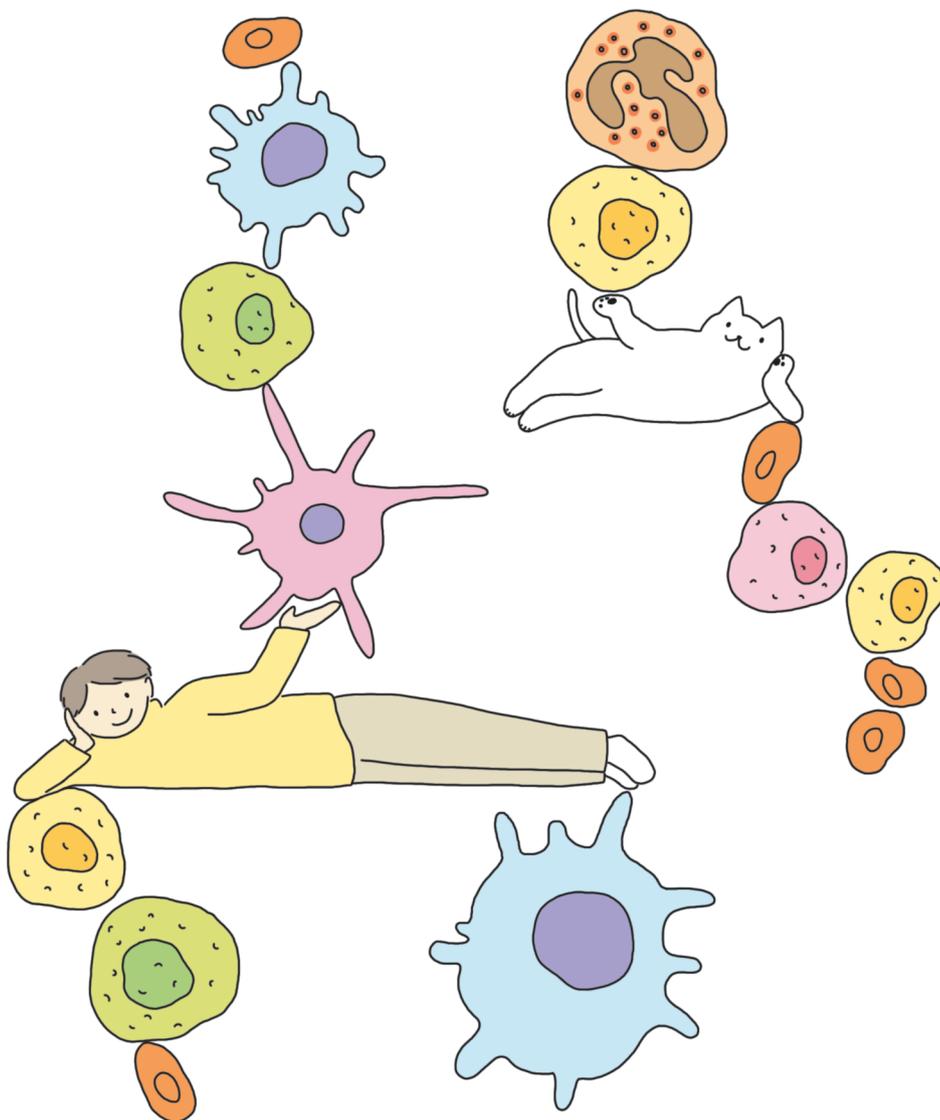


# Ton étonnant système immunitaire

Comment il protège  
ton corps

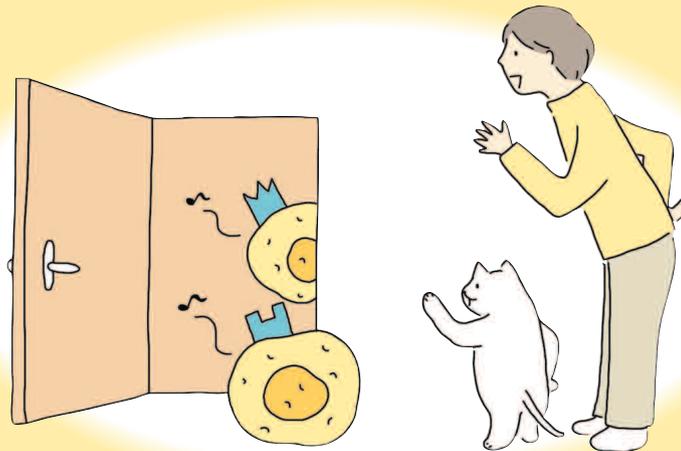


European Federation of  
Immunological Societies



# Ton étonnant système immunitaire

## Comment il protège ton corps



Ecrit par la Société Japonaise d'Immunologie (JSI)  
Illustré par Tomoko Ishikawa



European Federation of  
Immunological Societies

**Editeurs : Société Japonaise d'Immunologie, et (par ordre alphabétique)**

Hiroshi Kawamoto	Centre de Recherche pour l'Allergie et l'Immunologie, RIKEN
Sachiko Miyake	Institut National des Neurosciences, Centre National de Neurologie et Psychiatrie
Masayuki Miyasaka	Ecole de Médecine, Université d'Osaka
Toshiaki Ohteki	Centre de Recherche Médicale, Tokyo, Université Médicale et Dentaire
Noriko Sorimachi	Institut de Recherche, Centre Médical International du Japon
Yousuke Takahama	Institut de Recherche pour le Génome
Shinsuke Taki	Université de Médecine, Université de Shinshu

**Traduction française :** Séverine Brunet sous la direction de Marie Beuzard et de l'EFIS (Fédération Européenne des Sociétés d'Immunologie)

Traduction autorisée à partir de l'édition anglaise,

**Titre de l'ouvrage :** Your Amazing Immune System - How it protects your body.

**Propriétaire :** YODOSHA Co., Ltd

**Copyright :** Société Japonaise d'Immunologie

**Illustrateur :** Tomoko Ishikawa

**Maquette :** Takashi Ono  
Yaruyaru Ya Honpo

Ce livre a été attentivement rédigé. Cependant, les éditeurs ainsi que les auteurs ne garantissent pas que l'ouvrage soit dépourvu d'erreurs. Les lecteurs doivent garder en tête que les concepts, données, illustrations, ainsi que certains détails scientifiques peuvent être, par inadvertance, inexacts.

**Les informations bibliographiques sont publiées par « Die Deutsche Nationalbibliothek »**

La « Deutsche Nationalbibliothek » liste ces publications dans la Deutsche Nationalbibliografie ; les données sont disponibles sur Internet à l'adresse : <http://dnb.d-nb.de>.

© 2010 European Federation of Immunological Societies (EFIS)

Tous droits réservés (y compris ceux pour la traduction dans d'autres langues). Aucune partie de ce livre ne peut être reproduite en quelque forme que se soit, par tirage photographique, microfilm, ou tout autre moyen, ni transmis ou traduit par un traducteur automatique sans la permission écrite de l'EFIS ou de la Société Japonaise d'Immunologie.

Les noms, marques etc. utilisés dans ce livre, même non mentionnés comme tels, ne sont pas à considérer comme non protégés par la loi.

**Edition, mise en page et impression :** Accent Aigu, Paris

**ISBN:**

# Préface

Ce livre a été conçu pour t'aider à comprendre comment fonctionne ton système immunitaire. Il a été réalisé par les chercheurs en immunologie de la Société Japonaise d'Immunologie.

Le système immunitaire, ou les moyens que possède le corps pour se défendre contre des microbes comme les bactéries, est incroyablement bien organisé. Plus tu apprendras à le connaître, mieux tu comprendras à quel point ce système est fascinant. Il est fait d'une myriade de molécules et de cellules qui travaillent ensemble en étroite coopération pour protéger notre corps contre des envahisseurs étrangers. C'est d'ailleurs cette complexité qui fait croire à certains que le système immunitaire est trop difficile à comprendre. Nous espérons qu'à la lecture de ce livre, tu te diras « Ah ? C'est donc cela l'immunité ? » ou « C'est comme ça que ça marche ! » et que cela te donnera envie d'en apprendre encore plus sur ce sujet.

M<sup>me</sup> Tomoko Ishikawa a gratuitement illustré ce livre. Ce livre a été conçu grâce à l'implication et à l'enthousiasme du Dr Yousuke Takahama en collaboration avec les membres du comité de promotion de l'éducation (Education Promotion Committee) et le comité des affaires publiques de la Société Japonaise d'Immunologie. Leur travail a été édité avec beaucoup de soins par Mme Shinobu Yamashita du département d'édition Yodosha. Je les remercie tous chaleureusement.

Enfin, je te demande de nous dire si tu trouves que certaines pages de ce livre sont difficiles à comprendre. Nous aimerions utiliser tes commentaires pour améliorer encore cet ouvrage. C'est, après tout, un livre qui a été inventé pour vous tous et j'aimerais vraiment connaître votre opinion.

Avril 2008

*Société Japonaise d'Immunologie*  
*Masayuki Miyasaka*

## Préface de la traduction française

# Ton étonnant système immunitaire

## Comment il protège ton corps

Le système immunitaire est, au quotidien, occupé à nous protéger contre les myriades de microbes qui nous entourent et peuvent nous rendre malade. Il fait son travail sans même que nous nous en rendions compte. Les vaccinations activent le système immunitaire et lui permettent de nous défendre contre des microbes que nous n'avons pas encore rencontrés. De nouveaux médicaments comme les anticorps monoclonaux apparaissent pour traiter de nombreuses maladies.

Mais qu'est-ce que le système immunitaire ? Comment marche-t-il ? Pourquoi développe-t-on des infections, des cancers, des maladies auto-immunes ou des allergies ? Autant de sujets au cœur des préoccupations de notre civilisation moderne. Autant de questions auxquelles il est souvent difficile de répondre simplement.

L'immunologie apparaît trop souvent comme une science complexe et surprenante, ou encore mystérieuse et inaccessible. Les connaissances dans ce domaine ne cessent d'évoluer et d'apporter des thérapeutiques innovantes de plus en plus développées. L'immunologie a commencé à pénétrer dans notre univers quotidien, alors que les outils de vulgarisation et les démarches de sensibilisation de cette discipline demeurent, malgré tout, peu nombreux.

Ainsi, cet ouvrage, volontairement rédigé sous une forme accessible à un public de non initiés, est destiné à « faire comprendre le système immunitaire ». Il s'adresse en priorité à un jeune public, bien qu'il puisse également éclairer les plus âgés. L'iconographie, qui puise dans l'univers de l'enfance, s'inspire aussi du monde des mangas et nous renvoie à son titre original publié en japonais « Karada wo Mamoru Meneki no Fushigi ».

Rédiger un tel ouvrage était un défi à relever. Écrit à l'origine par un groupe de chercheurs japonais en Immunologie, il a été publié par la Société Japonaise d'Immunologie dans le cadre du « Day of Immunology 2008 ». Cette journée, destinée à rendre accessible l'immunologie au grand public, est relayée en Europe par « The European Federation of Immunological Societies (EFIS) » qui

a pris l'initiative de traduire cet ouvrage et de l'éditer en anglais. Puis, en 2010, la Société Française d'Immunologie (SFI), membre de l'EFIS, a décidé de le traduire en français. Cette démarche a rapidement été rejointe par le Collège des enseignants d'Immunologie (ASSIM). Ainsi, chercheurs et enseignants se sont unis pour éditer et promouvoir la diffusion de cette version française.

Que tous ceux qui ont participé à la réalisation de cet ouvrage soient chaleureusement remerciés, et tout particulièrement Séverine Brunet et Marie Beuzard pour la traduction originale du texte anglais, Catherine Fridman présidente de l'EFIS et Hans Yssel secrétaire général de la SFI pour l'initiative de ce projet et les Professeurs Sylvie Fournel, Olivier Boyer et Gilbert Faure pour leur travail d'édition du texte.

Ce premier tirage est destiné à favoriser des démarches de promotion de l'enseignement de l'Immunologie, et tout particulièrement en direction des élèves des collèges et lycées.

Nous espérons que cet ouvrage vous aidera à « mieux comprendre ou à mieux faire comprendre » le système immunitaire. N'hésitez pas à nous transmettre vos suggestions.

Mars 2010

*Société Française d'Immunologie*  
*Professeur Roland Liblau, Président*

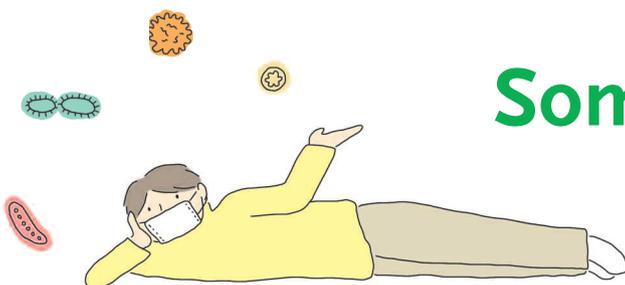
*Collège des enseignants d'Immunologie ASSIM*  
*Professeur Estelle Seillès, Présidente*

# Avant-Propos

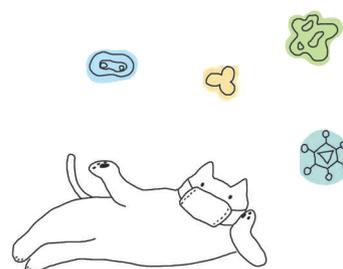
Le système immunitaire et ses dysfonctionnements concernent de plus en plus notre vie quotidienne. Une des missions de la Fédération Européenne des Sociétés d'Immunologie (EFIS) est de promouvoir l'immunologie auprès du grand public. Nous avons soutenu la publication de cet ouvrage tout d'abord en japonais, sa traduction en anglais puis dans de nombreuses langues grâce à la coopération des sociétés nationales d'immunologie. Cette édition en langue française est donc le fruit d'une longue démarche. Nous espérons qu'elle fera découvrir le monde merveilleux du système immunitaire non seulement aux enfants mais aussi aux adultes et qu'elle aidera à mieux comprendre les allergies, les maladies inflammatoires et autoimmunes, les immunodéficiences et l'importance des vaccins. Je remercie chaleureusement et personnellement au nom de l'EFIS, la SFI et l'ASSIM d'avoir permis la réalisation de cet ouvrage.

Mars 2010

*Catherine Sautès-Fridman*  
*Présidente de l'EFIS*



# Sommaire



Préface ..... 3

## 1<sup>re</sup> Partie Tout sur le système immunitaire

### 1 Les fondamentaux du système immunitaire

- Que fait le système immunitaire ? ..... 10
- T'es-tu déjà demandé pourquoi tu n'attrapais pas deux fois la même maladie ? ..... 12
- Où se trouve le système immunitaire dans ton corps ? ..... 14
- Les différentes cellules du système immunitaire ..... 16
- Trois façons de détruire un microbe ..... 18

### 2 Comment marche le système immunitaire

- Comment le système immunitaire reconnaît-il les microbes ? ..... 20
- Comment le système immunitaire peut-il reconnaître des microbes différents ? ..... 24
- Comment le système immunitaire se souvient-il des microbes qu'il a déjà rencontrés ? ..... 26

### 3 Où sont fabriquées les cellules du système immunitaire et où agissent-elles ?

- Où sont fabriquées les cellules immunitaires ? ..... 29
- Où les cellules immunitaires agissent-elles et comment y vont-elles ? ... 30
- Comment les cellules immunitaires trouvent-elles leur chemin ? ..... 32
- Comment les cellules immunitaires s'entraident-elles ? ..... 34
- Comment le système immunitaire se régule-t-il ? ..... 36
- Pourquoi le système immunitaire n'attaque-t-il pas le corps ni la nourriture ? ..... 38

## 2<sup>e</sup> Partie **Tout sur les maladies**

---

### **1 Combattre les maladies infectieuses**

- Tout savoir sur les microbes ..... 42
- Quelles sont les différentes maladies infectieuses ? ..... 44
- Qu'est-ce que le SIDA ? ..... 46
- Comment se protéger de la grippe aviaire ? ..... 48
- Jusqu'où les vaccins peuvent-ils nous aider ? ..... 50

### **2 Les maladies auto-immunes**

- Qu'est-ce qu'une maladie auto-immune ? ..... 52
- Quelles sont les différentes maladies auto-immunes ? ..... 54
- La polyarthrite rhumatoïde et son traitement ..... 56

### **3 Les allergies sont aussi des réactions immunitaires**

- Qu'est-ce qu'une allergie ? ..... 58
- Même ces produits peuvent déclencher une allergie ..... 60
- Comment se développe l'asthme ? ..... 62
- Peut-on traiter le rhume des foins ? ..... 64

### **4 Peut-on utiliser l'immunologie pour traiter le cancer ?**

- Qu'est-ce que le cancer ? ..... 66
- Comment le système immunitaire lutte-t-il contre le cancer ? ..... 68
- Soigner le cancer avec l'immunothérapie ..... 70

- Postface ..... 72

**1<sup>re</sup> Partie**



**Tout sur le système  
immunitaire**

# 1. Les fondamentaux du système immunitaire

## Que fait le système immunitaire ?

Sais-tu ce qu'est le système immunitaire ? Sais-tu où tu peux le trouver dans ton corps ? Sais-tu ce qu'il fait ?

Quand tu te sens bien, tu ne penses pas à ton système immunitaire ni à ce qu'il fait. Mais que crois-tu qu'il t'arriverait si tu n'en avais pas ?

Voyons voir !

Environ un bébé sur 100 000 vient au monde sans système immunitaire. Cette maladie est connue sous le nom, long et un peu compliqué, de **Syndrome d'Immuno-déficience Combinée Sévère** ou **SCID**. Les enfants nés avec ce déficit n'ont aucune des protections contre les pathogènes qu'ont les bébés en bonne santé.

Par pathogènes, nous entendons les **microbes** comme les bactéries, les virus et les champignons qui peuvent te rendre malade. C'est pourquoi les bébés atteints de SCID sont très malades quand ils ont une infection.



**Syndrome d'Immuno-déficience Combinée Sévère**

**100,000**

SIDA

VIH

Tu as sans doute entendu parler d'une maladie appelé le SIDA. Le SIDA détruit les défenses du corps et le rend incapable de se protéger contre toutes sortes de microbes.

Le SIDA fait cela en empêchant le système immunitaire de fonctionner normalement.

Il y a toutes sortes de microbes qui flottent dans l'air.



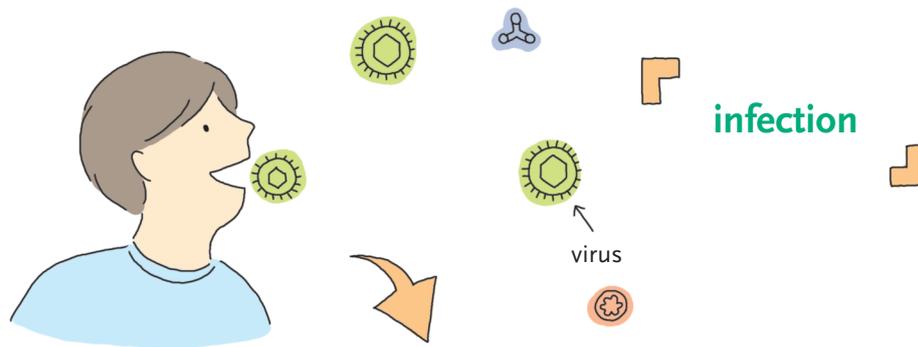
Tu te rends donc compte que si tu étais né sans système immunitaire ou que si ton système immunitaire ne fonctionnait plus, tu serais à la merci de microbes contre lesquels ton corps te protège normalement. Tu vois, même si tu as l'impression que ton système immunitaire ne fait pas grand chose, en fait il est toujours là et il protège ton corps jour et nuit.



## T'es-tu déjà demandé pourquoi tu n'attrapais pas deux fois la même maladie ?

Quand des microbes entrent dans ton corps, tu as ce qu'on appelle une **infection**. Habituellement, quand tu attrapes une infection, tu as de la fièvre et parfois mal au ventre et de la diarrhée. Cependant, si tu te reposes un peu, dans la plupart des cas tu te sens de nouveau bien rapidement.

C'est ton système immunitaire que tu dois remercier pour cette guérison. Mais ce n'est pas tout ce que fait ton système immunitaire pour toi.



Je suis sûr que tu as déjà entendu des gens dire « J'ai déjà eu les oreillons, donc ça devrait aller » ou « J'ai déjà eu la grippe cette année, donc je ne devrais pas l'attraper à nouveau ». Ce que les gens veulent dire, c'est que si un microbe te rend malade une fois et que tu guéris, tu ne retomberas pas malade à cause de lui une deuxième fois.

Cette capacité est une autre fonction importante de ton système immunitaire.

Ton système immunitaire se souvient de tous les microbes qui t'ont infecté. Donc, si tu en rencontres un à nouveau, tu ne tomberas pas malade.





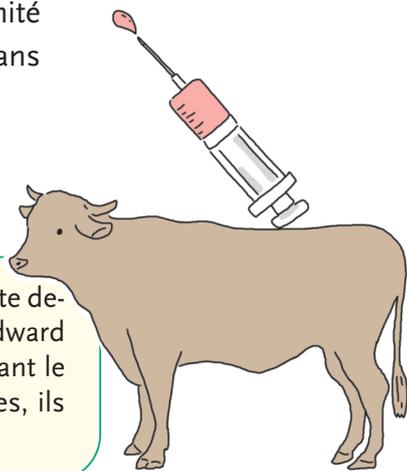
## Mémoire immunitaire

Les scientifiques appellent cette capacité la **mémoire immunitaire**.

La mémoire immunitaire te protège et t'empêche de retomber malade quand tu rencontres une deuxième fois un microbe. Par contre, elle ne peut rien faire si tu es infecté par un nouveau microbe. A chaque nouvelle infection, le système immunitaire doit repartir de zéro pour mémoriser le microbe qui l'a déclenchée.

Chaque jour, chacun de nous rencontre des milliers de microbes. Quand nous sommes adultes, notre système immunitaire en a mémorisé un nombre incroyable. Les vaccins, que tu as reçus quand tu étais petit, augmentent le nombre de microbes que ton corps peut reconnaître. Ils contenaient des microbes qui avaient été affaiblis pour que tu puisse développer une immunité contre eux sans être malade.

Le mot vaccin vient du latin vacca ou vache. Mais, tu dois te demander quel est le rapport entre les vaccins et les vaches ? Edward Jenner a découvert la vaccination en montrant qu'en injectant le virus de la vaccine, une maladie de la vache, à des hommes, ils étaient protégés d'une maladie mortelle appelée la variole.



## Où se trouve le système immunitaire dans ton corps ?

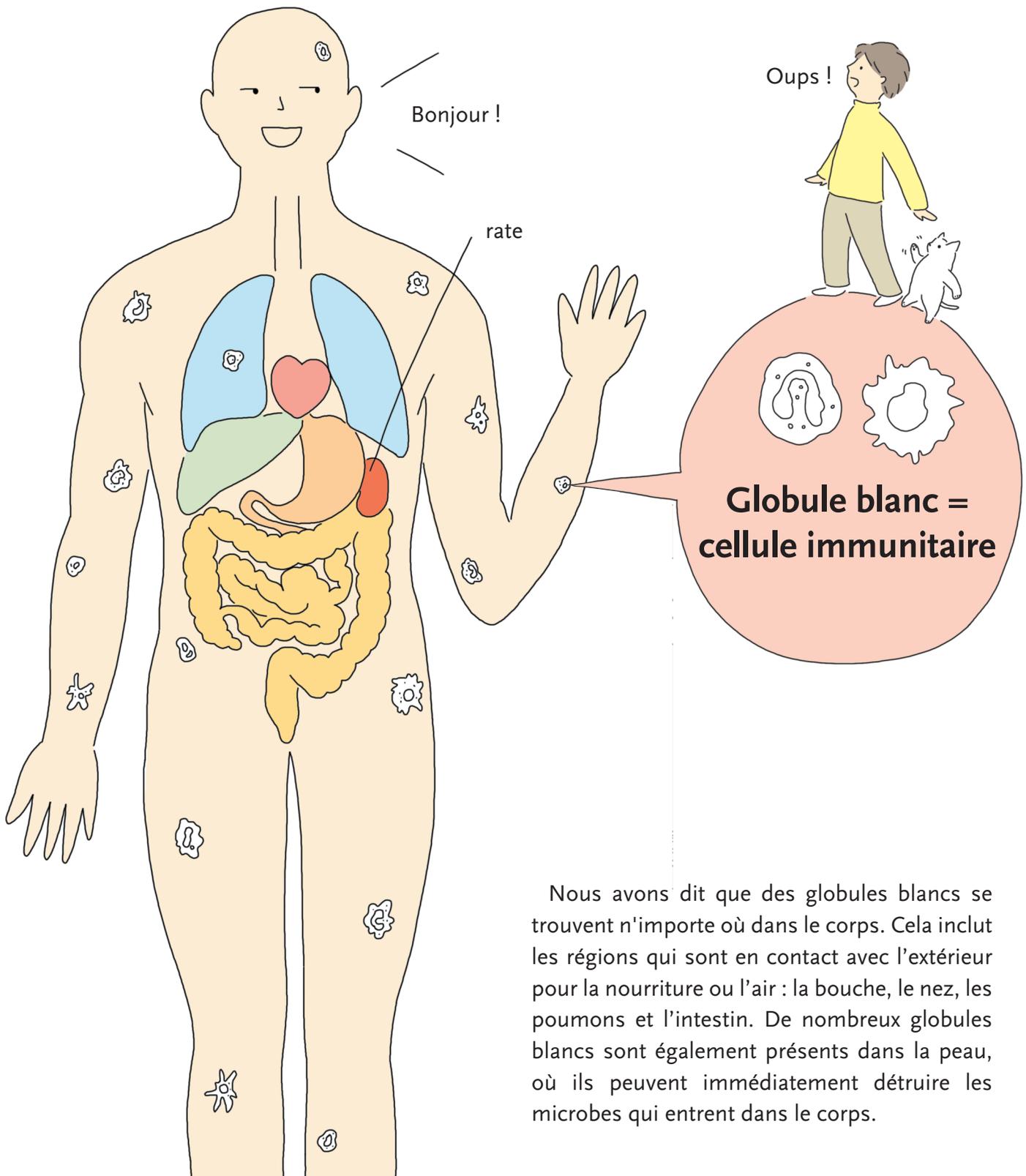


Notre corps est constitué de très petites unités que l'on appelle les cellules. Elles sont si petites qu'on ne peut pas les voir à l'œil nu. Dans ton corps, il y a une incroyable variété de cellules, chacune avec une fonction qui lui est propre. Le système immunitaire est, lui aussi, composé de cellules spécialisées. Ces cellules sont appelées les cellules immunitaires.

Notre sang est rouge car il contient un nombre important de globules rouges que l'on appelle les érythrocytes. Cependant, il contient aussi des globules blancs ou leucocytes. Ces globules blancs sont les cellules de ton système immunitaire.

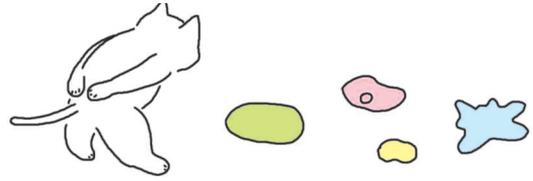


Parce que le sang circule dans tout notre corps, les globules blancs sont aussi présents partout. Donc, pour répondre à la question posée, tu peux trouver le système immunitaire n'importe où et partout dans ton corps. Cependant, à certains endroits du corps, les globules blancs sont particulièrement concentrés : par exemple dans les ganglions et la rate. Ces organes sont importants car c'est là que la réponse immunitaire démarre quand tu as une infection. Nous reparlerons des ganglions et de la rate plus tard.



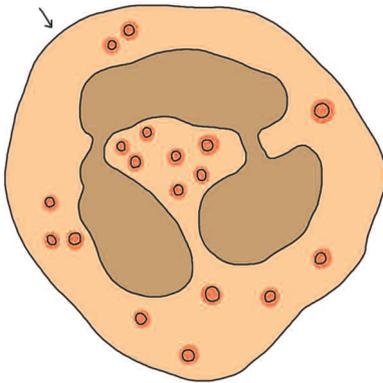
Nous avons dit que des globules blancs se trouvent n'importe où dans le corps. Cela inclut les régions qui sont en contact avec l'extérieur pour la nourriture ou l'air : la bouche, le nez, les poumons et l'intestin. De nombreux globules blancs sont également présents dans la peau, où ils peuvent immédiatement détruire les microbes qui entrent dans le corps.

# Les différentes cellules du système immunitaire



A présent, regardons quelques unes des cellules qui constituent le système immunitaire. (Souviens-toi que ce sont des globules blancs).

neutrophile

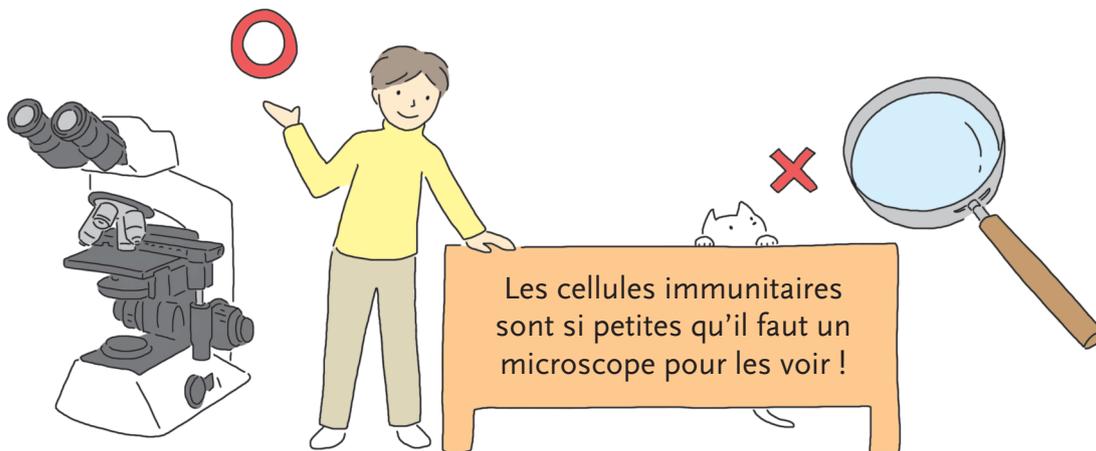
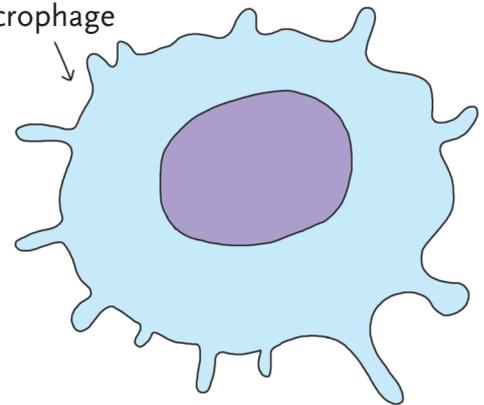


Si tu te blesses et que ta peau est coupée, des microbes peuvent entrer dans ton corps par la coupure. Quand cela arrive, les neutrophiles, un groupe de globules blancs qui sont toujours présents dans le sang se déplacent vers la plaie pour détruire les germes.

Les macrophages sont d'autres globules blancs qui détruisent les microbes en les mangeant.

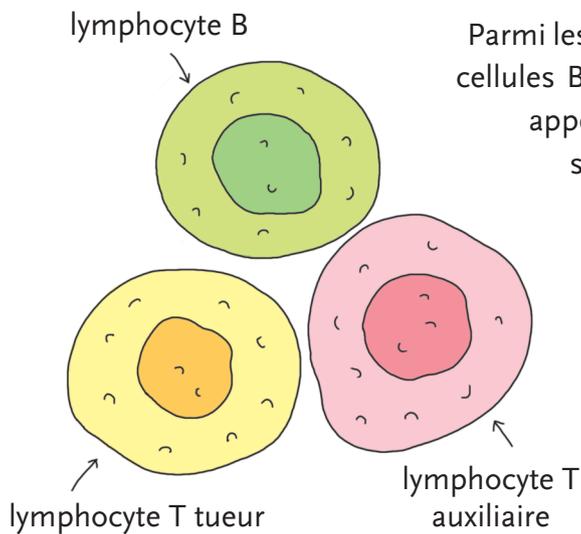
Il y a des macrophages dans les poumons, le foie, la peau et le tube digestif.

macrophage

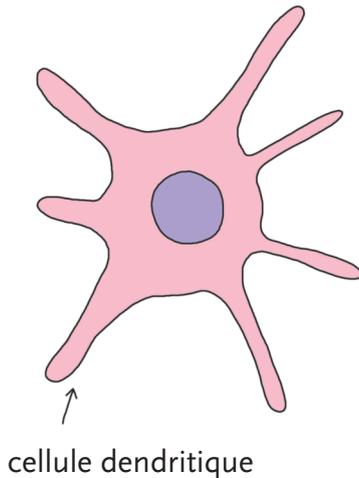


Les cellules immunitaires sont si petites qu'il faut un microscope pour les voir !

Les lymphocytes sont un autre groupe de globules blancs. Ce sont les plus petits de la famille. Ils peuvent mesurer moins d' $1/100^{\text{e}}$  de millimètre soit 10 microns. Si tu les regardes au microscope, ils se ressemblent tous. Mais, si tu y regardes de plus près, tu te rendras compte qu'il en existe de nombreuses sortes, chacun avec une fonction qui lui est propre !



