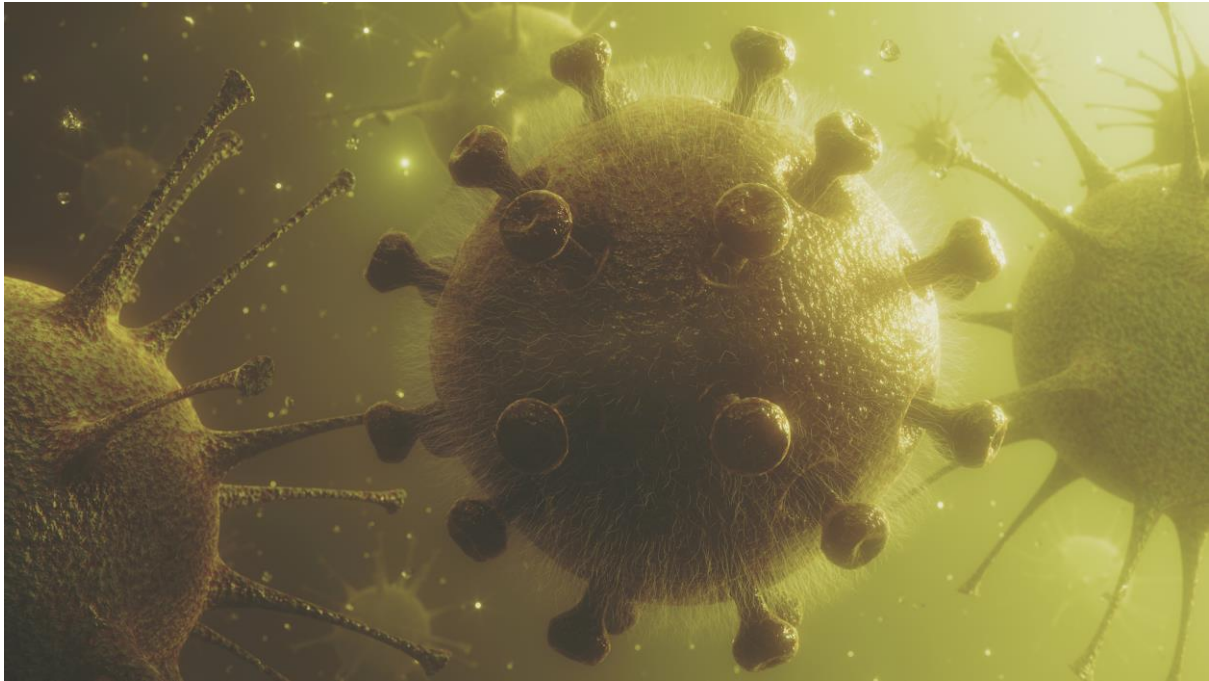


QUÉBEC SCIENCE AU SECONDAIRE

DOCUMENT PÉDAGOGIQUE



PRÊTS POUR LA PROCHAINE PANDÉMIE ?

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Durée	Clientèle visée	Article lié
75 minutes	Les élèves de deuxième année du deuxième cycle. Science et technologie (ST) et Science, Technologie et environnement (STE)	« Prêts pour la prochaine pandémie ? » (Magazine Québec Science, volume 58, numéro 3, octobre-novembre 2019, pages 34-41), rédigé par la journaliste Marine Corniou.

OBJECTIFS

Québec Science au secondaire propose des documents pédagogiques afin d'arrimer le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) à l'actualité scientifique. Vous pourrez discuter en classe d'enjeux de société et de nouvelles découvertes, tout en suivant la progression des apprentissages.

L'équipe de Québec Science espère de tout cœur que ces documents vous seront utiles.

