

Le corps est protégé par deux types d'immunité :

|      |            |
|------|------------|
| Inné | Adaptative |
|------|------------|

## Les cellules du système immunitaire

Les cellules du système immunitaire sont issues de cellules souches de la moelle osseuse. Elles donneront naissance à deux grandes lignées de cellules :

|  |  |
|--|--|
| Lymphocytes impliqués dans l'immunité adaptative | Myélocytes impliqués dans l'immunité innée (et adaptative) |
|--|--|

### Le système inné

L'immunité innée résulte de l'apprentissage génétique de la lutte contre de. Elle a été transmise et enrichie au cours de l'évolution. Les cellules indentifient identifier les pathogènes par leurs caractéristiques. Par exemple, :

- Les bactéries sont reconnues à cause des lipopolysaccharides (LPS) qui constituent leur membrane plasmique.
- Les virus à cause de leur ARN double brin.
- Les champignons par leur paroi de chitine.

Le système immunitaire inné est incarné par les myélocytes.

Rmq : les macrophages sont également responsable de la dégradation des cellules mortes.

## Les myélocytes

**Leucocytes** cellules produites par la moelle osseuse présente dans le sang. Elles sont impliquées dans le système immunitaire.

Les cellules du systèmes immunitaires innés se trouvent :

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| Dans le sang (leucocytes) | Dans les tissus épithéliales |
| Monocyte                  | Cellules dendritiques        |

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Éosinophiles<br>Neutrophile | Mastocytes<br>Macrophages |
|-----------------------------|---------------------------|

Les monocytes se transforment lorsqu'ils passent dans les tissus en :

|                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| Les macrophages | Les cellules dendritiques |
|-----------------|---------------------------|

## Les cellules dendritiques

Les cellules dendritiques font la jonction entre le système immunitaire inné et adaptif en apportant les antigènes aux lymphocytes T naïfs (par opposition à mature). Elles capturent des macromolécules sur le site d'infection et migrent vers les tissus lymphoïdes.

## Le mécanisme du système immunitaire inné

**Épithélial** tissu de revêtement et des glandes constitués de cellules jointives reposant sur une lame basale.

**Endothélial** type de tissus épithéliaux qui recouvrent le circuit vasculaire.

La réaction immunitaire se déclenche généralement lorsque du franchissement de la barrière épithéliale.

1. Les cellules résidentes reconnaissent la présence de pathogènes grâce à leurs récepteurs (PRR).
2. Libération de molécules par les :
  - a. Mastocytes libèrent de l'histamine ce qui provoque la dilation des vaisseaux sanguins. Les cellules endothéliales libèrent des médiateurs vasoactifs qui provoquent une dilatation des capillaires sanguins et une augmentation de leur perméabilité.
  - b. Macrophages et cellules dendritiques libèrent des cytokines et des chimiokines qui attirent les leucocytes.
3. La vasodilation permet aux leucocytes de traverser la paroi et d'aller sur le site d'infecté. C'est ce que l'on appelle la réaction inflammatoire.

**Diapédèse** mécanisme de franchissement par lequel de la barrière endothéliale des leucocytes.

**Chimiotactisme** phénomène d'attraction des phagocytes par différentes molécules dont les chimiokines.

**Résistante des pathogènes au système immunitaire inné**

Certains pathogènes ont développés des résistances au système immunitaire inné :

- Certaines bactéries sont entourées d'une capsule qui empêchent la reconnaissance.
- Resistance à la destruction notamment aux lysosomes.

**Les étapes de la phagocytose par les macrophages**

Mécanisme de la phagocytose

1. Reconnaissance
2. Induction de la phagocytose
3. Dégradation
4. Rejet des déchets dans le milieu extracellulaire.

**Détection de l'activité anormale**

Les cellules de l'immunité inné s'activent ou augment leur activité lorsqu'elles détectent des :

- Motifs moléculaires associés aux pathogènes (PAMP)
  - Motifs moléculaires associés aux dégâts cellulaire (DAMP).
- Lorsque une cellule endommagée, certaines molécules présentes uniquement dans le milieu intracellulaire peuvent se retrouver dans le milieu extracellulaire, par exemple l'ATP, urée, actine.