Parmi les lymphocytes, tu pourras trouver les lymphocytes B ou cellules B. Les lymphocytes B produisent des armes spéciales appelées **anticorps** qui se collent aux microbes et aident le système immunitaire à les détruire. Tu trouveras aussi des lymphocytes T auxiliaires et des lymphocytes T tueurs. Les lymphocytes T auxiliaires aident les lymphocytes B à produire des anticorps et augmentent la capacité des macrophages à attaquer les microbes. Les lymphocytes T tueurs, comme le suggère leur nom, sont les tireurs d'élites de la famille des globules blancs. Ils « liquident » les cellules de notre organisme qui ont été infectées par un virus.

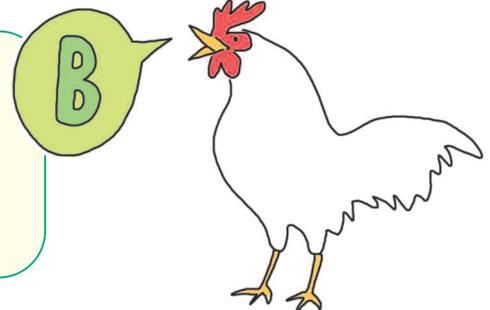


D'autres globules blancs importants s'appellent les cellules dendritiques. Le nom de ces cellules vient des bras qu'elles possèdent et qui rayonnent comme les branches d'un arbre (*Dendron* vient du grec et signifie arbre).

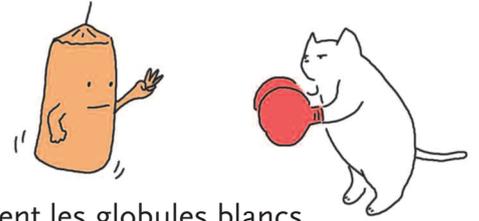
Quand les microbes pénètrent dans ton corps, les cellules dendritiques aident les cellules T auxiliaires à comprendre de quel microbe il s'agit et leur indiquent le meilleur moyen de les détruire.

Nous avons donc appris que différents globules blancs sont concentrés dans diverses régions du corps (rate et ganglions, par exemple). Et nous savons aussi qu'à l'aide de leurs différentes capacités, ils travaillent, tous ensemble, pour protéger le corps !

Chez l'homme, le B de lymphocyte vient de l'anglais **Bone marrow** qui signifie moelle osseuse. C'est le lieu de production de ces cellules. Chez les oiseaux, B vient de **Bourse de Fabricius** où ces cellules sont produites. Le T de lymphocyte T vient de **Thymus**, l'organe où ces cellules se développent.



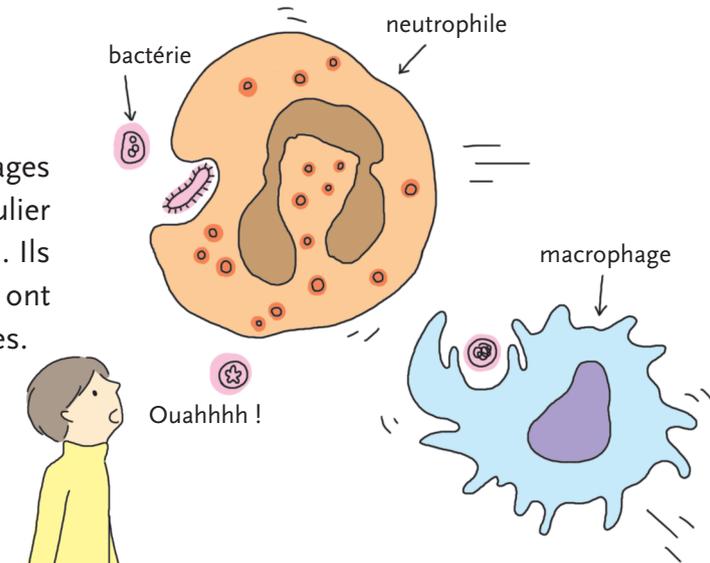
# Trois façons de détruire un microbe



Maintenant essayons d'en apprendre un peu plus sur comment les globules blancs débarrassent ton corps des microbes dangereux.

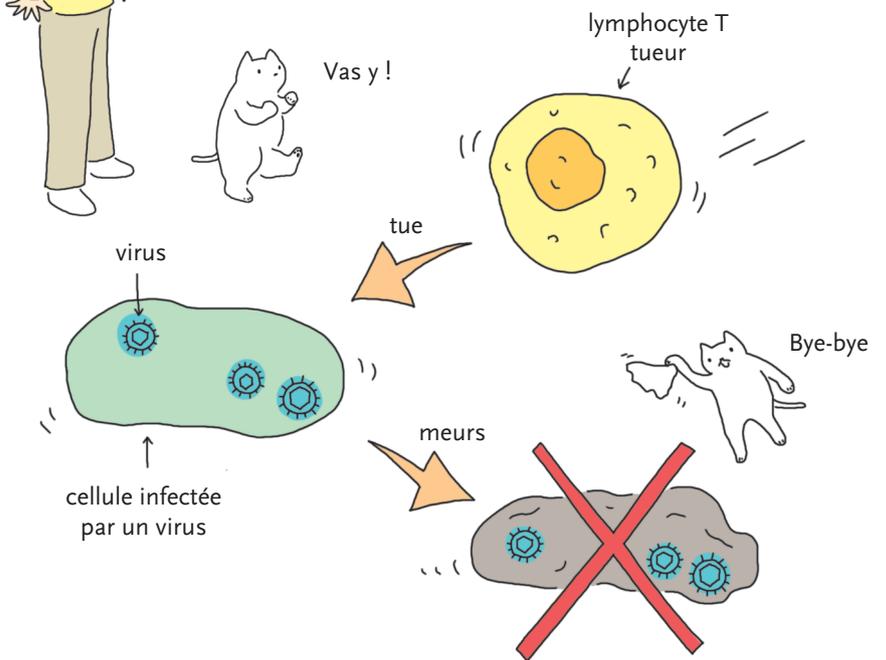
## 1 Les avaler en un seul morceau

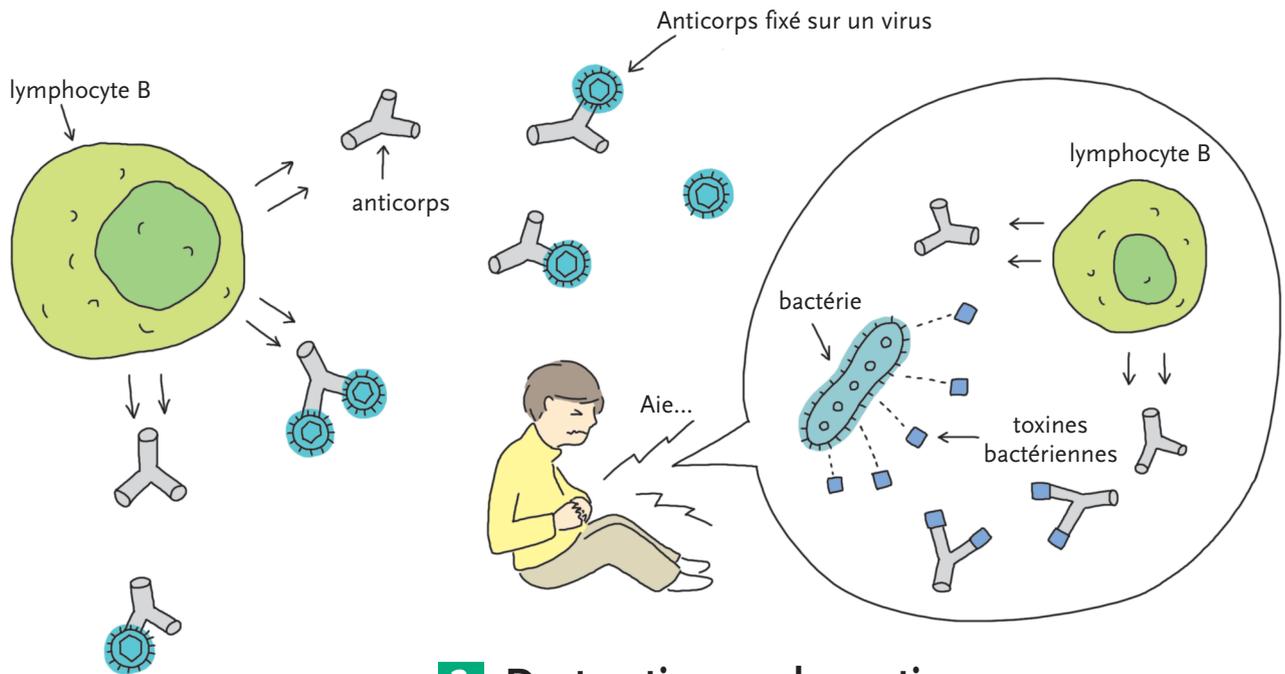
Les neutrophiles et les macrophages avalent les microbes, en particulier les bactéries, en un seul morceau. Ils tuent alors les bactéries qu'ils ont avalées en les réduisant en miettes.



## 2 Tuer les cellules infectées

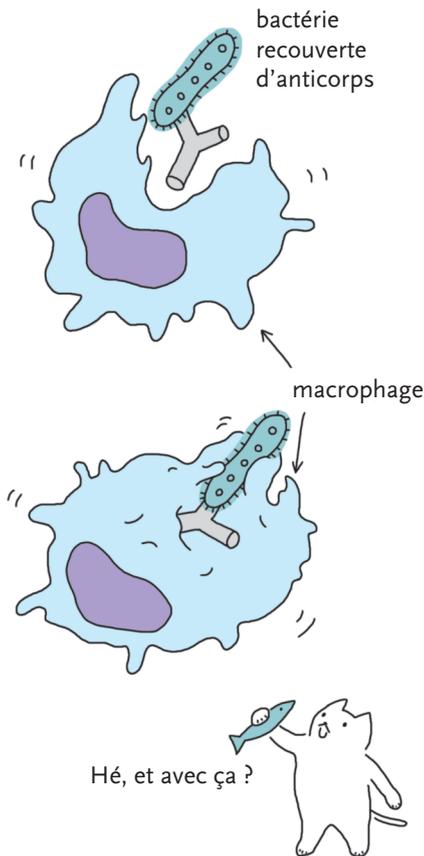
Les cellules infectées par un virus sont très dangereuses pour le corps et doivent être éliminées au plus vite. C'est là qu'interviennent les lymphocytes T tueurs. Les lymphocytes T tueurs trouvent les cellules infectées par les virus où ils se multiplient, ils les détruisent et bloquent la diffusion des virus.





### 3 Destruction par les anticorps

A l'intérieur du corps, les bactéries non seulement se multiplient, mais elles produisent aussi des toxines dangereuses pour le corps qui sont appelées **toxines bactériennes**. Pour empêcher le fonctionnement de ces toxines, les lymphocytes B les détruisent avec des armes appelées anticorps. Les anticorps peuvent également se coller aux virus pour éviter qu'ils ne pénètrent dans les cellules. Et un virus qui ne peut entrer dans une cellule ne peut pas se multiplier !



Les anticorps ont un autre rôle important. Ils s'attachent aux bactéries afin de les rendre appétissantes pour les macrophages. Même si les macrophages peuvent avaler les bactéries en toutes circonstances, ils le font beaucoup mieux quand elles sont recouvertes d'anticorps. Les anticorps voyagent dans tout le corps grâce au sang. Cela veut dire que, quelle que soit la région du corps infectée, les anticorps peuvent l'atteindre rapidement pour combattre les microbes dangereux !

## 2. Comment fonctionne le système immunitaire

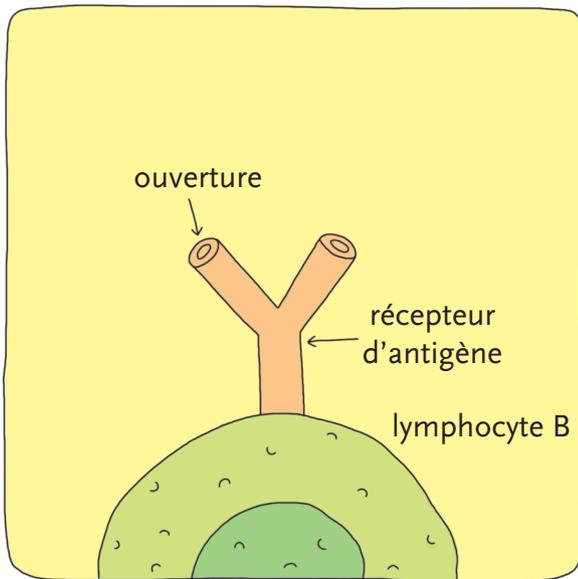
### Comment le système immunitaire reconnaît-il les microbes ?

Le système immunitaire est capable d'identifier le microbe qui a infecté ton corps et de choisir les meilleures armes pour l'éliminer. Précédemment, nous avons appris que, grâce à la mémoire immunitaire, les gens qui avaient déjà eu les oreillons ne pouvaient pas les avoir une deuxième fois. Cependant, cela ne les empêchera pas d'avoir une autre maladie, comme la rougeole. Les cellules du système immunitaire peuvent faire la différence entre le virus des oreillons et le virus de la rougeole car elles se souviennent de ces virus comme étant totalement différents.

Cette faculté du système immunitaire est connue sous le terme un peu compliqué de **spécificité antigénique**.



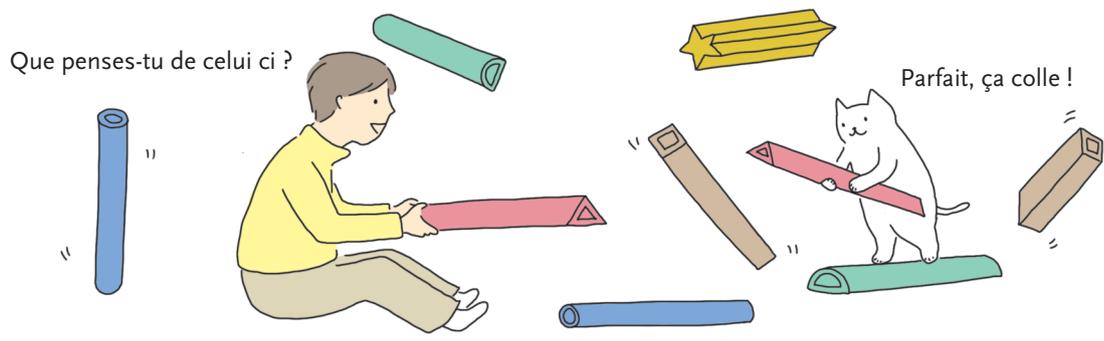
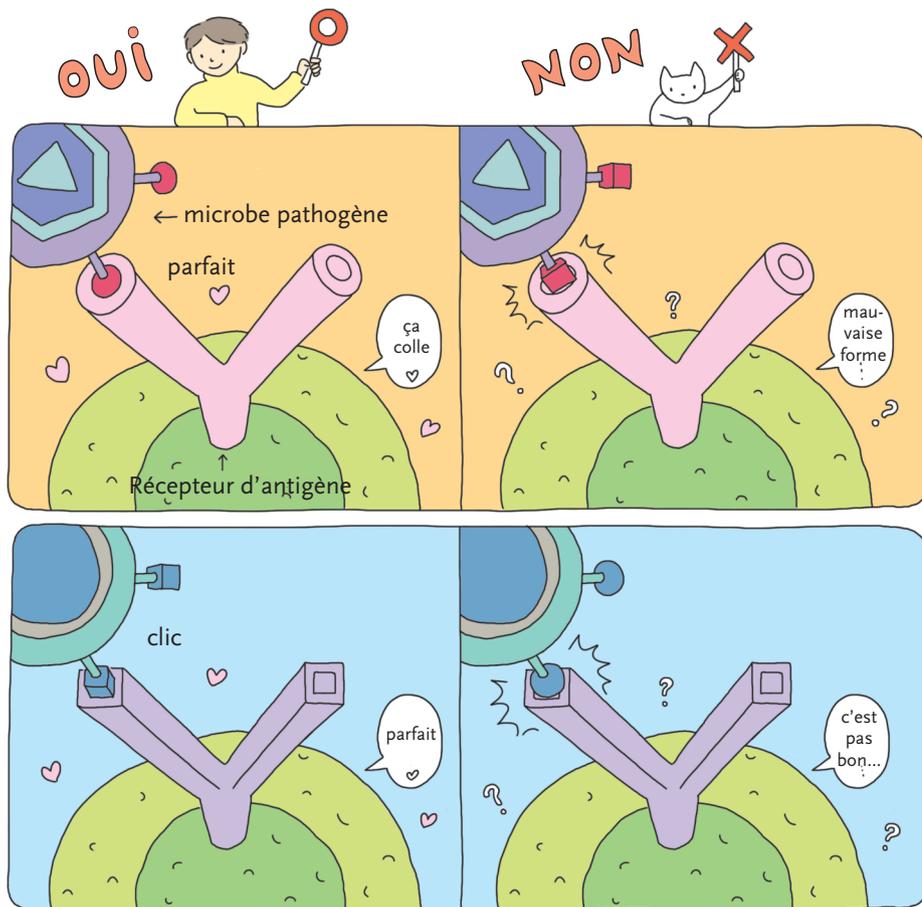
Comment le système immunitaire parvient-il à différencier les microbes ?



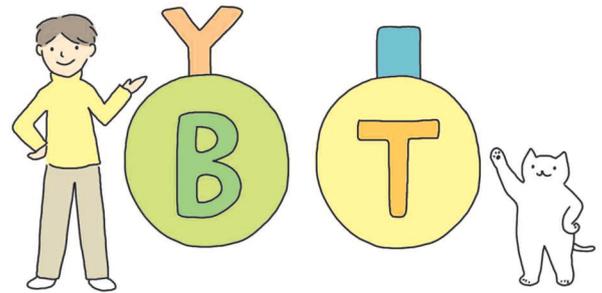
Le travail de reconnaître les différents microbes revient aux lymphocytes.

Les lymphocytes B et T possèdent sur toute leur surface des outils spécifiques leur permettant de différencier les différents microbes. Ces outils sont appelés des **récepteurs d'antigène**. Ils ressemblent à de petites tiges avec un trou à leur extrémité. Certains de ces trous sont façonnés pour reconnaître uniquement le virus de la rougeole alors que d'autres sont faits pour reconnaître le virus des oreillons ou d'autres microbes.

Le système immunitaire saura donc si un microbe est déjà entré dans le corps et sera capable de l'identifier précisément s'il possède des cellules avec les récepteurs à l'antigène qui le reconnaissent.



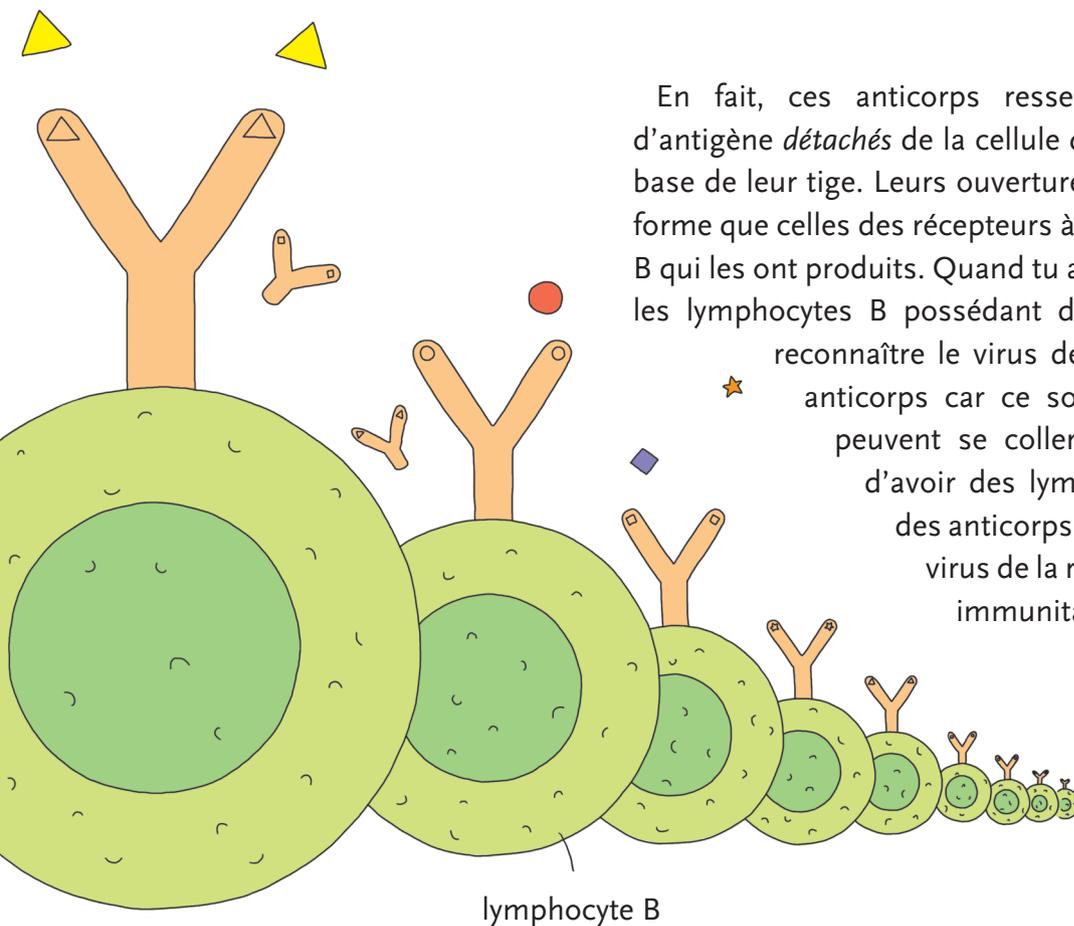
Les lymphocytes B et T possèdent tous les deux des récepteurs d'antigène qui reconnaissent différents pathogènes, mais leurs formes et leurs fonctions sont un peu différentes. Les récepteurs d'antigène des lymphocytes B ressemblent à un Y, et ont une ouverture au bout de chaque bras.



Les récepteurs des lymphocytes T en revanche ressemblent à une tige avec un seul trou à l'extrémité.

Précédemment, nous t'avons dit que les lymphocytes B se débarrassaient des pathogènes en produisant des anticorps qui les aident à les détruire.

En fait, ces anticorps ressemblent à des récepteurs d'antigène *détachés* de la cellule qui auraient été coupés à la base de leur tige. Leurs ouvertures ont exactement la même forme que celles des récepteurs à l'antigène des lymphocytes B qui les ont produits. Quand tu attrapes les oreillons, seules les lymphocytes B possédant des récepteurs capables de reconnaître le virus des oreillons produiront des anticorps car ce sont les seuls anticorps qui peuvent se coller au virus. Il serait inutile d'avoir des lymphocytes B qui produisent des anticorps qui se fixent par exemple au virus de la rougeole. Tu vois, le système immunitaire est très astucieux !



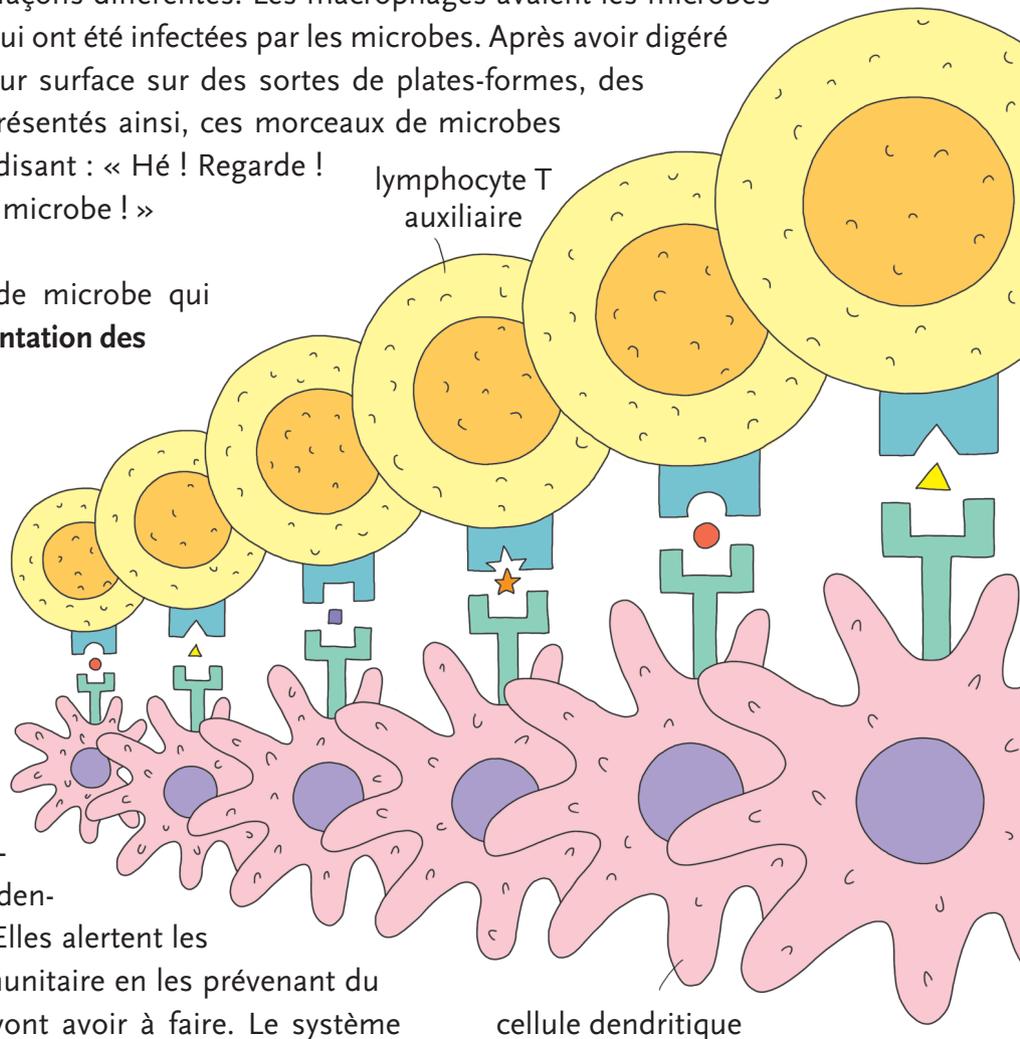
Contrairement aux anticorps, les récepteurs des lymphocytes T ne peuvent pas se fixer sur des microbes sans aide.

Les cellules dendritiques dérivées des macrophages, dont nous avons parlé précédemment, jouent un rôle important. Les cellules dendritiques et les macrophages débarrassent le corps des microbes de deux façons différentes. Les macrophages avalent les microbes ou bien ils avalent des cellules qui ont été infectées par les microbes. Après avoir digéré ces microbes, ils exposent à leur surface sur des sortes de plates-formes, des petits morceaux du microbe. Présentés ainsi, ces morceaux de microbes appellent les cellules T en leur disant : « Hé ! Regarde ! Nous avons été infectés par CE microbe ! »

Cette signalisation du type de microbe qui cause l'infection s'appelle **présentation des antigènes**.

Comme les morceaux de virus différents, ceux des oreillons ou de la rougeole par exemple, ont des formes différentes, les lymphocytes T peuvent dire quel virus a infecté ton corps !

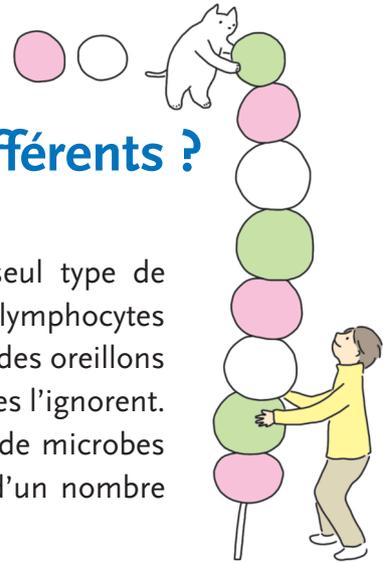
Une fois que les cellules dendritiques ont présenté un antigène (le morceau de microbe), les cellules T peuvent l'identifier et poursuivre leur travail. Elles alertent les autres cellules du système immunitaire en les prévenant du type de microbe auquel elles vont avoir à faire. Le système immunitaire peut alors commencer à attaquer les microbes qui ont envahi et se sont multipliés dans les cellules de ton corps.



La plate-forme décrite plus haut est connue sous le nom de Complexe Majeur d'Histocompatibilité (CMH). Il porte ce nom car il détermine la capacité du corps à accepter un tissu ou un organe transplanté. *Histo* est le nom latin pour tissu et compatibilité veut dire « ça correspond ». Améliorer nos connaissances sur le fonctionnement du CMH est vital pour progresser dans le domaine des transplantations ou des traitements par l'utilisation des cellules souches dans les maladies dégénératives.

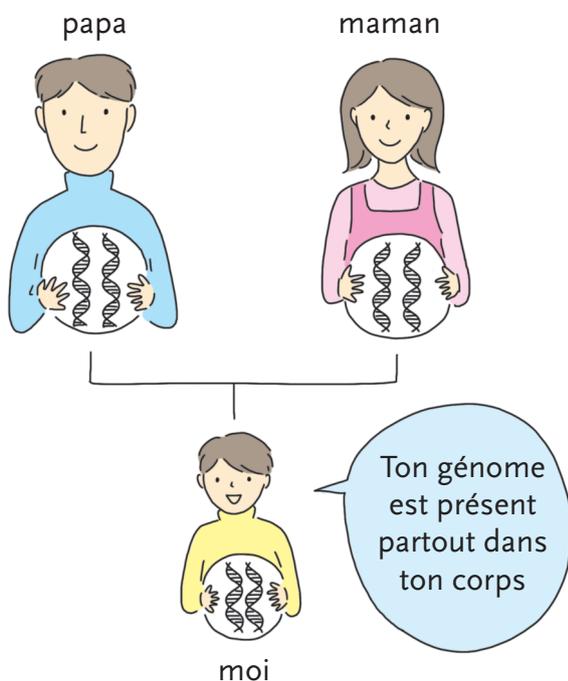
## Comment le système immunitaire peut-il reconnaître des microbes différents ?

Nous avons appris que chaque lymphocyte n'a qu'un seul type de récepteur d'antigène. Quand tu attrapes les oreillons, seuls les lymphocytes porteurs des récepteurs d'antigène qui reconnaissent le virus des oreillons peuvent le détecter. Les cellules qui détectent d'autres microbes l'ignorent. Mais, autour de nous, il existe des millions et des millions de microbes différents. Pour être bien protégé, le corps a donc besoin d'un nombre considérable de lymphocytes différents.



Heureusement, c'est le cas. Si tu cherches combien de récepteurs d'antigène un humain possède, tu découvriras qu'il en existe plus de 10 MILLIARDS, tous différents ; soit 10 000 000 000. Avec autant de récepteurs d'antigène différents, il y a de fortes chances pour que n'importe quel microbe qui pénètre dans l'organisme soit reconnu par au moins un lymphocyte . Avec tous ces lymphocytes qui travaillent ensemble, le système immunitaire peut protéger ton corps contre une énorme variété de microbes.

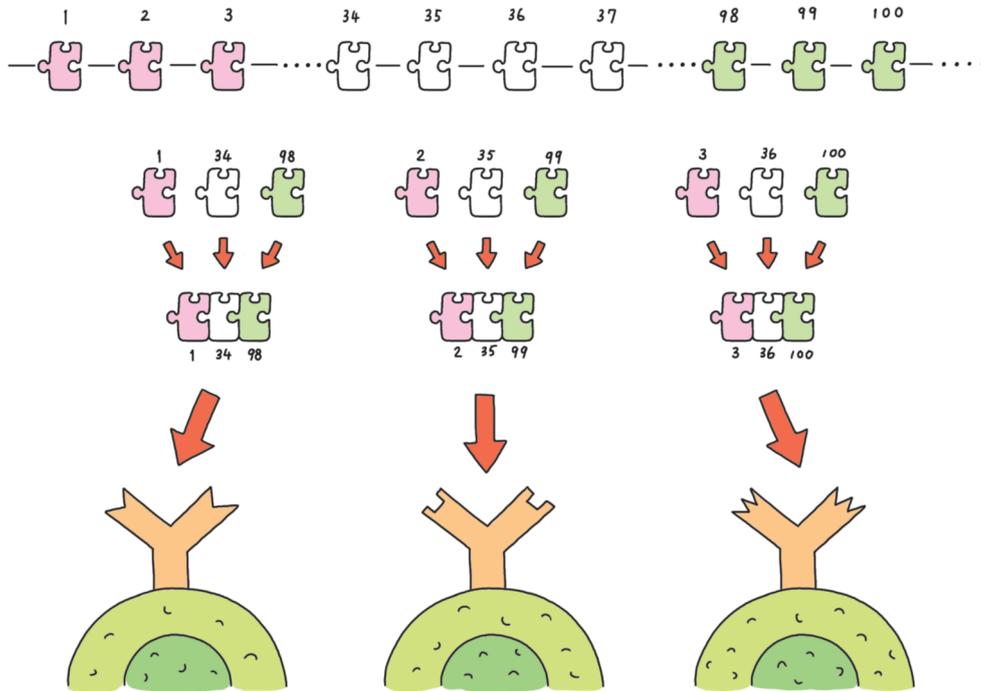
### Gènes



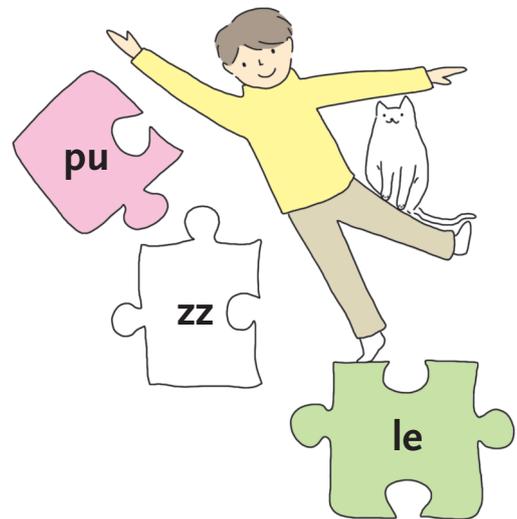
Mais, comment ton corps peut-il fabriquer autant de récepteurs d'antigène différents ?

