



جمعية الشرف الادريسي  
لدعم التمدريس والتنمية الثقافية والاجتماعية

Association CHARIF AL IDRISSE  
POUR LE SOUTIEN SCOLAIRE  
ET LE DEVELOPPEMENT CULTUREL ET SOCIAL



الأكاديمية الجهوية للتربية والتكوين  
لجهة الدار البيضاء - سطات  
ACADEMIE REGIONALE D'EDUCATION ET DE FORMATION  
CASABLANCA - SETTAT

2<sup>ème</sup> année du Baccalauréat

# SVT

Sciences expérimentales - Option SVT

## Unité 4 : L'immunologie

Fiches de révision et entraînement  
à l'examen national

2<sup>ème</sup> année du Baccalauréat

# SVT

Sciences expérimentales - Option SVT

## Unité 4 : L'immunologie

Fiches de révision et entraînement  
à l'examen national



جمعية الشرف الأدريسي  
لدعم التمدريس والتنمية الثقافية والاجتماعية

Association CHARIF AL IDRISSEI  
POUR LE SOUTIEN SCOLAIRE  
ET LE DEVELOPPEMENT CULTUREL ET SOCIAL

Travail réalisé par l'équipe pédagogique de l'association **CHARIF AL IDRISSEI** pour contribuer à la continuité pédagogique des élèves de 2<sup>ème</sup> Bac sciences expérimentales – Option SVT de l'Académie régionale de l'éducation et de la formation Région Casablanca – Settat

# Sommaire

## Partie I : Résumé de cours

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fiche de révision 1 : <b>Soi et non-soi</b> .....                                           | 5  |
| Fiche de révision 2 : <b>Les marqueurs du soi</b> .....                                     | 6  |
| Fiche de révision 3 : <b>Système immunitaire et types d'immunité</b> .....                  | 7  |
| Fiche de révision 4 : <b>La réaction inflammatoire, une réponse immunitaire innée</b> ..... | 8  |
| Fiche de révision 5 : <b>Deux mécanismes de l'immunité spécifique</b> .....                 | 9  |
| Fiche de révision 6 : <b>Les lymphocytes B et la réaction à médiation humorale</b> .....    | 10 |
| Fiche de révision 7 : <b>Les lymphocytes T et la réponse à médiation cellulaire</b> .....   | 12 |
| Fiche de révision 8 : <b>Les phases de l'immunité spécifique</b> .....                      | 14 |
| Fiche de révision 9 : <b>Le mécanisme d'une réaction allergique</b> .....                   | 15 |
| Fiche de révision 10 : <b>Le syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA)</b> .....           | 16 |

## Partie 2 : Évaluation

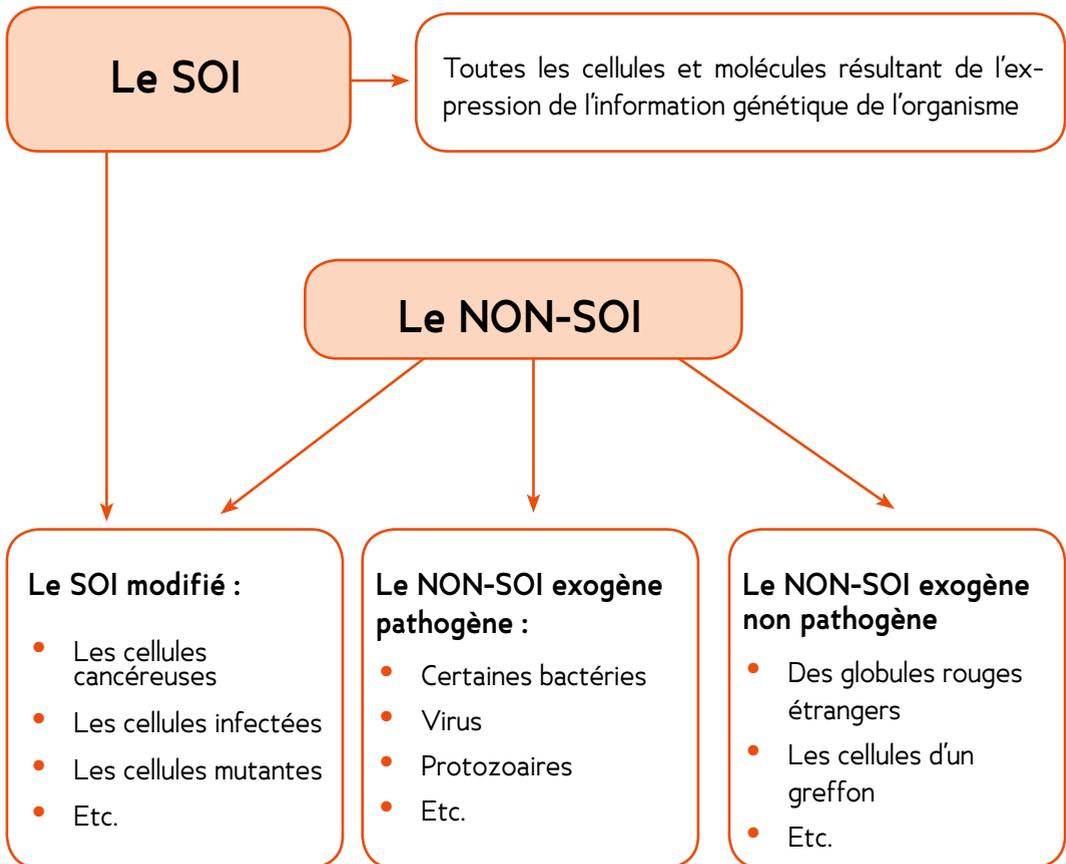
|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| <b>Exercices : Restitution des connaissances</b> ..... | 18 |
| <b>Exercices : Raisonnement et communication</b> ..... | 20 |
| <b>Corrigé : Restitution des connaissances</b> .....   | 30 |
| <b>Corrigé : Raisonnement et communication</b> .....   | 31 |

# L'immunologie

| Chapitre | Titre                                       | Cadre de référence pour l'examen national                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Soi et le non soi biologique                | <b>Soi et non soi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CMH : Définition, rôle et origine génétique</li> <li>• Notion du soi</li> <li>• Les marqueurs mineurs du soi</li> <li>• Notions de non soi et du non soi modifié</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2        | Les moyens de défense de l'organisme        | <b>Moyens de défense de l'organisme</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notion de réponse immunitaire</li> <li>• Réponse immunitaire naturelle (non spécifique)</li> <li>• Réaction inflammatoire</li> <li>• Phagocytose</li> <li>• Facteurs du complément</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                             |
| 3        | Les mécanismes de l'immunité spécifique     | <b>Réponse immunitaire acquise (spécifique)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réponse immunitaire à médiation cellulaire</li> <li>• Réponse immunitaire à médiation humorale</li> <li>• Mémoire immunitaire</li> <li>• Système immunitaire</li> <li>• Origine des cellules immunitaires et lieux de maturation des lymphocytes</li> <li>• Phases de la réponse immunitaire spécifique</li> <li>• Coopération cellulaire</li> </ul>                                                              |
| 4        | Le dysfonctionnement du système immunitaire | <b>Quelques dysfonctionnements du système immunitaire</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allergie due à l'hypersensibilité immédiate (éléments intervenant et mécanisme)</li> <li>• SIDA (structure du VIH et son cycle de multiplication, action du VIH sur les LT4, évolution de l'infection par le VIH)</li> </ul> <b>Moyens d'aide au système immunitaire</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaccination</li> <li>• Sérothérapie</li> <li>• Greffe de la moelle osseuse</li> </ul> |

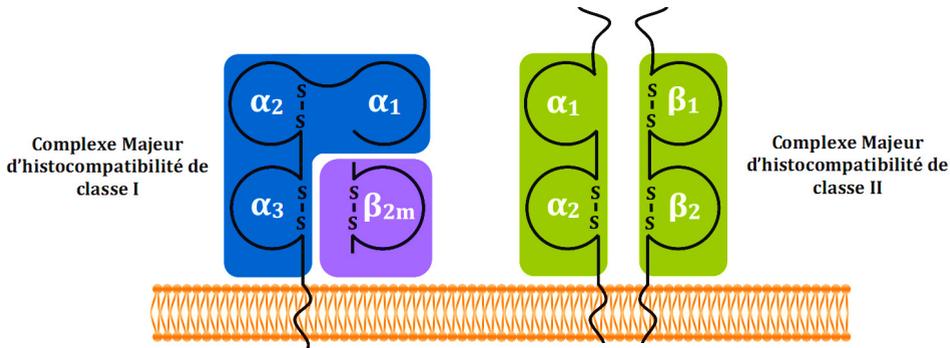
- Le soi correspond à l'ensemble des molécules résultant de l'expression des gènes d'un individu.
- Le non-soi correspond à l'ensemble des molécules dont la synthèse ne résulte pas de l'information génétique propre à l'organisme et qui sont reconnues comme étrangères par le système immunitaire. Elles peuvent être issues du milieu extérieur (vers, virus, bactéries, toxines...) ou être simplement des molécules du soi modifiés (ex : cellules infectées).
- On qualifie d'antigènes les molécules du non-soi capables d'induire des réactions immunitaires spécifiques. Ils sont le plus souvent de nature protéique. L'antigène comporte le plus souvent plusieurs motifs appelés épitopes ou déterminants antigéniques reconnus par le système immunitaire.

Un épitope est la plus petite partie d'un antigène susceptible d'être reconnue comme étrangère.



## Les marqueurs majeurs d'histocompatibilité ou CMH (HLA)

- Les marqueurs majeurs d'histocompatibilité correspondent à des marqueurs protéiques portés par les membranes plasmiques des cellules de l'organisme. Ces complexes majeurs d'histocompatibilité ou CMH (ou HLA) sont de deux types : CMH I et CMH II.



- Les molécules de CMH I sont présentes sur la membrane de toutes les cellules nucléées. Quant au CMH II, il est essentiellement présent sur les cellules présentatrices de l'antigène (macrophages, cellules dendritiques et sur les cellules épithéliales thymiques).
- Au niveau de cellule normale (non infectée d'antigène), ces CMH présentent un peptide du soi, alors qu'au niveau de cellules infectées d'antigènes, le CMH présente des épitopes ou déterminants antigéniques qui représentent l'antigène. Dans ce dernier cas, on parle de cellules présentatrices d'antigènes ou CPA capables de déclencher une réponse immunitaire.

## L'origine génétique du CMH

Génétiquement, le Complexe Majeur d'Histocompatibilité ou CMH est un ensemble de gènes localisés sur le chromosome 6 (chez l'humain), qui ne peut être identique chez deux individus (sauf vrais jumeaux) étant donné le nombre d'allèles et de configurations possibles (polymorphisme élevé).

Les CMH I et CMH II, protéines de surface membranaire, correspondent à l'expression de gènes CMH.

## Les caractéristiques génétiques des gènes du CMH

**Le complexe génétique du CMH est caractérisé par :**

- C'est un ensemble de gènes liés (tous portés par le bras court du chromosome 6 chez l'Homme) ;
- La liaison entre ces gènes est absolue (très faible distance séparant ces gènes) , donc la probabilité de recombinaison génétique est nulle (pas de crossing over) ;
- Chacun des gènes du CMH est représenté par une multitude d'allèles, donc la probabilité d'avoir deux individus avec le même génotype CMH est presque nulle, à l'exception des vrais jumeaux ;
- Les allèles de chacun des gènes du CMH sont codominants.