**Le système immunitaire adaptatif**

Le système immunitaire adaptatif concerne uniquement les vertébrés. Il est matérialisé par les lymphocytes. Le pathogène est reconnu par

l'intermédiaire de récepteurs d'antigènes présent à la surface des lymphocytes. Ces cellules sont spécifiques c'est-à-dire qu'ils ne réagissent qu'à un seul agent pathogène.

**Antigène** macromolécules reconnues par les anticorps et les cellules du système immunitaire adaptatif, les lymphocytes, comme un corps étranger c'est-à-dire une menace.

**Répertoire des lymphocytes** ensemble des lymphocytes.

**Efficacité du système immunitaire adaptatif**

Plusieurs études réalisées sur des jumeaux ont montré que l'efficacité du système immunitaire adaptatif n'est pas lié à l'ADN mais aux différents environnements et rencontres qu'un individu a fait durant sa vie.

Une activité physique modérée favorise son efficacité.

Le système immunitaire devient moins performant avec l'âge.

**Les lymphocytes**

- Les lymphocytes sont des cellules ovales avec un noyau de grande taille appartenant aux globules blancs (les leucocytes) qui sont produites dans la moelle osseuse. Il existe deux types de lymphocytes qui se distinguent notamment :

|                                     | Lymphocyte B               | Lymphocyte T          |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Lieu de maturation                  | Moelle osseuse             | Thymus                |
| Forme des récepteurs                | En Y                       | En I                  |
| Nbre moyen dans l'organisme         | 1 million                  | 10 millions           |
| Formes reconnues par les récepteurs | Sucres, protéines, lipides | Peptides antigéniques |
| Lieu de reconnaissance              | Extracellulaire            | Intracellulaire       |

**Épitope** partie de l'antigène qui se lie au récepteur.

**Immunité humorale** immunité donnée par les molécules et non par les cellules (par opposition à cellulaire).

### **Généralités sur les récepteurs des lymphocytes**

En moyenne, chaque lymphocyte possède 100 000 récepteurs de reconnaissance ancrés à sa membrane plasmique.

La présentation de l'antigène aux lymphocytes situés dans le système lymphatique se fait par le CMH (complexe majeur d'histocompatibilité).

Chaque récepteur est spécifique à un seul antigène. Leur production est se fait par un mécanisme de réorganisation des gènes appelé recombinaison somatique. Certains segments d'ADN sont supprimés aléatoirement pour permettre de générer un nouveau gène. Ce mécanisme permet de produire une grande diversité de récepteurs (de l'ordre de  $3,5 \times 10^6$ ).

Les lymphocytes qui réagissent aux antigènes du soi sont éliminés avant de devenir mature. C'est ce que l'on appelle la tolérance au soi.

La sélection des lymphocytes se fait par l'association des récepteurs membranaires avec un antigène qui est présenté par les cellules dendritiques.

### **Activation des lymphocytes**

Un lymphocyte s'active lorsqu'un antigène vient se fixer sur un de ses récepteur. Il entre alors dans une phase de clonage. Les lymphocytes produit deviendront soit :

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| Des cellules effectrices | Des cellules mémoires |
|--------------------------|-----------------------|

**Cellules effectrices** cellules qui combattent l'antigène.

### **Les cellules mémoires**

Les cellules mémoires persistent longtemps dans l'organisme.

Elles permettront une réponse immunitaire plus rapidement en cas de nouvelle exposition au même pathogène. Lors de la :

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Première exposition, il faut entre 10-17 jours | Seconde exposition 2-7 jours |
|--|------------------------------|

### **Les lymphocytes B**

Les lymphocytes B fabriquent les anticorps et les relâchent dans le milieu extracellulaire.