CONCEPTS ABORDES

Selon la progression des apprentissages

Univers vivant

A. Diversité de la vie

3. Génétique

a. Hérité

- i. Définir ce qu'est l'hérité

b. Gène

- i. Définir un gène comme étant généralement un segment d'ADN qui porte le code permettant la synthèse d'une ou de plusieurs protéines
- ii. Décrire la composition (bases azotées, sucre, phosphate) et la structure générale (appariement des bases sur la double hélice) d'une molécule d'ADN

c. Caractère

- i. Définir ce qu'est un caractère héréditaire
- ii. Nommer des caractères héréditaires chez un individu ou dans une population

d. Allèle

- i. Définir un allèle comme étant l'une des formes que peut prendre un gène

e. Homozygote et hétérozygote

- i. Définir un individu homozygote pour un gène comme étant porteur de deux allèles identiques de ce gène
- ii. Définir un individu hétérozygote pour un gène comme étant porteur de deux allèles différents de ce gène

f. Dominance et récessivité

- i. Décrire les phénomènes de dominance et de récessivité des caractères

g. Génotype et phénotype

- i. Définir ce qu'est le génotype
- ii. Définir ce qu'est le phénotype
- iii. Décrire le génotype et le phénotype d'un individu pour un caractère (ex. : un haricot possédant le phénotype Jaune peut posséder un génotype Jaune-Jaune ou Jaune-Vert)

h. Synthèse des protéines

- i. Décrire le rôle de l'ADN dans la synthèse des protéines
- ii. Expliquer les phénomènes de la transcription et de la traduction d'un brin d'ADN

RÉSUMÉ DE L'ARTICLE

Le Laboratoire national de microbiologie (LNM) de l'Agence de la santé publique du Canada est le laboratoire le plus sécurisé du Canada. Situé à Winnipeg, ce laboratoire étudie des microorganismes potentiellement très dangereux afin de se préparer à l'éventualité d'une épidémie.

En étudiant les virus et bactéries les plus menaçants, le laboratoire s'organise pour affronter des virus encore inconnus mais qui pourraient avoir un impact majeur sur la santé mondiale.

FONCTIONNEMENT

Commencez par une lecture individuelle du texte. Distribuez à chaque élève une copie du Cahier de l'élève. Récupérez les cahiers et évaluez les élèves en fonction du barème proposé ou corrigez en classe et invitez les élèves à s'autoévaluer. À la suite de cette SAÉ ou à un autre moment de l'année, réalisez les activités complémentaires suggérées.

SUGGESTION D'AMORCE

Qu'est-ce qu'un virus ?

Comment peut-on se protéger d'un virus ? Quelles sont les mesures pouvant être mises de l'avant pour se protéger d'un virus respiratoire ? Peut-on prévoir l'arrivée d'un nouveau virus ?

Animer une discussion sur les différents virus (EBOLA, COVID-19, SRAS), leur impact sur la santé et les façons de prévenir et guérir de telles infections.

En 2019, la journaliste Marine Corniou a visité le Laboratoire national de microbiologie (LNM) de l'agence de la santé publique du Canada. Ce laboratoire a une mission défensive importante :

« [...] il s'agit du point névralgique de la riposte nationale contre les maladies infectieuses. Et de notre rempart le plus solide contre les épidémies de toutes sortes, même les plus exotiques qui se tiennent pour l'instant à distance du pays »

En 2009, l'équipe de Winnipeg a été l'une des premières dans le monde à séquencer le génome du virus H1N1. En 2020, le coronavirus SARS-CoV-2 a provoqué une pandémie de la maladie infectieuse Covid-19. Le séquençage du coronavirus SARS-CoV-2 a pour sa part été réalisé une première fois en décembre 2019.

Le LNM est un acteur mondial majeur et tente, en compagnie de la communauté scientifique mondiale, de mieux comprendre cette maladie afin d'éventuellement développer un vaccin contre ce virus.

1. La génétique est la science qui étudie les gènes, leur transmission et leur variation. Le code génétique est formé par un assemblage de millions de molécules appelées les nucléotides. Ces nucléotides forment l'ADN (l'acide désoxyribonucléique).

a. Quels sont les trois unités formant un nucléotide ?

- i. Base azotée
- ii. Acide aminé
- iii. Groupe phosphate
- iv. Protéine
- v. Lipide
- vi. Sucre

Base azotée, Sucre et Groupe phosphate. 1 point par bonne réponse

1 2 3

b. Dans le noyau, l'ADN est « double-brin ». Pour quelle raison ces deux brins sont-ils reliés de façon spécifique ?

