

A microscopic image showing a dense field of biological structures. The structures are primarily blue and green, with some yellowish-orange spots scattered throughout. The blue structures appear to be larger, more rounded cells or clusters, while the green structures are more elongated and fibrous. The yellowish-orange spots are smaller, more granular particles. The overall appearance is that of a complex, multi-layered tissue or cellular structure.

# Chapitre 15 : L'immunité adaptative

*Comment les mécanismes de l'immunité adaptative complètent-ils l'immunité innée chez les Vertébrés ?*

## **I. Les caractéristiques de la réponse immunitaire adaptative**

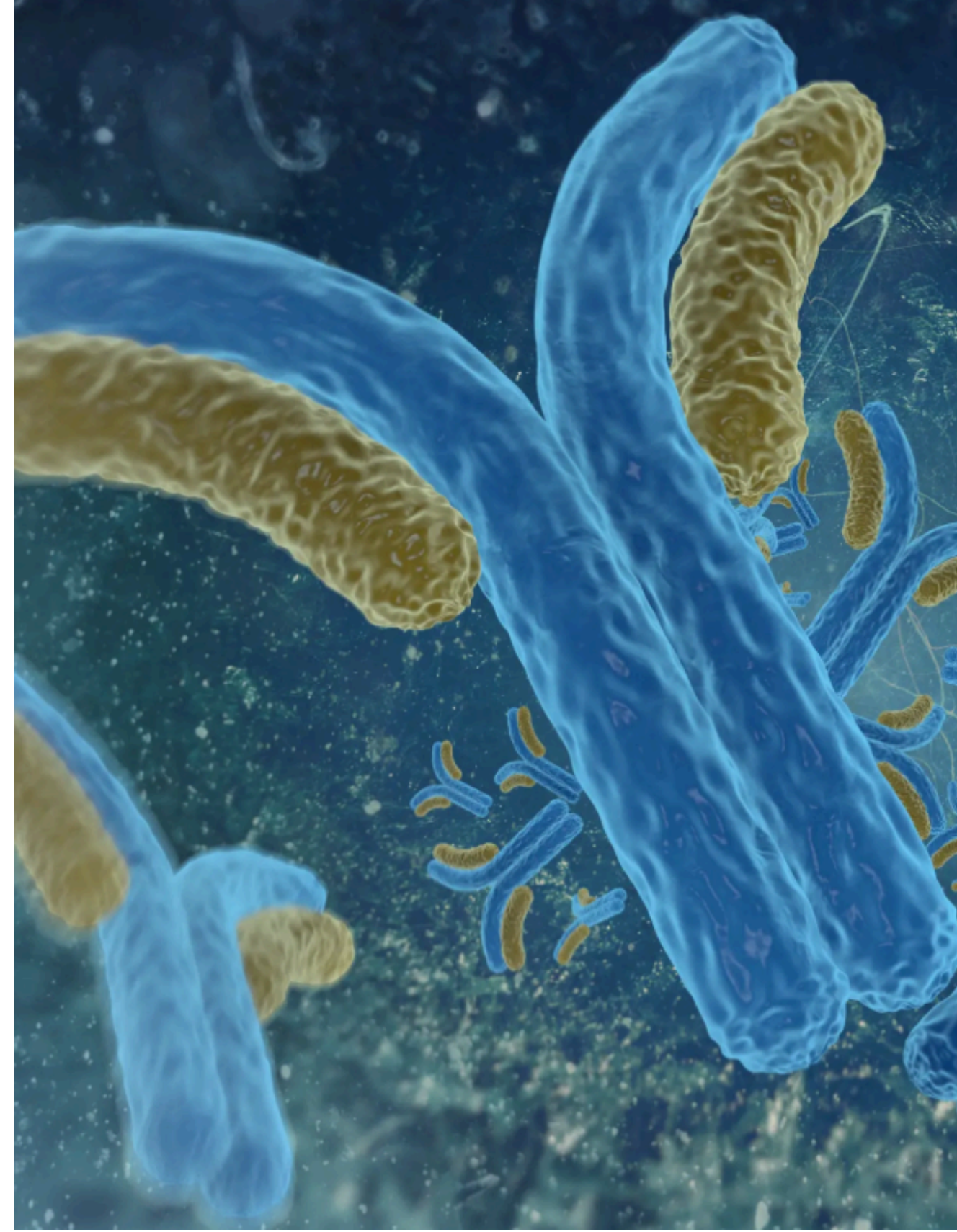
- A) Un prolongement de la réponse immunitaire innée
- B) Les acteurs cellulaires et moléculaires de la réponse immunitaire adaptative

## **II. La réponse adaptative à médiation humorale**

- A) Les anticorps, les acteurs moléculaires de la réponse adaptative à médiation humorale
- B) Le rôle des anticorps
- C) L'activation des lymphocytes B et la production des anticorps

## **III. La réponse adaptative à médiation cellulaire**

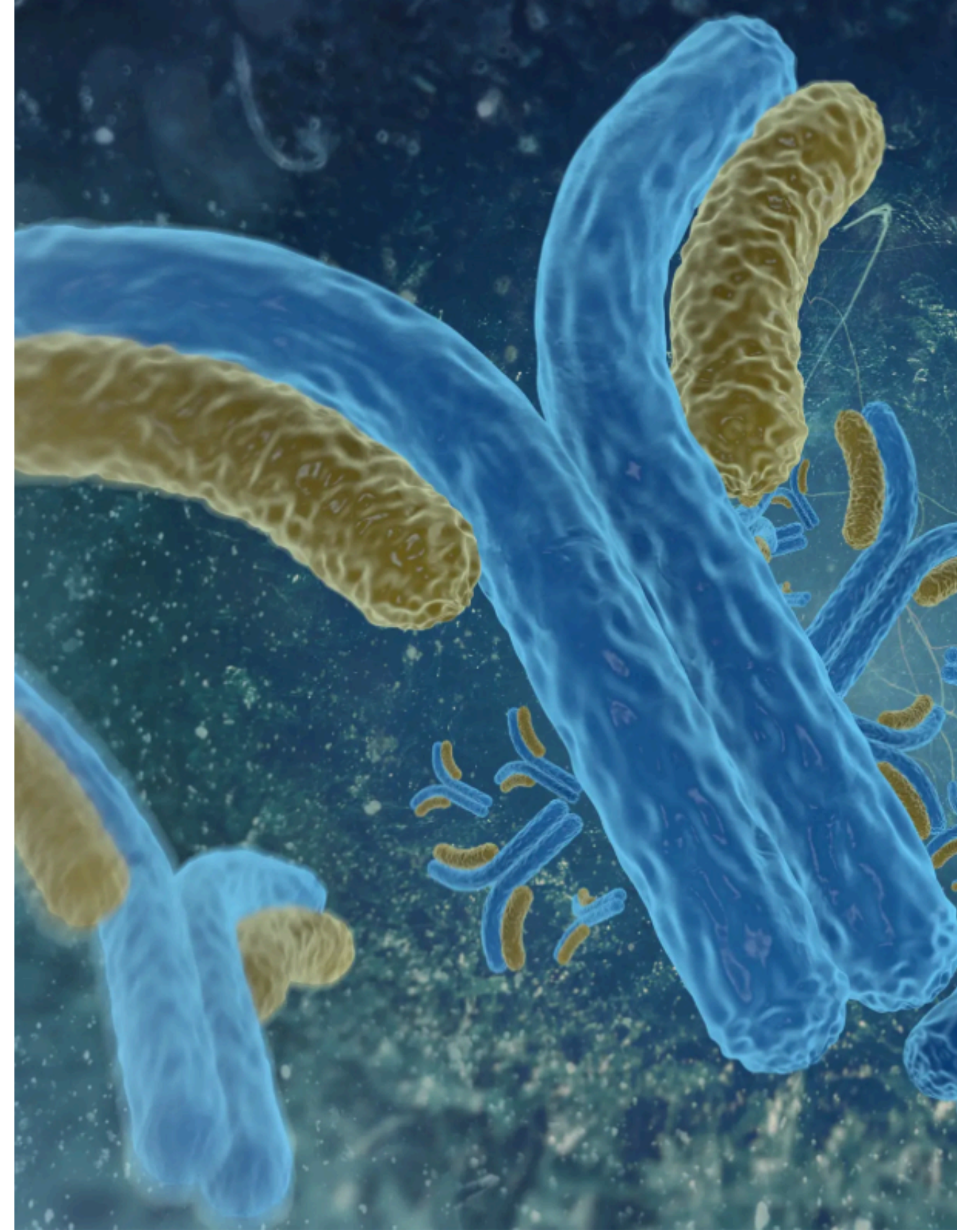
- A) Le rôle des lymphocytes T cytotoxiques
- B) Le rôle central des lymphocytes T auxiliaires
- C) L'activation des lymphocytes T

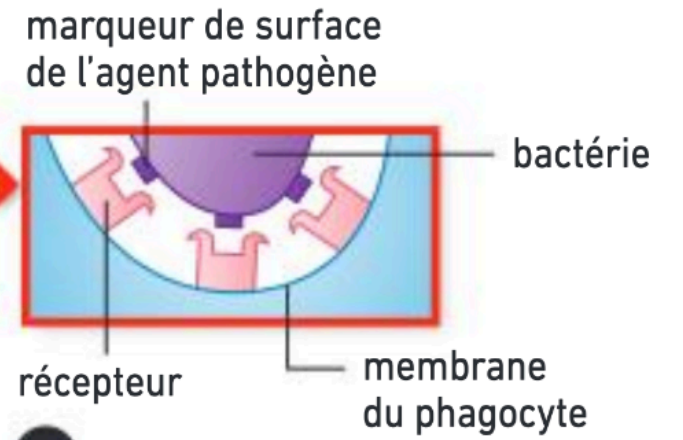
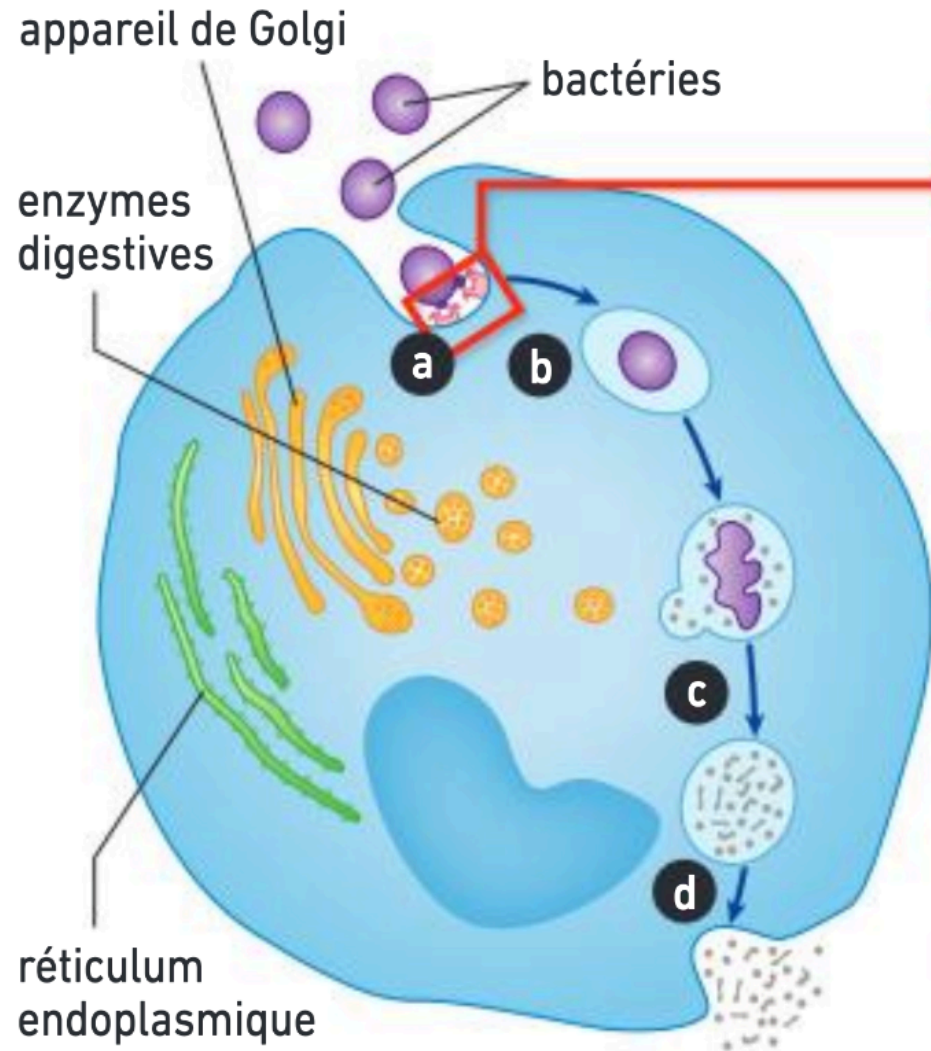
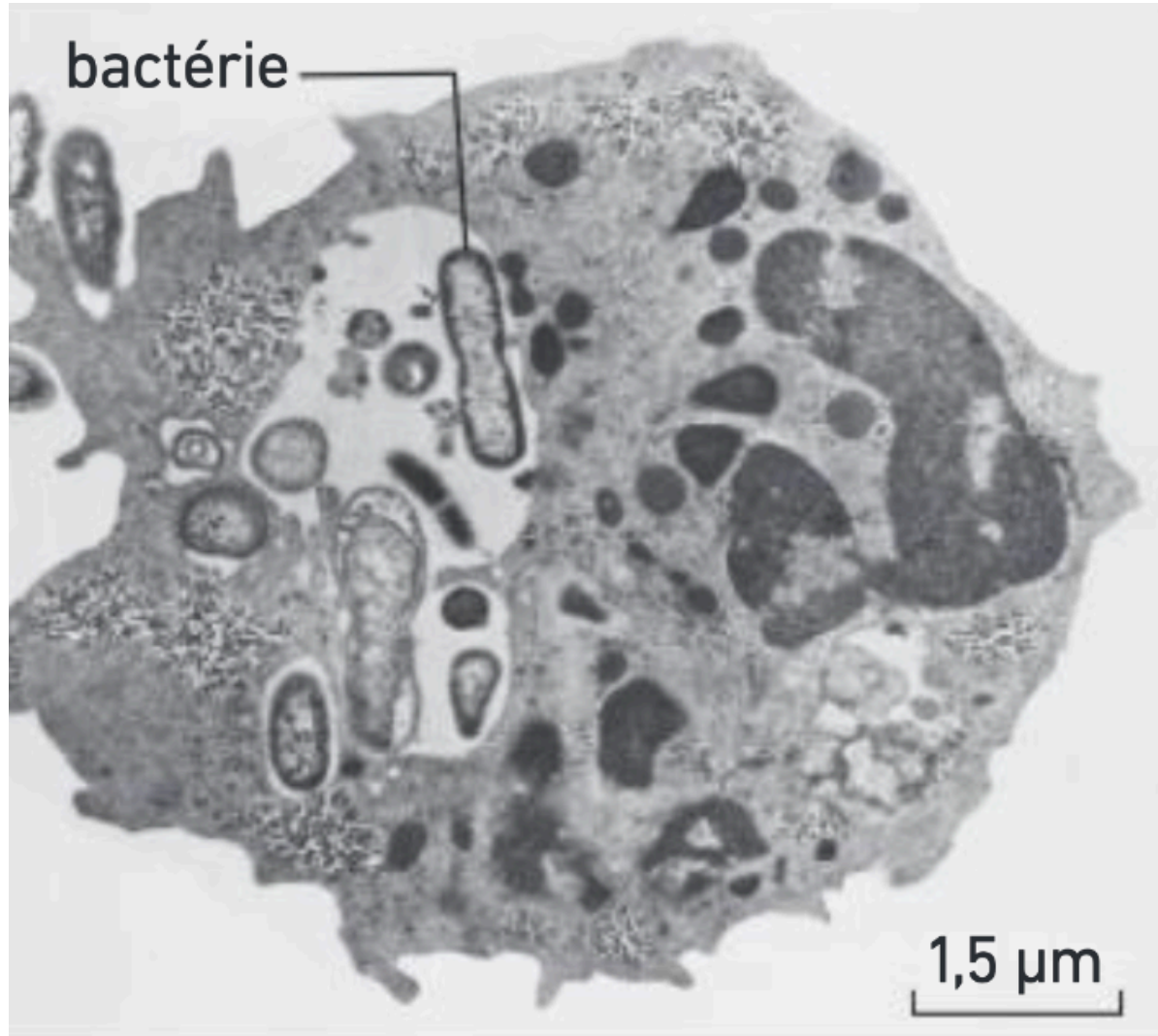


# I. Les caractéristiques de la réponse immunitaire adaptative

→ A) Un prolongement de la réponse

immunitaire innée



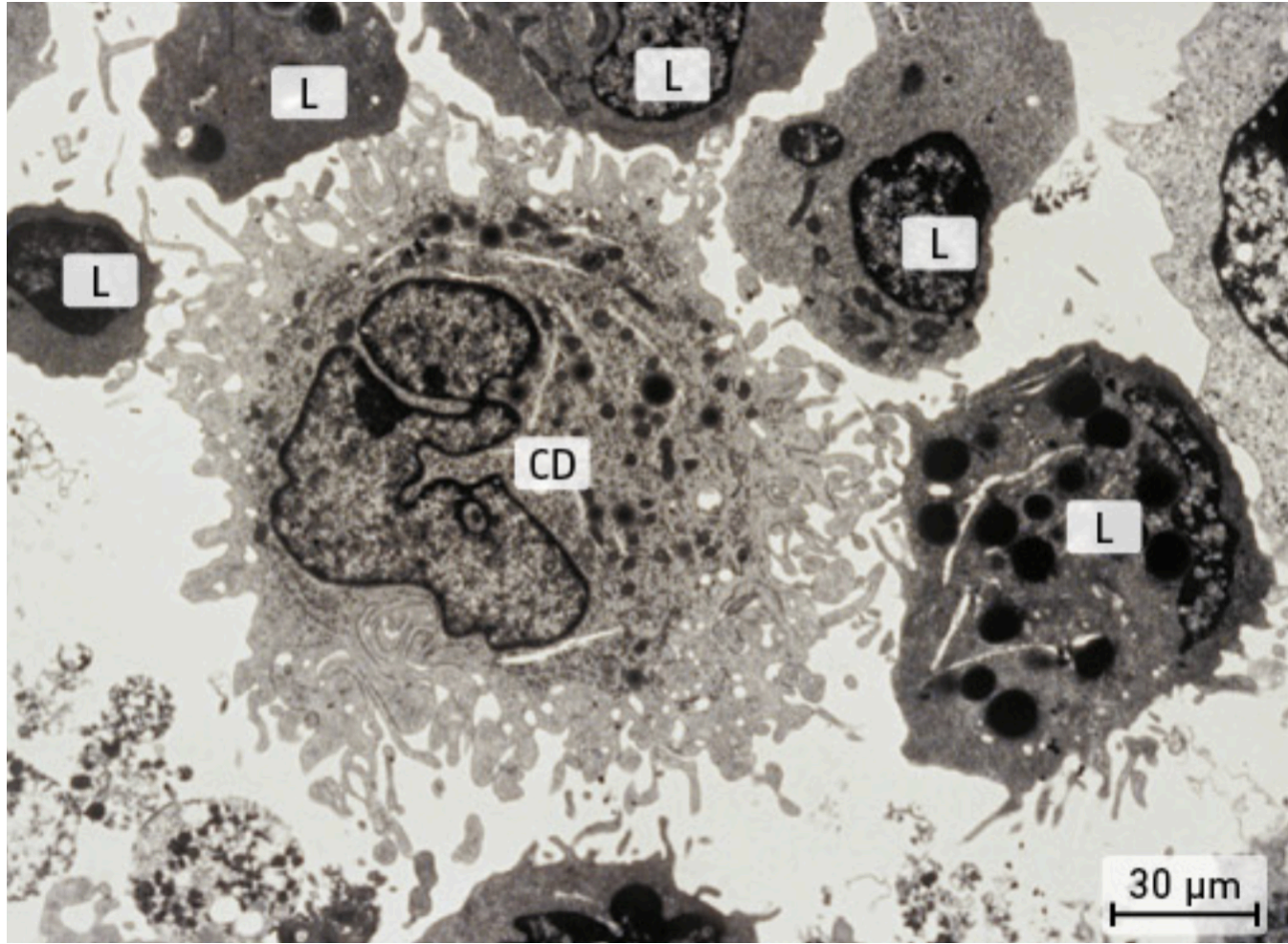


**a Adhésion**  
 Les éléments étrangers adhèrent à la membrane des phagocytes grâce aux récepteurs qui ont permis de les identifier.

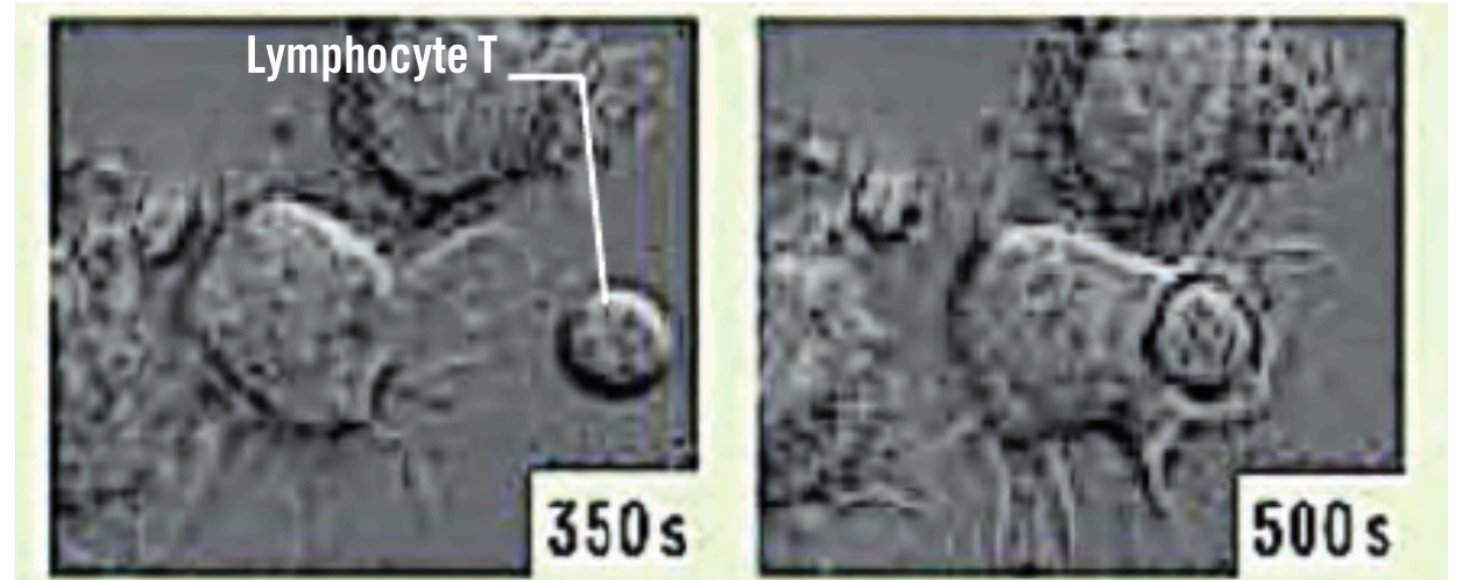
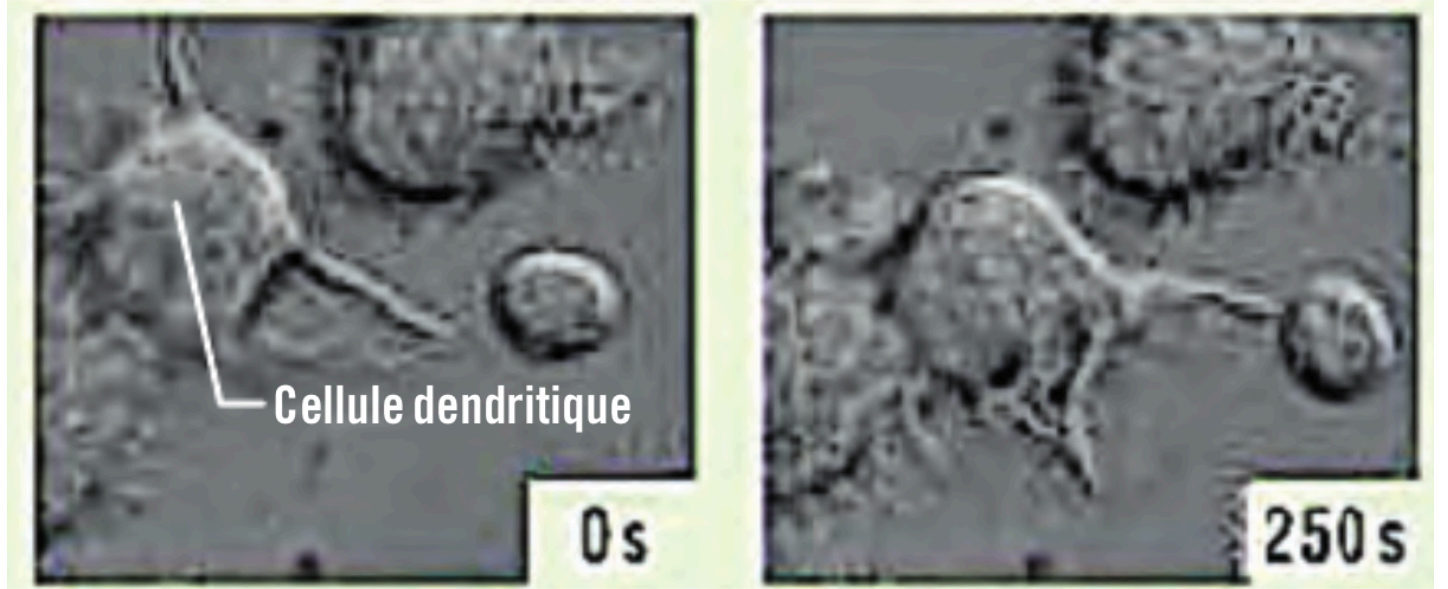
**b Ingestion**  
 La cellule se déforme et englobe la particule dans une vacuole de phagocytose en l'entourant par des prolongements cytoplasmiques.

**c Digestion**  
 Des enzymes digestives fabriquées dans le réticulum et stockées dans des vésicules, grâce à l'appareil de Golgi, sont déversées dans la vacuole de phagocytose.

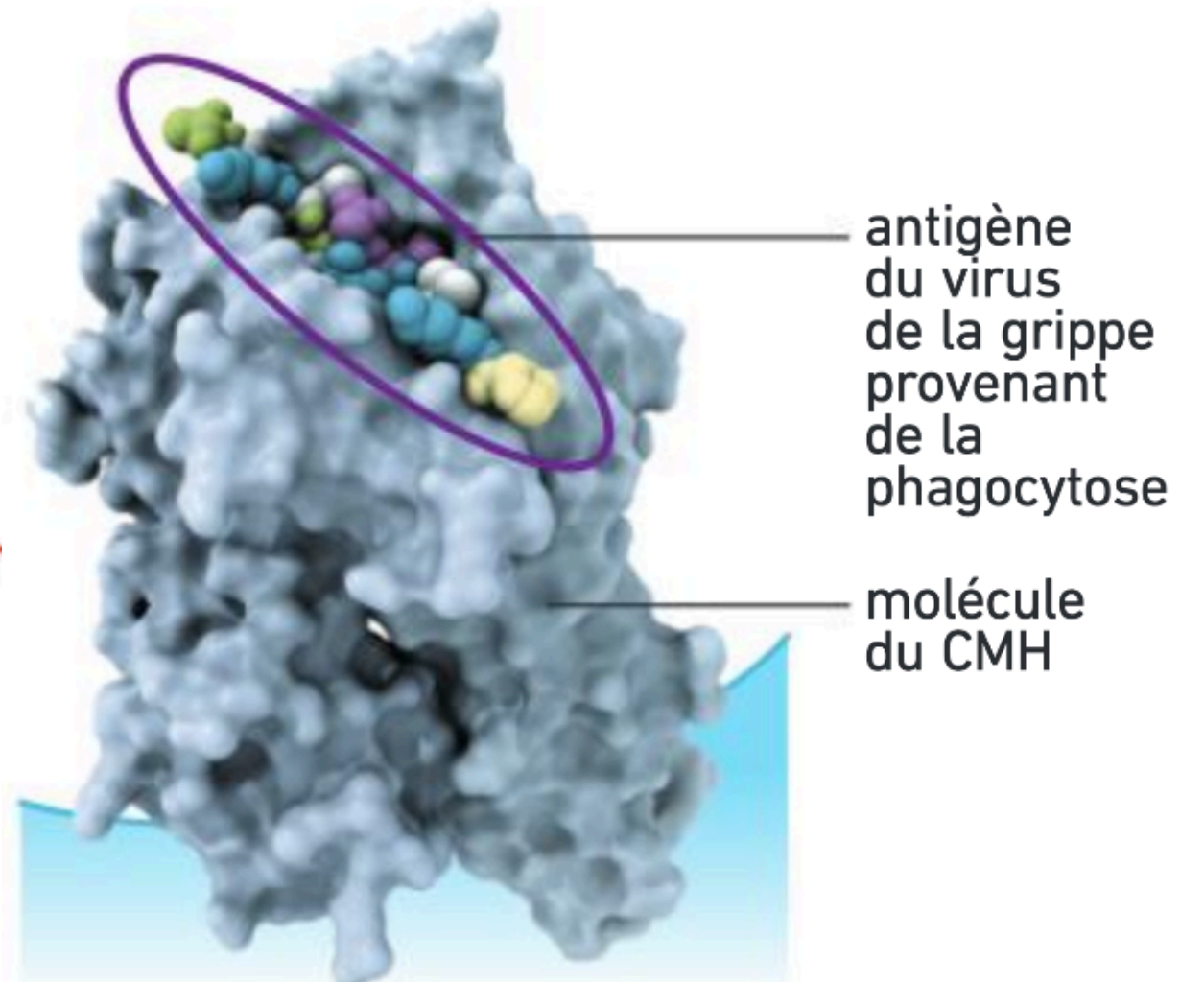
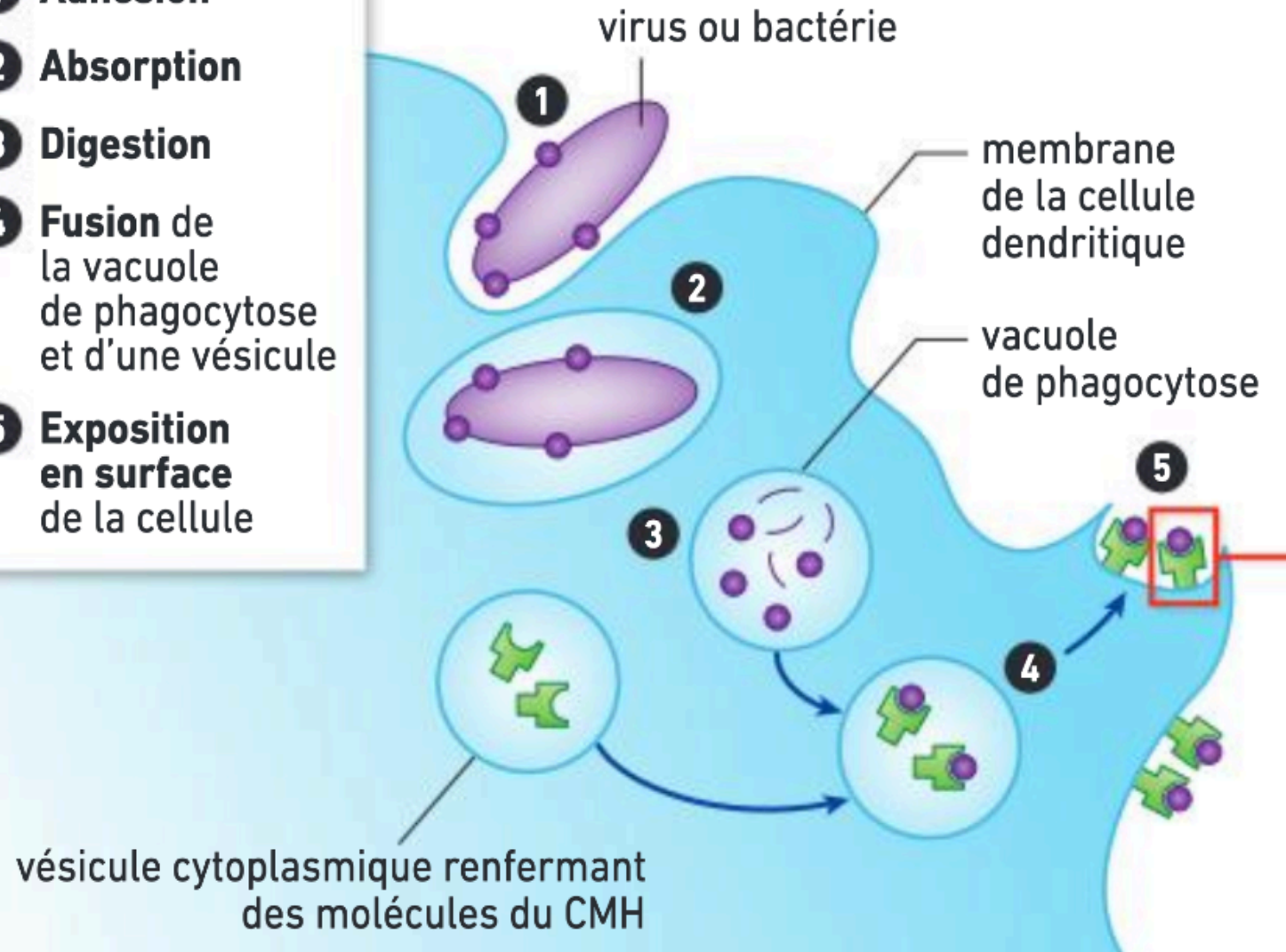
**d Rejet des déchets**  
 Après digestion de l'élément étranger, les déchets sont rejetés à l'extérieur du phagocyte.

