



SESSION 2022

**CAPES
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

Section
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE APPLIQUÉE

Durée : 5 heures

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique (y compris la calculatrice) est rigoureusement interdit.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

Biologie - Le système immunitaire

L'étude du fonctionnement du système immunitaire est abordée en enseignement de SVT au cycle 4 et en enseignement de spécialité SVT en classe de 1^{ère}. Ce thème contribue à l'acquisition de nouveaux savoirs scientifiques ainsi qu'à la construction de compétences scientifiques et transversales. En outre, ce sujet, en lien avec la santé publique, peut être exploité dans le cadre de l'éducation aux médias et à l'information afin de favoriser le développement de l'esprit critique des élèves.

L'objectif final de cette épreuve est d'élaborer une séquence d'enseignement pour le niveau de première spécialité SVT. Afin d'aboutir à cet objectif final, vous répondrez aux différentes questions, organisées selon trois parties, à l'aide de l'exploitation de documents.

Une séquence d'enseignement s'entend comme un ensemble de séances, articulées entre-elles dans le temps et organisées autour d'une ou plusieurs activités en vue d'atteindre un ou plusieurs objectifs d'apprentissages.

PARTIE 1

Concepts et méthodes en sciences du vivant

Durée approximative conseillée : 1h30

PARTIE 2

Réflexion didactique et pédagogique

Durée approximative conseillée : 1h30

PARTIE 3

Construction d'une séquence d'enseignement en première spécialité SVT

Durée approximative conseillée : 2h00

Partie 1 - Concepts et méthodes en sciences du vivant (durée : environ 1h30)

N.B. : dans cette première partie de l'épreuve, le niveau scientifique attendu pour les réponses ne se limite pas à celui attendu d'un élève de fin de première.

Pour rappel (Arrêté du 25 janvier 2021 fixant les modalités d'organisation des concours du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement du second degré - JORF n°0025 du 29 janvier 2021).

« Le programme du concours comporte l'ensemble des programmes de sciences de la vie et de la Terre du second degré et des classes préparatoires aux grandes écoles ainsi que les éléments des programmes d'enseignement relevant du domaine des sciences de la vie et de la Terre. Ces programmes doivent pouvoir être abordés avec un recul correspondant au niveau du cycle master, tant pour les connaissances que pour les démarches et méthodes. »

Question 1-1.

Document 1 - Quelques cellules phagocytaires présentes chez les Métazoaires

Préciser quels éléments apporte ce document sur le système immunitaire inné.

Question 1.2.

Document 2 - Un phénomène de la réaction immunitaire innée

1.2.1. Présenter succinctement les techniques qui ont permis d'obtenir les images du document 2.

1.2.2. Nommer et décrire le phénomène observé dans le document 2 en vous appuyant sur un schéma légendé du document 2b.

1.2.3. Décrire brièvement* les différentes étapes de la réaction inflammatoire et leur enchaînement, et situer dans cette description le phénomène mis en évidence dans le document 2.

*Par description brève on entend une à deux phrases par étape.

Question 1.3.

On s'intéresse ici aux techniques et modélisations en lien avec la caractérisation de molécules de l'immunité.

Document 3 – Structure des immunoglobulines

- Document 3a - la structure de base des immunoglobulines
- Document 3b - modélisation moléculaire numérique de deux isotypes d'immunoglobulines

Document 4 - Les immunoglobulines chez les vertébrés

- Document 4a – Locus du domaine constant de la chaîne lourde des immunoglobulines chez quelques Vertébrés
- Document 4b - Evolution des isotypes d'immunoglobulines chez les Vertébrés

1.3.1. En s'appuyant sur le document 3a, **réaliser un schéma légendé d'une immunoglobuline présentant sa structure et permettant d'en comprendre sa fonction.**

1.3.2. Exploiter le document 4 pour **préciser l'histoire évolutive des immunoglobulines des Vertébrés et les mécanismes impliqués.**

1.3.3. Afin d'identifier différents isotopes d'immunoglobulines présents dans un génome de Vertébré, les scientifiques ont recours à la technique de PCR (*Polymerase Chain Reaction*).

a. À partir de l'exploitation du document 4a, schématiser les étapes de la technique PCR dans cette situation précise d'identification.

b. Citer la technique qui doit être réalisée après une PCR afin de détecter la variabilité génétique dans les molécules obtenues en indiquant son intérêt (une réponse courte est attendue : 2 à 3 phrases).

Question 1.4.

La réponse immunitaire adaptative met en jeu des cellules spécialisées : cellules présentatrices de l'antigène, lymphocytes B, plasmocytes, lymphocytes T CD4, lymphocytes T auxiliaires, lymphocytes T CD8, lymphocytes T cytotoxiques.

Préciser pour chacune d'entre elles leurs caractéristiques et rôles dans la réponse immunitaire.

Votre réponse sera présentée sous forme de tableau.

Partie 2 - Réflexion didactique et pédagogique (durée : environ 1h30)

Question 2.1. – Transposition didactique d'un document scientifique

Document 5 - Extrait d'un article scientifique « Comment les sentinelles de l'immunité traduisent les données microbiennes qu'elles reçoivent en instructions immunologiques ? »

Document 6 – Programme de 1^{ère} spécialité SVT – Le fonctionnement du système immunitaire humain

Proposer une version du document 5 adaptée à des élèves du niveau première dans le cadre de l'enseignement de spécialité SVT sur l'immunité adaptative. Une justification des choix de modification du document en précisant ce que le document, didactisé, permet de faire comprendre aux élèves est attendue.

Question 2.2. – Intérêt d'une ressource pédagogique pour modéliser une infection dans le cadre de la vaccination et développer l'esprit critique des élèves en spécialité SVT du niveau première

Document 6 - Programme de 1^{ère} spécialité SVT – Le fonctionnement du système immunitaire humain

Document 7 - De l'importance des objectifs de couverture vaccinale : exemple de la rougeole

Document 8 - Un outil de modélisation numérique : le logiciel netBioDyn

- *Document 8a - Le logiciel netBioDyn*

- Document 8b - Exploitation du logiciel netBioDyn : l'exemple de la vaccination contre la rougeole
Document 9 – Un outil en curseur pour estimer le degré de fiabilité d'un outil de modélisation numérique

2.2.1 Argumenter l'intérêt d'utiliser un logiciel tel que netBioDyn avec des élèves dans le cadre de l'étude de la vaccination.

2.2.2 L'utilisation d'un modèle est l'occasion de développer l'esprit critique. Poursuivant cet objectif de formation, un enseignant de 1^{ère} spécialité SVT souhaite utiliser l'outil en curseur proposé dans le document 9.

2.2.2.a. Proposer 3 indicateurs de fiabilité qui pourraient compléter ce tableau.

2.2.2.b. Justifier de l'intérêt qu'il peut y avoir à utiliser lors d'une activité avec les élèves un tel outil en curseur.

Question 2.3. – Élaboration de deux activités complémentaires pour construire une même notion

Document 6 - Programme de 1^{ère} spécialité SVT – Le fonctionnement du système immunitaire humain

Document 10 - Résultat du test d'Ouchterlony réalisé par un binôme d'élèves de première spécialité SVT

Document 11 - Capture d'écran de la modélisation moléculaire numérique du complexe antigène-anticorps avec le logiciel LibMol réalisée par un binôme d'élèves de première spécialité SVT

2.3.1. Construire deux activités pour des élèves de première spécialité SVT sur la partie du programme « l'immunité adaptative assure une action spécifique contre des motifs moléculaires portés par des agents infectieux ». L'une intègrera la réalisation du test d'Ouchterlony (document 10), l'autre l'utilisation du logiciel de modélisation moléculaire (document 11).

Sont attendus pour chacune des activités : le ou les objectifs (notionnels et de compétences), la ou les consignes, la production attendue et les modalités de travail des élèves.

2.3.2. Expliquer comment la complémentarité des deux approches (expérimentale et numérique) permet de construire la notion de spécificité des anticorps.