Dans l'ADN double-brin, les deux séquences sont reliées par les bases azotées. Il s'agit d'une liaison spécifique puisqu'une base azotée se lie toujours avec la même autre base azotée (A avec T, C avec G)

1 2

c. Plusieurs virus, comme le SARS-CoV-2, ne contiennent pas d'ADN mais plutôt de l'ARN. Les énoncés suivants décrivent l'ADN. Corrige-les pour qu'ils décrivent l'ARN.

i. L'ADN est formé de deux brins complémentaires

L'ARN est formé d'un seul brin

ii. L'ADN est composé d'Adénine, de Cytosine, de Thymine et de Guanine

L'ARN est composé d'Adénine, d'Uracile, de Thymine et de Guanine

1 2

2. Les gènes sont des segments d'ADN qui contiennent de l'information précise. Cette information peut déterminer un caractère ou permettre la fabrication d'une protéine. Vrai ou faux ? Si l'énoncé est faux, corrige-le.

a. Un gène occupe toujours la même position dans un chromosome, peu importe la personne.

Vrai

b. Un caractère est toujours déterminé par un seul gène.

Faux, il peut être déterminé par plusieurs gènes en même temps

c. Les gènes ne déterminent que l'apparence physique, ils n'ont pas d'autre rôle à jouer.

Faux, les gènes ont aussi un rôle important sur le fonctionnement des cellules

d. Un gène peut avoir plusieurs versions que l'on appelle des allèles

Vrai

1 point par réponse, 1 point pour chaque explication

1 2 3 4 5 6

3. L'une des particularités de la COVID-19 est sa grande diversité de symptômes. Chez certaines personnes, le virus ne provoque que des symptômes similaires à un fort rhume. Certains patients témoignent d'une perte soudaine de l'odorat et dans certains graves cas, la personne peut souffrir d'une détresse respiratoire.

L'âge et une condition médicale déjà dégradée sont l'un des facteurs qui déterminent la sévérité des symptômes. Cependant, la grande variabilité des symptômes pourrait aussi être expliquée par la génétique du patient.

Les gènes des *antigènes de leucocytes humains* (en anglais HLA) pourraient influencer les risques de contracter la COVID-19 et la sévérité des symptômes.

a. Il existe une multitude de formes du gène HLA-B. Comment appelle-t-on ces différentes versions d'un même gène ?

Des allèles

1

b. Est-ce que les différentes formes du même gène se situent sur le même chromosome ?

Oui, et toujours au même endroit sur ce chromosome

1

c. Est-ce qu'une personne peut porter 2 formes différentes du même gène ?

Oui, les humains ont deux copies de chaque chromosome et ceux-ci peuvent porter des allèles différents d'un même gène.

1

4. L'allèle HLA-B*46 :01 code très peu de protéines qui reconnaissent le virus et les individus sont plus à risque. L'allèle HLA-B*15 :03 code beaucoup de protéines (qu'on appelle des antigènes). Ces personnes sont moins à risque.

Afin de simplifier l'écriture, nommons-les H_1 et H_3 (pour respectivement HLA-B*46 :01 et HLA-B*15 :03).

a. Si on dit qu'une personne produit beaucoup d'antigènes contre le virus, que décrit-on ?

- i. Son génotype
- ii. Son phénotype

1

b. Les humains ont deux copies de chaque gène. Par exemple, un patient pourrait avoir deux copies du gène H_1 .

i. Quel est le génotype de ce patient pour ce gène ?

$H_1 H_1$

1

ii. Quel est le phénotype de ce patient ?

Très peu de protéines qui reconnaissent le virus (antigènes)

1

iii. Est-ce que ce patient est homozygote ou hétérozygote ?

Homozygote

1

- c. En analysant l'ADN d'un patient, on observe que celui-ci présente le génotype $H_1 H_3$.
- i. Est-ce que ce patient est homozygote ou hétérozygote ?