Les cellules effectrices des lymphocytes B sont les plasmocytes. Elles produisent une version soluble des récepteurs membranaires appelée anticorps. Leur appareil de Golgi est extrêmement développé et occupe une surface importante dans la cellule.

Les plasmocytes sont dépourvus de récepteurs membranaires.

Les anticorps se lient aux pathogènes pour permettre de :

- Favoriser la reconnaissance des pathogènes.
- Aide à contenir les pathogène en les agglomérant (opsonisation) en se liant aux deux récepteurs.
- Neutraliser les pathogènes. Ils empêchent les pathogènes (comme les virus) de rentrer dans une cellule hôte.
- Compléter l'action de protéines. Certaines protéines viennent s'associer aux anticorps pour former un complexe d'attaque membranaire qui perse la membrane de la cellule étrangère et provoque sa mort.

**Anticorps** (ou immunoglobuline Ig) version du récepteur membranaire soluble (libre dans le milieu extracellulaire). Il est capable de réagir avec un antigène.

## La structure des récepteurs des lymphocytes B

Les récepteurs d'antigènes des lymphocytes B sont en forme de Y. On trouve deux sites de reconnaissance identiques à chaque extrémité.

Chaque récepteur est composé de quatre chaînes peptidiques :

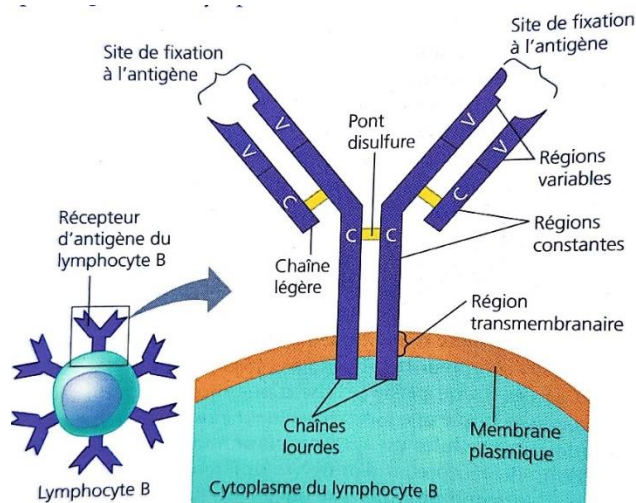
- 2 sont dites lourdes. Elles sont ancrées à la membrane plasmique.
- 2 légères.

Chaque chaîne est composée de deux régions :

|           |          |
|-----------|----------|
| Constante | Variable |
|-----------|----------|

L'activité du lymphocyte s'active

Les récepteurs B et les anticorps se lient aux antigènes intacts



Rmq : Les unités qui forment les chaînes sont appelées motifs immuglobines.

## Les lymphocytes T

Il existe deux types de cellules chez les lymphocytes T :

|  |   |
|--|---|
| LT auxiliaire ou LT CD <sub>4</sub> <sup>+</sup> | LT cytotoxique ou LT CD <sub>8</sub> <sup>+</sup> |
|--|---|

Les Effectrice

Activé

## Les LT auxiliaires

Lorsqu'ils sont activés, les LT auxiliaires se différencient en

|  |           |
|--|-----------|
| Activé (appartient aux LT effectrices) | À mémoire |
|--|-----------|

Les LT auxiliaires activés produisent des molécules qui stimulent les LT cytotoxique et les plasmocytes (LB effectrices).

Activation des macrophages

Activation des LB

Mobilisation des polynucléaires neutrophiles, un type de leucocytes.

Activation uniquement lorsque présentation d'un antigène par une cellule présentatrice d'antigène. Les cellules présentatrice d'antigènes possèdent un CMH.

Stimulent ?

La prolifération des lymphocytes (le nombre).