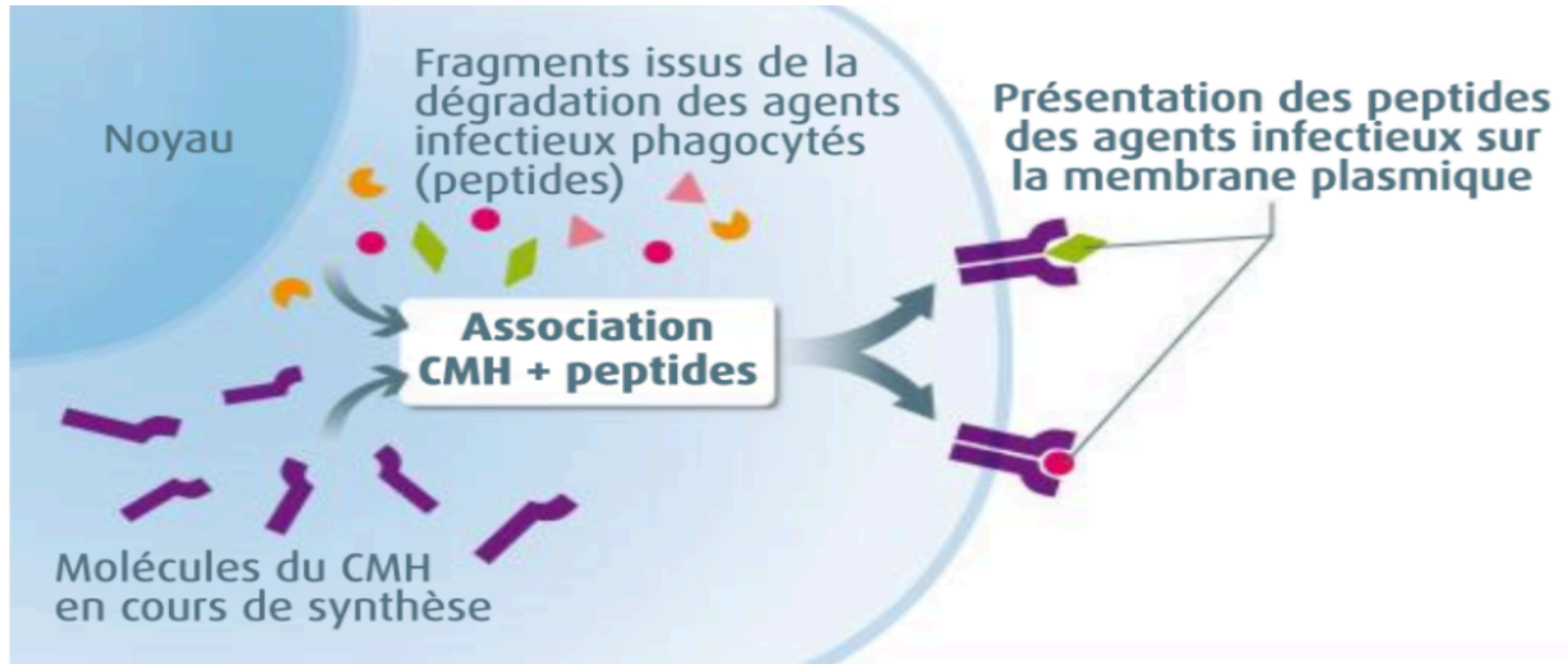


sur quelque chose



- 1 Adhésion**
- 2 Absorption**
- 3 Digestion**
- 4 Fusion de la vacuole de phagocytose et d'une vésicule**
- 5 Exposition en surface de la cellule**



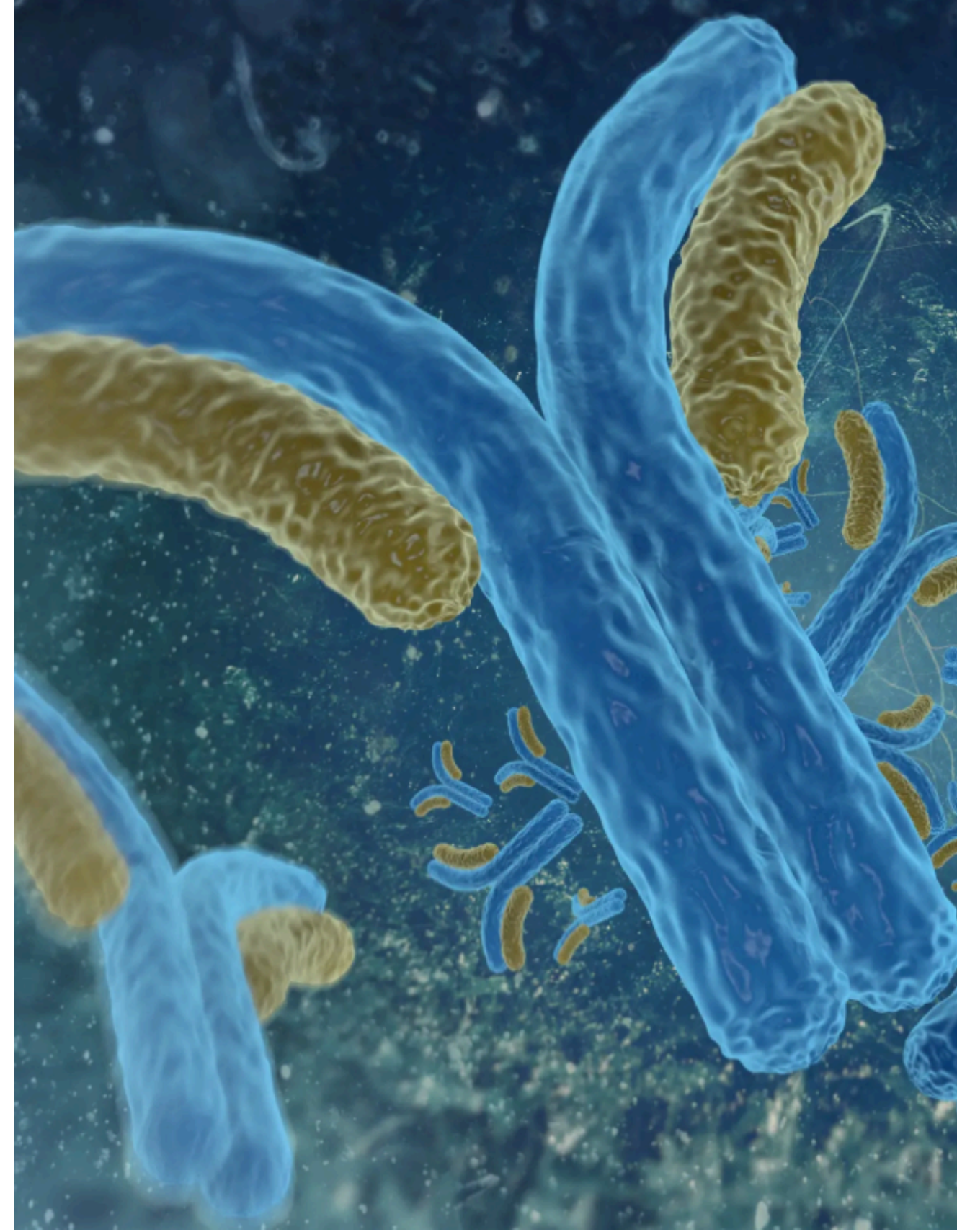


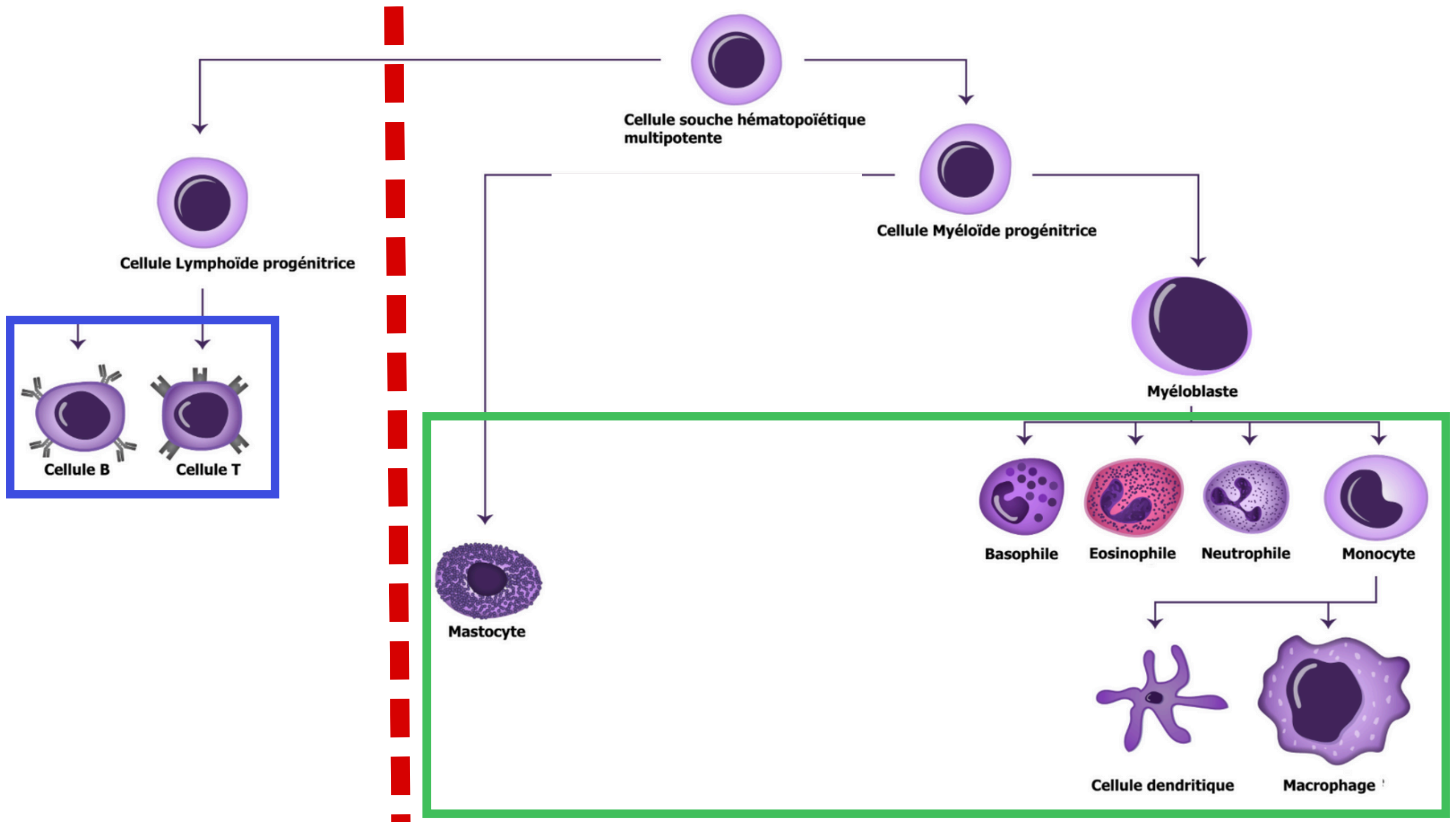
**Document 1 : Formation de complexes CMH-peptides à la membrane d'une cellule présentatrice d'antigène.**

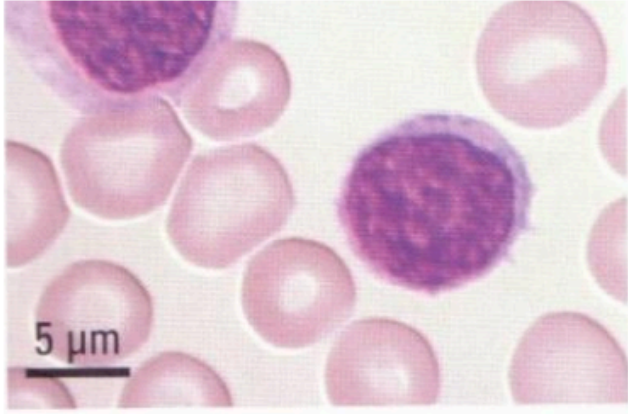
# I. Les caractéristiques de la réponse immunitaire adaptative

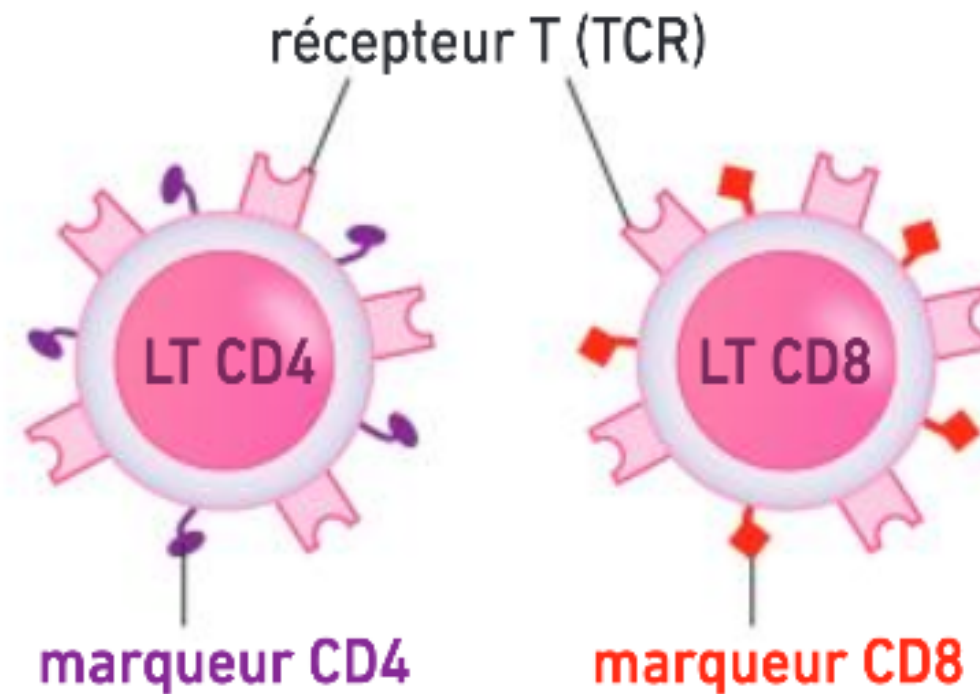
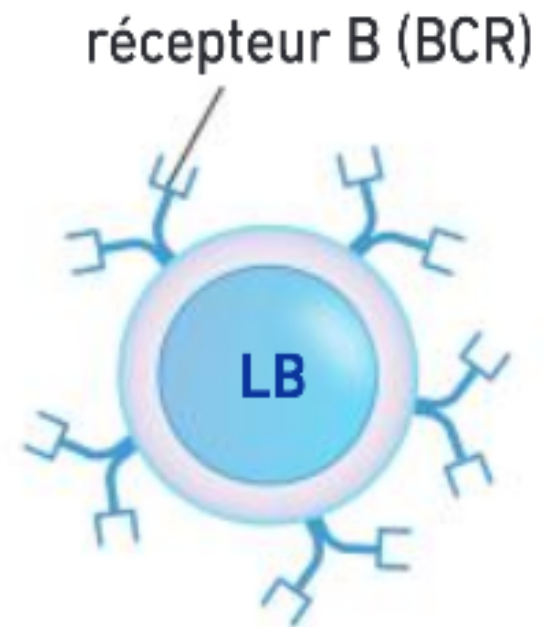
A) Un prolongement de la réponse immunitaire innée

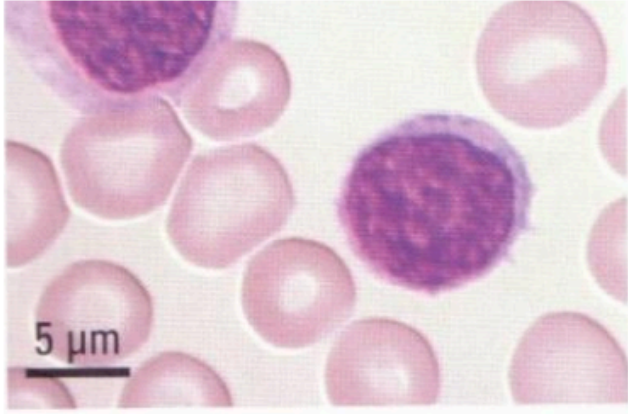
→ B) Les acteurs cellulaires et moléculaires de la réponse immunitaire adaptative

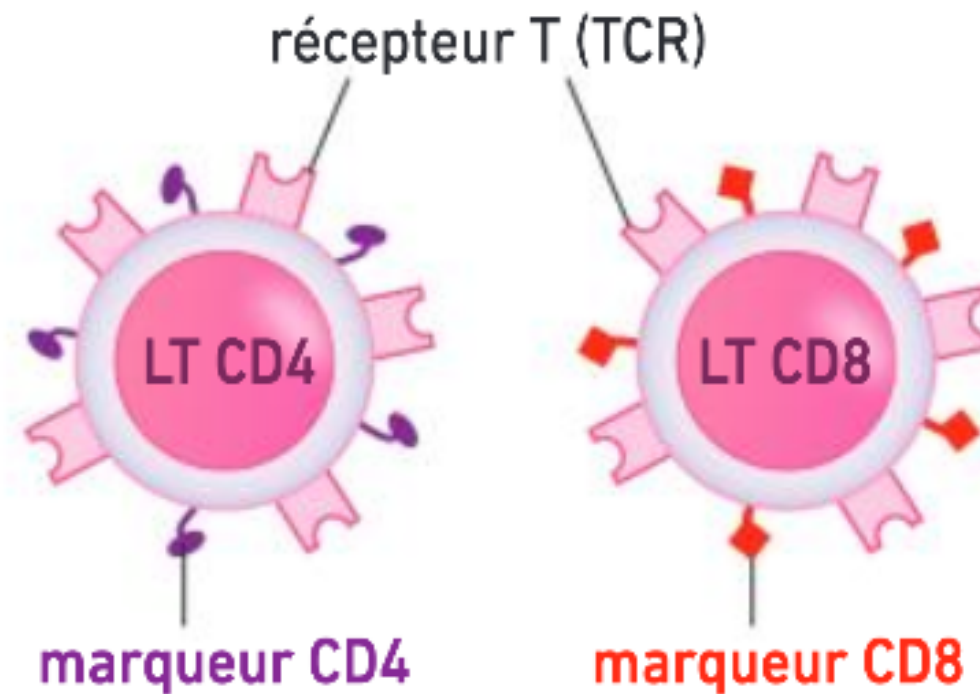
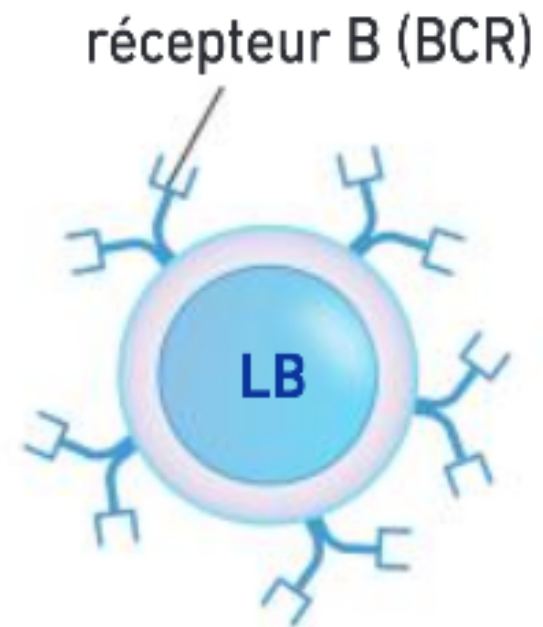


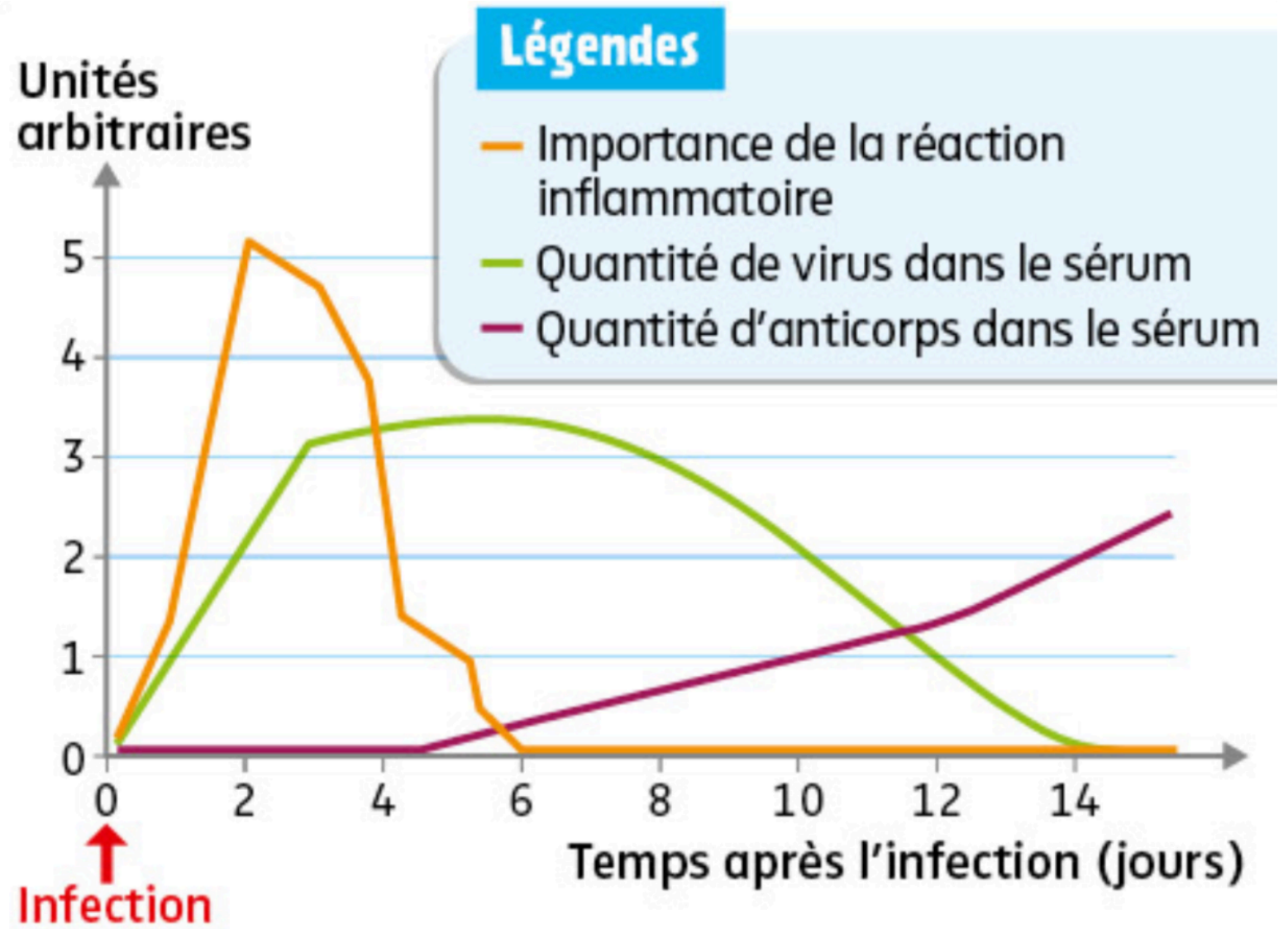
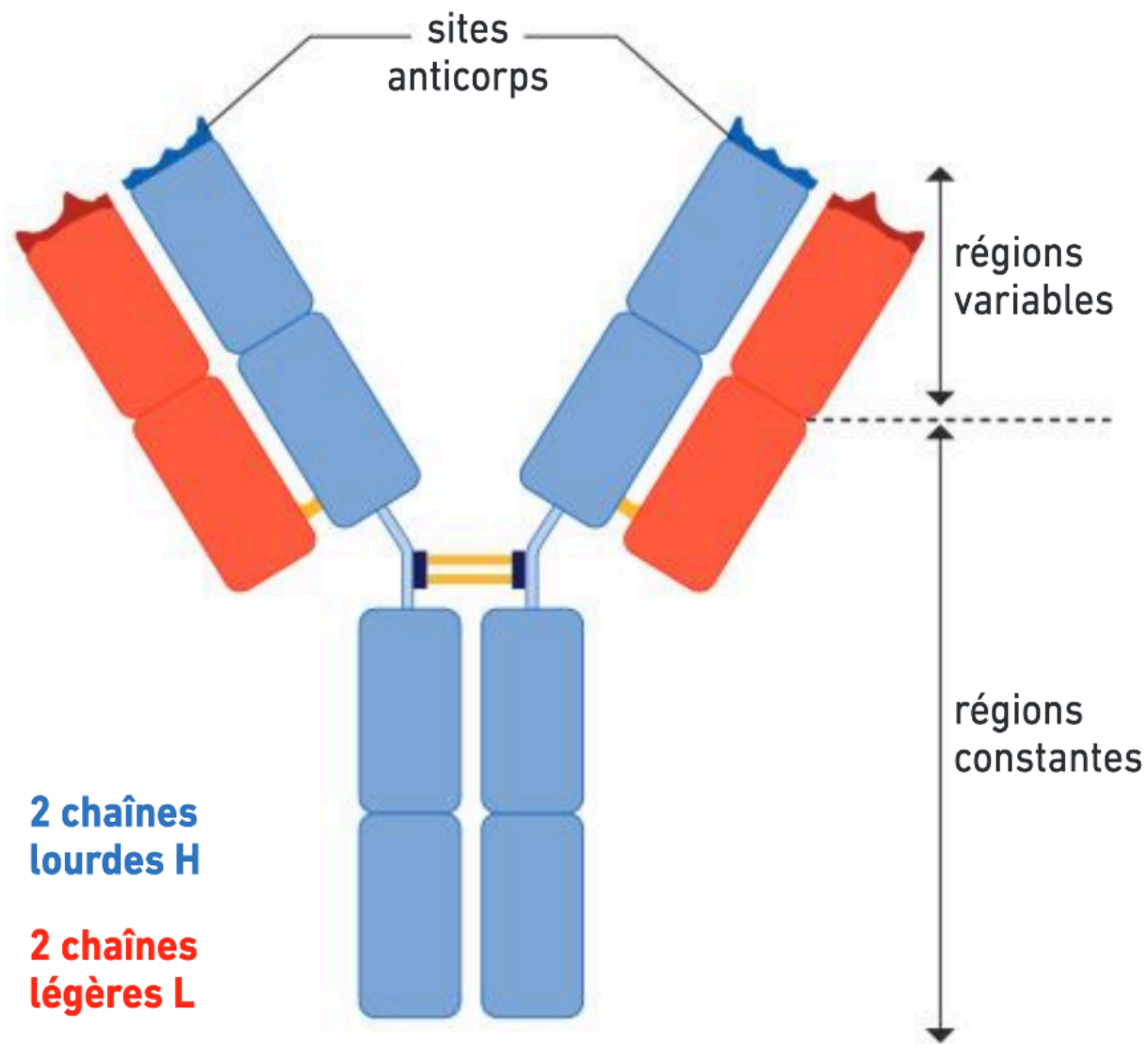


