

# Introduction à la biologie Cellulaire



DÉCOUVREZ LE MONDE PERDU DE LA  
BIOLOGIE CELLULAIRE



Fait par  
Clémendocyte

# Sommaire :

I. HISTORIQUE DE LA THEORIE CELLULAIRE

II. CELLULES PROCARYOTES ET EUCARYOTES

III. TROIS COMPLEMENTS A LA THEORIE CELLULAIRE

IV. LE CYCLE CELLULAIRE

V. NOTION DE PROGRAMME CELLULAIRE

VI. NOTION DE CELLULES SOUCHES

VII. NOTION D'HOMÉOSTASIE



# INTRODUCTION

Avant le 17ème, perçu dans sa diversité, juxtaposition d'netités indépendantes , aucune analogie entre animaux et végétaux

*Robert Hooke* mise au point **microscope 1665.** ❤️

——-> 1ères observat° de cellules biologiques



1ère moitié du 19ème siècle

Théodore Schwann et Mathias Schleiden conçoivent le premier principe de la théorie cellulaire : « **La cellule représente l'unité structurale et fonctionnelle de tous les êtres vivants** ». ❤️

2nd moitié du 19ème siècle

Le deuxième principe de la théorie cellulaire « **Toute cellule provient d'une cellule préexistante** » énoncé par Virchow ❤️, physiologiste allemand, a été opposé à la notion de génération spontanée qui énonce que les cellules peuvent provenir de n'importe quelle masse indifférenciée. Cette notion spontanée a été démontrée comme fausse par des expériences de Louis Pasteur.

Cette théorie cellulaire a permis d'instaurer une unicité du vivant  
(Fait écho au début du cours)

20ème s : compréhension au niv moléculaire des principes d'unicité (nés au 19ème

La compréhension d'unicité moléculaire du vivant voit **son point culminant** ~~non pas lors de la découverte de l'ADN~~ (connu depuis longtemps) mais **lors de la compréhension de la structure d'ADN** et en particulier la **relation** entre la **structure de l'ADN et l'hérédité**

A noter que : Cette biologie moléculaire va aboutir dans les **années 2000** avec le premier brouillon du génome humain ouvrant la voie à la génomique

((( La génomique est une discipline de la biologie moderne. Elle étudie le fonctionnement d'un organisme, d'un organe d'une cellule... )))

**Biomol n'st plus qu'1 outil, ce n'est plus une discipline d'avancée conceptuelle !!!**



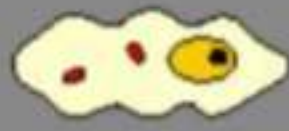
**Le 21ème siècle : les progrès technologiques  
—> répertoires moléculaires complets, on  
a donc un retour vers la diversité du vivant.**

On arrive à plusieurs concepts :

**la biologie intégrée, la variabilité du vivant, la  
médecine personnalisée ou la médecine de  
précision**

**Elles vont prendre les individus au cas par cas d'un  
point de vue moléculaire et leur proposer un  
traitement (si il existe ) qui leur corresponde**





Deux postulats principaux :

1. La cellule représente l'unité structurale et fonctionnelle de tous les êtres vivants (Schleiden et Schwann)
2. Les cellules proviennent d'une cellule pré-existante (Virchow)

Robert HOOKE  
(1635-1703)  
observe des cellules  
végétales  
au microscope

théorie cellulaire

Gregor Mendel  
-> Génétique

Watson et Crick  
Structure de l'ADN  
-> Biologie Moléculaire

Séquence d'un génome  
Humain  
-> Génomique

Biologie intégrée  
Variabilité du vivant  
Médecine personnalisée

1665

1838

1880

1954

2001



# FRISE RÉCAP DU PROF

## QUELQUES DÉFINITIONS :

Ø **BIOLOGIE CELLULAIRE** : ÉTUDE DES PROCESSUS QUI SE DÉROULENT DANS LES CELLULES AINSI QUE DES MÉCANISMES PERMETTANT LEUR DIVISION, LEUR DIFFÉRENCIATION, LEUR SURVIE, LEUR SÉNESCENCE ET LEUR MORT. LE PLUS SOUVENT, CES PROCESSUS SONT DÉCRITS EN TERMES MOLÉCULAIRES.



