

## L'immunité adaptative

Chaque jour, notre organisme est exposé à une grande diversité d'agents pathogènes tels que des virus, des bactéries ou encore des cellules anormales. Une première ligne de défense, l'immunité innée, permet une réaction rapide mais peu spécifique face à ces agressions. Cependant, cette réponse est souvent insuffisante pour éliminer totalement l'agent infectieux.

Chez les vertébrés, une seconde ligne de défense se met alors en place : l'immunité adaptative. Cette réponse est plus lente à se déclencher, mais elle est hautement spécifique de l'agent pathogène rencontré. Elle repose sur l'action de cellules spécialisées, les lymphocytes, et de molécules comme les anticorps.

L'immunité adaptative présente également une propriété essentielle : la mémoire immunitaire, qui permet à l'organisme de réagir plus efficacement lors d'un second contact avec le même antigène.

**Comment le système immunitaire adaptatif parvient-il à reconnaître spécifiquement une très grande diversité d'agents pathogènes, puis à les éliminer efficacement tout en conservant une mémoire de cette rencontre ?**

### **I. Une immunité spécifique assurée par les lymphocytes**

L'immunité adaptative est une réponse immunitaire spécifique qui complète l'immunité innée chez les vertébrés. Alors que l'immunité innée agit immédiatement mais de manière non spécifique, l'immunité adaptative se met en place plus lentement, généralement en quelques jours, mais elle est dirigée contre un antigène précis.

Un antigène est une molécule étrangère ou anormale, portée par un agent infectieux (virus, bactérie...) ou par une cellule anormale (cellule cancéreuse par exemple), capable d'être reconnue par le système immunitaire.

Cette reconnaissance est assurée par des cellules spécialisées appelées **lymphocytes**, qui circulent dans le sang et la lymphe. On distingue deux grands types de lymphocytes :

- les **lymphocytes B (LB)**, qui produisent des anticorps,
- les **lymphocytes T (LT)**, impliqués dans la reconnaissance et la destruction des cellules infectées.

Les lymphocytes possèdent à leur surface des **récepteurs spécifiques d'un antigène donné**. Chaque lymphocyte est donc spécialisé dans la reconnaissance d'un seul antigène.

Les lymphocytes T se divisent en deux sous-populations :

- les **lymphocytes T CD4 (ou auxiliaires)**, qui coordonnent la réponse immunitaire,
- les **lymphocytes T CD8 (ou cytotoxiques)**, qui détruisent les cellules infectées.

### **II. De la détection de l'antigène à la sélection clonale**

Lorsqu'un antigène pénètre dans l'organisme, il déclenche une réaction immunitaire adaptative qui se déroule en plusieurs étapes.

Dans un premier temps, des cellules issues de l'immunité innée, comme les cellules dendritiques ou les macrophages, capturent l'antigène et en présentent des fragments à leur surface : ce sont des **cellules présentatrices de l'antigène (CPA)**. Cette présentation se fait en association avec des molécules du **CMH** (complexe majeur d'histocompatibilité).

Les lymphocytes T reconnaissent ces antigènes présentés par les CPA grâce à leur récepteur T. Les lymphocytes B, quant à eux, reconnaissent directement les antigènes libres.

Parmi les millions de lymphocytes présents dans l'organisme, seuls ceux qui possèdent un récepteur spécifique de l'antigène sont activés. Cette étape correspond à la **sélection clonale**.

Les lymphocytes sélectionnés entrent alors en division et se multiplient rapidement : c'est l'**amplification clonale**. Cette multiplication produit un grand nombre de cellules identiques, toutes spécifiques du même antigène.

### III. La différenciation en cellules effectrices

Après leur amplification, les lymphocytes se différencient en cellules effectrices capables d'éliminer l'agent pathogène.

Les **lymphocytes B** se différencient en **plasmocytes**, qui sont des cellules spécialisées dans la production massive d'anticorps. Ces anticorps sont libérés dans le sang et la lymphe.

