

Manitoba

Éducation, Citoyenneté et Jeunesse

BIOLOGIE, 12^e ANNÉE

Document de mise en œuvre

Partie 1 - Génétique

Regroupement 2 – Les mécanismes de l'hérédité

ÉBAUCHE NON RÉVISÉE

Mars 2007

Danièle Dubois-Jacques

Conseillère pédagogique

Bureau de l'éducation française

1181, avenue Portage, bureau 509

Téléphone : 1-800-282-8069, poste 6620 ou 945-6620 (appels locaux)

Courriel : daniele.dubois-jacques@gov.mb.ca

S4B-2-01, décrire les importantes contributions et percées scientifiques qui ont abouti à la compréhension de la structure et de la fonction de la molécule d'ADN,

entre autres la chronologie des événements, les contributions individuelles, la collaboration multidisciplinaire, le milieu compétitif.

Renseignements pour l'enseignant

Le cheminement historique ayant mené à la connaissance de la structure et de la fonction de l'ADN représente un excellent exemple du fonctionnement de la science. Le défi des enseignants consiste à communiquer aux élèves l'enthousiasme que soulèvent les percées scientifiques et à les aider à comprendre la nature de la science.

Historique

Contributions/découvertes

- Friedrich Miescher : isole les acides nucléiques du noyau de leucocytes (globules blancs).
- Phoebus Levene : démontre que l'ADN et l'ARN sont des acides nucléiques distincts mais composés de longues chaînes de nucléotides.
- Walter Sutton et Theodor Boveri : émettent l'hypothèse selon laquelle le matériel génétique de la cellule serait porté par les chromosomes (théorie chromosomique de l'hérédité).
- T.H. Morgan et coll. : démontrent que les gènes sont dispersés en séries linéaires sur les chromosomes
- Fred Griffith : par ses expériences, découvre que le matériel génétique est probablement formé d'ADN.
- Oswald Avery et coll. : leurs expériences semblent aussi indiquer que l'ADN est probablement ce qui forme le matériel génétique.
- Alfred Hershey et Martha Chase : démontrent clairement que l'ADN est bien le support du matériel génétique de la cellule.
- Edwin Chargaff : le nombre de bases d'adénine égale toujours le nombre de bases de thymine, et le nombre de cytosines égale toujours le nombre de guanines.
- Rosalind Franklin et Maurice Wilkins : découvrent la structure hélicoïdale de l'ADN au moyen de la cristallographie par diffraction des rayons X.
- James Watson et Francis Crick : proposent le modèle de la double hélice de la structure de l'ADN.

Stratégies d'enseignement suggérées

EN TÊTE

Question d'introduction

Poser la question suivante aux élèves : On voit souvent des diagrammes et modèles de l'ADN dans les médias électroniques et imprimés. Selon vous, comment les chercheurs ont-ils fait pour déterminer la structure de l'ADN?

EN QUÊTE

Activité de laboratoire – Extraction de l'ADN

On peut facilement trouver des expériences de laboratoire permettant d'extraire l'ADN en consultant des manuels scolaires, des guides de laboratoire et Internet. Ce sont des techniques relativement simples d'exécution, qui utilisent des matières peu coûteuses (savon à vaisselle, NaCl, éthanol et tissus végétaux ou animaux ...) et des fournitures simples (bêchers, éprouvettes, pilon et mortier...).

La technique d'extraction utilisée ressemble en fait à celle que Friedrich Miescher a mise au point en 1869, mais de nos jours, les élèves ont accès à des méthodes de réfrigération modernes permettant de garder la glace et l'éthanol au froid. L'ADN extrait forme de longues chaînes que l'on peut enrouler autour d'une tige de verre ou d'une baguette. Cependant, il est impossible de voir la structure en double hélice à l'œil nu.

Stratégies d'évaluation suggérées

Consulter la section des Renseignements pour l'enseignant à l'annexe 3 du regroupement 1, qui porte sur l'évaluation des compétences en laboratoire des élèves. Les compétences en laboratoire peuvent être évaluées (voir les annexes 3a, Liste de contrôle des compétences en laboratoire – Compétences générales, et 3b, Liste de contrôle des compétences en laboratoire – Capacité de raisonnement).

Projet de recherche et présentation

Assigner à chaque élève ou groupe d'élèves un chercheur ou une équipe de chercheurs qui ont contribué à notre compréhension de la structure et de la fonction de la molécule d'ADN. Amener les élèves à préparer une présentation démontrant la contribution du scientifique ou de l'équipe de scientifiques qu'ils doivent étudier. Cette présentation peut prendre diverses formes; laisser aux élèves le choix du type de présentation qui les intéresse pour transmettre leurs connaissances. Il peut s'agir d'une saynète (entrevue télévisée, débat entre chercheurs, bulletin de nouvelles télévisé, reconstitution de l'événement). Élaborer des critères d'évaluation de concert avec les élèves. S'assurer que les aspects du contenu et de la présentation sont inclus dans ces critères, comme les suivants :

- date des travaux ou de la publication
- principale découverte du scientifique ou de l'équipe de scientifiques
- données biographiques (p. ex., endroit où se sont déroulées les recherches, antécédents du chercheur)
- emploi d'une terminologie appropriée

Stratégies d'évaluation suggérées

Évaluer le projet de recherche et la présentation en regard des critères établis avec les élèves (voir un exemple de barème d'évaluation de saynète à l'annexe 1).

Pour les présentations, demander aux élèves de créer un schéma conceptuel (organigramme) résumant l'information. Leur indiquer que l'organigramme devrait

démontrer que les idées et techniques élaborées par les chercheurs des époques antérieures ont servi de tremplin et d'outils pour l'avancement de nos connaissances sur l'ADN (évaluation formative).

Évaluer la compréhension des élèves concernant la nature de la science en leur posant la question suivante :

Les historiens discutent de la mesure dans laquelle certains personnages clés ont contribué à changer le cours de l'histoire. Pensez-vous que les chercheurs ou équipes de chercheurs que vous avez étudiés dans cette section ont fait avancer nos connaissances? Expliquez votre réponse.

S4B-2-02 décrire la structure d'un nucléotide d'ADN, entre autres le sucre désoxyribose, le groupement phosphate, les bases azotées;

S4B-2-03 décrire la structure d'une molécule d'ADN, entre autres la double hélice, les nucléotides, l'appariement des bases complémentaires, le gène.

Connaissances antérieures

Les élèves ont appris les termes ADN, chromosomes et gènes au cours de sciences de la 9^e année. Ils n'ont pas encore étudié la structure de l'ADN à l'école, mais ils peuvent en avoir appris sur le sujet dans les médias.

Renseignements pour l'enseignant

Réviser avec les élèves la nature de l'ADN, l'acide nucléique qui porte et transmet l'information génétique de la cellule d'une génération à la suivante. Utiliser des diagrammes, vidéos, modèles et animations sur ordinateur pour illustrer et décrire la structure des nucléotides et de l'ADN pour mieux faire comprendre aux élèves la structure de l'ADN.

Données de base

Une molécule d'ADN est formée d'éléments appelés nucléotides. Chaque nucléotide d'ADN se compose d'un sucre à 5 carbones (désoxyribose), d'un groupement phosphate et d'une des quatre bases azotées possibles (adénine, thymine, guanine, cytosine). Les nucléotides sont reliés entre eux pour former des chaînes qui peuvent varier en longueur et dans la séquence des bases azotées. C'est la séquence des bases azotées qui contient le code génétique de l'ADN.

Stratégies d'enseignement suggérées

EN TÊTE

Question d'introduction

Écrire les lettres A D N au tableau ou sur une grande feuille de papier. Demander aux élèves ce qui leur vient à l'esprit quand ils voient ces lettres. Inviter les élèves à

exprimer à voix haute leurs réponses. Accepter toutes les réponses et les inscrire sur le tableau ou la feuille de papier, en les regroupant par catégories. Par exemple, nucléotide, ACGT (adénine/cytosine/guanine/ thymine), double hélice = structure; identification par le code génétique, émissions de télé sur des enquêtes criminelles = usage médico-légal; aliments génétiquement modifiés, OGM, ADN recombinant = technologie génétique, ...

EN QUÊTE

Enseignement direct

Utiliser des diagrammes, vidéos, modèles et animations sur ordinateur pour illustrer et décrire la structure des nucléotides et de l'ADN. Discuter avec les élèves de la structure des nucléotides, composés d'un sucre à 5 carbones (désoxyribose), d'un groupement phosphate et d'une base azotée. Comme il existe quatre bases azotées différentes (adénine, guanine, thymine et cytosine), il y a quatre nucléotides possibles.

Stratégies d'évaluation suggérées

Demander aux élèves de préparer un cadre conceptuel ou un survol conceptuel des éléments suivants : nucléotide d'ADN et molécule d'ADN (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 11.23-11.26, p. 11.36, p. 11.37).

Analogie

En examinant la structure de la molécule d'ADN, utiliser l'analogie d'une échelle en spirale. Les montants de l'échelle correspondent au « squelette » de la molécule, formé de sucres et de phosphates, tandis que les barreaux de l'échelle représentent les paires de bases azotées. Les montants d'une échelle sont solides et confèrent une stabilité à la structure. Dans l'ADN, ces « montants » sont retenus solidement ensemble grâce à des liaisons covalentes, tandis que chaque « barreau » est lié à l'autre par une liaison hydrogène (ou pont hydrogène) plus faible. Tout comme l'échelle, l'ADN comporte deux moitiés complémentaires.

Pour que l'échelle puisse supporter le poids d'un grimpeur, les barreaux de l'échelle doivent tous être de la même longueur. C'est pourquoi la thymine ne peut se lier qu'à l'adénine, et la cytosine ne s'associe qu'à la guanine. Si un lien se formait entre la cytosine et la thymine, le barreau serait trop court. Et l'appariement de guanine avec l'adénine donnerait un barreau trop long. La double hélice de la molécule d'ADN est le résultat de l'enroulement de l'échelle en tire-bouchon (spirale).

Stratégies d'évaluation suggérées

Demander aux élèves de réagir à l'énoncé suivant dans leur journal de sciences.

Les analogies peuvent aider à apprendre de nouveaux concepts, mais elles ne sont pas des représentations parfaites de ces concepts. Discuter des forces et des faiblesses de l'analogie de l'échelle pour la description de la structure de l'ADN.

Évaluer l'exactitude et la logique des réponses des élèves.

Exemples de points forts de l'analogie :

- Forme en double hélice bien représentée
- Emplacement exact du squelette sucre-phosphate
- Emplacement exact des nucléotides

Exemples de faiblesses de l'analogie :

- Nucléotides distincts (A, T, C et G) non représentés
- Molécules distinctes de sucre et de phosphate non montrées
- Paires de bases (A-T, C-G) non représentées

Élaboration du modèle

Il est facile de trouver des activités simples à exécuter pour l'élaboration du modèle de l'ADN dans des manuels, des guides de laboratoire et sur Internet. Demander aux élèves de bâtir des modèles d'ADN en utilisant, par exemple, le matériel suivant : papier pour découper des nucléotides, glaise, trombones, billes, cure-pipe, etc.