Nos parents nous transmettent environ 30 000 à 40 000 gènes ; l'ensemble de ces gènes est appelé **génom**. Dans le génome, des gènes servent à fabriquer différentes parties du corps comme les muscles, la peau, les os, .... tous les organes. Et il existe aussi des gènes qui servent à fabriquer les récepteurs d'antigène.

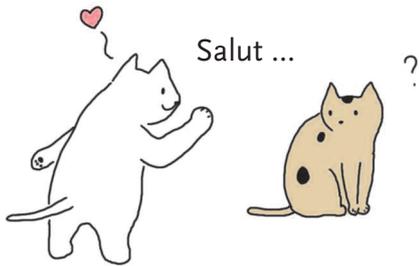
Habituellement, un gène produit un élément du corps, mais ce n'est pas le cas pour les récepteurs d'antigène. Les gènes qui les fabriquent sont divisés en fragments comme les pièces d'un puzzle. C'est seulement à l'intérieur des lymphocytes que ces gènes peuvent s'assembler de différentes façons pour produire de nombreux récepteurs d'antigène différents.



Parmi les centaines de pièces de puzzle disponibles, un lymphocyte en choisit deux ou trois qu'il associe. Chaque lymphocyte rassemble ces pièces de façons différentes, et grâce à cet assemblage au hasard, un nombre extraordinaire de récepteurs d'antigène peut être fabriqué.



# Comment le système immunitaire se souvient-il des microbes qu'il a déjà rencontrés ?



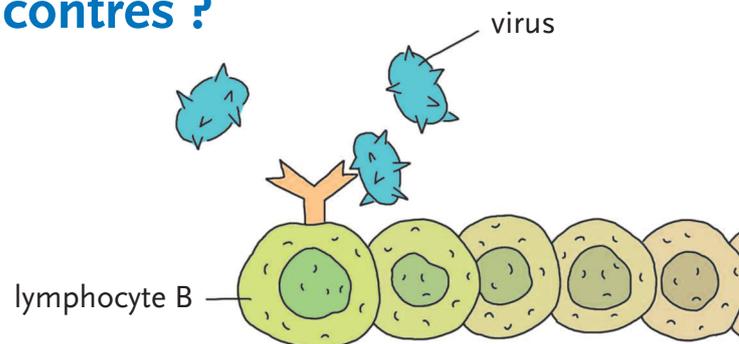
Les lymphocytes se souviennent des microbes qu'ils ont déjà rencontrés.

La première fois qu'un lymphocyte B rencontre un microbe, il lui faut plus d'une semaine pour produire des anticorps.

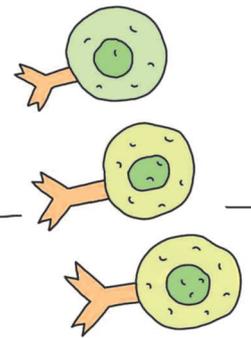
Pendant ce temps, le lymphocyte B se transforme en une cellule capable de produire une quantité importante d'anticorps. Cependant, tous les lymphocytes B ne deviennent pas des **cellules productrices d'anticorps**. Certains lymphocytes B ont pour mission de se souvenir du microbe qu'ils viennent de rencontrer. Ces cellules sont appelées **lymphocytes B mémoires**.

Quand un lymphocyte B mémoire rencontre à nouveau le microbe dont il se souvient, il se met au travail immédiatement et produit une énorme quantité d'anticorps en seulement quelques jours.

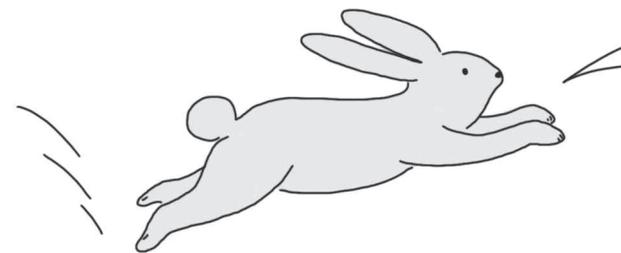
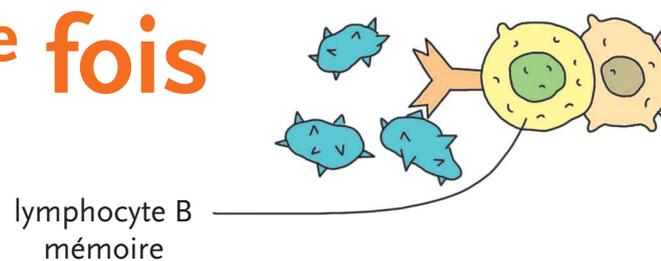
Mais les lymphocytes mémoires ne sont pas seulement plus rapides pour fabriquer des anticorps. Ils fabriquent aussi des anticorps de meilleure qualité qu'un lymphocyte B qui rencontre un microbe pour la première fois. Ces « super-anticorps » peuvent, par exemple, se fixer plus solidement aux toxines bactériennes. Ils sont aussi plus efficaces pour signaler des bactéries aux macrophages qui doivent les trouver et les manger !

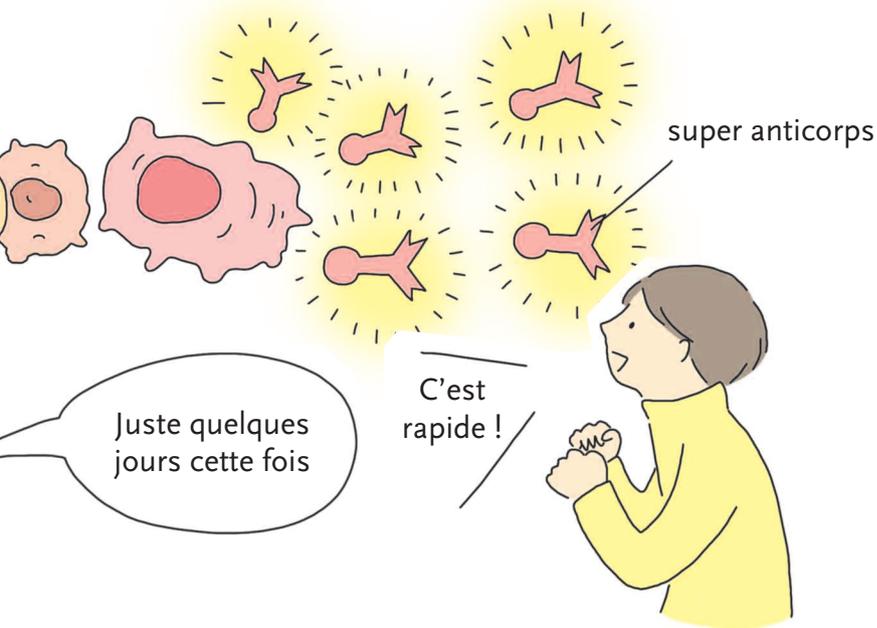
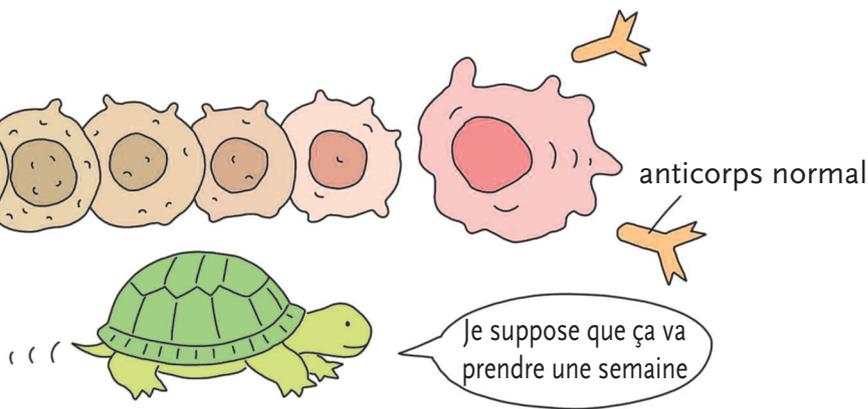


## 1<sup>re</sup> fois



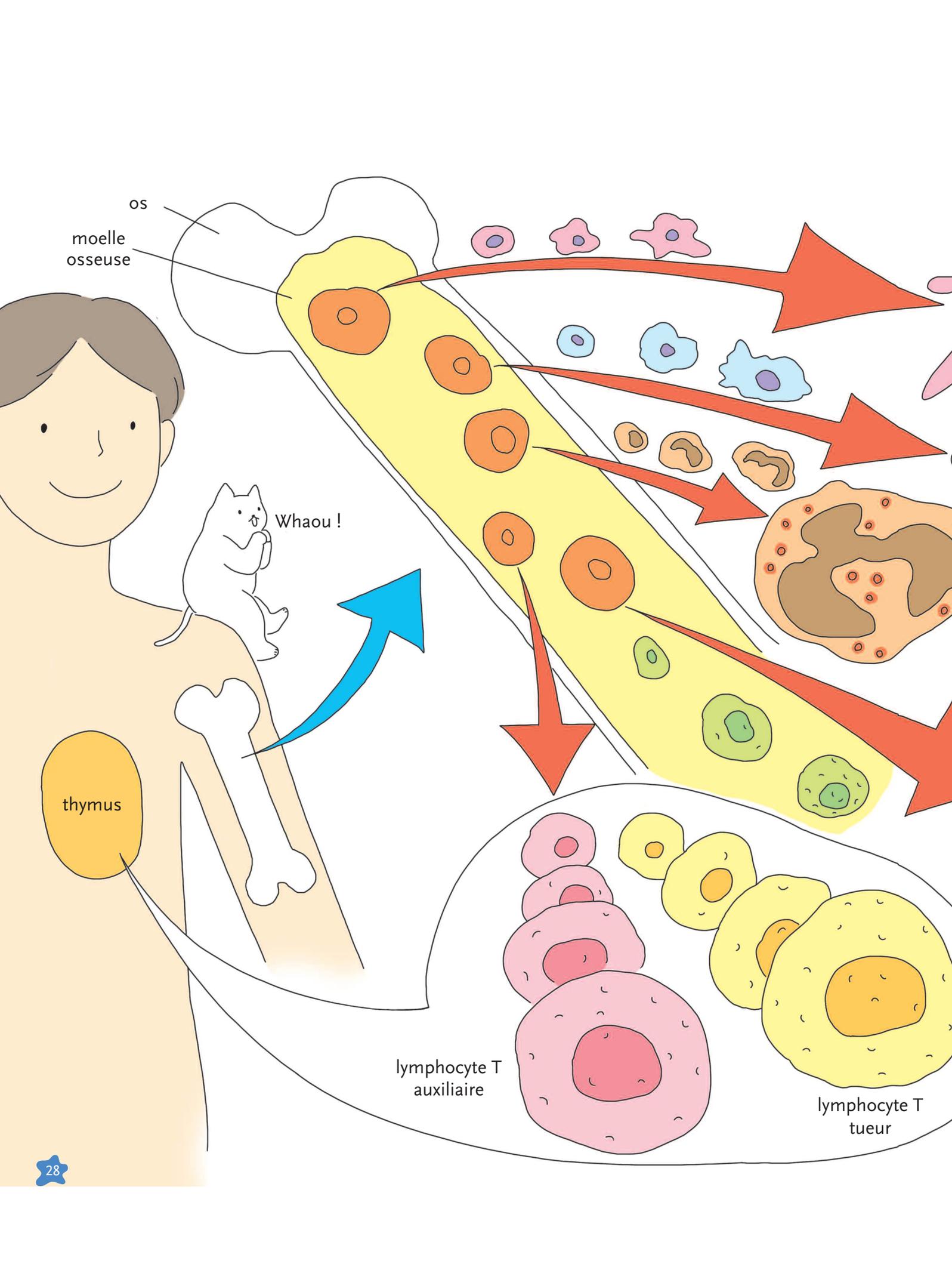
## 2<sup>e</sup> fois





Les lymphocytes T peuvent aussi devenir des lymphocytes mémoires. Normalement, les lymphocytes T auxiliaires et les lymphocytes T tueurs patrouillent à travers ton corps. Lorsqu'ils rencontrent un microbe, les lymphocytes T possédant des récepteurs d'antigène qui reconnaissent le microbe se divisent rapidement et se préparent à agir. Il faut environ une semaine pour qu'ils soient prêts à agir. Pendant ce temps, quelques lymphocytes T auxiliaires se transforment en lymphocytes T mémoires. S'ils rencontrent le même microbe à nouveau, ils seront prêts à agir immédiatement.

Les gens qui ont guéri des oreillons ont un grand nombre de lymphocytes B et T mémoires capables de reconnaître uniquement ce virus. De même, les gens qui ont eu d'autres infections ont beaucoup de lymphocytes T et B mémoires qui reconnaissent les microbes qui ont causé ces différentes infections.



os

moelle osseuse

Whaou !

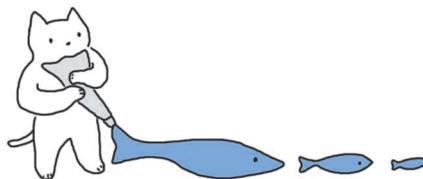
thymus

lymphocyte T  
auxiliaire

lymphocyte T  
tueur

### 3. Où sont fabriquées les cellules du système immunitaire et où agissent-elles ?

#### Où sont fabriquées les cellules immunitaires ?



Toutes les cellules du système immunitaire sont des globules blancs et elles sont produites dans les os. Les os sont très durs, mais leur centre plus mou qui ressemble à une éponge est appelé la **moelle osseuse**. Les cellules du sang sont fabriquées à partir de cellules spéciales qui se trouvent dans la moelle osseuse appelées **cellules hématopoïétiques ou cellules souches sanguines**. A partir d'une seule cellule souche, on peut fabriquer un nombre quasi infini de n'importe quelle cellule du système immunitaire !

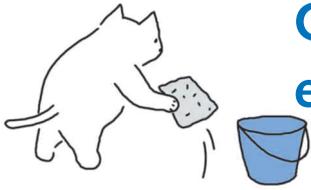
Comme les globules rouges et les plaquettes, la plupart des cellules du système immunitaire telles que les polynucléaires neutrophiles, les macrophages et les lymphocytes B sont fabriquées dans la moelle osseuse. Seuls les lymphocytes T sont différents. Ils sont produits dans un organe particulier, localisé près du cœur, appelé le **thymus**. Les cellules souches qui doivent devenir des cellules T quittent la moelle osseuse pour aller dans cet organe où elles vont devenir matures.

Ces nouvelles cellules quittent alors le thymus et la moelle osseuse et diffusent dans tout le corps via les vaisseaux sanguins. Elles vont dans les ganglions et la rate, l'endroit où la réponse immunitaire est mise en place, pour commencer à travailler.

D'où vient le nom thymus ?

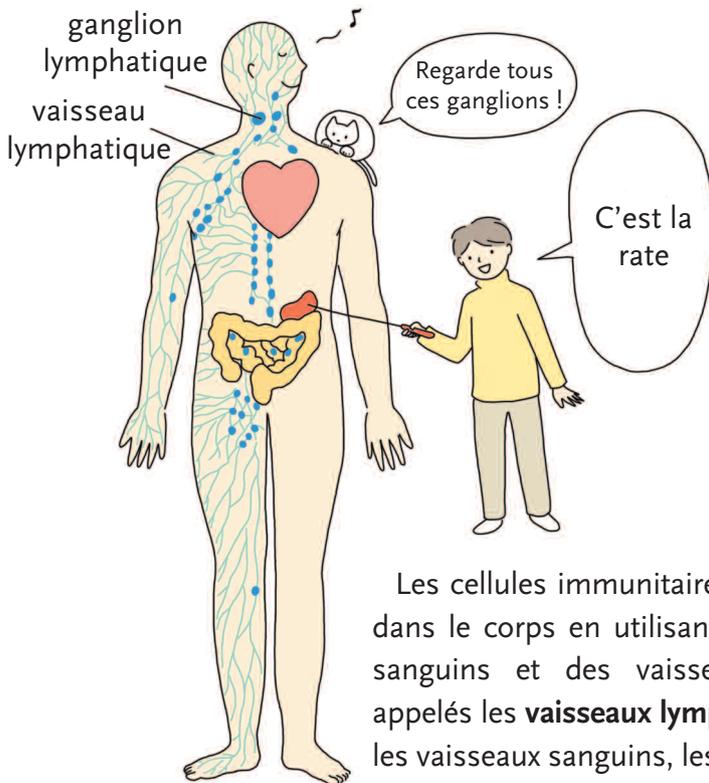
Certains pensent que cela vient de ce que le thymus des veaux, parfois utilisé en cuisine, a l'odeur du thym.





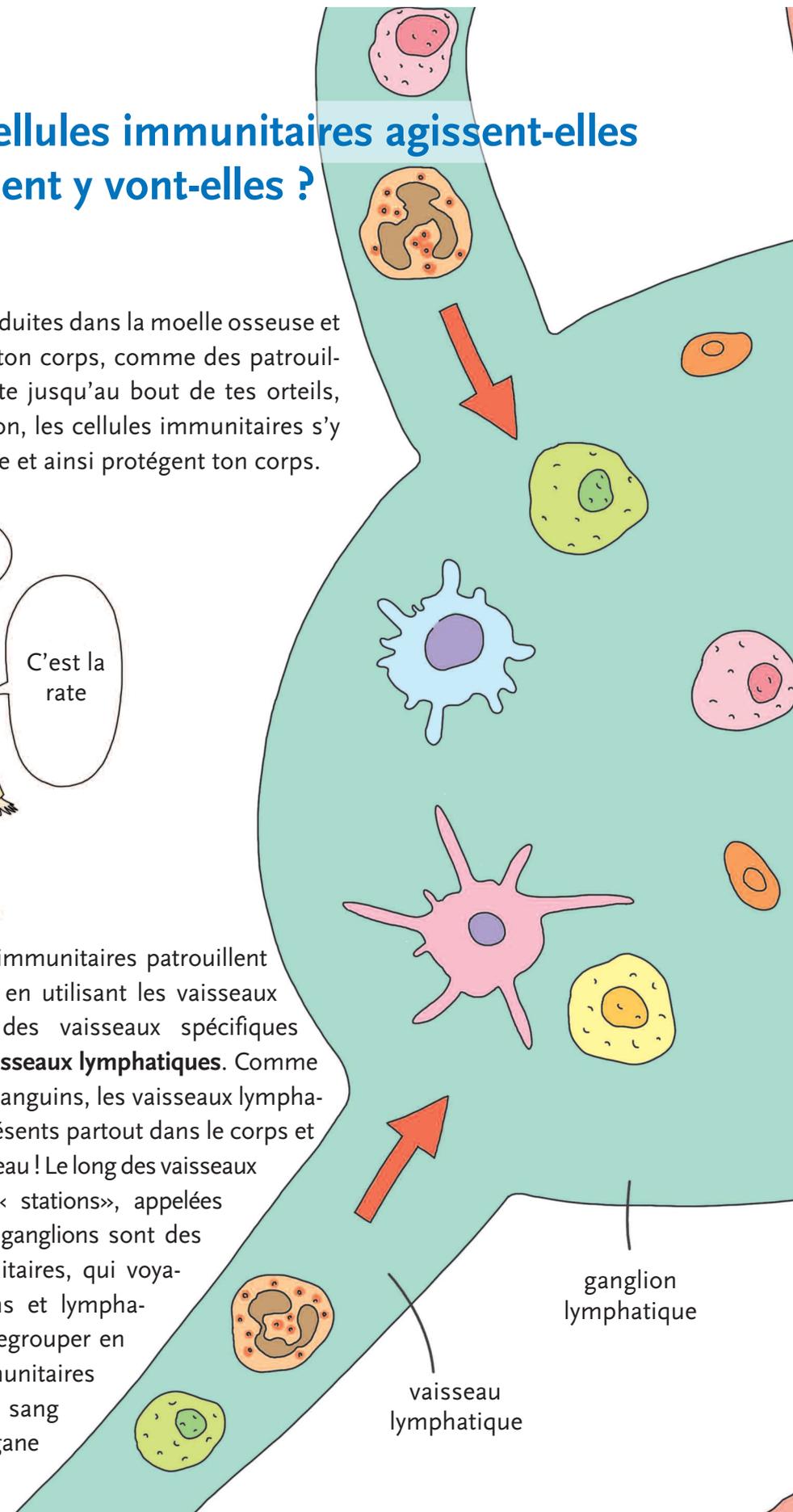
## Où les cellules immunitaires agissent-elles et comment y vont-elles ?

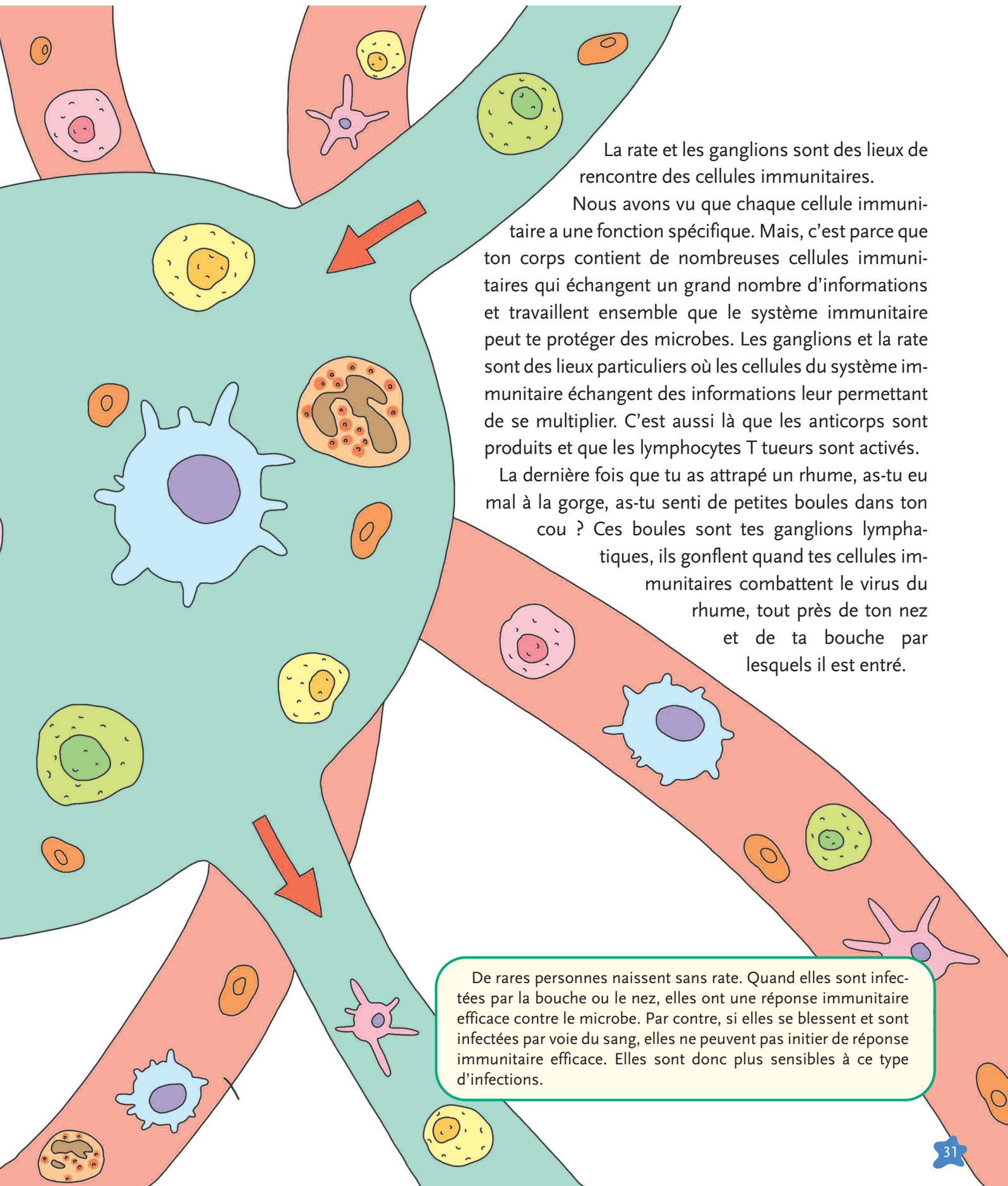
Les cellules immunitaires, produites dans la moelle osseuse et le thymus, voyagent dans tout ton corps, comme des patrouilleurs ! Depuis le haut de ta tête jusqu'au bout de tes orteils, quel que soit le lieu de l'infection, les cellules immunitaires s'y précipitent, éliminent le microbe et ainsi protègent ton corps.



Les cellules immunitaires patrouillent dans le corps en utilisant les vaisseaux sanguins et des vaisseaux spécifiques appelés les **vaisseaux lymphatiques**. Comme les vaisseaux sanguins, les vaisseaux lymphatiques sont présents partout dans le corps et forment un réseau ! Le long des vaisseaux

lymphatiques se trouvent des « stations », appelées les **ganglions lymphatiques**. Ces ganglions sont des endroits où les cellules immunitaires, qui voyagent via les vaisseaux sanguins et lymphatiques, peuvent s'arrêter et se regrouper en grand nombre. Les cellules immunitaires qui voyagent seulement dans le sang se rencontrent dans la rate, un organe situé dans l'abdomen.





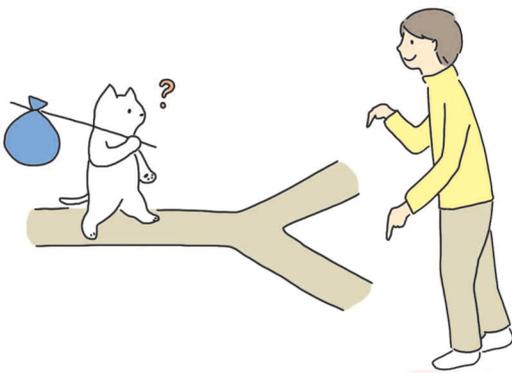
La rate et les ganglions sont des lieux de rencontre des cellules immunitaires.

Nous avons vu que chaque cellule immunitaire a une fonction spécifique. Mais, c'est parce que ton corps contient de nombreuses cellules immunitaires qui échangent un grand nombre d'informations et travaillent ensemble que le système immunitaire peut te protéger des microbes. Les ganglions et la rate sont des lieux particuliers où les cellules du système immunitaire échangent des informations leur permettant de se multiplier. C'est aussi là que les anticorps sont produits et que les lymphocytes T tueurs sont activés.

La dernière fois que tu as attrapé un rhume, as-tu eu mal à la gorge, as-tu senti de petites boules dans ton cou ? Ces boules sont tes ganglions lymphatiques, ils gonflent quand tes cellules immunitaires combattent le virus du rhume, tout près de ton nez et de ta bouche par lesquels il est entré.

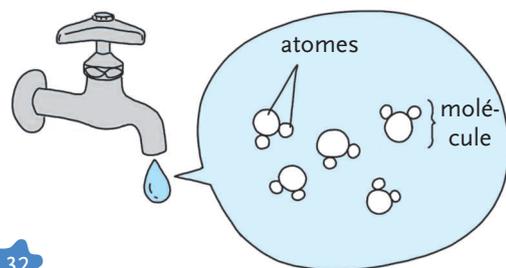
De rares personnes naissent sans rate. Quand elles sont infectées par la bouche ou le nez, elles ont une réponse immunitaire efficace contre le microbe. Par contre, si elles se blessent et sont infectées par voie du sang, elles ne peuvent pas initier de réponse immunitaire efficace. Elles sont donc plus sensibles à ce type d'infections.

Nous avons dit que les cellules immunitaires utilisent le sang et les vaisseaux lymphatiques pour surveiller le corps. Mais comment ces cellules font-elles pour trouver leur chemin jusqu'aux ganglions ? Et lors d'une infection, comment font-elles pour trouver l'endroit où les microbes sont entrés dans le corps ?

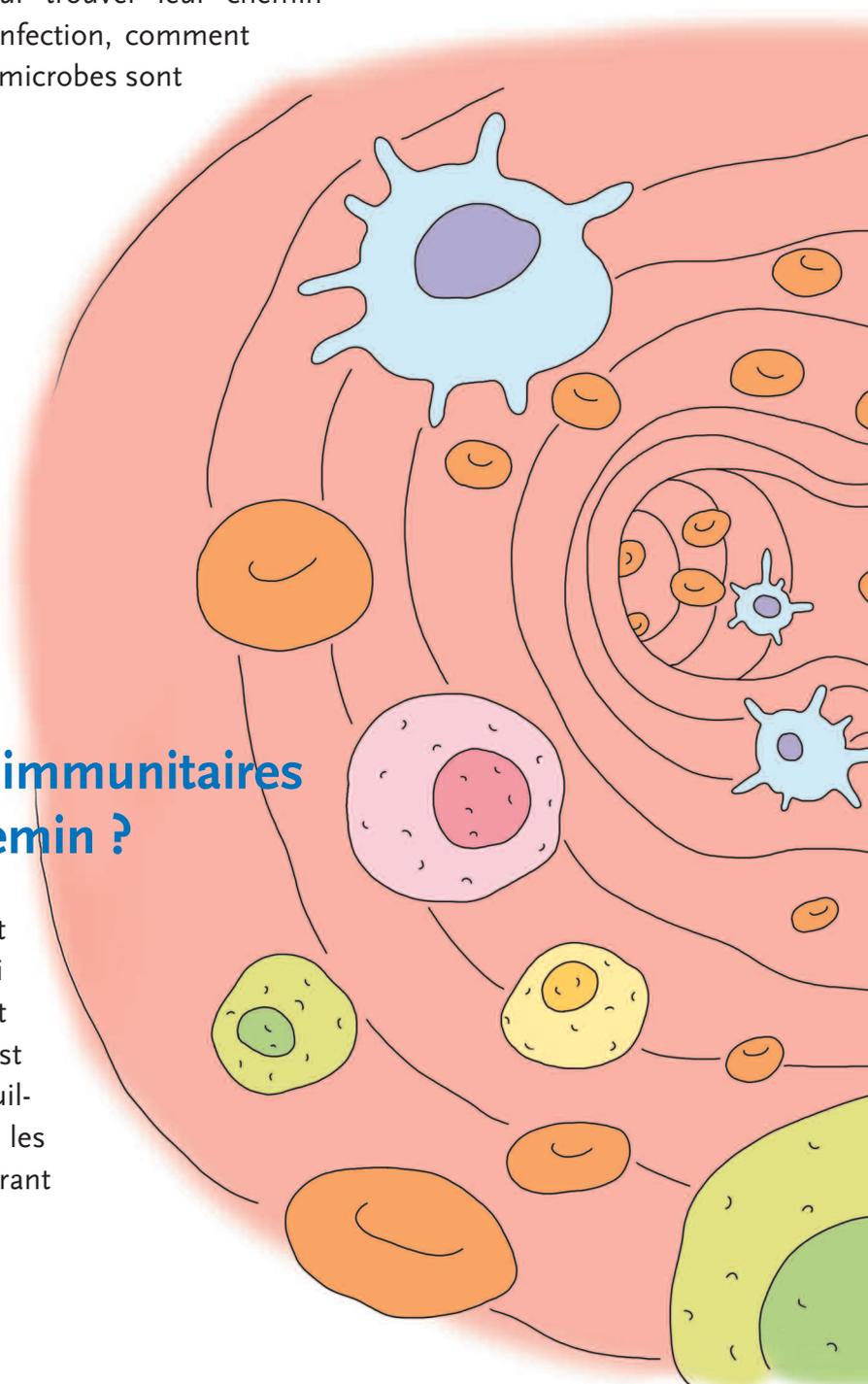


## Comment les cellules immunitaires trouvent-elles leur chemin ?

Les cellules immunitaires peuvent trouver les ganglions parce que ceux-ci produisent des molécules qui agissent comme des signaux indiquant « ceci est un ganglion ». Les cellules qui patrouillent dans le corps voient ces signaux, les reconnaissent et y répondent en pénétrant dans les ganglions.



\* Les molécules sont un groupe d'atomes. C'est la plus petite unité en quoi tu peux dissocier la matière. Tu peux reconnaître de quoi il s'agit grâce aux propriétés physiques et chimiques de ces unités.