L'activité des ?

Aide les macrophages (à détecter les cellules à éliminer ?)

## Les LT cytotoxiques

Les LT cytotoxiques injectent des produits toxiques qui altèrent la membrane de la cellule hôte infectée et qui provoque son apoptose.

**Apoptose** (ou mort cellulaire programmée) processus par lequel une cellule déclenche son autodestruction en réponse à un signal.

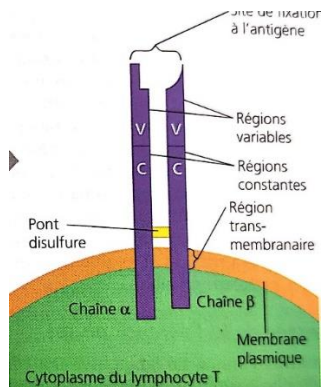
## La structure des récepteurs des lymphocytes T (TCR)

Les récepteurs des lymphocytes T sont constitués de deux chaînes peptidiques alpha et beta.

L'extrémité forme le site de fixation et ne peut se lier qu'à un seul antigène.

Le lymphocyte actif présente sur ses récepteurs TCR un peptide antigénique.

1. Le LT vérifie l'intégrité des cellules en se liant par les TCR aux CMD de ces dernières.
2. Vérification de la présence d'antigène à l'intérieur de la cellule.
3. Si la présence a été trouvée. Le LT déclenche une voie métabolique dans la cellule amarré qui conduit à son apoptose.



Des voies métaboliques peuvent être déclencher dans les LT par la réponse à trois types de signal :

- Un antigène : le lymphocyte T devient actif.
- Une molécule de co-stimulation (uniquement pour les LT matures): provoquer stimule la production du LT ou l'inhibe. Point de contrôle ?

- Des molécules de type cytokines de sécrétées par les cellules dendritiques. Le lymphocyte T devient alors :
  - LT<sub>4</sub> 1 en réponse à la interleukine 12 (noté IL-12) activer les macrophages.
  - LT<sub>4</sub> 2 en réponse à IL-4 activent les LB.
  - LT régulateur en réponse à Tumor Growth Factor noté TGF qui inhibe la réponse immunitaire

Rmq : les molécules co-stimulatrices sont en partie responsable de la tolérance au soi en désactivant les LT auto-réactifs.

## **Tolérance immunitaire**

Le système immunitaire maintient son absence de réponse aux antigènes du soi grâce à deux types de tolérance :

| Centrale  | Périphérique |
|---|--------------|
| L'échec de la tolérance centrale ou périphérique peut aboutir à une auto-immunité c'est-à-dire une maladie auto-immune. |              |

**Auto-antigène** antigène du soi.

**Auto-immunité** état de non-réponse immunitaire à un antigène. C'est un phénomène actif, induit par un contact préalable avec l'antigène. Normalement, un organisme est tolérant à ses propres constituants : c'est la tolérance du soi.

## **Le soi et le non soi**

Les cellules du soi sont identifiées grâce à des récepteurs présent sur leur membrane que l'on appelle complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) propre à chaque individu (hormis chez les vrais jumeaux). Ces récepteurs se nomme HLA chez l'Homme. Les cellules qui ne possèdent pas la bonne version du récepteur sont considérées par le système immunitaire comme appartenant au non soi.

C'est parce que les cellules cancéreuses ne sont pas reconnues comme un corps étranger qu'elles ne sont pas détruites par l'organisme et qu'elles peuvent proliférer.

### **La tolérance centrale**

La tolérance centrale est le processus d'élimination des lymphocytes T et B qui réagissent au soi (c'est-à-dire possédant des auto-antigènes) appelé processus de maturation des précurseurs des lymphocytes. Elle a lieu dans les organes lymphoïdes primaires :

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| Moelle osseuse pour les B | Thymus pour les T |
|---------------------------|-------------------|

Rmq : lors de cette étape, environ 70% des lymphocytes auto réactifs sont éliminés.