<p><b>Lymphocyte</b></p>		<p>7 à 9 μm</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cellule avec un gros noyau</li> <li>- 2 types : Lymphocytes T et B</li> <li>- Réponse immunitaire adaptative (production d'anticorps &amp; destruction des cellules infectées)</li> </ul>
--------------------------	--	-----------------	--



<p><b>Lymphocyte</b></p>		<p>7 à 9 μm</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cellule avec un gros noyau</li> <li>- 2 types : Lymphocytes T et B</li> <li>- Réponse immunitaire adaptative (production d'anticorps &amp; destruction des cellules infectées)</li> </ul>
--------------------------	--	-----------------	--







**Bilan: Suite à la réponse innée rapide, une seconde réponse plus tardive apparaît pour combattre une infection. Il s'agit de l'immunité adaptative. Cette réponse fait intervenir des molécules et des cellules. On distingue deux types de lymphocytes, différant par la nature de leurs récepteurs membranaires : les lymphocytes B ou LB les lymphocytes T ou LT. En outre, les lymphocytes T sont divisés en deux sous-types, les LT CD4 et les LT CD8, caractérisés par d'autres marqueurs membranaires appelés respectivement CD4 et CD8.**

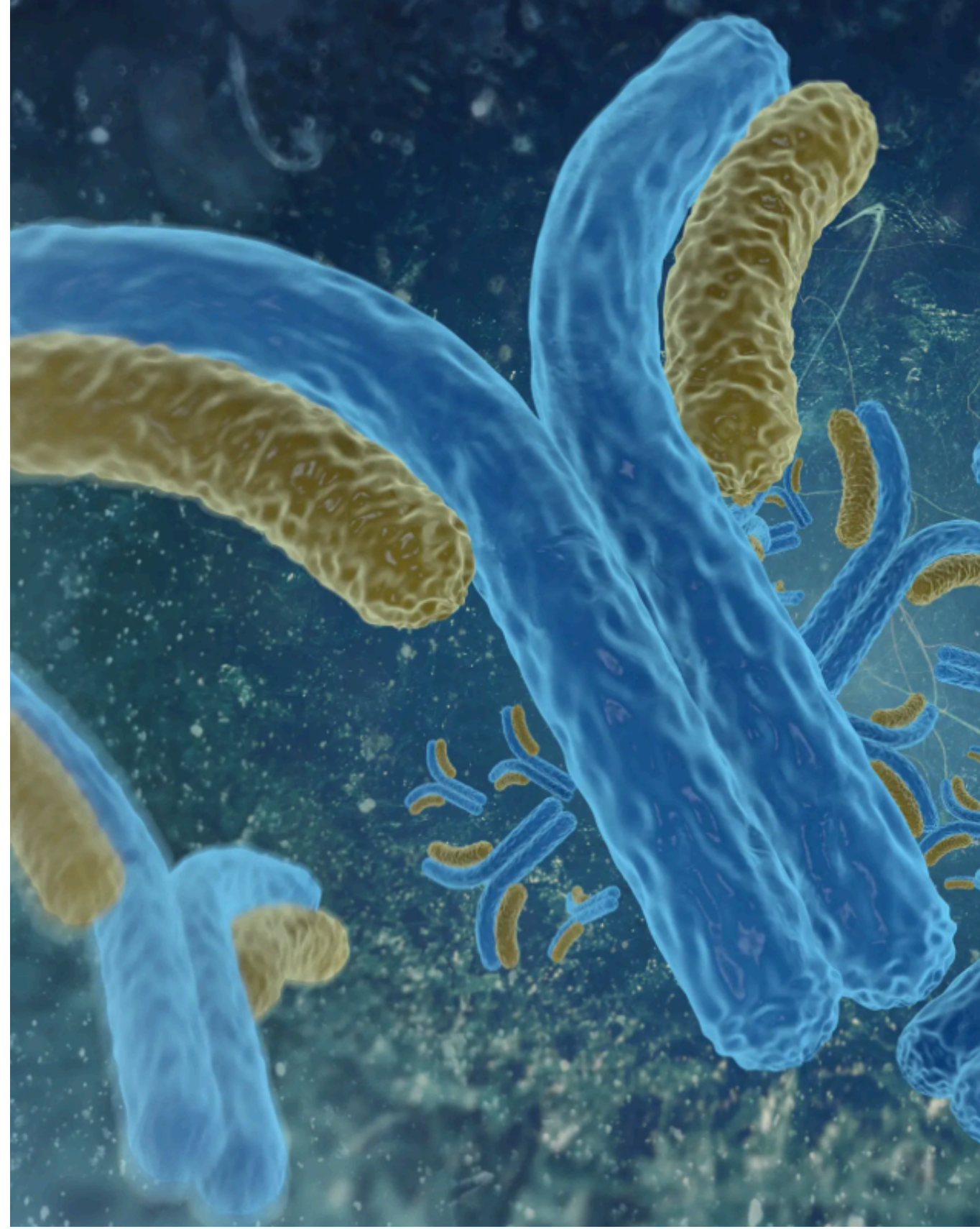


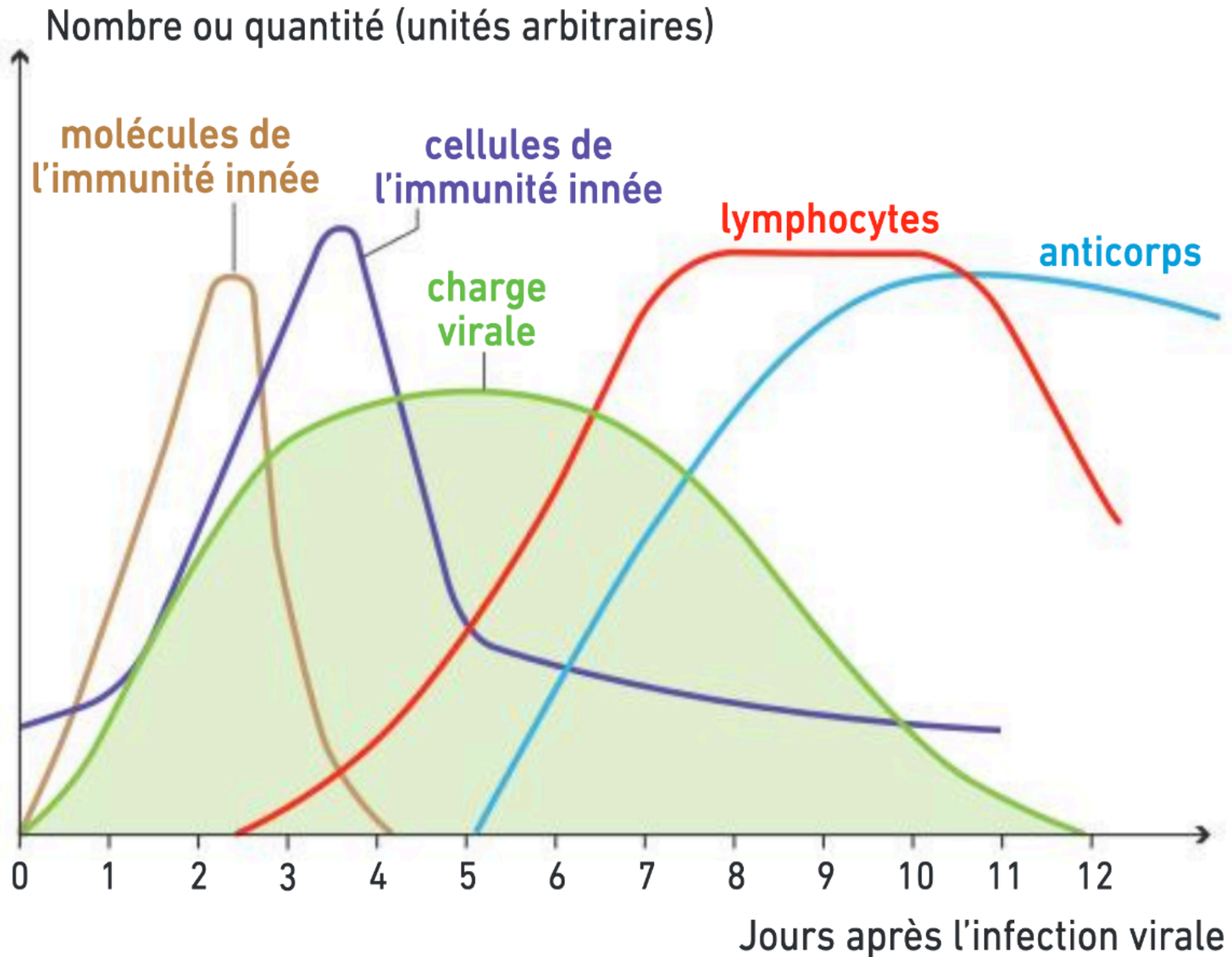
**Bilan: Dans une réaction immunitaire adaptative, la protection de l'organisme est assurée :**

- **soit par des molécules solubles présentes dans le plasma du sang et de la lymphe, on parle alors d'immunité à médiation humorale. Celle-ci vise à éliminer les agents pathogènes (bactéries, virus ...) présents dans les liquides de l'organisme.**
- **soit directement par certains lymphocytes, on parle alors d'immunité à médiation cellulaire. Celle-ci vise à éliminer notamment les cellules infectées par les agents pathogènes.**

## II. La réponse adaptative à médiation humorale

→ A) Les anticorps, les acteurs moléculaires de la réponse adaptative à médiation humorale





Nombre ou quantité (unités arbitraires)

molécules de l'immunité innée

cellules de l'immunité innée

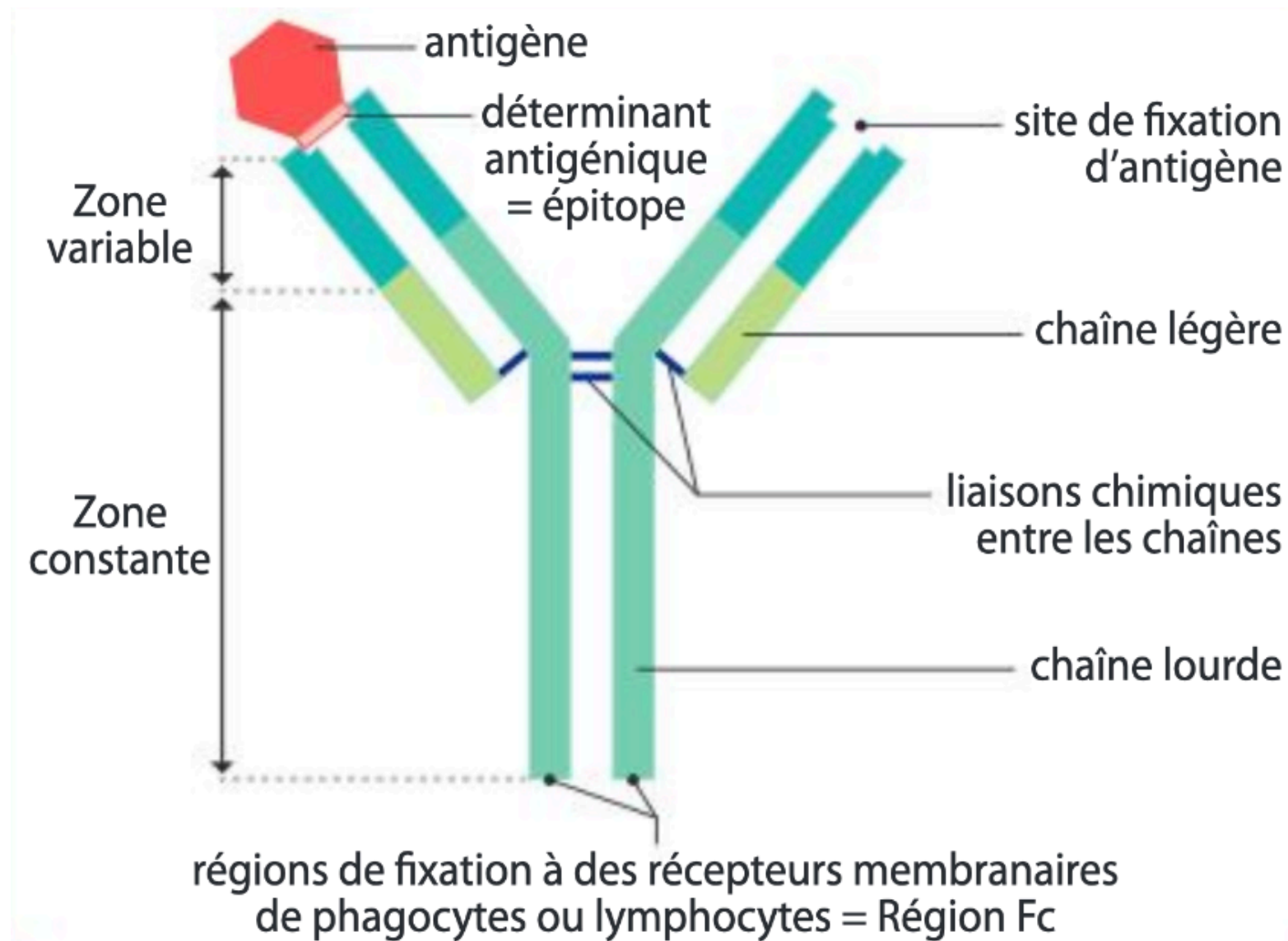
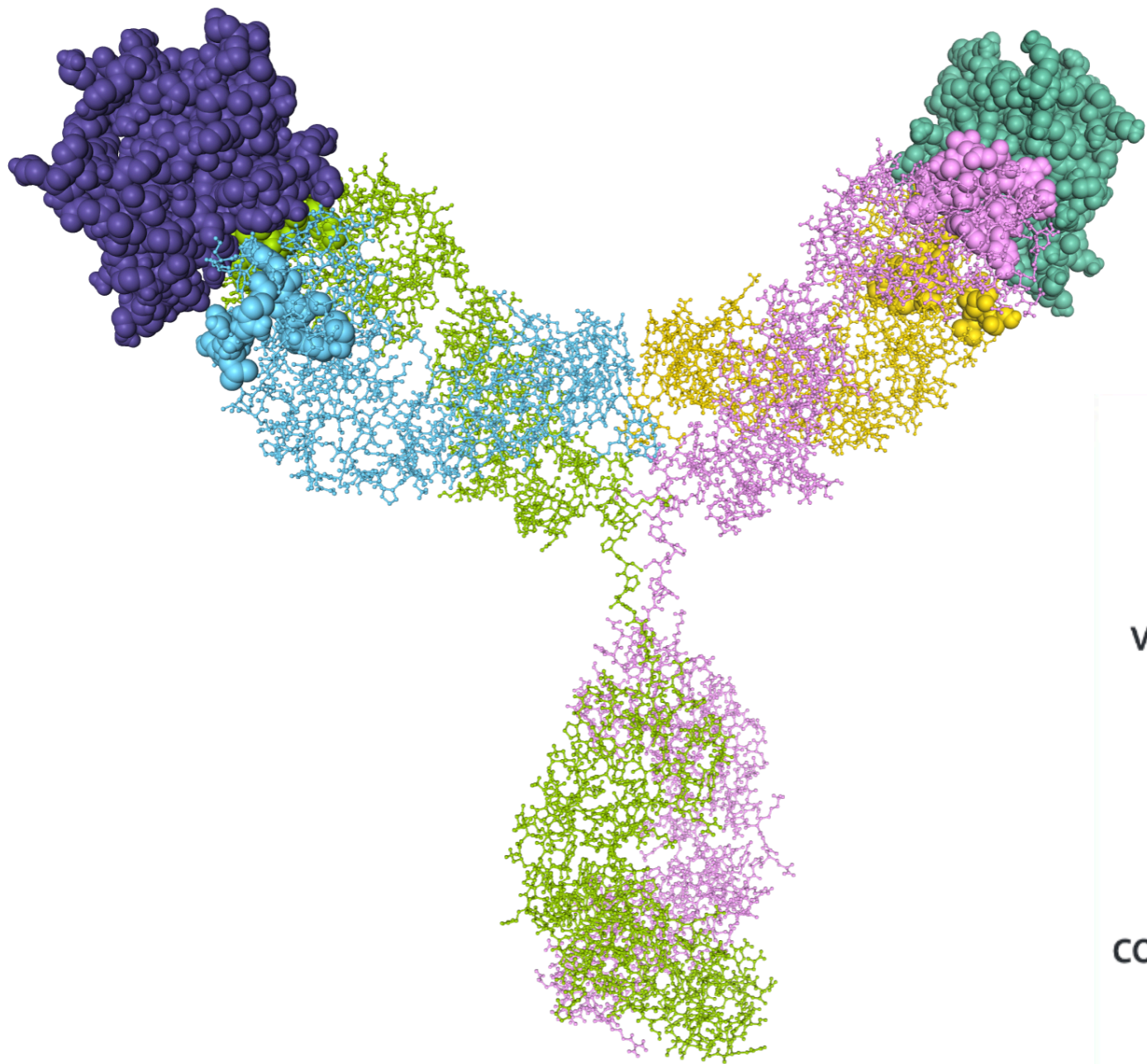
charge virale

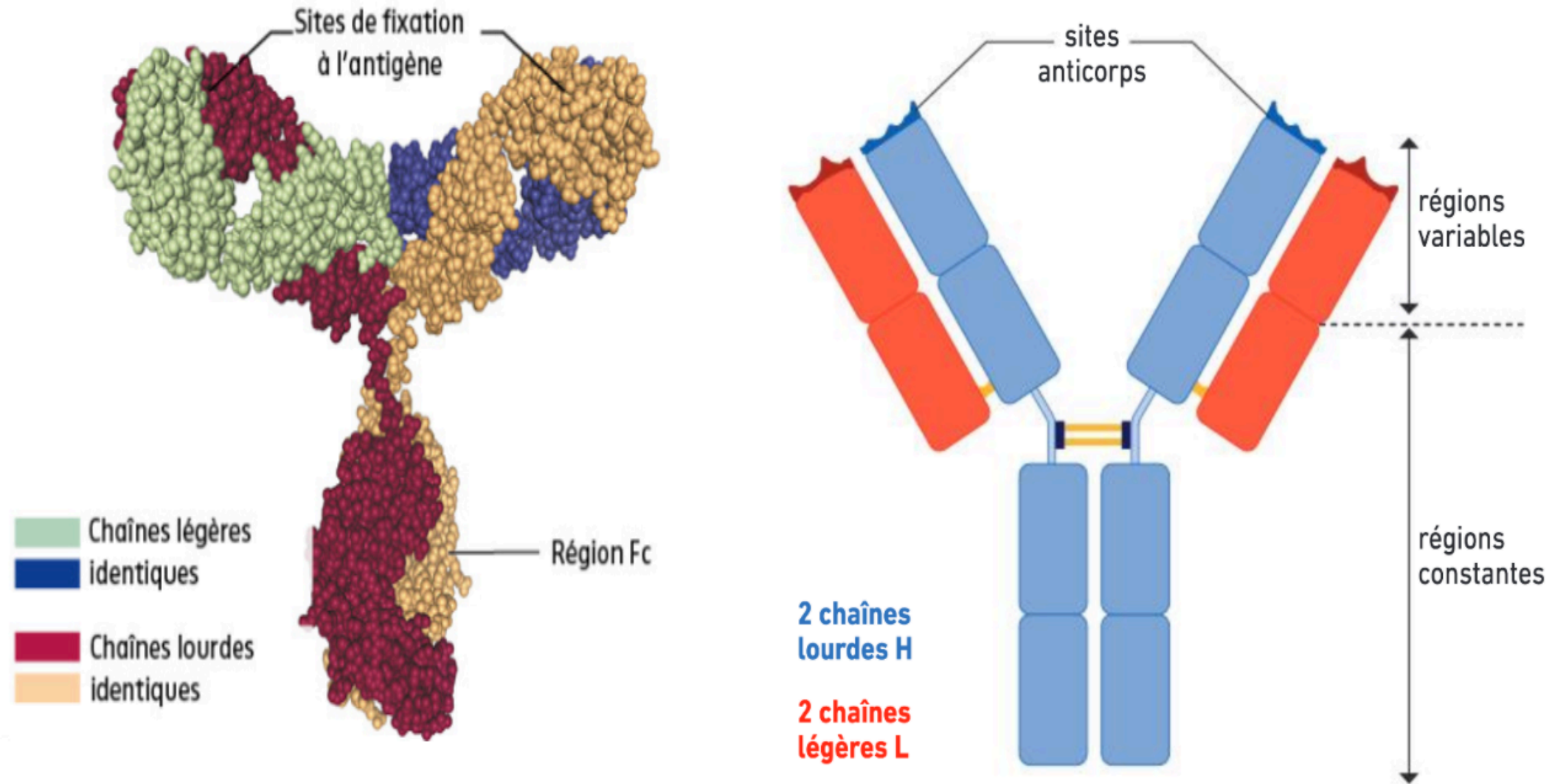
lymphocytes

anticorps

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Jours après l'infection virale



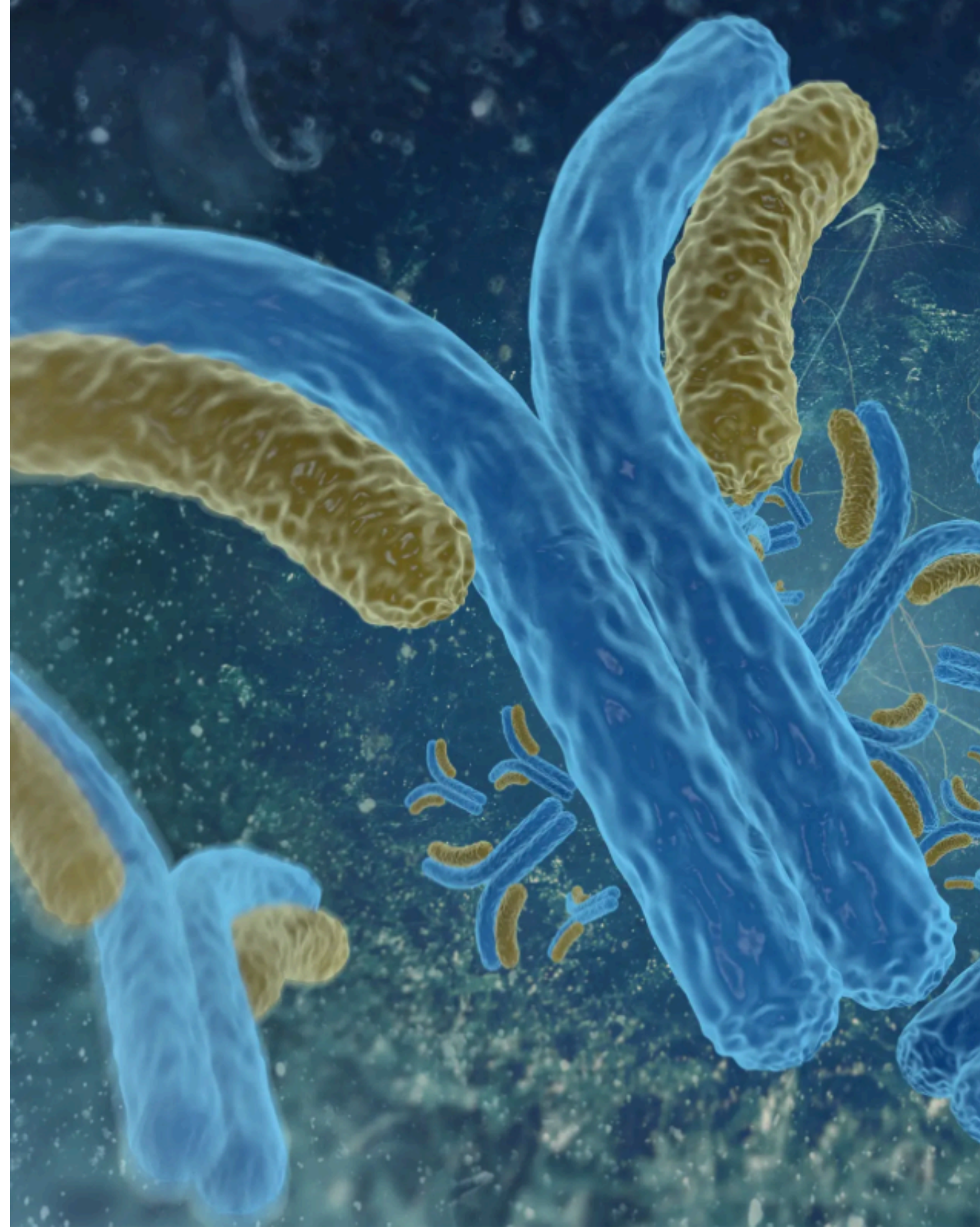


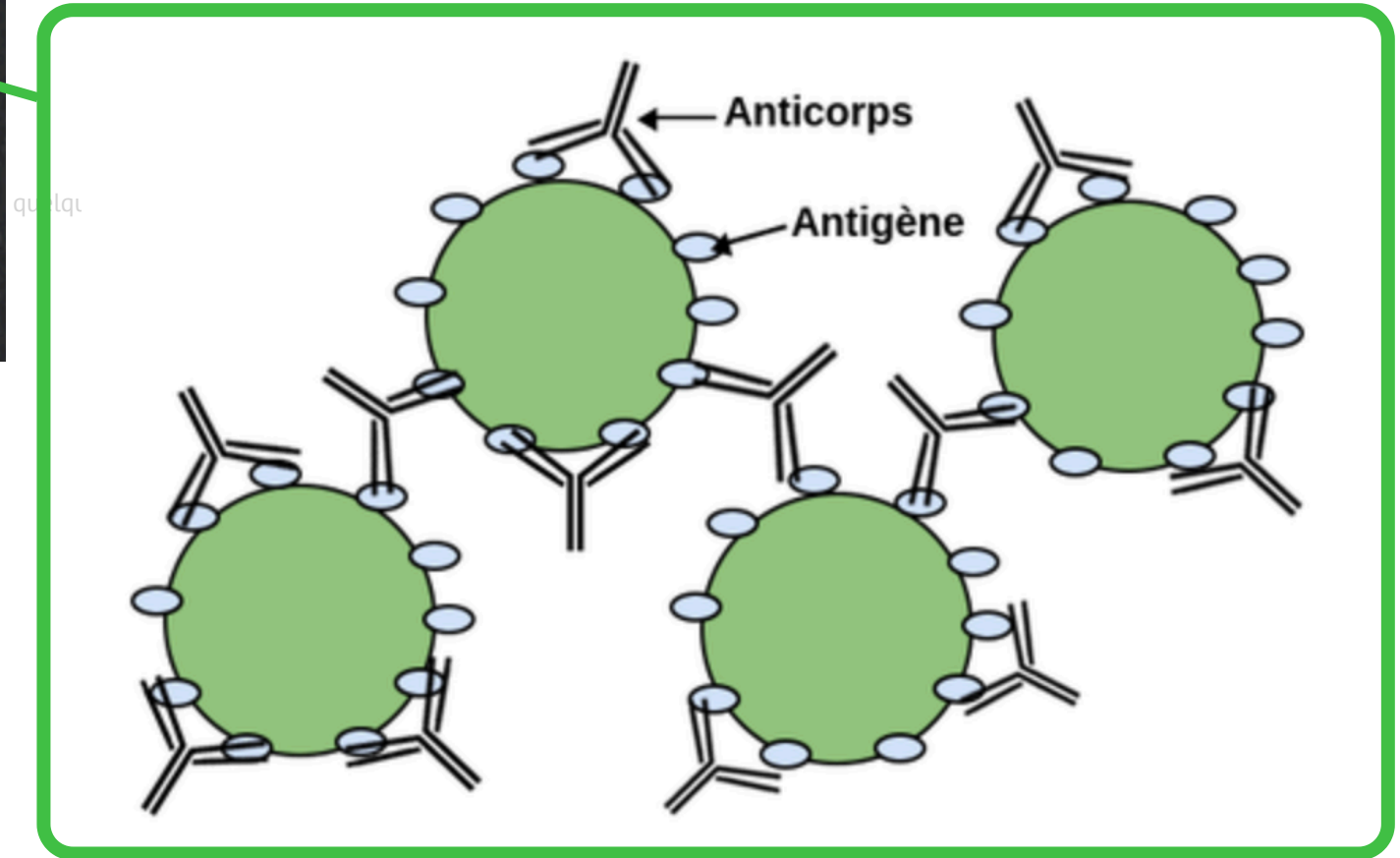
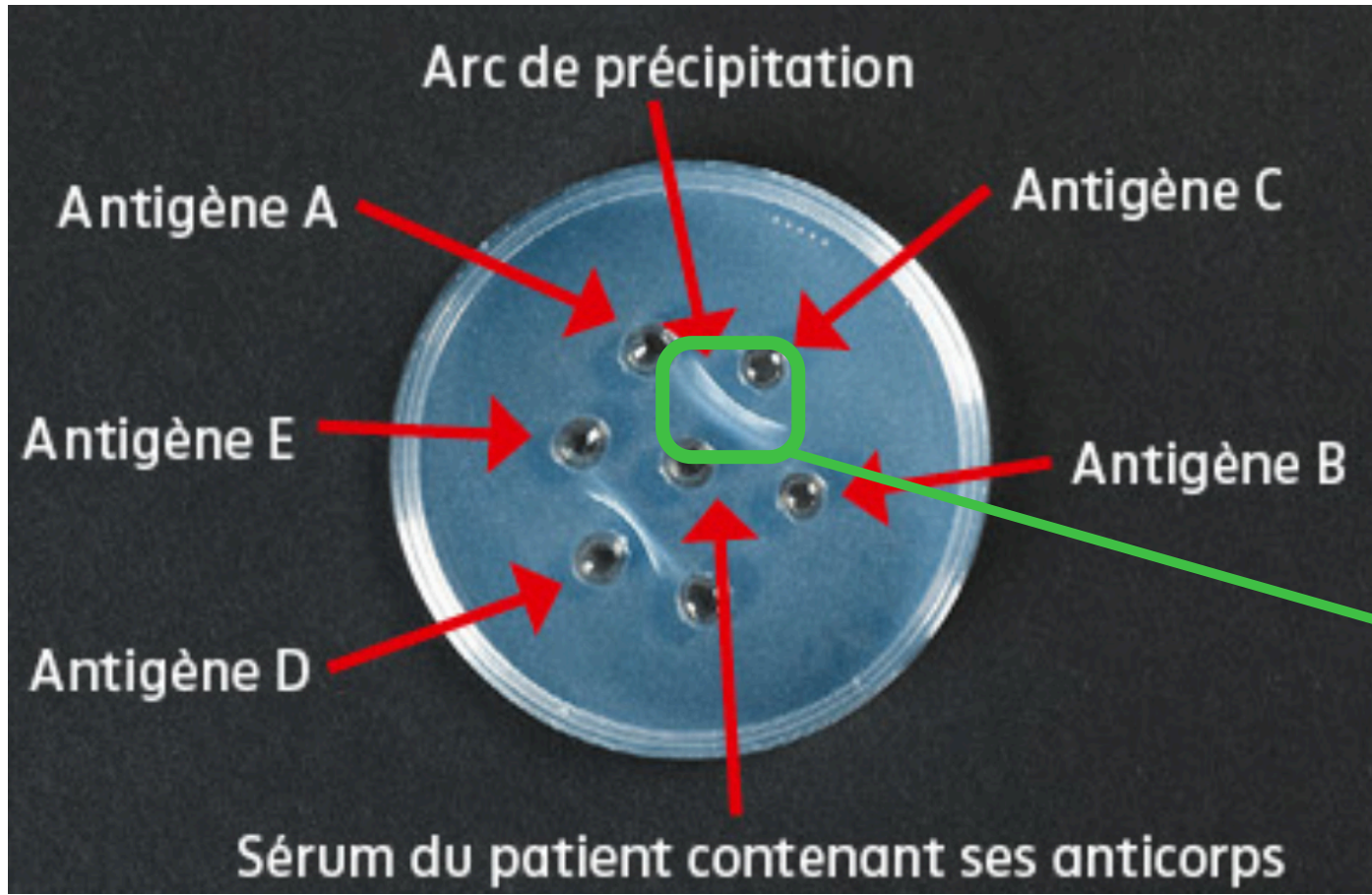
**Document 2 : La structure moléculaire des anticorps.**