Hétérozygote

1

- ii. Il manque une information cruciale pour connaître le phénotype du patient. Laquelle ?
- i. Le nombre de chromosomes du patient
- ii. La dominance et la récessivité des caractères
- iii. L'âge du patient
- iv. Le génotype

1

- d. On suppose que l'allèle H_3 est dominant.

- i. Combien de copies de l'allèle H_3 sont nécessaires pour que le caractère soit exprimé ?

Une seule copie est nécessaire

1

- ii. Si l'allèle H_3 est dominant, comment qualifie-t-on l'allèle H_1 ?

Allèle récessif

1

- iii. Complète le tableau suivant en indiquant tous les génotypes possibles.

Phénotype	Génotype (s)
Beaucoup d'antigènes	$H_3 H_3$ et $H_3 H_1$ (ou $H_1 H_3$)
Très peu d'antigènes produits	$H_1 H_1$

1 point par réponse

1 2 3

- e. Si on suppose que le gène HLA-B est le seul qui produit des antigènes :

En faisant l'analyse sanguine d'un patient, on remarque une très grande quantité d'antigènes qui reconnaissent le virus SARS-CoV-2. Peut-on être sûr à 100% de son génotype ? Pourquoi ?

Non (1). Le patient pourrait être homozygote $H_1 H_1$ ou bien hétérozygote $H_1 H_3$, puisque H_1 est l'allèle dominant. (1)

1 2

- f. En faisant le génotypage (analyse de l'ADN pour connaître le génotype) d'une famille entière, on observe que tous les enfants d'un couple présentent exactement les mêmes allèles. Quel processus permet à un parent de transmettre ses caractères à un descendant ?
- L'hérédité
 - La dominance
 - Le phénotype
 - La chance

1

5. L'ADN seul ne peut pas agir sur le corps. Mais il sert de plan pour les protéines qui, elles, le peuvent. La synthèse des protéines est le processus qui permet au corps de fabriquer des protéines à partir de l'information contenue dans les gènes.

a. Complète les énoncés suivants en encerclant le terme approprié :

- La (**traduction** / **transcription**) est la première étape lors de la synthèse des protéines. Elle permet de transcrire l'ADN en (**ARNm** / **acides aminés**).
- Le brin d'ARNm formé est (**complémentaire** / **identique**) au brin d'ADN et il migre du noyau vers (**le cytoplasme** / **l'extérieur de la cellule**).
- Une fois sortie du noyau, la (**transcription** / **traduction**) en protéine peut débuter. Cette étape est assurée par des organites appelés les (**ribosomes** / **mitochondries**).

1 point par réponse

1 2 3 4 5 6

6. La traduction est une étape très importante qui permet de traduire une séquence de nucléotides en une séquence d'acides aminés pour former une protéine. Les protéines peuvent jouer des rôles variés dans la cellule.

Place les différentes étapes de la traduction dans un ordre chronologique :