**HISTOLOGIE** : ÉTUDE DE L'AGENCEMENT DES CELLULES EN TISSUS. ELLE EST TRÈS COMPLÉMENTAIRE À LA BIOLOGIE CELLULAIRE ET CES DEUX DISCIPLINES PEUVENT PARFOIS SE CHEVAUCHER SUR CERTAINS ASPECTS, MAIS IL FAUT BIEN LES DISTINGUER.

## II. CELLULES PROCARYOTES ET EUCARYOTES

La cellule est l'unité d'organisation du vivant. Les cellules sont classées en fonction des **grandes caractéristiques** qui les distinguent.

Entre les procaryotes et les eucaryotes la distinction est d'abord basée sur **l'observation microscopique** 👁️

Procaryote = dépourvu de noyau

Eucaryote = possédant un noyau et + grand que les procaryotes

## **Rappel :**

*L'ADN contient l'information génétique et l'hérédité, c'est-à-dire qu'elle est capable de générer toutes les informations nécessaires à la vie. L'expression de la molécule d'ADN se fait en deux grandes étapes :*

**1. La transcription :** la molécule d'ADN est transcrite en ARNm.

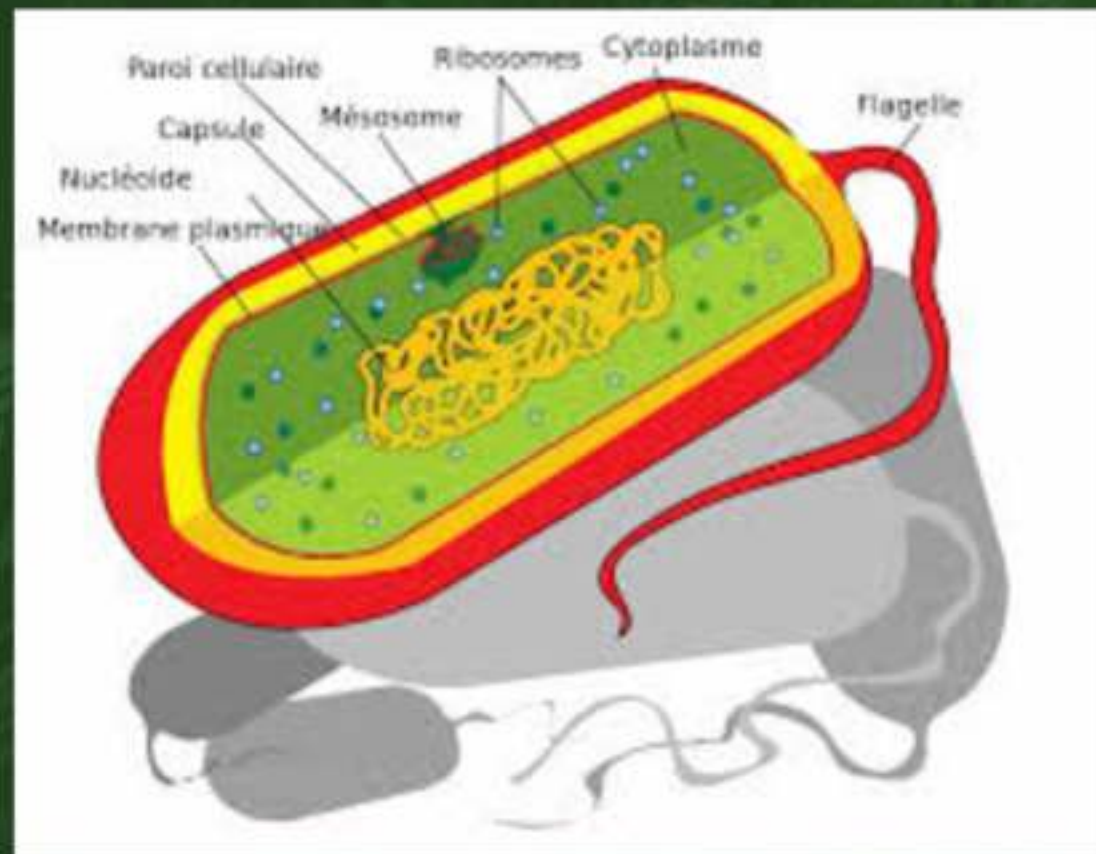
**2. La traduction :** l'ARNm est traduit en protéine.