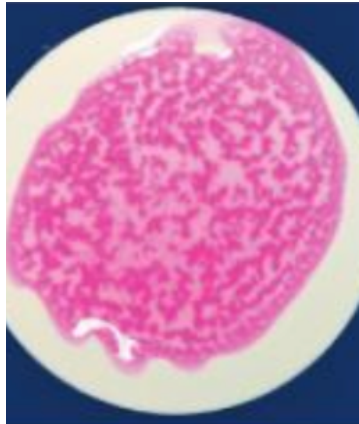
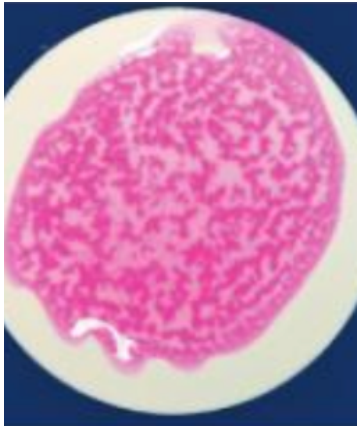
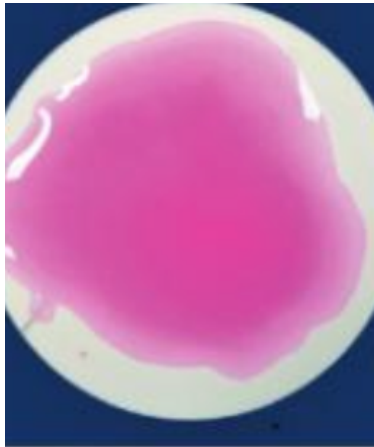
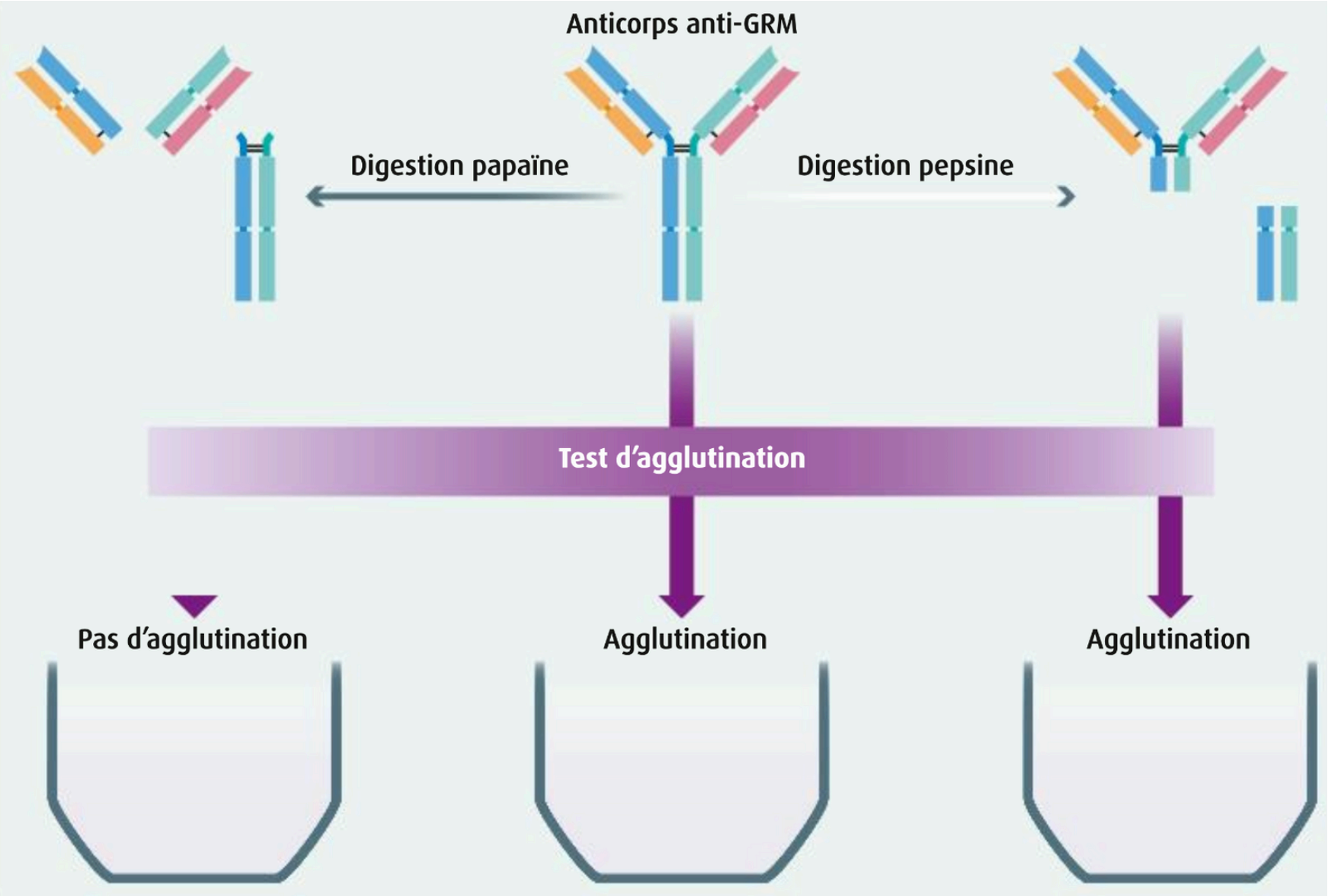
## II. La réponse adaptative à médiation humorale

A) Les anticorps, les acteurs moléculaires  
de la réponse adaptative à médiation humorale

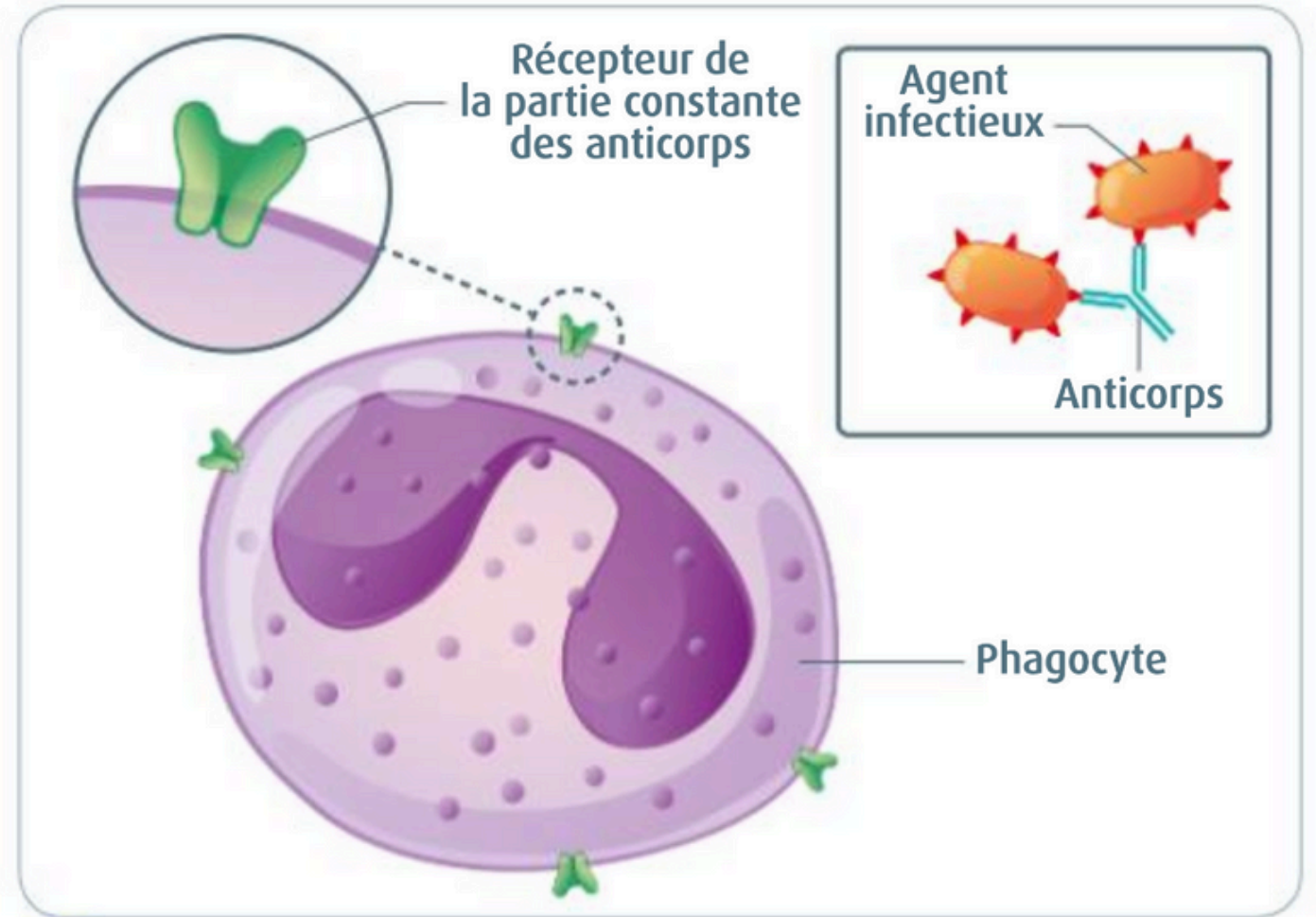
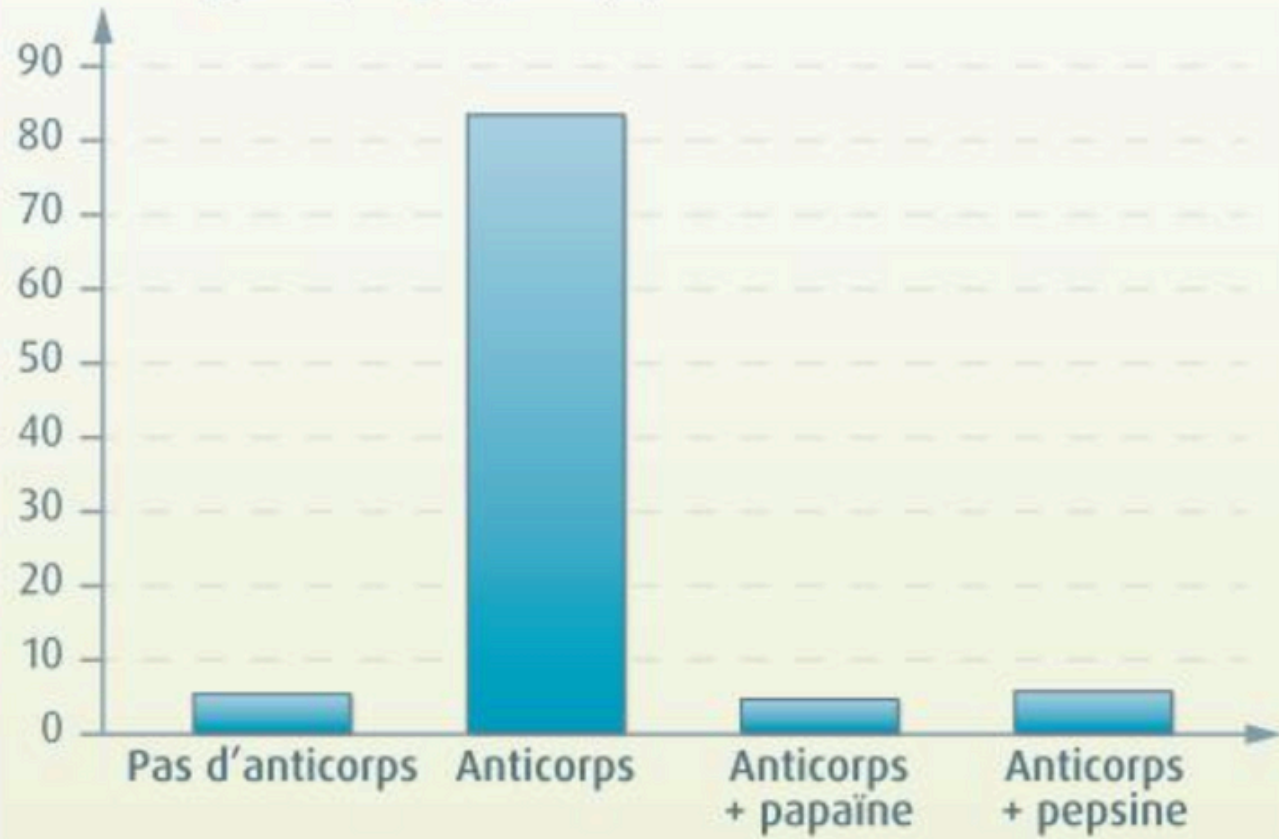
→ B) Le rôle des anticorps



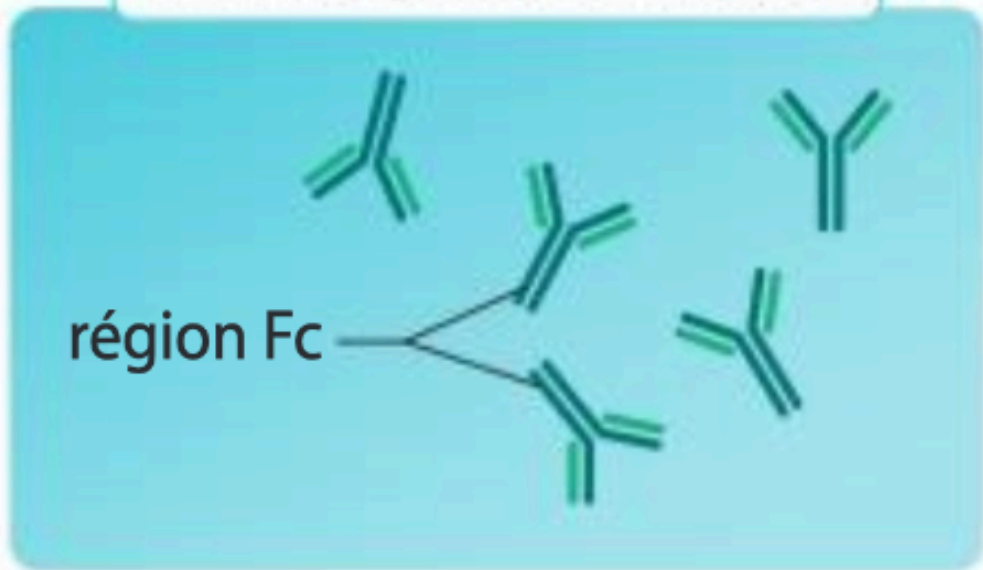




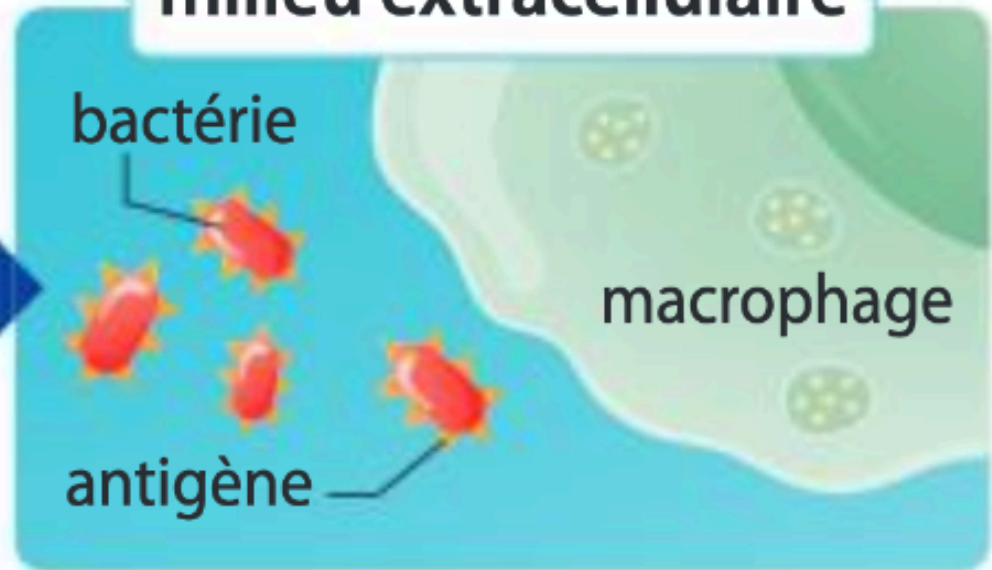
Pourcentage de phagocytose (%)



### Anticorps spécifiques

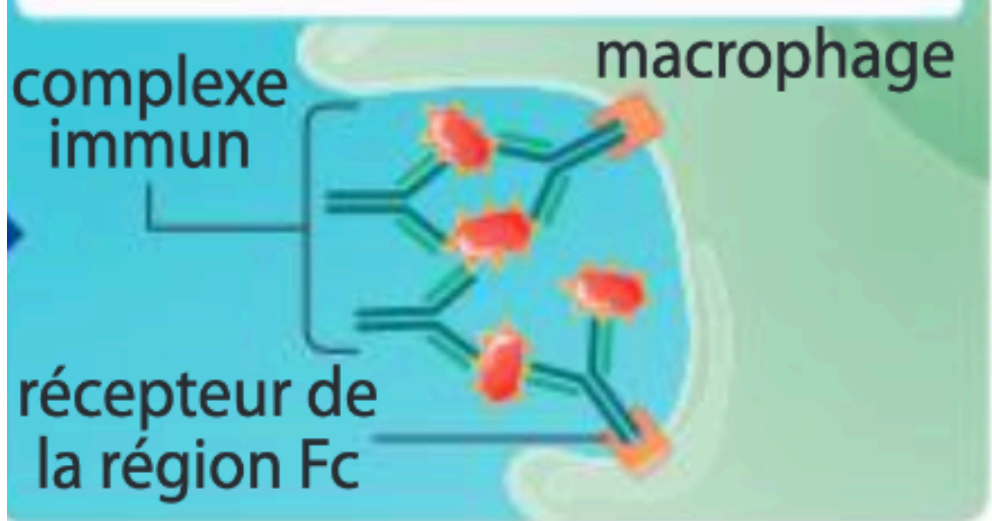


### Bactéries dans le milieu extracellulaire

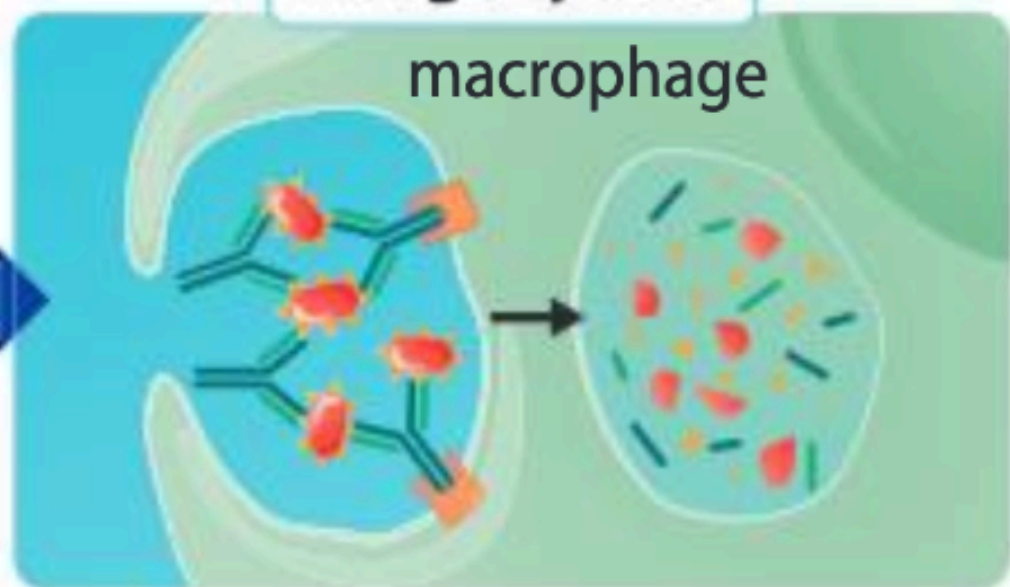


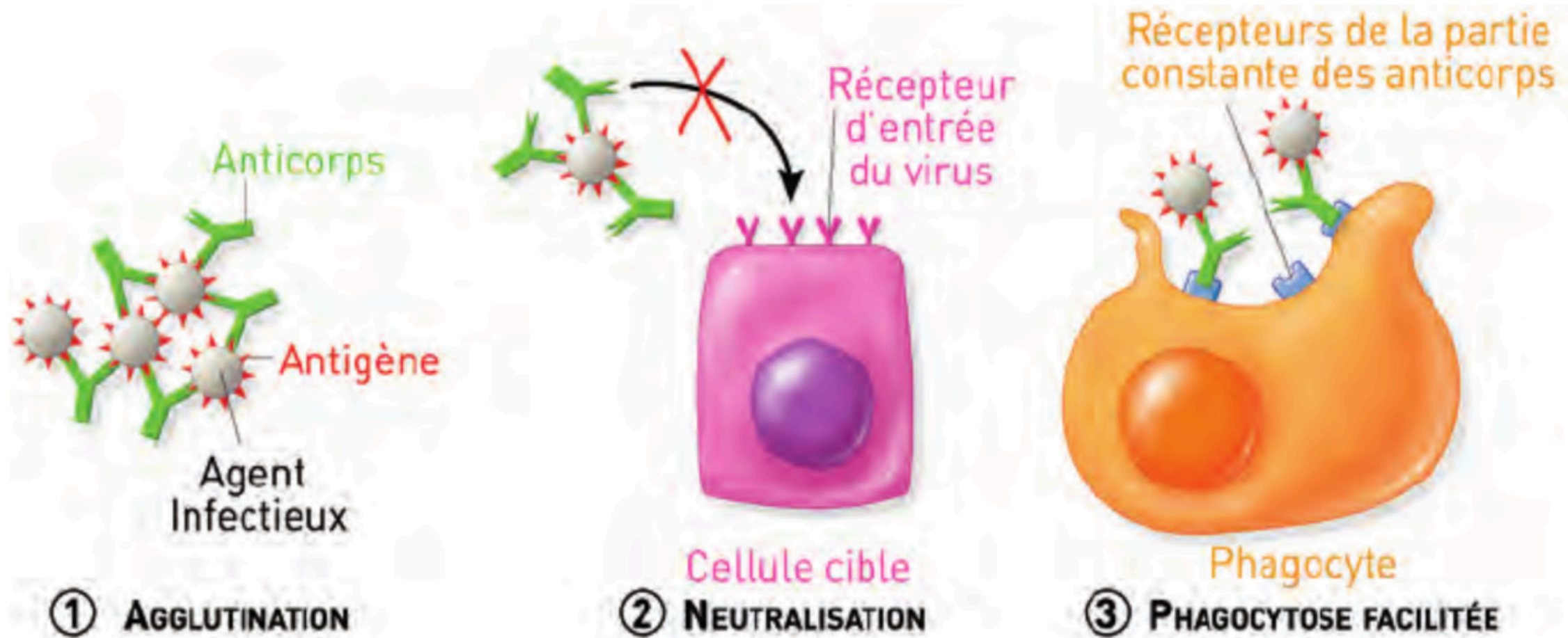
Cette réaction est

### Opsonisation : adhésion et phagocytose du complexe immun facilitées



### Phagocytose





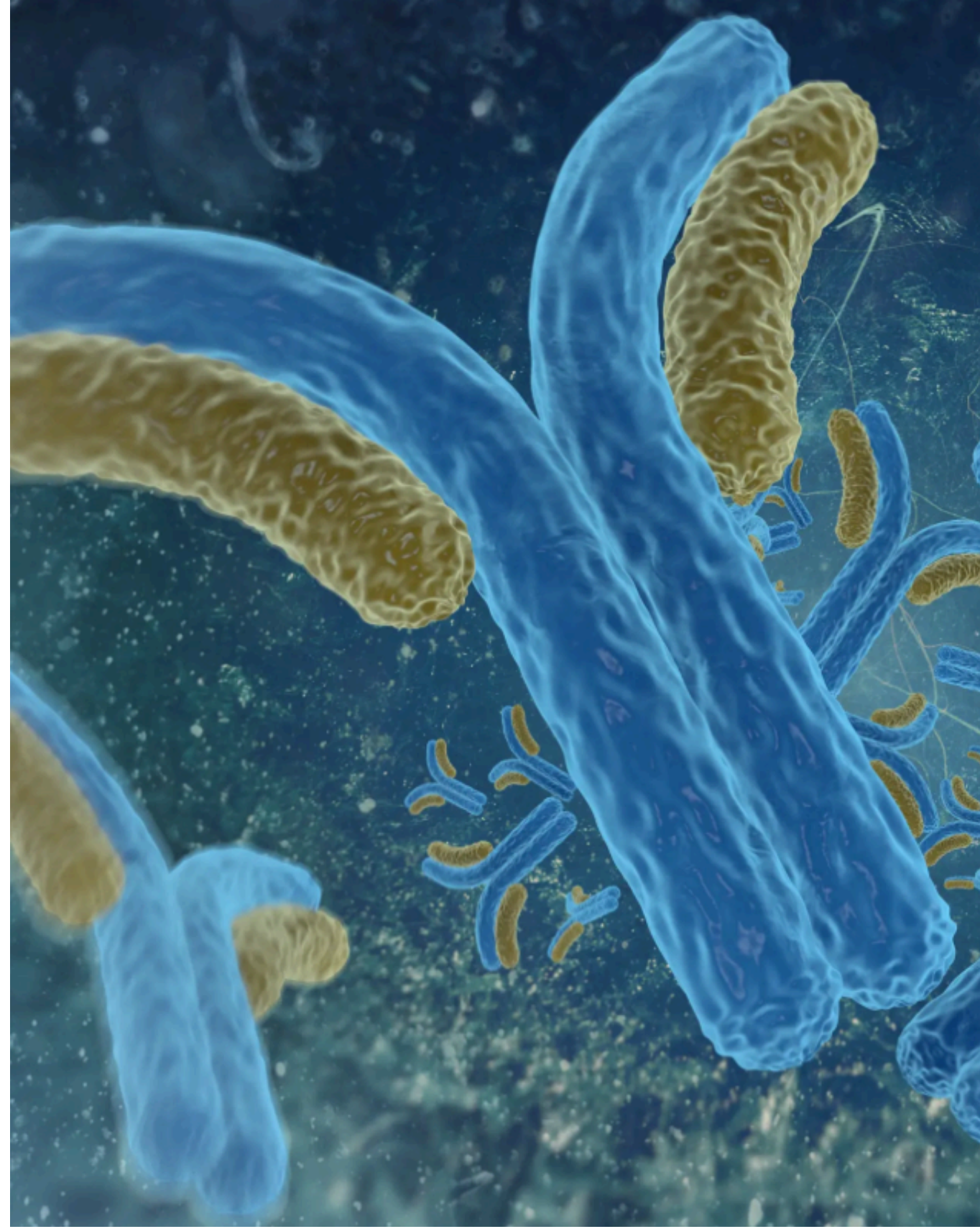
**Document 3 : Les différentes étapes du mode d'action des anticorps.**

## II. La réponse adaptative à médiation humorale

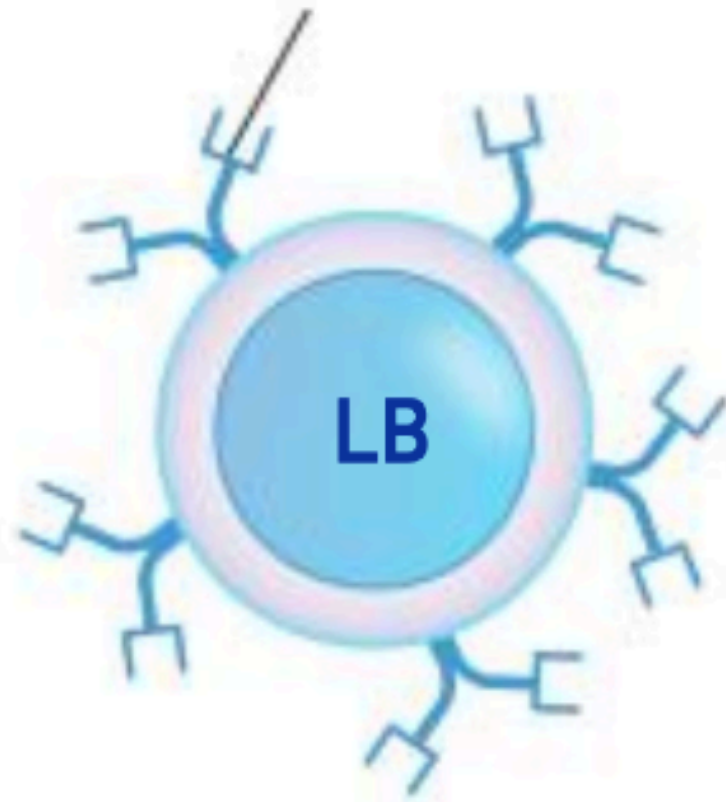
A) Les anticorps, les acteurs moléculaires  
de la réponse adaptative à médiation humorale