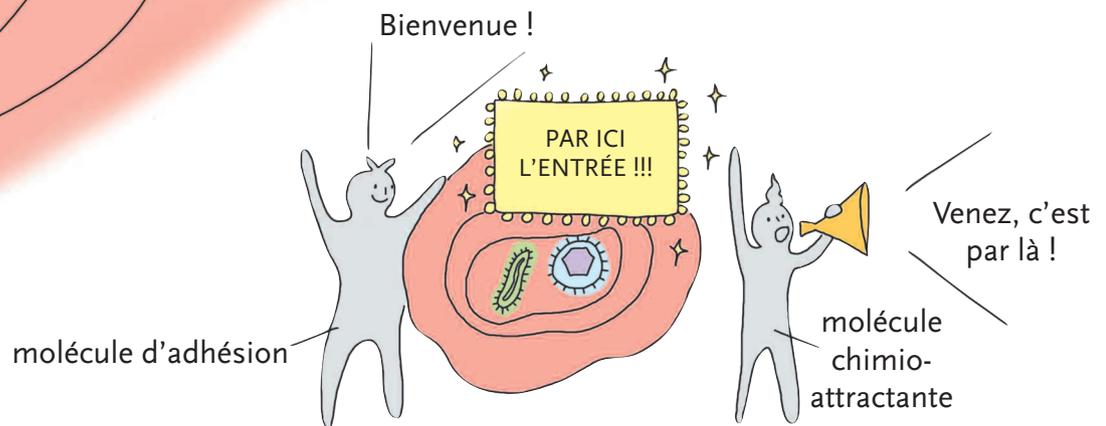
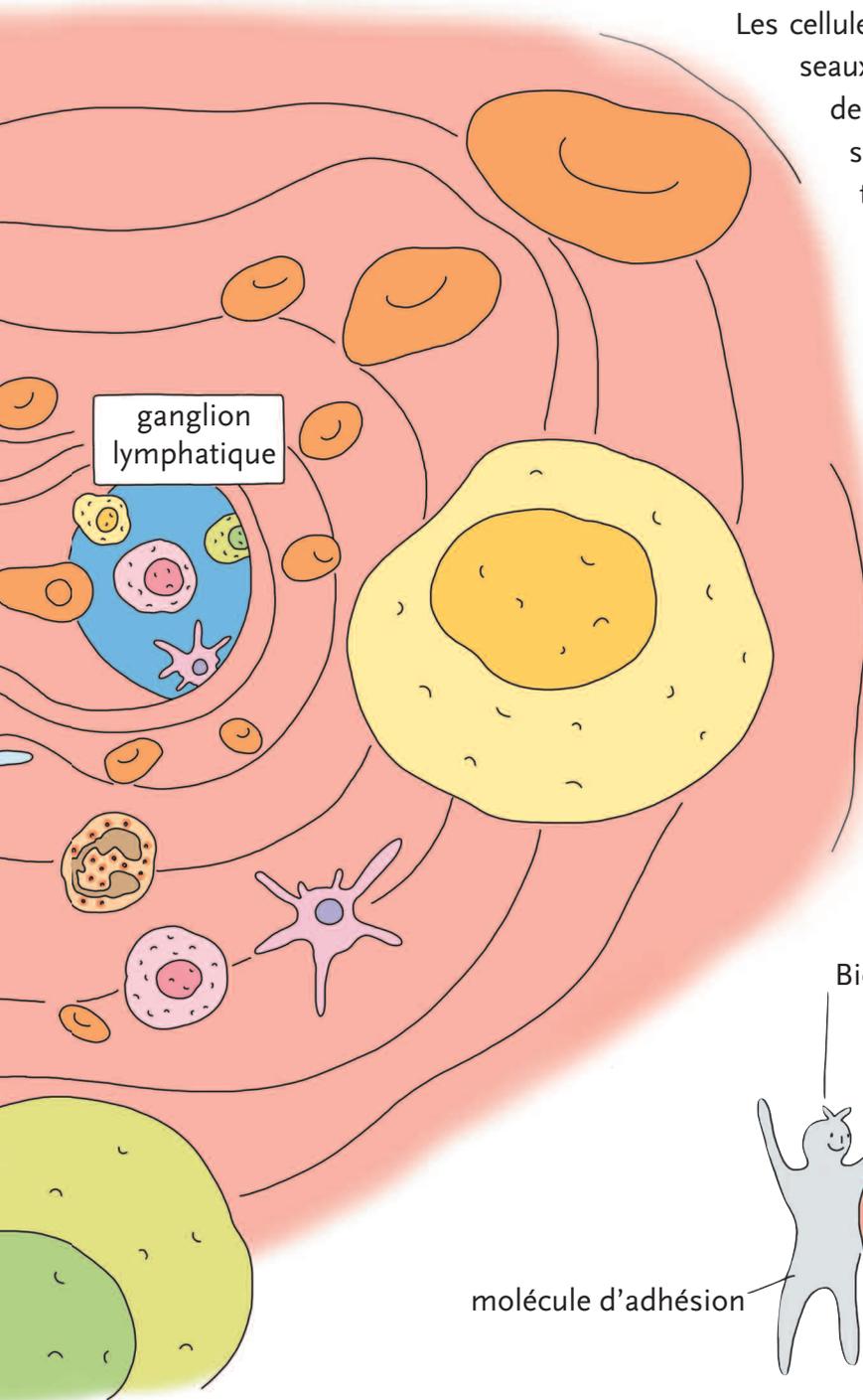


Pendant une infection, les cellules dendritiques ne disent pas seulement aux lymphocytes T quel microbe est en cause. Elles produisent également des molécules de signalisation qui alertent le voisinage de l'apparition de l'infection.

Les cellules immunitaires qui passent dans les vaisseaux lymphatiques et dans le sang à proximité de l'infection répondent à ces molécules de signalisation, migrent vers le lieu de l'infection et vont combattre les microbes.

Ces molécules présentes à la surface des cellules sont appelées molécules d'adhésion. Les cellules immunitaires sont capables de se localiser dans l'organisme en ce fixant à ces molécules d'adhésion.

D'autres molécules de signalisation, appelées molécules chimio-attractantes, sont libérées au lieu de l'infection et peuvent diffuser pour demander à d'autres cellules immunitaires de se joindre à leur voyage. Cette stratégie est la même que celle d'un magasin qui afficherait une enseigne voyante (molécules d'adhésion) à sa porte pour attirer ton attention avant que des vendeurs (molécules chimio-attractantes) t'invitent à entrer.



- Les chimiokines sont le groupe le plus connu de chimio-attractants.
- Des personnes qui ne peuvent pas fabriquer de molécules d'adhésion ne peuvent pas développer une réponse immunitaire car leurs lymphocytes ont du mal à entrer dans les ganglions.

## Comment les cellules immunitaires s'entraident-elles ?

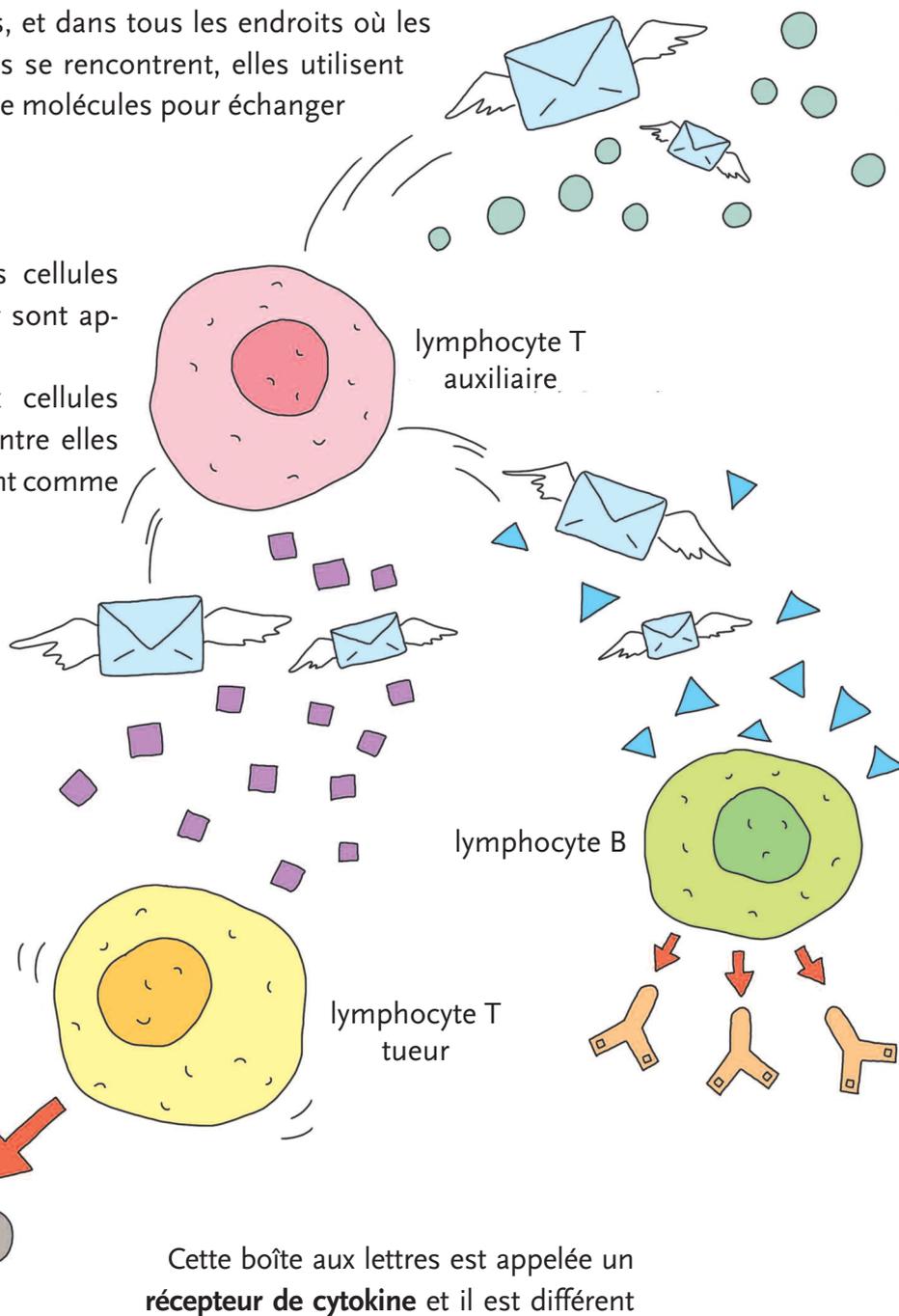


Dans les ganglions, et dans tous les endroits où les cellules immunitaires se rencontrent, elles utilisent toute une panoplie de molécules pour échanger leurs informations.

Les molécules utilisées par les cellules immunitaires pour communiquer sont appelées les cytokines.

Les cytokines permettent aux cellules immunitaires de communiquer entre elles même à distance. Elles fonctionnent comme une lettre envoyée par courrier.

Cependant, contrairement aux courriers réels, les cytokines n'ont pas besoin d'adresses pour arriver à la bonne destination. Les cytokines sont des molécules de formes différentes. Seules les cellules immunitaires qui ont une boîte aux lettres dont la fente correspond à la forme de la cytokine pourront recevoir l'information ! (tout comme un clou carré ne peut entrer que dans un trou carré).



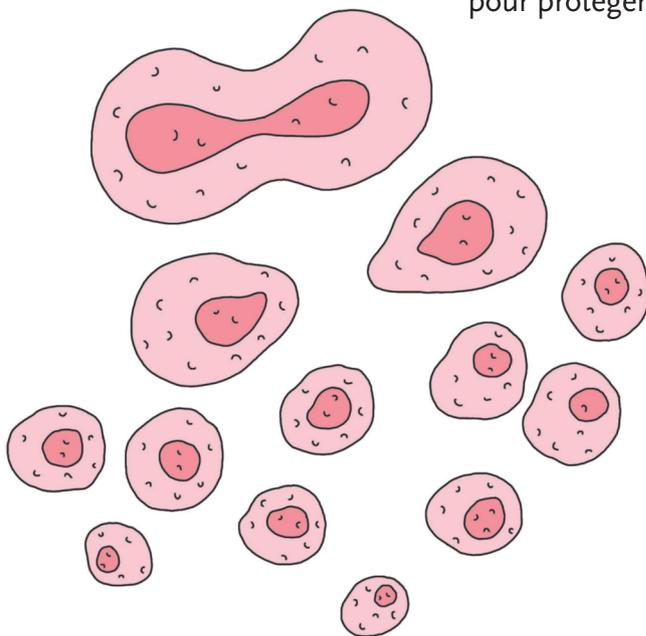
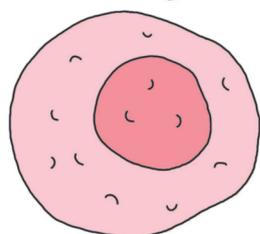
Cette boîte aux lettres est appelée un **récepteur de cytokine** et il est différent des récepteurs d'antigène.

Je pense qu'ils ont compris le message...



Certaines cytokines délivrent des messages aux cellules tels que « Réveille-toi ! » ou « Divise-toi ! » ! Toutefois, d'autres cytokines ordonnent aux cellules de ralentir et de se reposer ou bien encore de s'auto-détruire. Quand les cellules lisent le message qui leur demande de se mettre au travail, certaines répondent en s'activant vivement. En fonction de la situation, d'autres répondent en mourant sur le champ.

En utilisant des cytokines pour envoyer des messages, les cellules immunitaires sont capables de construire un réseau d'informations sophistiqué. Tout comme les personnes qui utilisent des téléphones portables ou des e-mails pour communiquer à distance, les cellules immunitaires continuent à communiquer entre elles, via le réseau de cytokines, même quand elles sont parties en patrouille pour protéger le corps.



Bonjour !  
Est-ce que  
quelqu'un  
est là ?



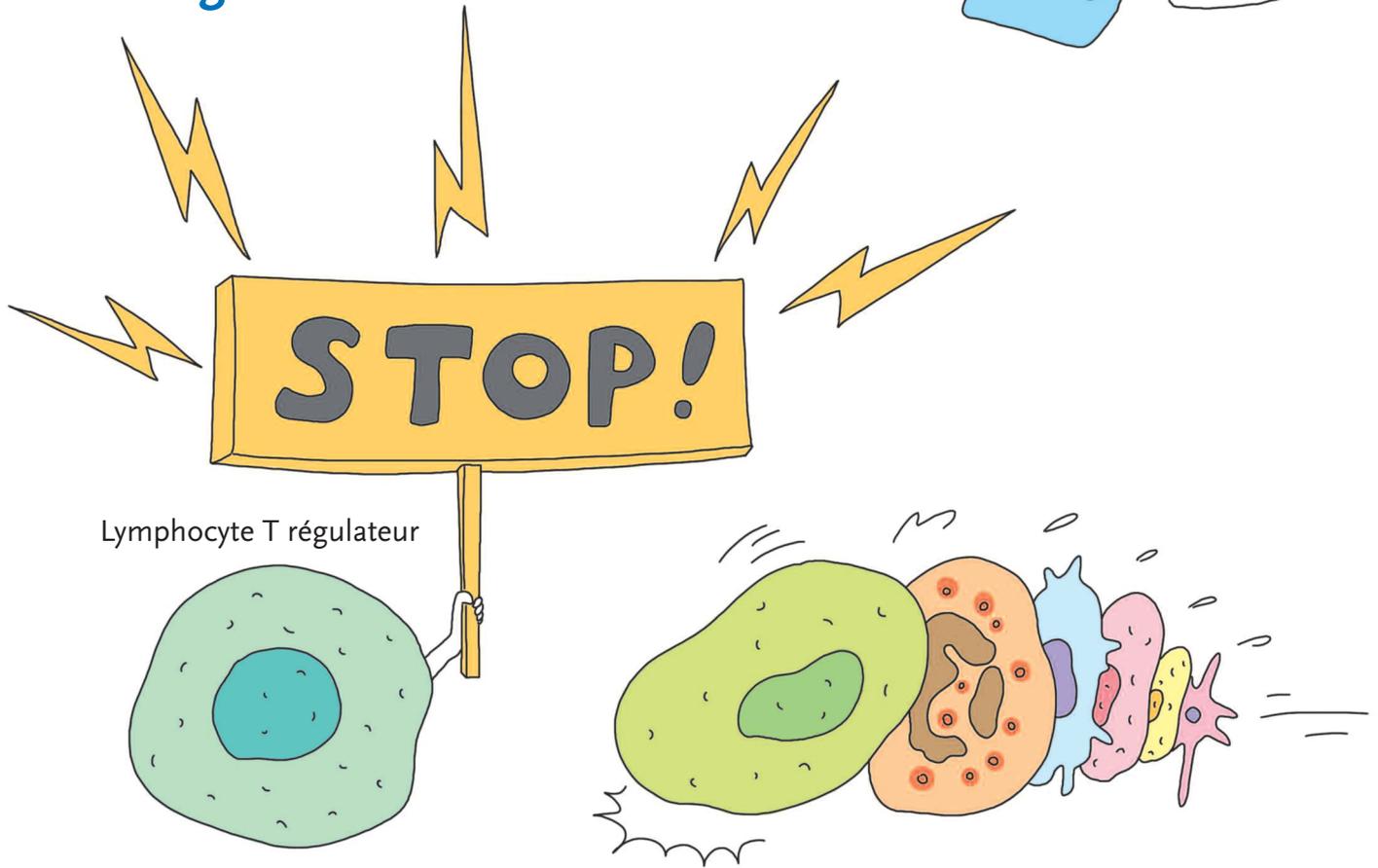
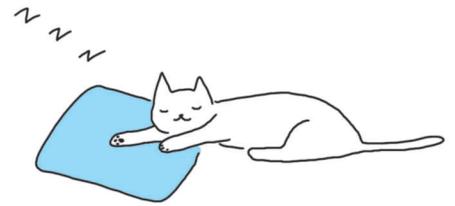
**Réseau**



Oui, je  
t'entends

Les chercheurs ont découvert de nombreuses cytokines différentes. L'interféron est la plus connue suite à son utilisation en médecine pour traiter le cancer et l'hépatite C. L'interféron aide les cellules immunitaires présentes dans notre corps à communiquer entre elles.

## Comment le système immunitaire se régule-t'il ?



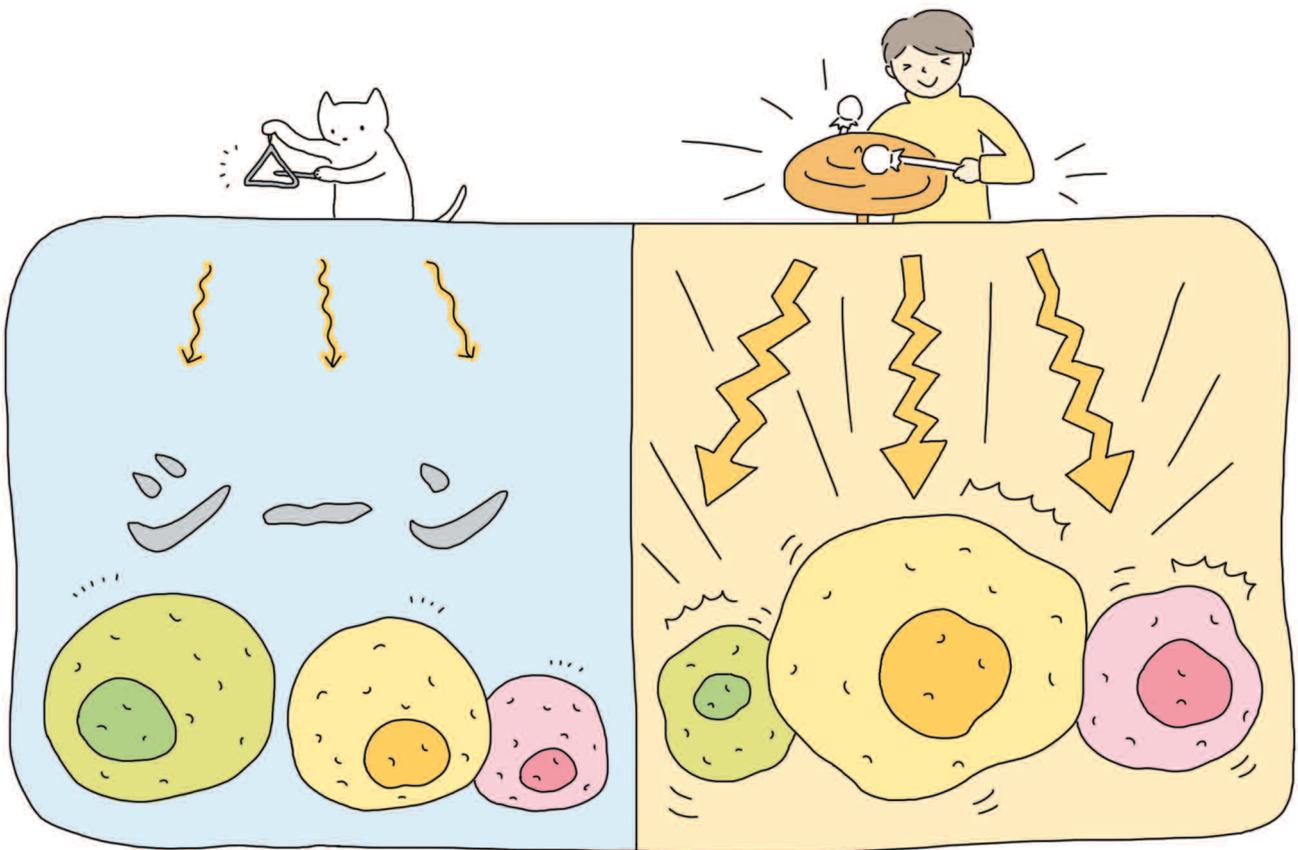
L'attaque lancée par les cellules immunitaires pour se débarrasser des microbes est appelée une **réponse immunitaire**.

Tu imagines que tu aurais des ennuis si ton système immunitaire ne déclenchait pas de réponse quand tu en as besoin. Cependant, il serait tout aussi grave que ton système immunitaire réponde à tort et à travers contre tout ce qu'il rencontre ! Ce dont tu as besoin, c'est d'un système immunitaire qui réagit quand tu en as besoin et autant que tu en as besoin. La fièvre qui s'élève quand tu as un rhume est due à la réponse immunitaire, mais pense à ce qui t'arriverait si la température ne diminuait pas après la destruction du virus !

Le système immunitaire développe plusieurs méthodes pour limiter une réponse exagérée. Il possède des molécules et des cellules qui ont pour rôle d'inhiber la réponse immunitaire. Une cellule spécialisée dans ce domaine est le **lymphocyte T régulateur**.

Le système immunitaire peut non seulement arrêter une réponse immunitaire en cours, mais il peut empêcher le développement d'une attaque inutile. Les récepteurs d'antigène des lymphocytes sont très sensibles et peuvent détecter de très faibles signaux. Cependant, quand les cellules reçoivent un signal faible, elles répondent seulement en se tenant prêtes à agir. C'est uniquement après un signal fort, dû à une infection par exemple, qu'elles passent à l'action.

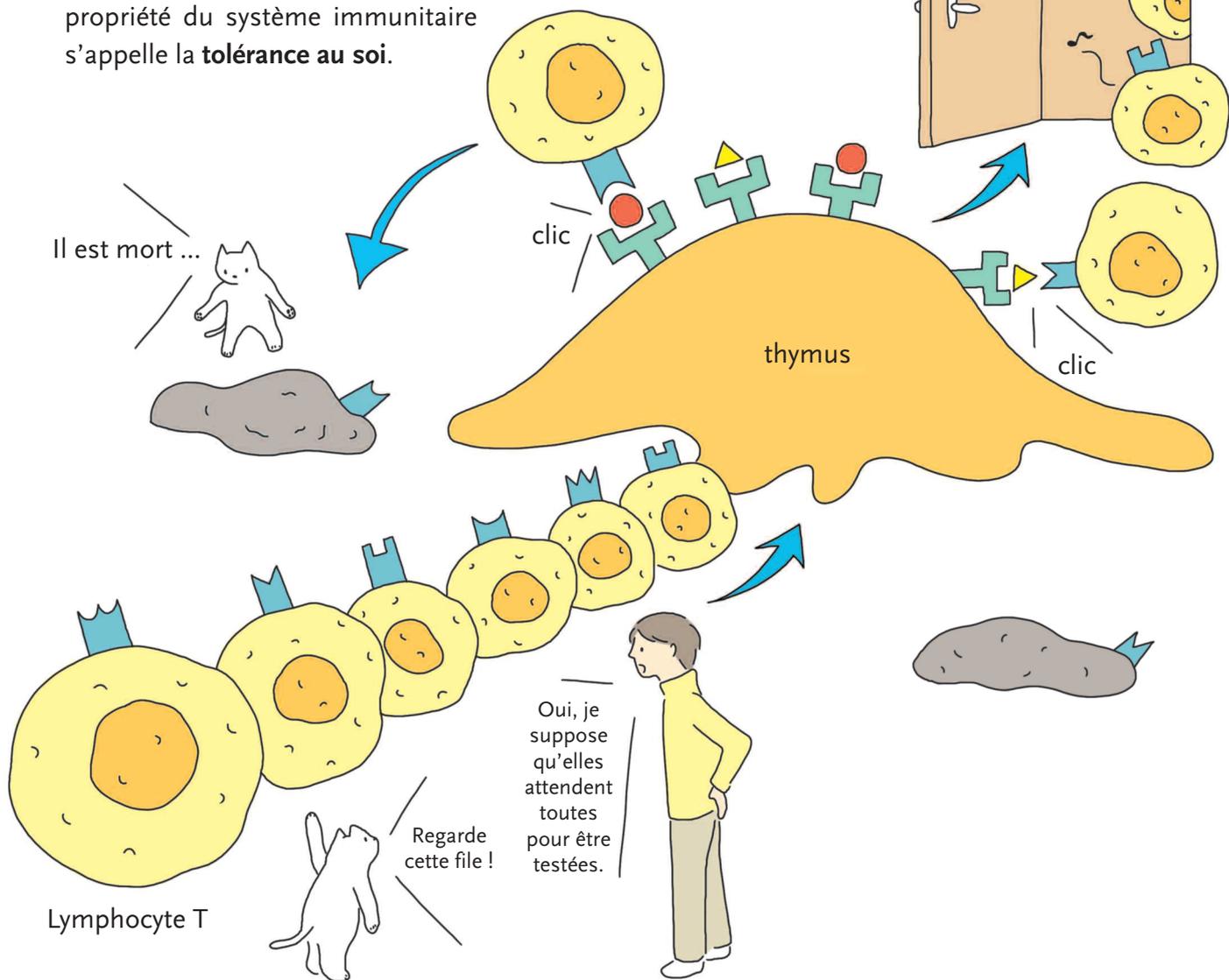
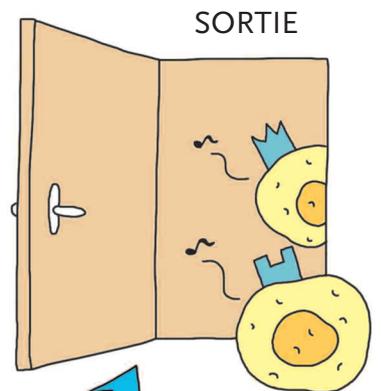
Le système immunitaire fournit au corps un système de défense très fiable. Il est composé de cellules spécialisées, équipées d'un système de communication sophistiqué et d'armes telles que les anticorps. Mais tu sais aussi maintenant que le système immunitaire possède également toute une panoplie de mesures de sécurité pour éviter de se lancer dans des attaques inutiles et pour ne pas blesser le corps en mettant en jeu plus de forces que nécessaire.



# Pourquoi le système immunitaire n'attaque-t-il pas le corps ni la nourriture ?

Tous les jours, de nombreux éléments qui ne sont pas des microbes entrent dans ton corps. Vus par ton corps, la nourriture que tu manges ou les millions de microbes qui ont élu domicile dans ton intestin pourraient être considérés comme des envahisseurs. Mais le système immunitaire ne se fatigue pas à lancer des attaques contre tout ce qu'il rencontre.

Il n'attaque pas non plus son propre corps ! Le système immunitaire accepte son propre corps – souvent appelé le « soi » – ainsi que ce qui est proche du corps mais pas dangereux comme la nourriture. Cette propriété du système immunitaire s'appelle la **tolérance au soi**.



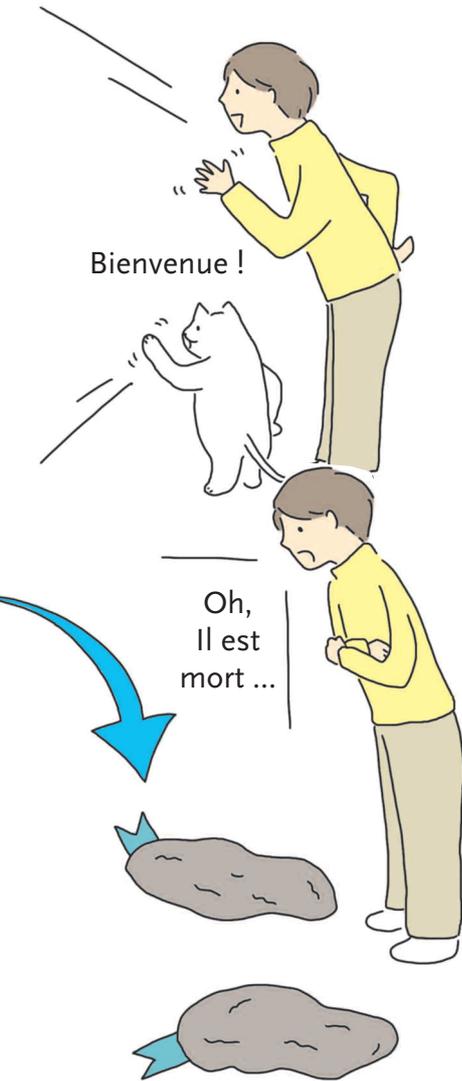
Essayons d'abord de comprendre pourquoi le corps ne s'attaque pas lui même !

Souviens toi, nous avons dit que les lymphocytes B et T possèdent plus de dix milliards de récepteurs d'antigène différents. Avec autant de récepteurs différents, il pourrait très bien y avoir un récepteur qui reconnaisse un antigène de son propre corps. Si un lymphocyte possédant un tel récepteur circulait, il pourrait commencer à attaquer le corps et ça serait un véritable désastre !

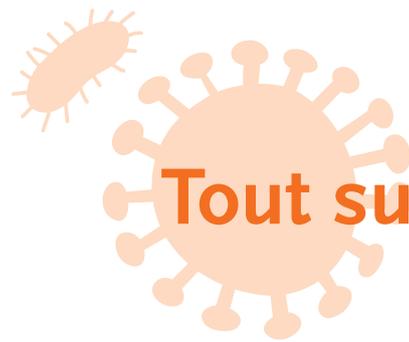
Pour éviter que cela ne se produise, les lymphocytes sont testés avant d'être libérés dans le sang, pour vérifier que leurs récepteurs d'antigène ne reconnaissent pas les antigènes du corps. Pour les lymphocytes B, ce test a lieu dans la moelle osseuse. Pour les lymphocytes T, il a lieu dans le thymus. Les cellules qui ont un récepteur d'antigène dangereux sont détruites sur le champ.

Si des lymphocytes dangereux réussissent à s'échapper malgré le test, tout n'est pas perdu ! Les mécanismes dont on a parlé avant, ceux qui arrêtent les réponses immunitaires inutiles, s'occupent de ces cellules.

Pour la nourriture que tu manges et pour les microbes qui vivent dans ton intestin et qui sont utiles, le système immunitaire a des mécanismes spéciaux qui lui permettent de les tolérer !