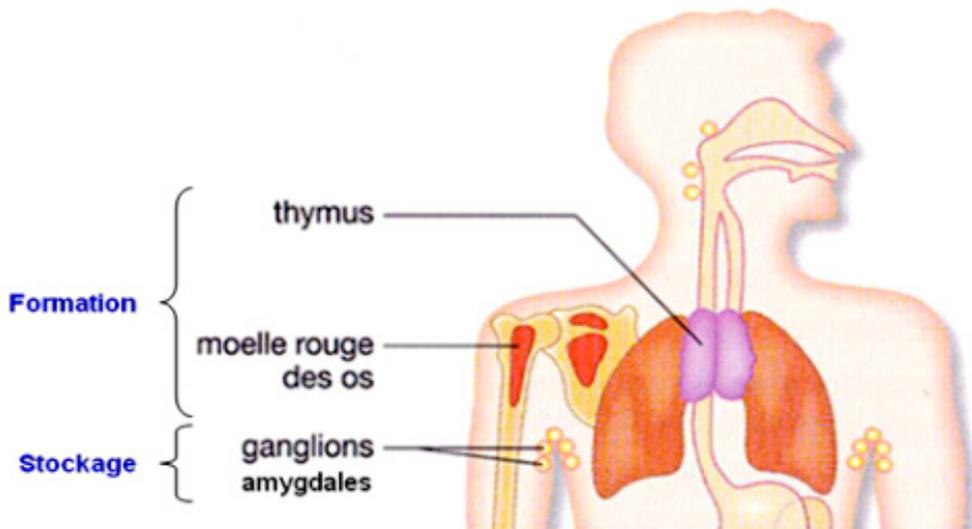
## N.B

Les groupes sanguins d'un individu correspondent à des marqueurs mineurs. Ils sont définis par la présence ou non de protéines membranaires portées par la membrane des hématies et par la présence ou non d'anticorps innés dans le plasma.

## Système immunitaire et types d'immunité

Le système immunitaire regroupe l'ensemble de tissus et de cellules participant à la réponse immunitaire de l'organisme. Cette dernière met en jeu diverses catégories de cellules qui circulent dans le sang et la lymphe ; ces cellules sont des leucocytes (= globules blancs).

Les cellules de l'immunité se forment dans la moelle osseuse rouge des os et au niveau du thymus, et se stockent au niveau des amygdales, ganglions...



*Les organes de l'immunité*

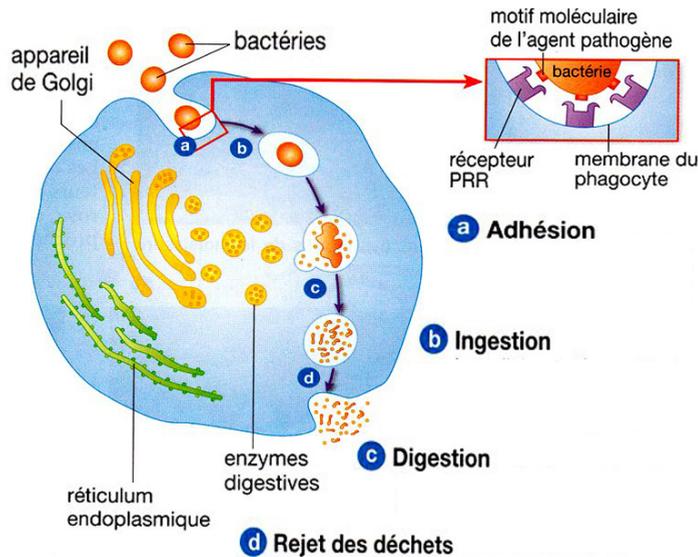
**Il existe deux types d'immunité :**

- **immunité innée** : non spécifique de l'agent étranger, réponse rapide, limitation de l'infection (réaction immunitaire).
- **immunité adaptative** : spécifique de l'élément étranger et assurée par des mécanismes qui ne deviennent efficaces qu'après le contact avec l'antigène, réponse plus lente, suppression de l'infection (réponse immunitaire cellulaire et réponse immunitaire humorale).

Les cellules immunitaires sont les globules blancs. On en distingue des lymphocytes B et T intervenant lors de l'immunité acquise, les polynucléaires ou granulocytes dont certains sont des phagocytes et les monocytes qui en transformant donnent des macrophages, cellules phagocytaires capables de se transformer en cellules présentatrices de l'antigène.

## La réaction inflammatoire, une réponse immunitaire innée

- Une réaction inflammatoire apparaît presque toujours au niveau d'une plaie ou piquûre. Les principaux symptômes sont la rougeur, chaleur, gonflement et douleur. Ces symptômes traduisent une dilatation locale des vaisseaux sanguins (vasodilatation).
- La réaction inflammatoire constitue le premier signe de la réponse immunitaire innée. Les cellules impliquées dans la réponse innée sont appelées phagocytes, dont les principaux sont:
  - ▶ Les macrophages
  - ▶ Les cellules dendritiques
  - ▶ Les granulocytes
- Les cellules de l'immunité innée ont la capacité de détecter l'intrusion de microbes pathogènes à la fois dans les tissus et dans le sang. Cette reconnaissance de la présence d'un agent pathogène déclenche de la part des cellules de l'immunité la libération de médiateurs chimiques qui attirent et activent d'autres cellules de l'immunité.
- Afin de s'opposer à la multiplication des agents infectieux, les macrophages, les cellules dendritiques et les granulocytes, après reconnaissance (adhésion) du pathogène peuvent ingérer et digérer l'agent pathogène. Après digestion de l'élément étranger, les déchets sont rejetés à l'extérieur du phagocyte. C'est le processus de la phagocytose.



### Déroulement de la phagocytose

- Les cellules dendritiques (et macrophages), de par leurs prolongements cytoplasmiques longs et mobiles, peuvent explorer leur environnement et détecter efficacement les microorganismes. Ces cellules ont pour rôle de déclencher la réponse adaptative. Ces cellules exposent également à la surface de leurs membranes des protéines spécifiques appelées, les molécules du CMH (complexe majeur d'histocompatibilité). Ces molécules ont pour fonction de présenter des protéines caractéristiques de l'antigène digéré au cours de la phagocytose.
- La cellule dendritique ainsi activée devient une cellule présentatrice d'antigène (CPA) qui migre vers un ganglion lymphatique où elle peut présenter l'antigène à des cellules de l'immunité adaptative, les lymphocytes T qui sont spécifiques de cet antigène.

## Deux mécanismes de l'immunité spécifique

L'immunité adaptative (ou acquise) est une immunité spécifique car la réaction immunitaire est dirigée contre un seul antigène. Les cellules immunitaires impliquées dans la réponse immunitaire adaptative sont les **lymphocytes**. Au sein de l'organisme, deux types de lymphocytes sont présents. Ils diffèrent par la nature de leurs **récepteurs membranaires** qui déterminent leur fonction :

- les **lymphocytes B** participant à l'immunité à **médiation humorale**
- les **lymphocytes T** participant à l'immunité à **médiation cellulaire**

Dans tous les cas, il y a toujours coopération entre plusieurs catégories de lymphocytes pour aboutir à l'élimination d'un agresseur.

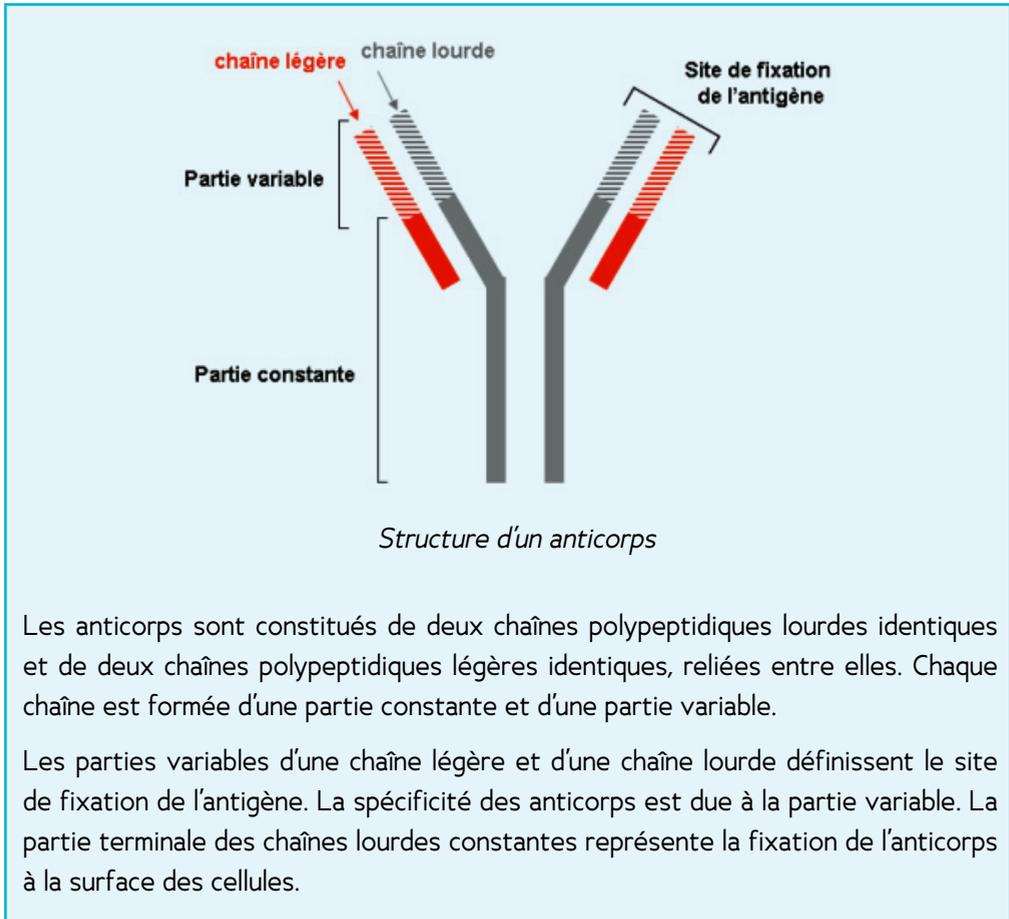
L'immunité spécifique est appelée aussi **une immunité à mémoire**, car son déclenchement s'accompagne de la formation de lymphocytes mémoires capables d'intervenir ultérieurement contre le même antigène.

Réponse immunitaire spécifique :

- Faisant intervenir des lymphocytes (LT4 et LB pour l'immunité humorale et LT4 et LT8 pour l'immunité cellulaire)
- Dirigées contre des antigènes bien précis
- Nécessitant une coopération cellulaire
- Dirigée contre des cellules infectées (cas de l'immunité cellulaire) et contre des antigènes extra cellulaires (cas de l'immunité humorale)
- Lente et à mémoire
- Se déroulant selon trois phases (Induction, amplification et phase effectrice)

## Les lymphocytes B et la réaction à médiation humorale

L'organisme réagit à la présence d'éléments étrangers en synthétisant des **anticorps**. Ce sont les armes moléculaires de la réponse acquise. Les anticorps sont de grosses protéines complexes solubles circulant dans le milieu intérieur ; ce sont des **immunoglobulines**.