Stratégies d'évaluation suggérées

Évaluer les modèles des élèves; vérifier si les bases sont bien jumelées. S'assurer de pouvoir détacher facilement les paires de bases car les modèles pourront servir ultérieurement à simuler la réplication de l'ADN et la transcription en ARN.

Ressources

Le site Génie du génome (http://www.nature.ca/genome/index_f.cfm) présente la structure de l'ADN ainsi que la synthèse des protéines.

Le matériel génétique (<http://membres.lycos.fr/coursgenetique/genetique.htm>) présente la structure de l'ADN et de l'ARN.

Les nucléotides (<http://ici.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/pascal/nya/genetique/notesadn/adn3.htm>)

Le site DNA Interactive (www.dnai.org) présente des animations 3D illustrant la structure de la molécule d'ADN. Suggérer aux élèves de jouer au jeu interactif proposé et de bâtir un fragment d'ADN. (en anglais)

Le site Web du Genetic Science Learning Center <http://gslc.genetics.utah.edu> renferme une section intitulée « Basics and Beyond ». Au moyen de didacticiels et d'animations interactives, le site fournit de l'information sur la structure, la réplication, la transcription et la traduction de l'ADN.

S4B-2-04 décrire le processus de la réplication de l'ADN, entre autres la matrice, la réplication semi-conservatrice, le rôle des enzymes.

Renseignements pour l'enseignant

Discuter de l'exactitude du processus de réplication (ou copie) en soulignant le fait qu'un côté de la molécule agit comme modèle pour la formation de l'autre. Ce processus est dit semi-conservateur parce que chaque nouvelle molécule d'ADN formée porte la moitié de la molécule originale.

Décrire le rôle joué par les enzymes dans le processus de réplication. Les brins d'ADN se séparent sous l'action d'un enzyme, et les bases se dissocient. Un deuxième enzyme reconnaît les bases désappariées et les associe à des nucléotides complémentaires libres. L'enzyme lie ensuite les sucres et les phosphates ensemble pour former le squelette du nouveau brin. D'autres enzymes « vérifient » les nouveaux brins pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreur et les corrigent au besoin.

Données de base

Insister sur le fait que les deux nouvelles molécules d'ADN formées par réplication doivent être identiques à la molécule originale, et que c'est l'exactitude du processus de réplication qui maintient l'intégrité du code génétique d'une génération de cellules à la suivante, d'un parent à ses enfants.

La réplication de l'ADN est assez rapide, jusqu'à 4 000 nucléotides pouvant être « copiés » par seconde, ce qui explique pourquoi des bactéries peuvent se reproduire en vingt minutes, dans des conditions idéales.

Stratégies d'enseignement suggérées

EN TÊTE

Question d'introduction

Poser aux élèves la question suivante.

Quand Watson et Crick ont élaboré leur modèle de la structure de l'ADN, ils ont immédiatement reconnu que la nature complémentaire des deux branches de l'hélice pouvait fournir un mécanisme permettant la réplication exacte de l'ADN. D'après ce que vous savez de la structure de l'ADN, pouvez-vous proposer un mécanisme permettant de copier exactement l'ADN?

EN QUÊTE

Enseignement direct

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire la réplication semi-conservatrice de l'ADN.

Stratégies d'évaluation suggérées

Inviter les élèves à simuler le processus de réplication de l'ADN à l'aide des modèles d'ADN construits précédemment. Préciser qu'ils devraient obtenir deux nouveaux modèles d'ADN, chacun renfermant un brin de l'ADN original et un nouveau brin.

Amener les élèves à répondre aux questions ci-dessous dans leur journal de sciences :

- *En quoi la structure de l'ADN favorise-t-elle la réplication?*
- *Pourquoi est-ce si important que les cellules formées par réplication soient parfaitement identiques à la cellule originale?*

Évaluer la logique et l'exactitude des réponses.

S4B-2-05 comparer l'ADN et l'ARN en ce qui concerne leur structure, leur rôle et leur emplacement dans la cellule;

S4B-2-06 souligner les étapes de la synthèse des protéines, entre autres l'ARN messager, le codon, l'acide aminé, la transcription, l'ARN de transfert, l'anticodon, le ribosome, la traduction;

Connaissances antérieures

En huitième année, les élèves ont appris les principales structures des cellules végétales et animales, et leurs fonctions. Le rôle des protéines dans l'organisme est discuté au cours de biologie de la 11^e année.

Renseignements pour l'enseignant

En général, les élèves peuvent comprendre les processus de réplication et de transcription de l'ADN, mais le concept de traduction peut être difficile à saisir. Employer des stratégies d'enseignement pour les aider à mieux comprendre en quoi consiste la synthèse des protéines.

Données de base

L'ARN diffère de l'ADN sous les aspects suivants :

- l'ARN renferme la base azotée uracile au lieu de la thymine,
- l'ARN contient un ribose au lieu d'un désoxyribose,
- l'ARN est à simple brin
- l'ARN transporte l'information génétique à partir de l'ADN du noyau jusqu'aux ribosomes dans le cytoplasme,
- l'ARN se présente sous trois formes (ARN messager/ARNm, de transfert/ARNt, ribosomique/ARNr), qui participent toutes à la traduction de l'information génétique en une séquence d'acides aminés formant les protéines.

Stratégies d'enseignement suggérées

EN TÊTE

Question d'introduction

Demander aux élèves de se rappeler l'emplacement et la fonction des parties suivantes de la cellule : noyau, membrane nucléaire, cytoplasme, ribosomes.

Poser la question suivante aux élèves : Si le code génétique des protéines est contenu dans l'ADN du noyau de la cellule et si les ribosomes servant à la synthèse des protéines sont situés dans le cytoplasme, comment les protéines peuvent-elles être formées?

EN QUÊTE

Enseignement direct

Utiliser des diagrammes, des vidéos, des modèles ou des animations informatiques pour illustrer et décrire les processus régissant la transcription et la traduction de l'information génétique.

Stratégies d'évaluation suggérées

1. Inviter les élèves à utiliser les renseignements reçus à l'étape de l'enseignement direct ou dans des documents pour créer un schéma conceptuel (organigramme) afin d'illustrer le processus de la synthèse des protéines. Préciser que ce schéma conceptuel peut servir pour l'évaluation formative afin de déterminer le niveau de compréhension des élèves. Au besoin, réviser et/ou réexpliquer la matière.
2. Amener les élèves à préparer un cadre de comparaison et contraste faisant la distinction entre ADN et ARN, ou entre transcription et traduction.
3. Demander aux élèves de compléter le tableau suivant à l'aide du code génétique de l'ARNm.

complément d'ADN	modèle d'ADN	codon d'ARNm	anticodon d'ARNt	acide aminé
_____	_____	_____	<u>GCG</u>	_____
<u>GTA</u>	_____	_____	_____	_____
_____	_____	<u>AAC</u>	_____	_____
_____	_____	_____	_____	<u>tryptophane</u>
_____	<u>AGC</u>	_____	_____	_____

Réponses

complément d'ADN	modèle d'ADN	Codon d'ARNm	Anticodon d'ARNt	acide aminé
CGC	GCG	CGC	GCG	arginine
GTA	CAT	GUA	CAU	valine
AAC	TTG	AAC	UUG	asparagine
TGG	ACC	UGG	ACC	tryptophane
TCG	AGC	UCG	AGC	sérine

Analogie

Avec l'aide de quelques élèves, simuler une chaîne de montage pour la fabrication d'un « machin » quelconque, et faire le lien avec le processus de transcription et de traduction de l'ADN.

Le grand patron (ADN) a les plans pour ce machin.

Le superviseur (ARNm) fait une copie du plan et emporte la copie à la chaîne de montage dans l'atelier.

Les coureurs (ARNt) apportent le matériel nécessaire (acides aminés) de l'entrepôt à la chaîne de montage.

Les monteurs (ribosomes) attachent les pièces les unes aux autres pour former le machin (protéines).

EN FIN

L'activité Créer un animal fictif (voir l'annexe 2a) simule le mécanisme de la synthèse des protéines et détermine les caractéristiques de cet animal fictif.

Stratégies d'évaluation suggérées

Demander aux élèves d'évaluer leur propre travail après l'activité Créer un animal fictif, ou de le faire évaluer par leurs pairs. Voir les réponses à l'annexe 2b.

S4B-2-07 faire le lien entre une mutation génique et les conséquences possibles sur la protéine codée,

par exemple la mutation ponctuelle dans l'anémie falciforme, la mutation par décalage du cadre de lecture dans la beta-thalassémie;

S4B-2-08 discuter des répercussions de la mutation génique sur la variation génétique,

entre autres la source de nouveaux allèles;

Connaissances antérieures

En 9^e année, les élèves ont étudié et décrit les facteurs environnementaux et les choix personnels pouvant mener à des mutations génétiques.

Renseignements pour l'enseignant

Être conscient de la possibilité qu'un élève de la classe soit atteint d'une condition comme l'anémie falciforme (drépanocytose) ou la thalassémie, ou qu'il ait un membre de sa famille, un voisin ou un ami dans cette situation.

Rappeler aux élèves que seules les mutations se produisant dans les cellules sexuelles (gamètes) peuvent être transmises à la génération suivante. Les mutations dans des cellules somatiques ne peuvent pas être transmises aux descendants.

Données de base

La mutation est le seul mécanisme permettant l'introduction de nouveau matériel génétique dans le patrimoine héréditaire (ou fonds génique). Souvent, les mutations comportant la substitution entre bases sont neutres ou sans effet. Par exemple, la redondance dans le code génétique signifie qu'un seul acide aminé peut être codé par plusieurs codons. Ainsi, le changement d'une seule base n'entraînera peut-être pas de changement de l'acide aminé. En outre, la substitution d'un acide aminé pour un autre peut être sans effet sur la fonction d'une enzyme si le site actif de l'enzyme n'a pas changé.

En général, des changements aléatoires (dus au hasard) dans les nucléotides de l'ADN entraînent une altération des protéines, ce qui nuit à leur fonctionnement normal. Les molécules d'hémoglobine chez des personnes atteintes de formes sévères (homozygotes) d'anémie falciforme et de thalassémie ne peuvent pas transporter l'oxygène aussi bien que normalement. L'anémie falciforme est un

exemple de mutation ponctuelle, soit la substitution d'un nucléotide par un autre dans l'ADN, si bien qu'un codon peut lancer le code d'un acide aminé différent. La beta-thalassémie est un exemple de mutation par décalage du cadre de lecture, impliquant la suppression ou l'ajout de nucléotides, si bien que tous les codons au-delà du point d'insertion ou de suppression sont mal « lus » au moment de la traduction. Voir l'annexe 3 : Mutations ponctuelles et mutations par décalage du cadre de lecture.

Toutefois, il arrive occasionnellement que la protéine altérée fonctionne mieux que normalement ou confère un avantage sélectif à celui qui le possède. C'est de cette façon qu'apparaissent de nouveaux allèles, qui contribuent à l'évolution des espèces. Dans le cas de l'anémie falciforme et de la thalassémie, les individus hétérozygotes pour cette condition ne présentent que des formes mineures de l'anémie, mais ils manifestent une résistance accrue à la malaria comparativement aux personnes homozygotes dont l'hémoglobine est normale. Voilà un exemple d'avantage pour les individus hétérozygotes ayant deux allèles semblables d'un gène et dont les chances de survie sont augmentées.