B) Le rôle des anticorps

→ C) L'activation des lymphocytes B et la  
production des anticorps



récepteur B (BCR)



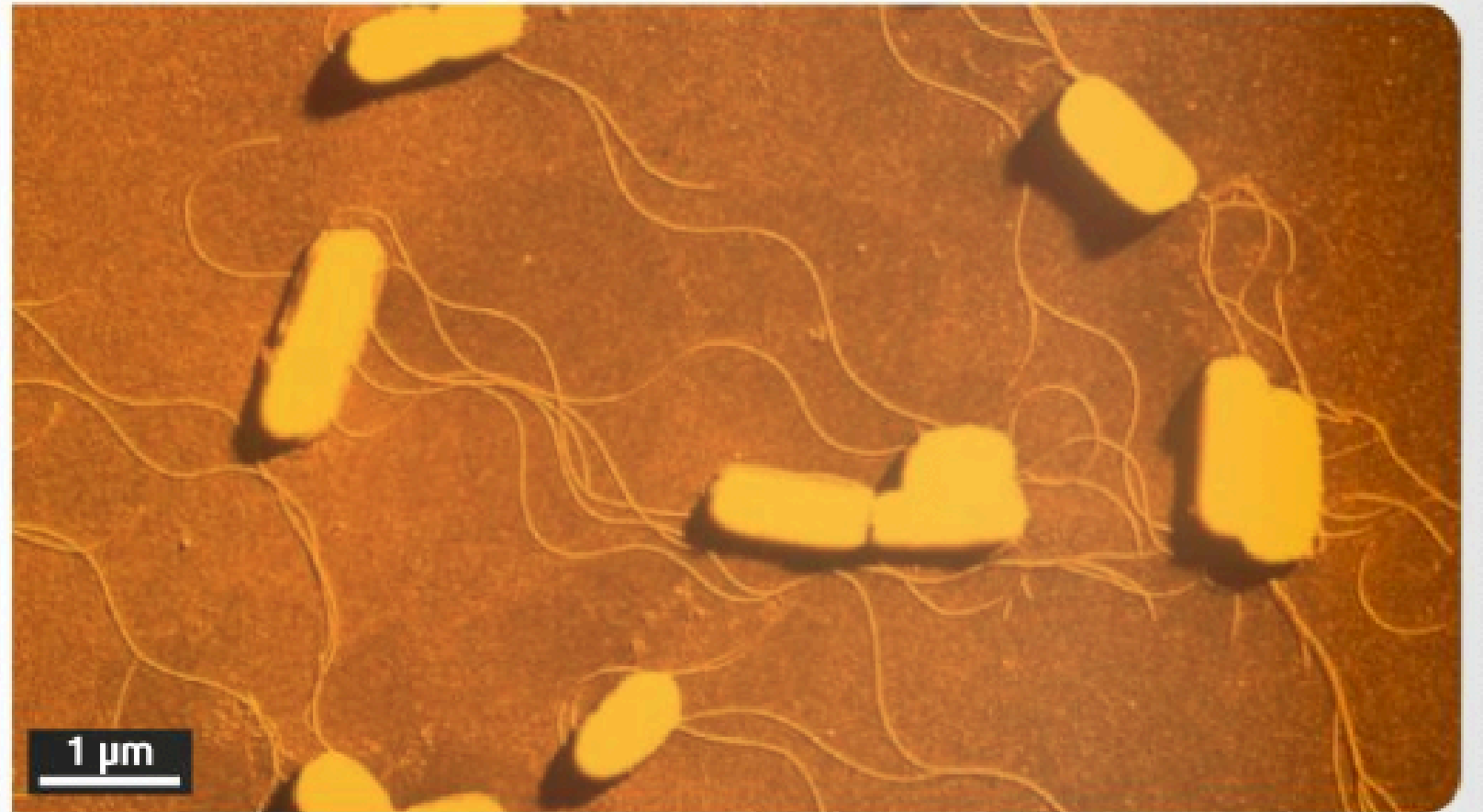
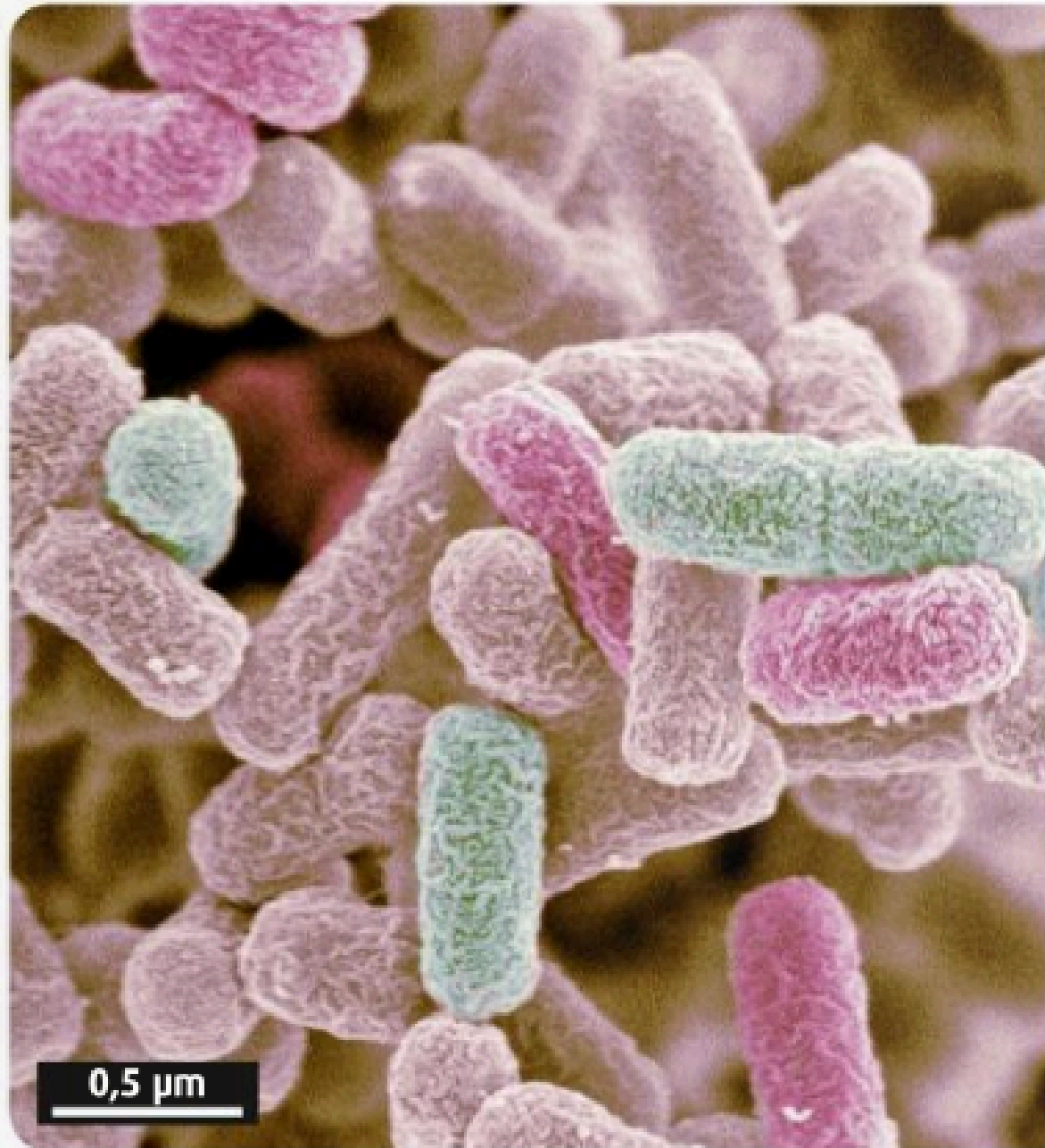
récepteur T (TCR)



marqueur CD4

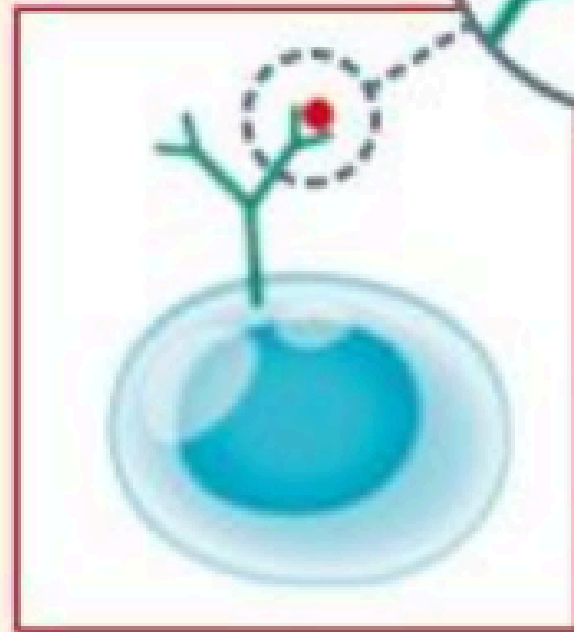
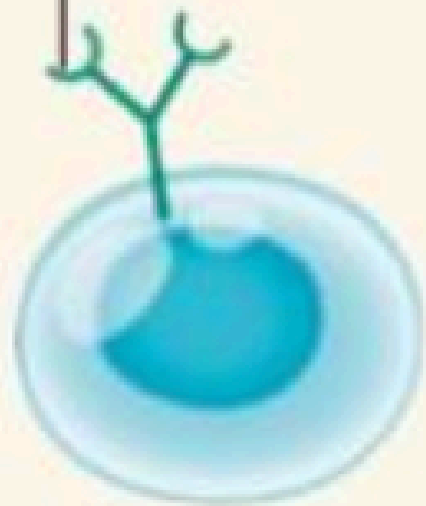


marqueur CD8



**1** ***Escherichia coli* et *Listeria monocytogenes* (vues au MEB).** Il s'agit de deux espèces pathogènes parmi les 150 actuellement recensées. Leur ingestion peut provoquer des intoxications (*L. monocytogenes*) ou des infections urinaires (*E. Coli*). Chaque souche bactérienne porte des antigènes différents. On connaît une vingtaine de souches pathogènes de *L. monocytogenes* et plusieurs centaines d'*E. coli*.

Récepteur T



Lymphocyte B

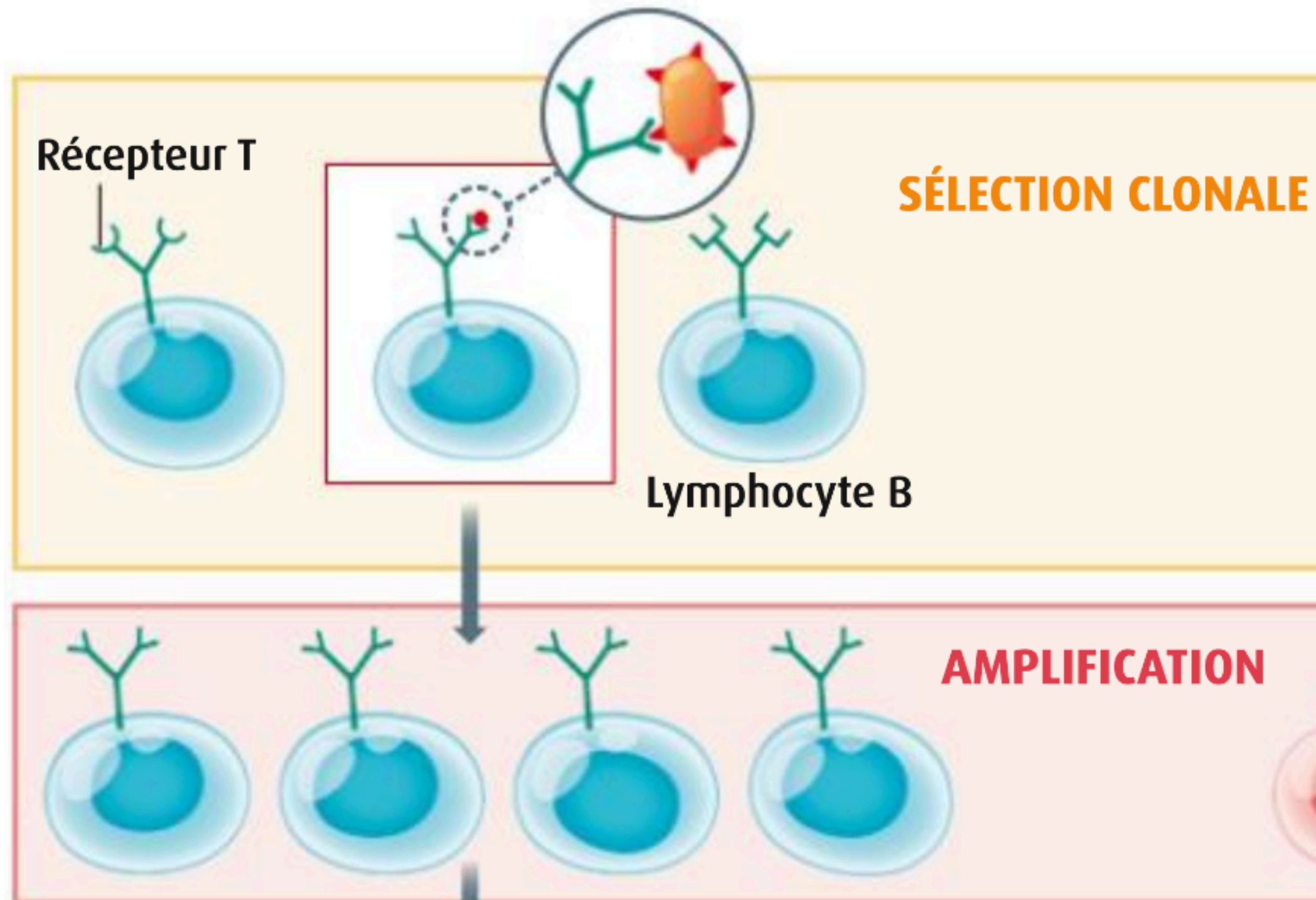
**SÉLECTION CLONALE**

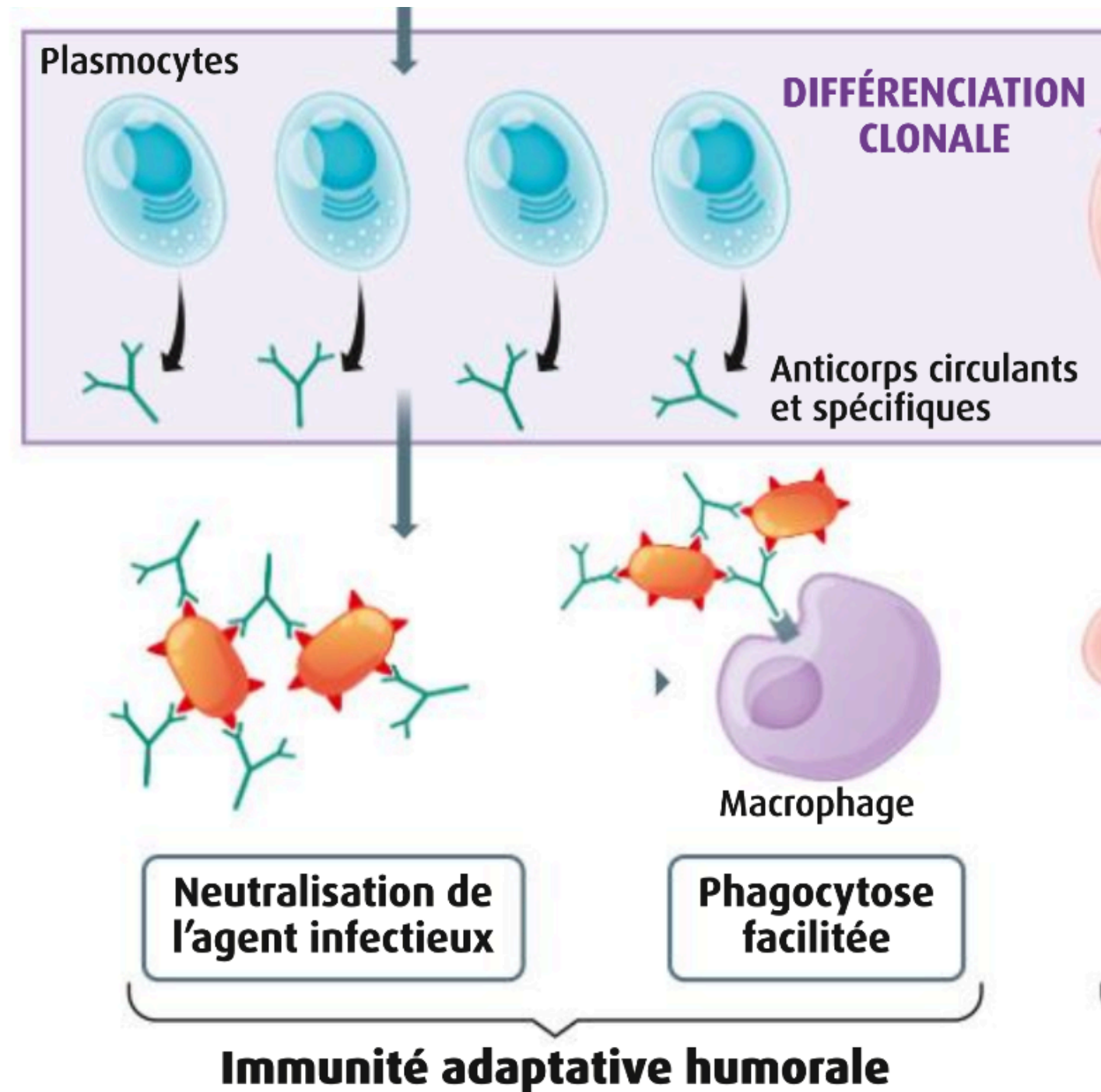
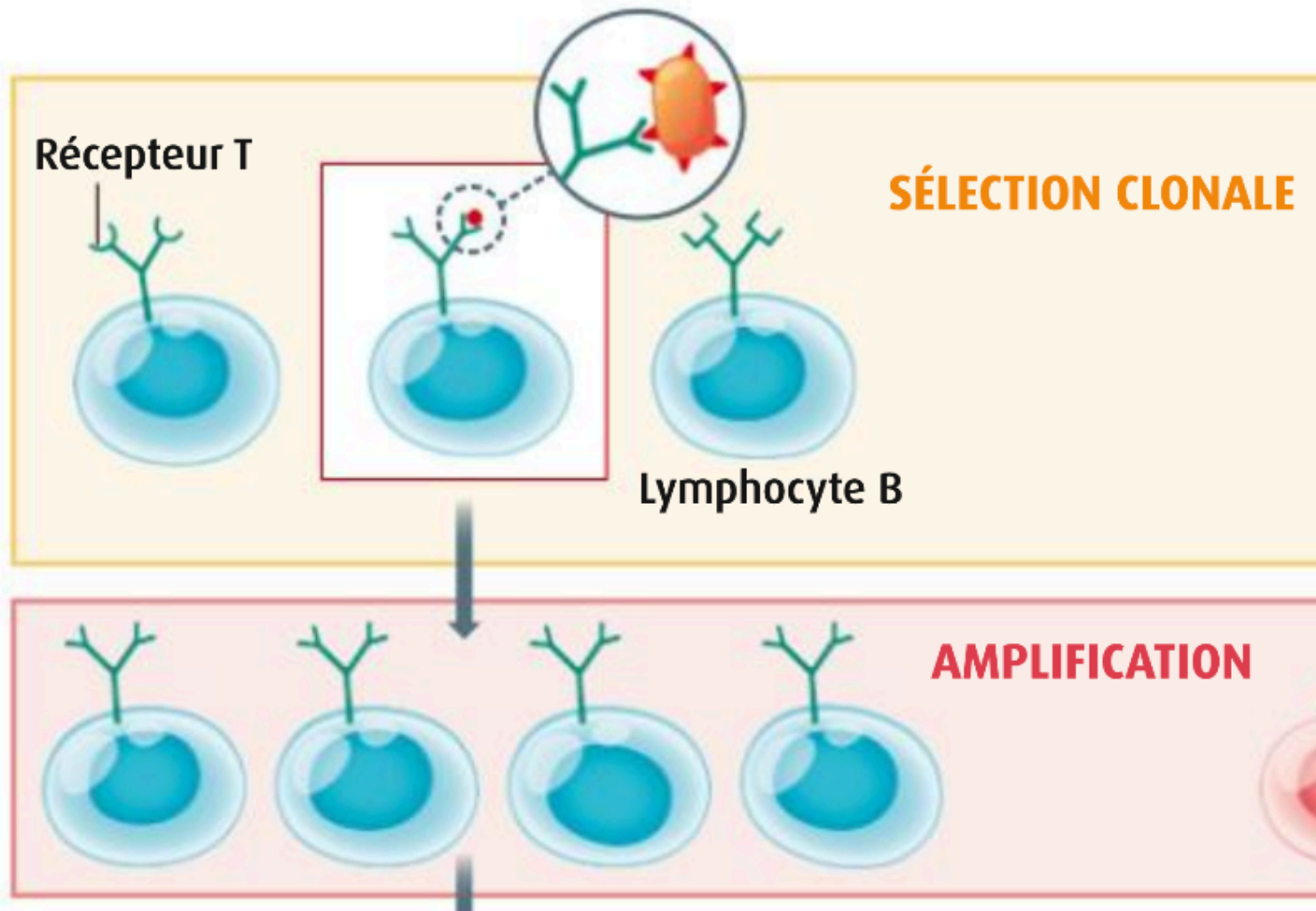
antigène

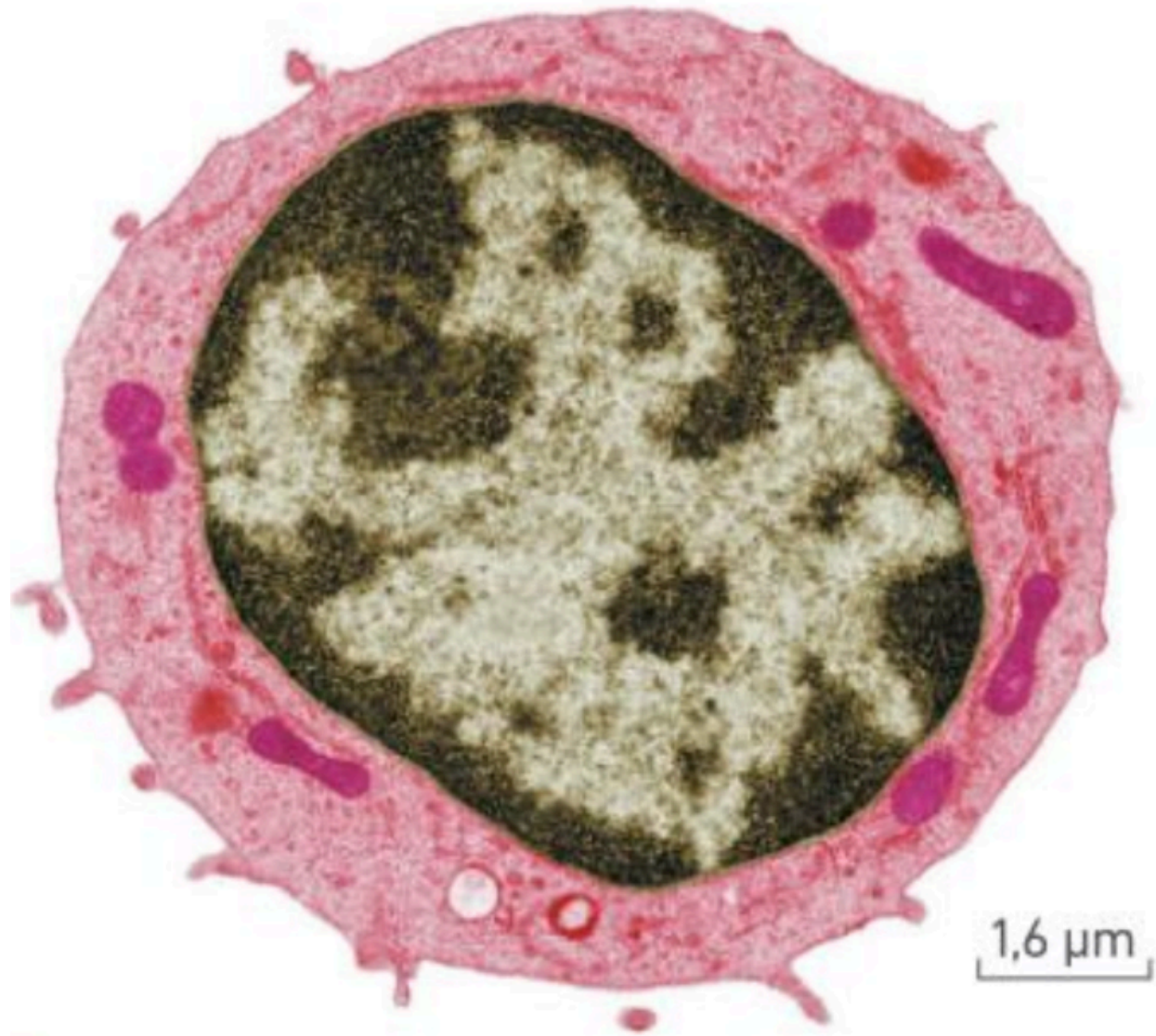
récepteurs B  
(anticorps membranaires)