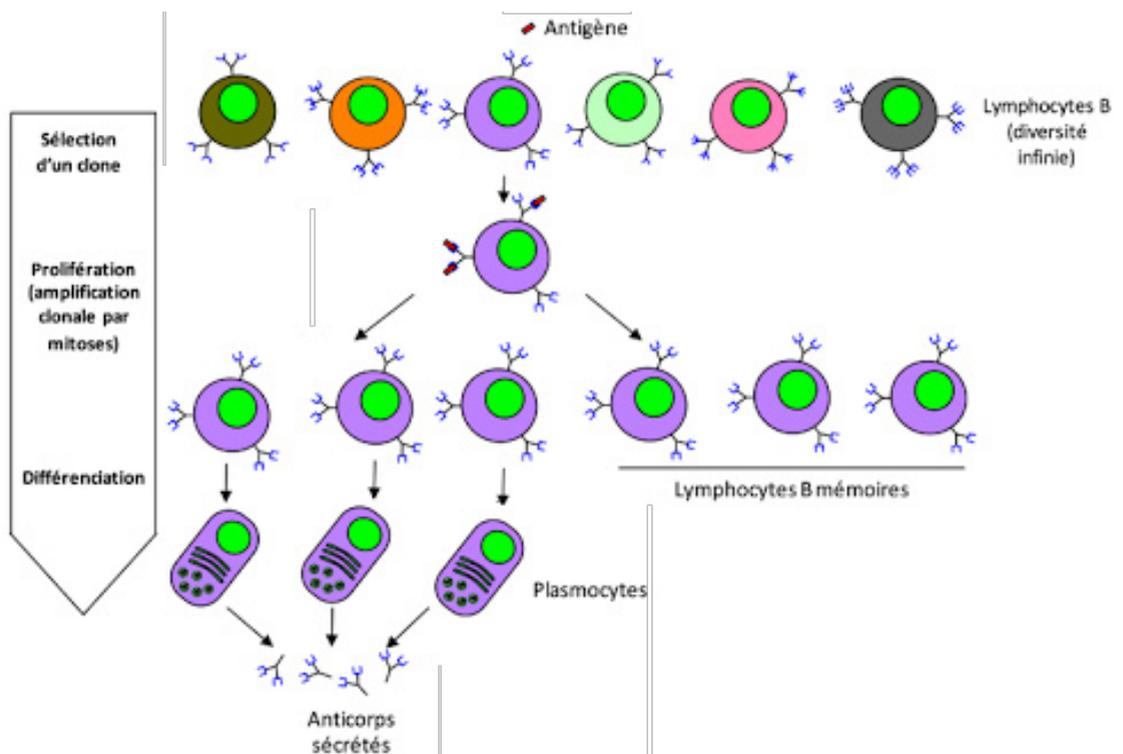
Les anticorps sont constitués de deux chaînes polypeptidiques lourdes identiques et de deux chaînes polypeptidiques légères identiques, reliées entre elles. Chaque chaîne est formée d'une partie constante et d'une partie variable.

Les parties variables d'une chaîne légère et d'une chaîne lourde définissent le site de fixation de l'antigène. La spécificité des anticorps est due à la partie variable. La partie terminale des chaînes lourdes constantes représente la fixation de l'anticorps à la surface des cellules.

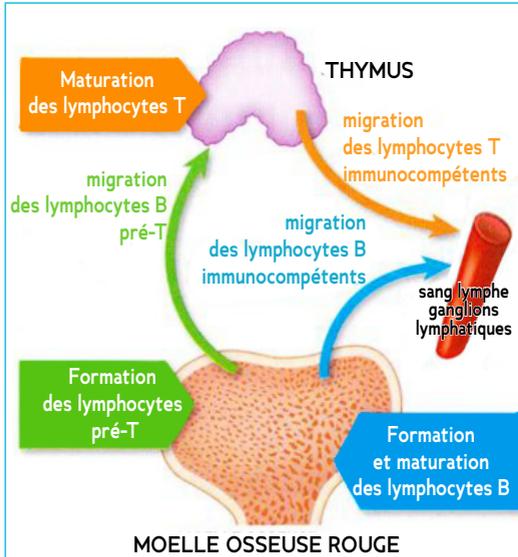
Chaque espèce d'anticorps se lie exclusivement à une seule espèce d'antigène, conduisant à la formation d'un complexe immun insoluble qui va précipiter. Les anticorps solubles ont pour fonction essentielle de neutraliser les antigènes.

Les organes du système immunitaire produisent des centaines de milliers de lymphocytes B. Ce sont de petites cellules véhiculées par le sang. Chaque type de lymphocyte B porte sur sa membrane plasmique un seul type de récepteur : ce sont les **récepteurs B** qui sont en fait des anticorps membranaires.

Lorsque le **lymphocyte B** rencontre l'antigène correspondant (= sélection clonale), il est activé, puis se multiplie par mitoses (= prolifération clonale) et enfin se différencie en **plasmocytes** (cellules sécrétrices d'anticorps solubles) et en **lymphocytes B mémoire**, cellules à durée de vie longue qui seront prêtes à réagir rapidement en cas d'une nouvelle attaque par un même antigène. **Les anticorps circulants** caractérisent la **réponse à médiation humorale**.



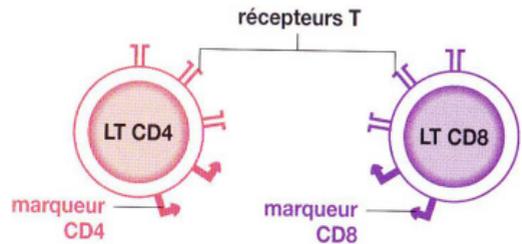
## Les lymphocytes T et la réponse à médiation cellulaire



En plus des LB, les organes du système immunitaire secrètent aussi des centaines de milliers de types de **Lymphocytes Tueurs (LT)**. Produits dans la moelle osseuse, les LT achèvent leur maturation dans le thymus où ils acquièrent leurs marqueurs membranaires spécifiques et les **récepteurs T** qui leur permettent de reconnaître directement un peptide viral associé à une molécule du CMH des cellules infectées par un virus (ou cellule cancéreuse par exemple). L'action des cellules cytotoxiques LT caractérise la **réponse à médiation cellulaire**.

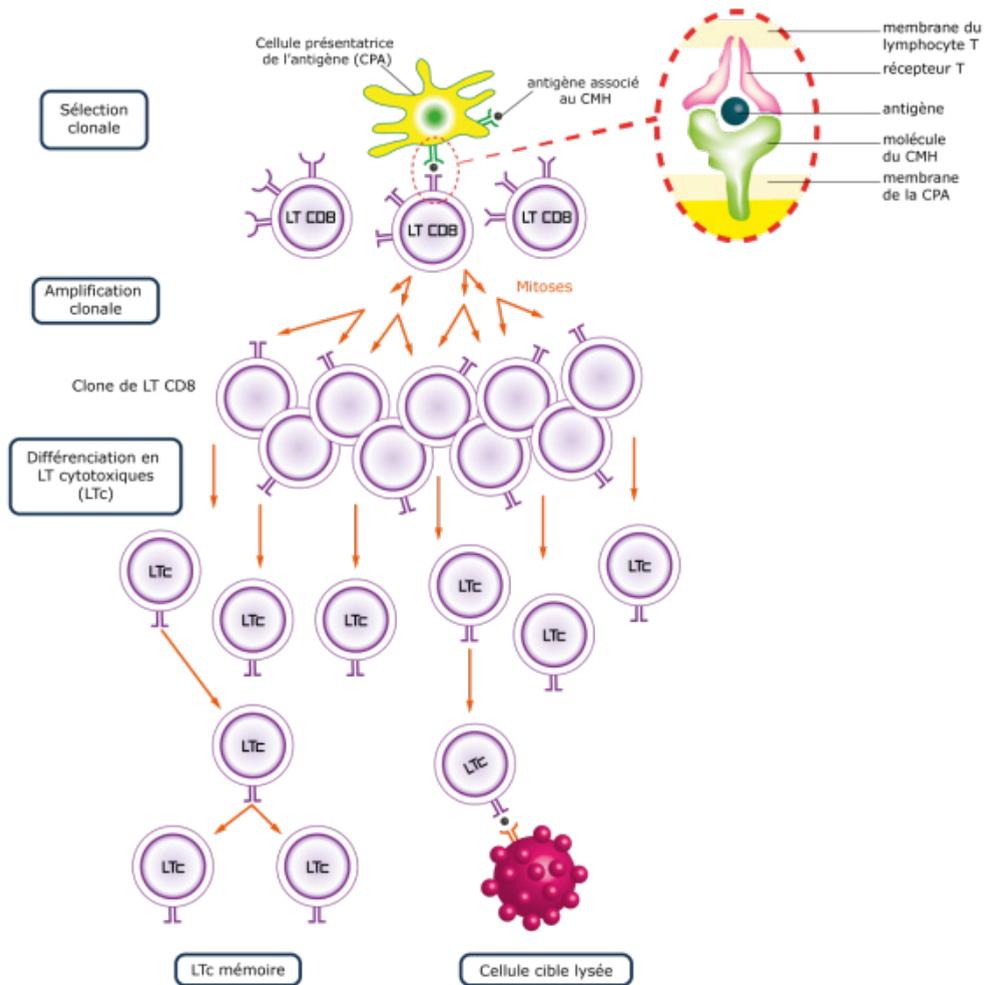
Les lymphocytes T, en plus de leurs récepteurs T, possèdent d'autres marqueurs, permettant ainsi de distinguer deux populations :

- les LT CD8, possédant des **marqueurs CD8**
- les LT CD4, possédant des **marqueurs CD4**



Chaque clone de lymphocytes T CD8 porte un seul type de récepteurs T apte à reconnaître un seul antigène présenté par les cellules dendritiques (cellules présentatrices de l'antigène : CPA) qui ont au préalable phagocyté et digéré un élément étranger.

Lorsque la reconnaissance s'effectue entre les antigènes / CMH (des CPA) et les récepteurs T (des lymphocytes T CD8), les LT CD8 sont activés et deviennent sensibles aux **interleukines** (= facteurs stimulants) ; ils prolifèrent (par mitoses) et se transforment en cellules tueuses, les **lymphocytes cytotoxiques (LTc)**, capables de détruire par contact une cellule infectée par un virus dont l'antigène a été reconnu.



### Reconnaissance entre les LT CD8 et les cellules infectées

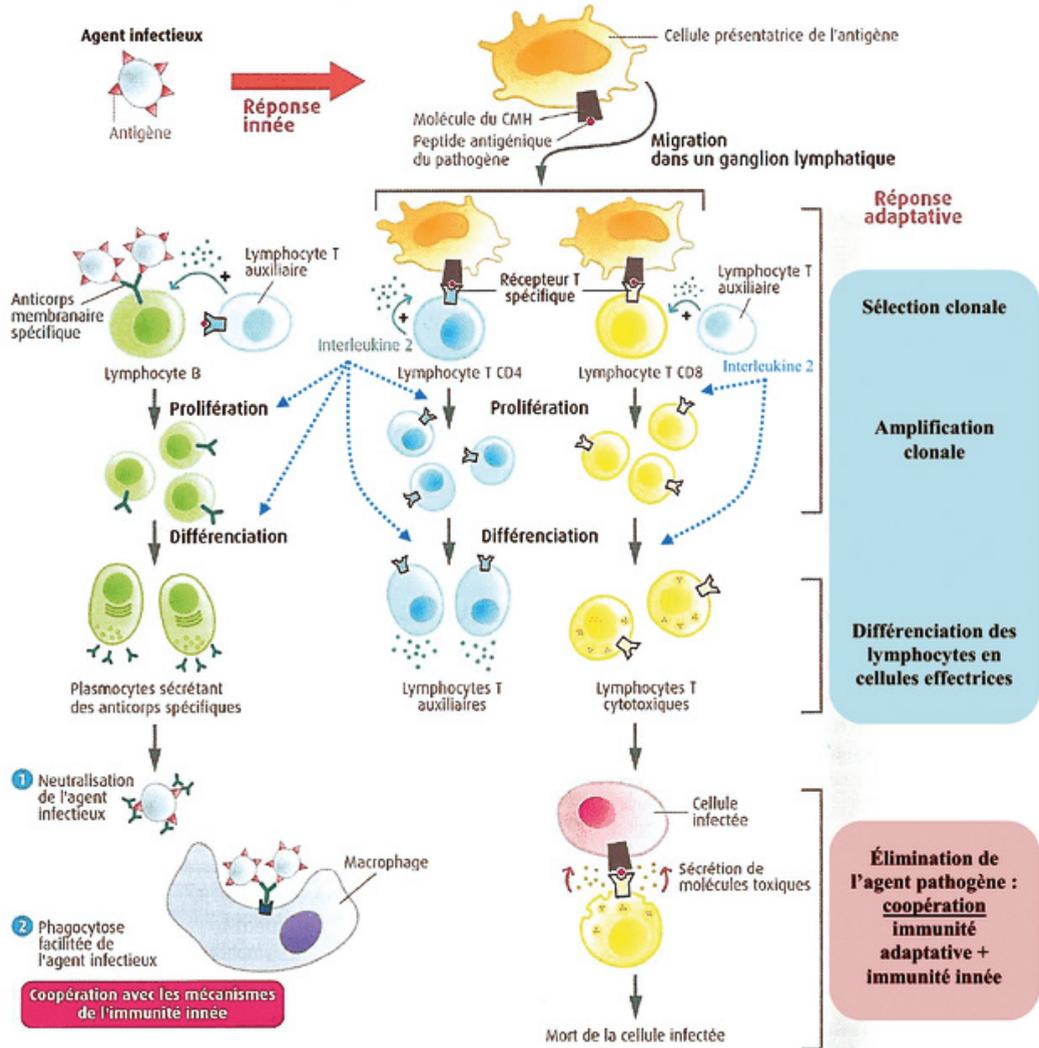
La fonction des lymphocytes cytotoxiques (LTC) est de détruire les cellules anormales via deux mécanismes d'élimination après reconnaissance de la cellule cible :