Stratégies d'enseignement suggérées

EN TÊTE

Question d'introduction

Demander aux élèves ce qui leur vient à l'esprit quand ils entendent le mot « mutation ». Accepter toutes les réponses. Noter que la plupart, quand ce n'est pas la totalité, des réponses ont une connotation négative. Demander aux élèves s'ils pensent qu'une mutation pourrait avoir un effet positif. Pourquoi ou pourquoi pas?

EN QUÊTE

Qu'est-il arrivé à l'acide aminé?

Fournir aux élèves la séquence suivante de 15 nucléotides d'un modèle d'ADN :
TAC GCA TGG AAT TAT

Inviter les élèves à déterminer les codons d'ARNm pour l'ADN, puis à déterminer la séquence des acides aminés.

Réponses :

AUG CGU ACC UUA AUA

MET-ARG-THR-LEU-ISO

Ensuite, proposer aux élèves de changer un nucléotide à la fois de l'ADN, au hasard (c.-à-d. simuler une mutation ponctuelle) et de déterminer son effet sur la séquence de l'acide aminé. Comparer les séquences d'acide aminé résultantes de tous les élèves.

Noter que ce ne sont pas toutes les mutations ponctuelles qui entraînent des modifications de séquence de l'acide aminé; ce sont des mutations neutres, qui sont dues aux redondances dans le code, c'est-à-dire qu'un seul acide aminé peut être

codé par plusieurs codons. Par exemple, quatre codons différents peuvent porter le code de la glycine.

Demander aux élèves d'ajouter ou d'enlever un nucléotide d'ADN à la séquence d'ADN originale, au hasard (c.-à-d. simuler une mutation par décalage du cadre de lecture) et de déterminer l'effet de cette modification sur la séquence d'acide aminé. Comparer toutes les séquences d'acide aminé résultantes de la classe. Noter le changement important survenu dans la séquence de l'acide aminé causée par l'insertion ou la suppression d'un nucléotide. Cette modification peut entraîner des conséquences désastreuses sur la fonction de la protéine et pour l'organisme touché.

Stratégies d'évaluation suggérées

1. Inviter les élèves à répondre aux questions suivantes dans leur cahier de notes de sciences :

Décrivez la différence entre une mutation ponctuelle et une mutation par décalage du cadre de lecture. Laquelle risque d'avoir le plus d'impact sur l'organisme?

Évaluer l'exactitude et la logique des réponses des élèves.

2. Inviter les élèves à consolider leur compréhension des termes suivants au moyen du procédé tripartite (voir *L'enseignement des sciences de la nature au secondaire*, p. 10.9, 10.10 et 10.22) : *mutation ponctuelle et mutation par décalage du cadre de lecture.*

Enseignement direct

Utiliser les exemples de l'anémie falciforme et de la thalassémie pour démontrer comment des modifications se produisant au hasard dans les nucléotides de l'ADN aboutissent souvent à des protéines altérées qui fonctionnent moins bien. Au cours de la discussion, souligner comment les individus hétérozygotes pour une maladie ou l'autre ont un avantage sur les individus homozygotes qui possèdent des gènes dominants et récessifs dans leur résistance à la malaria.

Stratégies d'évaluation suggérées

S4B-2-09 étudier un enjeu lié à l'application de la technologie génétique aux ressources biologiques,

entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre économique, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier.

Connaissances antérieures

Au cours de sciences de la 9^e année, les élèves ont étudié les contributions de scientifiques du Canada et d'ailleurs à des recherches et à des avancées technologiques dans le domaine de la génétique. Les élèves ont également discuté d'applications et de répercussions actuelles et potentielles des biotechnologies, notamment de leurs effets sur la prise de décisions à l'échelle individuelle et gouvernementale, et ils ont utilisé le processus de prise de décisions pour examiner une question d'actualité touchant la biotechnologie. Les sujets de discussion abordés

comprenaient notamment le génie génétique, le clonage, le projet Génome humain, l'identification par le code génétique.

Renseignements pour l'enseignant

Les recherches en cours dans le domaine de la technologie génétique présentent à la fois de grandes promesses et une menace possible pour l'avenir. Notre base de connaissances et ses applications technologiques progressent et se métamorphosent à un rythme accéléré, tandis que de nombreux enjeux d'ordre éthique et pratique entourant l'utilisation de la technologie génétique suscitent de vifs débats.

Données de base

Exemples de sujets possibles :

- Xénotransplantation
- Organismes génétiquement modifiés (OGM) pour la production d'aliments
- Production de médicaments/vaccins à partir d'organismes génétiquement modifiés
- Octroi de brevets sur des organismes transgéniques
- Préservation des espèces
- Clonage d'animaux, y compris d'animaux familiers
- Re-création d'espèces disparues (p. ex., Parc jurassique)

Stratégies d'enseignement suggérées

EN TÊTE

Questions de bioéthique

Présenter aux élèves la série d'énoncés et leur demander de deviner lesquels sont vrais et lesquels sont faux. Voir la feuille reproductible de l'annexe 4, qui indique les réponses.

Manchettes

Proposer cet « activateur » à la classe en lui présentant une manchette et un article portant sur la bioéthique. Amorcer un remue-méninges sur des sujets possibles avec les élèves, puis leur demander de trouver un article de journal ou de magazine sur l'application de la technologie génétique dans les ressources biologiques. En voici des exemples.

<u>Bioressource</u>	<u>Enjeu</u>
Production d'aliments	Usage d'organismes génétiquement modifiés (OGM)
Agriculture/Horticulture	Brevetage d'organismes transgéniques (p. ex., graines)
Microbiologie	Production de médicaments/vaccins à partir d'OGM
Animaux	Clonage d'animaux, y compris d'animaux familiers
Animaux/Plantes	Re-création d'espèces disparues (p. ex., Parc jurassique)
Animaux/Plantes	Préservation d'espèces, stockage d'ADN

Afficher les manchettes au tableau de la classe et utiliser les articles correspondants comme introduction à la présentation plus tard dans cette unité.

EN QUÊTE

Manchettes

Demander aux élèves de lire l'article qui accompagnait leur manchette et de réfléchir aux questions suivantes :

- *De quel procédé ou technologie est-il question?*
- *Quel est l'enjeu discuté dans l'article?*
- *Quelles sont les perspectives présentées?*
- *Quelles en sont les répercussions (sur la société, le monde ou les particuliers)?*
- *S'il y a des illustrations/photos, quel message véhiculent-elles?*

Tout au long de l'enseignement dans le présent regroupement, demander aux élèves de mettre en évidence les mots clés ou d'en faire une liste afin de les utiliser dans leur présentation.

Visite sur place/Conférencier invité

Proposer aux élèves de visiter un laboratoire utilisant la technologie génétique, ou inviter un technologiste d'un laboratoire de génétique à venir leur parler. Suggérer aux élèves de préparer des questions avant la visite. Exemples de questions :

- Qui sont vos clients? (S'il y a lieu)
- Quelles sont les études et l'expérience nécessaires pour travailler en technologie génétique?
- Quelles sont les méthodes utilisées en technologie génétique?
- Quelle proportion de votre travail génère des revenus (recherche appliquée)?
Quelle proportion constitue de la recherche pure (fondamentale)?
- Votre travail rend-il service au public?

Stratégies d'évaluation suggérées

Présentation

Inviter les élèves à préparer des présentations orales accompagnées d'aides visuelles afin d'illustrer des techniques employées, un enjeu, des perspectives et des répercussions de l'usage de la technologie dans les bioressources. Voir les annexes 5a, 5b, 5c et 5d sur la technologie génétique : Renseignements pour l'élève, Feuille de travail de l'élève, Renseignements pour l'enseignant et Présentation de l'élève.

S4B-2-10 étudier un enjeu concernant l'application de la technologie génétique chez les humains,

entre autres la compréhension de la technologie et des processus en cause, les répercussions d'ordre éthique et légal, diverses perspectives, les répercussions sur les particuliers, la société et le monde entier.

Connaissances antérieures

En 9^e année, les élèves ont étudié au cours de sciences les contributions de scientifiques canadiens et de pays étrangers à la recherche et aux progrès technologiques dans le domaine de la génétique.

Les élèves ont également discuté d'applications et de répercussions actuelles et potentielles des biotechnologies, notamment leurs effets sur la prise de décisions

individuelles et gouvernementales, et ils ont suivi un processus de prises de décisions pour étudier un enjeu d'actualité touchant la biotechnologie. Les sujets de discussion portaient notamment sur le génie génétique, le clonage, le projet Génome humain et l'identification par le code génétique.

Renseignements pour l'enseignant

Les recherches en cours dans le domaine de la technologie génétique présentent à la fois de grandes promesses et une menace possible pour l'avenir. Notre base de connaissances et ses applications technologiques progressent et se métamorphosent à un rythme accéléré, tandis que de nombreux enjeux d'ordre éthique et pratique entourant l'utilisation de la technologie génétique font l'objet de vifs débats.

Contexte d'enseignement

Les sujets de discussion peuvent comprendre les suivants :

- identification par le code génétique
- clonage d'humains
- thérapie génique
- recherche sur les cellules souches
- séquençage de l'ADN
- projet Génome humain
- usage de l'ADN dans les recherches sur l'évolution
- bébés « à la carte »
- dépistage/criblage génétique

Stratégies d'enseignement suggérées

EN TÊTE

Film

Présenter un film ou un document vidéo abordant des thèmes de la technologie génétique, comme GATTACCA. Ce film de science-fiction de 1997 se passe dans l'avenir et touche aux thèmes de la manipulation génétique et des essais sur le matériel génétique. Il peut servir de tremplin à une discussion sur la bioéthique.

Discussion

Le dévoilement du code génétique d'une personne pourrait avoir une grande incidence sur le coût de ses assurances. Les compagnies d'assurance fixent les primes en fonction d'une évaluation des risques, les personnes les plus susceptibles de développer des problèmes de santé devant défrayer davantage que celles qui sont considérées en bonne santé. Les actuaires calculent les statistiques pour déterminer la prime qui sera demandée à leurs clients. Avec les avancées technologiques actuelles en dépistage génétique, il y aurait des risques de discrimination envers ceux qui ont de « mauvais » gènes. Il serait très possible que des personnes classées parmi les gens à haut risque se voient refuser des polices d'assurance. Cependant, les compagnies d'assurance fonctionnent comme des entreprises et défendent leurs propres intérêts, ceux de leurs actionnaires et ceux de leurs clients.

Diviser la classe en deux grands groupes et assigner à chaque groupe un rôle différent.

Groupe 1 :

Vous êtes un individu qui a subi un test de dépistage génétique et qui veut contracter une police d'assurance. Les résultats montrent que vous courez de très grands risques de souffrir de cancer et d'hypertension (tension sanguine élevée). Mais pour l'instant, vous êtes en santé, vous ne fumez pas, vous surveillez votre alimentation et vous faites de l'exercice régulièrement. Expliquez pourquoi vous devriez avoir la possibilité de contracter une assurance-vie à un coût raisonnable.