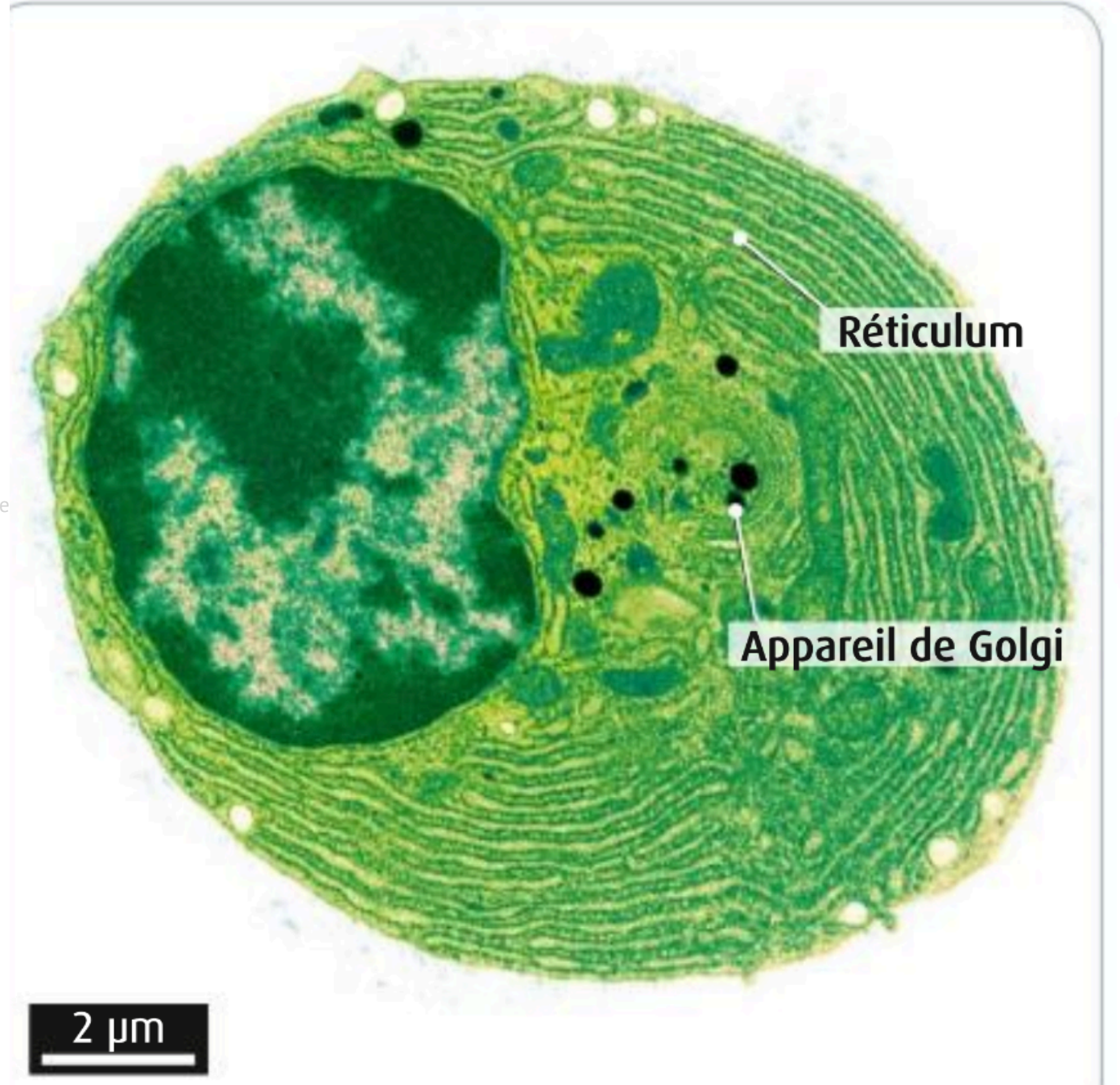
LB sélectionné

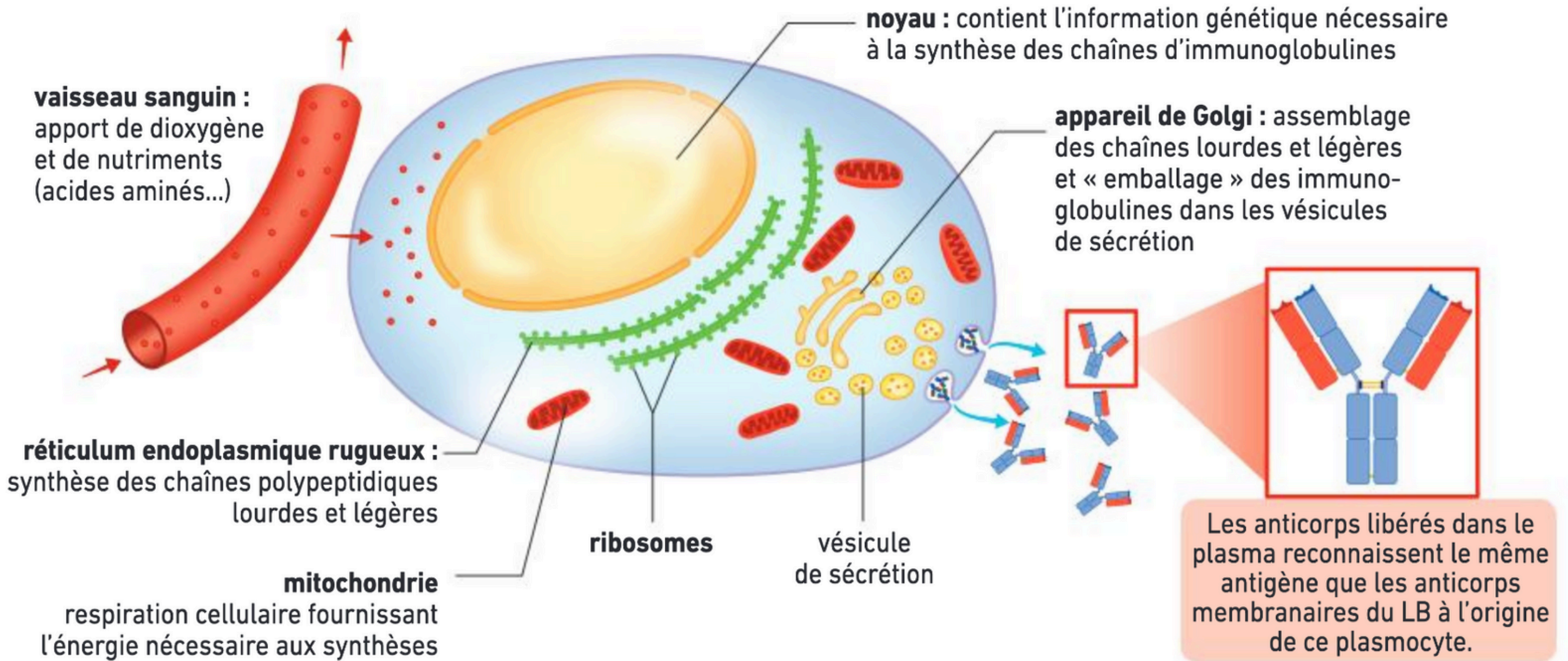




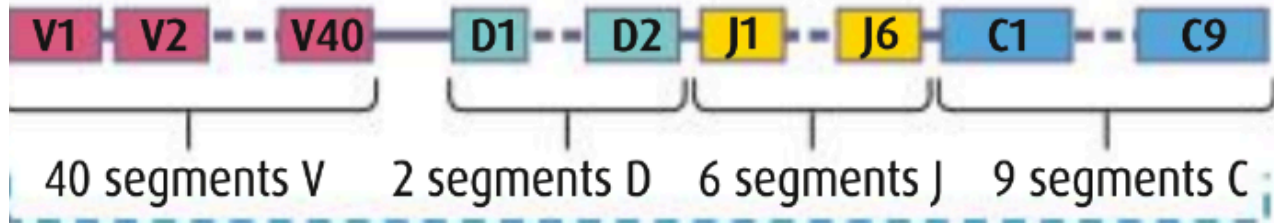


Saisir quelque

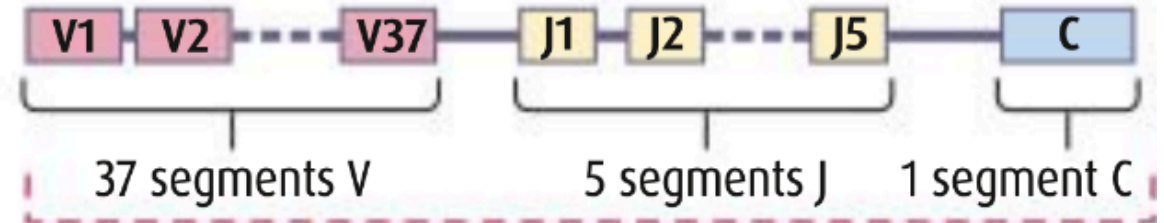




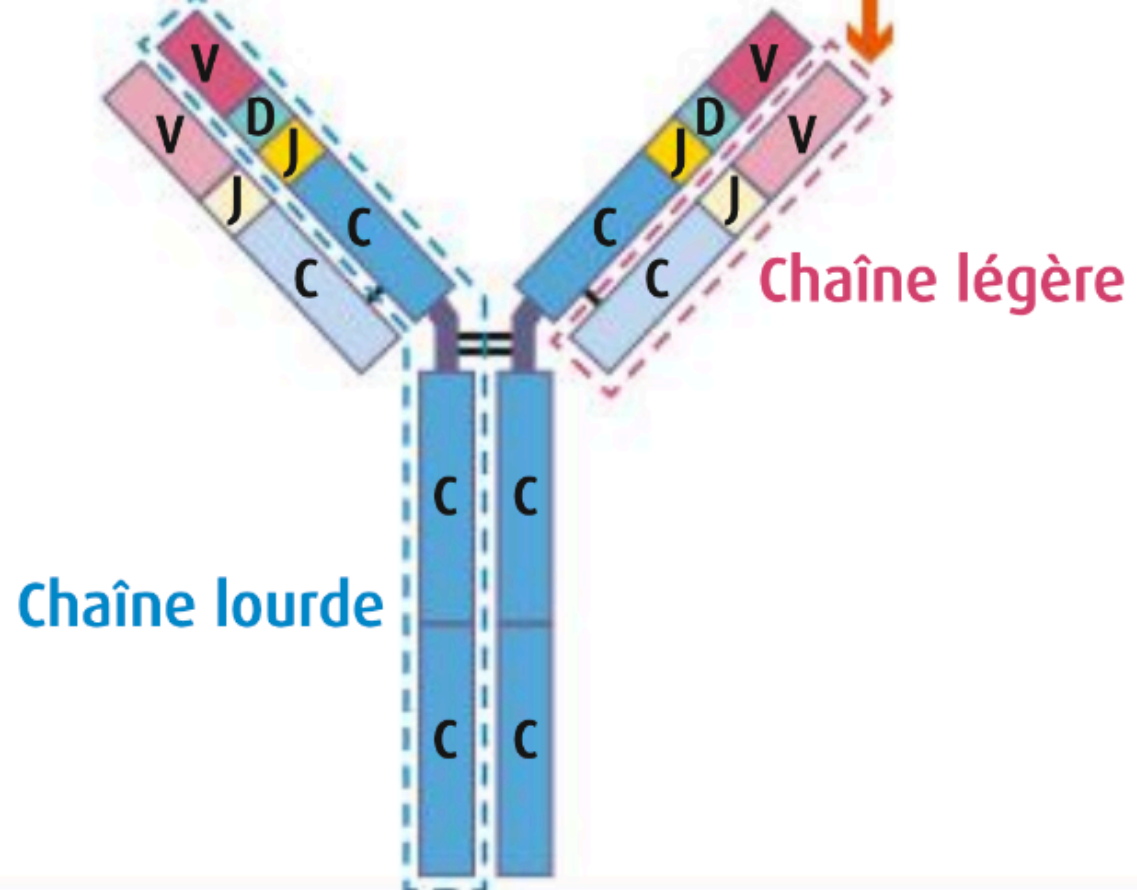
### Chromosome 14



### Chromosome 2 (ou 22)



Transcription  
+ Traduction



ADN de la lignée germinale

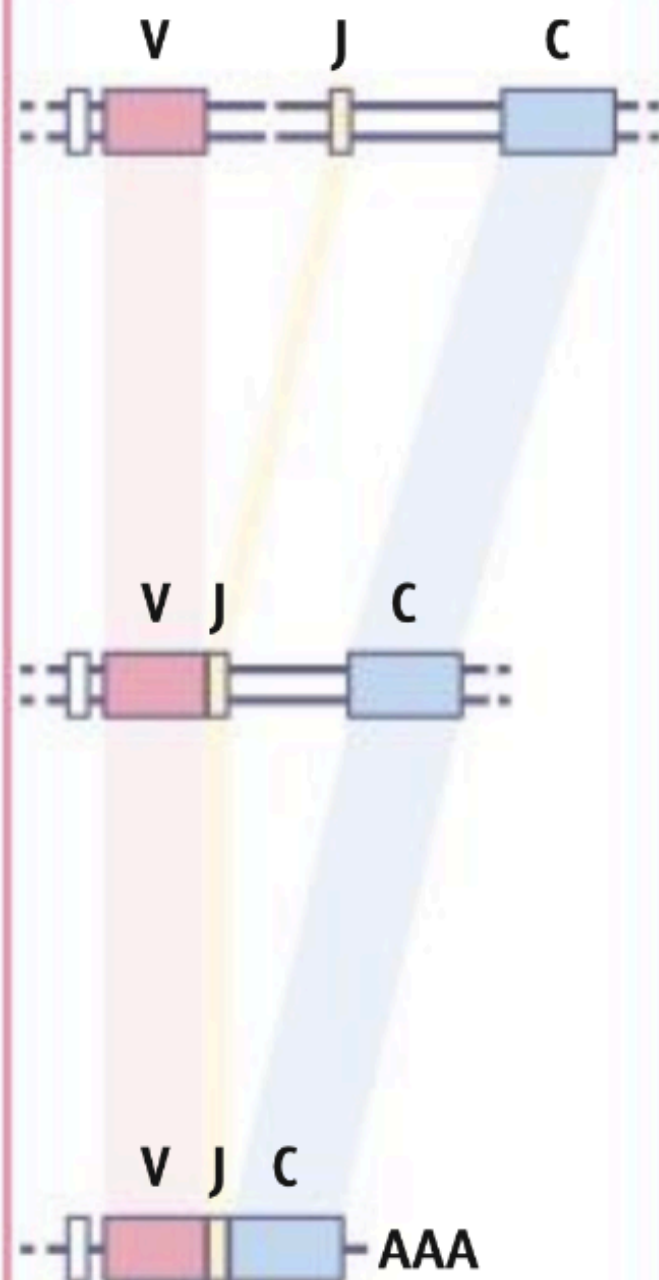


ADN réarrangé  
Recombinaison  
D-J, V-J, ou V-DJ

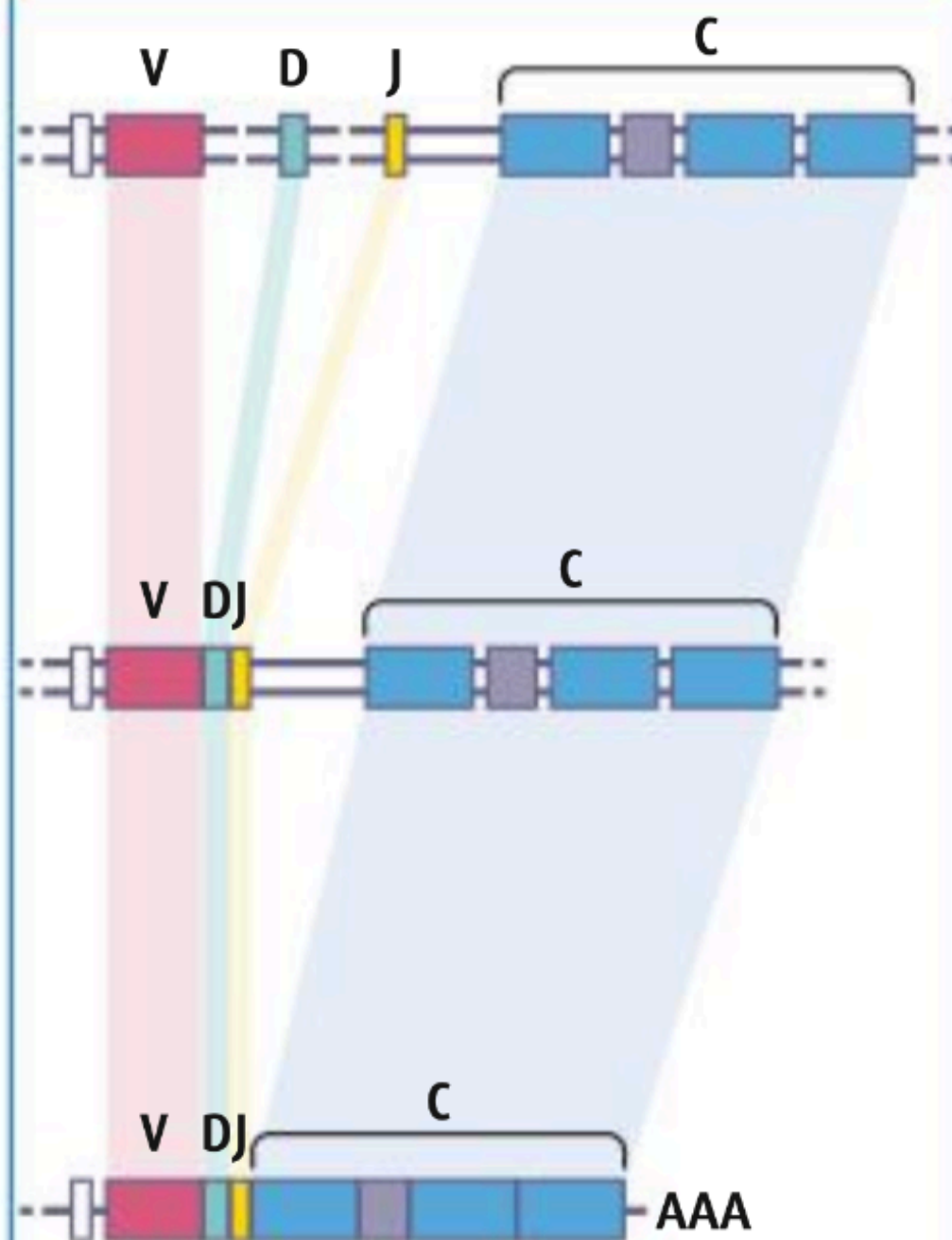


ARN messenger

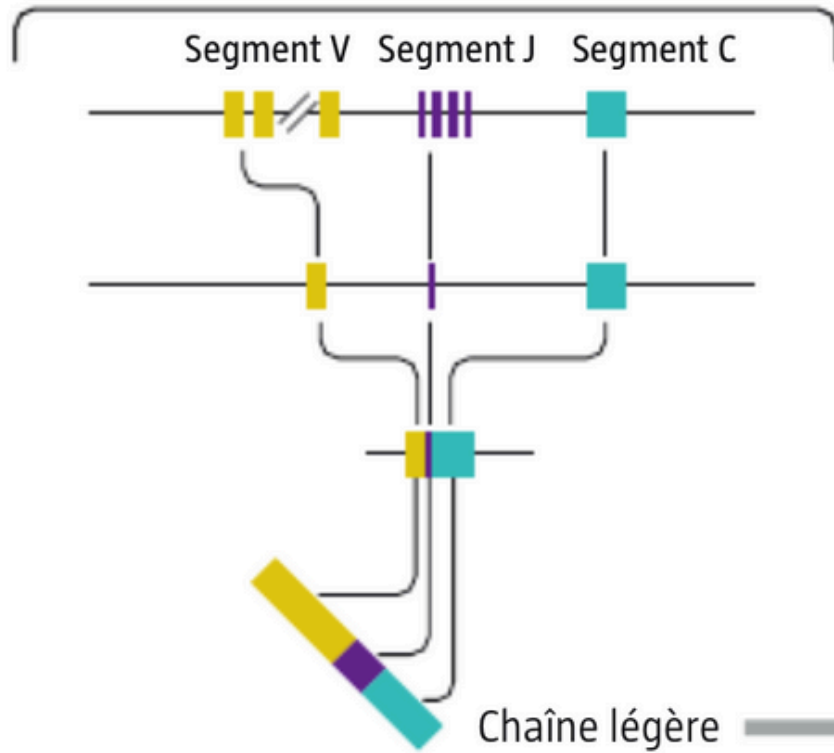
Chaîne légère



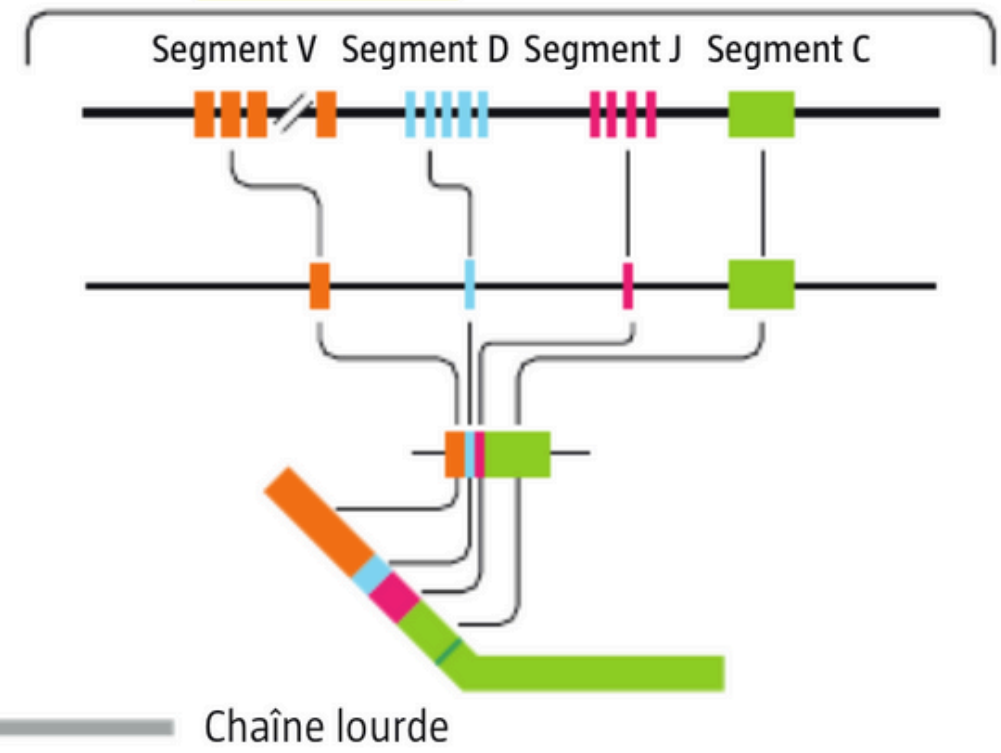
Chaîne lourde



### Gène morcelé de chaîne variable légère L



### Gène morcelé de chaîne lourde H



ADN initial des cellules souches de lymphocytes B

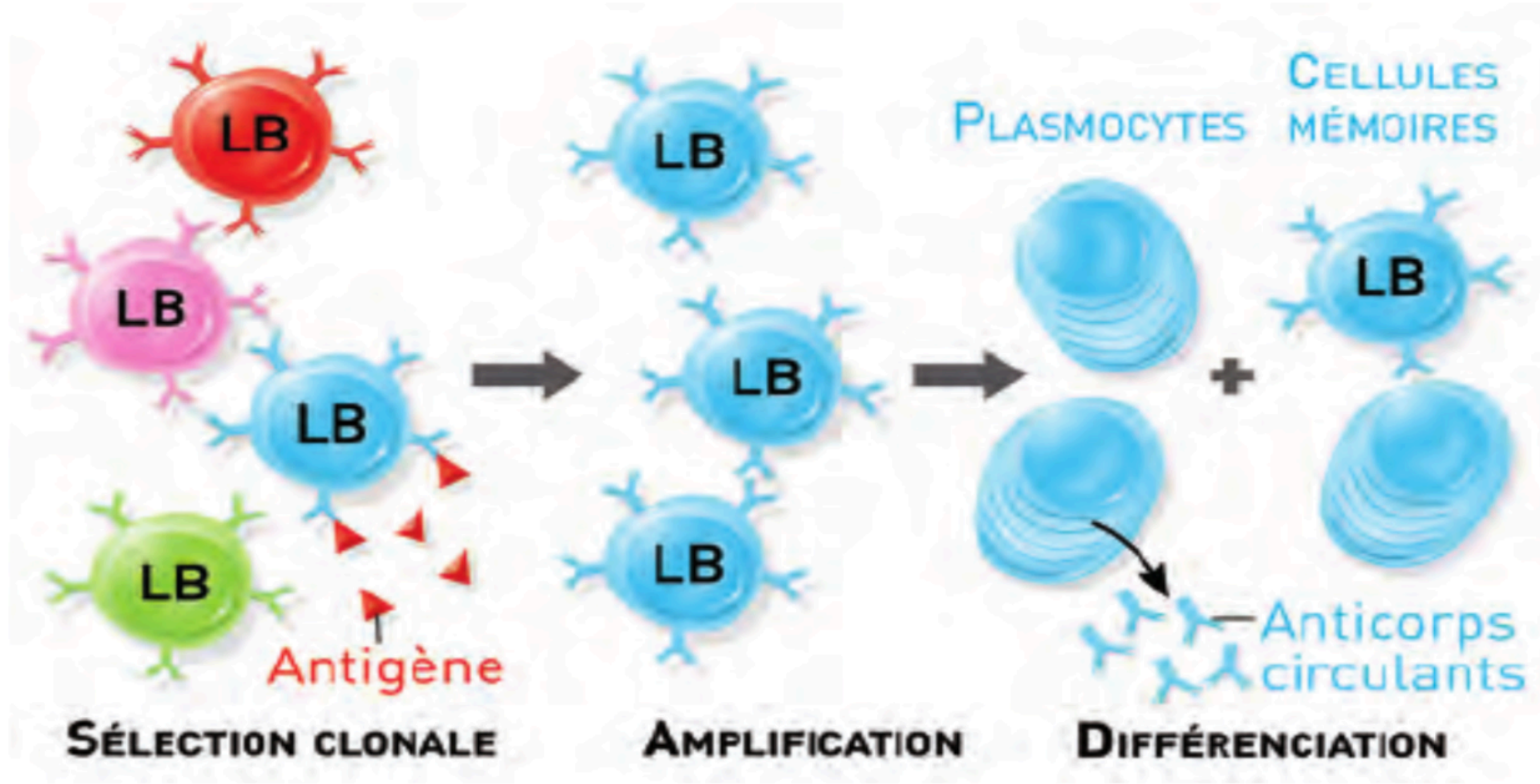
ADN recombiné des lymphocytes B naïfs avant activation

ARNm produits dans les plasmocytes

Protéines produites dans les plasmocytes

**Anticorps assemblé**

- V** = segment de gène codant une portion de la partie variable de la chaîne
- D** = autre segment de gène codant une portion de la partie variable de la chaîne
- J** = segment de gène codant la jonction entre les parties variables et constantes de la chaîne
- C** = segment de gène codant la partie constante de la chaîne.



**Document 4 : L'origine des anticorps et des lymphocytes B.**



**Bilan: Un anticorps est une protéine en forme de Y constituée de l'association de quatre chaînes d'acides aminés identiques deux à deux : deux chaînes légères et deux chaînes lourdes. La structure moléculaire d'un anticorps ménage deux sites identiques de fixation d'un antigène. La rencontre entre un anticorps et son antigène provoque la formation d'un complexe anticorps-antigène :**

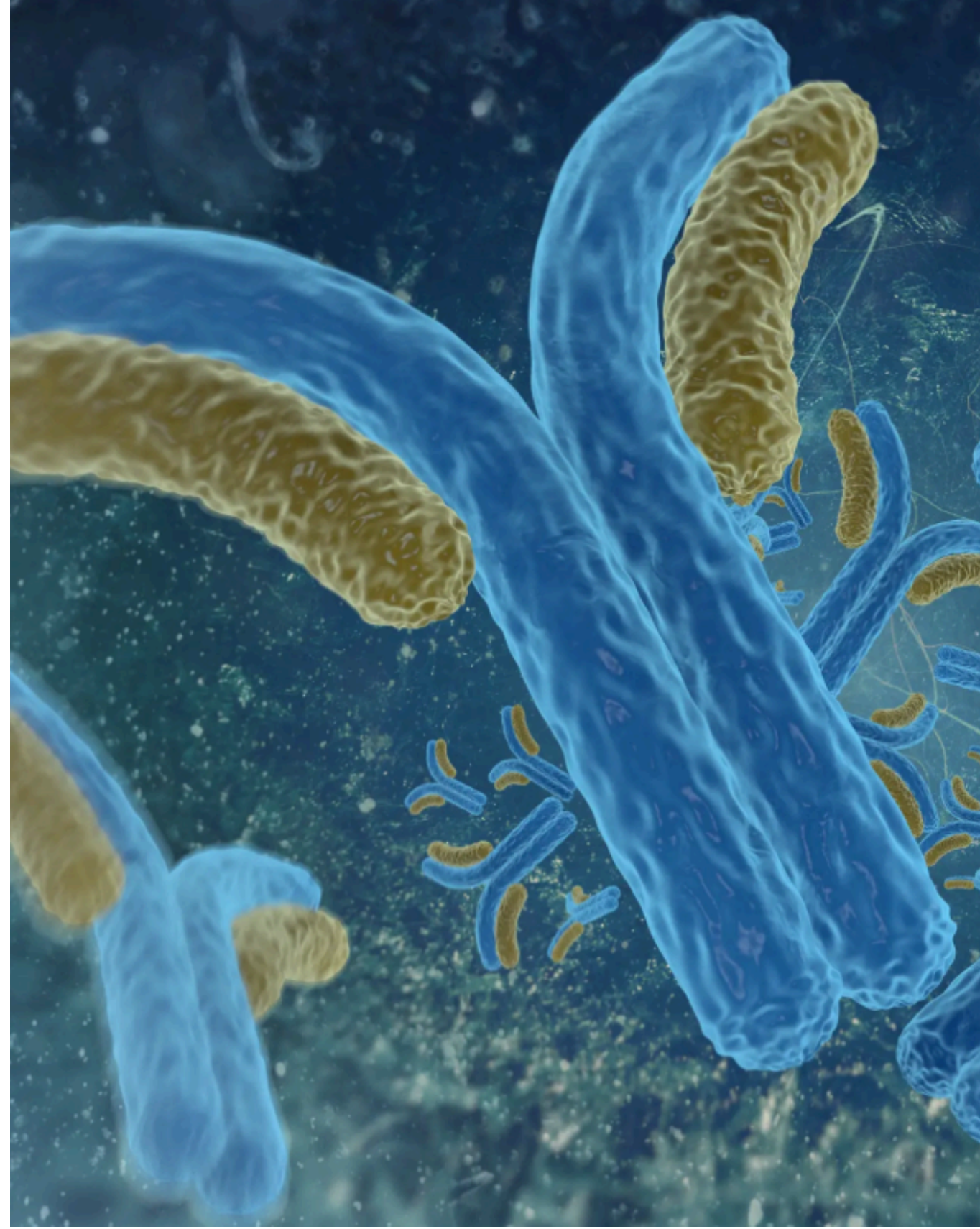
- si l'antigène est lui-même une molécule soluble (toxine microbienne par exemple), le résultat est la formation de complexes immuns insolubles qui précipitent.**
- si les molécules antigéniques sont fixées sur la paroi d'une cellule (bactérienne par exemple), cette dernière est alors recouverte d'anticorps. Les anticorps ont donc pour fonction essentielle de neutraliser les antigènes, c'est-à-dire de les rendre biologiquement inertes.**



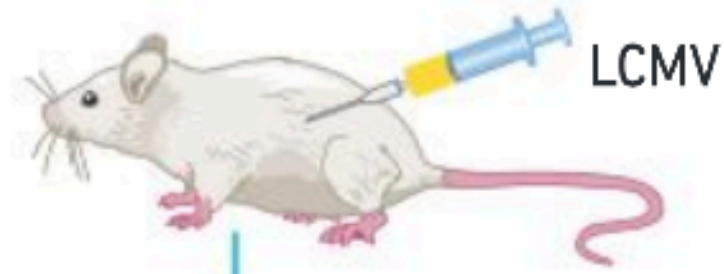
**Bilan: D'autres mécanismes comme la phagocytose interviennent ensuite pour faire disparaître les complexes immuns. Même si les phagocytes peuvent reconnaître directement des antigènes et les phagocytes, ce mécanisme est beaucoup plus efficace si les antigènes sont liés à des anticorps. Ce mécanisme met ainsi en évidence la coopération existante entre l'immunité innée et l'immunité adaptative dans l'élimination d'un pathogène.**