- Le LTC libère des **protéines (perforines)** capables de **créer des pores** dans la membrane des cellules cibles à éliminer. Le milieu extracellulaire (eau) pénètre alors dans la cellule, qui meurt par **éclatement**. C'est la **cytolyse**.
- Le LTC libère des molécules chimiques capables de se fixer sur certains récepteurs de la cellule à éliminer. Ces molécules constituent un message qui va stimuler la mort de la cellule par **apoptose = mort cellulaire programmée** (= suicide cellulaire).

Comme les LT CD8, les LT CD4 possèdent des récepteurs T et sont donc impliqués eux aussi dans la surveillance des membranes cellulaires. A la suite de la détection d'un antigène (présenté par une CPA) par les LT CD4, ces derniers se multiplient par mitoses. Certains se transforment en **LT CD4 mémoire** (cellules à durée de vie longue qui garde dans l'organisme le souvenir de l'antigène), et d'autres se différencient en **lymphocytes T auxiliaires** sécrétants de messagers chimiques, appelés **interleukines 2**.

# Les phases de l'immunité spécifique

**Bilan chapitre 2 – L'immunité adaptative, prolongement de l'immunité innée.**



## La maturation du système immunitaire

- Production continue de nombreux lymphocytes de spécificité variée
- Élimination des lymphocytes autoréactifs
- Sélection clonale des lymphocytes spécifiques lors d'une infection

- Réponse spécifique à des agents infectieux très divers
- Absence de réponse adaptative contre les molécules de l'organisme

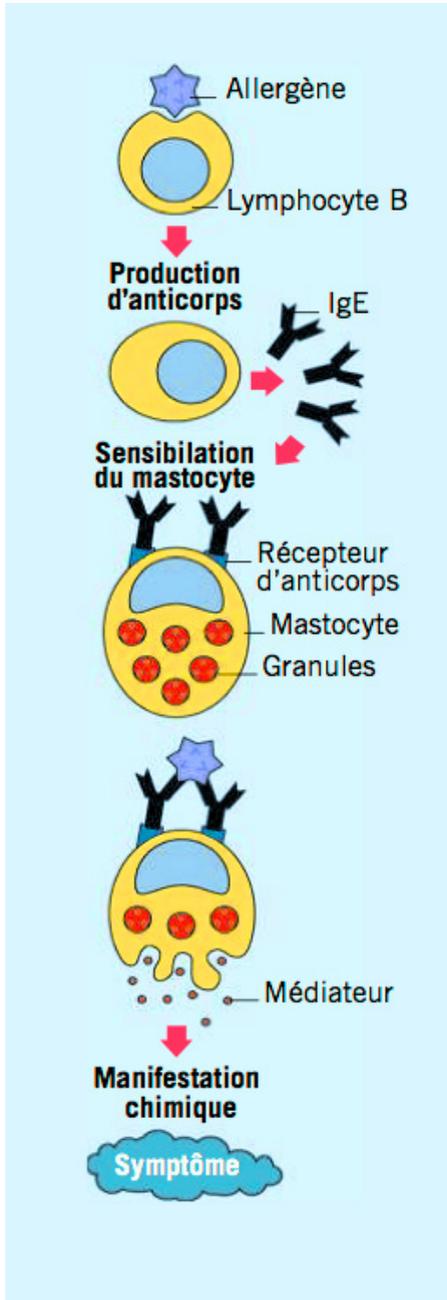
**Les mécanismes cellulaires de la mise en place de l'immunité adaptative.**

(Belin TS P.301 modifié SVT Wittmer)

### Définitions à connaître :

- Anticorps** : protéine sécrétée par les plasmocytes et se lie spécifiquement à un antigène.  
**Antigène** : molécule ou fragment de molécule pouvant déclencher une réaction immunitaire adaptative.  
**Lymphocyte autoréactif** : lymphocyte qui reconnaît une molécule de l'organisme qui l'a produit.

# Le mécanisme d'une réaction allergique



**La première**, dite de sensibilisation, est silencieuse.

À la suite d'une première rencontre avec un allergène, notre organisme réagit par le biais de notre système immunitaire.

Il secrète des anticorps, des immunoglobulines spécifiques dites IgE, qui se fixent sur des cellules cibles comme les mastocytes.

L'organisme est ainsi « préparé » à un éventuel contact.

**La seconde**, la réaction allergique proprement dite, ne survient que lors d'un nouveau contact avec l'allergène ou un allergène de structure proche (dans le cas des allergies croisées). Deux IgE membranaires reconnaissent l'allergène et se combinent à lui.

Cette union provoque l'éclatement du mastocyte et la libération dans le sang de médiateurs chimiques (histamine, leucotriènes) responsables des manifestations cliniques.

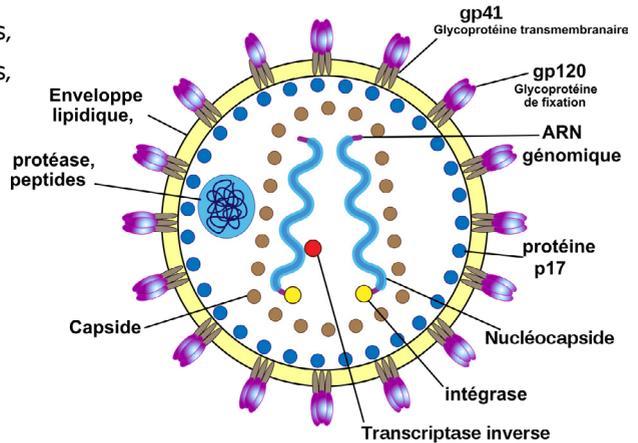
# Le syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA)

Le SIDA ou Syndrome d'immunodéficience Acquise est une maladie causée par un virus appelé VIH (virus de l'immunodéficience humaine) et qui s'est développée aux Etats Unis à partir de 1981. Cette maladie, se répand dans tous les pays du monde et existe en Tunisie.

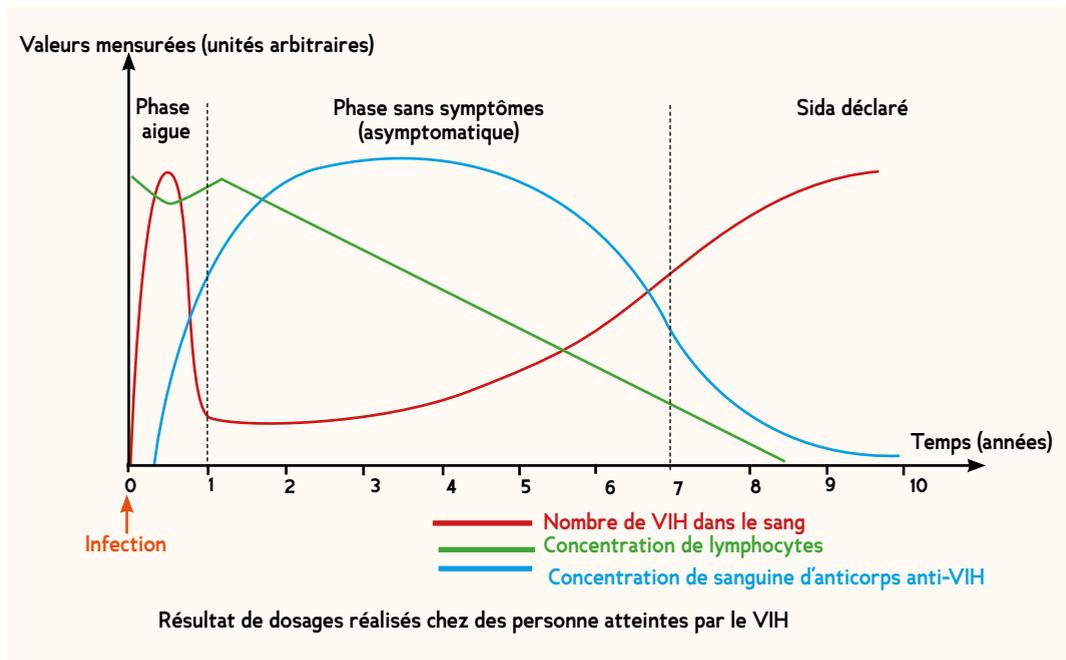
## Organisation Ou VIH :

Des dosages et des études médicales, réalisés chez des personnes infectées, ont permis de suivre l'évolution de :

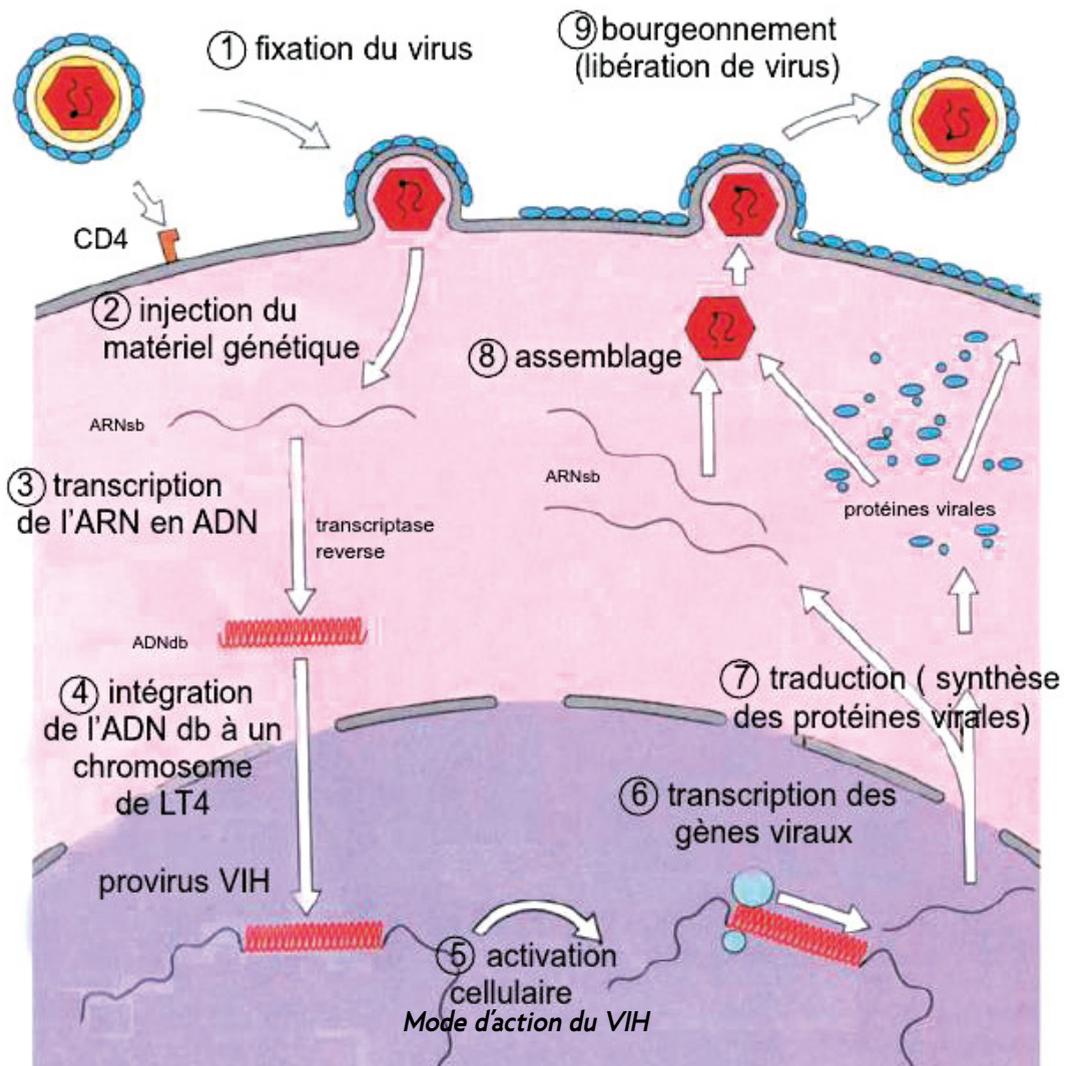
- la quantité de VIH dans le sang.
- le nombre Lymphocytes T.
- le taux d'anticorps anti-VIH.