Question 2.4. – Evaluation d'une activité contribuant à l'éducation aux médias et à l'information

Document 12 - Productions d'un groupe d'élèves de cycle 4

Document 13 - Extrait du programme de SVT de cycle 4

Une fausse information circule sur les réseaux sociaux et est rapportée par des élèves de cycle 4 en cours de SVT : « l'ARNm des vaccins transforme les cellules sanguines des vaccinés ». Dans le cadre de la contribution à l'éducation aux médias et à l'information (EMI) et du développement de l'esprit critique, une activité est alors proposée aux élèves : il s'agit d'effectuer une recherche internet qui permette d'apporter des éléments scientifiques fiables pour dénoncer cette affirmation et de produire un document qui servira de support à une présentation orale à la classe.

Le document 12 présente l'ensemble des productions d'un groupe d'élèves : 3 brouillons individuels et le document support de présentation élaboré par le groupe.

Proposer 3 critères d'évaluation de l'activité présentée et les appliquer à la production d'élèves fournie dans le document 12.

Une justification des critères retenus est attendue (réponse courte limitée à deux ou trois phrases par critère), ainsi que des éléments d'objectivation de chaque critère (réponse courte également).

Partie 3 - Construction d'une séquence d'enseignement en première spécialité SVT

(durée : environ 2h)

Tous les documents du dossier sont mobilisables pour la construction de cette séquence, mais l'exhaustivité n'est toutefois pas attendue.

Document complémentaire pour cette partie 3 :

Document 14 – Quelques compétences travaillées dans les programmes de SVT de lycée

L'objectif est la construction d'une séquence d'enseignement portant sur l'ensemble des deux parties de programme « immunité innée » et « immunité adaptative ».

Dans cette séquence vous montrerez comment peuvent être intégrés et articulés certains éléments et documents exploités dans les parties 1 et 2, dans une démarche de raisonnement que vous ferez clairement apparaître.

Cette séquence comportera obligatoirement :

- ***une situation d'évaluation diagnostique permettant de remobiliser les acquis antérieurs qui seront mobilisés par la suite dans cette séquence ;***
- ***pour chaque séance :***
 - ***les grandes étapes de la démarche pédagogique choisie (y compris l'articulation avec la séance précédente)***
 - ***les objectifs et attendus des activités proposées***

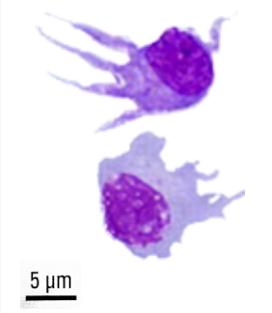
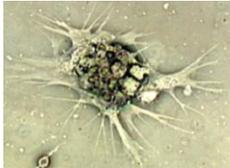
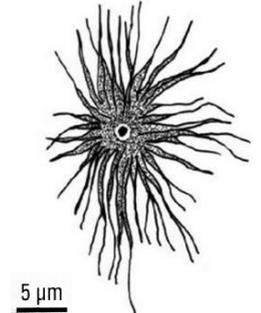
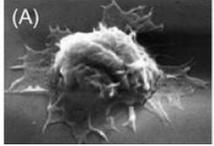
NB : les deux activités construites à la question 2.3.1. de la partie 2 sont à inclure impérativement (le détail de ces activités se limite à l'évocation des objectifs et attendus, il n'est pas attendu de réécrire ici le détail des activités et notamment les consignes)

NB : les consignes données pour les activités ne sont attendues que pour une des activités évoquées, à votre choix, autre que celle de la question 2.3.1.
 - ***un bilan notionnel***
- ***un schéma bilan fonctionnel est attendu : il correspondra à l'objectif du programme « Par l'étude d'un cas d'une infection virale (par exemple la grippe), les élèves comprennent comment se mettent en place les défenses adaptatives et comment, en collaboration avec les défenses innées, elles parviennent à l'élimination du virus ».***

Précision importante : Il n'est pas attendu du candidat la construction exhaustive de tous les points du programme mais uniquement l'exploitation, cohérente et intégrée dans une démarche, d'exemples issus du fonctionnement du système immunitaire pour illustrer les notions présentes dans le programme de première spécialité SVT.

DOCUMENTS

DOCUMENT 1 - Quelques cellules phagocytaires présentes chez les Métazoaires

Nom	Cellule dendritique	Hémocyte	Cœlomocyte	Cœlomocyte
Illustration				
Clade (Genre espèce)	Téléostéens (<i>Danio rerio</i>)	Bivalves (<i>Magallana gigas</i>)	Nématodes (<i>Strongylus vulgaris</i>)	Annélides (<i>Eisenia andrei</i>)
Localisation	Tissu infecté	Hémolymphe et tissu infecté	Cœlome et tissu infecté	Cœlome et tissu infecté
Phagocytose	+	+	+	+

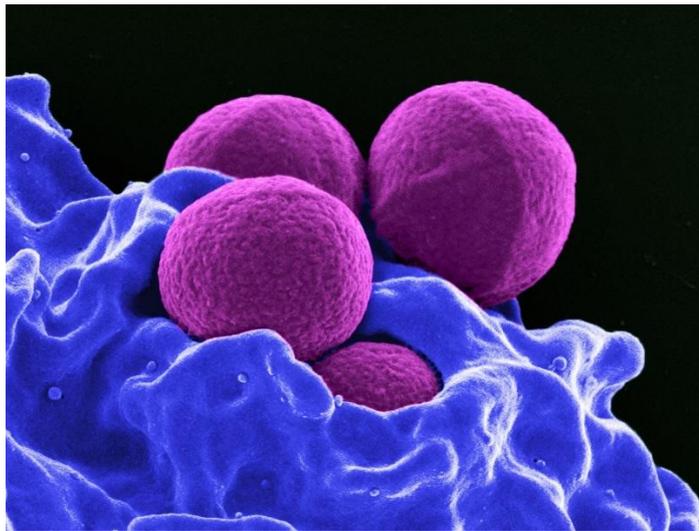
Remarque : La capacité de phagocytose n'est rencontrée dans le monde vivant que chez les Métazoaires.

Sources :

- Geanncarlo Lugo-Villarino, et al. (2010). Identification of dendritic antigen-presenting cells in the zebrafish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (36) 15850-15855.
- https://www.mdseagrant.org/interactive_lessons/oysters/oysblood.htm
- Tahseen Qudsia (2009). Coelomocytes : Biology and Possible Immune Functions in Invertebrates with Special Remarks on Nematodes. *International Journal of Zoology*.
- Canesi, Laura & Prochazkova, Petra. (2013). The Invertebrate Immune System as a Model for Investigating the Environmental Impact of Nanoparticles. *Nanoparticles and the Immune System : Safety and Effects*. 91-112.

DOCUMENT 2 – Un phénomène de la réaction immunitaire innée

Document 2a

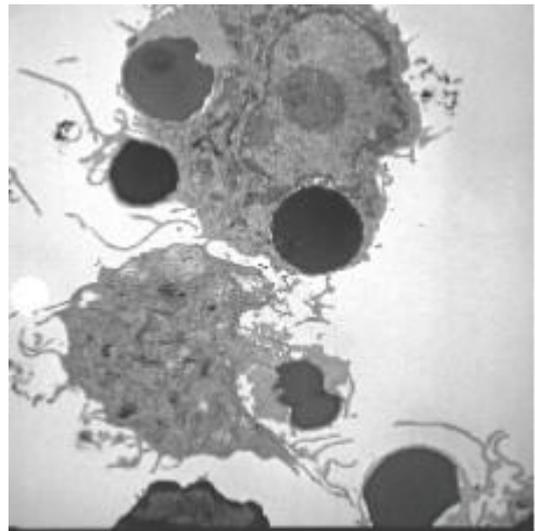


— 0,5 μm

Four methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) bacteria (purple), neutrophils (blue)
Bacteria = bactérie – purple = mauve – neutrophils = neutrophiles – blue = bleu

Source : National Institute of Allergy and Infectious Diseases/Centers for Disease Control and Prevention
(<https://www.britannica.com/science/phagocytosis>)

