène chez E. coli, levure, cellule humaine et souris transgénique

Table 1 :

2026-11-17	**Méthodologies de clonage II** • Stratégies de clonage moléculaire • Synthèse chimique de l'ADN • Notion d'amorce pour la néosynthèse de l'ADN **Mini-évaluation par équipe**	• Élaborer des stratégies afin de créer des molécules recombinantes • Connaître le principe et l'utilité de l'ADN synthétisé chimiquement
2026-11-24	**Applications du clonage** • Réaction de polymérisation en chaîne (PCR) • ADN polymérases thermostables • Détermination des paramètres de réaction d'amplification • Versatilité et sensibilité du PCR • PCR à partir de colonies • RT-PCR • RT-qPCR • Test de dépistage de SARS-CoV-2 **Méthodes d'analyse de l'ADN I** • Électrophorèse - applications	• Connaître les principes et les applications utilisant la réaction de polymérisation en chaîne (PCR) • Médecine légale • Méthode de Gibson • Connaître les principales méthodes employées pour l'analyse de fragments d'ADN • Connaître les principes de la réverse transcription – PCR • Classique • En temps-réel • Avec sonde Taq-Man • Avec SybrGreen • Connaître l'électrophorèse sur gels d'agarose et l'électrophorèse par capillaire
2026-12-01	**Méthodes d'analyse de l'ADN II** • Méthodes d'isolement de fragments d'ADN • Micro-colonne de résine de silice • Électroélution • Micro-colonne billes magnétiques • Ligature d'ADN : enzymes DNA ligases • Détermination des paramètres des ratios des concentrations des fragments et vecteurs • Stratégies de ligation et conditions pour favoriser la formation de molécules recombinantes • Déphosphorylation du vecteur • Clonage directionnel • Remplissage partiel des extrémités cohésives • Séquençage de l'ADN • DNA polymérases utilisées • Méthodes enzymatiques • Séquençage du génome humain	• Connaître les principales méthodes employées pour l'isolement de fragments d'ADN • Connaître les principales méthodes pour isoler des fragments d'ADN (suite) • Connaître les principes de ligature afin de créer des molécules recombinantes • Connaître les principes et les méthodes de séquençage de l'ADN • Méthode des didéoxy nucléotides radioactifs et fluorescents • Objectifs du séquençage des génomes, incluant celui de l'humain
2026-12-08	**Suite du cours précédent** **Période de questions** • Exemples de questions et problèmes posés à l'examen final	
2026-12-15	Examen final (date à reconfirmer)	Date à reconfirmer

Les séances ont lieu les mardis de 8h30 à 10h20, à la Faculté des sciences, sauf une exception.
Cours intensif débutant après la semaine de relâche.
Consultez l'horaire officiel pour connaître les locaux et la date de l'examen final via vos calendriers Outlook ou Horaire WEB.

2.2.1 Dates importantes

- Date limite de modification des activités pédagogiques : 2026-11-04
- Date limite d'abandon des cours sans mention d'échec : 2026-11-23
- Journées de congé dans la session :
  - Activités étudiantes : 2026-09-03
  - Fête du travail : 2026-09-07
  - Journée nationale de la vérité et de la réconciliation : 2026-09-30
  - Élections provinciales : 2026-10-05
  - Action de grâces : 2026-10-12

2.3 Évaluation

Type de l'évaluation	Pondération	Type de question	Durée	Utilisation des IAG[1]
Mini-évaluation	10 %			Limitée
Examen final	90 %	À choix multiples, Vrai ou Faux et à développement	3 h	Interdite

[1] Référez-vous à la page "Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative" à la fin du document.