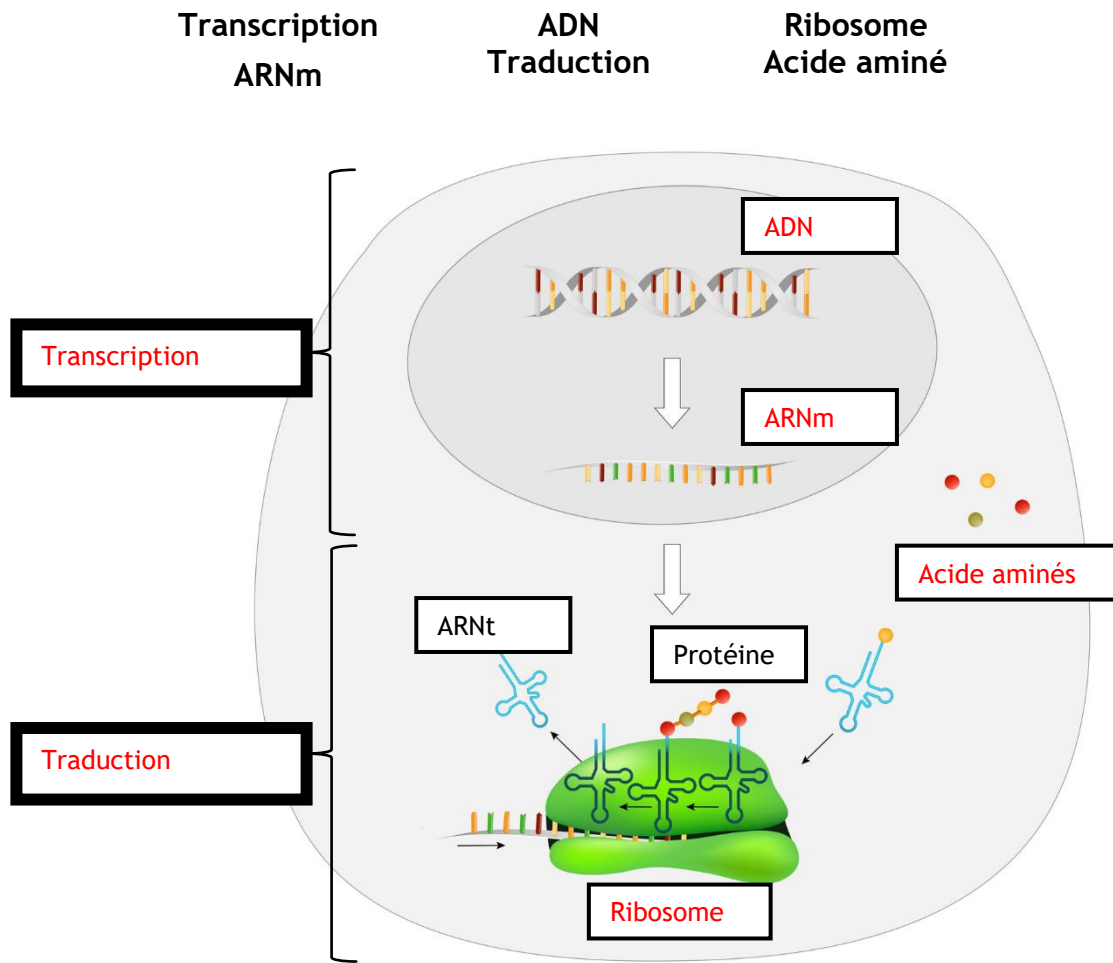
- a. La chaîne d'acides aminés est relâchée et se replie pour former une protéine
- b. Le ribosome décode l'ARNm en groupes de 3 nucléotides que l'on appelle des codons
- c. Les acides aminés placés côte à côte s'assemblent en une longue chaîne
- d. L'ARNm dans le cytoplasme se lie à un ribosome
- e. Des ARNt, qui transportent un acide aminé, viennent se lier aux codons grâce à leur anticodon, une séquence d'ARN qui reconnaît le codon

D → B → E → C → A

3 points pour une séquence parfaite, 2 points pour une inversion, 1 point si plusieurs inversions mais au moins 2 étapes au bons endroits

1 2 3

7. À l'aide de la banque de mots suivante, complète le schéma illustrant la synthèse des protéines. Les grandes boîtes à la gauche du schéma représentent des étapes alors que les petites boîtes identifient des structures.



1 point par réponse

1 2 3 4 5 6

8. Les virus sont des organismes particuliers puisque, contrairement à tous les autres groupes vivants, ils ne possèdent pas les organites nécessaires pour se reproduire. Ainsi, ils doivent envahir une cellule hôte afin d'utiliser ses ressources et organites.

Le virus SARS-CoV-2 est un virus formé d'ARN. Une fois en contact avec une cellule humaine, il y entre et son ARN est répliqué par la cellule humaine dans le noyau en plusieurs copies.

- a. Explique dans tes mots comment un ARN viral peut former des protéines (du cytoplasme de la cellule infectée jusqu'à la protéine finale). Indique clairement où se déroule cette traduction.