Document 2b

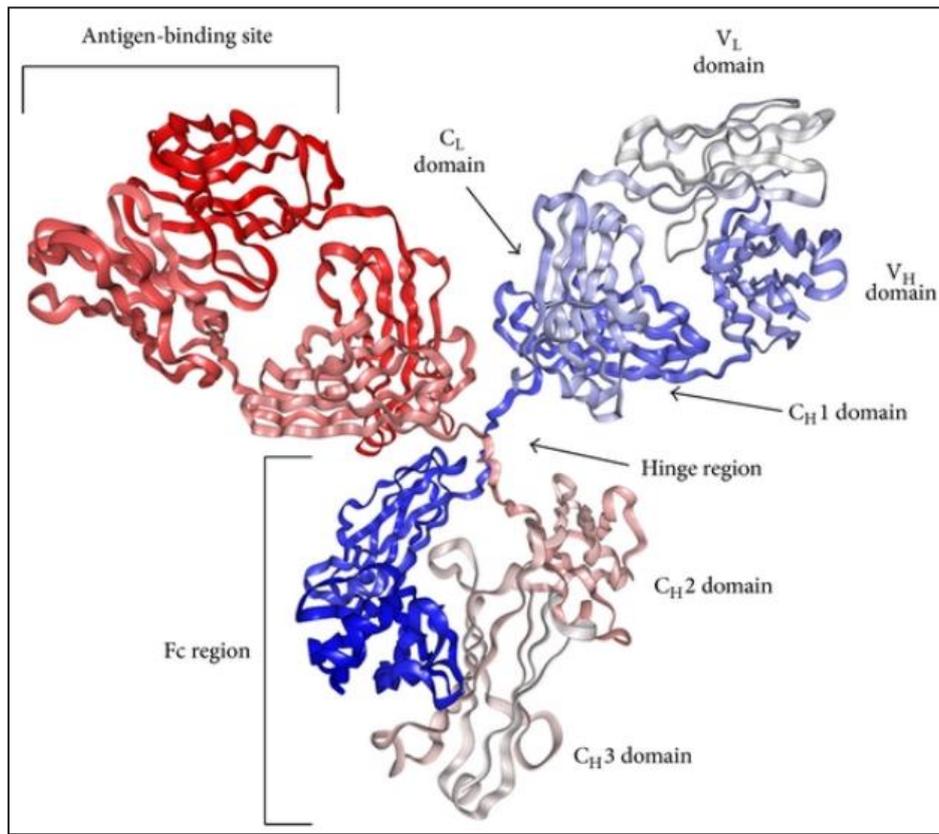


— 5 μm

<https://www.institutcochin.fr/linstitut/actualites/la-phagocytose>

DOCUMENT 3 - Structure des immunoglobulines

Document 3a - la structure de base des immunoglobulines



La structure ci-dessus est caractéristique des IgA, IgD et IgG de Mammifère.

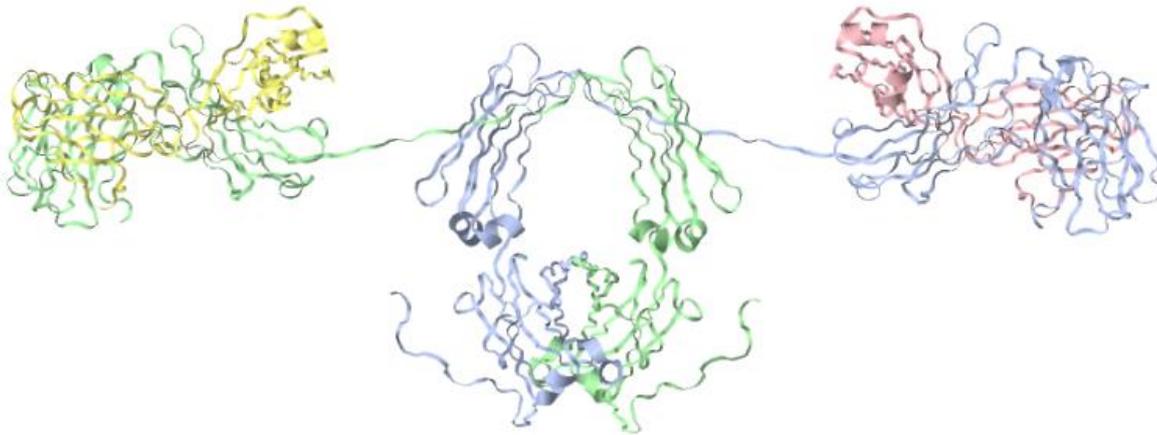
D'après : Charlotte S. Kaetzel, "Coevolution of Mucosal Immunoglobulins and the Polymeric Immunoglobulin Receptor : Evidence That the Commensal Microbiota Provided the Driving Force", International Scholarly Research Notices, vol. 2014, 2014

Document 3b - Modélisation moléculaire numérique de deux isotypes d'immunoglobulines sur RSCB PDB
(Research Collaboratory for Structural Bioinformatics Protein Data Bank)

Les immunoglobulines sont très hétérogènes au sein d'une même espèce et on distingue actuellement, dans l'espèce humaine, 5 classes (ou isotypes) d'anticorps : les IgG, les IgA, les IgM, les IgD et les IgE, avec des sous-classes pour certaines d'entre elles.

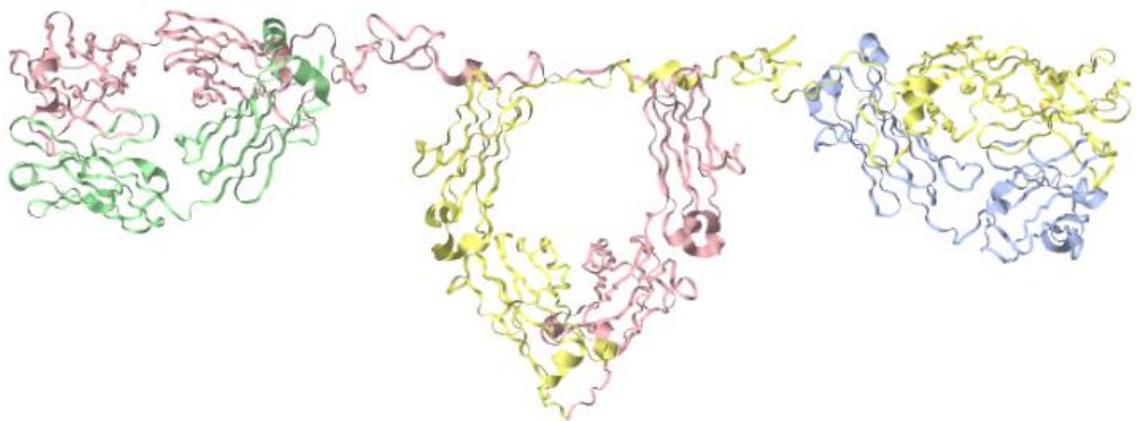
La séquence des régions constantes d'une chaîne lourde, désignée par les lettres grecques (comme α , γ , μ ...), définit la classe d'une immunoglobuline, c'est-à-dire son isotype.