*Chez les procaryotes la traduction se fait en même temps que la transcription (présence ADN directement dns le cytoplasme)*

*On parle de trad co-transcriptionnelle*

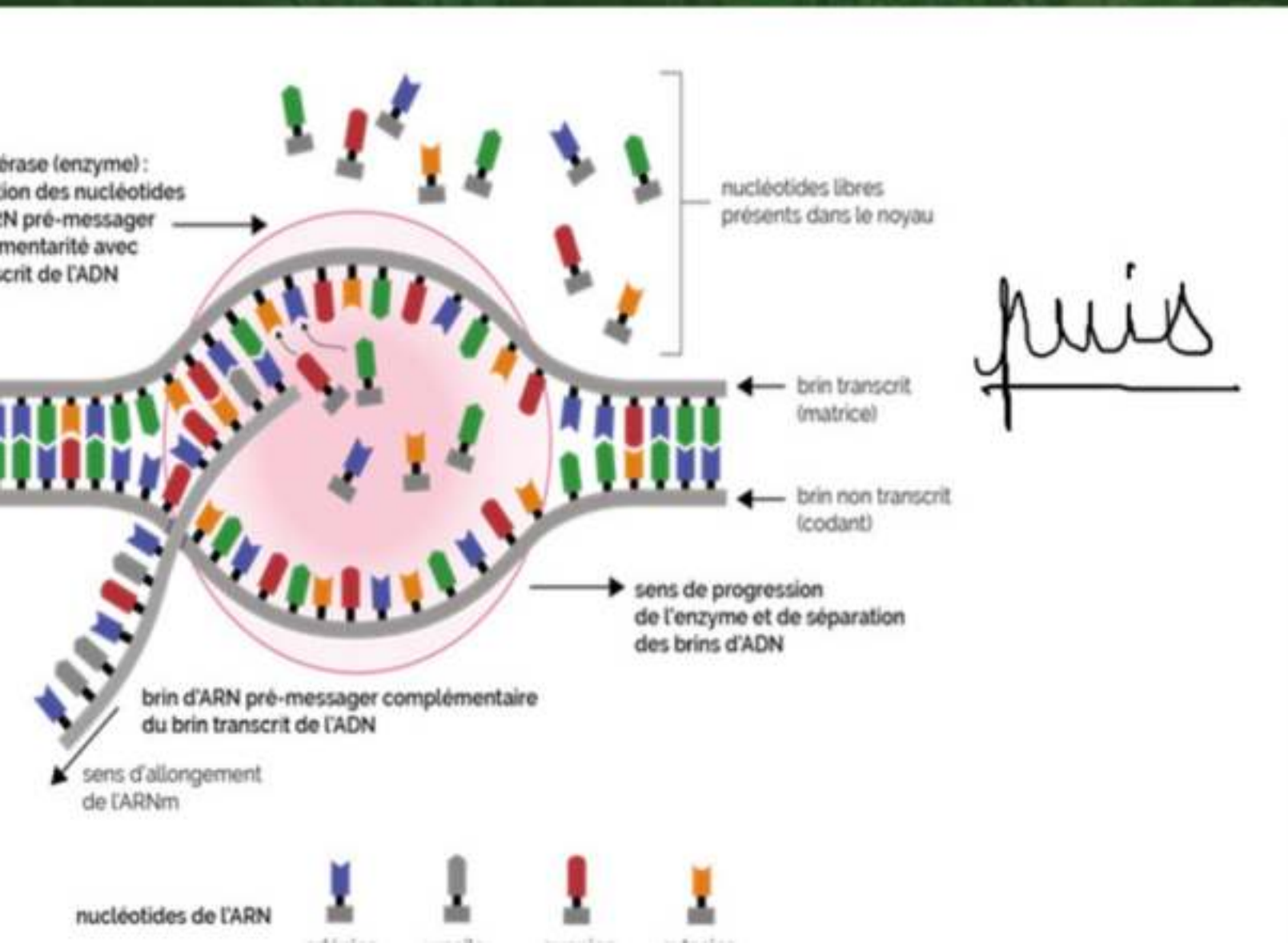


Chez les **EUCARYOTES** les chromosomes sont séparés du cytoplasme par la membrane nucléaire (membrane qui délimite le noyau).