### III. La réponse adaptative à médiation cellulaire

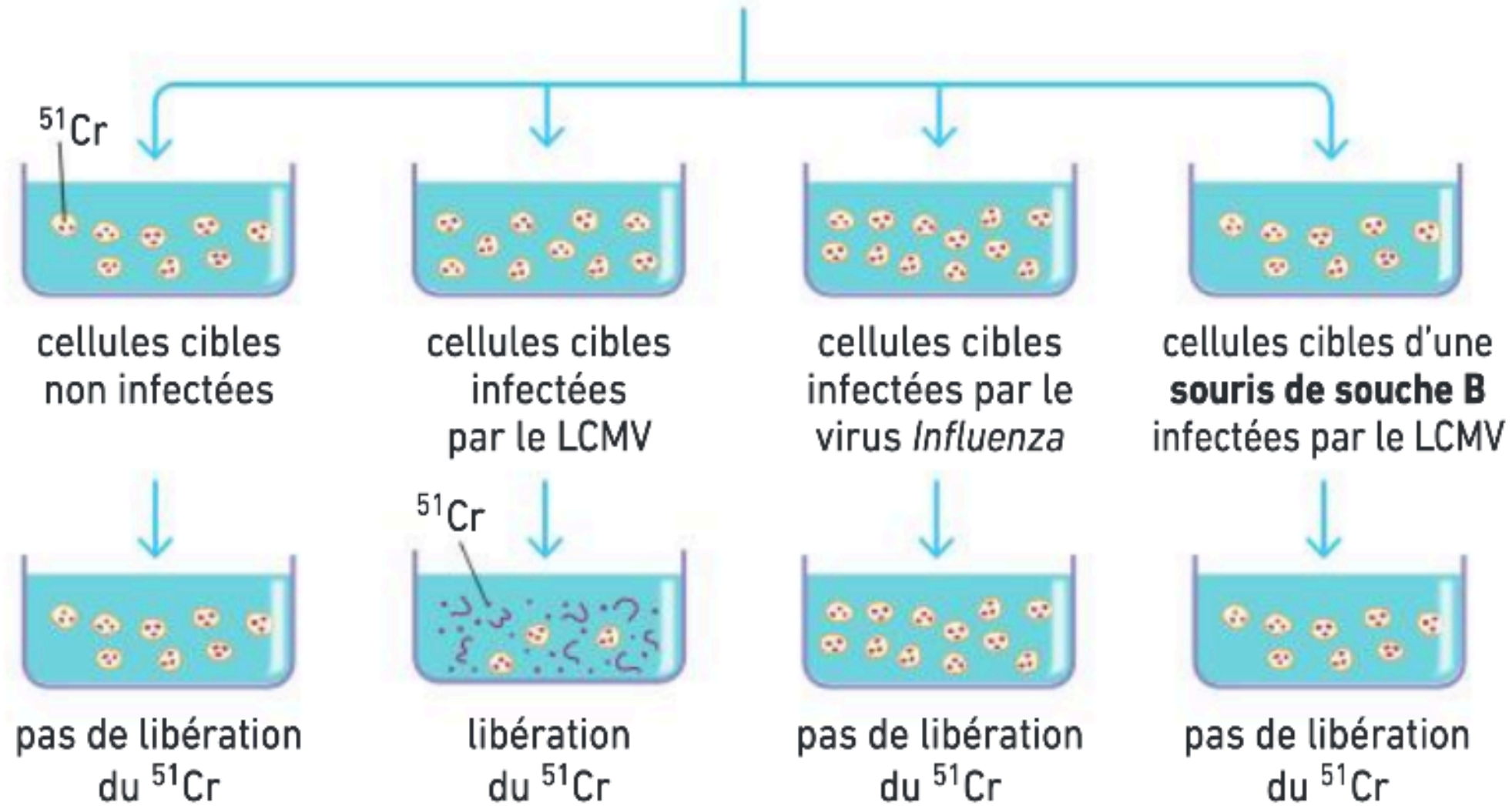
→ A) Le rôle des lymphocytes T cytotoxiques



souris de souche A



lymphocytes T extraits de la rate



$^{51}\text{Cr}$

cellules cibles  
non infectées

cellules cibles  
infectées  
par le LCMV

cellules cibles  
infectées par le  
virus *Influenza*

cellules cibles d'une  
**souris de souche B**  
infectées par le LCMV

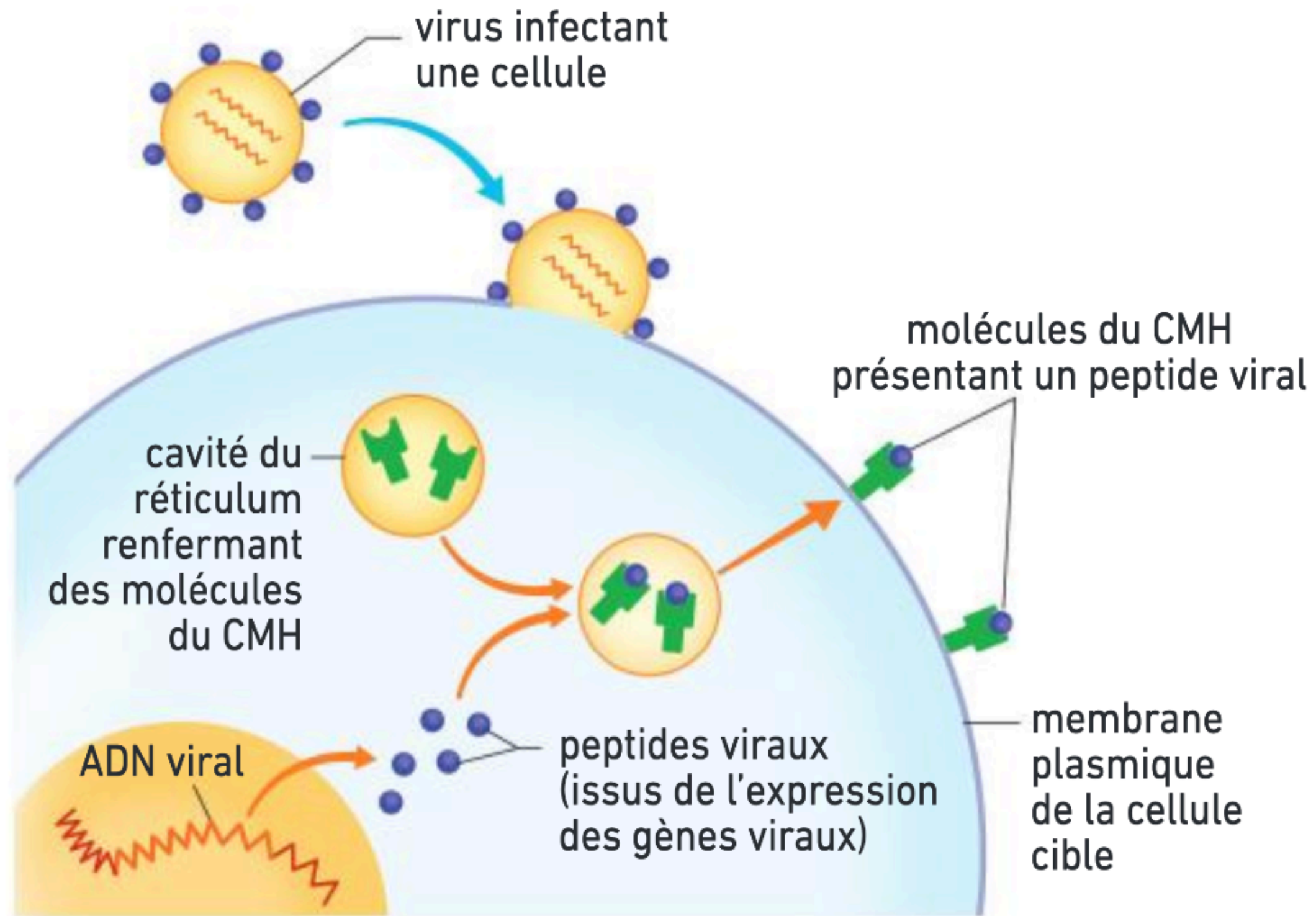
pas de libération  
du  $^{51}\text{Cr}$

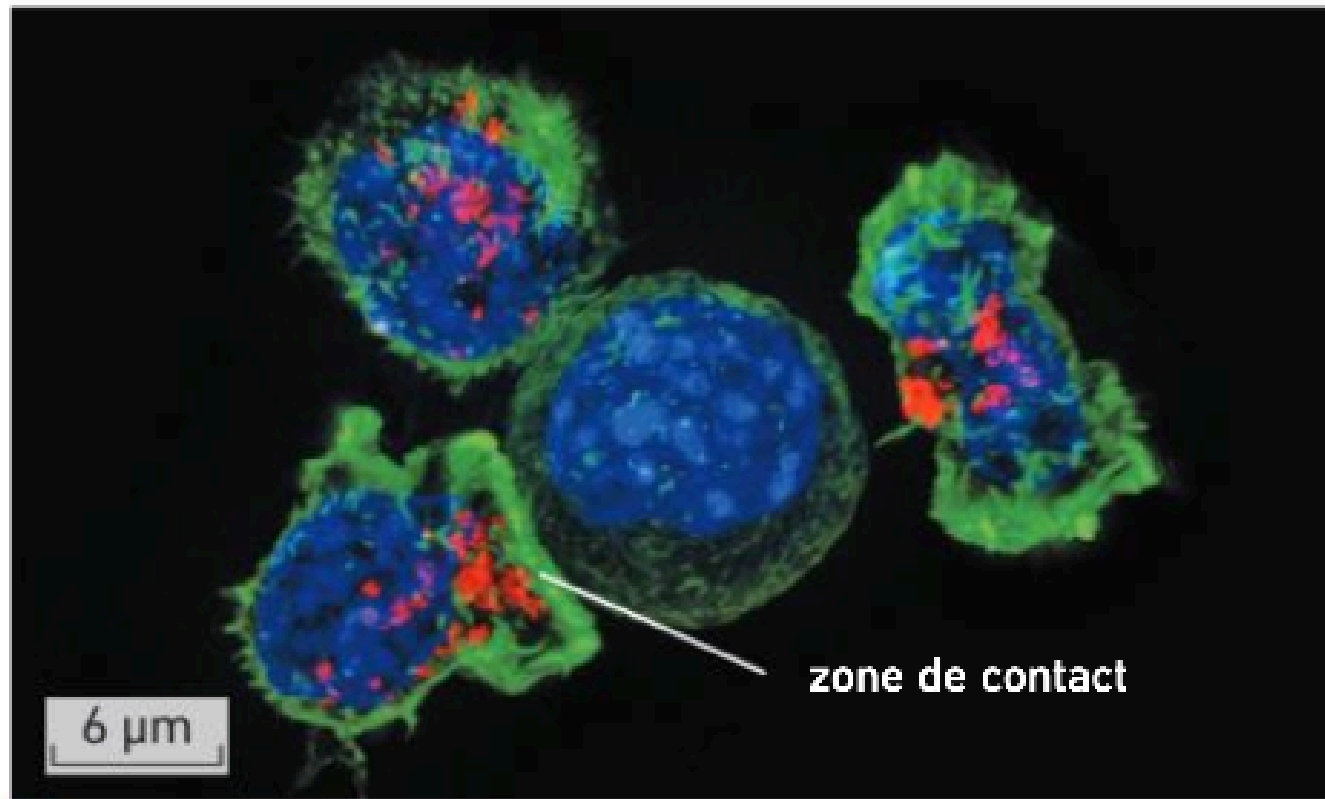
$^{51}\text{Cr}$

libération  
du  $^{51}\text{Cr}$

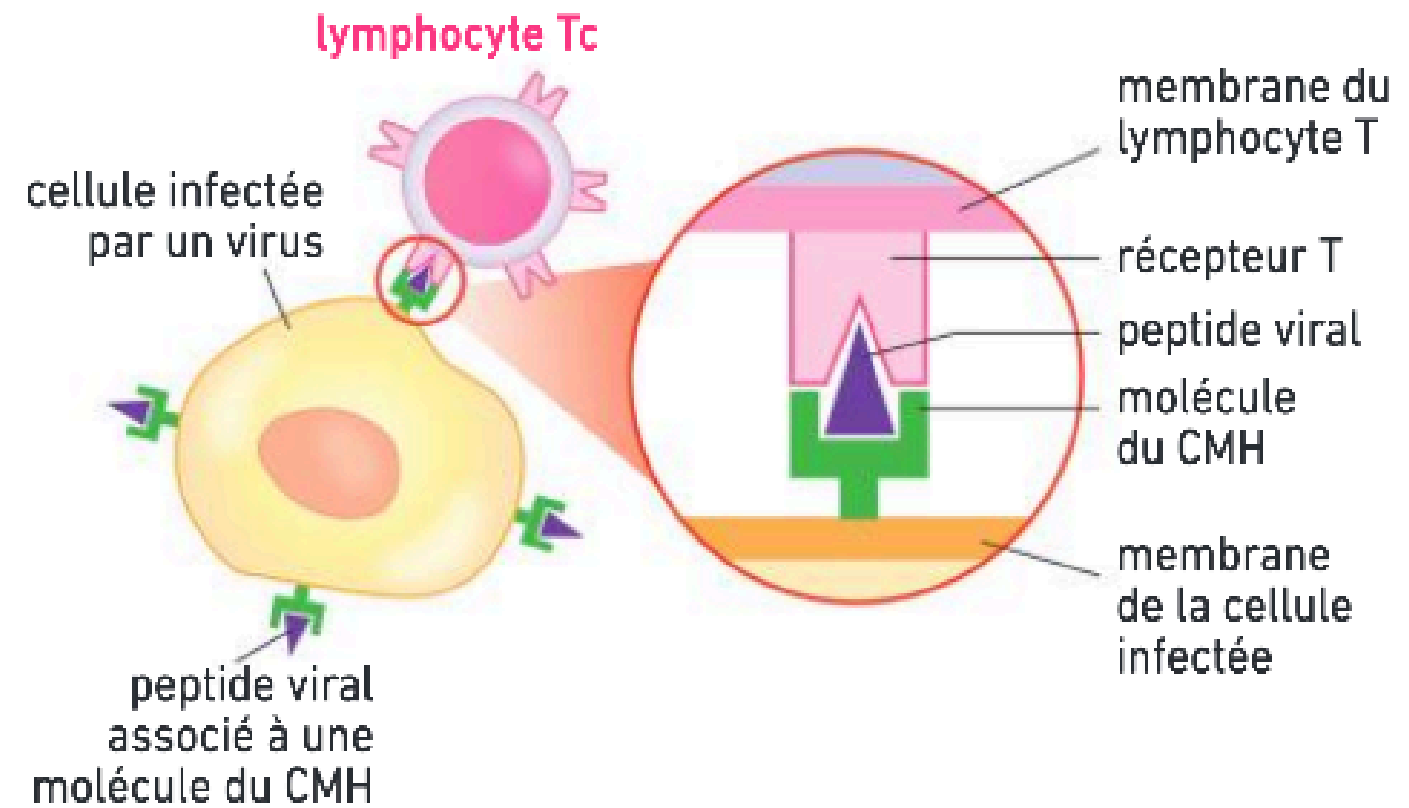
pas de libération  
du  $^{51}\text{Cr}$

pas de libération  
du  $^{51}\text{Cr}$

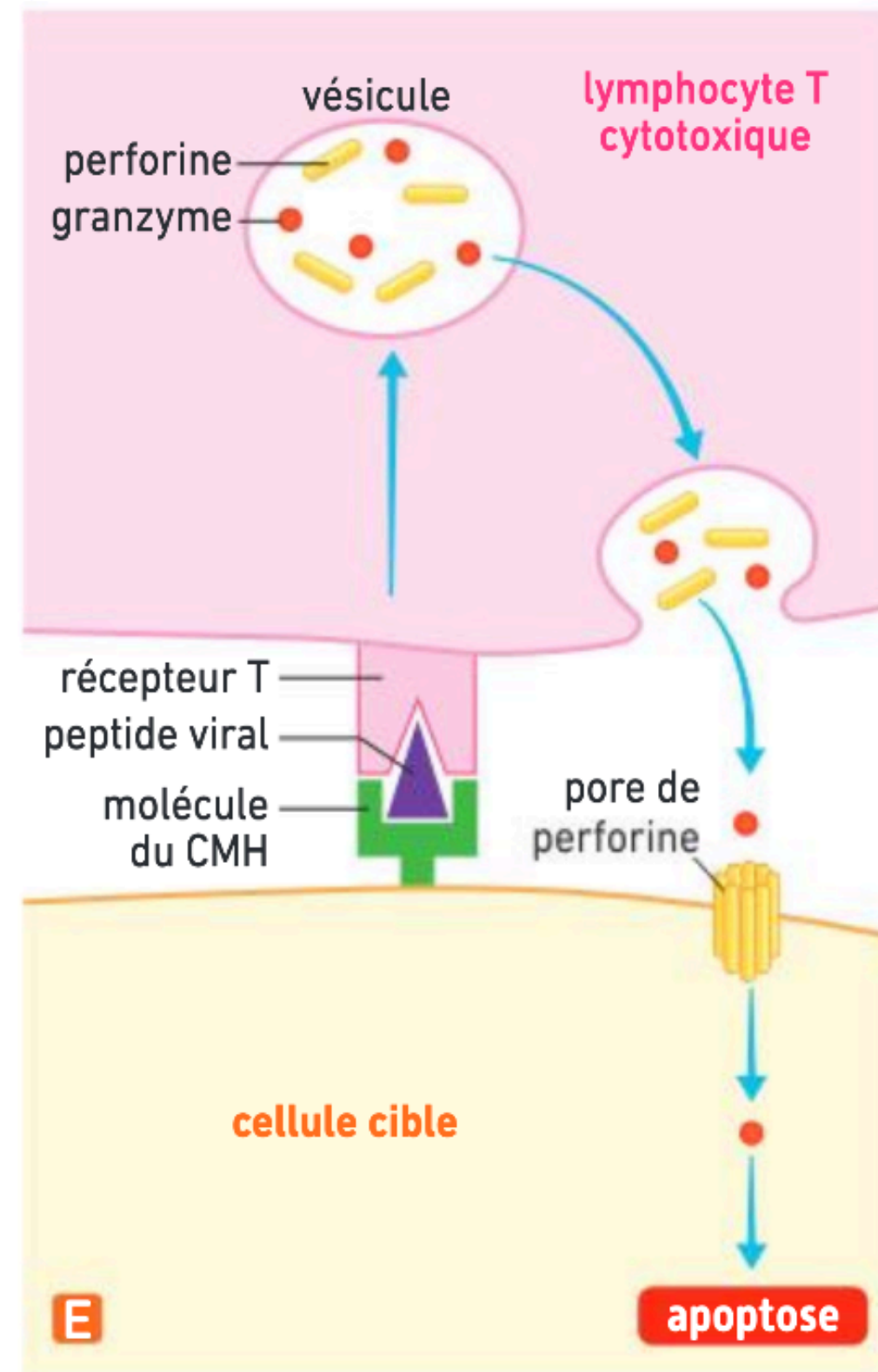
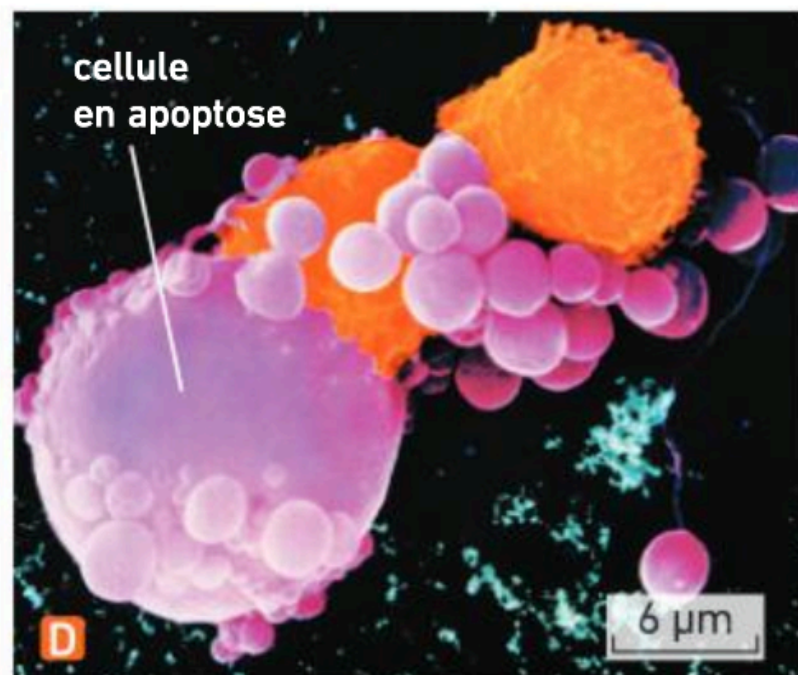
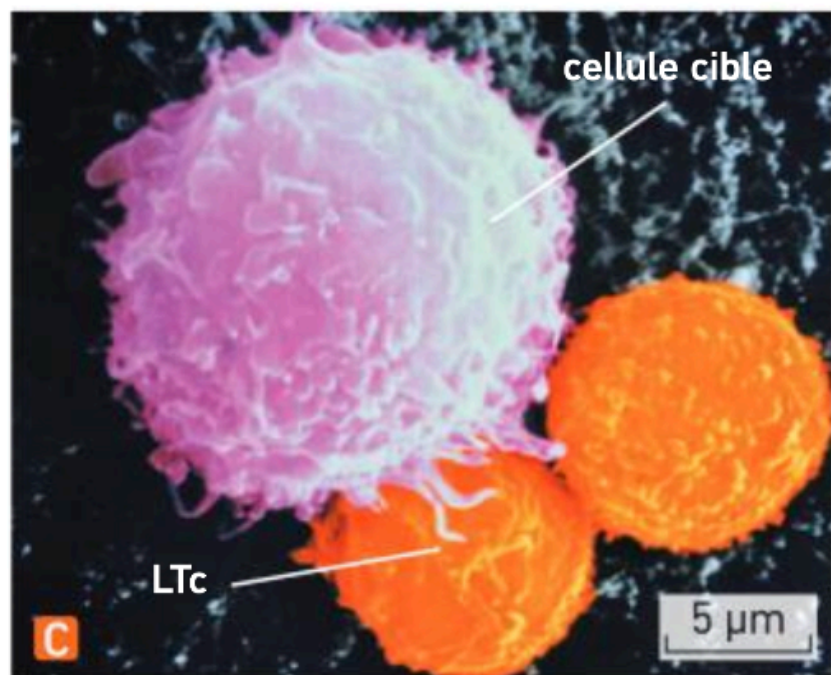


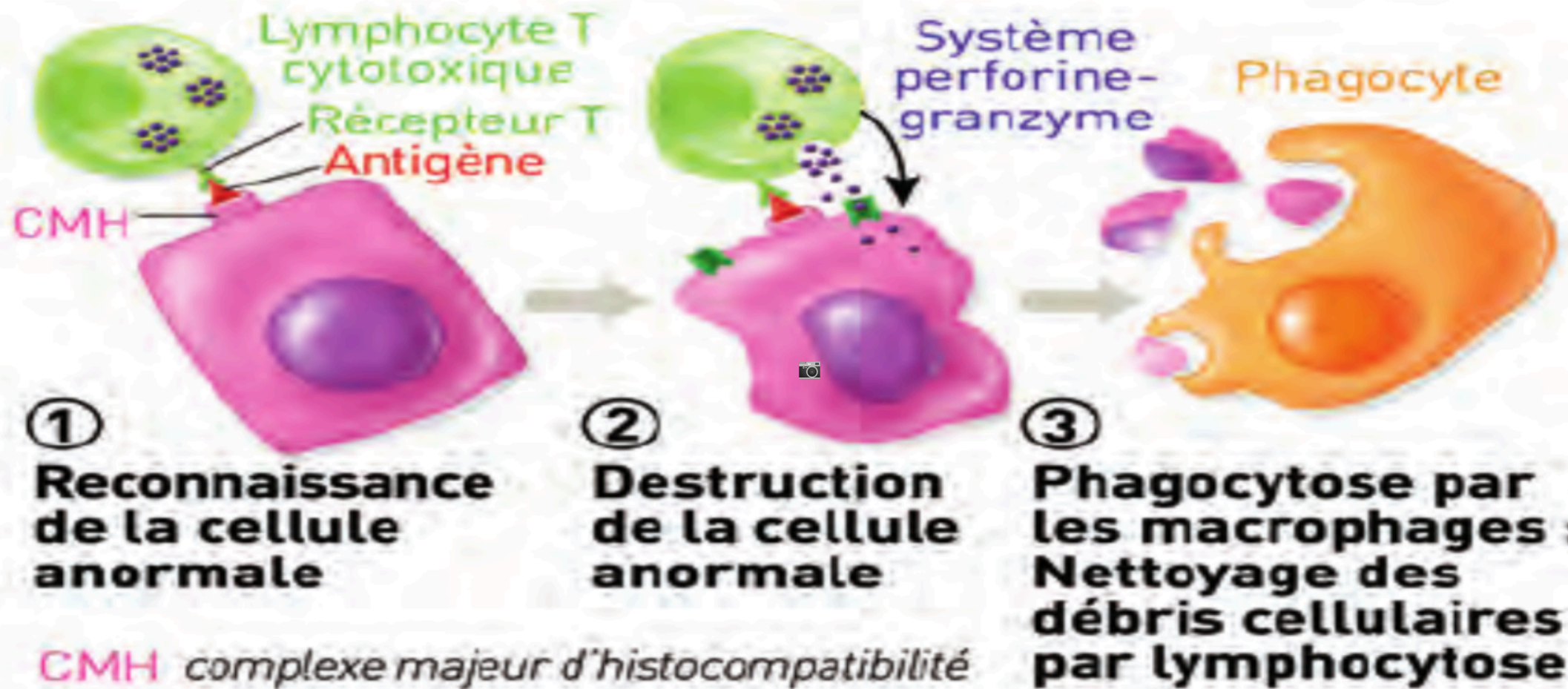


**A** Trois LT cytotoxiques (contenant des granules colorés en rouge) entourant une cellule cancéreuse (microscopie optique en fluorescence).



**B** Fixation d'un LTc à une cellule infectée.



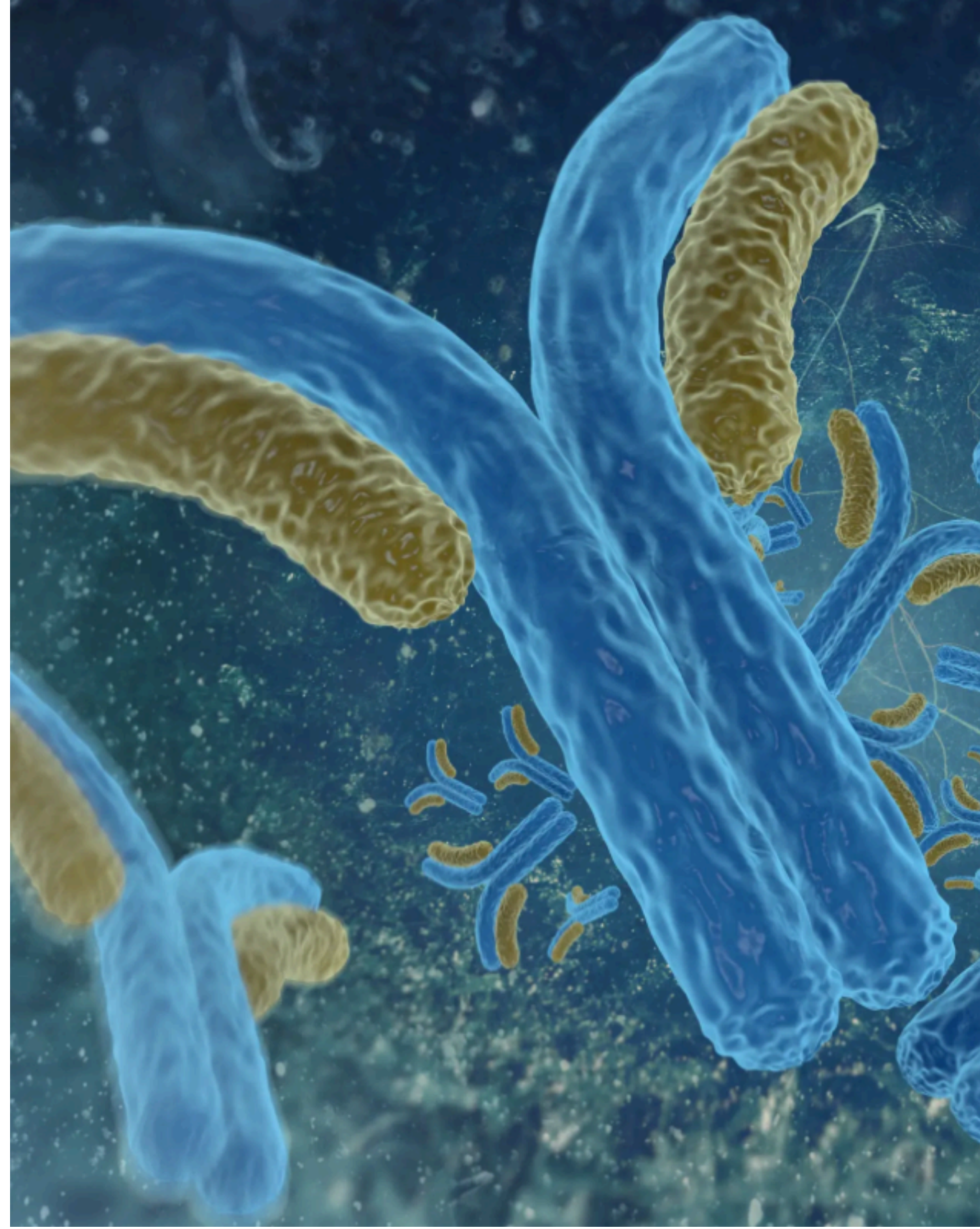


**Document 5 : Mode d'action des lymphocytes T cytotoxiques.**

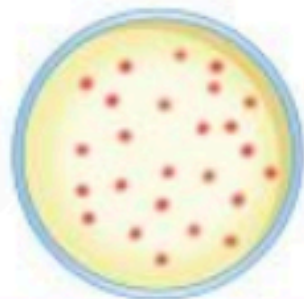

### III. La réponse adaptative à médiation cellulaire

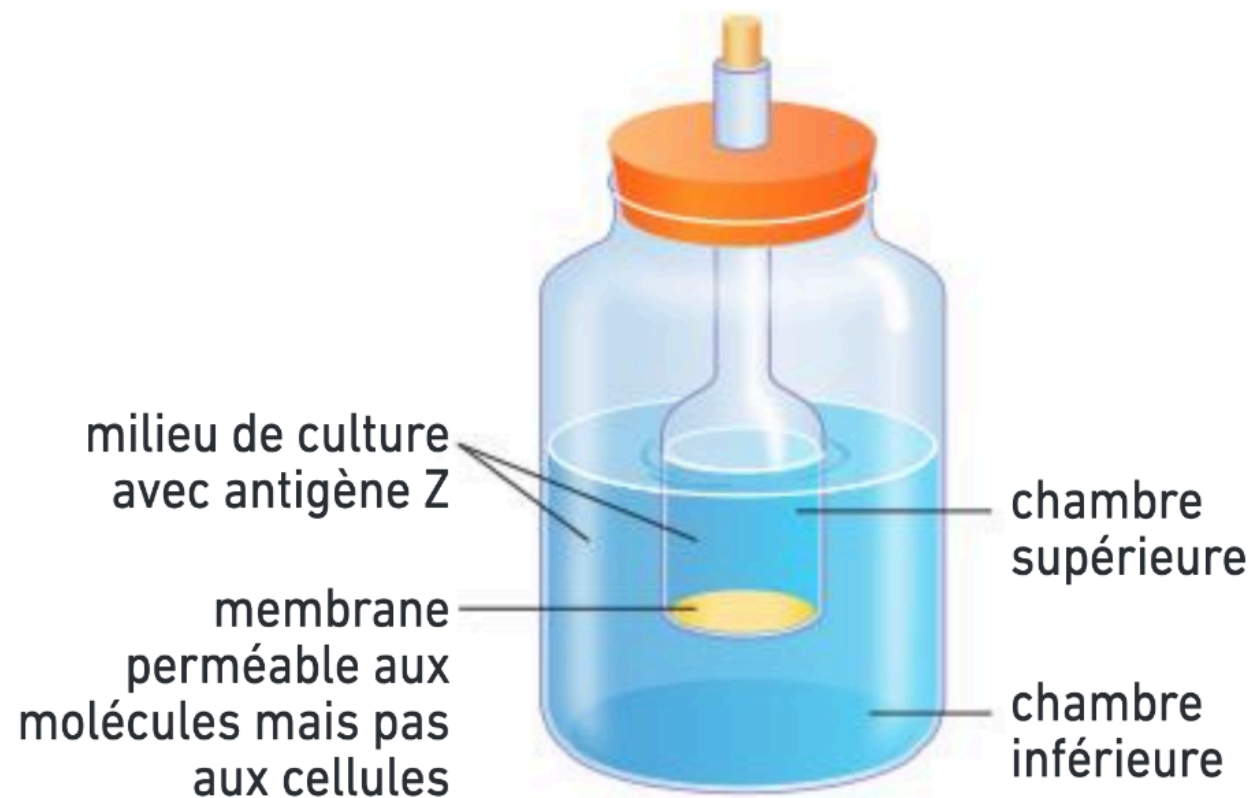
#### A) Le rôle des lymphocytes T cytotoxiques