Les **lymphocytes T CD8** se différencient en **lymphocytes T cytotoxiques (LTc)**, capables de détruire les cellules infectées ou anormales.

Les **lymphocytes T CD4** se différencient en **lymphocytes T auxiliaires**, qui sécrètent des molécules appelées interleukines. Ces molécules stimulent l'activité des autres lymphocytes et coordonnent la réponse immunitaire.

Parallèlement, une partie des lymphocytes se différencie en **cellules mémoire**, capables de persister longtemps dans l'organisme.

### IV. La phase effectrice : élimination de l'antigène

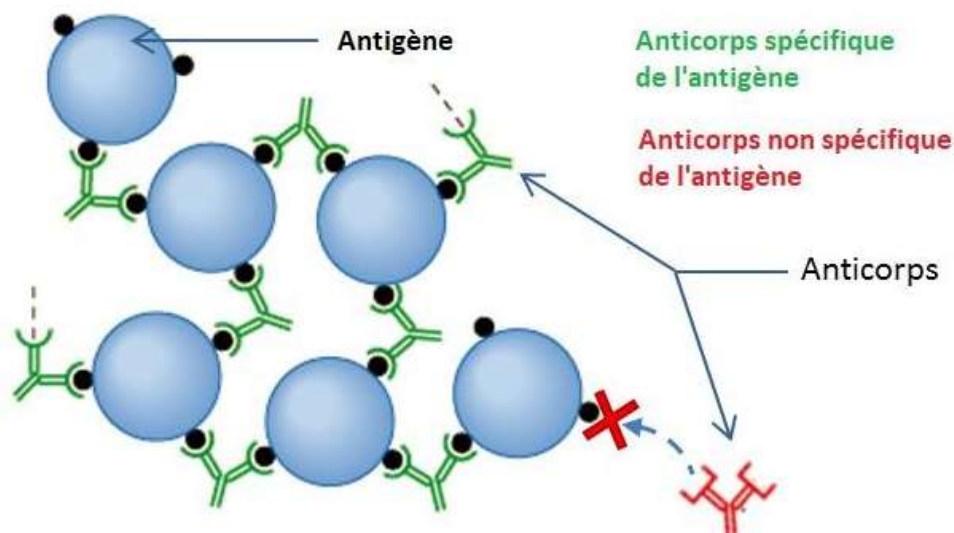
La phase effectrice correspond à l'élimination de l'agent pathogène grâce à l'action coordonnée des cellules et des molécules de l'immunité adaptative.

#### 1. L'immunité adaptative humorale

Les anticorps produits par les plasmocytes se fixent spécifiquement aux antigènes. Cette fixation permet :

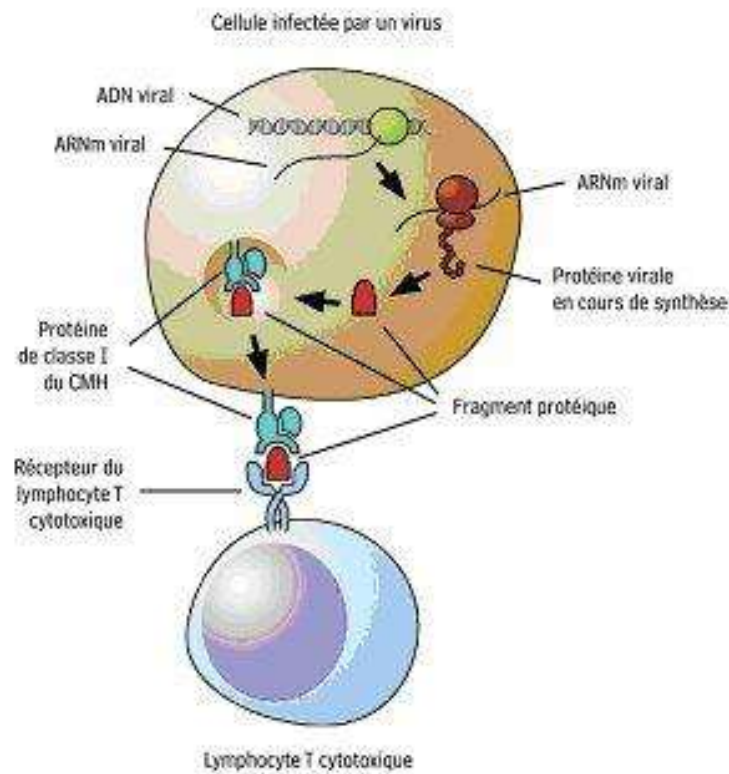
- de **neutraliser l'agent pathogène** en empêchant son action,
- de former des **complexes immuns** facilitant leur élimination,
- de favoriser la **phagocytose** par les macrophages.