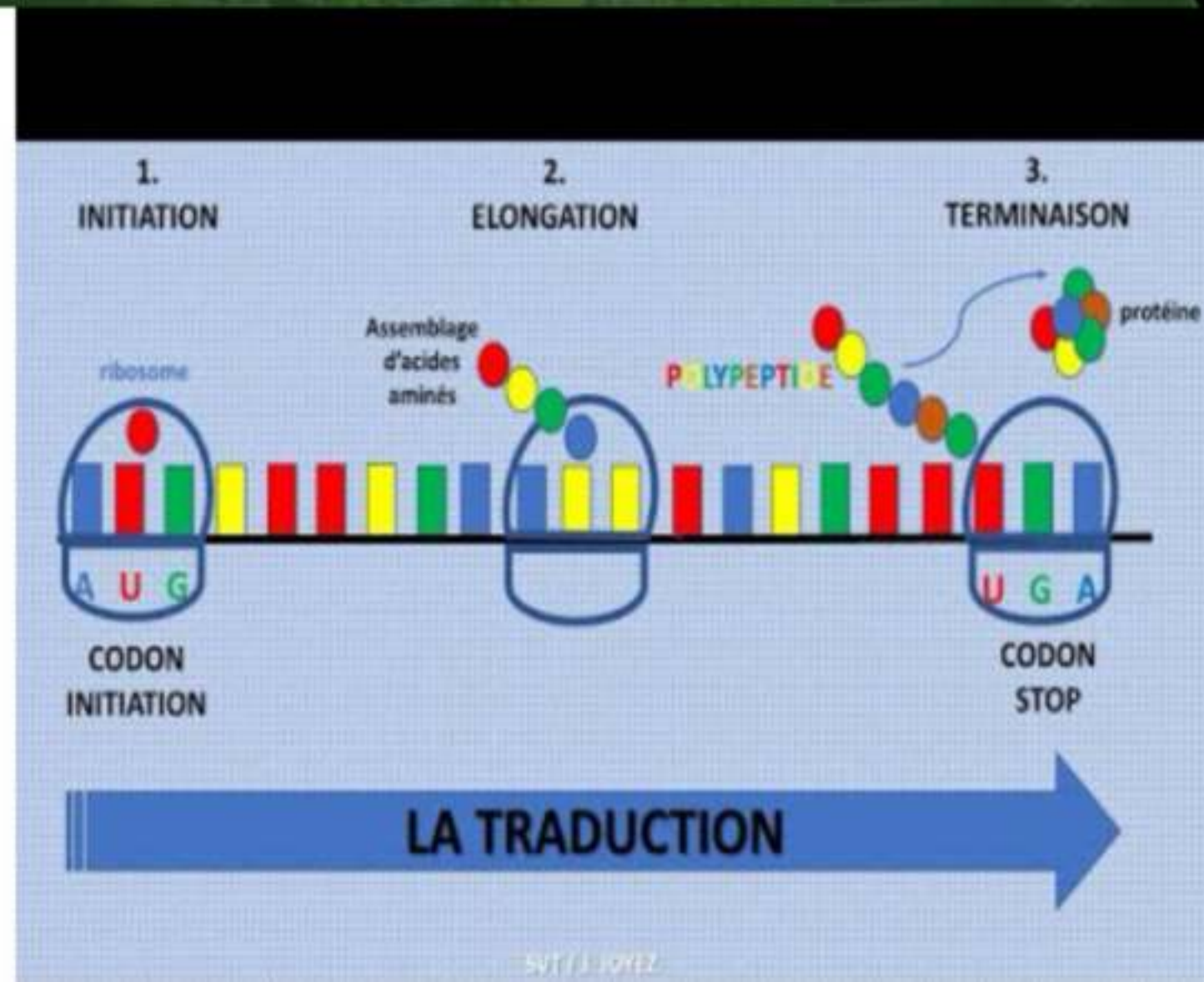
La transcription se fait au sein du noyau. L'ARNm est ensuite exporté vers le cytoplasme où il est traduit en protéine.