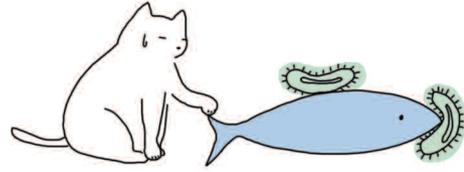


**2<sup>e</sup> Partie**

**Tout sur les maladies**

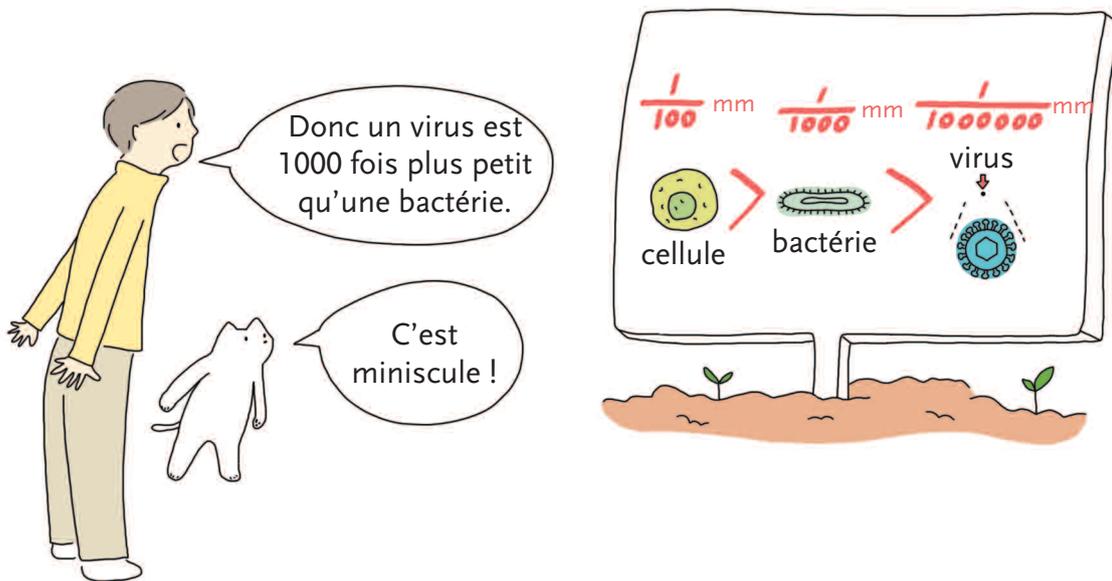
## 1. Combattre les maladies infectieuses

### Tout savoir sur les microbes

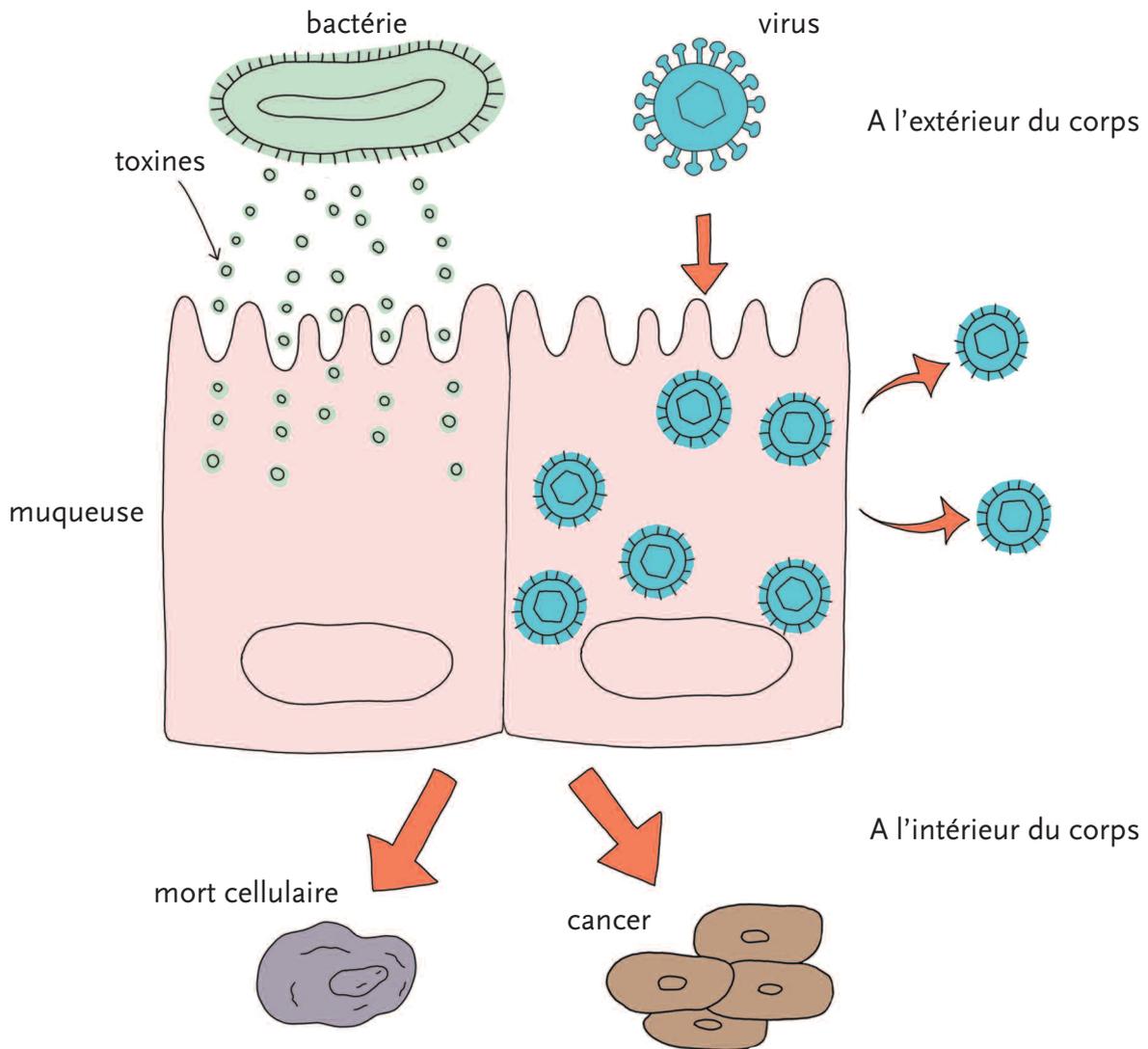


Les maladies infectieuses sont causées par des micro-organismes invisibles à l'œil nu qui entrent dans le corps et s'y multiplient. L'histoire de l'immunologie, qui commence au 18<sup>ème</sup> siècle avec la découverte des vaccins par Edward Jenner, est aussi l'histoire du combat contre les maladies infectieuses. Grâce à l'utilisation mondiale du vaccin découvert par Jenner, la variole a aujourd'hui disparu. Grâce aux nombreux excellents vaccins développés depuis, nous sommes protégés contre de nombreuses maladies infectieuses.

Les micro-organismes qui causent les maladies infectieuses sont appelés **pathogènes** (en grec : *qui causent une maladie*) ou plus communément **microbes** ou **germes**. Les microbes incluent les bactéries et les virus. Les bactéries sont des cellules d'une taille de quelques microns (1 micron c'est 1/1000 de millimètre).



- La variole est une maladie infectieuse causée par le virus de la variole. Si tu attrapes cette maladie, tu auras jusqu'à 40 degrés de fièvre et ton corps tout entier sera couvert de pustules et de bulles. Beaucoup de gens mouraient de cette maladie, mais grâce au vaccin découvert par Jenner, plus personne n'a développé cette maladie depuis 1977.
- *Virus* veut dire poison en latin. Dans la Grèce antique, Hippocrate utilisait le mot virus pour désigner un poison qui causait une maladie.

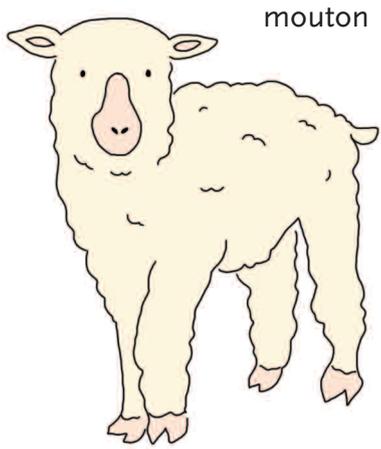


Comment les bactéries qui entrent dans le corps provoquent-elles les maladies ?

Les bactéries produisent des toxines qui détruisent les cellules ou les paralysent. Elles ont aussi des toxines dans leur paroi qui peuvent donner de la fièvre, de la diarrhée, ou une chute de la tension artérielle. En plus des toxines, les bactéries possèdent de nombreuses armes qui peuvent te faire du mal.

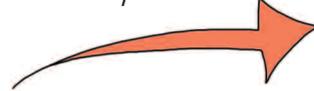
Les virus sont entre 100 et 1000 fois plus petits que les bactéries et ils peuvent envahir de nombreuses cellules. A l'intérieur d'une cellule, ils se multiplient rapidement. Une infection virale peut, soit perturber le fonctionnement normal de la cellule et la tuer, soit déclencher une multiplication incontrôlée des cellules, les transformant en cellules cancéreuses. Certains virus se multiplient lentement et entraînent une **infection persistante**. D'autres arrêtent de se multiplier et causent ce que l'on appelle une **infection latente**.

# Quelles sont les différentes maladies infectieuses ?

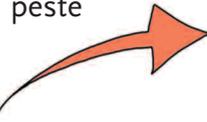


mouton

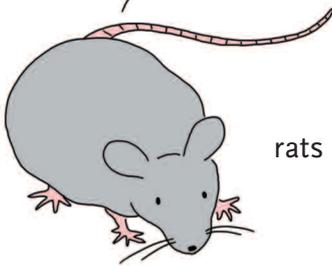
maladie du charbon/anthrax



peste

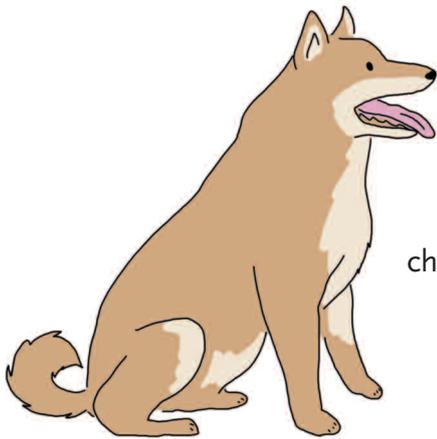
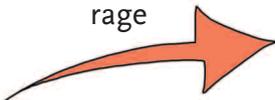


puces

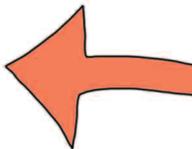
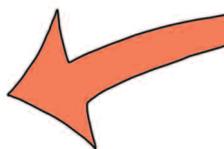
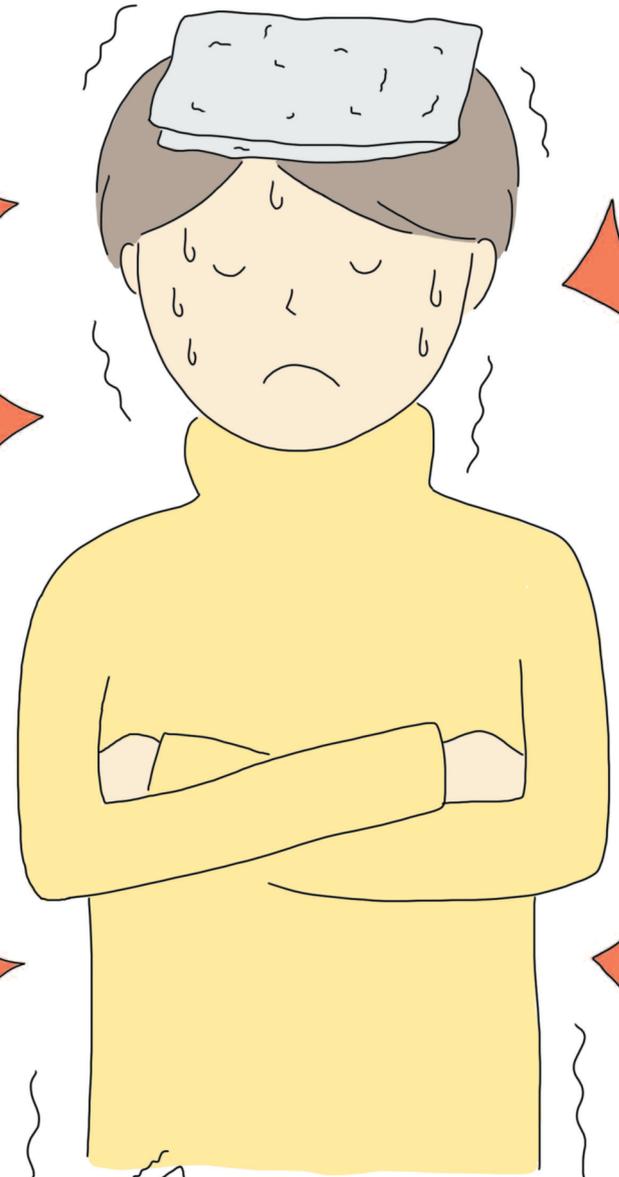


rats

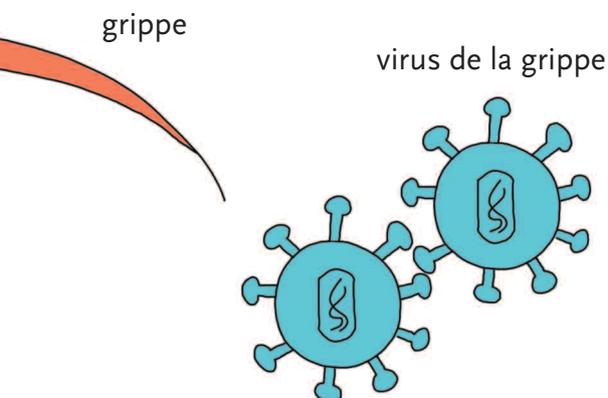
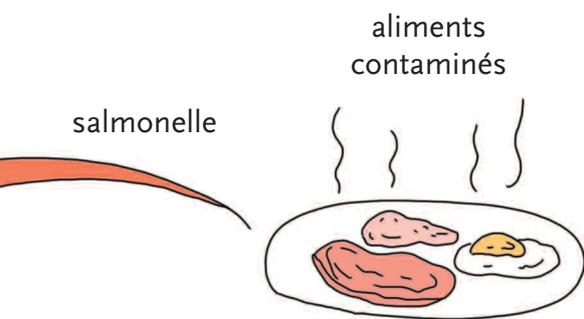
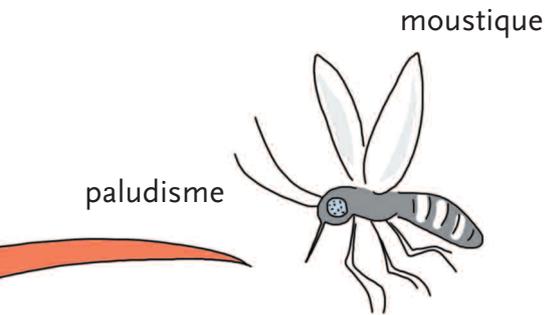
rage



chiens



Effrayant !



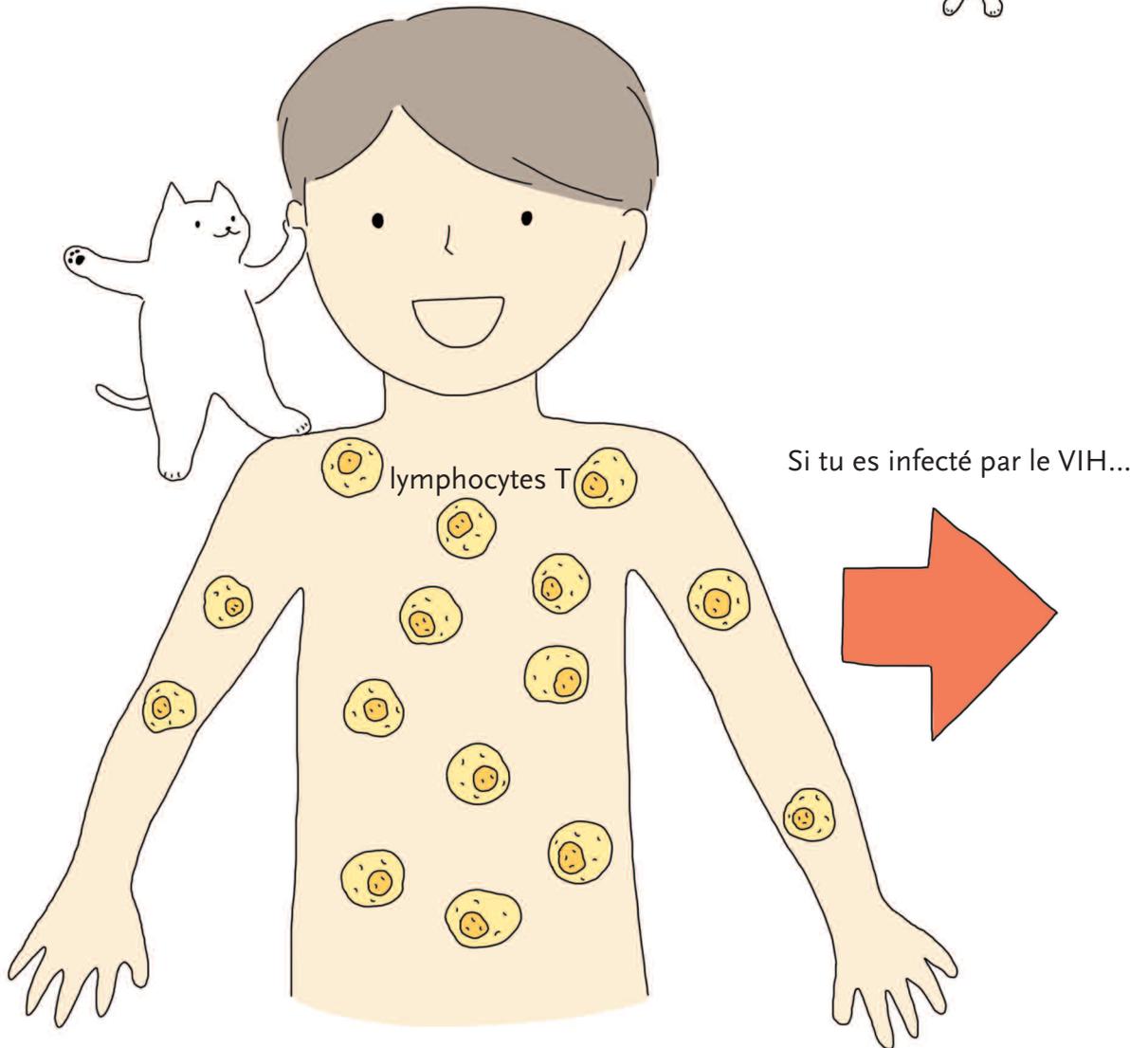
Dans le monde, il existe encore de nombreuses maladies infectieuses difficiles à contrôler. Les plus préoccupantes sont les **zoonoses**, qui sont causées par des microbes qui infectent aussi bien l'homme que les animaux, et les **maladies émergentes** décrites pour la première fois dans les années 70.

Parmi les zoonoses causées par des bactéries, on connaît l'anthrax ou maladie du charbon qui touche les chèvres ou les moutons, la peste transmise par les puces qui vivent sur les rats, la tuberculose transmise dans l'air respiré près d'un malade qui tousse et la salmonellose qui vient de la nourriture contaminée. On trouve aussi des maladies causées par des virus, comme la grippe, fréquente en hiver ou la rage qu'on attrape en étant mordu par un animal infecté. D'autres zoonoses viennent de parasites comme le paludisme transmis par les piqûres de moustique.

Les maladies émergentes incluent le SRAS (Syndrome Respiratoire Aigu Sévère), causé par un nouveau coronavirus, Ebola, une fièvre hémorragique des saignements de l'intestin et qui tue 50 à 90 % des gens atteints, le SIDA, qui tue plus de gens que n'importe quelle autre maladie infectieuse, et la grippe aviaire, une maladie qui pourrait devenir une pandémie, c'est-à-dire une maladie qui affecte un très grand nombre de personnes dans le monde entier comme ce fut le cas pour la grippe espagnole.

## Qu'est ce que le SIDA ?

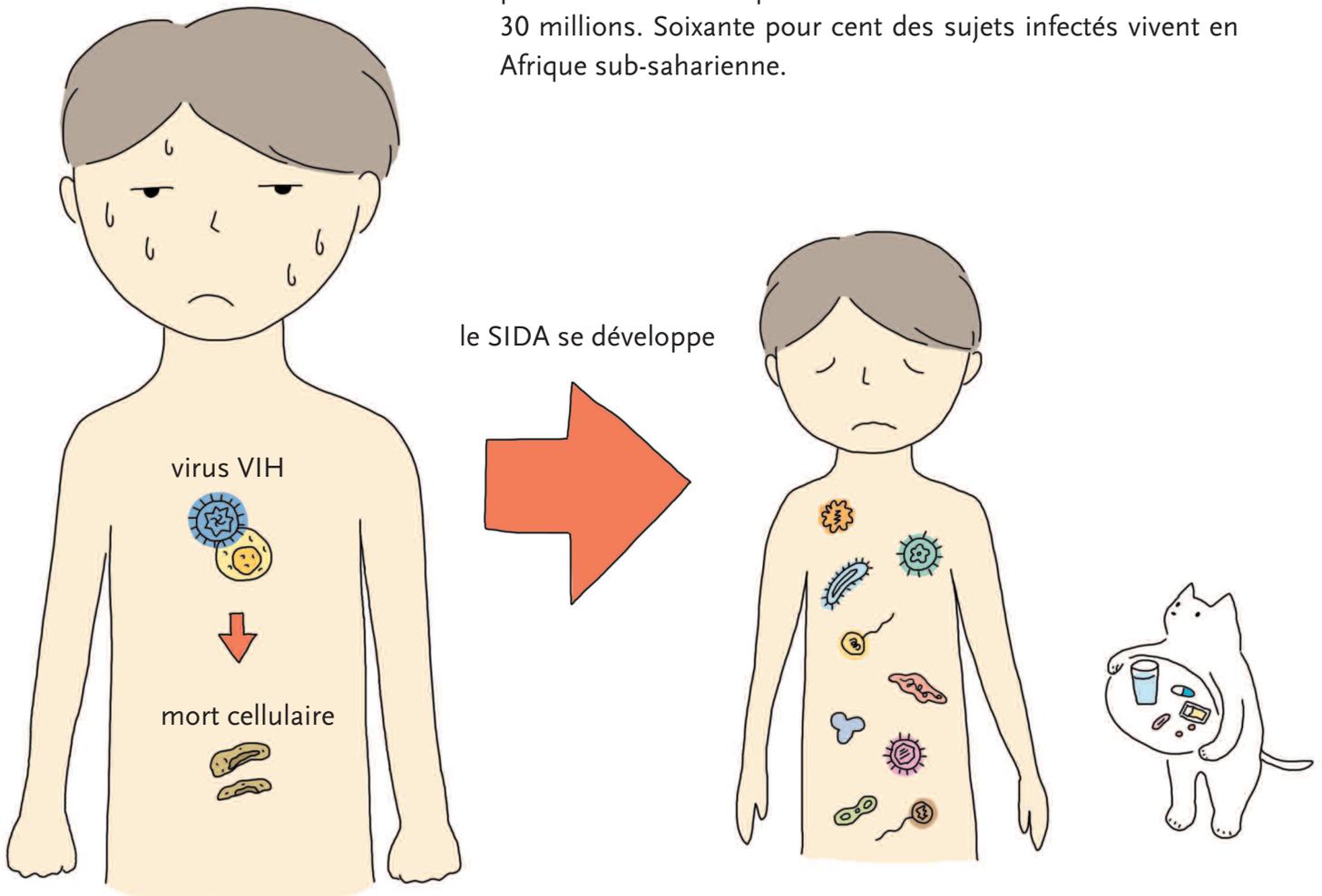
SIDA ? 



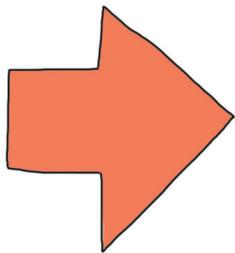
Le VIH (Virus de l'Immuno-déficience Humaine) est un virus qui infecte les lymphocytes T auxiliaires et les détruit. Avec moins de lymphocytes T, ton système immunitaire est affaibli et tu peux tomber malade à cause de microbes inoffensifs chez les personnes en bonne santé.

Quand cela arrive, le malade souffre du SIDA ou Syndrome d'Immuno-Déficience Acquise. Son sang et ses liquides biologiques contiennent le virus VIH. Une maman peut le transmettre à son bébé à la naissance et les malades à d'autres personnes lors de relations sexuelles.

Les scientifiques pensent que le virus VIH provient d'un virus qui existait chez les chimpanzés. Il aurait subi des mutations il y a plusieurs centaines d'années et serait devenu capable d'infecter les hommes. A la fin de 2007, le nombre de personnes infectées par le VIH dans le monde avait atteint 30 millions. Soixante pour cent des sujets infectés vivent en Afrique sub-saharienne.



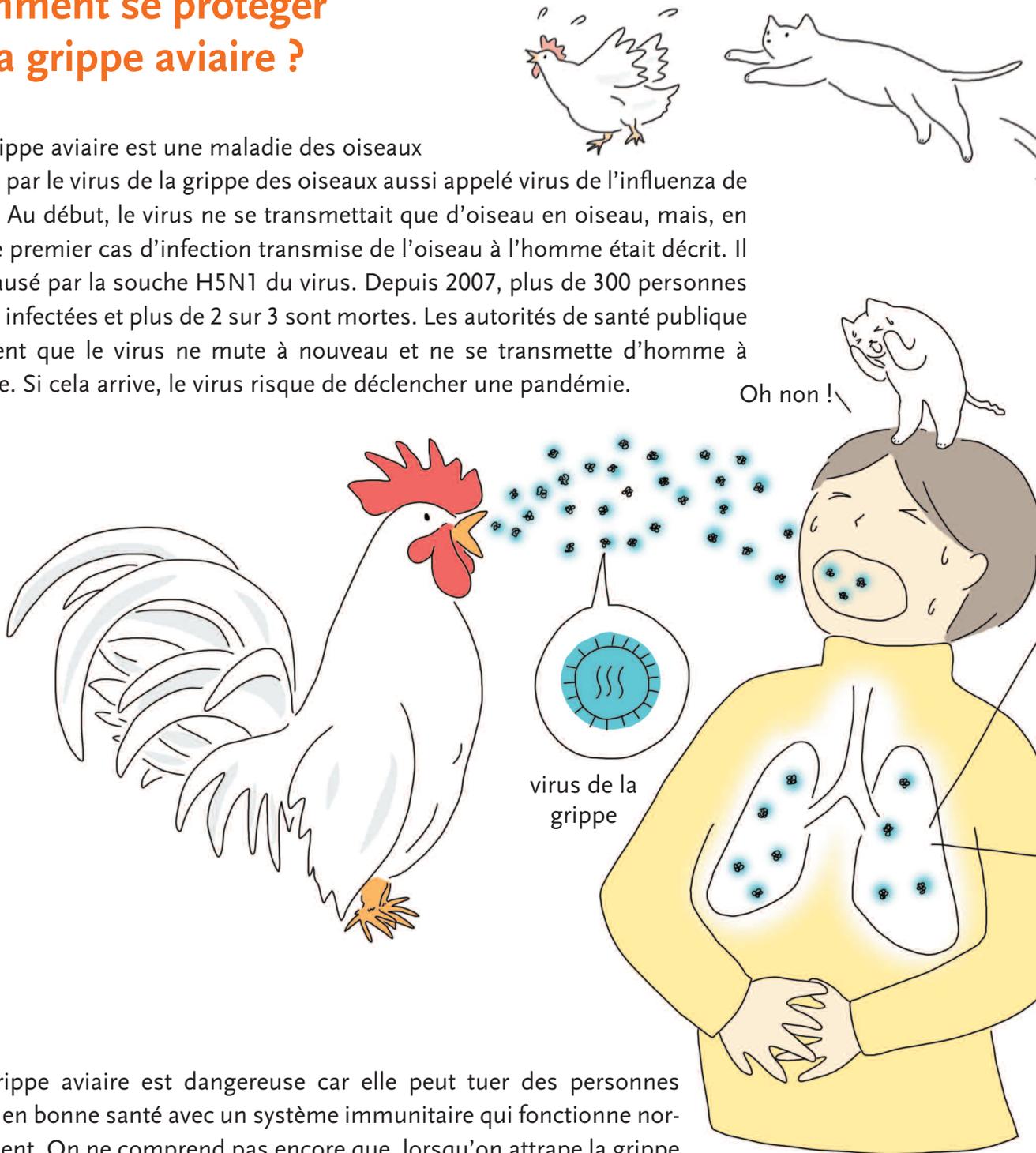
Tu es infecté par toutes sortes de microbes



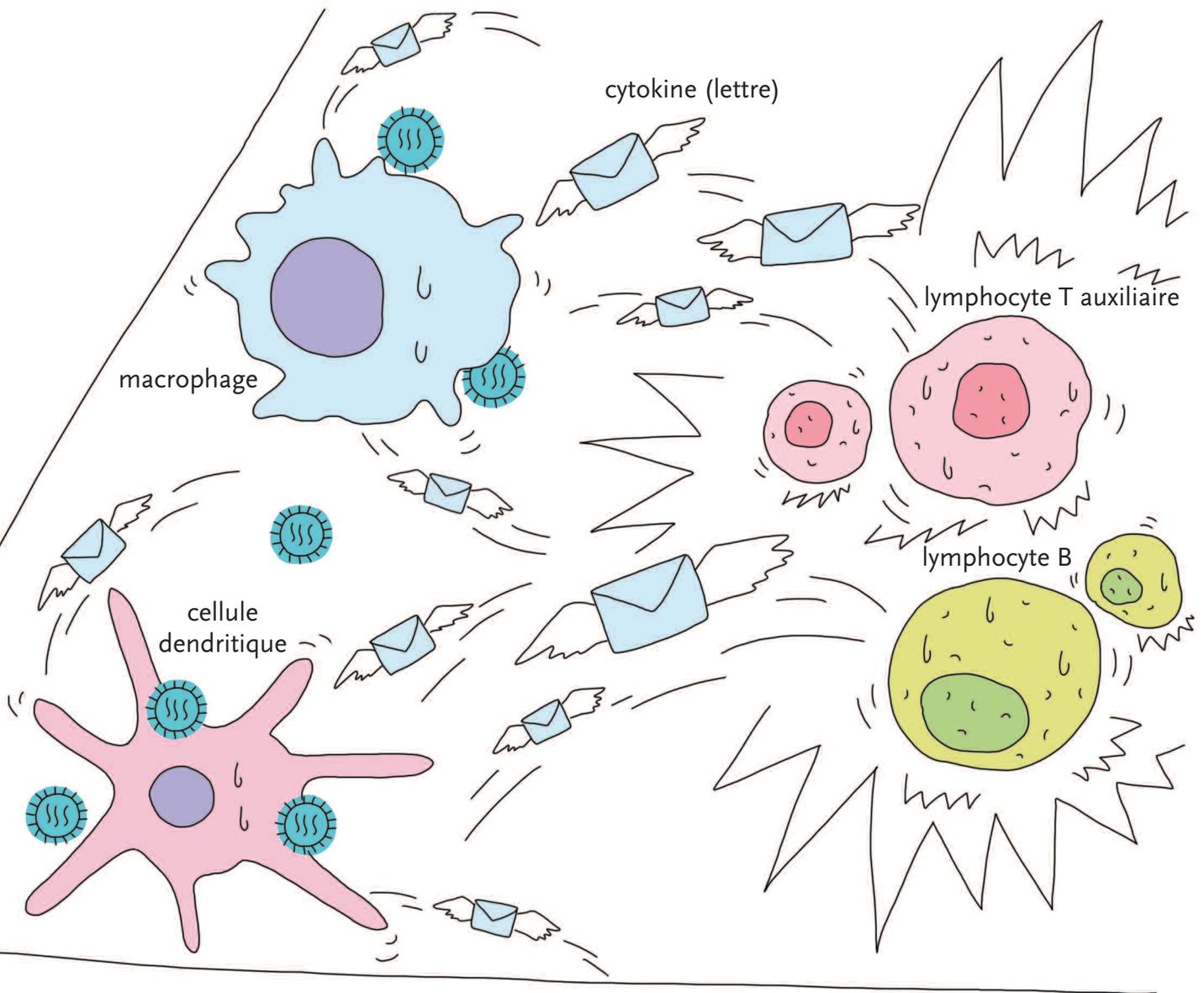
Peut-on guérir du SIDA ? Malheureusement, aucun traitement ne permet de guérir complètement de la maladie. A l'heure actuelle, les malades sont traités avec une association de trois ou quatre médicaments différents. Ce traitement diminue beaucoup la quantité de virus présente dans le corps et a permis de réduire de façon importante le nombre de morts dû au SIDA. Mais pour l'instant, tous les malades porteurs du VIH dans les pays en voie de développement n'ont pas les moyens de bénéficier de ces traitements.

## Comment se protéger de la grippe aviaire ?

La grippe aviaire est une maladie des oiseaux causée par le virus de la grippe des oiseaux aussi appelé virus de l'influenza de type A. Au début, le virus ne se transmettait que d'oiseau en oiseau, mais, en 1997 le premier cas d'infection transmise de l'oiseau à l'homme était décrit. Il était causé par la souche H5N1 du virus. Depuis 2007, plus de 300 personnes ont été infectées et plus de 2 sur 3 sont mortes. Les autorités de santé publique craignent que le virus ne mute à nouveau et ne se transmette d'homme à homme. Si cela arrive, le virus risque de déclencher une pandémie.



La grippe aviaire est dangereuse car elle peut tuer des personnes jeunes en bonne santé avec un système immunitaire qui fonctionne normalement. On ne comprend pas encore que, lorsqu'on attrape la grippe aviaire, le corps fabrique de cytokines et que les cellules immunitaires se déchaînent !

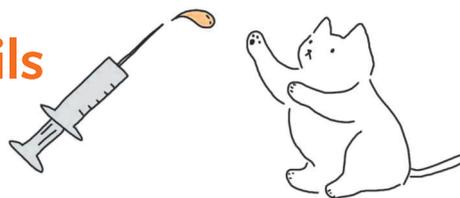


Comment peux-tu te protéger de la grippe aviaire ?

A l'heure actuelle, les scientifiques pensent que le meilleur moyen de stopper la grippe aviaire serait de mettre au point un vaccin. Evidemment, le vaccin ne peut être constitué du virus vivant tel qu'il est. Les chercheurs travaillent sur des projets qui utilisent des morceaux du virus de la grippe pour fabriquer un vaccin.

Ainsi, ton système immunitaire pourrait être présenté au virus de la grippe, sans danger de te rendre malade. Evidemment, le vaccin sera d'abord testé pour contrôler son efficacité et sa sécurité.