Les anticorps peuvent également agglutiner les agents pathogènes, ce qui limite leur dispersion dans l'organisme.



La formation du complexe immunitaire à partir des anticorps sériques spécifiques de l'antigène

## 2. L'immunité adaptative cellulaire



[Site des ressources d'ACCES pour enseigner les Sciences de la Vie et de la Terre](#)

Les lymphocytes T cytotoxiques reconnaissent les cellules infectées grâce aux antigènes présentés par le CMH à leur surface. Ils libèrent alors des molécules toxiques qui provoquent la mort de la cellule infectée (apoptose).

Cette destruction est rapide et ciblée, ce qui permet d'éliminer efficacement les cellules contenant le pathogène, notamment dans le cas des infections virales.

## V. La mémoire immunitaire et la vaccination

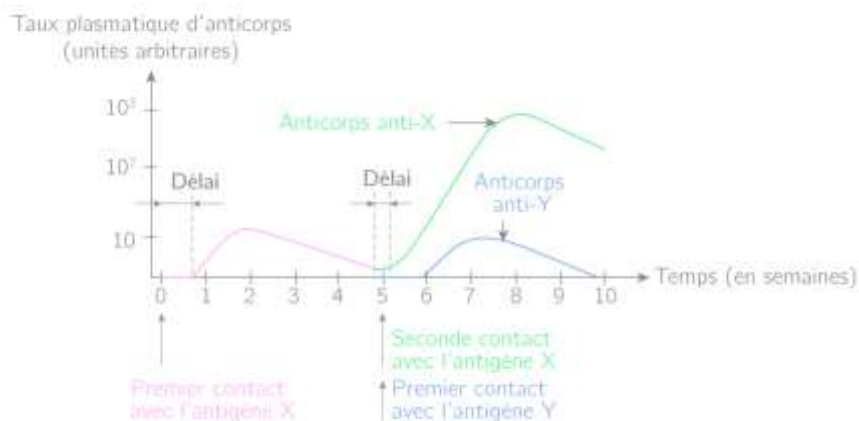
Lors de la réponse immunitaire, une partie des lymphocytes activés se transforme en **cellules mémoire**. Ces cellules persistent longtemps dans l'organisme, parfois toute la vie.

Lors d'un second contact avec le même antigène, ces cellules mémoire permettent une réponse :

- **plus rapide,**
- **plus intense,**
- **plus efficace.**

C'est ce phénomène que l'on appelle la **réponse secondaire**.

La vaccination repose sur ce principe. Elle consiste à introduire dans l'organisme un antigène inoffensif afin de déclencher la formation de cellules mémoire sans provoquer la maladie. Ainsi, lors d'une infection réelle, l'organisme réagit immédiatement.