Le graphique montre les résultats obtenus :



Afin d'expliquer le mode d'action du VIH, les études ont montré que le virus se multiplie aux dépens des LT4. Le schéma du document montre le modèle selon lequel cette prolifération s'établit :



## Restitution des connaissances

### Exercice 1

Pour chacune des propositions numérotées de 1 à 4, une seule suggestion est correcte. **Recopiez** les couples (1 ; ...) (2 ; ...) (3 ; ...) (4 ; ...) et **écrivez** dans chaque couple la lettre correspondante à la suggestion correcte.

#### 1. Le complexe immunitaire se forme par la liaison entre :

- a- Les lymphocytes Tc et les antigènes.
- b- Le complément et les antigènes.
- c- Le complément et les anticorps.
- d- Les anticorps et les antigènes.

#### 2. La sérothérapie est un moyen de soutien du système immunitaire qui assure au corps :

- a- Une immunité active contre les antigènes.
- b- Une mémoire immunitaire contre les antigènes.
- c- Une protection instantanée contre les antigènes.
- d- Des lymphocytes spécifiques contre les antigènes.

#### 3. La mémoire immunitaire se manifeste par :

- a- Des anticorps qui persistent longtemps, à forte dose, dans le corps;
- b- Des plasmocytes qui sécrètent de grandes quantités d'anticorps, pour une longue durée;
- c- Des lymphocytes spécifiques sensibilisés qui persistent longtemps dans le corps;
- d- Des antigènes que l'organisme garde longtemps dans les organes lymphoïdes.

#### 4. Les lymphocytes T reconnaissent les cellules infectées suite à la liaison :

- a- Du récepteur T et du marqueur CD4 avec le déterminant antigénique et le CMHI.
- b- Du récepteur T et du marqueur CD8 avec le déterminant antigénique et le CMHI.
- c- Du récepteur T et du marqueur CD4 avec le déterminant antigénique et le CMHII.
- d- Du récepteur T et du marqueur CD8 avec le déterminant antigénique et le CMHII.

**Exercice 2**

Définissez ce qui suit :

- a- Les gènes du complexe majeur d'histocompatibilité.
- b- L'autogreffe.

**Exercice 3**

**Recopiez** le numéro de chacune des propositions suivantes, puis écrivez «vrai» ou «faux» .

1. Les macrophages reconnaissent spécifiquement les antigènes.
2. Les immunoglobulines sont des protéines sériques qui se lient spécifiquement aux antigènes.
3. Les histamines se fixent sur les membranes des cellules cibles pour former le complexe d'attaque membranaire.
4. La phase de sensibilisation allergique consiste en la fixation des anticorps spécifiques de l'allergène sur les membranes des mastocytes et des basophiles.

**Exercice 4**

En vous basant sur vos connaissances, **répondez** aux questions suivantes

1. Qu'est ce qu'une séropositivité vis-à-vis du VIH ?
2. Citez deux mécanismes différents de destruction des lymphocytes T4 suite à une infection par le VIH.

# Exercices

## Raisonnement et communication

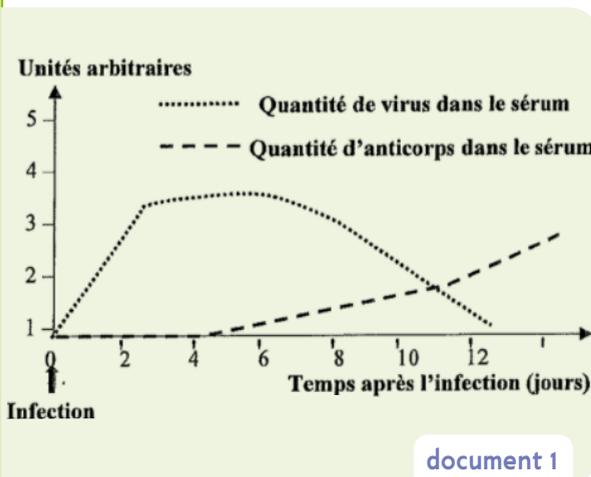
### Exercice 1

Afin de mettre en évidence quelques aspects de la réponse immunitaire contre le virus de la grippe, on propose les données suivantes :

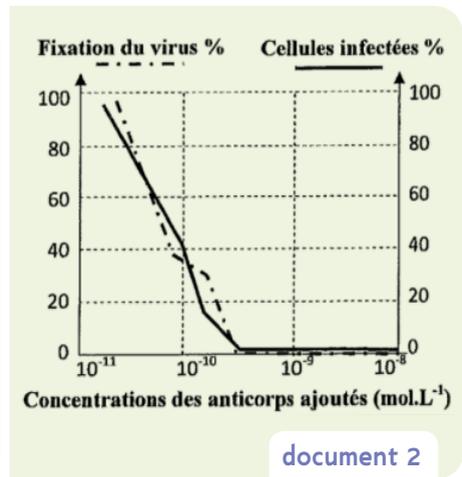
La grippe est une infection virale dont les principaux symptômes sont la fièvre, la fatigue, un écoulement nasal abondant, des douleurs de la gorge et des migraines.

Le virus de la grippe se caractérise par la présence de molécules membranaires parmi celles-ci des molécules glycoprotéiques « Hémagglutinines » qu'on symbolise par HA et qui assurent la fixation du virus sur ses cellules cibles et sa multiplication au dépend de ses dernières. Le document 1 présente le suivi de la concentration des virus et celle des anticorps anti-HA chez une personne atteinte de la grippe.

1. **Décrivez** les résultats obtenus et **déduisez** le type de la réponse immunitaire spécifique développée par l'organisme contre le virus de la grippe.



document 1



document 2

Afin de déterminer la manière avec laquelle le système immunitaire élimine le virus de la grippe, on réalise les études suivantes :

- En présence de concentrations croissantes d'anticorps anti-HA produits lors d'une infection grippale, on détermine le pourcentage de liaison du virus de la grippe sur des cellules en culture et le taux d'infection de ces cellules. Le document 2 représente les résultats obtenus.

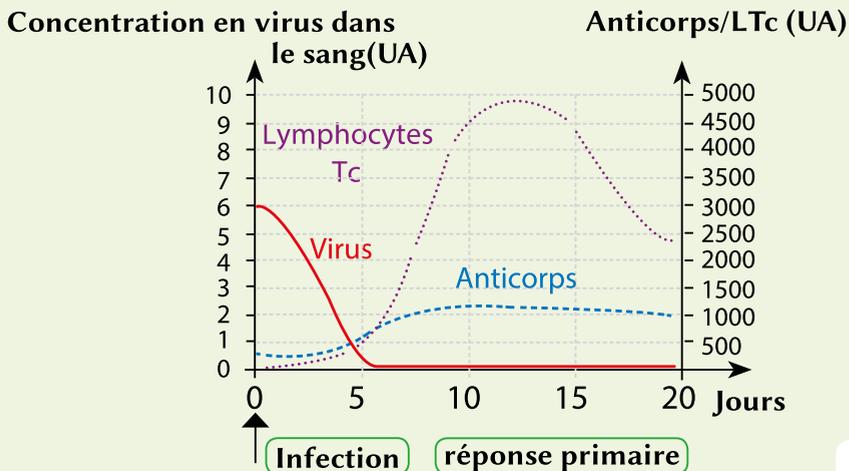
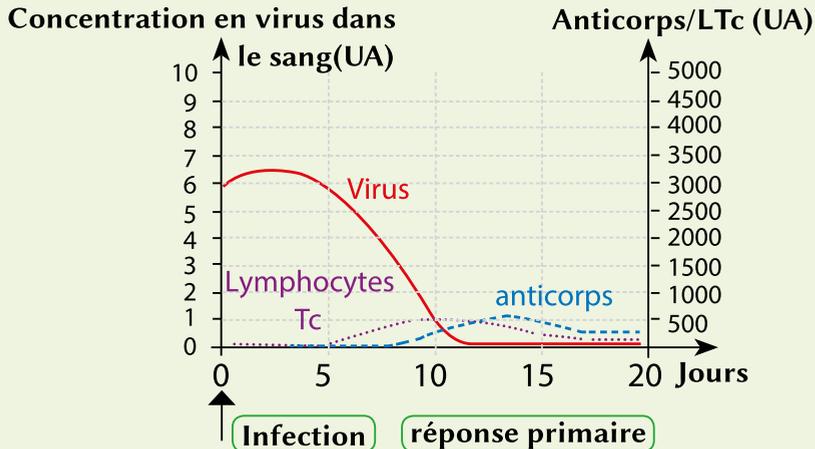
2. En vous basant sur les données du document 2, **décrivez** les résultats obtenus, puis **déduisez** le rôle des anticorps lors de l'infection par le virus de la grippe.

- La figure « a » du document 3 présente le mode de fixation du virus de la grippe sur les cellules cibles, et la figure « b » présente le mode de fixation des anticorps anti-HA sur le virus de la grippe.