Groupe 2 :

Vous représentez une compagnie d'assurance, et une cliente potentielle s'adresse à votre compagnie pour contracter une assurance-vie. Après examen de son dossier, y compris des résultats de son dépistage génétique, vous constatez qu'elle entre dans la catégorie à haut risque. Expliquez à cette cliente potentielle pourquoi vous devez fixer une prime beaucoup plus élevée que la moyenne pour son assurance.

(Adapté de Yas Shirazu et Donna Lee. Activités GATTACA. Site Web de BioTeach www.bioteach.ubc.ca)

EN QUÊTE

Activité sur les cellules souches

« ENGAGE : **Les cellules souches** » est une ressource pédagogique traitant de la recherche sur les cellules souches. C'est une ressource élaborée à l'intention des écoles secondaires par l'entremise de l'Ontario Genomics Institute (OGI), par Génome Canada, le Réseau de cellules souches et le Joint Centre for Bioethics (JCB) de l'Université de Toronto. Cette ressource a été préparée de concert avec des enseignants et des élèves et distribuée gratuitement aux écoles secondaires de partout au Canada. Les divers documents qui la composent peuvent être téléchargés en français et en anglais du site http://www.stemcellnet.ca/index_fr.php.

ENGAGE : Les cellules souches est composé de modules pédagogiques préparés sous forme de leçons assorties de documentation d'appui. Quatre leçons explorent les enjeux moraux soulevés par de nouvelles technologies controversées. Le module est axé autour d'un exercice qui initie les élèves aux cellules souches et à leurs potentialités thérapeutiques, puis leur présente le défi de formuler une approche législative qui réglerait la recherche sur les cellules souches.

Identification par le code génétique en criminalistique

Dans l'activité portant sur l'identification par le code génétique en criminalistique (ou police scientifique), les élèves se familiariseront avec les procédés d'identification par l'ADN. Cette activité d'enquête démontre comment les enzymes de restriction et l'électrophorèse sur gel servent à déterminer le code génétique, qui pourra servir à identifier avec certitude un meurtrier parmi un groupe de suspects. Si désiré, évaluer les réponses des élèves et les résultats simulés de leur électrophorèse sur gel. Voir l'annexe 6a, qui présente l'activité d'enquête.

Stratégies d'évaluation suggérées

Les réponses de l'enquête figurent à l'annexe 6b.

EN FIN***Microthème – Technologie génétique***

Les microthèmes sont des travaux écrits visant à présenter la matière différemment aux élèves pour les aider à l'assimiler (Martin, 1989). Pour cette activité, il ne suffit pas de lire simplement le texte ou des articles et de mémoriser des notes. Chaque microthème aborde un problème particulier et permettent à l'élève d'illustrer sa compréhension du texte. Voir les annexes 7a et 7b, qui fournissent les détails du travail et une grille d'évaluation.

Référence pour l'enseignant :

Le site Web de la National Association of Criminal Defence Lawyers (www.nacdl.org) présente un magazine en ligne, *The Champion*. Le numéro d'août 1998 contient l'article « The Ordeal of Guy Paul Morin: Canada Copes With Systemic Injustice », qui fournit un survol de ce dossier.

Ressources

Silence... on clone! http://archives.radio-canada.ca/IDD-0-16-693/sciences_technologies/clonage/

L'assurance vie et les tests génétiques. http://www.radio-canada.ca/actualite/v2/enjeux/niveau2_1286.shtml

Clonage, les apprentis sorciers. <http://www.radio-canada.ca/url.asp?actualite/enjeux/reportage-recents.shtml>

Clonage humain, les enjeux éthiques. http://www.radio-canada.ca/url.asp?actualite/decouverte/dossiers/70_scienceConscience/intro_clonage.html

Bioéthique. http://portal.unesco.org/shs/fr/ev.php-URL_ID=1372&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html

Le Genetic Science Learning Center a un site Web, <http://gslc.genetics.utah.edu>, qui renferme des sections sur divers thèmes pouvant être abordés dans le présent résultat d'apprentissage. Les données sont fournies au moyen de didacticiels et d'animations interactives. Les sections traitent notamment d'électrophorèse sur gel (« Biotechniques Virtual Laboratory »), de thérapie génique, de clonage (« Cloning in Focus ») et des cellules souches (« Stem Cells in the Spotlight »).

La Canadian Broadcasting Corporation (Société Radio-Canada) conserve un certain nombre de titres disponibles sur le sujet en vidéocassette.

The Gene Squad (1998). Ce documentaire présente la solution à un meurtre commis plus de 20 auparavant en Colombie-Britannique à l'aide de nouvelles techniques d'identification par le code génétique (ADN).

Ce cas soulève des questions sur l'impact de l'identification par le code génétique en regard de la présomption d'innocence et de la protection de la vie privée relativement aux bases de données génétiques.

Amanda's Choice (2003). Une jeune femme est témoin du déclin rapide de sa mère à 39 ans à cause de l'apparition précoce de la maladie d'Alzheimer et se trouve confrontée à un dilemme, soit se faire tester ou non pour la présence du gène responsable.

Annexes

Annexe 1 : Évaluation du rendement : Notation de la saynète

Élément	Note			
1. La saynète présente l'information appropriée au travail demandé.	1	2	3	4
2. La trame de l'histoire présentée dans la saynète est intéressante et aide à transmettre de l'information.	1	2	3	4
3. Les acteurs présentent correctement l'information.	1	2	3	4
4. Les accessoires, le son et/ou les costumes contribuent à la qualité de présentation des personnages et de l'information.	1	2	3	4
5. Les dialogues appuient la présentation des personnages, du scénario et de l'information.	1	2	3	4
6. La saynète a été suffisamment répétée.	1	2	3	4
7. Les spectateurs étaient capables de bien voir et entendre la saynète.	1	2	3	4
8. La saynète est divertissante pour le public.	1	2	3	4

Commentaires

Annexe 2a : Créer un animal fictif (FR)**Introduction :**

Les protéines jouent bien des rôles déterminants chez les organismes vivants, notamment comme catalyseurs de réactions chimiques et comme agent de soutien et de mouvement. Pour accomplir ces diverses fonctions, les protéines doivent avoir différentes structures. Les différences entre les protéines sont le résultat de leur séquence d'acides aminés.

Les codes des séquences d'acides aminés aboutissant à la formation de protéines sont portés par l'ADN de chaque individu dans des segments appelés gènes. Dans le processus de transcription, le code d'ADN d'une protéine est copié par l'ARN messager (ARNm) dans le noyau de la cellule. L'ARNm transporte ensuite la copie du code aux ribosomes dans le cytoplasme de la cellule.

Le processus de traduction survient quand un deuxième type d'ARN, l'ARN de transfert (ARNt), apporte les acides aminés aux ribosomes dans l'ordre indiqué dans l'ARNm. Les ribosomes s'activent pour relier les acides aminés dans le bon ordre et former la protéine.

But :

Dans cette activité, tu simuleras le mécanisme de synthèse des protéines et détermineras les caractères de l'animal fictif créé. Cette créature possède deux chromosomes, chacun contenant quatre gènes. Chacun de ces gènes (A, B, C, D, E, F, G, H) est responsable des protéines qui créent un caractère particulier.

Matériel (par élève) :

Crayons à colorier ou marqueurs

Méthode :

1. Détermine le caractère lié au gène A de ton animal fictif en complétant la case identifiée Gène A dans le tableau des données. Note la séquence de l'ADN puis énumère les codons d'ARNm correspondants dans l'espace approprié.
2. Détermine la séquence des acides aminés en associant les codons d'ARNm aux acides aminés trouvés au tableau 1. Dresse la liste des abréviations d'acides aminés dans l'espace fourni dans le tableau des données, en utilisant un trait d'union entre les acides aminés.
3. Utilise le tableau 2 pour indiquer le caractère correspondant à la séquence d'acides aminés. Inscris cette information dans le tableau des données.
4. Répète les étapes 1 à 3 pour les autres caractères.
5. Utilise les 8 caractères et dessine un croquis de ta créature.

Observations :

Tableau des données

<u>Gène A</u>		<u>Gène B</u>	
ADN	AAC TTA TAC GTT	ADN	GGG CTC
ARNm	_____	ARNm	_____
séquence		séquence	
d'acides aminés	_____	d'acides aminés	_____
caractère	_____	caractère	_____
<u>Gène C</u>		<u>Gène D</u>	
ADN	GGG AAG TGA	ADN	GTG AAC GTT ATG
ARNm	_____	ARNm	_____
séquence		séquence	
d'acides aminés	_____	d'acides aminés	_____
caractère	_____	caractère	_____
<u>Gène E</u>		<u>Gène F</u>	
ADN	CAC ACG TCG	ADN	CCC CGT ACC ACG
ARNm	_____	ARNm	_____
séquence		séquence	
d'acides aminés	_____	d'acides aminés	_____
caractère	_____	caractère	_____
<u>Gène G</u>		<u>Gène H</u>	
ADN	TAA GCG	ADN	CTA TTC TTA
ARNm	_____	ARNm	_____
séquence		séquence	
d'acides aminés	_____	d'acides aminés	_____
caractère	_____	caractère	_____

Tableau 1 :