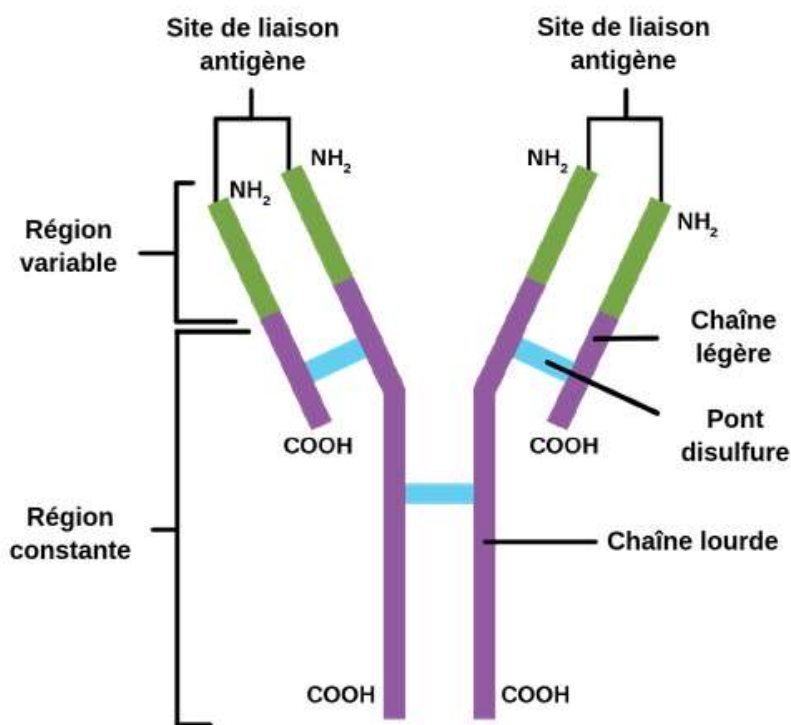
[Le fonctionnement du système immunitaire humain](#)

## VI. L'origine de la diversité des anticorps

Le système immunitaire est capable de reconnaître une très grande diversité d'antigènes. Pourtant, le génome humain ne possède pas un nombre suffisant de gènes pour coder un récepteur spécifique pour chaque antigène.

Cette diversité est rendue possible par des mécanismes génétiques particuliers :

- La **recombinaison aléatoire de segments de gènes** (segments V, D et J),
- l'**assemblage des chaînes lourdes et légères** des anticorps.



*[La structure des anticorps - Labster](#)*

Ces mécanismes produisent une immense diversité de récepteurs.

Cependant, parmi cette diversité, certains lymphocytes reconnaissent des molécules du soi. Ils sont éliminés lors d'une première sélection, ce qui évite les réactions auto-immunes.

## VII. Un système immunitaire intégré dans l'organisme

Le système immunitaire n'est pas localisé dans un organe unique. Il est constitué d'un ensemble de cellules et d'organes répartis dans tout l'organisme, comme les ganglions lymphatiques, la rate ou encore certains tissus de l'intestin.

Les lymphocytes circulent en permanence entre le sang, la lymphe et les organes lymphoïdes. Ils sont initialement dans un état dormant et ne sont activés qu'en présence de leur antigène spécifique.

Le système immunitaire interagit également avec d'autres systèmes de l'organisme, notamment le système nerveux et le microbiote intestinal, ce qui influence son fonctionnement.

## VIII. Exemple et ouverture : infection virale et VIH

Lors d'une infection virale comme la grippe, l'immunité innée intervient d'abord mais ne suffit pas à éliminer totalement le virus. L'immunité adaptative prend alors le relais :

- les anticorps neutralisent les virus,
- les lymphocytes T cytotoxiques détruisent les cellules infectées.