## Exercice 2

Dans le but de préciser quelques caractéristiques de la réponse immunitaire acquise on présente les données expérimentales suivantes :

Le document 1 présente la réponse immunitaire contre le virus de la grippe chez des souris infectées pour la première fois par ce virus (figure a) et chez d'autres souris infectées pour la deuxième fois par le même virus (figure b).



document 1

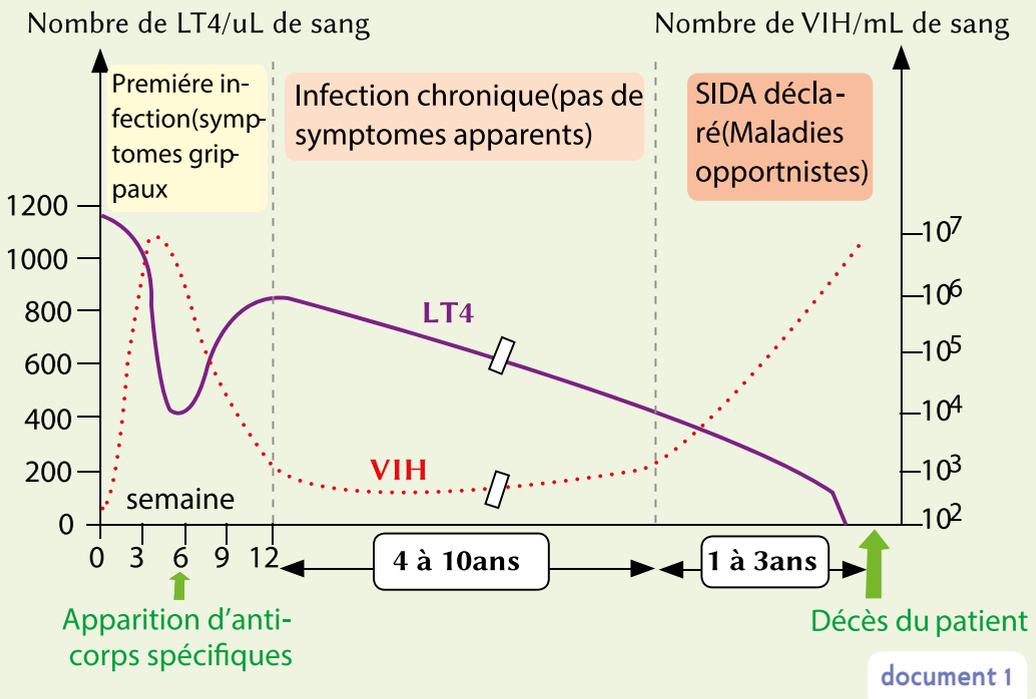
1. **Décrivez** puis **expliquez** l'évolution de la concentration du virus présentée dans la figure (a) du document 1.
2. **Comparez** la réaction du système immunitaire lors d'une réponse immunitaire primaire et d'une réponse secondaire, et **déduisez**, en **justifiant** votre réponse, l'existence d'une mémoire immunitaire.

# Exercices

## Exercice 3

Les lymphocytes T4 (L T4) jouent un rôle fondamental dans la réponse immunitaire spécifique. Afin d'étudier le rôle de ces cellules on présente les données suivantes :

**Donnée 1 :** Dans certains cas comme celui du SIDA, le dérèglement de la fonction des LT4 entraîne des conséquences graves sur la réponse immunitaire. Le document 1 présente l'évolution du nombre des LT4 et du nombre de virus VIH dans le sang d'une personne infectée par le VIH.



1. En vous basant sur les données du document 1 **décrivez** l'évolution du nombre de VIH et des LT4 entre la 6<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> semaine d'une part et pendant la phase du SIDA déclaré d'autre part, puis **expliquez** l'évolution du nombre de VIH durant les deux phases.

**Donnée 2 :** Afin de montrer le rôle des LT4 dans la réponse immunitaire spécifique, on a réalisé une expérience sur 6 lots de souris : - Le lot 1 n'a subi aucun traitement.

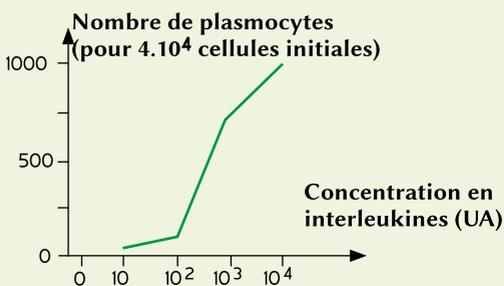
- Les lots de 2 à 6 ont subi un traitement qui a permis de supprimer certains types de lymphocytes.
- Les 6 lots de souris ont été infectés par le virus de la grippe.
- Ensuite on mesure l'efficacité de la réponse immunitaire par la détermination du temps requis pour éliminer le virus et le taux de survie pour chaque lot. Le document 2 présente les conditions expérimentales et les résultats obtenus.

|              | Conditions expérimentales |    |   | Résultats                               |                     |
|--------------|---------------------------|----|---|-----------------------------------------|---------------------|
|              | Lymphocytes               |    |   | Temps requis pour éliminer le virus (j) | Taux de suivi (en%) |
|              | T8                        | T4 | B |                                         |                     |
| <b>Lot 1</b> | +                         | +  | + | 7 à 10                                  | 100                 |
| <b>Lot 2</b> | -                         | +  | + | 10 à 14                                 | 100                 |
| <b>Lot 3</b> | -                         | +  | - | >20                                     | 0                   |
| <b>Lot 4</b> | -                         | -  | + | >20                                     | 0                   |
| <b>Lot 5</b> | +                         | +  | - | 10 à 14                                 | 50                  |
| <b>Lot 6</b> | -                         | -  | - | >20                                     | 0                   |

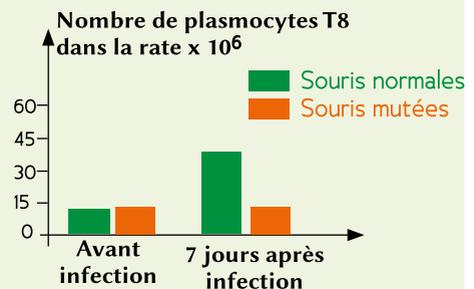
document 2

2. En exploitant les données; du document 2, **déterminez** la condition nécessaire au déroulement d'une réponse immunitaire efficace. **Justifiez** votre réponse.

Les lymphocytes T4, en présence de produits stimulant jouant le rôle d'antigène, sont activées et sécrètent l'interleukine-2. Le document 3 montre l'effet de la concentration de l'interleukine 2 sur le nombre de plasmocytes sécréteurs d'anticorps. Le document 4 présente le nombre des lymphocytes T8 dans la rate chez des souris normales et des souris mutées (déficientes en interleukine 2) avant et après sept jours de l'infection par un virus (le virus de la chorioméningite).



document 3



document 4

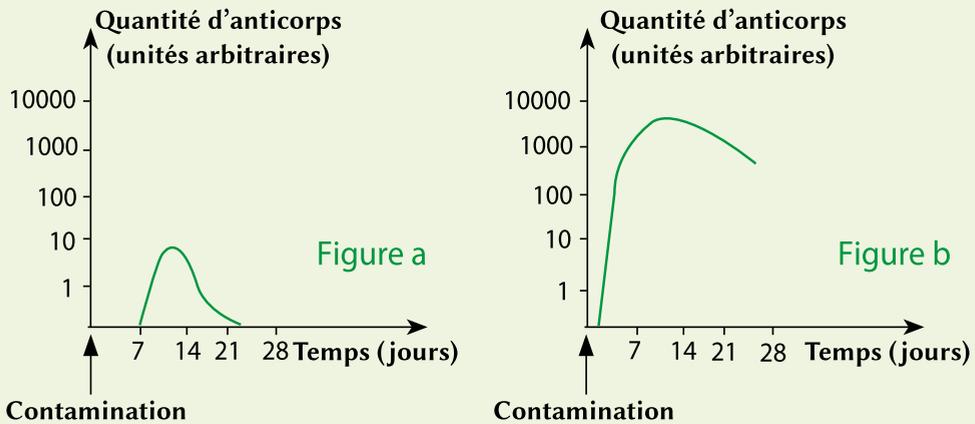
3. **Décrivez** les résultats présentés par les documents 3 et 4, puis **déduisez** le rôle de l'interleukine 2 dans la réponse immunitaire.
4. **Réalisez** un schéma explicatif montrant le rôle des LT4 dans le déroulement d'une réponse immunitaire spécifique.

# Exercices

## Exercice 4

La vaccination, qui constitue un enjeu majeur de la santé publique, permet à l'organisme d'acquérir une immunité contre certaines maladies infectieuses. Afin de dégager les mécanismes immunitaires permettant d'expliquer l'effet de la vaccination, on présente les données suivantes:

**Donnée 1 :** Le document 1 représente la variation de la quantité d'anticorps en fonction du temps, après contamination par le bacille tétanique, chez une personne non vaccinée contre le tétanos (figure -a-) et chez une autre personne vaccinée contre cette maladie (figure -b-).



document 1

1. Comparez la réaction de l'organisme contre le bacille tétanique chez la personne vaccinée à celle chez la personne non vaccinée.

**Donnée 2 :** Deux lots de souris A et B reçoivent une première injection de globules rouges de mouton (GRM) au jour 0. Après 30 jours, les souris du lot A reçoivent une seconde injection de GRM, alors que les souris du lot B reçoivent une injection de globules rouges de lapin (GRL). Ces GRM et GRL jouent le rôle d'antigènes pour les souris. Tous les deux jours on prélève la rate d'une souris de chaque lot pour déterminer le nombre de plasmocytes sécréteurs d'anticorps anti-GRM chez les souris du lot A, ainsi que le nombre de plasmocytes sécréteurs d'anticorps anti-GRL et le nombre de plasmocytes sécréteurs d'anticorps anti-GRM chez les souris du lot B. Le document 2 présente les résultats obtenus.

Figure a

| Souris du lot A                   | Jour de prélèvement de la rate | Nombre de plasmocytes sécréteurs d'anti-GRM (en milliers) |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1 <sup>ère</sup> injection de GRM | 0                              | 0                                                         |
|                                   | 2                              | 3                                                         |
|                                   | 4                              | 15                                                        |
|                                   | 6                              | 90                                                        |
|                                   | 8                              | 20                                                        |
| 2 <sup>ème</sup> injection de GRM | 30                             | 1                                                         |
|                                   | 32                             | 180                                                       |
|                                   | 34                             | 850                                                       |
|                                   | 36                             | 500                                                       |
|                                   | 38                             | 300                                                       |
|                                   | 40                             | 100                                                       |
|                                   | 42                             | 70                                                        |

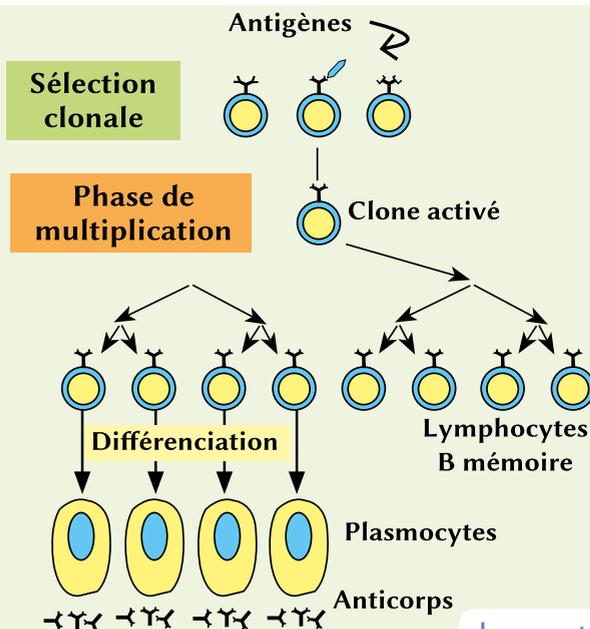
Figure b

| Souris du lot B                   | Jour de prélèvement de la rate | Nombre de plasmocytes sécréteurs d'anti-GRM (en milliers) |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1 <sup>ère</sup> injection de GRM | 0                              | 0                                                         |
|                                   | 2                              | 0                                                         |
|                                   | 4                              | 0                                                         |
|                                   | 6                              | 0                                                         |
|                                   | 8                              | 0                                                         |
|                                   | 30                             | 0                                                         |
| 2 <sup>ème</sup> injection de GRM | 32                             | 2                                                         |
|                                   | 34                             | 75                                                        |
|                                   | 36                             | 95                                                        |
|                                   | 38                             | 20                                                        |
|                                   | 40                             | 10                                                        |
|                                   | 42                             | 3                                                         |

document 2

2. **Déduisez** les deux caractéristiques de la réponse immunitaire mises en évidence à partir des résultats présentés dans le document 2. **Justifiez** votre réponse.