La traduction et la transcription sont donc découplées,

• On dit que la traduction est post-transcriptionnelle.



puis



# Organisation d'une cellule eucaryote

Un **NOYAU CENTRAL** contient chromosomes ( le matériel génétique.)

Le **CYTOPLASME/CYTOSOL** : Tout le compartiment du cytoplasme qui est en dehors des organites est appelée le cytosol. Le cytosol contient des **enzymes** et des **organites** qui ne sont pas composés d'une membrane, comme le cytosquelette qui va donner la forme et la dynamique de la cellule

Bien retenir que : cytoplasme = cytosol + organites composés d'une membrane  
Et cytosol = cytoplasme - les organites



# Organisation d'une cellule eucaryote

Les Eucaryotes possèdent aussi :

**LA MITOCHONDRIE** est la fabrique d'énergie chimique de la cellule



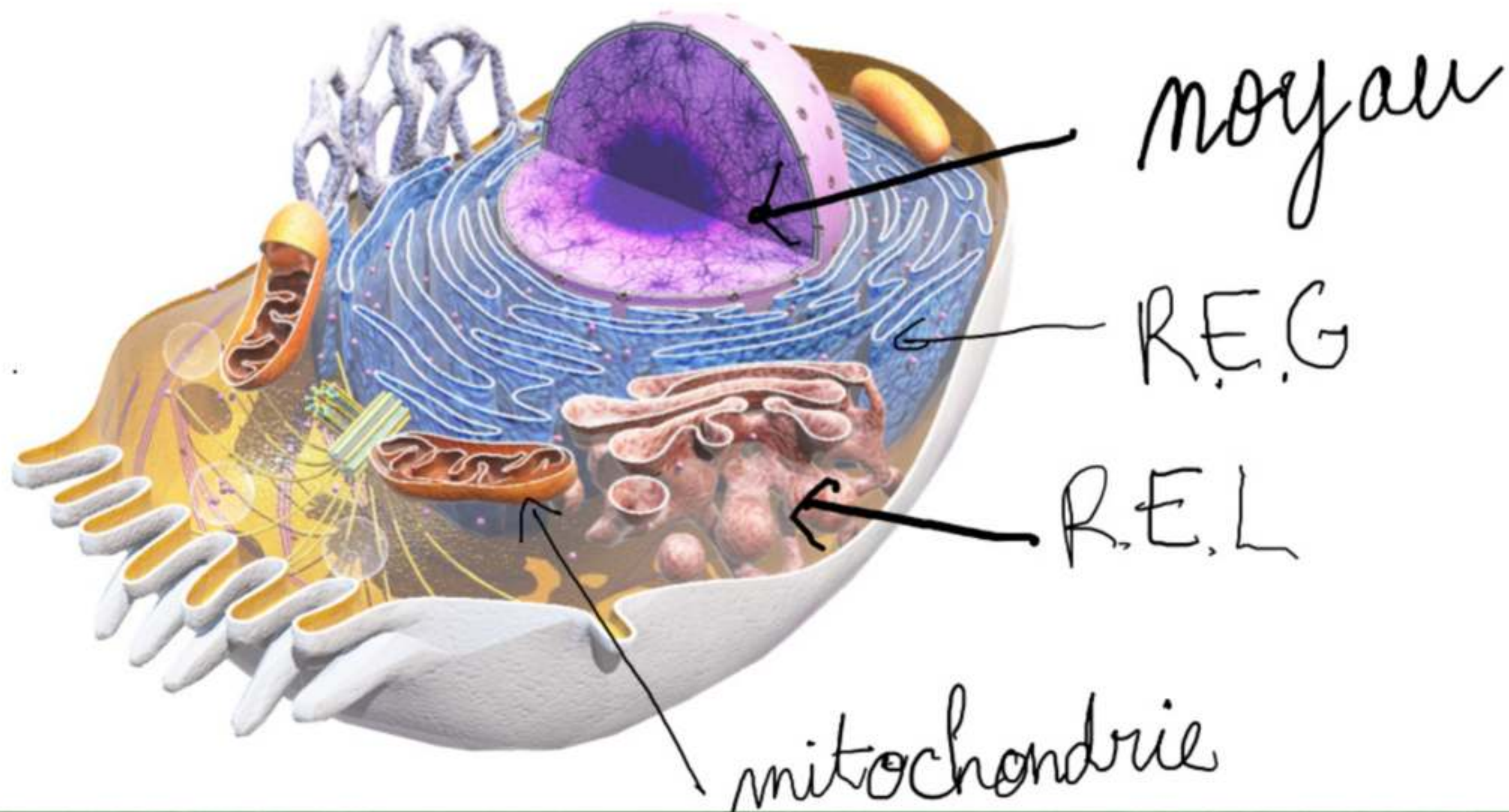
**LES PEROXYSOMES** qui sont des sortes d'usines métaboliques et de détoxification de la cellule.