→ B) Le rôle central des lymphocytes T  
auxiliaires

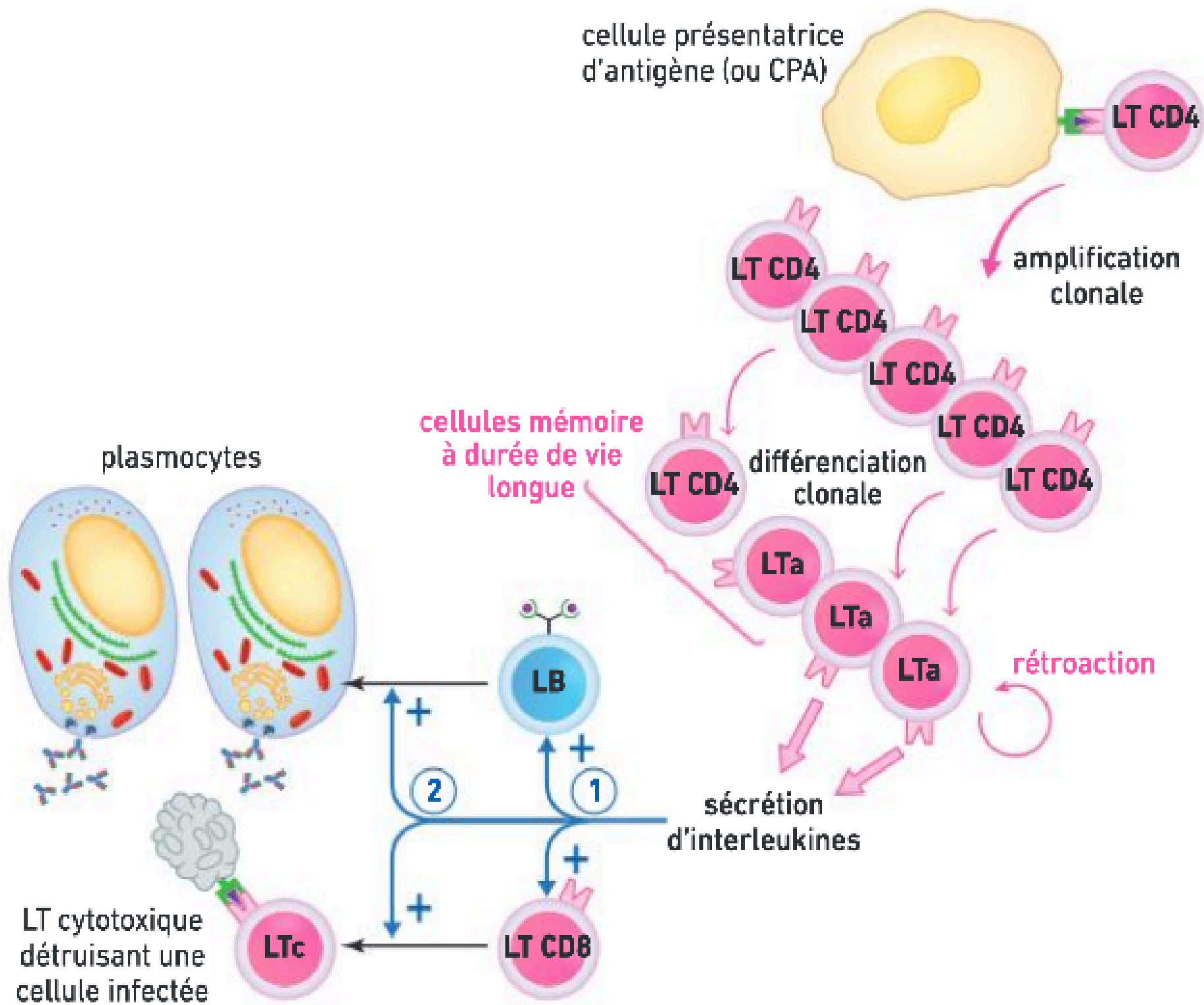


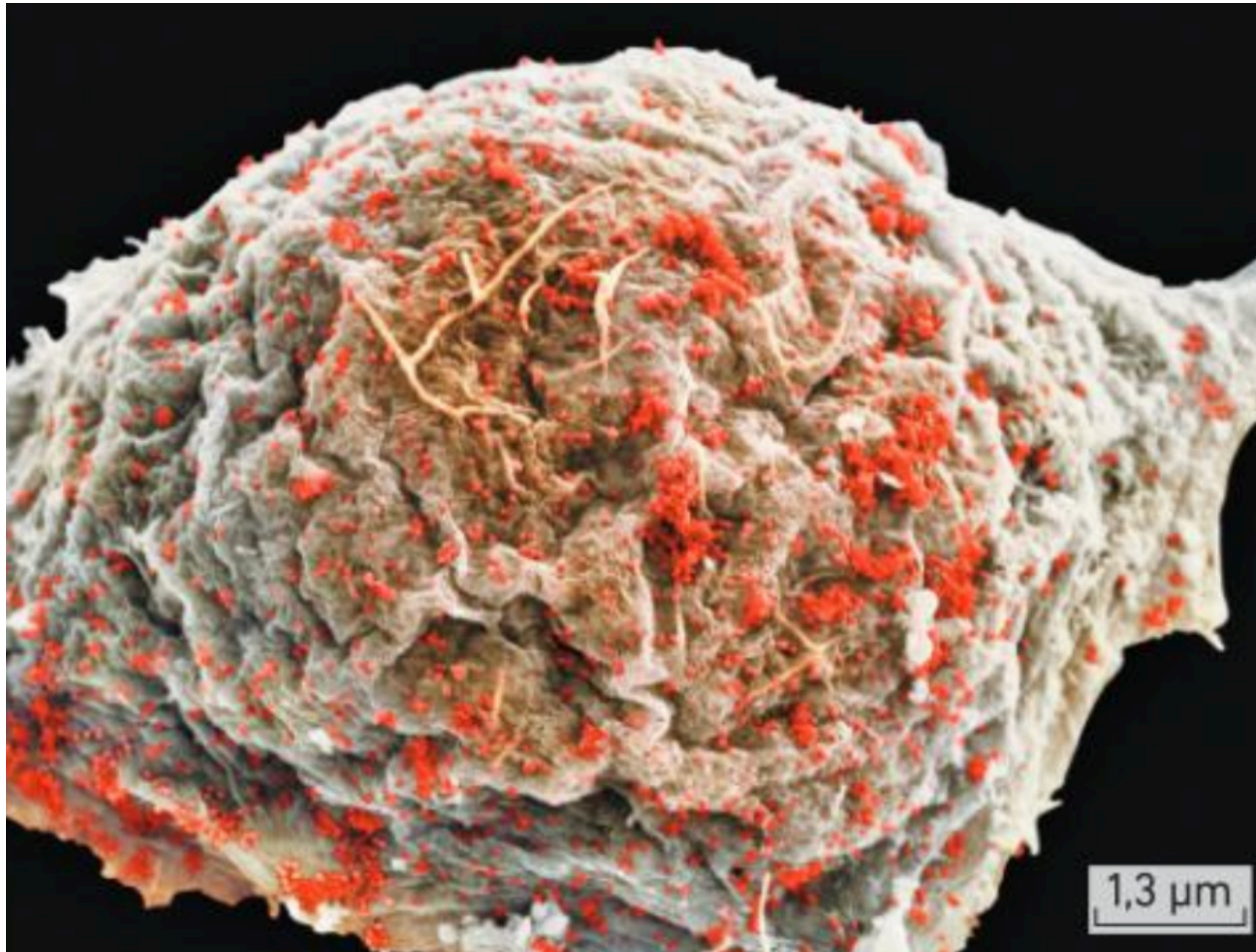
SOURIS				
	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
Traitement initial	irradiation + ablation du thymus			aucune
Injection 1	lymphocytes B	lymphocytes T	lymphocytes B + T	aucune
Injection 2	GRM	GRM	GRM	GRM

SÉRUM DES SOURIS				
	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
Mise en présence de GRM	pas d'agglutination		agglutination	
				



Nature des lymphocytes placés dans la chambre...		Cellules sécrétrices d'anticorps anti-Z (pour 1 000 cellules de rate)
supérieure	inférieure	
-	LB et LT	960
-	LB	72
LT	LB	1011





Sujet A	Sujet B	Sujet C
2,02	0,48	0,13

**B** Rapport LT CD4 / LT CD8 chez trois personnes.

**A** : sujet non infecté.

**B** : sujet infecté par le VIH (troubles mineurs – état de « pré-SIDA »).

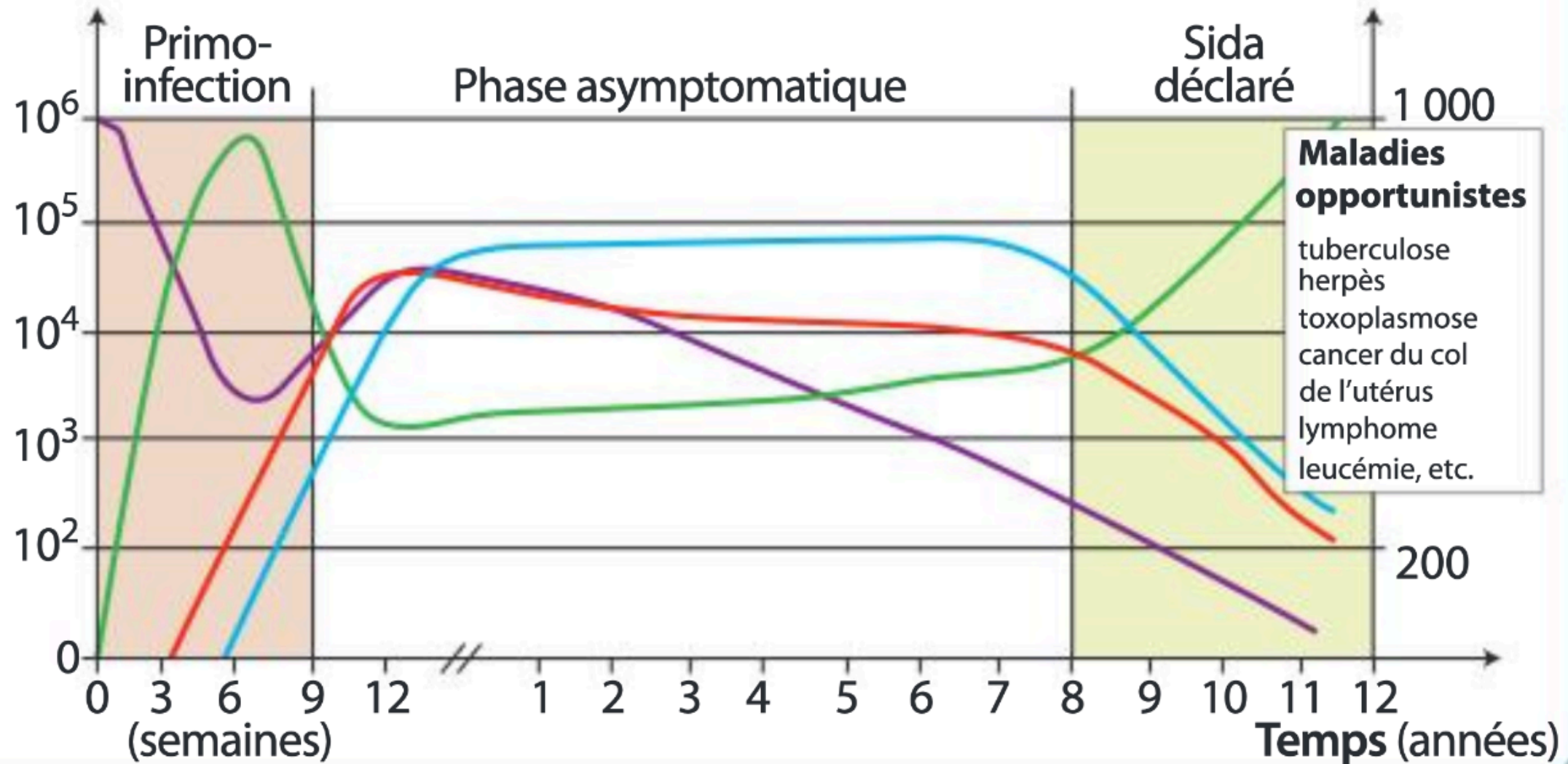
**C** : sujet infecté par le VIH (troubles majeurs – état de SIDA déclaré).

Charge virale (nombre de copies d'ARN viral.mL<sup>-1</sup> de plasma)

Concentration en lymphocytes T cytotoxiques (unité arbitraire)

Nombre de lymphocytes T CD4 (cellules.mm<sup>-3</sup>)

Concentration en anticorps anti-VIH (unité arbitraire)



Sélection clonale		Amplification clonale	Différenciation	
<p>Réservoir de <b>lymphocytes naïfs</b> avec chacun son type de récepteur spécifique à un antigène</p>		<p>Multiplication des lymphocytes sélectionnés par mitoses ; tous les lymphocytes produits possèdent le même récepteur</p>	LB	
Lymphocytes B	Lymphocytes T		Plasmocytes sécréteurs d'anticorps spécifiques	Lymphocytes B mémoire Plasmocytes mémoire
Contact antigénique entre un récepteur B et un agent pathogène	Contact antigénique entre un récepteur T et un complexe CMH-antigène présent à la surface des <b>cellules présentatrices d'antigène</b>		LT CD8	
			Lymphocytes T cytotoxiques	Lymphocytes T CD8 mémoire
		LT CD4		
		Lymphocytes T auxiliaires	Lymphocytes T CD4 mémoire	

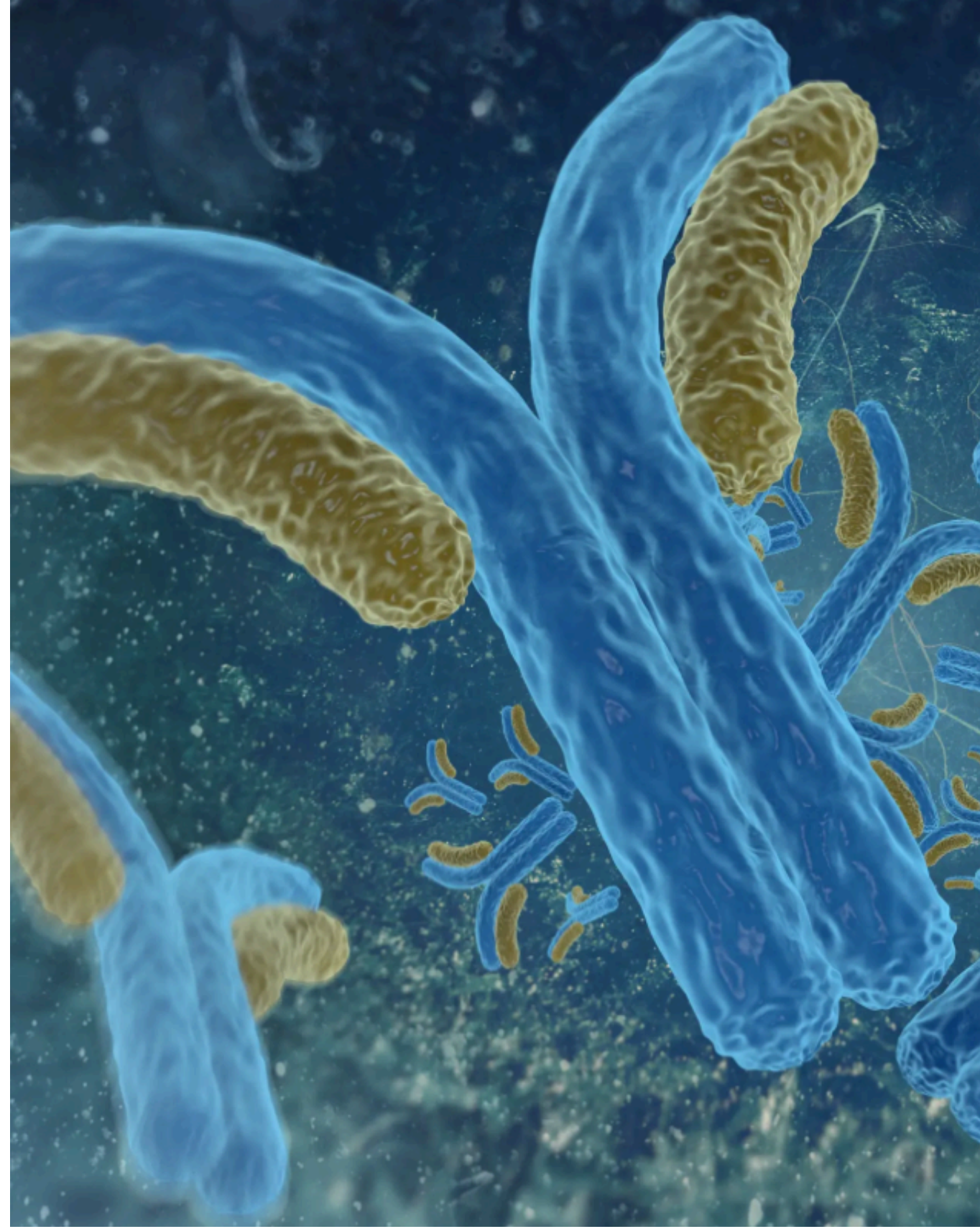
**Document 7 : Les grandes étapes de la formation de lymphocytes fonctionnels.**

### III. La réponse adaptative à médiation cellulaire

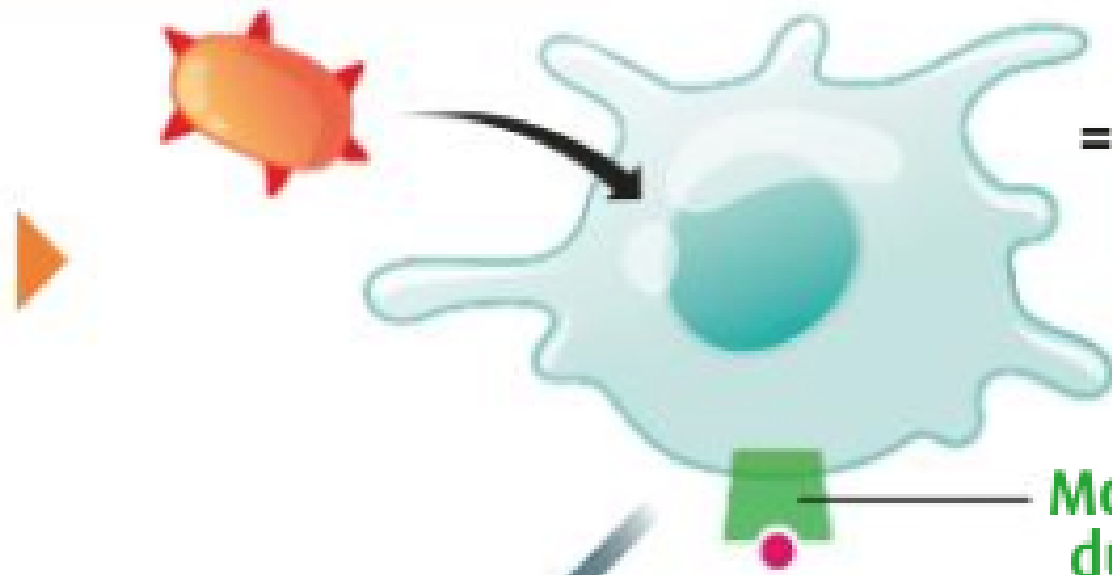
A) Le rôle des lymphocytes T cytotoxiques

B) Le rôle central des lymphocytes T auxiliaires

→ C) L'activation des lymphocytes T



Réponse innée



Cellule dendritique  
= cellule présentatrice  
d'antigène

Molécule  
du CMH

SÉLECTION CLONALE



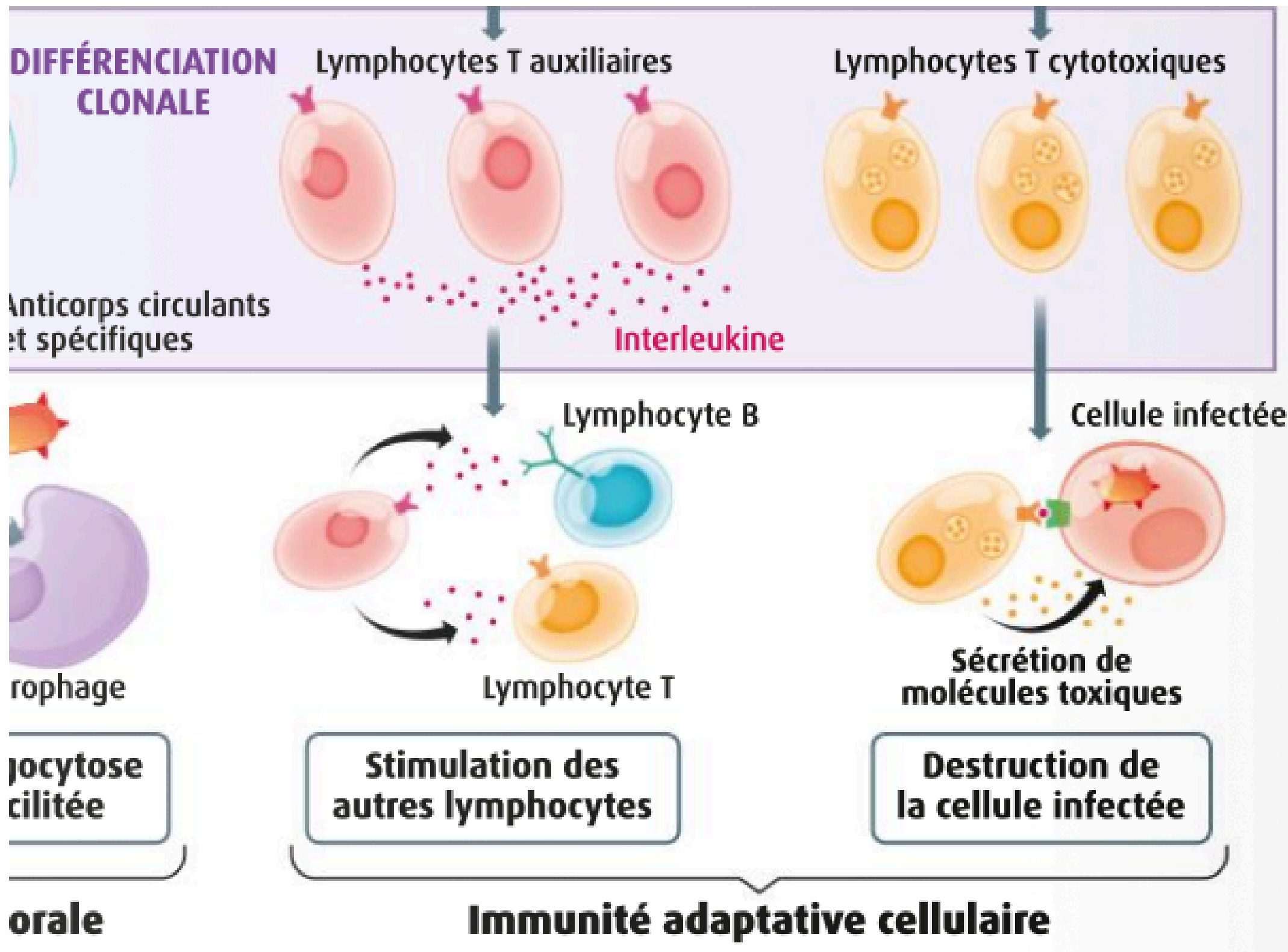
Lymphocyte T4



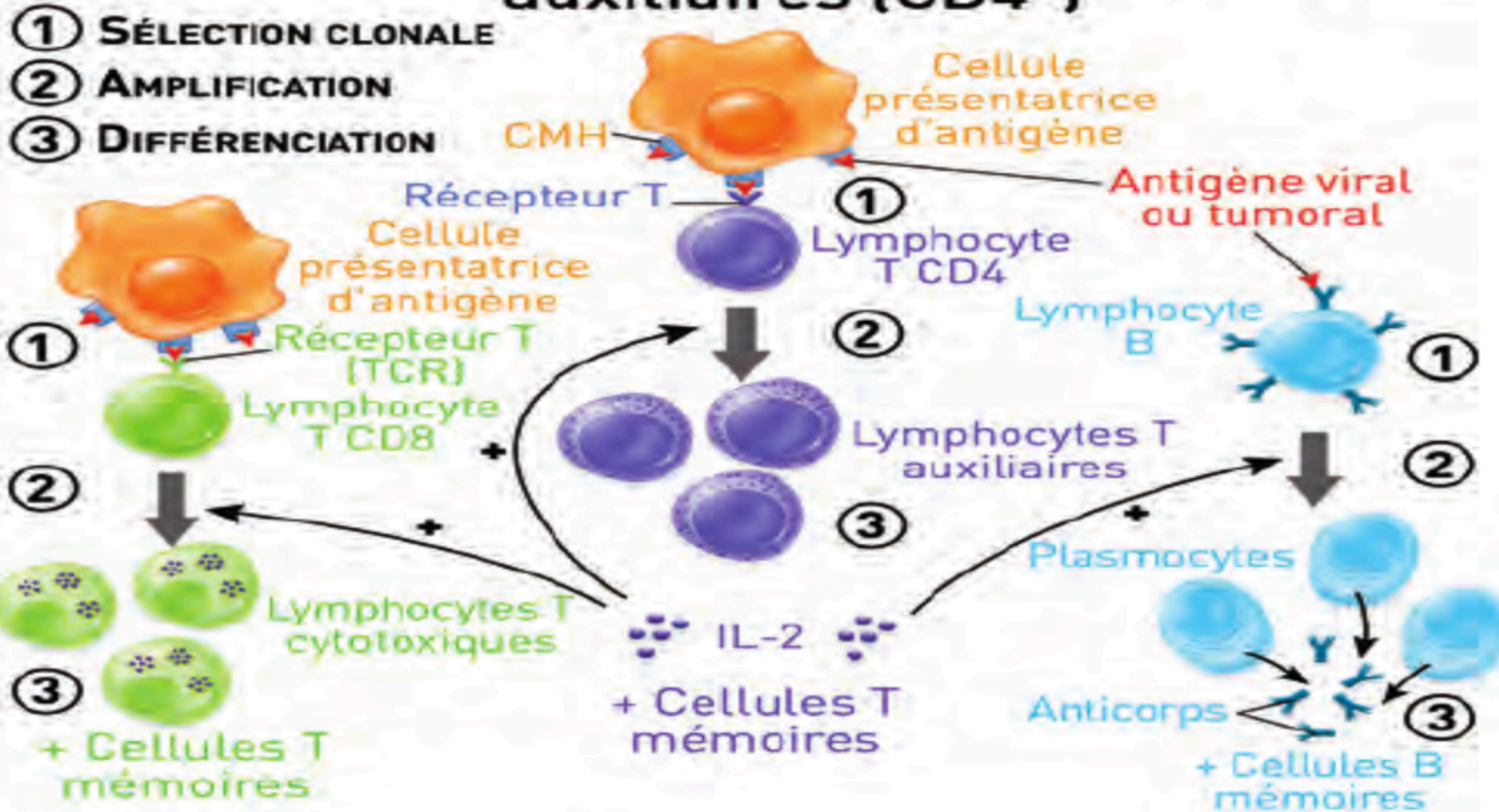
Lymphocyte T8

te B





## Rôle et production des lymphocytes T auxiliaires (CD4<sup>+</sup>)



**Document 6 : Les lymphocytes T auxiliaires, des cellules au centre de la réponse immunitaire.**



**Bilan : Les lymphocytes T sont spécialisés dans la surveillance des membranes des cellules de l'organisme. Suite à une infection, les cellules de la réponse immunitaire innée ont phagocyté des débris cellulaires de cellules mortes. Ces phagocytes présentent à leur surface des antigènes dérivés des protéines virales via le CMH et se présentent comme des cellules présentatrices de l'antigène (CPA). Les lymphocytes auxiliaires obtenus sécrètent une molécule clé dans la réponse immunitaire : l'interleukine 2 (IL-2). Cette molécule est un facteur de croissance indispensable à l'amplification clonale des cellules immunitaires. Les lymphocytes T auxiliaires jouent donc un rôle central dans l'ensemble des mécanismes immunitaires adaptatifs.**



**Les lymphocytes T cytotoxiques sont capables de reconnaître des antigènes présents sur la membrane de n'importe quelle cellule « anormale » de l'organisme (cellule cancéreuse, cellule infectée par un virus ...). Chaque lymphocyte T cytotoxique ne possédant qu'un seul type de récepteur T, il ne reconnaît donc qu'un seul type d'antigène. Le contact entre LTc et cellule cible déclenche la libération par le LTc de molécules qui entraînent, quelques heures plus tard, la mort de la cellule cible.**

Saisir quelque chose