Modèle numérique moléculaire d'un isotype d'immunoglobuline humaine IgA



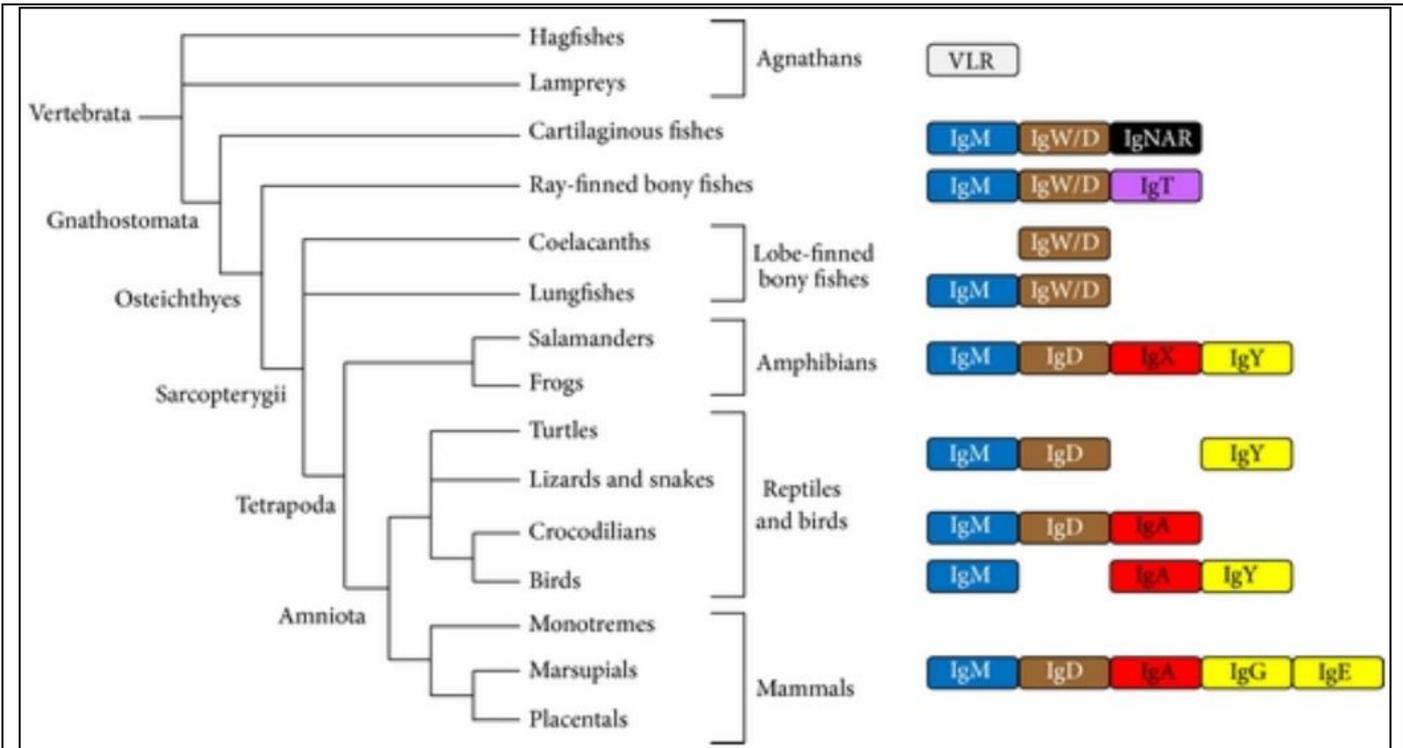
D'après <https://www.rcsb.org/3d-view/jsmol/1iga/1>

Modèle numérique moléculaire d'un isotype d'immunoglobuline humaine IgD



D'après <https://www.rcsb.org/3d-view/jsmol/1zvo>

Document 4b – Evolution des isotypes d'immunoglobulines chez les Vertébrés



D'après Charlotte S. Kaetzel, "Coevolution of Mucosal Immunoglobulins and the Polymeric Immunoglobulin Receptor : Evidence That the Commensal Microbiota Provided the Driving Force", *International Scholarly Research Notices*, vol. 2014, 2014

En bleu : IgM - en marron : IgD – en rouge : IgA ; IgX – en jaune : IgY ; IgG, IgE – en violet : IgT – en noir : IgNAR

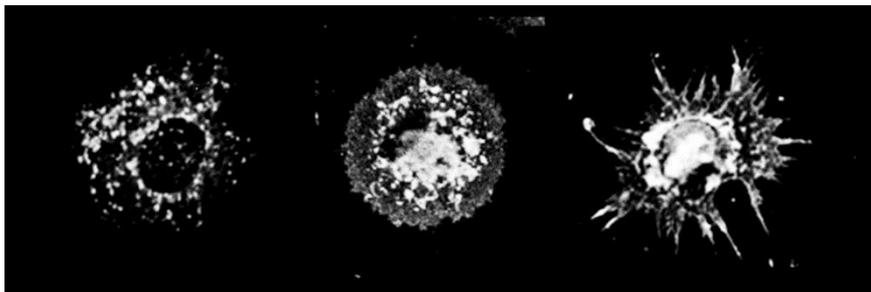
Le code couleur, des parties constantes des chaînes lourdes des immunoglobulines, indique l'évolution présumée :

- de IgA chez les oiseaux et les mammifères à partir d'un précurseur IgX chez les amphibiens
- de IgG et IgE chez les mammifères à partir d'un précurseur IgY chez les amphibiens

DOCUMENT 5 – Extrait d'un article scientifique « Comment les sentinelles de l'immunité traduisent les données microbiennes qu'elles reçoivent en instructions immunologiques ? »

(...) Une fois l'intrus digéré, les cellules dendritiques exposent également à leur surface des fragments du pathogène : les antigènes. Elles migrent alors via les vaisseaux lymphatiques jusqu'aux organes lymphoïdes secondaires (rate, ganglions lymphatiques, tissus lymphoïdes associés aux muqueuses du tube digestif et des poumons) où elles présentent ces antigènes aux lymphocytes T et B. Une fois « armés » contre le pathogène, ces défenseurs de haute précision migreront à leur tour vers le site de l'infection pour assurer son éradication.

Dans cette séquence d'évènements, l'équipe de Philippe Pierre et d'Evelina Gatti, s'intéresse tout particulièrement à l'étape clef de la maturation de la cellule dendritique. L'instant où, la cellule détecte le microbe, change ses fonctions biologiques et commence sa migration vers les organes lymphoïdes secondaires.



*Génération d'une cellule dendritique.
Copyright, P Pierre, CIML*

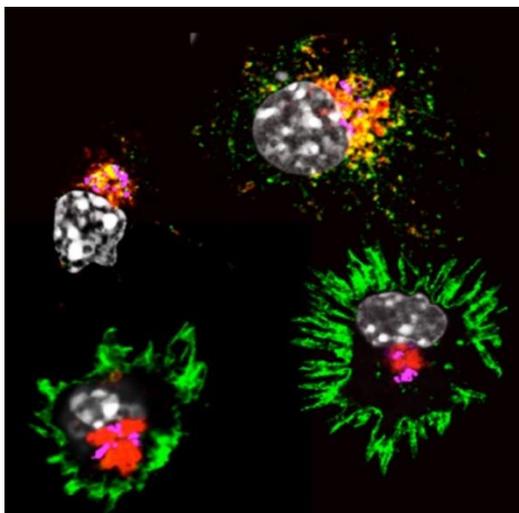
« La cellule dendritique fonctionne à l'instar d'une interface » rappelle Philippe Pierre. « Elle détecte les produits microbiens, les classe selon leur type puis convertie ces informations en instructions. Elle utilise ces instructions d'abord pour elle-même - parce que la rencontre avec des produits microbiens n'est pas un événement anodin et génère naturellement un stress dans la cellule - mais aussi pour les cellules du système immunitaire avec lesquelles elle coopère.

Paradoxalement, alors que l'on connaît depuis longtemps le rôle clef joué par ces cellules dans l'activation des lymphocytes B et T, que l'on a identifié les capteurs qui leur permettent de détecter les signaux de dangers émis par les pathogènes, le fonctionnement de cette interface reste en partie une énigme. Nous tentons de résoudre cette énigme, de comprendre comment la cellule dendritique convertie les « données microbiennes » en « instructions immunologiques ».

(...)

"Sous notre microscope, toutes les cellules dendritiques changeaient spectaculairement en réponse aux produits microbiens"

« En observant sous notre microscope le comportement des molécules du CMH dans les cellules dendritiques nous avons constaté que l'ajout de produits microbiens induisait des changements spectaculaires chez toutes les cellules de notre culture » précise Evelina Gatti, co-dirigeante de l'équipe sur ce sujet. « Initialement orientées vers l'intérieur, les molécules du CMH se tournaient soudainement vers l'extérieur de la cellule. Nous avons alors essayé de comprendre comment la cellule dendritique organisait le trafic des molécules du CMH. »



Activation des Cellules Dendritiques (Molécules du CMH II en vert, Lysosomes en rouge, noyaux en gris). Copyright, Alexis Combes, Philippe Pierre, CIML

Depuis ces observations l'équipe a intégré énormément de nouvelles données sur des voies biochimiques encore mal connues et impliquées dans l'acquisition des fonctions immunomodulatrices des cellules dendritiques. Nous avons ainsi découvert que des enzymes, des ubiquitine ligases de la famille des MARCH, réglaient l'adressage des molécules de CMH, en accordant à ces dernières un « ticket d'entrée » qui leur ouvre l'accès restreint à des compartiments spécialisés de la cellule. Là, les molécules de CMH rencontrent les antigènes du soi ou ceux du pathogène qui dicteront en retour la réponse du système immunitaire : l'indifférence bienveillante pour les premiers jugés comme inoffensifs, le montage d'une attaque ciblée contre la pathogène à la vue des seconds. (...)