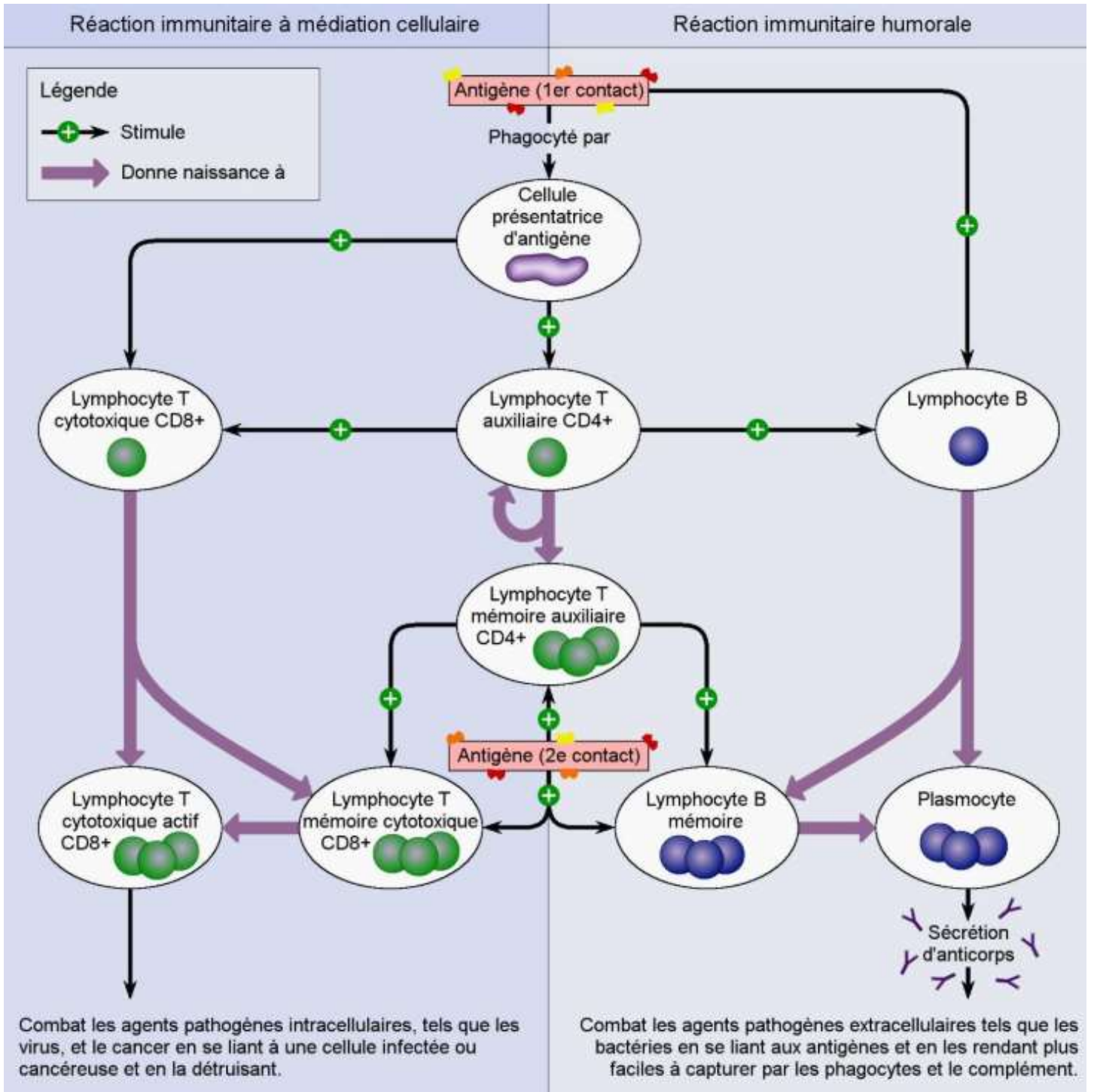
Dans le cas du **VIH**, le virus infecte les lymphocytes T CD4. Leur destruction empêche la coordination de la réponse immunitaire, ce qui entraîne un affaiblissement progressif des défenses de l'organisme.