**Donnée 3 :** La réponse immunitaire spécifique contre un antigène donné se déroule au niveau des organes lymphoïdes périphériques. Le document 3 présente les phases de cette réponse immunitaire.



document 3

3. **En exploitant** les données du document 3 **expliquez** :

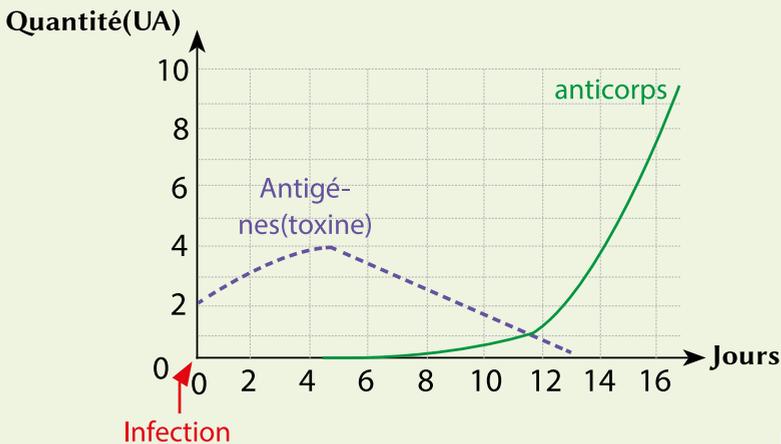
- a- La réponse immunitaire des souris du lot A (Document 2, figure - a-).
- b- La réponse immunitaire des souris du lot B (Document 2, figure -b-).

# Exercices

## Exercice 5

Afin de montrer certains aspects de la réponse immunitaire spécifique dirigée contre les bactéries pathogènes sécrétrices de toxines, on propose les données suivantes :

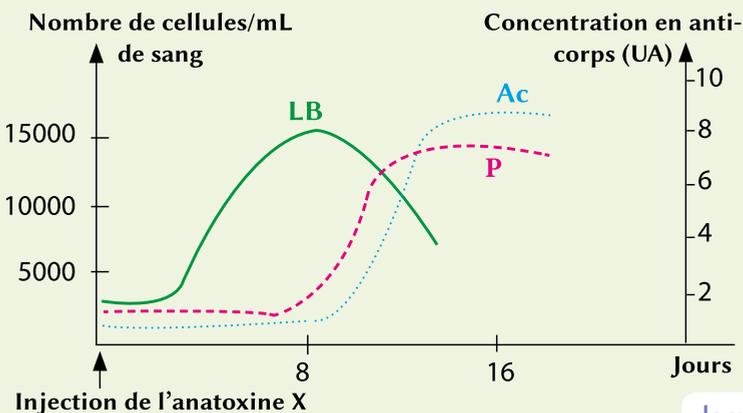
**Donnée 1 :** A la suite d'une contamination par des bactéries pathogènes (qui provoquent une maladie), on dose chez la personne contaminée, la quantité d'antigènes (la toxine) et la quantité d'anticorps antitoxines. Les résultats sont présentés par le document 1.



document 1

1. À partir des données du document 1, décrivez le résultat de ces mesures et montrez la nature de la réponse immunitaire mise en œuvre. Justifiez votre réponse

**Donnée 2 :** Dans les jours qui suivent l'injection d'une anatoxine X (toxine X atténuée) à un cobaye, on mesure le nombre de lymphocytes B (LB) et de plasmocytes (P) par millilitre de sang et on réalise le dosage des anticorps antitoxine X libres (Ac) dans le sang de ce cobaye. Le document 2 présente les résultats obtenus.



document 2

2. En exploitant les résultats du document 2, expliquez l'évolution des éléments intervenant dans la réponse immunitaire.

**Donnée 3** : Afin de déterminer les conditions nécessaires à la production des anticorps anti-toxines X (Ac), on injecte l'anatoxine X à trois lots de cobayes de même souche : les cobayes lot 1 sont normaux, les cobayes du lot 2 sont thymectomisés (ayant subi une ablation du thymus) et les cobayes du lot 3 sont thymecto- misés et auxquels on a injecté des lymphocytes T des cobayes du lot 1. Après 15 jours, on prélevé le sérum de chacun des trois lots et on le met en présence de la toxine X. Le document 3 présente les résultats obtenus.

|             | Expérience 1                          | Expérience 2                          | Expérience 3                          |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Expériences | Sérum des cobayes du lot 1 + toxine X | Sérum des cobayes du lot 2 + toxine X | Sérum des cobayes du lot 3 + toxine X |
| résultats   | formation du complexe immun           | Pas de formation du complexe immun    | formation du complexe immun           |

document 3

3. **Expliquez** les résultats obtenus dans le document 3. Puis **déduisez** la condition nécessaire à la production des anticorps antitoxine X

# Exercices

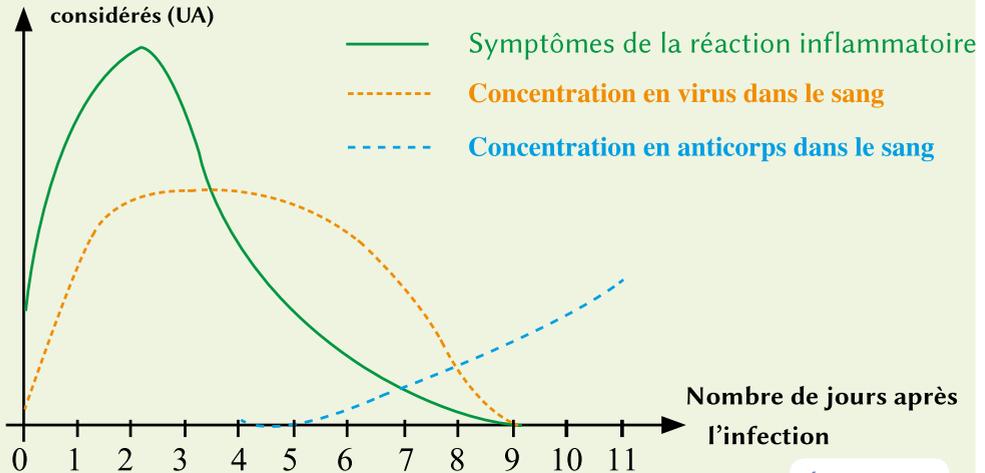
## Exercice 6

Afin de mettre en évidence certains aspects du déroulement de la réponse immunitaire contre le virus de la grippe, on présente les données suivantes :

**Donnée 1 :** La grippe est une infection virale associée à une réaction inflammatoire au niveau de la muqueuse du nez et de

La gorge. En plus de la fièvre, ses principaux symptômes sont un écoulement nasal abondant, des maux de gorge et des migraines. Le document 1 présente le suivi de quelques paramètres physiologiques au cours des 11 premiers jours suivant une infection grippale.

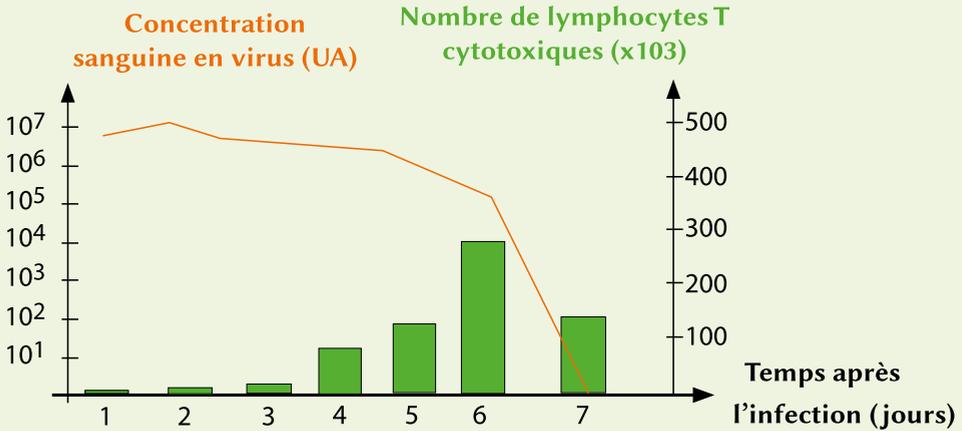
Importance relative des paramètres considérés (UA)



document 1

1. En exploitant les données du document 1, décrivez les résultats obtenus et déduisez le type de la réponse immunitaire spécifique développée par l'organisme contre le virus de la grippe.

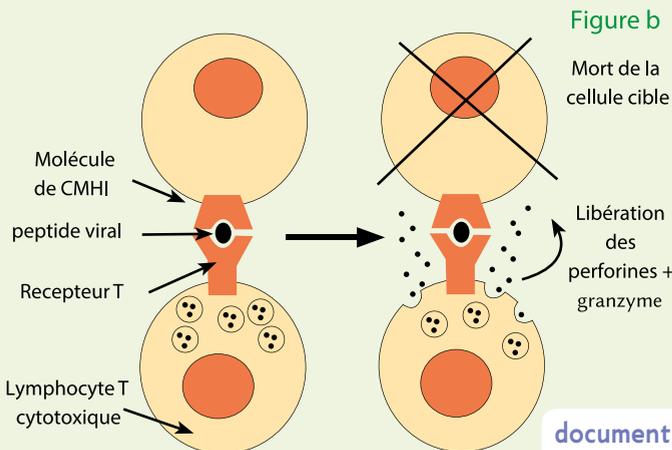
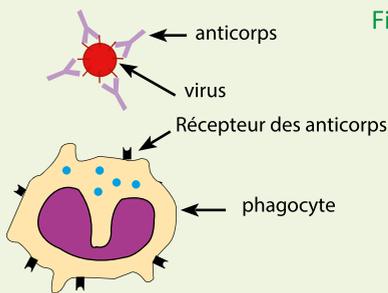
**Donnée 2 :** Chez des souris infectées par le virus de la grippe, on mesure l'évolution, en fonction du temps, du nombre de lymphocytes T cytotoxiques dans les poumons et l'évolution de la concentration sanguine en virus de la grippe. Le document 2 présente les résultats obtenus.



document 2

2. En vous aidant des données du document 2, **précisez** la relation entre l'évolution de la concentration sanguine en virus de la grippe et celle du nombre de lymphocytes T cytotoxiques, et **déduisez, en justifiant** votre réponse, le type de réaction immunitaire intervenant dans l'élimination du virus de la grippe.

**Donnée 3 :** Les schémas du document 3 résument le mode d'action des lymphocytes T cytotoxiques et des anticorps contre le virus de la grippe.



document 3

3. À partir des données du document 3 et de vos connaissances, **expliquez** comment les anticorps et les lymphocytes T cytotoxiques interviennent dans l'élimination du virus de la grippe.

## Restitution des connaissances

### Exercice 1

(1, d) ; (2, c) ; (3, c) ; (4, b)

### Exercice 2

- a- Les gènes du complexe majeur d'histocompatibilité : telle : ensemble de gènes qui contrôlent les marqueurs membranaires CMH (les protéines CMH).
- b- L'autogreffe : réponse correcte telle : greffe d'un tissu ou d'un organe (greffon) d'un donneur qui est lui-même le receveur.

### Exercice 3

1 : faux ; 2 : vrai ; 3 : faux ; 4 : vrai

### Exercice 4

- 1- Séropositif pour le VIH: présence d'anticorps spécifiques contre les déterminants antigéniques du VIH dans le sérum.
- 2- Deux mécanismes de destruction des lymphocytes T4 suite à l'infection par VIH tels :
  - Destruction des LT4 infectées par les lymphocytes LTc ;
  - Multiplication du VIH dans les LT4 ce qui cause leur mort. - Fixation des anticorps spécifiques au VIH sur les LT4 infectées. - Formation de syncytiums à partir des LT4.
  - Mort des LT4 infectées par apoptose

## Raisonnement et communication

### Exercice 1

#### 1. Description des résultats obtenus:

- La quantité de virus dans le sérum augmente rapidement. Elle a atteint son maximum (=3.3 UA) le 3<sup>imc</sup> jour. Après elle s'est stabilisée jusqu'au 6<sup>imc</sup> jour de l'infection et ensuite elle a diminué pour s'annuler au 14<sup>imc</sup> jour
- La concentration des anticorps était presque nulle pendant les cinq premiers jours de l'infection puis elle a augmenté progressivement pour atteindre presque 3 UA. Déduction : Il s'agit d'une réponse immunitaire spécifique à médiation humorale.