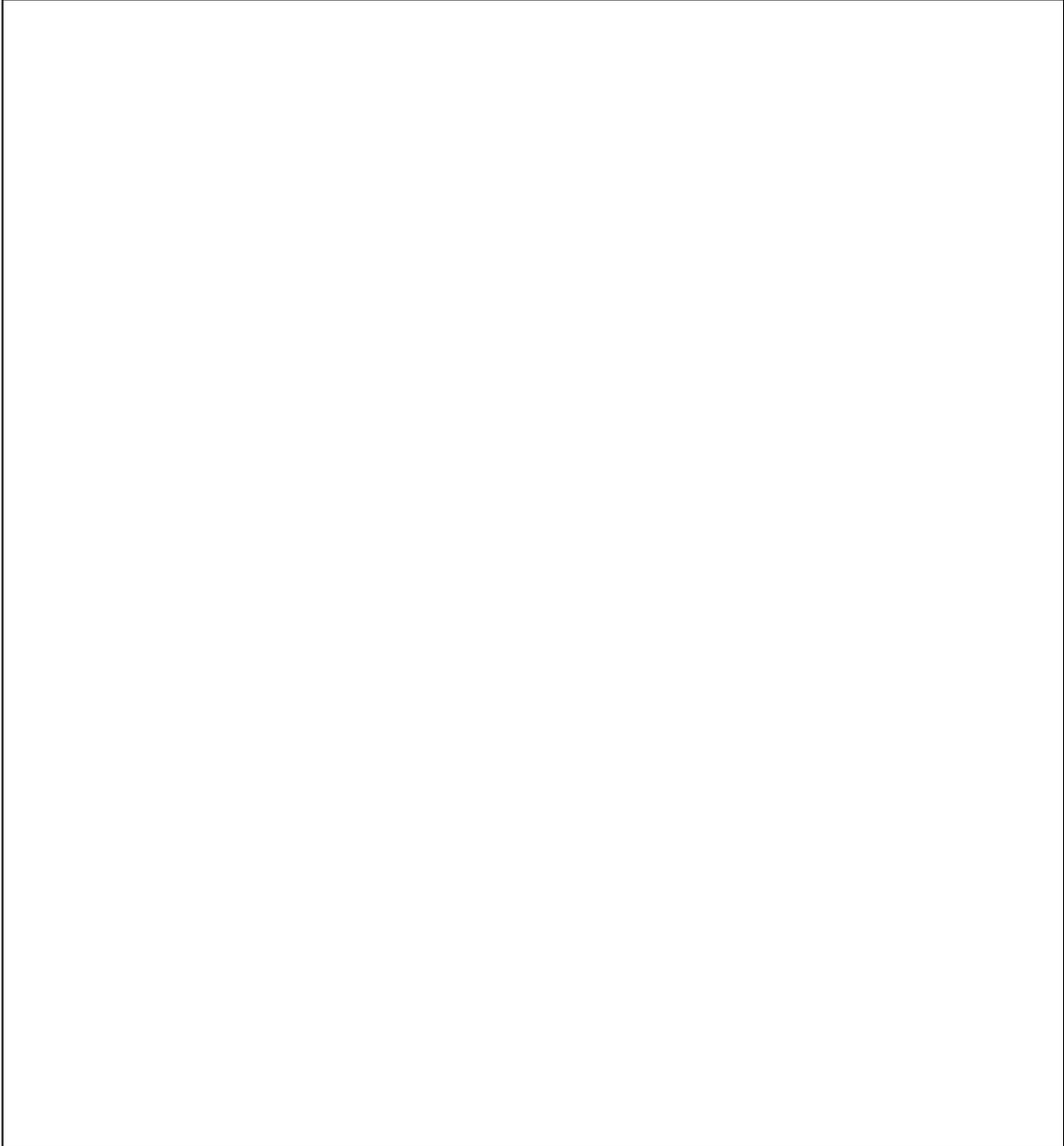
Codon d'ARNm	Acide aminé	Abréviation - acides aminés
GAU	acide aspartique	Asa
AUG	méthionine	Met
UUG	leucine	Leu
GAG	acide glutamique	Gla
UGG	tryptophane	Try
CAA	glutamine	Glu
AAG	lysine	Lys
UAC	tyrosine	Tyr
AAU	asparagine	Asp
CCC	proline	Pro
UGC	cystéine	Cys
UUC	phénylalanine	Phe
ACU	thréonine	Thr
CAC	histidine	His
AUU	isoleucine	ILeu
GCA	alanine	Ala
CGC	argénine	Arg
GUG	valine	Val
AGC	sérine	Ser
GGG	glycine	Gly

Tableau 2 :

Séquence d'acides aminés	Caractère
Pro-Phe-Thr	petit nez
Pro-Leu-Thr	gros nez
Asa-Lys-Asp	taches de rousseur
Asa-Leu-Asp	pas de taches de rousseur
Pro-Gla	quatre pattes
Val-Cys-Ser	mâle
Gla-Cys-Lys	femelle
Iso-Arg	quatre antennes
Pro-Ala-Try-Cys	pelage bleu
Gly-Ala-Try-Cys	pelage orangé
Leu-Asp-Met-Glu	potelé
Leu-Asp-Met-Iso	maigre
His-Leu-Glu-Tyr	yeux violets
Val-Phe-Glu-Tyr	yeux jaunes

Questions

1. Dessine un croquis de ta créature dans l'encadré ci-dessous.



2. Dans quelle partie de la cellule :
 - a) les instructions génétiques (ADN) sont-elles situées?
 - b) se produit la transcription?
 - c) se produit la traduction?
3. Décris trois similitudes et trois différences entre l'ADN et l'ARN.
4. Pourquoi le jumelage spécifique des paires est-il essentiel aux processus de transcription et de traduction?
5. De quelle façon la modification d'un nucléotide de l'ADN peut-elle altérer la protéine formée?
6. Suppose que tu connais la séquence des acides aminés dans une protéine. Comment ferais-tu pour déterminer la séquence de l'ADN pour ce gène?
7. Crée deux autres caractères pour ta créature (p. ex., longueur des pieds, nombre de dents). Donne les séquences de l'ADN, les codons d'ARNm et les séquences d'acides aminés résultantes.

Annexe 2b : Crée un animal fictif – Réponses**Observations :**

Tableau des données

Gène A		Gène B	
ADN	AAC TTA TAC GTT	ADN	GGG CTC
ARNm	UUG AAU AUG CAA	ARNm	CCC GAG
séquence d'acides aminés	Leu-Asp-Met-Gla	séquence d'acides aminés	Pro-Gla
caractère	potelé	caractère	quatre pattes
Gène C		Gène D	
ADN	GGG AAG TGA	ADN	GTG AAC GTT ATG
ARNm	CCC UUC ACU	ARNm	CAC UUG CAA UAC
séquence d'acides aminés	Pro-Phe-Thr	séquence d'acides aminés	His-Leu-Glu-Tyr
caractère	petit nez	caractère	yeux violets
Gène E		Gène F	
ADN	CAC ACG TCG	ADN	CCC CGT ACC ACG
ARNm	GUG UGC AGC	ARNm	GGG GCA UGG UGC
séquence d'acides aminés	Val-Cys-Ser	séquence d'acides aminés	Gly-Ala-Try-Cys
caractère	mâle	caractère	pelage orangé
Gène G		Gène H	
ADN	TAA GCG	ADN	CTA TTC TTA
ARNm	AUU CGC	ARNm	GAU AAG AAU
séquence d'acides aminés	ILeu-Arg	séquence d'acides aminés	Asa-Lys-Asp
caractère	quatre antennes	caractère	taches de rousseur

Questions :

1. Le dessin de la créature devrait montrer les caractères suivants :
 - Potelé
 - Quatre pattes
 - Petit nez
 - Yeux violets
 - Mâle
 - Pelage orangé
 - Quatre antennes
 - Taches de rousseur
2. a) Les instructions sont contenues dans l'ADN, dans le noyau de la cellule.
b) La transcription se produit dans le noyau de la cellule.
c) La traduction se produit dans le cytoplasme de la cellule.

3. Similitudes entre l'ADN et l'ARN

- Les deux contiennent de l'adénine, de la guanine et de la cytosine.
- Les deux contiennent des acides nucléiques.
- Les deux contiennent des groupements phosphates.
- Les deux utilisent le jumelage de bases durant leur formation.

Différences entre l'ADN et l'ARN

- L'ADN renferme de la thymine et l'ARN, de l'uracile
- L'ADN renferme un désoxyribose, mais l'ARN, du ribose.
- L'ADN est un acide nucléique à deux brins, mais l'ARN n'a qu'un brin.
- L'ADN porte le code génétique et l'ARN transmet le code génétique en permettant la synthèse des protéines.

4. Le jumelage de bases bien précises est essentiel aux processus de transcription et de traduction pour garantir que le code génétique porté par l'ADN sera transféré correctement à la séquence d'acides aminés durant la synthèse des protéines.
5. Un changement d'un nucléotide de l'ADN pourrait altérer le codon d'ARNm, entraînant une modification de l'acide aminé correspondant dans la protéine.
6. On peut déterminer la séquence de l'ADN pour un gène si l'on sait la séquence des acides aminés dans une protéine en remontant la chaîne de sa formation. À partir de la séquence des acides aminés, il est possible de déterminer la séquence de l'ARNm, puis la séquence de l'ADN.
7. Examinez les séquences d'ADN, les codons d'ARNm et les séquences d'acides aminés correspondantes pour vérifier s'il n'y a pas d'erreur dans les deux autres caractères de la créature.

Annexe 4 : Questions de bioéthique (FR)

Lequel des énoncés suivants est faux?

1. Bien que fortement condamné, le clonage d'êtres humains est encore légal au Canada.
2. En 1991, une compagnie pharmaceutique a signé un contrat avec le gouvernement du Costa Rica, pays qui abriterait entre 5 % et 7 % de toutes les espèces de la planète. En échange du droit de sélectionner, de développer et de breveter de nouveaux produits végétaux et animaux ainsi que des micro-organismes dans les forêts ombrophiles du Costa Rica, cette compagnie a versé 1,1 million de dollars pour un programme axé sur la biodiversité locale. Avec un nombre d'espèces estimé à 500 000, le Costa Rica n'a retiré que 2 \$ par espèce.
3. En 1989, 37 Américains sont morts après avoir consommé un supplément alimentaire appelé L-tryptophane, qui avait été produit à partir d'une bactérie génétiquement modifiée. Ce supplément alimentaire était considéré comme étant « substantiellement équivalent » et sûr pour la consommation humaine.
4. Le projet Diversité du génome humain, surnommé le « Projet Vampire » par ses détracteurs, avait pour but de prélever des échantillons de 722 populations humaines, dont beaucoup étaient des populations indigènes. Les chercheurs ont donc prélevé des échantillons de sang, de tissus et de cheveux, notamment chez le peuple San du Kalahari, les Saami du nord de la Scandinavie et les Penan du Sarawak.
5. Une compagnie appelée Genetic Savings and Clone offre des services de banques de gènes et de génétique à ses clients, ce qui peut inclure le clonage de leur animal familier favori.

Réponse :

1. FAUX. En 2001, le gouvernement fédéral a adopté une loi statuant que le clonage d'êtres humains est illégal au Canada, les contrevenants s'exposant à une amende de 500 000 \$ au maximum, et à une peine d'emprisonnement d'au plus 10 ans.
2. VRAI. Il s'agit de la compagnie pharmaceutique MERCK. Ce sujet touche l'enjeu très controversé de la biopiraterie (ou biopiratage), où des multinationales offrent de l'argent à des pays en développement pour obtenir tous les droits possibles sur la flore et la faune naturelles du pays. À certains égards, ces marchés sont souvent inéquitables pour le pays (par exemple, si MERCK avait signé une entente de ce genre avec la planète entière, elle n'aurait dû déboursé que 20 millions de

dollars environ). Cependant, soulignons qu'il est rare que ces marchés soient totalement inclusifs, un certain pourcentage des recettes (généralement faible) revenant au pays.