## Jusqu'où les vaccins peuvent-ils nous aider ?

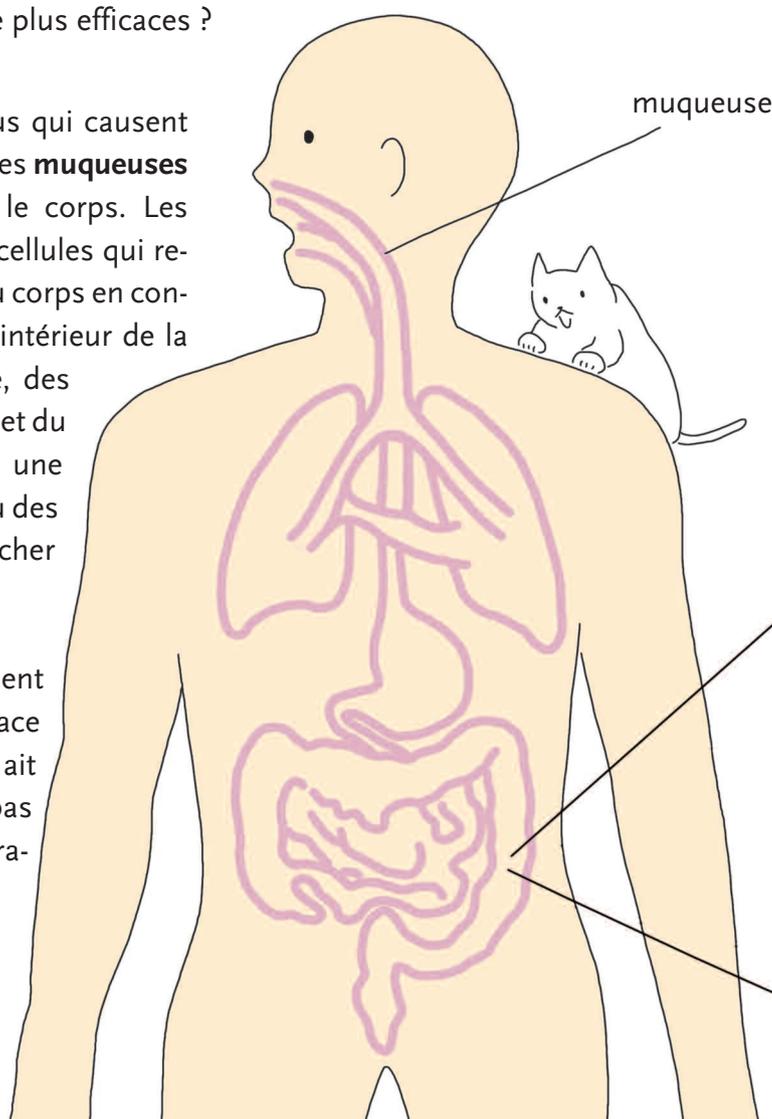


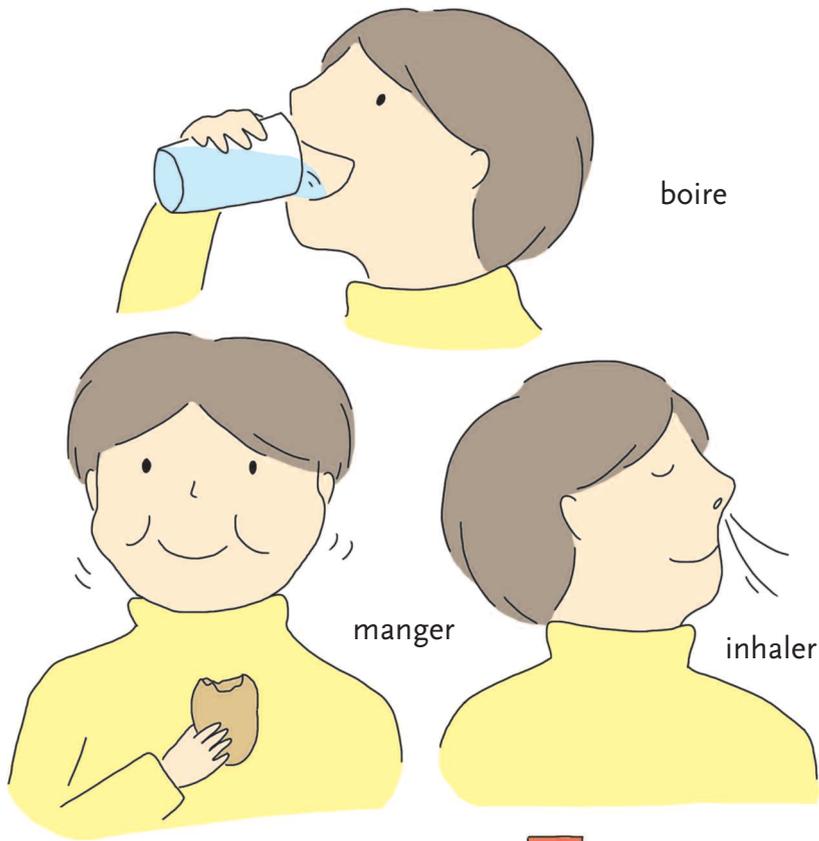
Dans la première partie de ce livre, nous avons appris que les vaccins ont déjà été utilisés avec succès pour nous protéger de nombreuses maladies infectieuses. Actuellement, les vaccins ressemblant à celui développé par Jenner sont toujours le moyen le plus efficace pour contrôler les maladies infectieuses. Mais les chercheurs font des progrès dans le développement de nouveaux vaccins qui pourraient prévenir ou même traiter les maladies infectieuses.

Comment rendre les vaccins encore plus efficaces ?

La plupart des bactéries et des virus qui causent les maladies infectieuses entrent par les **muqueuses** et se répandent ensuite dans tout le corps. Les muqueuses sont une fine couche de cellules qui recouvre la paroi de toutes les cavités du corps en contact avec l'extérieur. Elles tapissent l'intérieur de la bouche, des narines, de l'œsophage, des poumons, de l'estomac, des intestins et du rectum. Si nous pouvions stimuler une bonne réponse immunitaire au niveau des muqueuses, nous pourrions empêcher les germes d'entrer dans le corps.

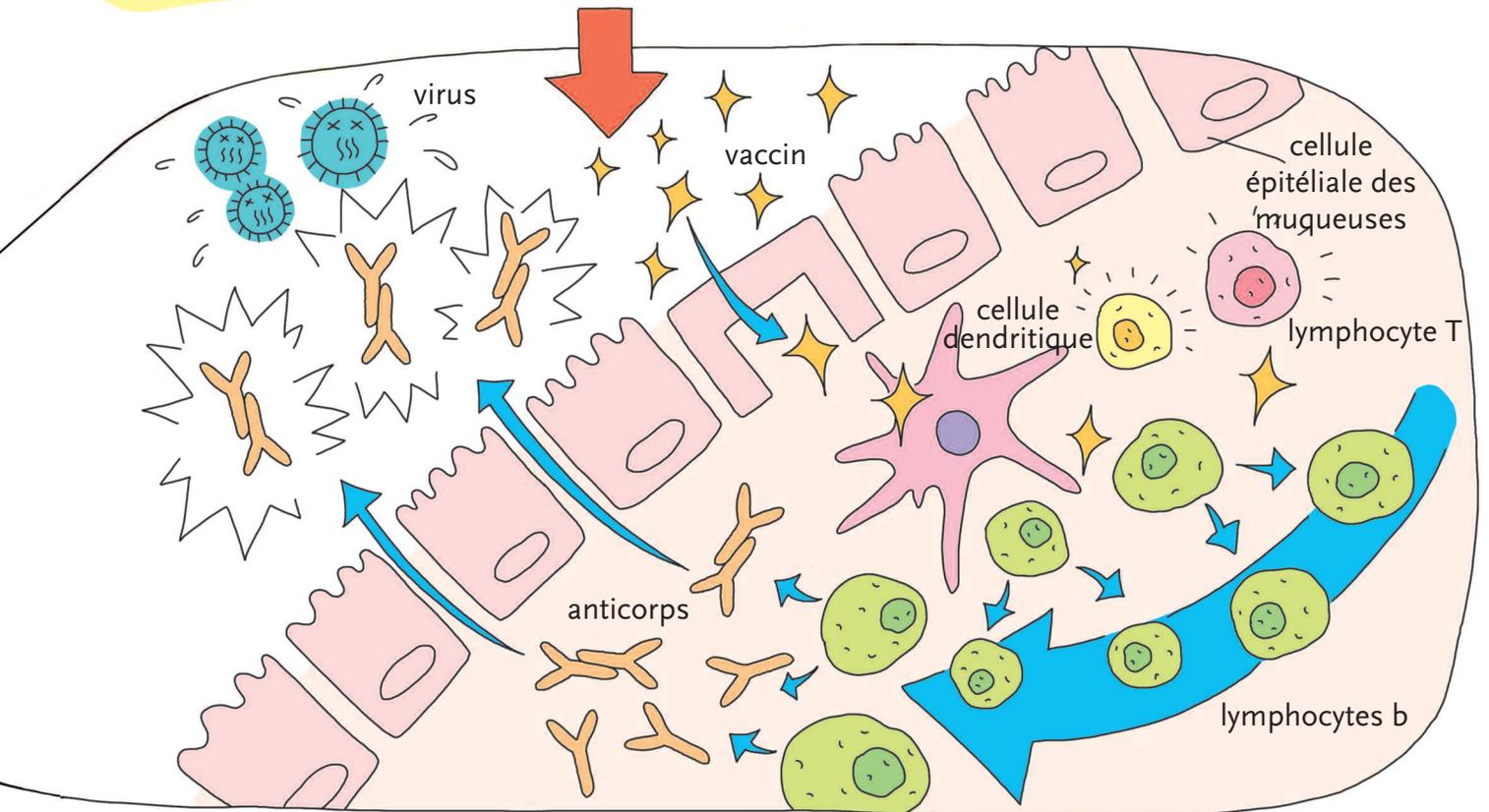
Les vaccins utilisés actuellement aident le système immunitaire à mettre en place une réponse après que le microbe ait pénétré dans le corps. Ils ne peuvent pas empêcher les microbes d'entrer en traversant les muqueuses.





A quoi pourraient ressembler ces nouveaux vaccins ?

Actuellement, les chercheurs développent des vaccins que tu pourras boire, manger ou inhaler. Etre vacciné de cette façon fait moins peur qu'être face à une aiguille et devrait améliorer la réponse immunitaire muqueuse. Les premiers résultats sont prometteurs. Un vaccin contre la grippe, que tu peux inhaler, est déjà disponible aux Etats-Unis et beaucoup d'autres vaccins muqueux sont en développement.

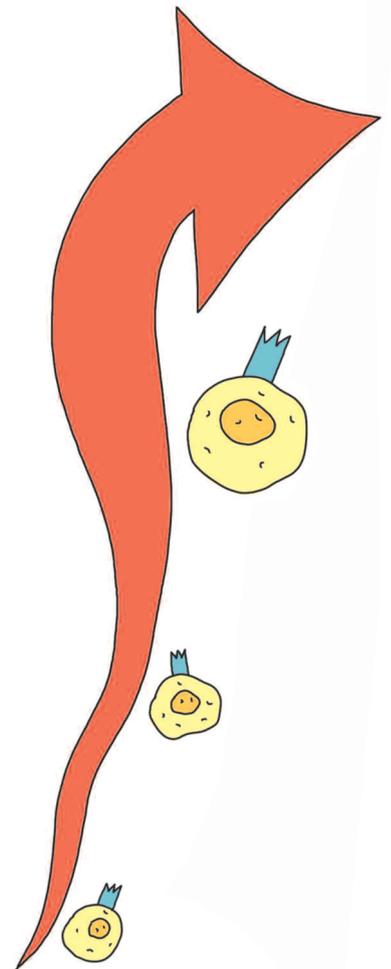
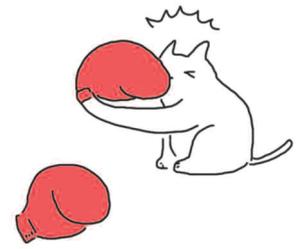
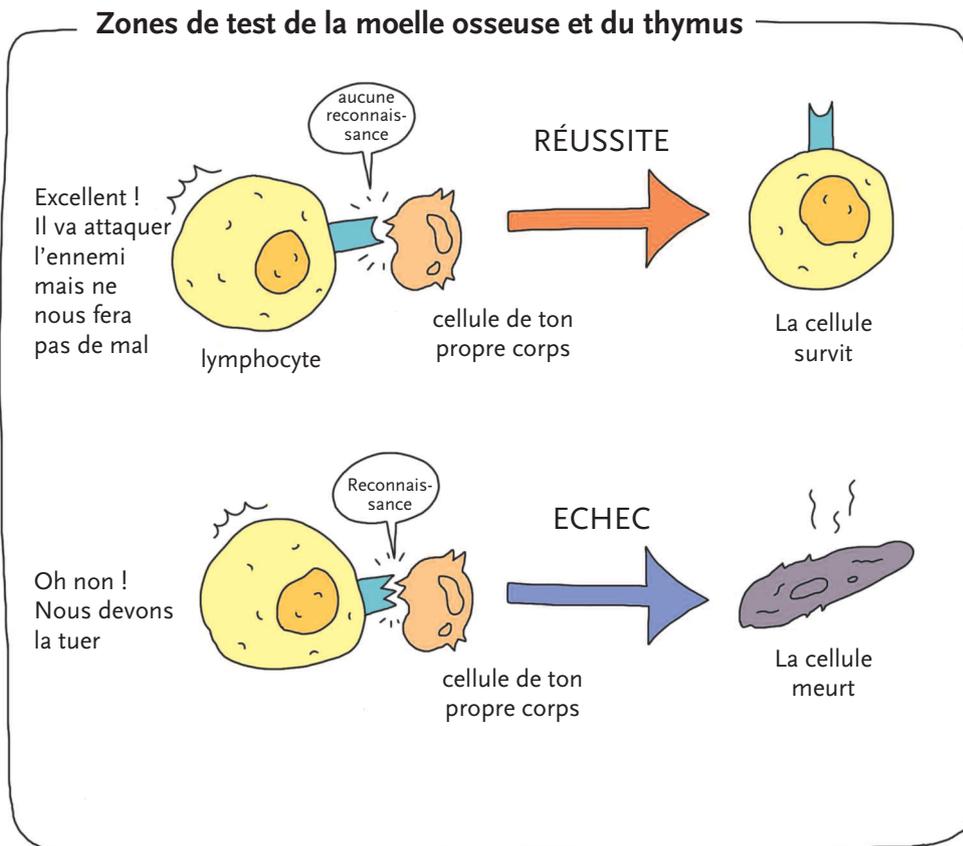


## 2. Les maladies auto-immunes

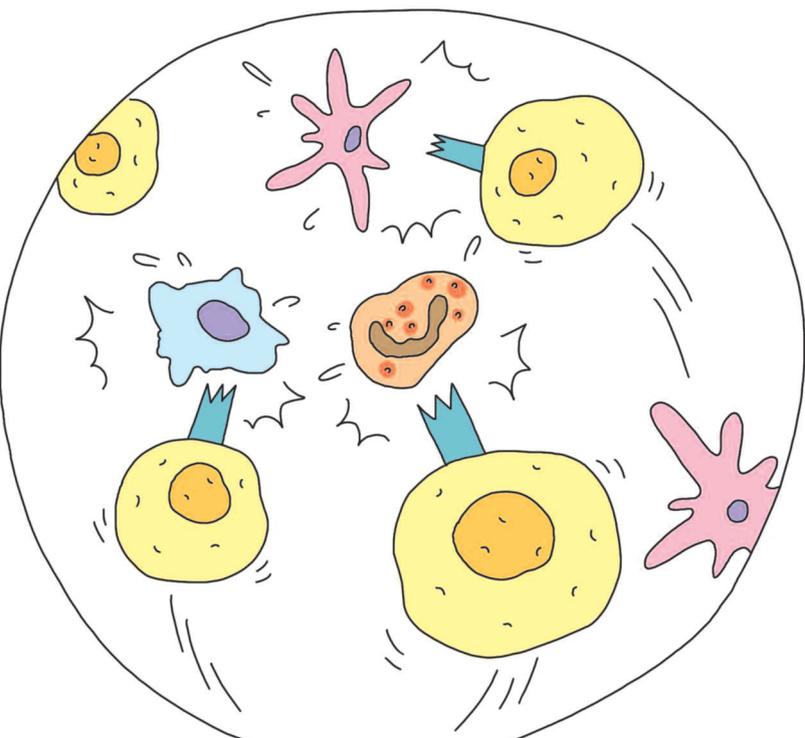
### Qu'est ce qu'une maladie auto-immune ?

Nous savons maintenant que les cellules immunitaires sont de fidèles alliées, toujours prêtes à agir pour défendre notre corps contre les microbes qui l'envahissent.

Avant que les cellules ne se mettent au travail, elles sont testées dans leur lieu de production : la moelle osseuse et le thymus. Pour nous être vraiment utiles, les cellules immunitaires doivent être capables de faire la différence entre les cellules de notre corps (le **soi**) et les envahisseurs potentiels. Une cellule immunitaire qui attaquerait notre corps est un véritable danger et doit être détruite. Parfois, ces cellules dangereuses réussissent à survivre.



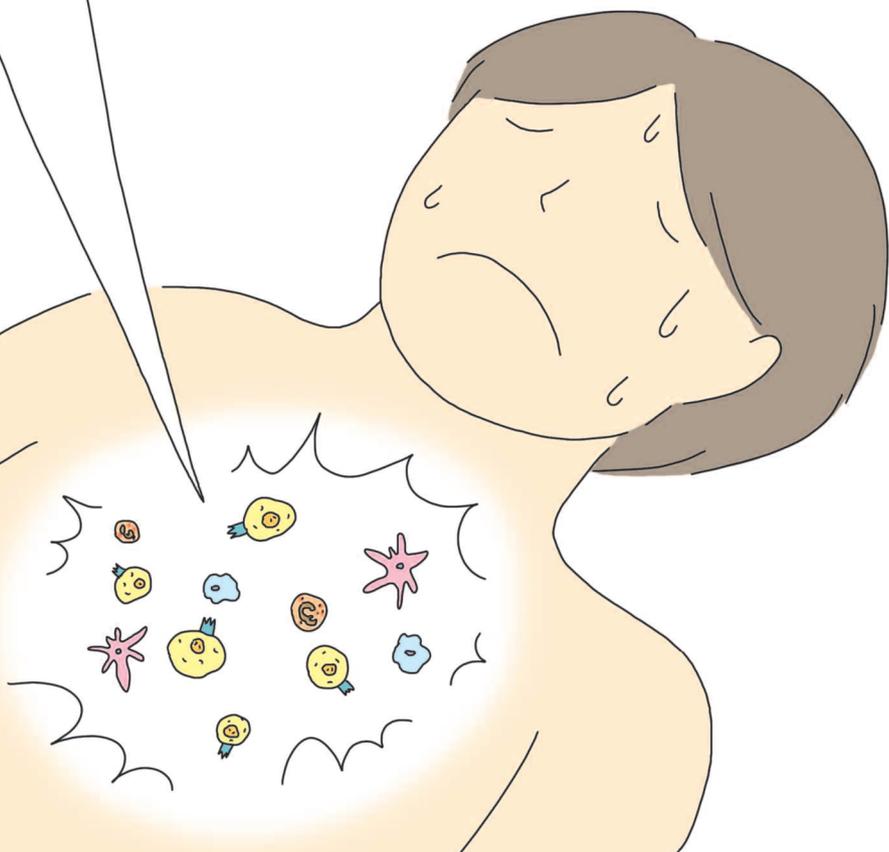
Si des méchantes cellules survivent...



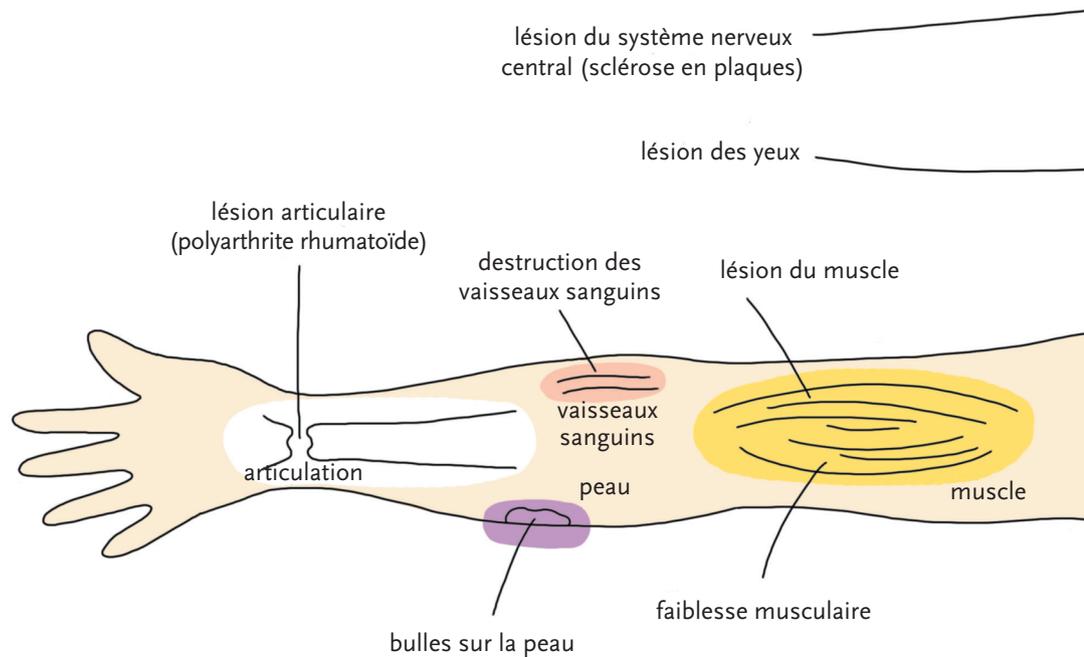
Tout n'est pas perdu grâce aux mécanismes de tolérance au soi dont nous avons parlé dans la 1<sup>re</sup> partie. Ces systèmes de sécurité empêchent les cellules immunitaires d'attaquer notre corps ou tous les éléments qui ne sont pas dangereux pour nous comme la nourriture. Normalement, ces systèmes nous protègent des cellules défectueuses qui pourraient nous attaquer.

Cependant, si cette capacité à tolérer le soi vient à disparaître, le corps subit les attaques injustifiées du système immunitaire qui prend alors les cellules de notre corps pour des ennemies. Cette situation s'appelle auto-immunité ou **maladies auto-immunes**.

La raison du développement de ce type de maladie n'est pas encore bien compris.



## Quelles sont les différentes maladies auto-immunes ?



Il existe un grand nombre de maladies auto-immunes. Elles peuvent toucher n'importe quelle partie du corps. Regardons certaines d'entre elles.

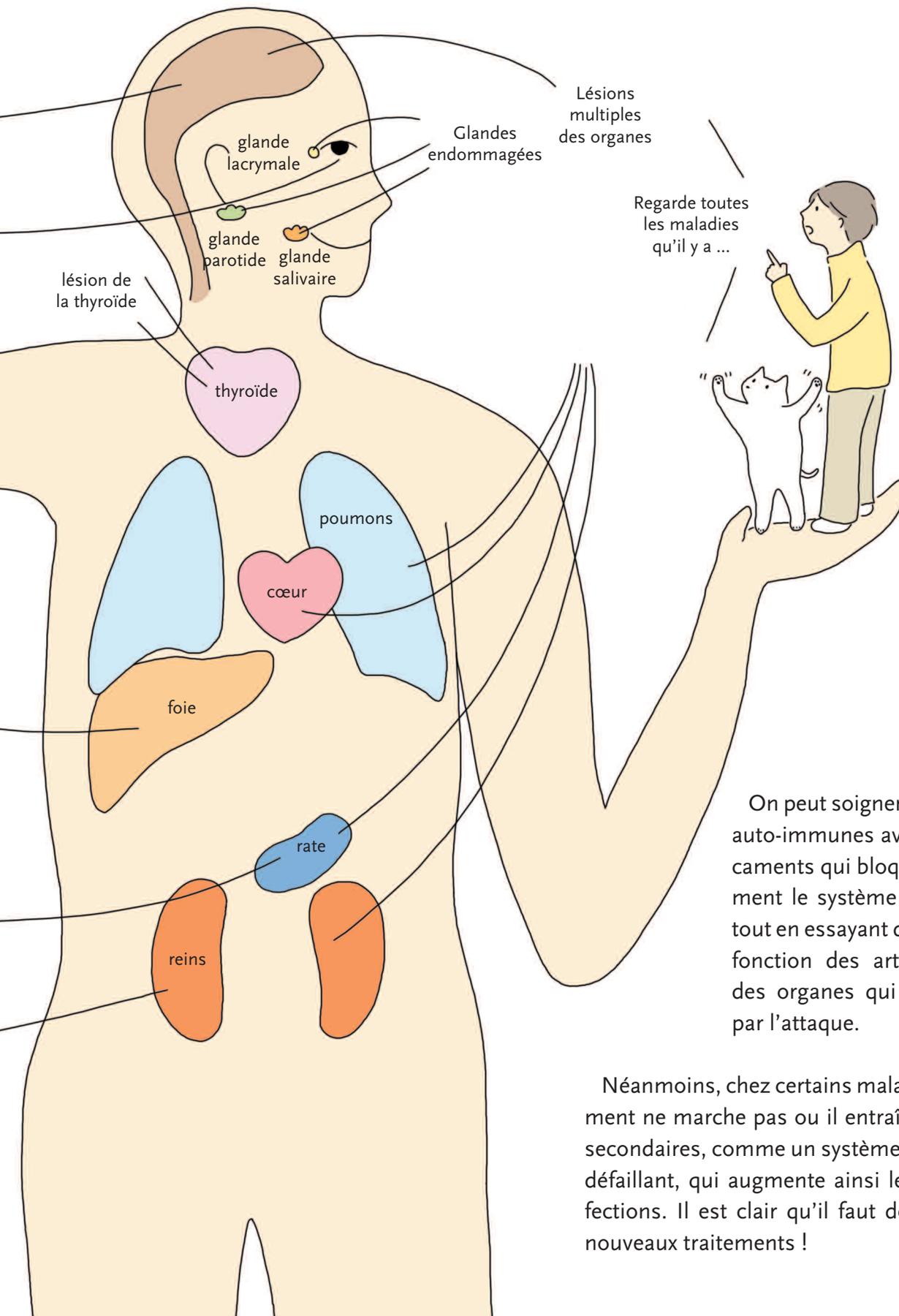
Chaque cellule de notre corps contient une structure appelée le noyau où sont stockés tous nos gènes. Si tu développes une maladie appelée le lupus érythémateux disséminés (LED), tes cellules immunitaires fabriquent des anticorps dirigés contre le noyau entraînant le développement d'une réaction inflammatoire dans tout le corps. D'autres maladies auto-immunes attaquent les articulations comme la polyarthrite rhumatoïde, ou le cerveau et la moelle épinière comme la sclérose en plaques.

Les symptômes de chacune de ces maladies auto-immunes et la façon dont elles évoluent varient d'un individu à l'autre. Nous ne comprenons pas encore clairement pourquoi le corps commence un jour à s'attaquer à ces propres constituants.

lésion du foie

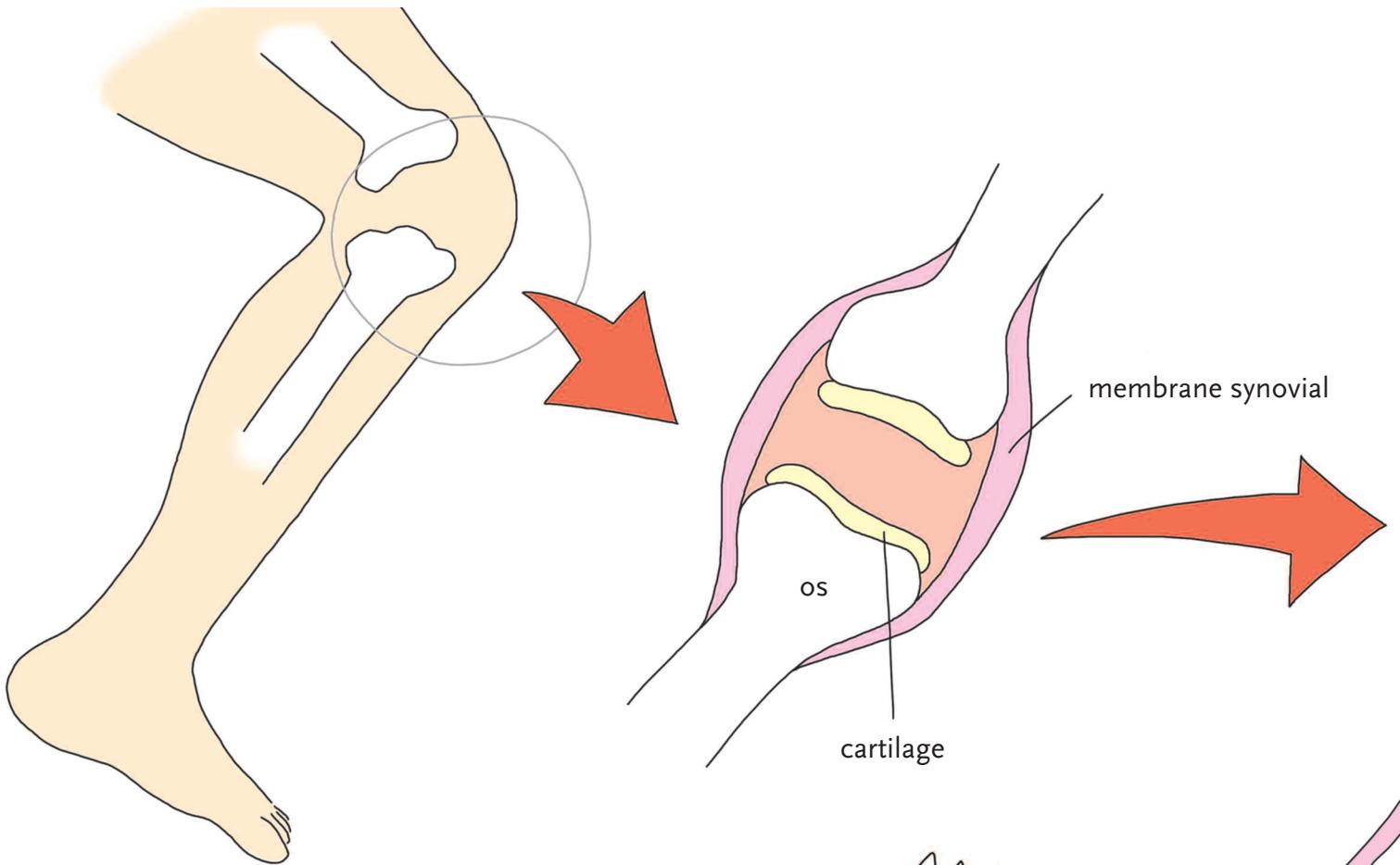
lésion des îlots du pancréas (diabète de type 1)

insuffisance rénale



On peut soigner les maladies auto-immunes avec des médicaments qui bloquent globalement le système immunitaire tout en essayant d'améliorer la fonction des articulations et des organes qui sont altérés par l'attaque.

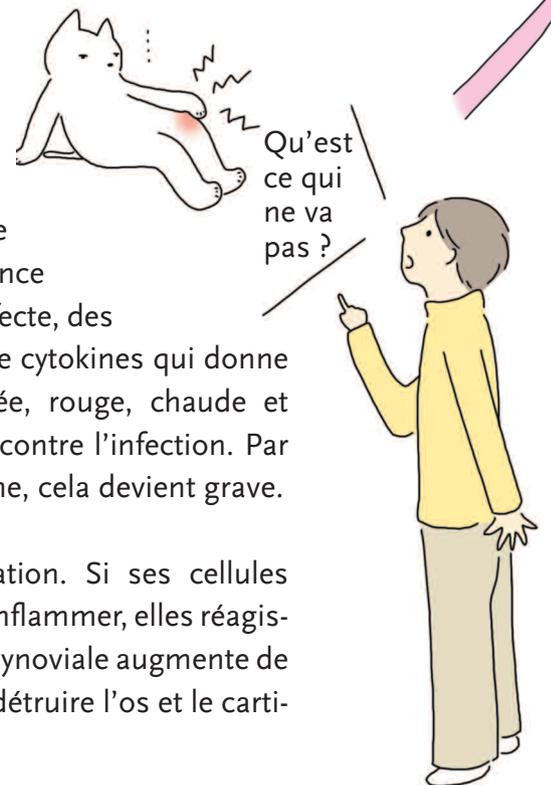
Néanmoins, chez certains malades ce traitement ne marche pas ou il entraîne des effets secondaires, comme un système immunitaire défaillant, qui augmente ainsi le risque d'infections. Il est clair qu'il faut développer de nouveaux traitements !