2.3.1 Moyens d'évaluation

- Mini-évaluation par équipe (cours 4)
- Examen final

2.3.2 Critères d'évaluation

Par leurs réponses aux questions des examens, les étudiants doivent démontrer qu'ils ont compris les principes de la matière et qu'ils ont acquis les connaissances du domaine. Ils doivent être capables d'appliquer ces connaissances à la résolution de situations typiques de la biologie moléculaire. Participation obligatoire aux exercices en classe

2.3.3 Qualité de la langue et de la présentation

Conformément à l'article 17 du Règlement facultaire d'évaluations des apprentissages l'enseignante ou l'enseignant peut retourner à l'étudiante ou l'étudiant tout travail non conforme aux exigences quant à la qualité de la langue et aux normes de présentation.

2.3.4 Plagiat

Le plagiat, tel que défini dans le Règlement des études, est l'acte de « faire passer ou tenter de faire passer pour sien […] le travail d'une autre personne, des passages ou idées tirés de l'œuvre d'autrui ou du contenu, de toute forme, généré par un système d'intelligence artificielle (ce qui inclut notamment le fait de ne pas indiquer la source et la référence adéquate) » (article 9.4.1 du Règlement des études). Le plagiat est contraire aux valeurs académiques, démontre un manque d'éthique professionnelle et est considéré comme un délit relatif aux études.

Dans tous les cas de plagiat ou de toute autre manœuvre visant à tromper, une plainte sera déposée auprès de la personne responsable des dossiers disciplinaires de la Faculté et traitée selon la procédure prévue au Règlement des études. Toute personne reconnue avoir commis un délit se verra imposer une sanction disciplinaire en fonction de la gravité du délit et toute autre circonstance pertinente du dossier. Les sanctions pouvant être imposées sont décrites à l'article 9.5.7 du Règlement des études et peuvent inclure, sans y être limitées, à une réprimande consignée au dossier de l'étudiant, l'obligation de reprendre une activité pédagogique, l'attribution de la note E et le renvoi du programme d'études.

2.4 Échéancier des travaux

Les dates de remise des travaux seront indiquées sur les énoncés.

2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3 [2], l'utilisation d'ordinateurs, de cellulaires ou de tablettes pendant une prestation est interdite à condition que leur usage soit explicitement permise dans le plan de cours.

Dans ce cours, l'usage de téléphones cellulaires, de tablettes ou d'ordinateurs est autorisé. Cette permission peut être retirée en tout temps si leur usage entraîne des abus.

Tel qu'indiqué dans le règlement universitaire des études, section 4.2.3[3], toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission de la personne enseignante.

Note : Je réponds aux questions posées par courriel à l'extérieur des périodes de cours.

3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

Les notes de cours sont disponibles sur Moodle

4 Références

[1] Clark, D.P. : *Molecular Biology : understanding the genetic revolution*. Elsevier Academic Press,, 2005. ISBN 0-12-175551-7 (à la réserve de la bibliothèque des sciences).

[2] Lewin B : *GENES VI*. DeBoeck Universi, 1999. ISBN 2-7 445-0024-0.

[3] Primeroses S., Twman R. et Old B : *Principes de génie génétique*. DeBoeck Université, 2004. ISBN 2-8041-4590-5.

[4] Watson J., Baker T., Bell S., Gann A., Levine M. et Losick R : *Biologie moléculaire du gène*. Pearson Education, 2009. ISBN 978-2-7440-7348-9.

[2] https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/Sciences_Reglement_complementaire.pdf

[3] https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/

Faculté des sciences UdS

Délits relatifs aux études

Extrait du règlement des études (Règlement 2575-009)

Sont notamment considérés comme un délit relatif aux études les faits suivants :