3. VRAI. Cette question soulève un certain nombre de points. Tout d'abord, le lien le plus faible dans l'argument des cultures génétiquement modifiées est le mécanisme actuel d'essai sur les aliments. L'équivalence substantielle est un concept découlant de méthodes plutôt archaïques dérivées de pratiques d'élevage sélectif (c.-à-d. que l'on croise, par exemple, un type de maïs avec un autre pour obtenir quelque chose qui devrait être aussi du maïs!). Le gène introduit peut avoir été approuvé par la FDA, qui applique des normes et des essais rigoureux, mais la plante résultante est rarement testée comme un tout après l'introduction du gène. En d'autres termes, il existe une possibilité que l'organisme soit amélioré de quelque façon. Dans les faits, c'est de cette manière qu'une variante de l'acide aminé tryptophane a été créée, entraînant de graves problèmes de santé. MAIS, il faut aussi souligner qu'en l'occurrence, les problèmes de santé étaient dus à une réaction allergique qui, à dire vrai, est une chose qui peut arriver n'importe quand, quel que soit le scénario (OGM ou pas).
4. VRAI. Cependant, le projet a depuis été abandonné, la raison étant qu'avec l'examen de populations et de leurs antécédents ou maladies génétiques, on possède un outil extraordinairement puissant permettant d'établir des corrélations entre la santé et les données génétiques. Par exemple, on pourrait affirmer que les sherpas de l'Himalaya possèdent sans doute un code génétique qui leur permet de mieux résister aux effets de l'altitude. Pourtant, bien qu'en théorie ce projet semble une bonne idée, en réalité, il représente un cauchemar tant sur le plan culturel qu'intellectuel. Notons toutefois qu'il y a des projets similaires en cours – vérifier le site de DeCode Pharmaceuticals en Islande.
5. VRAI. Aussi bizarre que cela puisse paraître, c'est un exemple patent de ce que la biotechnologie peut accomplir. Est-ce bien ou mal? Voilà une question difficile à répondre, tout dépend de ses convictions personnelles. Sur le Web, on trouve le site de cette compagnie qui a cloné un chat (nommé « Cc » pour Chat copié) à l'adresse <http://www.savingsandclone.com/index.cfm>.

En décembre 2004, une dame de Dallas a fait cloner son chat, versant 50 000 \$US pour Little Nicky, le clone de son chat Nicky, décédé à l'âge de 17 ans.

Annexe 5a : Présentation sur la technologie génétique – Renseignements pour l'élève

Révise les manchettes présentées au cours de cette unité et les enjeux discutés en classe. Quel enjeu t'intéresse le plus? Sur quelle question peux-tu trouver des renseignements appropriés pour ta présentation (p. ex., enjeu d'actualité, couvre une variété de points de vue, photos chocs)?

Prépare un exposé décrivant la technologie en cause, l'enjeu soulevé, la perspective et les implications. Mets l'accent sur la diversité de perspective – quels sont les arguments/préoccupations de chaque groupe? Tu dois utiliser deux sources d'information récentes (dans les deux dernières années).

Ta présentation doit comprendre deux parties : visuelle et orale. La partie visuelle peut prendre diverses formes : diapositives, modèle, affiche, démonstration, etc. Elle doit illustrer les principales idées de ta présentation. Ajoute des détails à la partie orale, qui doit durer 5 à 7 minutes.

Dans l'exposé oral, présente ton sujet, le type de technologie en question et l'enjeu, puis énonce deux perspectives différentes sur la question, ainsi que les répercussions sur les personnes, la société et le monde. Appuie tes arguments au moyen de faits recueillis durant ta recherche. Consulte la fiche de travail de l'élève pour d'autres informations.

Dans cette unité, tu as appris comment fonctionnent les gènes dans l'organisme et comment nous pouvons appliquer ce savoir à notre avantage. Pour ta présentation, tu dois utiliser les faits et le vocabulaire de cette unité.

Annexe 5b : Plan de la présentation sur la technologie génétique – Fiche de travail de l'élève (FR)

Avant de commencer ton travail, tu dois faire approuver ton plan de présentation. Apporte au moins deux ressources que ton professeur pourra examiner.

Sujet : _____

Type de technologie : _____

Enjeu : _____

Perspective A : _____

Perspective B : _____

Actions possibles : _____

Répercussions sur la société : _____

Répercussions sur le monde : _____

Répercussions sur les personnes : _____

Autres points importants : _____

Type de présentation visuelle : _____

Annexe 5c : Présentation sur la technologie génétique – Renseignements pour l'enseignant

Présenter la manchette d'un article de magazine ou de journal portant sur l'application de la technologie génétique aux ressources biologiques. Discuter avec les élèves de sujets possibles. Fixer une date limite pour le choix d'une manchette et des dates de présentation des exposés.

Être conscient que les élèves peuvent apporter toutes sortes d'articles qui n'ont pas rapport avec le sujet, ou qui portent seulement sur des faits et non sur des enjeux. Saisir cette occasion de discuter de la nature dynamique de la biologie, même si l'article ne convient pas à la présentation.

Exemple de plan de présentation :

Sujet : Aliments génétiquement modifiés

Type de technologie : Les gènes ne fonctionnent pas toujours normalement quand l'épissage (introduction de séquences d'ADN) se fait dans un environnement étranger; ils ont besoin d'aide pour fonctionner. En biotechnologie, les biologistes ne se contentent pas d'insérer des gènes; ils utilisent aussi des promoteurs. Un promoteur est un gène fusionné à un segment d'ADN d'un virus pathogène qui favorise l'expression du gène. Le gène peut ensuite fonctionner, mais pas de la façon naturelle ou normale. Il agit comme un virus envahisseur.

Enjeu : Les avantages découlant de l'utilisation d'aliments génétiquement modifiés compensent-ils les risques qu'ils présentent?

Perspective A : Les méthodes d'élevage ou de culture traditionnelles nécessitent beaucoup de temps et d'efforts. Mais grâce à la manipulation génétique, on peut intégrer un gène souhaitable à des organismes en une seule génération. Ce gène peut provenir d'une espèce similaire ou peu apparentée. Par exemple, le coton Ingard, qui est génétiquement modifié, contient un gène d'une bactérie se trouvant dans le sol et qui le rend plus résistant aux invasions de chenilles. L'avantage économique lié à l'utilisation du coton GM est qu'il nécessite moins de pesticides. La plante peut être plus saine également. Le désavantage économique de l'utilisation du coton GM est que les graines coûtent beaucoup plus cher à l'achat.

Perspective B : Les principaux arguments contre les aliments GM sont les risques qu'ils peuvent poser pour l'environnement et pour les humains. Certains sont inquiets que des gènes GM puissent se propager dans l'environnement, comme on l'a vu dans le cas de contamination de cultures locales par le canola Roundup Ready en Saskatchewan à la fin des années 1990. Verrons-nous de nouvelles réactions allergiques, une exposition à des toxines et de nouvelles maladies apparaître à cause de l'usage de vecteurs viraux et bactériens pour le transfert de gènes?

Actions possibles :

- Cultiver des plantes OGM (en fixant des limites de distribution)
- Utiliser des plantes OGM seulement pour nourrir les animaux
- Ne pas utiliser de plantes OGM avant de les avoir soumises à des tests plus poussés

Répercussions sur la société :

- Une meilleure santé pour la population humaine grâce à des sources d'aliments améliorés (p. ex., riz contenant de la vitamine A, qui aide à prévenir la cécité)

Répercussions sur le monde :

- Accessibilité de plantes OGM – est-ce que tous ont les moyens de les cultiver?
- Culture de plantes OGM dans des zones marginales (p. ex., plantes résistant au sel)
- Culture de plantes OGM sur de plus grandes superficies (p. ex., plantes résistant au gel/à la sécheresse, notamment des fraises d'automne)

Répercussions sur les personnes :

- Sources d'aliments plus sains (p. ex., recherches en cours sur des pommes de terre absorbant moins de gras en friture)
- Choix de cultiver ou pas des plantes OGM

Autres points importants : Poursuite de Monsanto contre Schmeiser, qui aurait semé du canola Roundup Ready

Type de présentation visuelle :

- Powerpoint
- Beaucoup d'illustrations d'aliments OGM, photos de canola, processus d'épissage (introduction de séquences d'ADN), image de l'étiquette d'un aliment OGM.

Annexe 5d : Grille d'évaluation des présentations sur la technologie génétique

Nom de l'élève : _____

Critère	4	3	2	1
Contenu	Excellente compréhension évidente; enjeu, deux perspectives et répercussions expliqués clairement	Bonne compréhension évidente; enjeu, deux perspectives et répercussions expliqués	Compréhension de base évidente; enjeu, deux perspectives et répercussions plus ou moins expliqués	Compréhension minimale du sujet; enjeu, deux perspectives et répercussions mal expliqués
Organisation	Présentation très bien structurée, logique et intéressante	Présentation structurée, logique et intéressante	Présentation montrant une certaine structure, mais certains points n'ont pas rapport avec le sujet	Présentation mal structurée et préparation insuffisante
Graphiques	Excellente utilisation des graphiques, qui appuient bien les idées principales	Bonne utilisation des graphiques, qui appuient bien les idées principales	Utilisation appropriée des graphiques, qui appuient assez bien les idées principales	Mauvaise utilisation des graphiques, qui illustrent mal les idées principales
Style de présentation	Prononciation claire, bon débit, voix suffisamment forte	La plupart des mots prononcés clairement, souvent à un bon débit, d'une voix suffisamment forte	Certains mots prononcés clairement, mais parfois trop vite, d'une voix parfois trop faible (difficile à entendre)	Bien des mots mal prononcés, débit trop vite ou trop lent, voix trop faible pour être facilement entendue
Spectateurs	Spectateurs très attentifs et intéressés	Spectateurs attentifs et intéressés	Spectateurs plus ou moins attentifs et intéressés	Spectateurs inattentifs et non intéressés

Commentaires :

Annexe 6a : Identification par le code génétique utilisée en criminalistique

Introduction

L'utilisation du code génétique, l'ADN, pour l'identification de personnes est une méthode de plus en plus acceptée. Les laboratoires qui utilisent cette technique doivent être très méticuleux et suivre rigoureusement les procédures; en effet, un travail de laboratoire bâclé peut entraîner le rejet de ce genre de preuves en cas de poursuites judiciaires.

Il convient de noter que pour pouvoir utiliser ce genre de procédure, il faut que le criminel ait laissé de l'ADN sur place. En général, il s'agit de matériel cellulaire (sperme dans les cas de viol, sang, cellules de peau sous les ongles de la victime, racines de cheveux arrachés, etc...).

Cette activité démontre comment les enzymes de restriction et l'électrophorèse des protéines peuvent servir à l'identification par le code génétique, qui peut ensuite être utilisée pour désigner avec certitude un criminel parmi un groupe de suspects.

Le crime

Une grande vedette du rock, Rockina, retourne en fin de soirée à son luxueux appartement après un spectacle. En ouvrant la porte de son appartement, elle se rend compte que tout est sens dessus dessous – les tiroirs gisent sur le plancher, vides, les coussins du sofa sont éventrés et le coffre-fort mural dissimulé derrière un tableau est ouvert. Elle constate alors que la lumière de la chambre est allumée. Elle fonce dans la chambre et surprend un voleur qui s'est emparé d'un magnifique bracelet (très coûteux) trouvé sous le matelas. Furieuse, elle saute sur le voleur et tente de le poignarder avec sa lime à ongles. Elle réussit à lui infliger une petite coupure, mais il réplique en lui assénant des coups de couteau. Dans la bataille qui suit, elle est frappée à mort et le meurtrier s'enfuit avec les bijoux.

Les indices

Lorsque la femme de ménage, Casparina, entre dans l'appartement le lendemain, elle découvre le corps et appelle immédiatement la police. Les enquêteurs constatent qu'il n'y a pas de signes d'effraction, donc seules les personnes qui connaissaient la victime et avaient une clé de l'appartement sont suspectées. Au nombre des suspects se trouvent :

- Casparina, la femme de ménage, qui s'est récemment querellée avec Rockina parce qu'elle lui refusait une augmentation de salaire.
- Lucifer, l'ancien petit ami de Rockina, qu'elle venait tout juste de quitter pour un autre homme.
- Pinky, champion de sa catégorie en poids et haltères, qui est le nouvel ami de Rockina. Des rumeurs courent sur la jalousie malade de Pinky à cause de la popularité de Rockina.