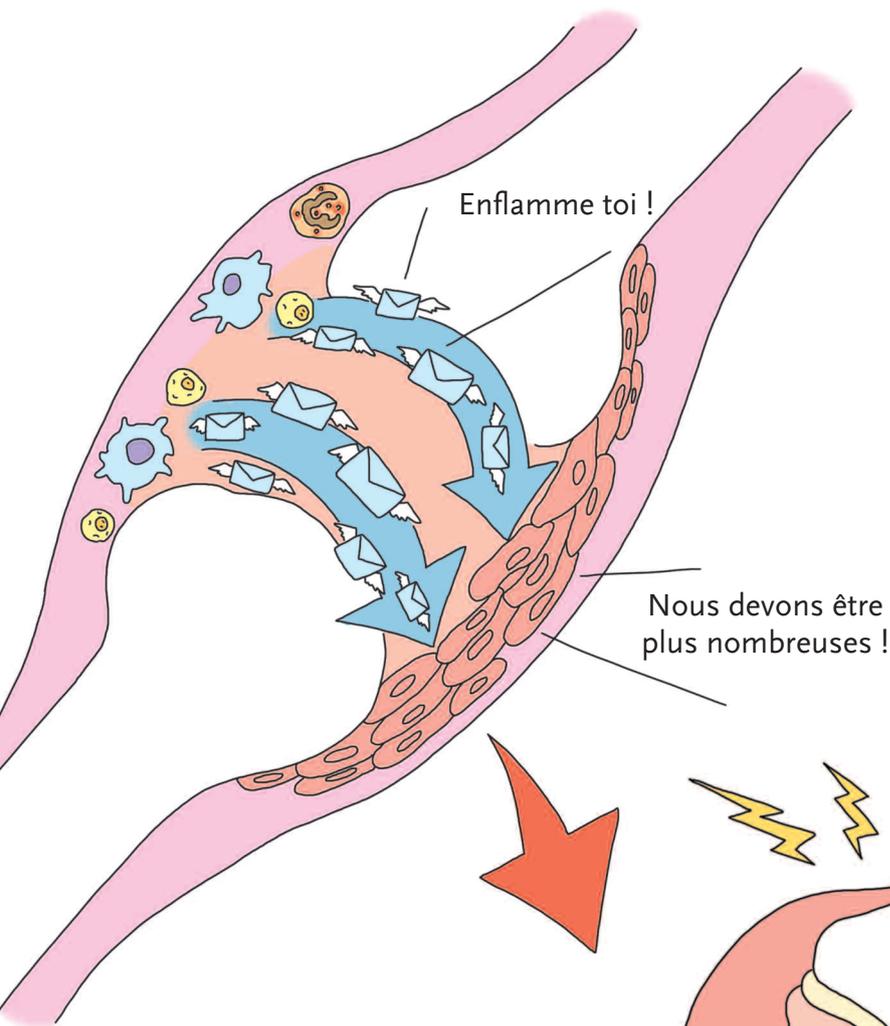


## La polyarthrite rhumatoïde et son traitement

La polyarthrite rhumatoïde est une maladie auto-immune qui entraîne des douleurs des articulations et qui, en l'absence de traitements, finit par les détruire. Si une articulation s'infecte, des cellules immunitaires s'approchent et produisent un flux de cytokines qui donne l'ordre : « enflamme toi ». L'articulation devient gonflée, rouge, chaude et douloureuse mais c'est ceci est (?) nécessaire pour lutter contre l'infection. Par contre, si l'attaque est dirigée contre l'articulation elle-même, cela devient grave.

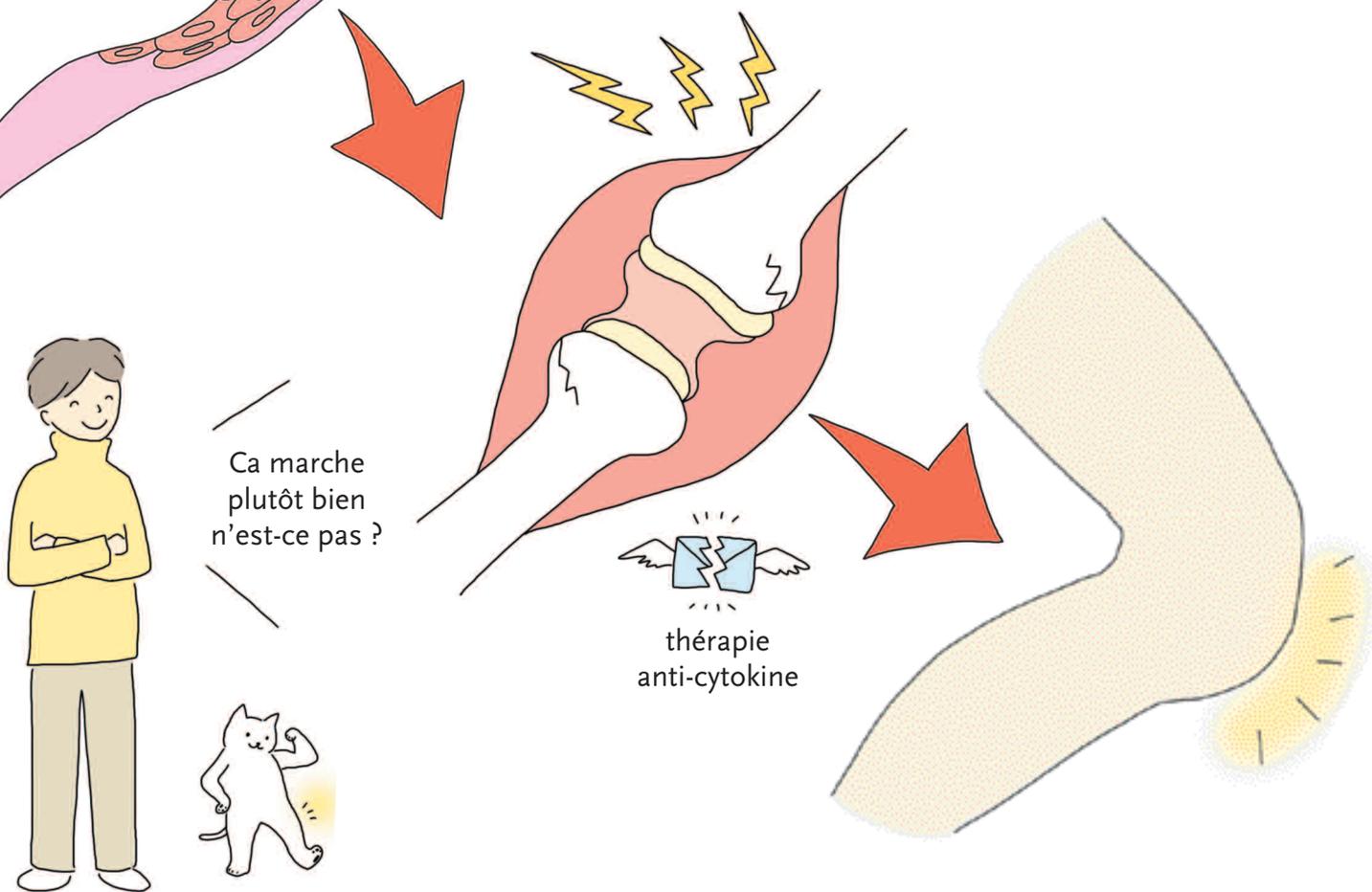
La synoviale est une membrane qui protège l'articulation. Si ses cellules reçoivent des messages des cytokines leur ordonnant de s'enflammer, elles réagissent en se multipliant. Quand les cellules se multiplient, la synoviale augmente de taille et au lieu de protéger l'articulation, elle commence à détruire l'os et le cartilage et abîme l'articulation.





En se basant sur la compréhension des mécanismes de l'inflammation des articulations, les scientifiques et les médecins ont développé un nouveau traitement appelé : **thérapie anti-cytokine** qui empêche les cytokines responsables de l'inflammation de fonctionner.

En pratique, la thérapie anti-cytokine est déjà très utilisée et donne de bien meilleurs résultats que tous les autres traitements utilisés jusqu'à maintenant.



## Les allergies sont aussi des réactions

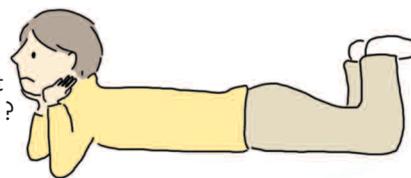
### 3. immunitaires

## Qu'est-ce qu'une allergie ?

Ça gratte !



Même les chats sont allergiques ?



Quand le printemps arrive, est-ce que tu éternues sans arrêt ? Est-ce que tes yeux te piquent ? Quand tu manges un œuf, est-ce que tu fais de l'urticaire ?

Quand tu vas te promener, est-ce que tes mains te grattent quand tu touches de l'herbe ou un arbre ? Dans la plupart des cas, ces réactions sont des réponses immunitaires et sont plus connues sous le nom d'allergie.

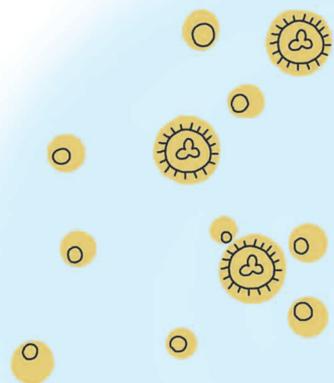
Les produits qui causent des allergies, le pollen, les acariens, les aliments sont appelés allergènes. Quand tes cellules immunitaires réagissent contre des produits habituellement sans danger, tu fais une allergie.

La plupart des allergies sont causées par des cellules immunitaires appelées mastocytes. Les mastocytes contiennent beaucoup de substances chimiques qui déclenchent éternuements et inflammation. Les personnes souffrant d'allergies ont des anticorps appelés IgE fixés à la surface de leurs mastocytes. Quand un allergène se fixe sur ces IgE, le mastocyte croit avoir rencontré un ennemi et il libère immédiatement les substances chimiques qu'il contient ! C'est l'inflammation causée par ces substances qui rend la peau rouge et qui gratte.

D'autres cellules immunitaires entrent rapidement en scène. Elles utilisent leurs armes habituellement dirigées contre les microbes, et c'est ton corps qui a mal.

C'est ça qu'on appelle une allergie.

allergènes



acariens

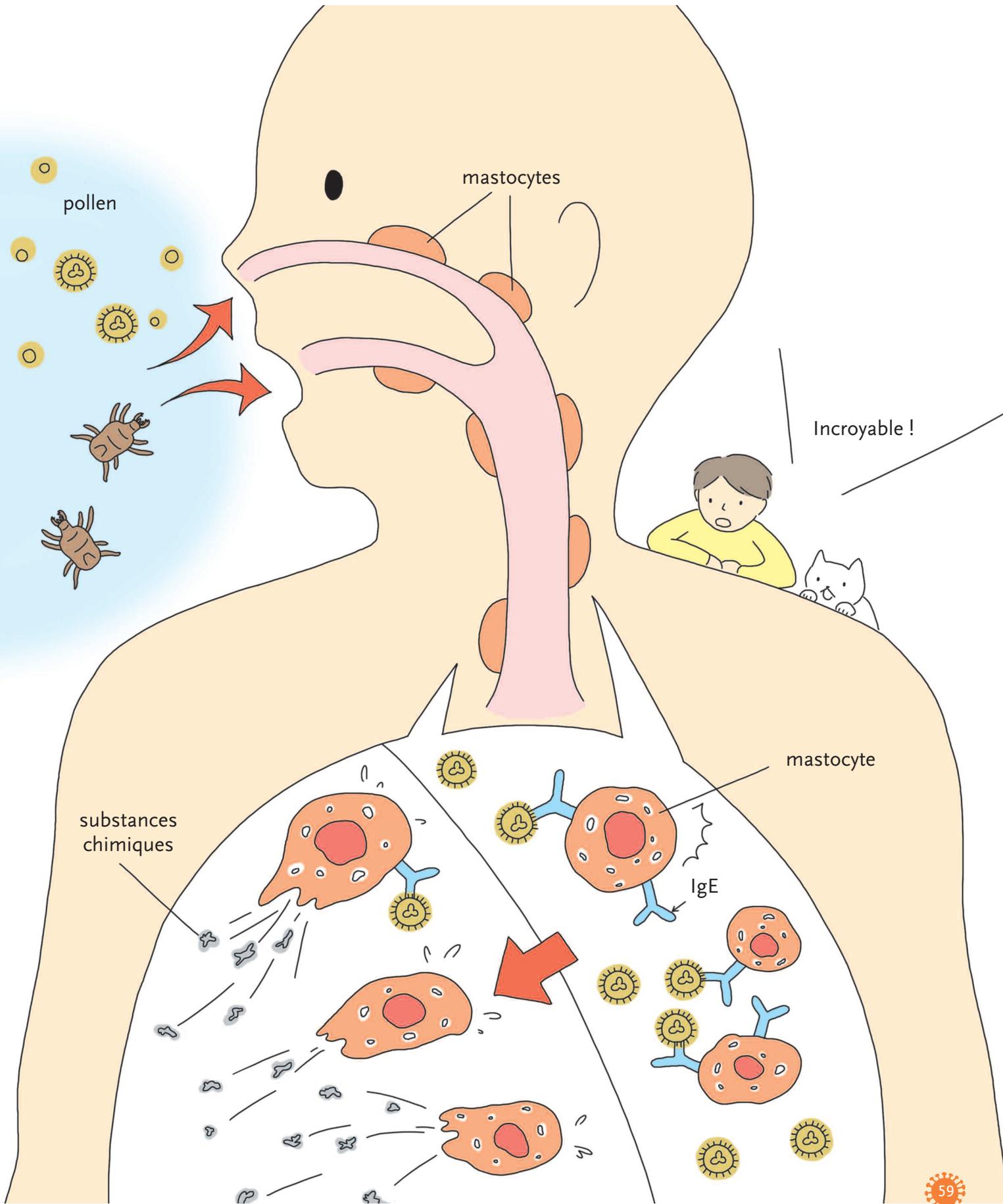


Ouahhh !  
Même un chat  
peut être  
allergique...

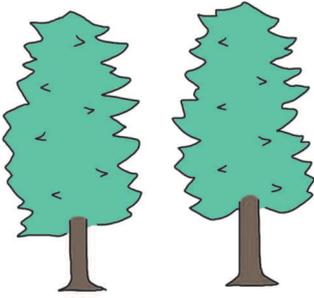


C'est  
vrai !

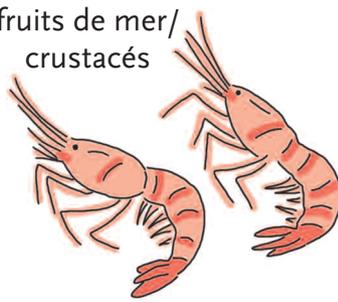




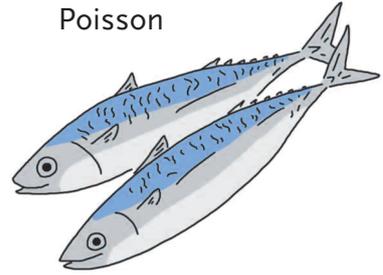
pollen



fruits de mer/  
crustacés



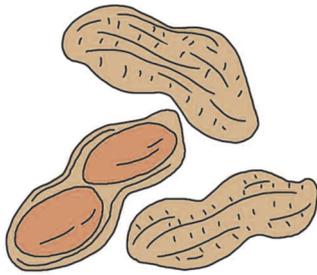
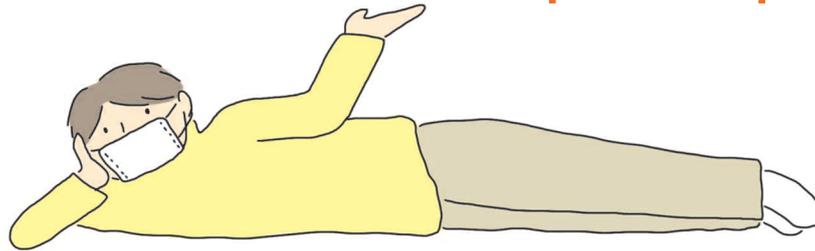
Poisson



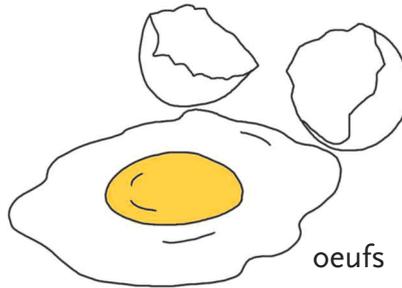
**Même ces produits peuvent**



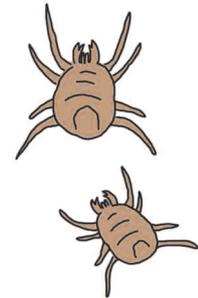
céréales



cacahuètes



oeufs

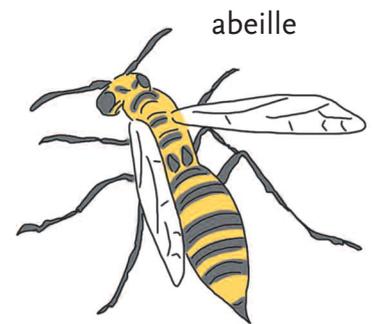
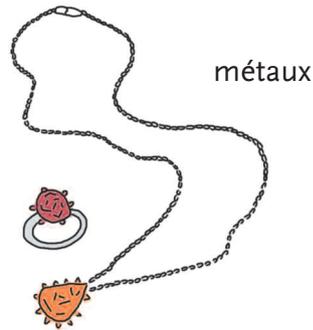
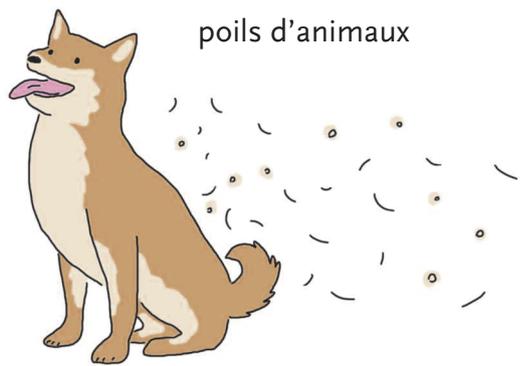


acariens

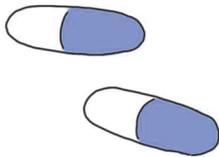
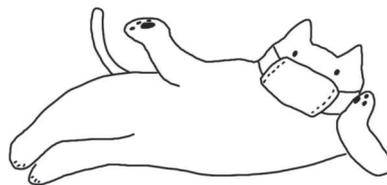
A quoi peut-on être allergique ?

L'allergie la plus fréquente est sûrement le rhume des foins causé par le pollen de certains arbres tel que le bouleau. D'autres allergies communes sont l'eczéma qui rend ta peau rouge et irritée, l'asthme, qui te fait tousser tout le temps et les allergies alimentaires.

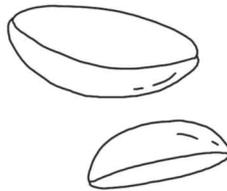
Des gens peuvent aussi être allergiques aux poils d'animaux, aux acariens, aux piqûres d'abeilles ou à certains métaux avec lesquels on fait des bijoux. Même les lentilles de contact ou certains médicaments comme la pénicilline peuvent entraîner des allergies.



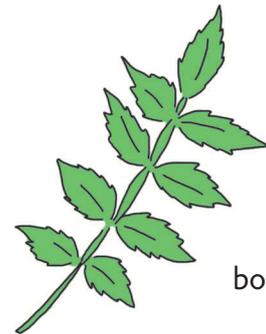
## déclencher une allergie



pénicilline



lentilles de contact



bouleau

Il faut être particulièrement vigilant en cas d'allergie aux noix, aux piqûres d'abeilles et à la pénicilline car elles entraînent une réaction intense et généralisée à tout l'organisme. Cette réaction s'appelle « choc anaphylactique ». La meilleure façon d'éviter des réactions allergiques de ce type est d'empêcher l'entrée de ces produits dans le corps.

Les allergies peuvent apparaître dès que les allergènes pénètrent dans ton corps (réaction immédiate) ou plus tard (réaction retardée).

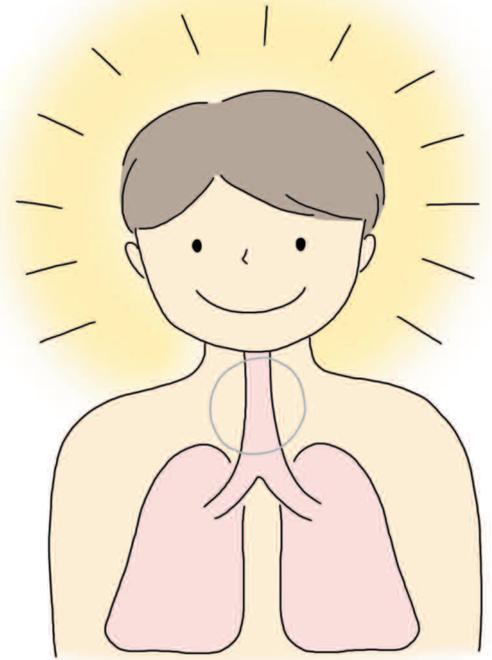
Pour chaque type de réaction, les cellules immunitaires qui interviennent, ainsi que les mécanismes mis en jeu, sont différents. En apprendre plus sur ces différents mécanismes est vital pour le développement de nouveaux traitements des allergies.

## Comment se développe l'asthme ?



Intéressons nous de plus près à une allergie fréquente chez les enfants : l'asthme.

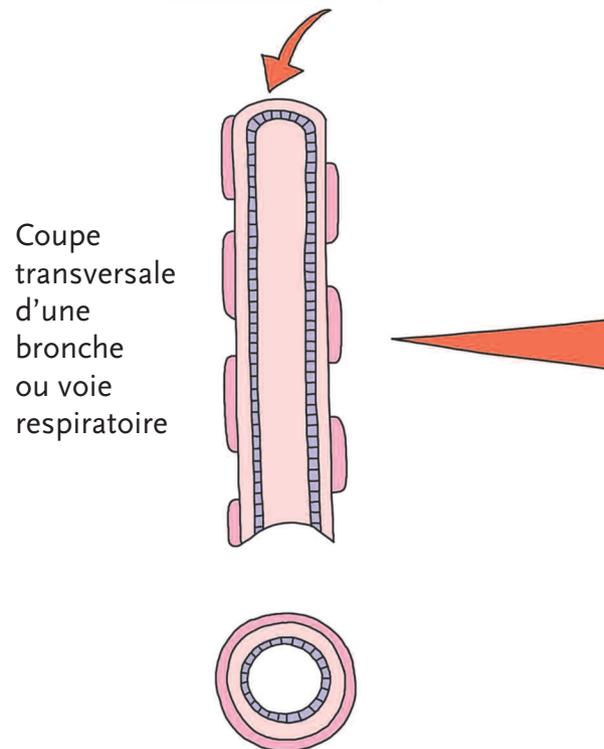
L'asthme a de nombreuses causes, mais la plus commune est la réaction aux acariens de la poussière. Je doute que tu aies déjà vu un acarien mais si tu utilises un microscope, et que tu regardes ton matelas ou la moquette chez toi... Bingo ! Tu en trouveras des milliers ! Oui, il y a des allergènes tout près de toi, partout !

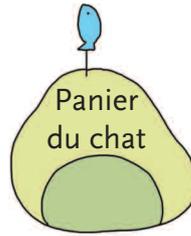
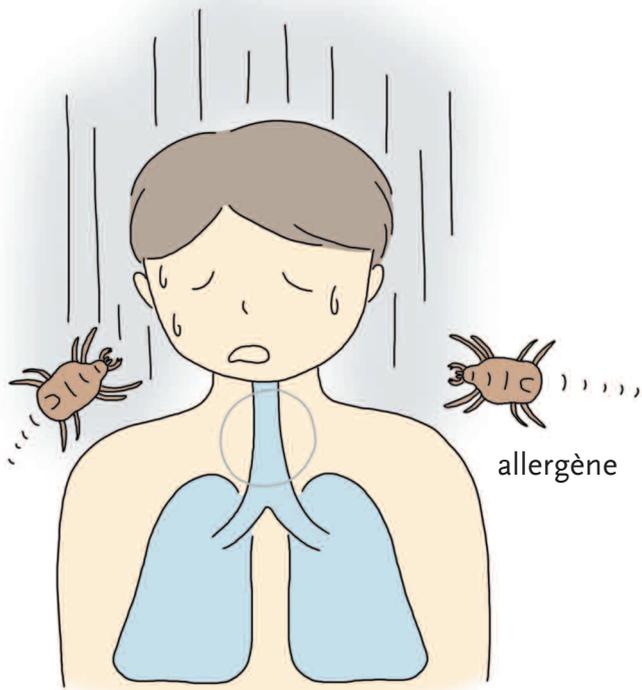


Maintenant, si tu fais une réaction allergique après avoir respiré des acariens, tout rentrera dans l'ordre aussitôt que tu respireras de l'air frais sans acariens ! Que se passerait-il cependant, si tu respirais continuellement de l'air chargé d'acariens ?

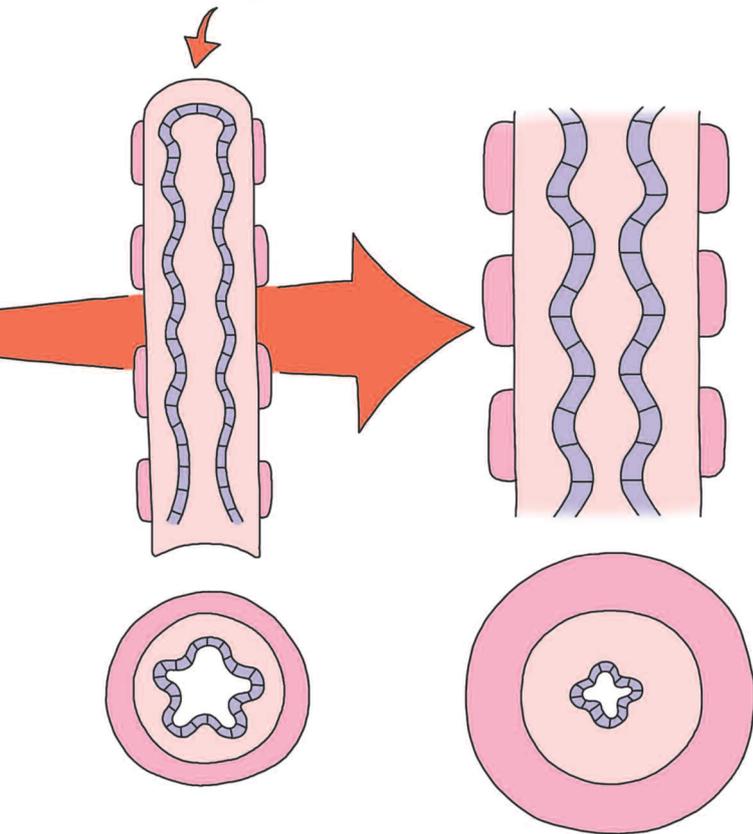
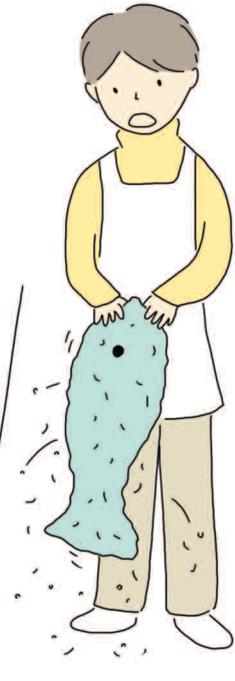
Tes voies respiratoires seront continuellement irritées car les cellules immunitaires à l'origine de l'inflammation réagiront sans cesse. Avec le temps, la forme de tes voies respiratoires commencera à changer et le passage par lequel l'air circule deviendra de plus en plus étroit.

Le terme technique pour ce changement de forme est **remodelage**. Une fois que tes voies respiratoires sont remodelées, il est très difficile de leur faire retrouver leur forme initiale. Pour cette raison le traitement est très compliqué.





Je vais aller nettoyer cette immonde couverture en forme de poisson



Comment tes bronches changent de forme

C'est pourquoi il est crucial de prévenir ce remodelage des voies respiratoires. Les corticoïdes sont des médicaments très efficaces pour traiter les allergies. Si tu es allergique aux acariens de la poussière, ton médecin pourra te donner ce médicament. En même temps, on te conseillera sûrement d'éliminer les moquettes ou de te procurer un matelas hypoallergène pour limiter ton exposition aux acariens.

## Peut-on traiter le rhume des foins ?



Au printemps, les fleurs s'épanouissent, ton moral remonte et tu as envie de sortir et de te promener ! Et pourtant, dès que tu es dehors, tu n'arrêtes pas d'éternuer et ton nez n'arrête pas de couler ...

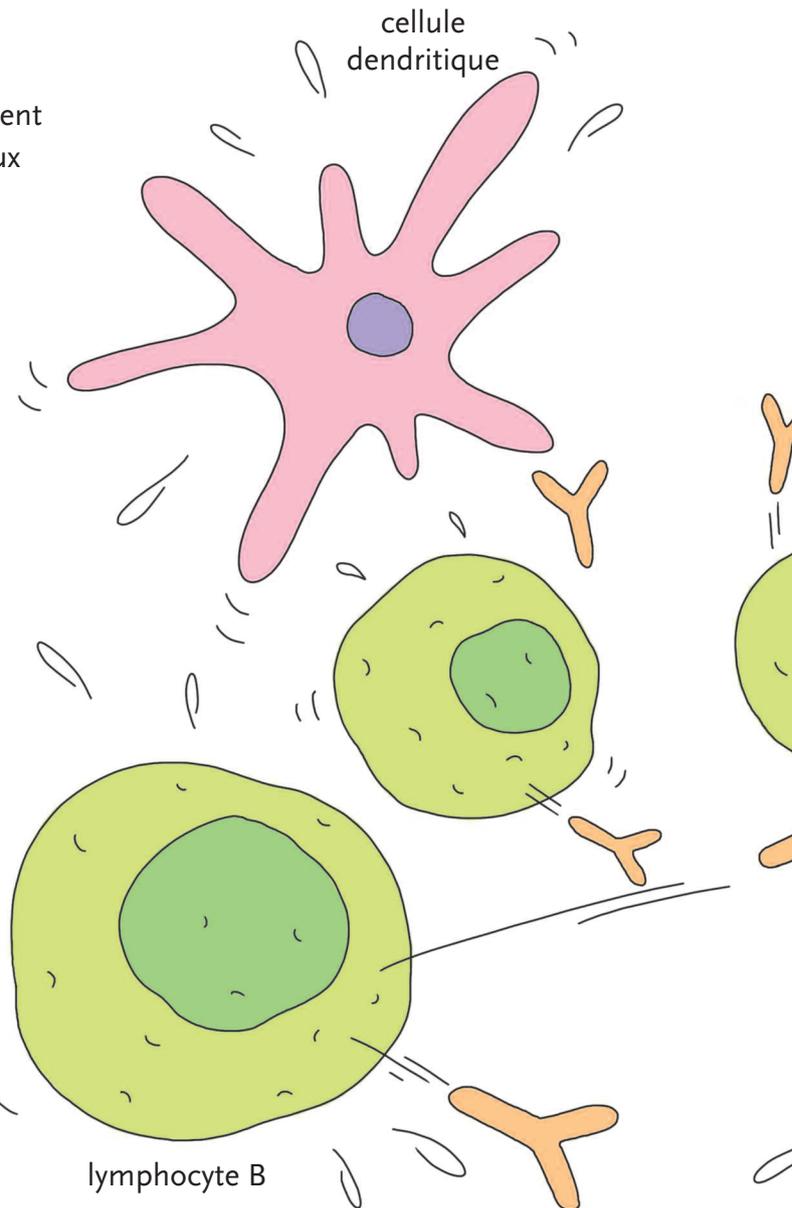
Pas très rigolo, n'est-ce pas ? On peut sûrement faire quelque chose contre les allergies aux pollens !

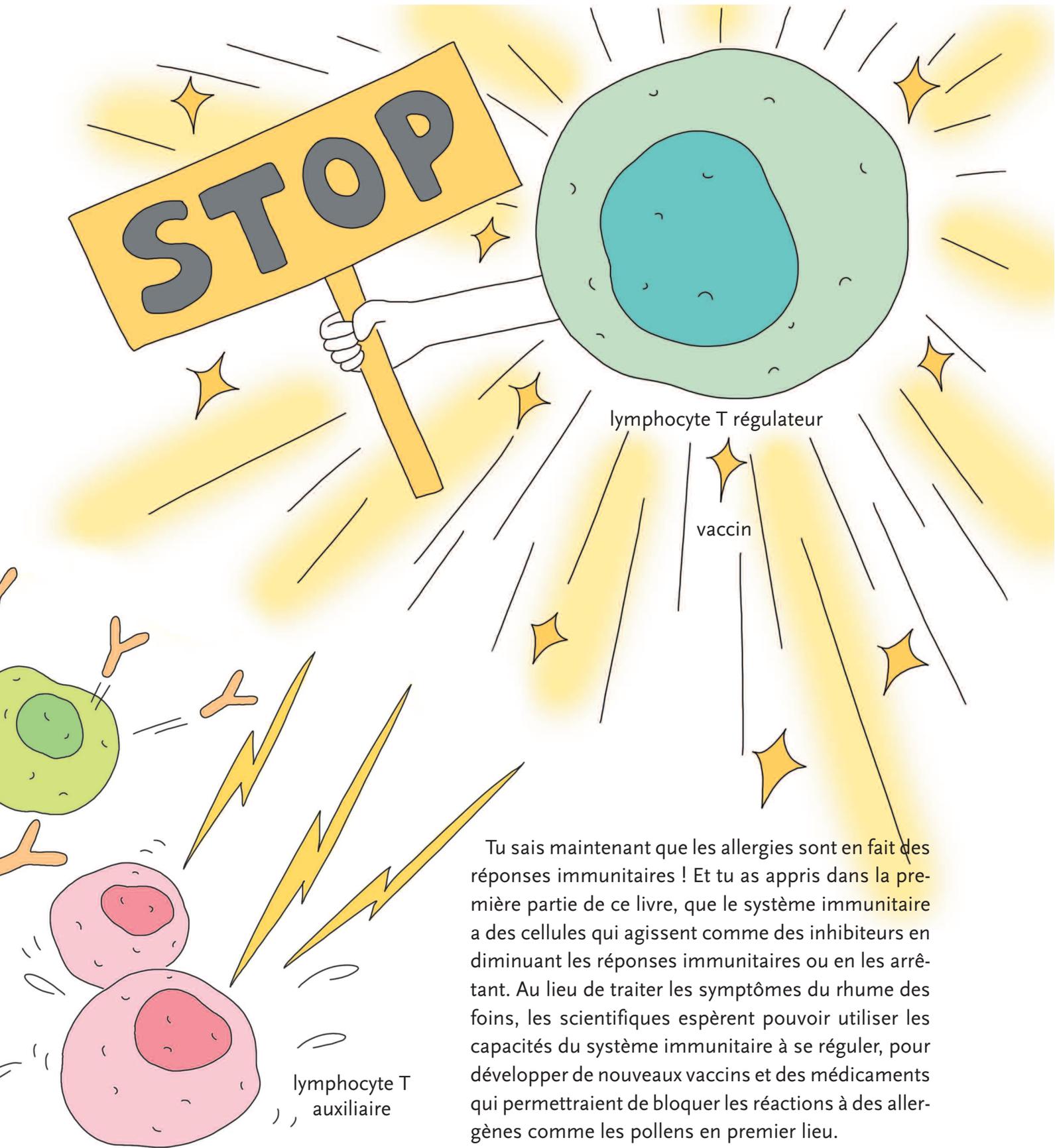
Dans le monde de l'immunologie, beaucoup de chercheurs travaillent pour aider les gens qui souffrent du rhume des foins.