a) commettre un plagiat, soit faire passer ou tenter de faire passer pour sien, dans une production évaluée, le travail d'une autre personne, des passages ou idées tirés de l'œuvre d'autrui ou du contenu, de toute forme, généré par un système d'intelligence artificielle (ce qui inclut notamment le fait de ne pas indiquer la source et la référence adéquate);
b) commettre un autoplagiat, soit soumettre, sans autorisation préalable, une même production, en tout ou en partie, à plus d'une activité pédagogique ou dans une même activité pédagogique (notamment en cas de reprise);
c) usurper l'identité d'une autre personne ou procéder à une substitution de personne lors d'une production évaluée ou de toute autre prestation obligatoire;
d) fournir ou obtenir toute forme d'aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle (incluant l'assistance provenant d'un système d'intelligence artificielle), pour une production faisant l'objet d'une évaluation;
e) obtenir par vol ou toute autre manœuvre frauduleuse, posséder ou utiliser du matériel non autorisé de toute forme (incluant le matériel numérique et celui généré par un système d'intelligence artificielle) avant ou pendant une production faisant l'objet d'une évaluation;
f) copier, contrefaire ou falsifier un document pour l'évaluation d'une activité pédagogique;
k) posséder ou avoir à sa portée un appareil électronique ou numérique interdit durant une activité d'évaluation;

[...]

Un guide sur l'intégrité intellectuelle vous est rendu disponible par le service des bibliothèques et des archives de l'Université de Sherbrooke, afin de bien comprendre les différents délits et ainsi éviter d'être aux prises avec un dossier disciplinaire et une ou des sanctions.

Les mesures pouvant être imposées à titre de sanctions disciplinaires sont les suivantes :

a) la réprimande simple ou sévère consignée au dossier étudiant pour la période fixée par l'autorité disciplinaire ou à défaut, définitivement. En cas de réprimande fixée pour une période déterminée, la décision rendue demeure au dossier de la personne aux seules fins d'attester de l'existence du délit en cas de récidive;
b) l'obligation de reprendre une production ou une activité pédagogique, dont la note pourra être établie en tenant compte du délit survenu antérieurement;
c) la diminution de la note ou l'attribution de la note E ou 0;

[...]

UDS Faculté des sciences

Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative

Autorisés ou pas dans les situations d'apprentissage et d'évaluation ?

NIVEAU 0	NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3	NIVEAU 4
L'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative (IAg) est limitée, voire complètement interdite parce que la personne enseignante considère que l'usage de ces outils nuit au développement de compétences essentielles. Ces compétences peuvent être disciplinaires, comme elles peuvent être d'ordre méthodologique, rédactionnel ou informationnel. Considérant que l'utilisation des IAg requiert un esprit critique, il peut s'agir d'une situation d'apprentissage ou d'évaluation sans IAg qui vise à développer celui-ci. Dans ces situations, **la personne étudiante produit le travail**.			L'utilisation prononcée des IAg est permise parce que la personne enseignante considère que les personnes étudiantes sont en mesure d'exercer un esprit critique et sont capables de juger de la qualité des contenus produits par les IAg. Ou encore, l'utilisation est encouragée parce que la situation d'apprentissage ou d'évaluation proposée contribue à développer leur esprit critique. Dans ces situations, l'IAg produit le travail préliminaire, alors que **la personne étudiante s'assure de sa qualité en l'améliorant**.	
Utilisation interdite	**Utilisation limitée**	**Utilisation guidée**	**Utilisation balisée**	**Utilisation libre**
Le **NIVEAU 0** signifie que l'**utilisation est interdite**. Ceci signifie que si la personne enseignante a un motif de croire qu'il y a eu l'utilisation d'une IAg dans une situation d'évaluation, elle doit dénoncer les faits auprès de la personne responsable des dossiers disciplinaires universitaires. Il s'agit d'un délit relatif aux études tel que stipulé dans le Règlement des études.	Le **NIVEAU 1 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée uniquement pour assister l'apprentissage dans le domaine disciplinaire ou des langues**. Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation peut être considérée comme un délit. Par exemple : Domaine disciplinaire : - S'inspirer - Générer des idées - Explorer un sujet pour mieux le comprendre - Générer du matériel pour apprendre Domaine des langues : - Identifier ses erreurs et se les faire expliquer - Reformuler un texte - Générer un plan pour aider à structurer un texte - Traduire un texte	Le **NIVEAU 2 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée pour améliorer un travail produit par la personne étudiante**. Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit. Par exemple : - Analyser des contenus - Obtenir une rétroaction - Évaluer la qualité de son travail à partir de critères - Demander à être confronté relativement à ses idées, à sa démarche - Diriger les processus de résolution de problèmes	Le **NIVEAU 3 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée pour produire un travail qui sera amélioré.** Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de citer selon les normes[1] le contenu généré par l'IAg** ou **de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit. Par exemple : - Résumer ou rédiger des parties d'un texte - Générer un texte ou un modèle d'une production et l'adapter - Réaliser des calculs mathématiques - Produire du code informatique - Résoudre des problèmes complexes - Répondre à une question - Générer des images, ou autres contenus multimédias	Le **NIVEAU 4 D'UTILISATION** signifie qu'**aucune restriction spécifique n'est imposée**. Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de citer selon les normes[1] le contenu généré par l'IAg** ou **de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit. Ce niveau inclut tout ce qui précède, de l'exploration à la production, ainsi que toute autre tâche particulière jugée complexe.