## Bilan

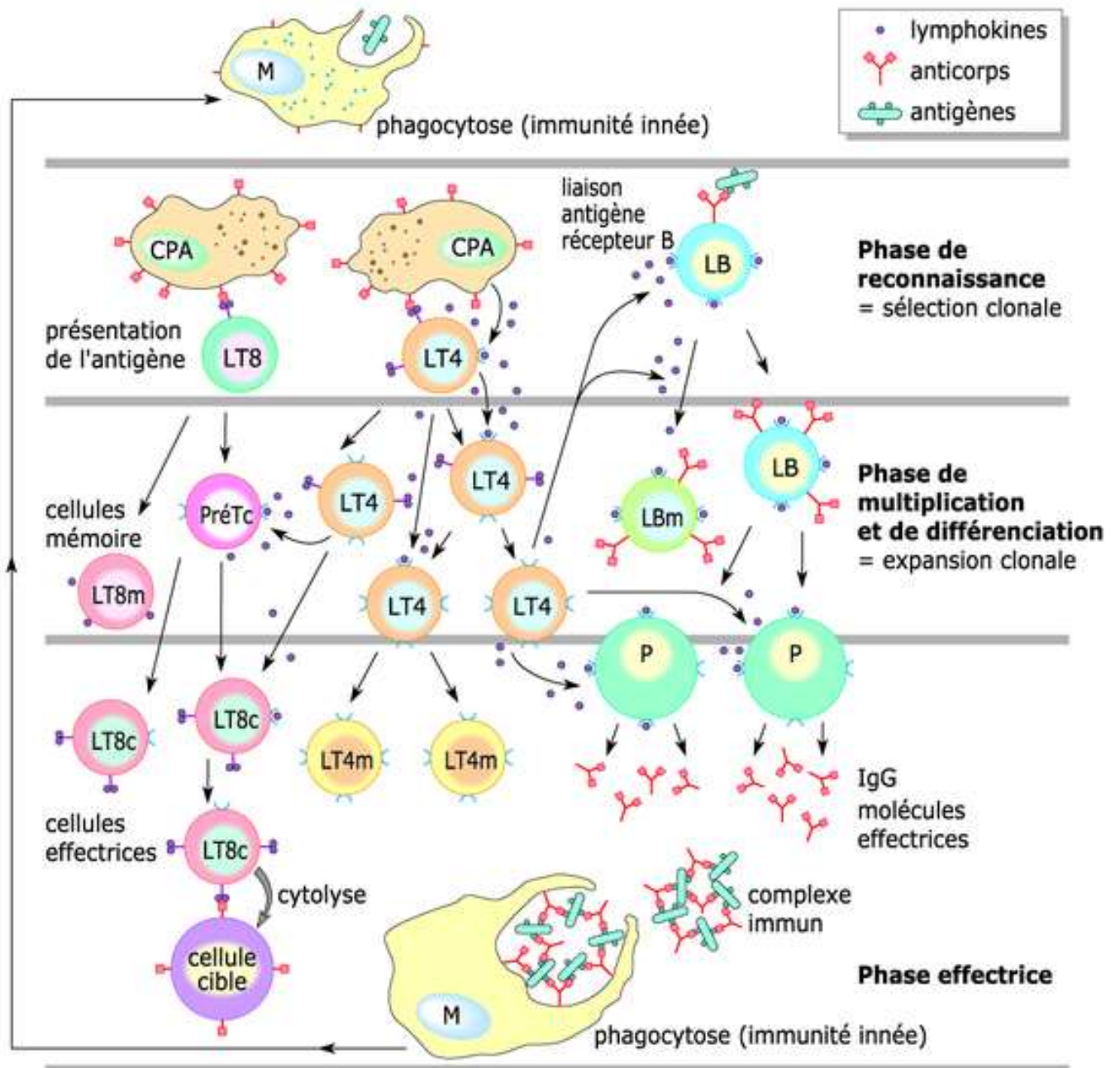
L'immunité adaptative est une réponse :

- **spécifique**, dirigée contre un antigène précis,
- **diversifiée**, grâce à des mécanismes génétiques complexes,
- **efficace**, grâce à la sélection, l'amplification et la différenciation clonales,
- **durable**, grâce à la mémoire immunitaire.

Elle fonctionne en étroite collaboration avec l'immunité innée pour assurer la protection de l'organisme.



## Schéma-bilan des réactions immunitaires



CPA : cellule présentatrice d'antigène

LB : lymphocyte B

LT8 : lymphocyte T CD8

LT4 : lymphocyte T CD4

P : plasmocyte

PréTc : lymphocyte T précytotoxique

LT4c : lymphocyte T cytotoxique

m : mémoire

IgG : anticorps

M : macrophage