Jusqu'à maintenant, les médicaments utilisés pour traiter le rhume des foins cherchaient à améliorer les symptômes, en empêchant les mastocytes de libérer leurs substances chimiques. Mais prenons un moment pour comprendre ce que cela veut dire.

Quand les saisons changent, les pollens présents dans l'air changent aussi. En général, les gens allergiques à un type de pollen, deviennent allergiques à d'autres types de pollens avec le temps. Traiter uniquement les symptômes du rhume des foins veut dire que tu serais obligé de prendre des médicaments la moitié de l'année !

Ne pourrait-on pas faire autre chose à la place ?

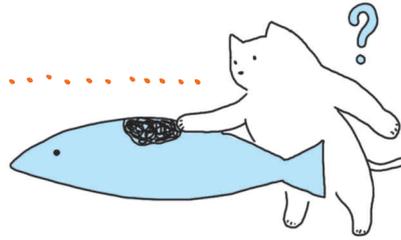




Tu sais maintenant que les allergies sont en fait des réponses immunitaires ! Et tu as appris dans la première partie de ce livre, que le système immunitaire a des cellules qui agissent comme des inhibiteurs en diminuant les réponses immunitaires ou en les arrêtant. Au lieu de traiter les symptômes du rhume des foins, les scientifiques espèrent pouvoir utiliser les capacités du système immunitaire à se réguler, pour développer de nouveaux vaccins et des médicaments qui permettraient de bloquer les réactions à des allergènes comme les pollens en premier lieu.

## 4. Peut-on utiliser l'immunologie pour traiter le cancer ?

### Qu'est-ce que le cancer ?

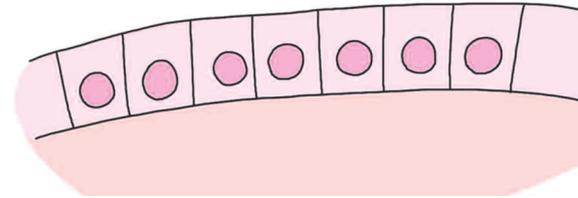


Normalement, chaque cellule du corps communique avec ses voisines pour décider de rester au repos, de se multiplier, de travailler ou de mourir. C'est ainsi que toutes ensemble, les cellules forment un tissu en bonne santé !

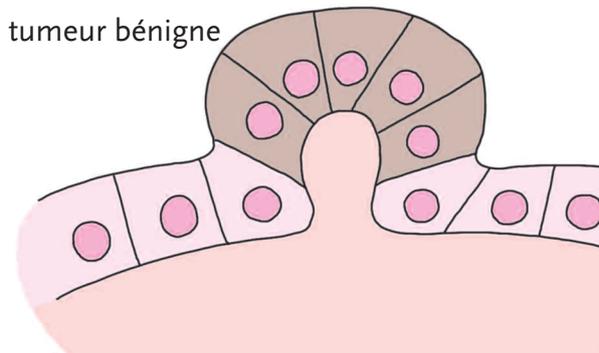
Parfois, les gènes d'une cellule sont modifiés et elle ne peut plus fabriquer des protéines normales. La cellule devient alors incapable de communiquer correctement avec ses voisines. Si cette cellule commence à se multiplier, le tissu où elle se trouve grossit dans ce qu'on appelle une tumeur. A ce stade, la tumeur est bénigne et ne fera pas de mal.

Cependant, les cellules abîmées peuvent se comporter plus méchamment. Ces mauvaises cellules forment non seulement des tumeurs là où elles sont, mais elles peuvent envahir les tissus qui les entourent ou utiliser les liquides de l'organisme pour migrer vers d'autres parties du corps où elles se multiplient pour former de nouvelles tumeurs (les métastases). Ces tumeurs sont appelées cancers, et leurs cellules sont dangereuses car elles peuvent conduire à la mort.

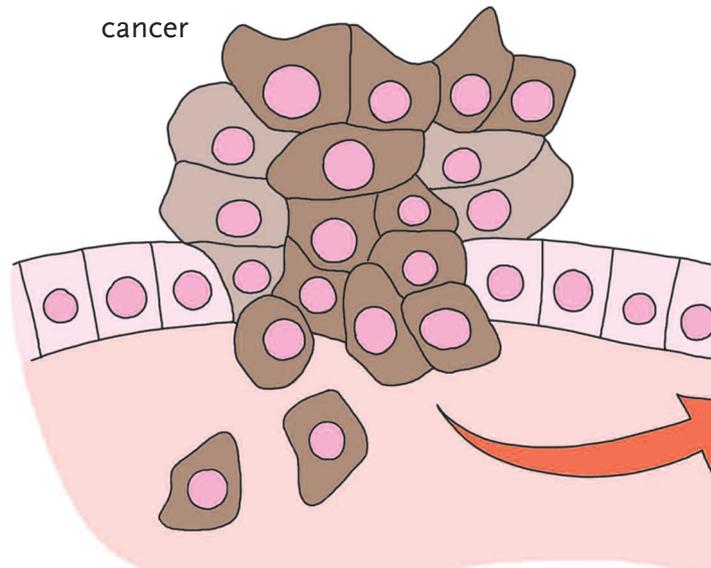
tissu normal

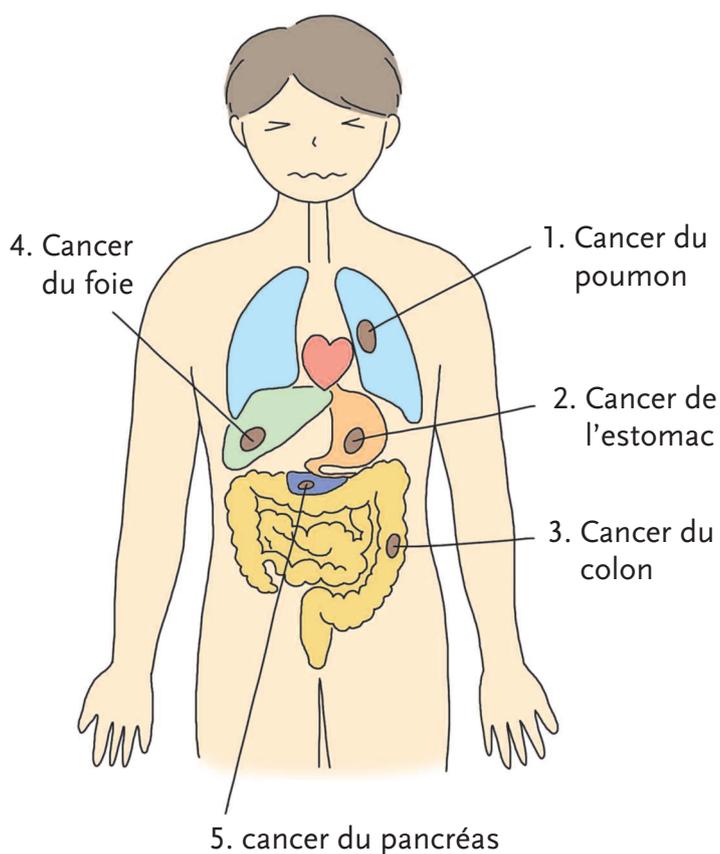


tumeur bénigne



cancer





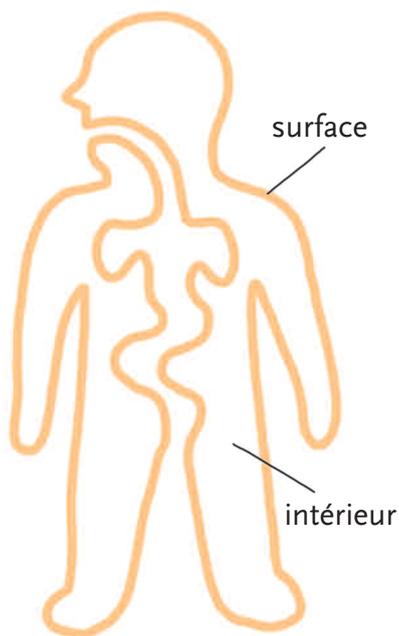
Les cancers peuvent se développer dans n'importe quel tissu. Le cancer le plus commun chez l'homme est le cancer du poumon, suivi par celui de l'estomac, du colon, du foie et enfin du sein.

Partout dans le monde on espère que les chercheurs trouveront un jour un traitement du cancer.

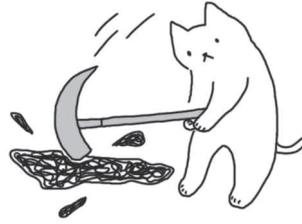
## Quels sont les différents types de cancer ?

Notre corps peut être divisé en deux parties : la **surface** et l'**intérieur**. Bien que les organes digestifs comme l'estomac et les intestins soient à l'intérieur du corps, ils sont considérés comme une surface. Les cancers formés à partir des tissus de la « surface » s'appellent des carcinomes. D'autres cancers portent des noms différents selon le lieu où ils se développent. Par exemple, le cancer des os et des muscles s'appelle un sarcome, et le cancer des tissus lymphoïdes, un lymphome.

Tous ces cancers envahissent les tissus ou se propagent dans le corps de la même manière mais les cancers formés à partir de la surface (carcinomes) sont plus fréquents et surviennent plus souvent chez les personnes âgées.



## Comment le système immunitaire lutte-t-il contre le cancer ?



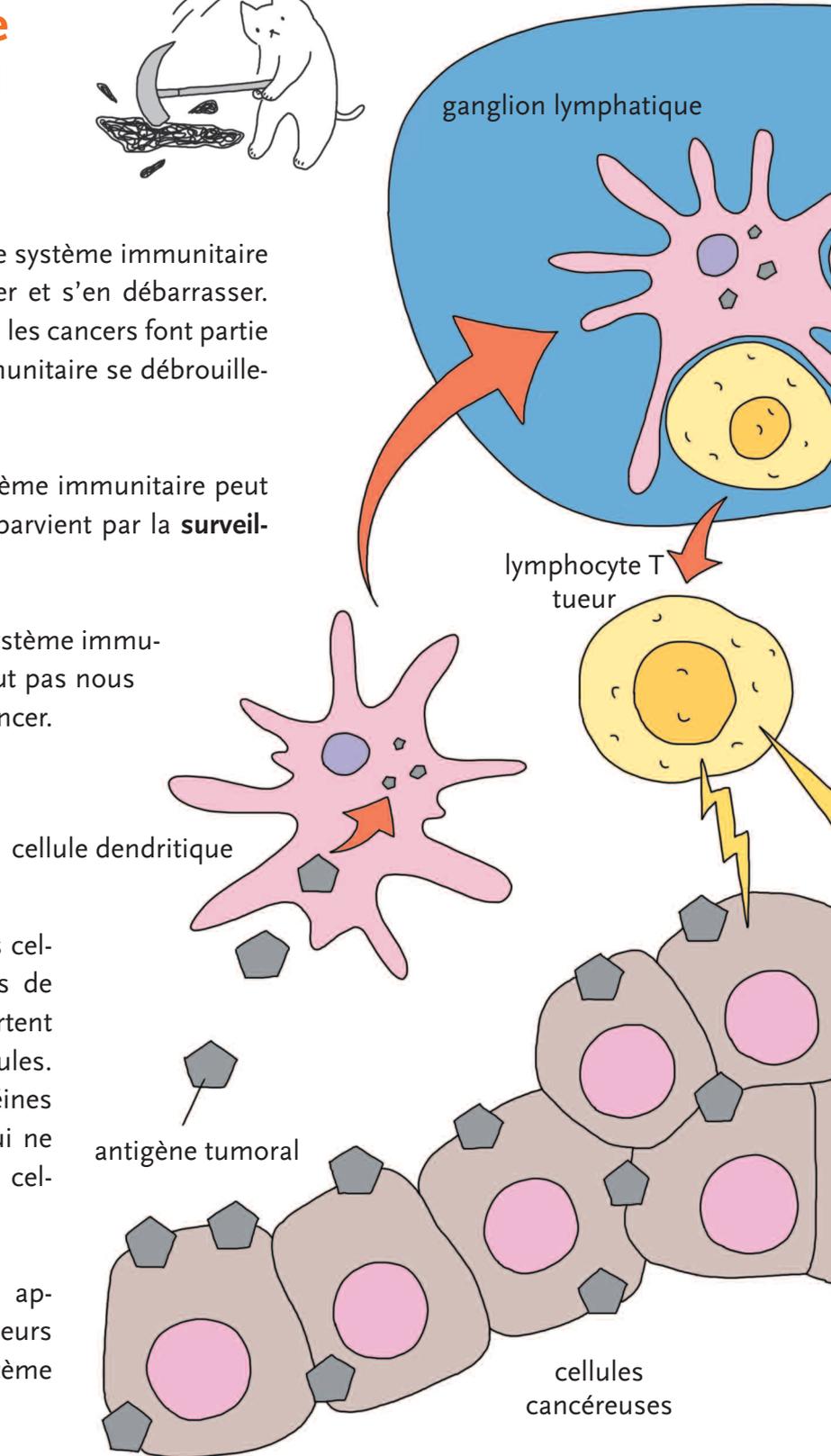
Nous savons que le corps utilise le système immunitaire pour détecter ce qui lui est étranger et s'en débarrasser. Mais comme nous venons de le voir, les cancers font partie du corps. Comment le système immunitaire se débrouille-t-il avec le cancer ?

Si un cancer se développe, le système immunitaire peut l'éliminer tant qu'il reste petit. Il y parvient par la **surveillance immunitaire**.

Voyons maintenant comment le système immunitaire travaille et pourquoi il ne peut pas nous protéger complètement contre le cancer.

Comme nous l'avons expliqué, les cellules cancéreuses sont des cellules de notre corps, mais elles se comportent différemment de nos autres cellules. Elles produisent souvent des protéines endommagées ou des protéines qui ne sont pas fabriquées par les autres cellules.

Ce sont ces protéines, souvent appelées antigènes associés aux tumeurs ou antigènes tumoraux, que le système immunitaire cible.

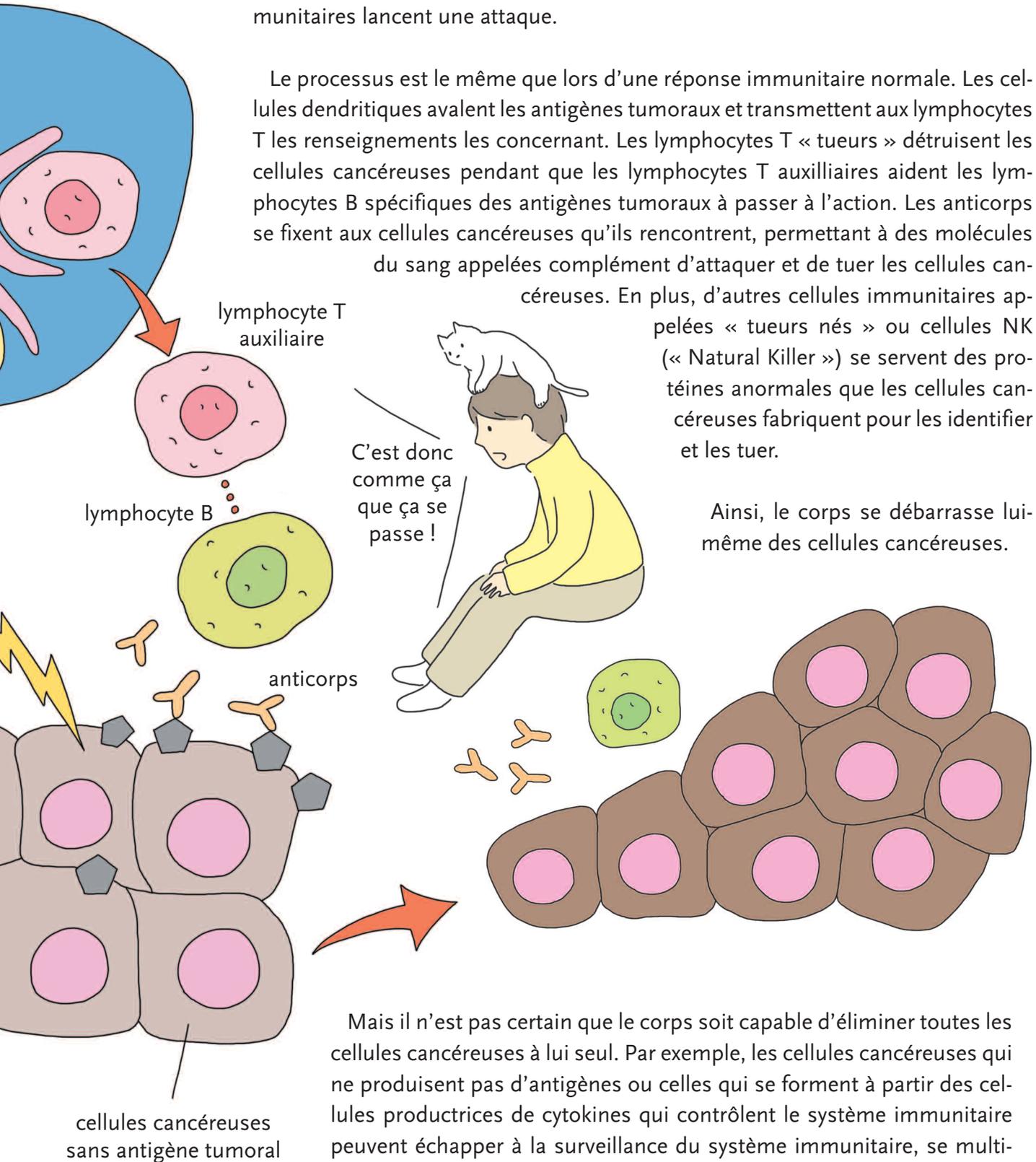


Dès que le système immunitaire détecte des antigènes tumoraux, les cellules immunitaires lancent une attaque.

Le processus est le même que lors d'une réponse immunitaire normale. Les cellules dendritiques avalent les antigènes tumoraux et transmettent aux lymphocytes T les renseignements les concernant. Les lymphocytes T « tueurs » détruisent les cellules cancéreuses pendant que les lymphocytes T auxiliaires aident les lymphocytes B spécifiques des antigènes tumoraux à passer à l'action. Les anticorps se fixent aux cellules cancéreuses qu'ils rencontrent, permettant à des molécules du sang appelées complément d'attaquer et de tuer les cellules cancéreuses.

En plus, d'autres cellules immunitaires appelées « tueurs nés » ou cellules NK (« Natural Killer ») se servent des protéines anormales que les cellules cancéreuses fabriquent pour les identifier et les tuer.

Ainsi, le corps se débarrasse lui-même des cellules cancéreuses.



Mais il n'est pas certain que le corps soit capable d'éliminer toutes les cellules cancéreuses à lui seul. Par exemple, les cellules cancéreuses qui ne produisent pas d'antigènes ou celles qui se forment à partir des cellules productrices de cytokines qui contrôlent le système immunitaire peuvent échapper à la surveillance du système immunitaire, se multiplier et finalement former un cancer.

## Soigner le cancer avec l'immunothérapie

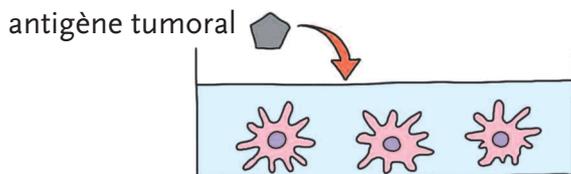
Les cellules cancéreuses qui réussissent à échapper à la surveillance du système immunitaire et à se multiplier, possèdent un certain type d'antigènes. Développer une réponse immunitaire contre ces antigènes pourrait apporter des moyens de traiter le cancer. C'est exactement le but d'essais cliniques variés en cours de réalisation.

### Vacciner contre le cancer

Des traitements associant des antigènes tumoraux et des stimulants du système immunitaire sont proposés comme vaccin contre le cancer.

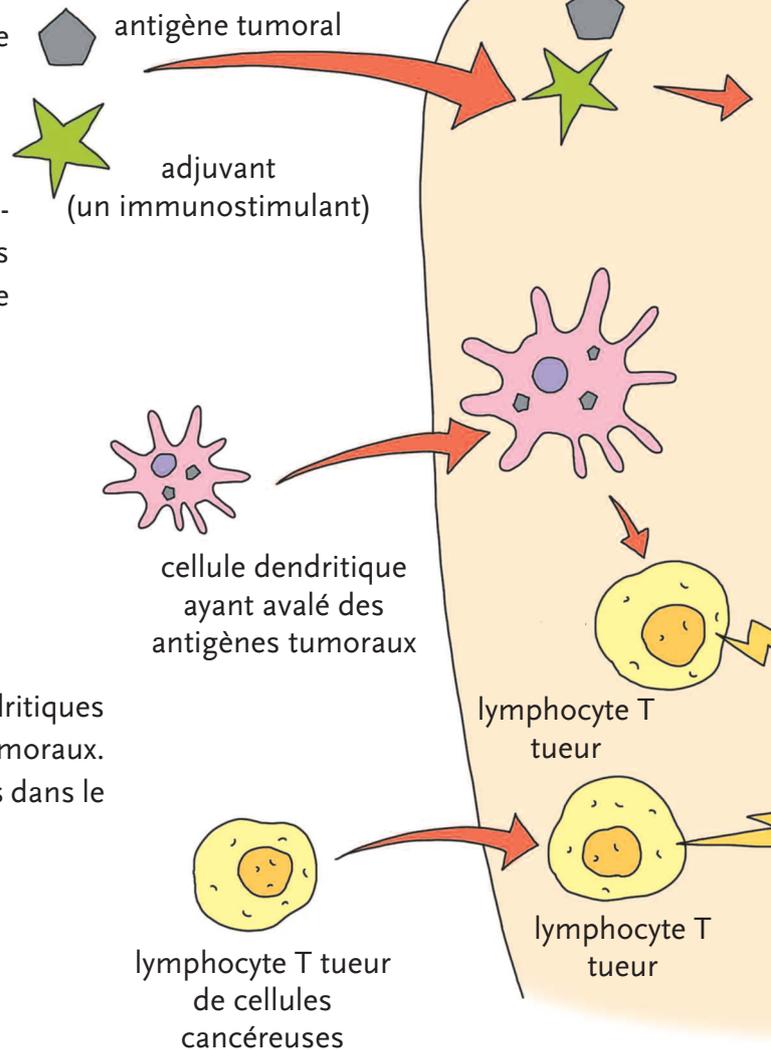
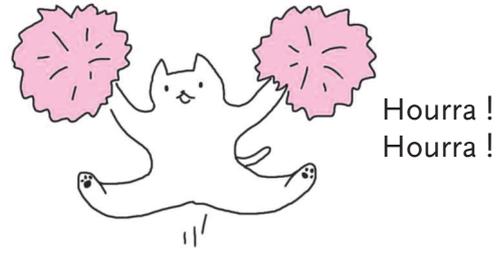
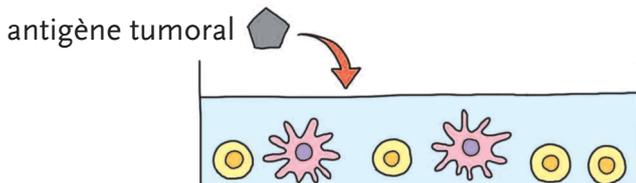
### Traiter avec des cellules dendritiques

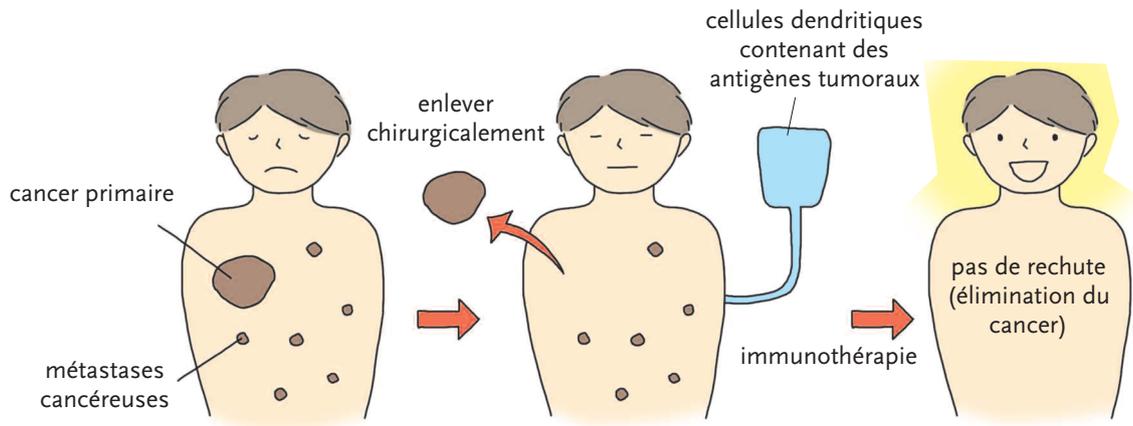
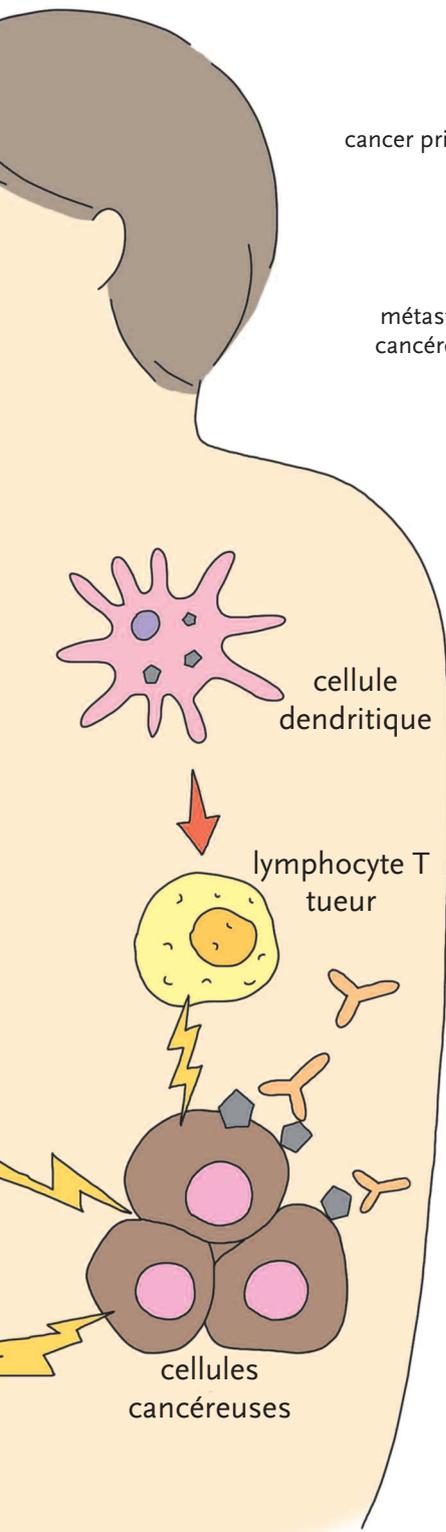
Cette méthode propose de récupérer des cellules dendritiques du malade, d'y incorporer des antigènes et de les réinjecter pour combattre le cancer.



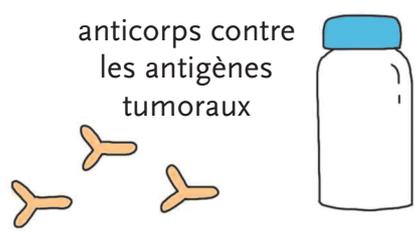
### Traiter avec des lymphocytes T

Des lymphocytes T tueurs et des cellules dendritiques sont prélevés et stimulés avec des antigènes tumoraux. Les lymphocytes T tueurs activés sont réinjectés dans le corps pour attaquer le cancer.





L'immunothérapie, toute seule, ne peut pas détruire les cancers de grande taille. Ces cancers doivent d'abord être enlevés chirurgicalement, puis l'immunothérapie peut être utilisée pour détruire les éventuelles métastases. Ce traitement pourrait prévenir la rechute du cancer.



### Traiter avec des anticorps

Le traitement par les anticorps utilise des anticorps qui ciblent les antigènes tumoraux.

La plupart des immunothérapies sont encore expérimentales. Cependant, l'utilisation des anticorps a déjà été mise en pratique dans certains types de cancers.

Autrefois, on ne pouvait rien faire pour les malades dont le cancer avait diffusé dans tout le corps. L'immunothérapie pourrait les aider.

Nous croyons que le futur ouvrira beaucoup de nouvelles portes !



## Postface

Ce livre fait partie des activités de vulgarisation menées par la Société Japonaise d'Immunologie. Nous l'avons créé car nous pensons que notre société devait offrir à tous, depuis les enfants de l'école primaire jusqu'aux adultes, un livre qui leur donne un accès facile au monde de l'immunologie. En combinant un contenu scientifique rigoureux avec un format ludique, notre but était de vous donner un avant-goût du sujet en espérant que cela suscite chez vous un intérêt plus grand, vous poussant à aller plus loin.

Le projet commença par la création de panneaux d'expositions et d'un guide pour le « *Meneki Fushigi Mirai* », évènement de sensibilisation à destination du grand public organisé par la société il y a quelques années. Mettre en place un tel ouvrage à destination du grand public est une expérience nouvelle pour nous. Mais comme nous sommes une société savante spécialisée à but non lucratif, diffuser l'information scientifique est quelque chose de primordial. Dans ce sens, la publication de ce livre montre comment une organisation comme la nôtre peut trouver sa place dans le monde d'aujourd'hui. Nous pensons que de telles activités de sensibilisation offrent également aux chercheurs la possibilité de réévaluer leur rôle auprès du grand public. Si la publication de ce livre soutient l'image de notre société et de ses membres, et par conséquent fait avancer l'immunologie et ses sociétés savantes, alors j'en serai très heureux.

Je voudrais adresser mes remerciements sincères à tous les membres de la Société Japonaise d'Immunologie en commençant par le président, Dr Masayuki Miyasaka, pour ses aimables conseils et son soutien depuis le début du projet. Je tiens également à remercier le Dr Hiroshi Kiyono, pour son travail acharné afin de faire décoller ce projet, le co-auteur de ce livre, le Dr Hiroshi Kawamoto, membre du comité d'éducation et de promotion et les Dr Toshiaki Ohteki, Dr Noriko Sorimachi, Dr Shinsuke Taki et Dr Sachiko Miyake du comité des relations publiques pour leur travail dévoué dans toutes les décisions concernant le contenu, le format, et les textes de ce livre. De plus, je suis très reconnaissant à M<sup>me</sup> Shinobu Yamashita du département d'édition de Yodosha pour sa patience dans nos longues négociations et Mme Tomoko Ishikawa, notre illustratrice, pour ses précieuses réponses face à nos nombreuses demandes.

Avril 2008

*Société Japonaise d'Immunologie*  
*Dr Yousuke Takahama*

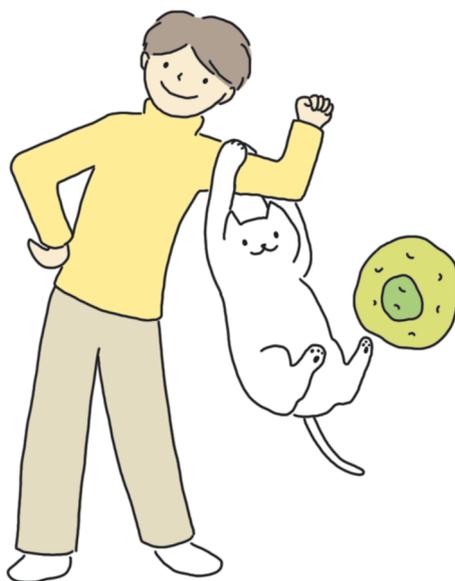


Ecrit par la **Société Japonaise d'Immunologie (JSI)**

Illustré par **Tomoko Ishikawa**

La traduction française a été réalisée par **Séverine Brunet** sous la direction de **Marie Beuzard**. Elle a été éditée par **Olivier Boyer, Gilbert Faure, Sylvie Fournel** et **Hans Yssel**, membres du CA de la SFI et membres de l'ASSIM.

Sa publication en a été rendue possible grâce à l'EFIS (Fédération Européenne des Sociétés d'Immunologie), la SFI et l'ASSIM.



European Federation of  
Immunological Societies

[www.efis.org](http://www.efis.org)



code-barres