Une fois établi que les trois suspects avaient une clé de l'appartement de Rockina, que les trois avaient un mobile pour la tuer et que les trois n'avaient aucun alibi solide pour le soir où Rockina a été tuée, les enquêteurs constatent qu'ils sont dans l'impasse. Ils décident de retenir les services d'une équipe renommée mondialement pour ses succès en médecine légale afin qu'elle identifie le coupable au moyen des empreintes génétiques (l'ADN) parmi les personnes suspectées du meurtre de Rockina.

La science

Les enquêteurs de la police scientifique font des empreintes génétiques de l'ADN trouvé dans le sang, le sperme, la peau et d'autres cellules de l'organisme. Ces scientifiques utilisent un certain type d'enzymes, les *endonucléases de restriction*, communément appelées **enzymes de restriction**. Quand ces enzymes reconnaissent un certain segment d'une molécule d'ADN (c.-à-d. un ordre précis dans la séquence des bases), elles coupent l'ADN à cet endroit, formant des fragments de diverses longueurs, coupés de façon irrégulière.

Exemple : l'enzyme de restriction EcoRI coupe l'ADN à la séquence de bases suivante :

GAATTC
CTTAAG

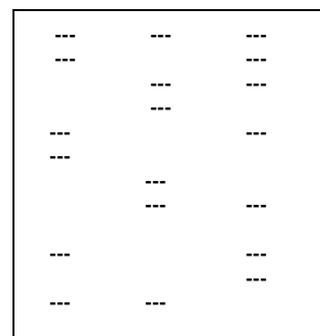
et l'enzyme de restriction HindIII coupe l'ADN à la séquence suivante :

AAGCTT
TTCGAA

Les enzymes de restriction produisent un fragment d'ADN avec des coupures. Comme chaque restriction ne coupe l'ADN qu'aux endroits où se trouve une séquence précise des bases, des fragments de différentes longueurs sont produits.

Après que les enzymes de restriction ont coupé l'ADN, les fragments de chaque échantillon sont séparés par taille à l'aide d'une technique appelée **électrophorèse sur gel**. Dans cette technique, chaque échantillon est placé dans un puits (petite cavité) dans un bloc de gel d'agarose (semblable à un bloc d'une substance gélatineuse très purifiée). Un courant électrique traverse le gel d'agarose, qui attire les petits fragments dans le gel plus vite que les gros fragments. Les fragments séparés finissent par former des bandes pour chaque taille 0 et formant un motif reconnaissable.

puits
100



L'enquête

1. Diviser les élèves en équipes de 2 ou 3 enquêteurs et fournir 3 fiches montrant la même portion d'ADN de chacun des suspects et l'ADN de

- l'échantillon de sang trouvé sur la lime à ongles de Rockina, et 3 fiches montrant les résultats de l'électrophorèse sur gel.
2. Un enquêteur analysera l'ADN à l'aide de l'enzyme de restriction EcoRI, le deuxième enquêteur analysera l'ADN au moyen de l'enzyme de restriction HindIII et le troisième, avec l'aide des deux enzymes simultanément. Pour cela :
 - a) cherchez les séquences de bases où les enzymes de restriction feront des coupures dans l'ADN et marquez sur la fiche l'endroit exact où apparaît la coupure.
 - b) Comptez le nombre de bases qui sont sur un brin de ce fragment et écrivez ce nombre au-dessus du fragment.
Nota : Utilisez toujours le brin supérieur du fragment pour compter.
 - c) Utilisez les nombres comptés pour chaque taille de fragments pour estimer l'emplacement des bandes dans le gel d'agarose après l'électrophorèse. Dessinez les bandes (comme les lignes d'une règle), indiquant sur la fiche les enzymes de restriction utilisées. Au-dessus de chaque bande, écrivez le nombre de bases dans ce fragment.
Nota : Utilisez deux couleurs différentes quand vous dessinez les bandes sur la fiche avec les deux enzymes de restriction.

Solution du crime

Répondez aux questions suivantes à partir des résultats obtenus durant votre enquête.

1. Que signifient les résultats de l'identification avec le gel EcoRI?
2. Que signifient les résultats de l'analyse avec le gel HindIII?
3. Qui a tué Rockina?
4. Expliquez pourquoi les scientifiques utilisent une combinaison d'enzymes de restriction plutôt qu'une seule.
5. Supposez que le technicien de laboratoire a bâclé son travail dans la préparation du gel d'agarose et que l'agarose n'était pas dissous suffisamment dans l'eau au moment de préparer le gel. Le gel présente des poches de matière plus dense dispersées dans un environnement moins dense. Expliquez comment cela pourrait altérer les résultats de l'électrophorèse.
6.
 - a) Qu'arriverait-il si les enzymes de restriction étaient altérées de quelque façon et si elles n'agissaient pas?
 - b) Comment ce problème pourrait-il affecter les résultats de l'électrophorèse sur gel?
 - c) Expliquez quel serait le profil d'électrophorèse sur le gel et pourquoi il présenterait ce motif.

7. Cette méthode de l'électrophorèse sur gel pour la séparation de fragments d'ADN est le fondement de techniques utilisées dans des domaines autres que la criminalistique, par exemple, le dépistage de maladies d'origine génétique chez les fœtus, et la reconnaissance de personnes porteuses de certaines maladies génétiques.
- a) Si une mutation survenait et qu'une base était changée pour une autre dans le secteur de coupure d'une enzyme de restriction, quel en serait l'effet?
 - b) Le profil d'électrophorèse sur gel serait-il le même?
 - c) Expliquez comment cette technique pourrait être utilisée pour déterminer la présence ou l'absence de maladies génétiques.

PORTIONS D'ADN – FEUILLE DE L'ÉLÈVE

Enzyme de restriction : EcoRI

Sang trouvé sur la lime à ongles

TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAATCAGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTTAGTCTTTCGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

ADN de Casparina

TTGAGTATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAGAATTCGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCATAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTCTTAAGTTCGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

ADN de Pinky

TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAATCAGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTTAGTCTTTCGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

ADN de Lucifer

TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAGCTTGATCGTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTTCGAAGTAGCAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

PORTIONS D'ADN – FEUILLE DE L'ÉLÈVE

Enzyme de restriction : HindIII

Sang trouvé sur la lime à ongles

```
TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAATCAGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA  
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTTAGTCTTCGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT
```

ADN de Casparina

```
TTGAGTATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAGAATTCGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA  
AACTCATAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTCTTAAGTTCGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT
```

ADN de Pinky

```
TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAATCAGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA  
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTTAGTCTTCGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT
```

ADN de Lucifer

```
TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAGCTTGATCGTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA  
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTCGAAGTAGCAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT
```

PORTIONS D'ADN – FEUILLE DE L'ÉLÈVE

Enzymes de restriction : EcoRI et HindIII

Sang trouvé sur la lime à ongles

TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAATCAGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTTAGTCTTGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

ADN de Casparina

TTGAGTATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAGAATTCGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCATAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTCTTAAGTTCGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

ADN de Pinky

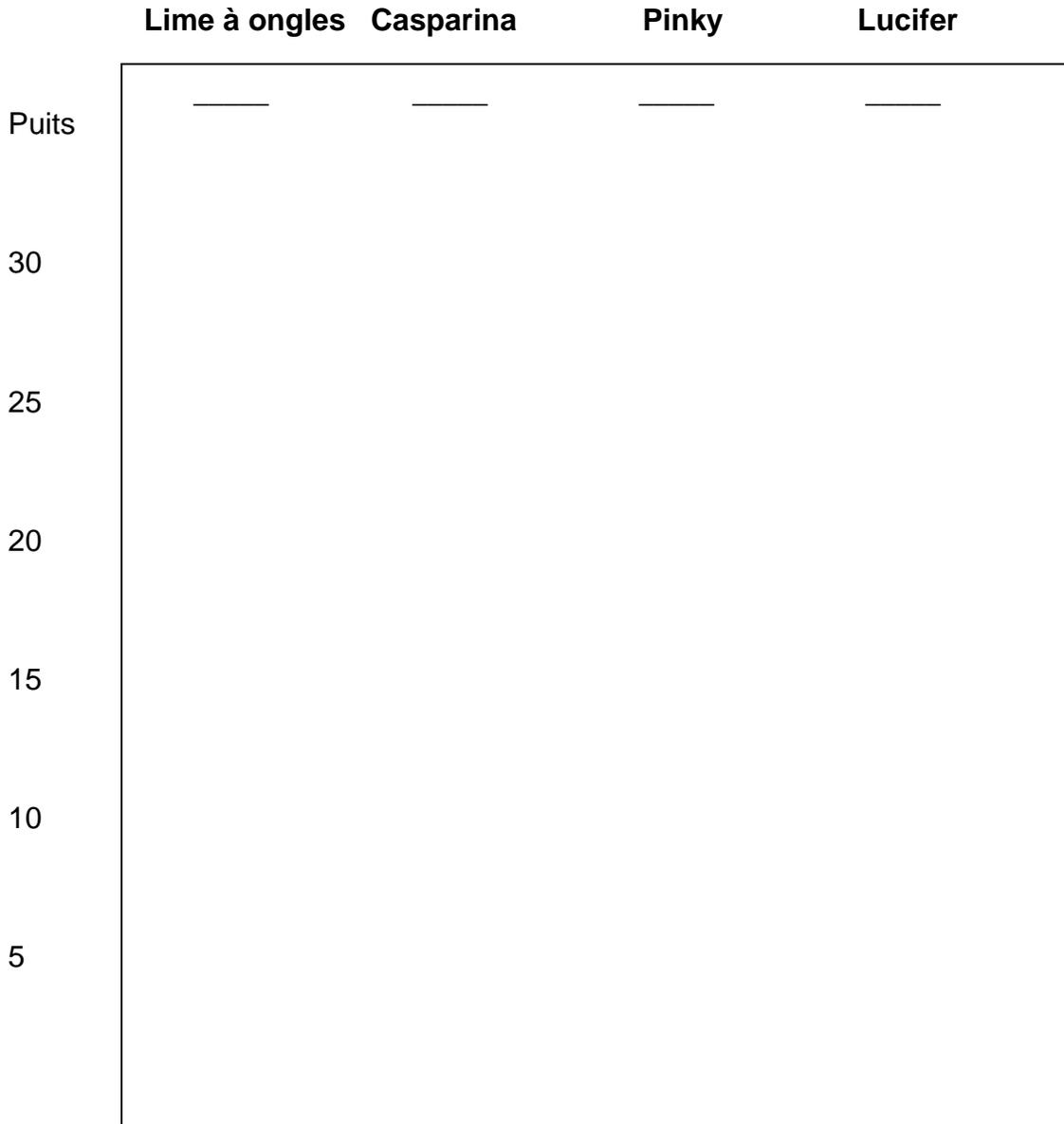
TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAATCAGAAGCTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTTAGTCTTGAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