#### 2. Description :

- Au départ, avec une concentration d'anticorps faible ( $10^{-6}$  M), le pourcentage de fixation du virus était au maximum (presque 100%) puis il a chuté considérablement pour s'annuler lorsque la concentration des anticorps a dépassé  $10^{-8}$  mol /L
- Le pourcentage des cellules infectées a suivi presque la même évolution que le pourcentage de fixation du virus selon la concentration des anticorps

**déduction** : Les anticorps inhibent la fixation du virus de la grippe sur les cellules cibles ce qui empêche leurs infections.

#### 3. Explication :

Les anticorps anti HA se lient aux virus et forment des complexes immuns qui neutralisent les virus → pas de fixation des virus par les HA sur les récepteurs HA des cellules cibles → pas de multiplication des virus au dépend des cellules cibles → élimination des virus.

### Exercice 2

#### 1. Description :

Durant les deux premières journées de l'infection, la concentration du virus augmente légèrement pour atteindre une valeur maximale 6,5 UA , après cette concentration diminue progressivement pour disparaître à la 11<sup>ème</sup> journée

#### Explication :

- L'augmentation de la concentration du virus s'explique par sa prolifération dans le corps avant le développement d'une réponse immunitaire convenable
- La diminution de la concentration du virus s'explique par son élimination par les effecteurs de la réponse immunitaire cellulaire (LTc) et humorale (AC)

## 2. Différence :

**Réponse primaire :** élimination du virus après 11 jours suite à l'augmentation des LTc qui atteint 500 UA et des anticorps qui atteignent environ 550 UA.

**Réponse secondaire :** élimination du virus après 5 jours suite à l'augmentation des LTc qui atteint 4900UA et des anticorps qui atteignent environ 1100UA.

**Déduction :** Le 2<sup>ème</sup> contact avec 1 antigène (virus de la grippe) produit une réponse immunitaire puissante (forte) et instantanée (rapide) → Élimination rapide de r antigène → présence d'une mémoire immunitaire.

## Exercice 3

### 1. Description :

- Entre la 6<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> semaine : diminution du nombre des virus dans le sang passant de 107/mL à 103/mL, avec augmentation du nombre des lymphocytes T4 dans le sang qui passe de 400/  $\mu$ L à plus de 800/ $\mu$ L .
- Pendant la phase de sida déclaré le nombre de virus augmente de 103 /mL à 107 /mL , alors que le nombre des lymphocytes T4 dans le sang diminue de 400 lymphocytes T4 / $\mu$ L du sang pour s'annuler à la fin de cette phase

### Explication :

- Entre la 6<sup>ème</sup> et la 12<sup>ème</sup> semaine, on explique la diminution du nombre de virus dans le sang par le déclenchement d'une réponse immunitaire spécifique (augmentation du nombre des LT4 et apparition des anticorps spécifique).
- Pendant la phase de sida déclaré, on explique l'augmentation du nombre des virus par une déficience immunitaire suite à la chute des lymphocytes T4 qui sont détruites par la prolifération virale.

### 2. Condition nécessaire au déroulement d'une réponse immunitaire efficace : La coopération entre les trois types de lymphocytes T4, T8 et B

**Justification :** car en présence de ces trois types de cellules (lot 1) toutes les souris restent en vie et l'élimination des virus se fait plus rapidement en comparaison avec les autres lots.

### 3. Description :

**Document 3 :** pour des concentrations d'interleukines entre 10 et 102 UA, on a une faible augmentation du nombre des plasmocytes - Pour des concentrations d'interleukines au-delà de 102 UA, on a une augmentation rapide du nombre des plasmocytes qui atteint 1000 à une concentration de 104 UA d'interleukine 2

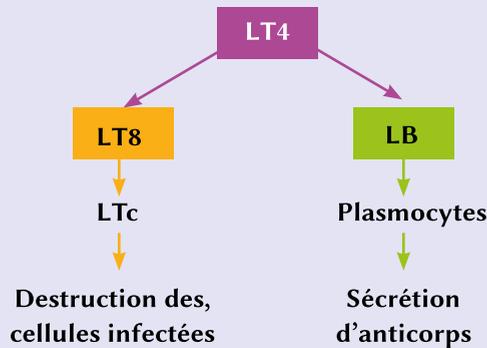
**Document 4 :** Avant l'injection du virus, le nombre des lymphocytes T8 dans la rate des souris mutées est  $15 \cdot 10^6$  est égale à celui des souris normales.

- 7 jour après l'infection, le nombre des lymphocytes T8 dans la rate des souris mutées reste constant contrairement aux souris normales chez lesquelles on note une augmentation du nombre des lymphocytes T8 qui atteint environ  $44 \cdot 10^6$  lymphocytes T8 dans la rate.

#### Déduction :

l'interleukine-2 stimule la multiplication des lymphocytes T8 et augmente le nombre des plasmocytes.

#### 4. Un schéma explicatif qui illustre le rôle central du LT4 dans le déroulement de la réponse immunitaire.



### Exercice 4

#### 1. Comparaison :

**Ressemblance :** Production d'anticorps anti-titaniques chez les deux personnes après contact avec l'antigène.

#### Différences :

- La réponse immunitaire se manifeste après sept jours de la contamination chez la personne non vaccinée, alors qu'elle est immédiate chez la personne vaccinée
- La personne vaccinée produit une forte quantité d'anticorps (= 8000 UA), contrairement à la personne non vaccinée qui produit une faible quantité d'anticorps (= 8 UA).
- Les anticorps persistent pendant une plus longue durée dans le corps de la personne vaccinée par rapport à la personne non vaccinée.

## 2. Déduction :

Deux caractéristiques de la réponse immunitaire : mémoire et spécificité

### Justification :

- La mémoire immunitaire : chez le lot A, on note que le nombre des plasmocytes sécréteurs d'anticorps anti-GRM augmente considérablement suite à la deuxième injection par ce même antigène
- La spécificité immunitaire : chez le lot B, on note que la première injection de GRM ne permet pas l'augmentation du nombre des plasmocytes sécréteurs d'anticorps anti-GRL, du fait que l'antigène introduit lors de la première injection (GRM) est différent de celui introduit lors de la deuxième injection (GRL)

## 3. Explication de la réponse immunitaire:

### a- chez le lot A :

Le premier contact avec l'antigène GRM → sélection de lymphocytes B spécifiques → multiplication et différenciation en plasmocytes sécréteurs d'anticorps anti-GRM et en lymphocytes B mémoire.

Le deuxième contact avec le même antigène GRM → réaction rapide de LB mémoire spécifiques et en grand nombre → réponse forte et rapide

### b- chez le lot B :

Le premier contact avec l'antigène GRM → sélection de lymphocytes B spécifiques → multiplication et différenciation en plasmocytes sécréteurs d'anticorps anti-GRM et en lymphocytes B mémoire.

Le deuxième contact avec un autre antigène différent GRL → les lymphocytes B mémoire spécifiques à GRM ne réagissent pas contre GRL mais il y a sélection d'un nouveau clone de lymphocytes B → une nouvelle réaction immunitaire, lente et faible, contre GRL

## Exercice 5

### 1. Description :

- Suite à l'infection, la quantité de l'antigène (la toxine) augmente pour atteindre une valeur maximale (4 UA) au 4<sup>ème</sup> jour, ensuite cette quantité diminue jusqu'à ce qu'elle s'annule au 14<sup>ème</sup> jour
- Avant le 4<sup>ème</sup> jour, la quantité d'anticorps était nulle ; ensuite elle augmente progressivement jusqu'au 12<sup>ème</sup> jour pour atteindre la valeur 1 UA. Par la suite la quantité des anticorps augmente pour atteindre la valeur de 8 UA au 16<sup>ème</sup> jour

**La nature de la réponse immunitaire :**

Réponse immunitaire spécifique à médiation humorale car il fait intervenir les anticorps

**2. Explication de l'évolution des éléments qui interviennent dans la réponse immunitaire :**

- L'injection de l'anatoxine X conduit (après la phase d'induction) à l'activation et à la multiplication des lymphocytes B, ce qui explique l'augmentation de leur nombre
- La différenciation de certains lymphocytes B conduit à la formation de plasmocytes et à l'augmentation de leur nombre.
- Les plasmocytes formés secrètent des anticorps ce qui explique l'augmentation progressive de leur concentration plasmatique.

**3. Explication des résultats expérimentaux :**

- **Expérience 1 :** Les cobayes du lot 1 secrètent des anticorps spécifiques à la toxine X qui s'associent aux toxines formant des complexes immuns.
- **Expérience 2 :** L'absence du thymus chez les cobayes du lot 2 → absence de maturation des lymphocytes (LT) → pas de différenciation des lymphocytes B en plasmocytes → pas de production d'anticorps spécifiques à la toxine X, ce qui explique l'absence de formation des complexes immuns
- **Expérience 3 :** Les cobayes du lot 3 produisent des anticorps spécifiques à la toxine X → formation des complexes immuns car ces cobayes ont reçu des lymphocytes matures des cobayes du lot 1 (qui ont remplacé l'ablation du thymus)

**La condition nécessaire à la production des anticorps :**

L'existence des lymphocytes T matures capables d'activer les lymphocytes B et leur différenciation en plasmocytes sécrétrices d'anticorps.

**Exercice 6****1. Description des résultats obtenus:**

- L'importance des symptômes de la réponse inflammatoire augmente juste après l'infection pour atteindre une valeur maximale à la deuxième journée, après elle diminue progressivement jusqu'à la disparition totale au 9ème jour.
- La concentration du virus dans le sang augmente rapidement pour atteindre une valeur maximale au 2<sup>ème</sup> jour, et reste constante jusqu'au 5<sup>ème</sup> jour, ensuite elle diminue jusqu'à ce qu'elle s'annule au 9ème jour.
- Avant le 5<sup>ème</sup> jour la concentration des anticorps est nulle, à partir de ce jour elle augmente progressivement

# Corrigé des exercices

## Déduction

Réponse immunitaire spécifique à médiation humorale.

### 2. La relation entre la concentration sanguine en virus de la grippe et celle du nombre de lymphocytes Tc :

- Au départ, la concentration du virus dans le sang était très élevée car le nombre de lymphocytes Tc était très faible
- L'augmentation progressive du nombre de LTc a entraîné une diminution progressive de la concentration des virus dans le sang.
- Suite à la diminution de la concentration des virus dans le sang, le nombre de lymphocytes Tc a diminué.

### Type de réponse immunitaire intervenant dans l'élimination du virus de la grippe :

Réponse immunitaire spécifique à médiation cellulaire puisqu'elle fait intervenir des LTc



جمعية الشريف الإدريسي  
لدعم التمدريس والتنمية الثقافية والاجتماعية

Association CHARIF AL IDRISSE  
POUR LE SOUTIEN SCOLAIRE  
ET LE DEVELOPPEMENT CULTUREL ET SOCIAL

Travail réalisé par l'équipe pédagogique de l'association **CHARIF AL IDRISSE**  
pour contribuer à la continuité pédagogique des élèves de 2<sup>ème</sup> Bac sciences  
expérimentales – Option SVT de l'Académie régionale de l'éducation et de la  
formation Région Casablanca – Settat