**LE SYSTÈME ENDOMEMBRANAIRE.** C'est un réseau membranaire qui part de l'enveloppe nucléaire et qui se prolonge par le **réticulum endoplasmique lisse (R.E.L)**, le **réticulum endoplasmique granuleux** (à cause des ribosomes qui jouent un rôle dans la synthèse protéique).

il y a des connexions directes avec l'appareil de Golgi qui donnera les **endosomes**.  
Les **lysosomes** sont aussi considérés comme les estomacs de la cellule

A noter que toutes ces structures membranaires ont des fonctions particulières



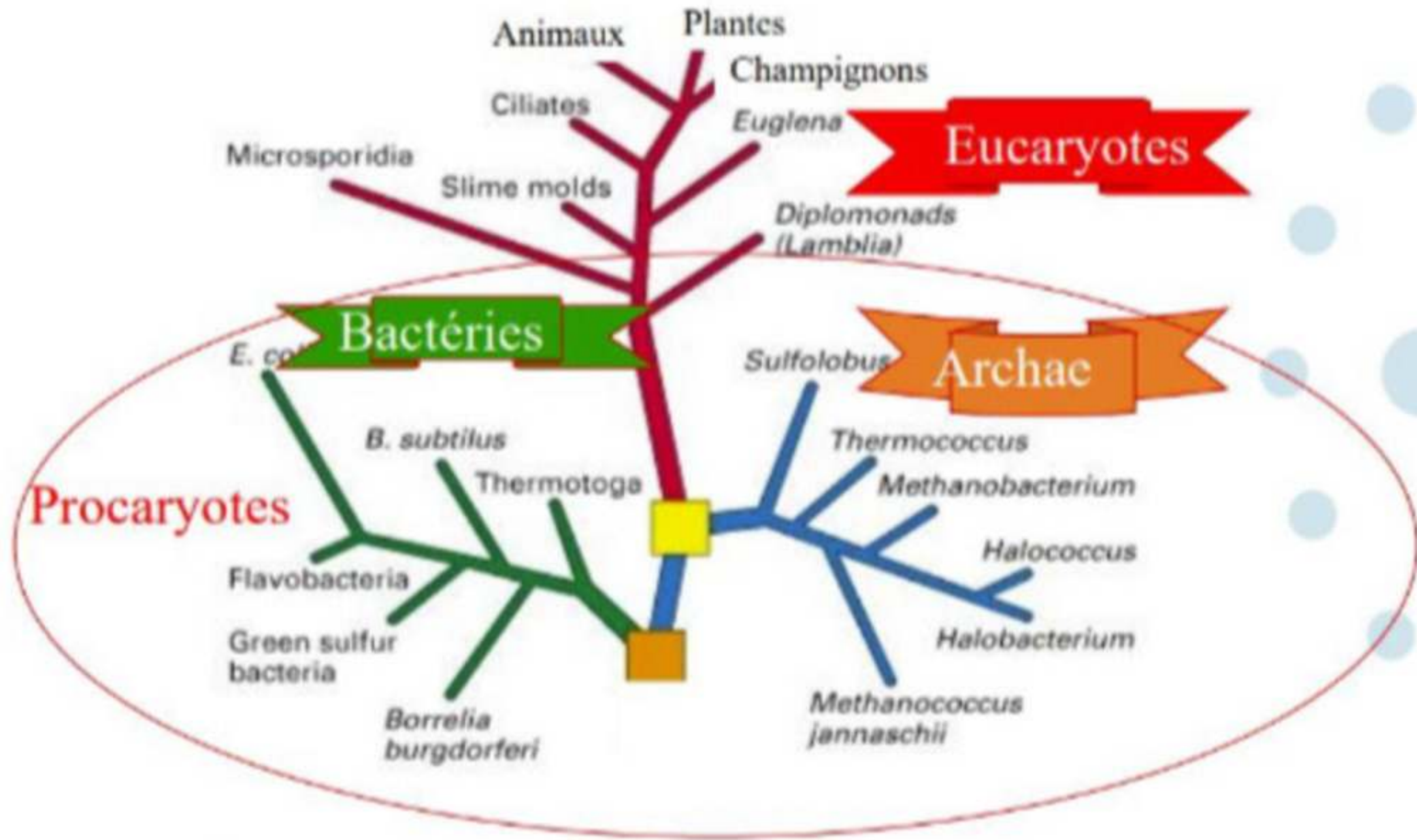
# Classement des organismes

Dans les années 60, on s'est aperçu que les **procaryotes** pouvaient être divisés en deux branches évolutives extrêmement différentes :

- Les **bactéries**
- Les **archaes** (qui ressemblent à des bactéries mais ne sont pas considérées comme telles d'un point de vue évolutif)

**Ainsi faites attention !!! Tous les procaryotes ne sont pas des bactéries !!!**

# Les organismes peuvent être classés en trois groupes



# APARTÉ sur les archaees

Archeas = procaryotes particulier  
présentes dans des conditions de vie extrêmes

Des procaryotes **hyperthermophiles** qui peuvent vivre à plus de 100°C 🤯

Des procaryotes **hyper-allophyles** qui vivent dans des milieux saturés en sel comme la mer morte. 🧂💀

Des procaryotes **acidophiles** qui peuvent vivre à un pH très bas comme le pH =1