Extrait d'après

<http://www.ciml.univ-mrs.fr/fr/science/lab-philippe-pierre/biologie-des-cellules-dendritiques>

DOCUMENT 6 - Programme de 1^{ère} spécialité SVT – Le fonctionnement du système immunitaire humain

(BOEN spécial n° 1 du 22 janvier 2019)

Le fonctionnement du système immunitaire humain

Le système immunitaire est constitué d'organes, de cellules et de molécules qui coopèrent pour assurer l'immunité de l'organisme et contribuer ainsi à sa santé. L'immunité est un ensemble de mécanismes intégrés visant à protéger l'organisme des agents infectieux, des cellules cancéreuses ou des dommages tissulaires. Tous les êtres vivants ont des systèmes de défense adaptés à leurs caractéristiques et leurs besoins. Chez les animaux, ces systèmes comprennent des dispositifs de surveillance qui fonctionnent sans relâche et qui patrouillent dans tout l'organisme, ainsi que des mécanismes de réaction déclenchés par la perception d'un élément étranger ou la modification d'une cellule de l'organisme.

Ce système comprend deux étages de défenses aux stratégies différentes :

- l'immunité innée, la première à s'être mise en place aux cours de l'évolution, chez l'ancêtre commun des animaux ;
- l'immunité adaptative qui apparaît chez les vertébrés, s'ajoute et se combine à l'immunité innée.

Les capacités immunitaires d'un individu évoluent au cours de sa vie suite au contact avec différents antigènes. Elles faiblissent chez les personnes âgées. Elles peuvent être enrichies dès l'enfance et pendant toute la vie grâce à l'aide de vaccins, de sérums, de transplantations et autres interventions médicales préventives ou curatives.

L'immunité innée

Connaissances

L'immunité innée existe chez tous les animaux. Elle opère sans apprentissage préalable. Elle est génétiquement déterminée et présente dès la naissance.

Elle repose sur des mécanismes de reconnaissance et d'action très conservés au cours de l'évolution : une dizaine de types cellulaires différents (récepteurs de surface pour la reconnaissance de motifs étrangers partagés par de nombreux intrus) et une centaine de molécules circulantes (interleukines pour la communication entre cellules).

Très rapidement mise en œuvre et présente en tout point de l'organisme, l'immunité innée est la première à intervenir lors de situations variées (atteintes des tissus, infection, cancérisation). C'est une première ligne de défense immunitaire qui agit d'abord seule puis se prolonge pendant toute la réaction immunitaire.

La réaction inflammatoire est essentielle. Elle traduit l'accumulation de molécules et de cellules immunitaires au lieu d'infection ou de lésion. Aiguë, elle présente des symptômes stéréotypés (rougeur, chaleur, gonflement, douleur). Elle prépare le déclenchement de l'immunité adaptative.

Notions fondamentales : organes lymphoïdes, macrophages, phagocytose, médiateurs chimiques de l'inflammation, interleukines, récepteurs de surface, réaction inflammatoire, médicaments anti-inflammatoires.

Objectifs : à partir d'un exemple, les élèves distinguent le déclenchement d'une réaction immunitaire et l'importance de la réaction inflammatoire.

Capacités

- Recenser, extraire et exploiter des informations, sur les cellules et les molécules impliquées dans la réaction inflammatoire aiguë.
- Observer et comparer une coupe histologique ou des documents en microscopie avant et lors d'une réaction inflammatoire aiguë.
- Observer la phagocytose par des cellules immunitaires (macrophages).
- Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les effets de médicaments antalgiques et anti-inflammatoires.

Précisions : la description des récepteurs de l'immunité innée (PRR), des signaux de dangers et la connaissance des signatures des pathogènes (PAMP) sont hors programme.

La mise en perspective évolutive du système immunitaire est signalée ; elle lie à cette thématique de sciences fondamentales une réflexion sur la santé, mais elle ne fait pas l'objet d'une argumentation particulière.

L'immunité adaptative

Connaissances

L'immunité adaptative complète l'immunité innée chez les vertébrés. Elle assure une action spécifique contre des motifs moléculaires portés par des agents infectieux ou des cellules anormales. Elle met en jeu des molécules et des cellules particulières, notamment les anticorps et les cellules qui les produisent. Associée à l'immunité innée, elle réussit le plus souvent à éliminer la cause du déclenchement de la réaction immunitaire. La réaction immunitaire adaptative doit prendre en compte une grande diversité d'agents pathogènes, leur variabilité et leur évolution. Cela soulève un paradoxe : pour lutter contre cette immense diversité d'agents immunogènes, elle devrait mettre en jeu beaucoup plus de gènes que n'en porte le génome humain. Des mécanismes particuliers engendrent des combinaisons immenses de gènes et de protéines composites notamment dans le cas des anticorps :

- recombinaison de segments de gènes exprimant les parties constantes et variables des chaînes lourdes et légères des immunoglobulines ;
- assemblage des chaînes lourdes et légères.

Ces mécanismes aléatoires engendrent une diversité telle que tous les antigènes possibles sont en principe reconnaissables.

Dans la diversité produite, une première sélection élimine ce qui est incompatible avec le soi, évitant des réactions immunitaires qui se déclencheraient contre des parties saines de l'organisme.

Les cellules restantes de l'immunité adaptative circulent dans un état dormant dans le sang et dans la lymphe. Lors d'une deuxième phase de sélection, quelques-unes sont activées après une première rencontre avec un antigène particulier. Les phénomènes de sélection, d'amplification et de différenciation clonales qui s'ensuivent expliquent le délai de la réaction adaptative (plusieurs jours chez l'être humain).

L'immunité adaptative met en place des cellules mémoire à longue durée de vie. Ces cellules permettent une réponse secondaire à l'antigène plus rapide et quantitativement plus importante qui assure une protection de l'organisme vis-à-vis de cet antigène. C'est le fondement de la vaccination.

Le système immunitaire n'est pas un organe isolé dans l'organisme ; il est diffus et interagit avec les différentes parties du corps (cerveau, intestins, etc.).

Notions fondamentales : cellules présentatrices de l'antigène, lymphocytes B, plasmocytes, immunoglobulines (anticorps), lymphocytes T CD4, lymphocytes T auxiliaire, lymphocytes T CD8, lymphocytes T cytotoxiques ; sélection, amplification (expansion) et différenciation clonale.

Objectifs : le complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) sera évoqué sans description détaillée. Par l'étude d'un cas d'une infection virale (par exemple la grippe), les élèves comprennent comment se mettent en place les défenses adaptatives et comment, en collaboration avec les défenses innées, elles parviennent à l'élimination du virus. Par cette étude, on signale le mode d'action du VIH.

Capacités

- Recenser, extraire et exploiter des informations, y compris expérimentales, sur les cellules et les molécules intervenant dans l'immunité adaptative.
- Estimer le nombre et la diversité des cellules et des molécules nécessaires à l'immunité adaptative. Insister sur la notion de combinatoire.
- Concevoir et réaliser une expérience permettant de caractériser la spécificité des molécules intervenant dans l'immunité adaptative.
- Concevoir et réaliser des expériences permettant de mettre en évidence les immunoglobulines lors de la réaction immunitaire.

Précisions : le détail moléculaire de la présentation de l'antigène aux lymphocytes T et celui des mécanismes de recombinaison ne sont pas attendus. Les différentes classes d'immunoglobulines ne sont pas au programme.