L'ARN viral arrive le cytoplasme de la cellule (1). Il produit une protéine de la même façon qu'un ARNm normal ; il se lie à un ribosome, est lu par celui-ci, des acides aminés sont apportés par les ARNt et reconnaissent la séquence d'ARNm. Les anticodons des ARNt se lient aux codons correspondants. Les acides aminés se lient pour former une chaîne et finalement être relâchés dans le cytoplasme sous forme de protéine (2)

1 point pour le lieu de la traduction, 2 points pour l'explication

1 2 3

- b. Pour chaque composante, indique si les composantes utilisées proviennent du virus ou de la cellule infectée.

Séquence initiale d'ARN	Virus
Nucléotides et protéines nécessaires pour répliquer le virus	Cellule infectée
Acides aminés pour former la protéine	Cellule infectée
Ribosome	Cellule infectée

0.5 point par réponse

0.5 1 1.5 2

9. En génétique, une mutation correspond à une modification de la séquence d'ADN d'un gène. On retrouve à la surface du virus SARS-CoV-2 de nombreuses protéines. Ces protéines jouent un rôle similaire à un crochet pour bien s'attacher aux cellules humaines.
- a. Si l'ARN du virus est modifié dans une section correspondant à un gène d'une protéine qui sert de « crochet », que pourrait-il arriver à cette protéine et au virus selon toi (plusieurs réponses possibles) ?

Plusieurs réponses possibles ;

Rien ne change, la protéine perd sa fonction, la protéine est moins fonctionnelle et le virus s'accroche moins bien, la protéine devient encore plus fonctionnelle et le virus est encore plus virulent.

2

Pour l'humain, les protéines à la surface du virus sont aussi très importantes puisque ce sont ces protéines que le système immunitaire reconnaît. À la suite d'un contact avec le virus (ou avec un vaccin contre ce virus), le système immunitaire produit des anticorps.

Les anticorps sont des petites molécules qui reconnaissent une seule structure très précise (comme par exemple une protéine à la surface du virus). L'anticorps s'attache de façon spécifique à la structure qu'il reconnaît et le système immunitaire peut ensuite venir détruire l'envahisseur reconnu par l'anticorps.

On craint présentement que le virus se transforme à la suite de mutations et produise une deuxième vague épidémique.

- b. Pourquoi une modification de l'ARN du virus pourrait modifier les protéines à l'extérieur des prochaines copies du virus ?

L'ARN du virus contient les gènes des protéines à la surface (1). Si un de ces gènes est modifié, la protéine qui est codée pourrait être modifiée lorsque l'ARN est traduit en protéine (1)

1 2

- c. Est-ce que les anticorps contre la première version (sans mutation) du virus fonctionneront assurément contre une version mutée ? Pourquoi ?

Non ; les anticorps sont très spécifiques (1). Si une protéine de surface est grandement modifiée, il est possible que sa structure soit très différente et que l'anticorps initial ne soit plus capable de la reconnaître (2)

1 2

- d. Une personne a été atteinte de la première version de la Covid-19 il y a plusieurs mois. Elle a survécu et a produit des anticorps contre cette version. Pourrait-elle être infectée par une deuxième vague d'une version mutée du virus ?

Oui, voir réponses b et c

1

/57

POUR ALLER PLUS LOIN

Comment la génétique peut-elle nous aider dans la crise de la Covid-19 ? Comment pourrait-elle nous permettre de prévoir et de se préparer pour une prochaine pandémie ?

Informe-toi sur les différentes mesures prises par les scientifiques qui travaillent en virologie.

Site officiel du LNM : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/programmes/laboratoire-national-microbiologie.html>

À lire : <https://www.quebecscience.qc.ca/sante/le-laboratoire-de-microbiologie-de-winnipeg-au-coeur-de-la-lutte-contre-le-coronavirus/>

Source utilisée pour la rédaction :

Human leukocyte antigen susceptibility map for SARS-CoV-2

Austin Nguyen, Julianne K. David, Sean K. Maden, Mary A. Wood, Benjamin R. Weeder, Abhinav Nellore, Reid F. Thompson
Journal of Virology, Avril 2020.

Conçu et réalisé grâce au soutien financier du Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.

Recherche, rédaction, conception : Zapiens Communication Scientifique