ADN de Lucifer

TTGAGAATTCAAGCTTCCGATGGAATTCGAAGCTTGATCGTTATAGAATTCGCGCTAAGCTTCCCGGAATTCGTTCCATA
AACTCTTAAGTTCGAAGGCTACCTTAAGCTTGAAGTAGCAATATCTTAAGCGCGATTTCGAAGGGCCTTAAGCAAGGTAT

RÉSULTATS DE L'ÉLECTROPHORÈSE SUR GEL – FEUILLE DE L'ÉLÈVE

Enzyme de restriction : EcoRI



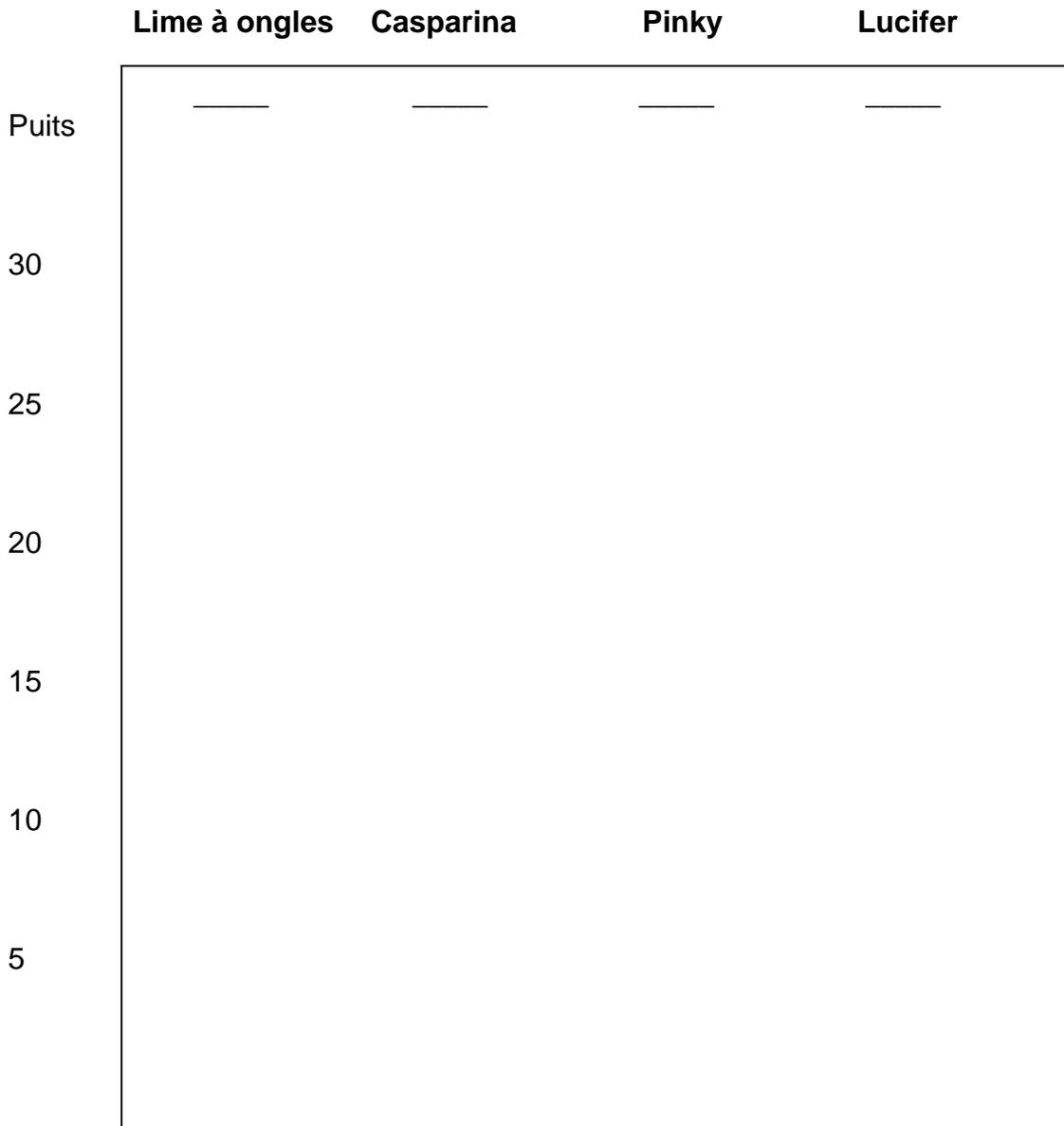
RÉSULTATS DE L'ÉLECTROPHORÈSE SUR GEL – FEUILLE DE L'ÉLÈVE

Enzyme de restriction : HindIII



RÉSULTATS DE L'ÉLECTROPHORÈSE SUR GEL – FEUILLE DE L'ÉLÈVE

Enzymes de restriction : EcoRI et HindIII



Annexe 6b : Réponses aux questions - Discussion

1. Les résultats de l'électrophorèse sur gel avec l'enzyme EcoRI montrent que Pinky et Lucifer présentent un profil similaire à celui du sang trouvé sur la lime à ongles.
2. Les résultats sur gel HindIII montrent que Casparina et Pinky ont un profil similaire à celui du sang trouvé sur la lime à ongles.
3. Pinky a assassiné Rockina.
4. L'utilisation d'une combinaison d'enzymes de restriction produit une plus grande variété de fragments d'ADN de différentes longueurs, ce qui augmente la probabilité de produire un motif différent sur le gel pour chaque personne.
5. Si le gel d'agarose était de consistance inégale, les fragments de différentes tailles ne se déplaceraient pas correctement dans le gel. Les fragments se déplaceraient plus lentement dans une zone dense, et plus rapidement dans une zone moins dense. Il serait impossible d'établir une comparaison fiable entre le motif d'électrophorèse pour une personne et celui de l'ADN laissé sur la scène du crime.
6. a) Si les enzymes de restriction étaient endommagées (altérées), elles ne pourraient pas couper l'ADN en petits fragments.
 - b) Les résultats de l'électrophorèse sur gel n'auraient aucune utilité.
 - c) On ne verrait qu'une seule bande sur le gel, qui serait près du puits, parce que plus le fragment d'ADN est gros, moins il se déplace.
7. a) La substitution d'une base dans la zone de coupe signifierait que l'ADN ne serait pas coupé par l'enzyme de restriction.
 - b) Il en résulterait un fragment plus gros, ce qui donnerait un motif différent sur le gel.
 - c) Pour diagnostiquer la présence ou l'absence d'une maladie génétique chez une personne, on doit d'abord obtenir le profil d'électrophorèse sur gel d'un individu atteint de la maladie et celui d'une personne saine. Puis on prélève un échantillon d'ADN de la personne à tester et l'on prépare le gel. Enfin, on compare les trois gels. Si le patient n'a pas la maladie, le profil de l'analyse sur gel sera similaire à celui de la personne non touchée. Mais si elle est atteinte de la maladie génétique, son résultat sera semblable à celui de la personne souffrant de cette maladie.

Annexe 7a : Microthème sur la technologie génétique – Feuille de l'élève (FR)

Les microthèmes sont des travaux écrits qui ont pour but de t'aider à apprendre la matière en l'abordant d'une façon différente (Martin, 1989). Pour ce faire, il faut davantage que de simplement lire le texte ou des articles et de mémoriser des notes. Chaque microthème traite d'un problème particulier et permet à l'élève d'illustrer sa compréhension.

Le microthème devrait contenir de 300 à 400 mots et peut inclure des diagrammes. Dans le cas présent, le format dialogue devrait être utilisé. L'orthographe et la grammaire seront vérifiées. Tout travail copié d'un autre document avec trop peu de dialogue ou tout travail comportant trop d'erreurs sera refusé.

Savais-tu que ...

- D'après une étude de la National Science Foundation publiée en 1986, 57 % des Américains ont déclaré ne connaître que très peu de choses, ou rien du tout, sur l'ADN.
- Dans une étude de 1987, la majorité des Américains ont déclaré n'avoir jamais entendu parler de technologie génétique/génique.
- La grande ignorance du public a pour conséquence de diminuer notre capacité de prendre des décisions gouvernementales éclairées sur les enjeux liés à la technologie (p. ex., réglementation régissant l'usage d'ADN recombinant, la validité de la science de l'ADN dans le système judiciaire, l'usage des cellules souches de fœtus en recherche).

Penses-tu que notre compréhension s'est améliorée considérablement?

Microthème

L'affaire Guy-Paul Morin au Canada est un exemple patent de la façon dont l'identification par le code génétique (sur ADN) a permis d'innocenter un homme injustement condamné à l'emprisonnement à vie pour meurtre. Fais une recherche sur cette affaire et sur l'utilisation du code génétique ou de l'empreinte génétique. Inclus un article sur l'affaire Morin et un article sur la technique d'identification par le code d'ADN. Mets en évidence les points principaux. Quand tu auras terminé ta lecture, prépare-toi à rédiger ton microthème.

Imagine que l'avocat de la défense au cours du procès de 1995 veut utiliser des empreintes génétiques pour prouver l'innocence de Morin. Mais le problème est que le jury n'est pas familier avec la technique d'identification par le code génétique. La défense t'appelle à la barre comme témoin expert, car elle pense que ton explication sera plus facile à comprendre par le jury. L'avocat de la défense ne veut pas d'un expert technique qui utiliserait un jargon scientifique inaccessible aux membres du jury.

Prépare ta présentation sous forme de dialogue entre toi et l'avocat de la défense. Assure-toi de mettre en évidence les principales étapes de l'identification par le code génétique. Comme il y a eu des problèmes de manipulation des preuves dans cette affaire, tu dois préciser comment le matériel génétique a été prélevé et analysé dans les règles de l'art. Quelles sont les bonnes étapes à suivre? Insère un diagramme que tu utiliseras pour informer le jury.

Annexe 7b : Microthème sur la technologie génétique – Grille d'évaluation

Critère	0	1	2	3
Contenu – identification par le code génétique	Il y a peu de contenu axé sur le sujet	Contenu inexact; peu ou pas d'efforts pour utiliser les termes scientifiques	Contenu exact mais pas assez détaillé; lacunes possibles dans les termes scientifiques	Contenu présenté exact et détaillé; rédaction appropriée au niveau du secondaire; termes scientifiques employés
Lien avec l'affaire	Aucune mention faite de ce cas précis	Cas mentionné mais aucuns détails inclus	Certains détails de l'affaire mentionnés, mais lien obscur avec les preuves génétiques	Détails de l'affaire mentionnés; identification par le code génétique présentée comme une option raisonnable dans cette affaire
Ressources	Aucun article inclus	Un article joint concernant l'affaire	Deux articles joints, mais pas sur les deux sujets demandés	Deux articles joints, l'un sur l'affaire Morin, l'autre sur l'identification par le code génétique
Aides visuelles	Aucun diagramme	Diagramme inexact ou pas assez détaillé	Diagramme proche du niveau de précision et de détail escompté	Diagramme approprié, exact, détaillé et identifié
Format	Aucun dialogue, ou manque au moins 200 mots	Peu de dialogue, ou manque au moins 100 mots	Tentative de dialogue, longueur appropriée	Format dialogue entre les personnages; longueur appropriée