UDS Faculté des sciences

À considérer avant l'utilisation d'outils d'intelligence artificielles génératives

Si, en tant que personne étudiante envisagez d'utiliser un outil d'intelligence artificielle générative (IAG) lorsque l'évaluation autorise les niveaux 1 à 4 d'utilisation mentionnés précédemment.

Dans ce cas, gardez à l'esprit les éléments clés suivants.

- Vous assumez la responsabilité de tout le contenu produit, avec ou sans IAG, et intégré à votre production.
- Les produits des outils d'IAG peuvent très souvent comporter **des erreurs ou des faussetés** (hallucinations) : on doit donc impérativement valider tout contenu généré par ces outils.
- Dans l'état actuel de la Loi sur le droit d'auteur du Canada, les **productions faites par l'IAG sont du domaine public,** puisque les outils d'IAG ne sont pas reconnus comme des auteurs au sens de la Loi et que les contenus générés ne répondent pas aux critères d'une œuvre protégée, notamment aux critères d'originalité.
- L'entreprise qui fournit le service pourrait émettre certaines exigences dans ses conditions d'utilisation. Comme l'algorithme et le code informatique appartiennent à l'entreprise qui les a développés, nous devons tenir compte de ces conditions. Celles-ci pourraient également fournir des précisions relatives à la **réutilisation des données soumises (confidentialité)**.

Comment déclarer l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle générative

Dans l'esprit d'une conduite intègre et responsable, vous devez TOUJOURS mentionner de façon explicite toute utilisation de l'intelligence artificielle, conformément au Règlement des études (9.4.1 Délits relatifs aux études). De plus, à des fins pédagogiques, il est recommandé de toujours intégrer à la production les requêtes, de même que les réponses intégrales générées par les outils d'IAG. Celles-ci pourront être intégrées directement dans le corps du texte ou en note de bas de page. Les réponses longues pourraient être insérées en annexe de votre document ou dans des documents supplémentaires, selon les directives de la personne enseignante.

L'utilisation de ces deux documents s'avèrera utile, ils se trouvent sous licence libre, donc vous pouvez utiliser les tableaux et les adapter selon votre besoin:

1. Modèle de citation : Ce formulaire, à remplir par l'enseignant, donne un exemple aux étudiants de citation de l'IAg dans la réalisation d'un travail évalué ou non.
2. Déclaration d'usage : Ce formulaire, à remplir par les étudiants, doit être remis avec une réalisation afin de déclarer l'usage de l'IAg dans la réalisation, qu'elle soit évaluée ou non.

Référence

La Faculté des sciences tient à remercier le SSF pour la production des documents.

- Cabana, M. et Côté, J.-A. (2024). Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence CC BY 4.0.
- Cabana, M. et Beaudet, M. (2024). Directives de déclaration de l'utilisation de l'intelligence artificielle générative dans une production étudiante. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence CC BY 4.0.
- Cabana, M. (2024). Formulaire de déclaration de l'utilisation de l'intelligence artificielle générative dans une production étudiante. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence CC BY 4.0.