L'utilisation de l'immunité adaptative en santé humaine

Connaissances

La vaccination préventive induit une réaction immunitaire contre certains agents infectieux. L'injection de produits immunogènes mais non pathogènes (particules virales, virus atténués, etc.) provoque la formation d'un réservoir de cellules mémoire dirigées contre l'agent d'une maladie. L'adjuvant du vaccin aide à déclencher la réaction innée indispensable à l'installation de la réaction adaptative.

Cette vaccination préventive améliore les capacités de défense d'un individu dont le phénotype immunitaire est modelé au gré des expositions aux antigènes. Elle peut être appliquée à tout âge.

Dans une population, cette vaccination n'offre une protection optimale qu'au-delà d'un certain taux de couverture vaccinale, qui bloque la circulation de l'agent infectieux au sein de cette population. Cela résulte du fait que l'on peut porter et transmettre l'agent infectieux sans être soi-même malade (porteur sain).

Des procédés d'immunothérapie (vaccins thérapeutiques et anticorps monoclonaux) ont été développés pour lutter contre certains types de cancer, et de nombreux sont en cours de développement. C'est un champ de recherche aux implications sociétales importantes.

Objectifs : les élèves découvrent comment l'humanité utilise ses connaissances de l'immunité dans le domaine de la santé. La différence entre la vaccination, préventive, et l'immunothérapie (dont les vaccins thérapeutiques) est soulignée. Les élèves acquièrent les connaissances fondamentales sur la base biologique de la stratégie vaccinale préventive qui permet la protection de l'individu vacciné et de la population. On

indique que l'adjuvant du vaccin prépare l'organisme au déclenchement de la réaction adaptative liée au vaccin, un peu comme la réaction inflammatoire prépare la réaction adaptative naturelle.

Capacités

- Recenser, extraire et exploiter des informations historiques sur le principe de la vaccination et ses succès contre de grandes pandémies (variole, poliomyélite, etc.).
- Recenser, extraire et exploiter des informations sur la composition d'un vaccin et sur son mode d'emploi (rappel de vaccination).
- Modéliser et calculer le taux de couverture vaccinale efficace pour un vaccin (par exemple : rougeole).
- Montrer que certains vaccins permettent de lutter indirectement contre des cancers (hépatite B, HPV).
- Prendre conscience que la vaccination est une démarche dans laquelle le bénéfice collectif est très largement supérieur au risque vaccinal individuel.
- Recenser, extraire et exploiter des informations sur la manière dont sont obtenus des anticorps monoclonaux.
- Recenser, extraire et exploiter des informations sur l'utilisation d'anticorps monoclonaux dans le traitement des cancers (par exemple : sein et colon), y compris dans ses composantes économiques.

Précisions : la description exhaustive des types de vaccins, de leur composition et des pratiques vaccinales n'est pas attendue.

DOCUMENT 7 - De l'importance des objectifs de couverture vaccinale : exemple de la rougeole

En France, plus de 23 000 cas de rougeole ont été comptabilisés entre 2008 et 2012 (en trois vagues épidémiques), entraînant plus de 1 000 pneumopathies graves, 30 complications neurologiques (encéphalite ou myélite) et 10 décès. Pour éliminer la rougeole, il faudrait qu'au moins 95% de la population ait reçu 2 doses de vaccin à l'âge de 24 mois. Si la couverture vaccinale ne cesse de progresser et atteint désormais les 90%, elle reste insuffisante. La très grande majorité des personnes contaminées au cours de ces récentes épidémies n'étaient pas vaccinées (80% des cas), ou insuffisamment vaccinées (1 seule dose de vaccin). Néanmoins, 5% d'entre elles avaient reçu les deux doses recommandées par le calendrier vaccinal et étaient donc vraisemblablement des mauvais répondeurs au vaccin. Elles auraient probablement été protégées de l'infection si la couverture avait été optimale, empêchant la circulation du virus.

D'après :

<https://www.inserm.fr/dossier/vaccins-et-vaccinations/>

Document 8a – Le logiciel netBioDyn

Présentation du logiciel netBioDyn netBioDyn est un environnement permettant la modélisation et la simulation de mécanismes biologiques complexes. (...)

- Dans netBioDyn, un agent est une entité informatique représentant une entité biologique au travers de comportements et d'interactions. Tous les agents sont plongés au sein d'un même environnement afin d'étudier et d'observer l'évolution du système biologique modélisé au cours du temps. (...)
- netBioDyn permet de faire tourner des modèles ou de créer de nouveaux modèles. En immunologie, l'utilisation de modèles netBioDyn s'avère intéressante au collège comme au lycée, en particulier lorsqu'il s'agit de travailler autour d'expériences non réalisables en classe. Il est possible de créer des modèles pour enseigner l'évolution, la génétique, l'immunité, etc.

auteur du logiciel : Pascal Ballet, Maître de Conférence à l'Université de Bretagne Occidentale
source des informations :

<http://aces.enslyon.fr/aces/logiciels/applications/netbiodyn/logiciel-et-ressources>

Fonctionnalités utiles pour faire construire un modèle

Logiciel Biodyn - Fonctionnalités utiles pour construire un modèle

Etape 1 - Déclarer les entités

Etape 2 - Mettre en équation le comportement des entités

3 - Etape 3 - Paramétrer (si nécessaire) l'environnement

<http://aces.ens-lyon.fr/aces/logiciels/applications/netbiodyn/logiciel-et-ressources>

Document 8b – Exploitation du logiciel netbiodyn : l'exemple de la vaccination contre la rougeole

Les entités à déclarer sont les suivantes :

Nom de l'entité	Statut (et utilisation éventuelle des informations pour le paramétrage des propriétés de l'entité)
virus-rougeole	Virus de la rougeole "Le virus ainsi libéré reste dangereux pendant au moins 30 min. Il survit peu de temps sur les objets et les surfaces" --> dans le modèle on attribuera une courte demi-vie (par exemple, 50 tics) au virus
sain-vacciné	Individu sain et vacciné contre la rougeole
sain-non-vacciné	Individu sain et non vacciné contre la rougeole
infecté	Individu malade, infecté par le virus de la rougeole
sain-immunisé	Individu guéri après une première infection par le virus de la rougeole

Les comportements à mettre en équation sont les suivants :

Comportement	Equation (et utilisation éventuelle des informations pour le paramétrage de la probabilité de réalisation du comportement)
infection	virus-rougeole + sain-non-vacciné --> virus-rougeole + infecté p= 0,1
transmission	infecté --> infecté + virus-rougeole + virus-rougeole + virus-rougeole p= 0,5 On attribue une probabilité importante à ce comportement car il est indiqué "la rougeole est une maladie hautement contagieuse".
guérison	infecté --> sain-immunisé p = 0,001 L'individu infecté est naturellement protégé d'une infection ultérieure par le biais des <u>cellules mémoires formées lors de la première rencontre</u> avec le pathogène. <i>On attribue à ce comportement une faible probabilité afin de tenir compte de la durée de la maladie.</i>