### **Tolérance périphérique**

Autoantigène présenté par des cellules dendritiques  
reconnaissance

Les 30% des lymphocytes auto réactifs sont détruits

Reconnaissance de l'autoantigène.

Pas d'activation du lymphocyte état anergie. Inactivation définitive du lymphocyte

Induite par les lymphocytes T régulateur

Lymphocyte T régulateur cytokine anti inflammatoire qui inhibe la cytokine inflammatoire produite par la cellule dendritique avec un auto-antigène et bloque l'expression des molécules de co-stimulation.

## **Auto-immunité : causes et origine**

Elle peut être provoquée par des facteurs :

|           |                  |
|-----------|------------------|
| Génétique | Environnementaux |
|-----------|------------------|

On a deux types de facteurs environnementaux :

- Xénobiotiques : U.V, cigarette...
- Les pathogènes.

### **Les pathogènes**

Paradoxalement, certaines pathogènes peuvent avoir pour effet de :

- Protéger : Une exposition insuffisante durant l'enfance à des agents infectieux favoriserait le développement de maladies auto-immunes et allergiques.
- Initier : Certains pathogènes comme le virus Epstein Barr provoquent des maladies auto-immunes.

### **Les pathogènes initiateurs**

Mimétisme moléculaire : il existe des similitudes entre certains antigènes de pathogènes et des antigènes du soi. Des clones T dirigés contre un antigène du pathogène vont réagir de façon croisée avec des antigènes du soi.

Lésion tissulaire : les lésions tissulaires engendrées par le microbe entraînent la libération d'autoantigènes normalement non accessibles (antigènes cryptiques). Les lymphocytes auto réactifs ont alors accès à des sites normalement non accessibles

Libération d'autoantigène, de cytokine inflammatoire d'éléments intracellulaire activité les cellules dendritiques prolifération des lymphocytes T auto réactifs

Effet adjuvant : Certains pathogènes induisent la production de cytokines et de molécules co-stimulatrices qui pourraient entraîner la présentation de peptides du soi sous forme immunogénique.

### **Traitement des maladies auto-immune**

Il n'existe aucun traitement curatif mais on a recours à plusieurs méthodes pour limiter la réponse auto-immunes :

- anti-inflammatoire qui vont agir sur la cytokine
- anticorps thérapeutique bloque récepteur + la production de cytokine au niveau des lymphocytes naïfs. Plus de prolifération
- immunodépresseurs bloque la production de lymphocytes.

### **Le cas des greffes**

Il existe 3 types de greffes :

- Autogreffe (donneur et receveur sont la même personne)
- Allogreffe (donneur et receveur sont de la même espèce)
- Xénogreffe (donneur et receveur appartiennent à des espèces différentes).

**Allo-immunité** réponse immunitaire dirigée contre les antigènes du greffon (allo-antigènes) qui aboutit à la mort du greffon c'est-à-dire au rejet de la greffe. Les antigènes des allogreffes (=allo antigènes) qui constituent les cibles principales du rejet sont les protéines du CMH (complexe majeur d'histocompatibilité).

### **L'allogreffe**

La reconnaissance des allo antigènes par les lymphocytes T allo réactifs peut être :

|                          |   |
|--------------------------|---|
| directe (CPA du donneur) | indirecte (CPA du receveur qui présente des antigènes du donneurs). |
|--------------------------|---|

**Cellule auto réactive** cellule qui reconnaît les autoantigènes.

### **Rejet du greffon**

Il existe 3 types de rejets :

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Hyper aigu</b> | Présence d'anticorps contre les vaisseaux du greffon.     |
| <b>Aigu</b>       | Lymphocytes T et B dirigés contre le CMH du greffon       |
| <b>Chronique</b>  | Inflammation chronique liée aux cytokines inflammatoires. |