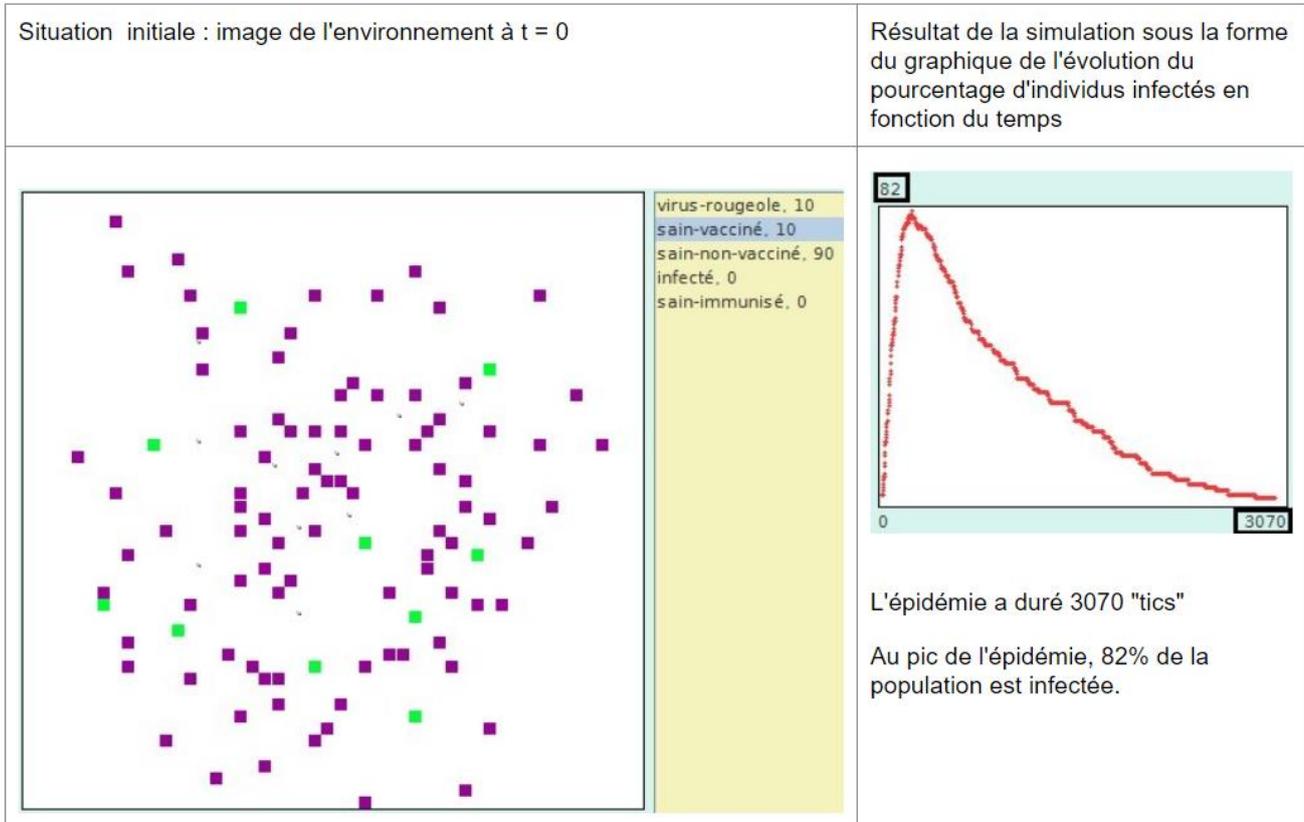
Utilisation du modèle : différentes simulations où la variable est le nombre de personnes vaccinées.

Afin d'éviter d'engorger l'environnement de netBioDyn et de faciliter le suivi des effectifs (pourcentages), on suit une population de 100 individus. Pour chaque simulation, on introduit la même quantité du virus dans la population. D'une simulation à l'autre, on fait varier exclusivement le nombre de personnes vaccinées. La simulation étant lancée (= simulation de la propagation d'une épidémie de rougeole), on "mesure" d'une

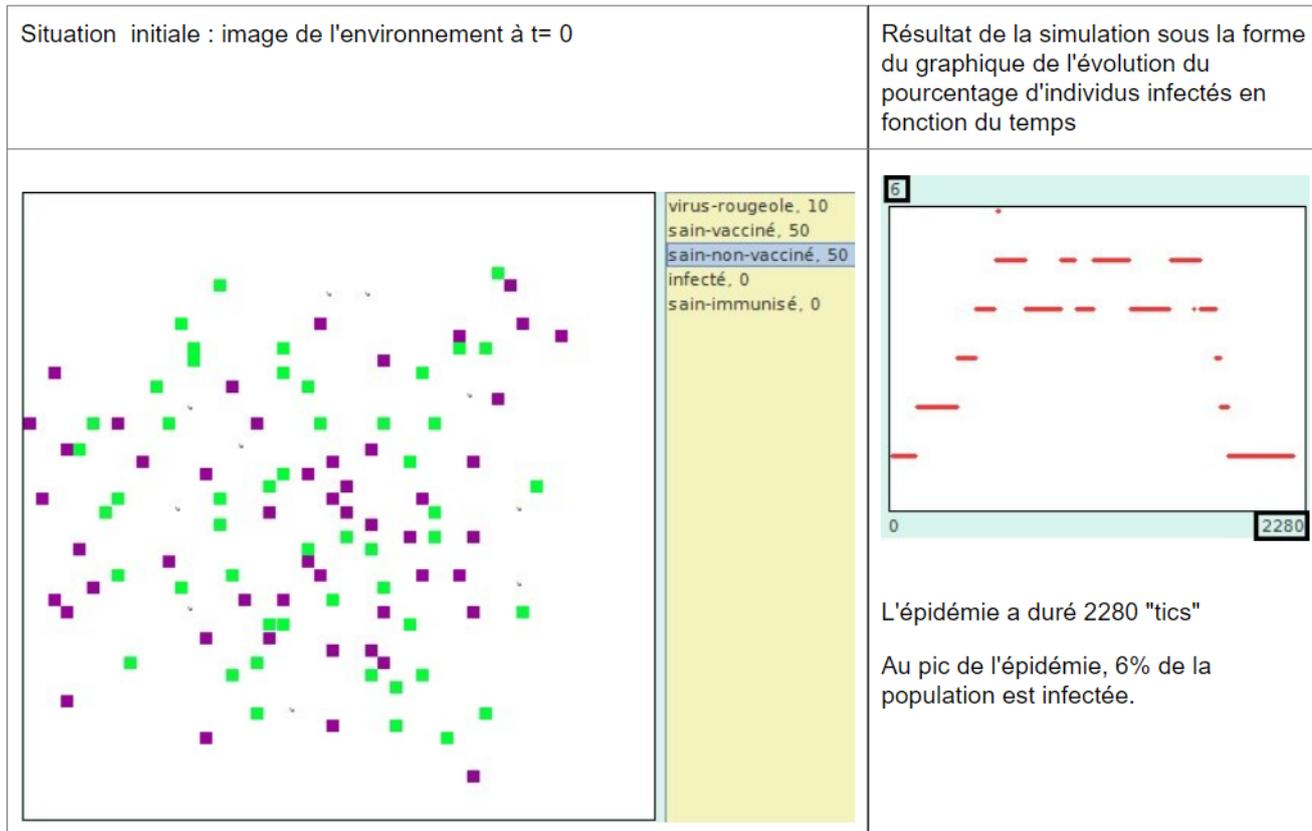
part le nombre maximum d'individus infectés (pic épidémique) et d'autre part la durée totale de l'épidémie (ici, le temps au bout duquel il n'y a plus aucun individu infecté dans la population).

Visualisation de quelques résultats (fenêtre de simulation après édition)

Simulation n°3 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 10 sont vaccinés



Simulation n°5 : suivi d'un échantillon de 100 individus dont 90 sont vaccinés



<http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/immunité-et-vaccination/ressources-logicielles/nouveau-programme-immunologie-2012/la-mémoire-immunitaire/vaccination-contre-la-rougeole-ressource>

DOCUMENT 9 – Un outil en curseur pour estimer le degré de fiabilité d'un outil de modélisation numérique

Echelon	1	2	3	4
Degré de fiabilité du modèle	←	→		→
	<i>Très peu fiable</i>	<i>Assez peu fiable</i>	<i>Plutôt fiable</i>	<i>Très fiable</i>
<i>Pour aider à faire son choix</i>	Indicateurs d'incertitude		Indicateurs de fiabilité	

DOCUMENT 10 - résultat du test d'Ouchterlony réalisé par un binôme d'élèves de première spécialité

SVT



Le contexte utilisé par le professeur est celui de la recherche de la souche virale grippale qui a infecté un patient

S : sérum du patient

E : eau distillée (2)

3 souches virales : souche Michigan 2015 (1), souche Hong-Kong 2003(3) et souche 2014 (4)

Réalisé avec des produits de substitution

DOCUMENT 11 - Capture d'écran de la modélisation moléculaire numérique du complexe antigène-anticorps avec le logiciel LibMol réalisée par un binôme d'élèves de première spécialité SVT

LibMol

1EBJ Anticorps anti -protéine 24 du virus du SIDA

des Séquence Surfaces Interactions

Sélectionner à partir des séquences des différentes chaînes

H	L	P
GLU	GLU	VAL
VAL	ILE	HIS
GLN	VAL	GLN
LEU	LEU	ALA
GLN	THR	ILE
GLN	GLN	SER
SER	SER	PRO
GLY	PRO	ARG
ALA	ALA	THR
GLU	THR	LEU
LEU	THR	ASN
ALA	ALA	ALA
ARG	ALA	TRP
PRO	SER	VAL
GLY	LEU	LYS
ALA	GLY	VAL

Tout Aucun

Inverser

Sphères Boules et bâtonnets

Masquer/Montrer

Chaînes : H L P

H : partie variable de la chaîne lourde de l'anticorps anti-protéine 24 du VIH
 L : partie variable de la chaîne légère de l'anticorps anti-protéine 24 du VIH
 P : protéine 24 du VIH

LibMol

1EBJ Anticorps anti -protéine 24 du virus du SIDA

des Séquence Surfaces Interactions

< Retour

Interactions avec Chaîne P

Liaison hydrogène

- SER31:H / THR210:P
- TYR50:H / ALA208:P
- LEU205:P / TYR50:H
- ALA208:P / ASN52:H
- GLU213:P / TYR105:H
- GLU213:P / THR33:H
- GLU213:P / TYR105:H

Contact hydrophobe

- TYR50:H / ALA208:P
- TYR57:H / ALA208:P
- TYR57:H / PRO207:P
- VAL101:H / ALA217:P
- VAL101:H / GLU213:P
- TRP90:L / ALA204:P
- ASN91:L / ALA204:P

--- Liaison hydrogène --- Contact hydrophobe

Chaînes : H L P

Logiciel Libmol - <https://libmol.org/docs>

DOCUMENT 12 - Production d'un groupe d'élèves de cycle 4

Ces documents représentent les brouillons individuels et le support visuel collectif, exploités à l'oral.

Brouillon 1

Portabilité : Les médias disent que l'ARNm transforme les cellules sanguines des vaccins ... **SCIENCE!**

travail source : ~~https://github.com/epicurese/fuseantigen =~~
~~https://github.com/epicurese/fuseantigen =~~
c'est pas sa et ces vaccine pipeline /
trop compliqué.

BIEN **Clature** : beaucoup d'articles scientifiques mais aussi Ecologie et sciences sociales de l'environnement
<https://www.clature.com/fr/en/>
Ces pas très spécialité donc c'est log.
il y a une partie sur la santé avec les maladies donc ces bien.

BIEN **Figures.co.uk** il fait de la pub pour leur vaccin donc ces pas très scientifique, ce pour qu'on achète mais ils montrent comment ils font les vaccins avec des chiffres et se ces scientifique.

BIEN **moderatee.com** ils font de la pub mais il explique que ces l'ARNm ils disent que l'ARNm transfèrent les instructions de nos stockées dans l'ADN pour fabriquer les protéine nécessaire dans chaque cellule vivante.
il utilise des médicaments à ARNm pour agir avec cellules d'un patient à produire des protéines qui pourrait guérir le covid.

Retranscription de ce qui est écrit en rose clair au-dessus du paragraphe en rouge : « ils disent que l'ARNm transfèrent les instructions stockées dans l'ADN pour fabriquer les protéine nécessaire dans chaque cellule vivante. »

Retranscription de ce qui est écrit en orange clair à gauche du paragraphe en rouge : « INTERET ARNm 😊 »

Brouillon 2

Intérêt du vaccin à ARNm :

- pas d'injection de virus
- ARNm transmet des consignes aux cellules
- ARNm donne l'ordre de fabriquer une protéine spécifique du virus à la cellule
- les protéines "spike" sortent de la cellule et sont détectées par le système immunitaire
- les lymphocytes se mettent en action

↓ ↓

B **T** tuent les cellules infectées
créent des anticorps spécifiques contre
la protéine du coronavirus

**Conclusion: ARNm permet de stimuler le système immunitaire
contre le coronavirus sans injecter le virus**

lymphocytes = cellules
immunitaires

Brouillon 3

Arguments : les gènes sont dans le noyau
et l'ARN donne l'ordre de fabriquer la protéine "spike" (spicula)
pas dans le noyau : ~~est-ce~~ cyto ?
l'ARN ne va pas dans les gènes **DONC** le vaccin à ARN
ne modifie pas l'information génétique d'un individu vacciné
CQFD

Activité : Les médias disent que l'ARNm transforme les cellules sanguines des vaccinés...

Vos présentateurs :

Nous allons vous convaincre alors écouté bien

Le vaccin à ARNm est le virus **FAUX**

Le vaccin à ARNm va pas dans les gènes dans le noyau **VRAI**

Donc déjà on est pas infecté **CQFD**

Donc l'ARNm ne modifie pas l'information génétique des vacciné **CQFD**

Mais alors quel est l'intêret du vaccin à ARNm ?

L'ARNm va dans la cellule → Il donne l'ordre à la cellule de fabriquer des « spike » → Les « spike » sortent et le système imunitaire les voit → LT + LB = En action

La vérité ici vient d'un média pas comme les autres
L'infographie du travail est un média qui montre que ce que disent les médias sur l'ARNm et les cellules sanguines est **FAUX**. Et ça c'ets vrai parce que les sources de l'infographie sont variées et scientifiques (santé avec les maladies) même si il y a des fabriquants de vaccins qui veulent qu'on achète.

Les cellules infctées sont détruite et le coronavirus à des anticorps spécifiques qui le bloque = **CQFD**

On est guérit et donc c'est intéressant

Alor, convainqus ?

DOCUMENT 13 - Extraits du programme de SVT de cycle 4

Compétences travaillées	Domaine du socle
Pratiquer des démarches [...] Communiquer sur les démarches, les résultats et les choix, en argumentant. [...]	1,2,4

Le corps humain et la santé

[...]

Attendus de fin de cycle

[...]

- Relier la connaissance de ces processus biologiques aux enjeux liés aux comportements responsables individuels et collectifs en matière de santé.

Connaissances et compétences associées :

Relier ses connaissances aux politiques de prévention et de lutte contre la contamination et/ou l'infection.

- Mesures d'hygiène, vaccination, action des antiseptiques et des antibiotiques.

D'après : BOEN n° 31 du 30 juillet 2020

DOCUMENT 14 – Quelques compétences travaillées dans les programmes de SVT de lycée
(BOEN spécial n° 1 du 22 janvier 2019)

Compétences travaillées

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
Pratiquer des démarches scientifiques	<ul style="list-style-type: none">- Formuler et résoudre une question ou un problème scientifique.- Concevoir et mettre en œuvre des stratégies de résolution.- Observer, questionner, formuler une hypothèse, en déduire ses conséquences testables ou vérifiables, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser, argumenter.- Interpréter des résultats et en tirer des conclusions.- Comprendre le lien entre les phénomènes naturels et le langage mathématique.- Comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes.- Discerner, dans la complexité apparente des phénomènes observables, des éléments et des principes fondamentaux.- Distinguer ce qui relève d'une croyance ou d'une opinion et ce qui constitue un savoir scientifique.
Concevoir, créer, réaliser	<ul style="list-style-type: none">- Identifier et choisir des notions, des outils et des techniques, ou des modèles simples pour mettre en œuvre une démarche scientifique.- Concevoir et mettre en œuvre un protocole.
Utiliser des outils et mobiliser des méthodes pour apprendre	<ul style="list-style-type: none">- Planifier et organiser son travail.- Garder trace de ses recherches (à l'oral et à l'écrit) et mémoire de ses acquis précédents.- Recenser, extraire, organiser et exploiter des informations à partir de documents en citant ses sources, à des fins de connaissance et pas seulement d'information.- Coopérer et collaborer dans le cadre de démarches de projet.

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPES de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EBE	1600F	102	9312

► **Concours externe du CAFEP/CAPES de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EBF	1600F	102	9312