On a pu ( pour les procaryotes thermophiles ) les isoler et les étudier à partir de geysers sous-marins qui peuvent atteindre 250 à 300°C. Ces procaryotes offrent un grand intérêt en biotechnologie car leur capacité à vivre dans des conditions extrêmes fait qu'elles ont développé des enzymes particulièrement thermostables.

Ces enzymes peuvent être utilisées en biologie moléculaire mais aussi dans des techniques médicales comme la PCR.

Si on distingue d'un point de vue évolutif ces archaes des bactéries c'est que de manière assez surprenante, la physiologie moléculaire des archaes (leurs mécanismes moléculaires, la structure de leurs protéines, la façon dont elles traduisent et transcrivent leur ADN, etc...) **est plus proche des eucaryotes que des bactéries**. Toutefois ce sont bien des procaryotes puisqu'elles n'ont pas de noyau.




# L'évolution des macromolécules

Des arguments convergent vers l'idée que ce n'est pas l'ADN qui était au présent au départ mais l'ARN.


L'idée que nous avons est que les premières molécules à fonction, appelées biomolécules, ont été des polymères d'ARN.

Cette hypothèse stipule que **la molécule d'ARN était la principale forme de vie avant l'émergence de la molécule d'ADN.**

**le monde ARN (première étape)**  **Ribozyme**



« invention » des protéines (> **traduction**)

**le monde ribonucléoprotéique (RNP)**  **ARN polymérase**



« invention » de l'ADN (> **transcription inverse**)

**Le monde ADN**  **ADN polymérase**

l'ARN est **aussi bien capable de stocker** une information que de se **comporter comme un ribozyme** et de catalyser certaines réactions.

TUTRAPPED : enzyme → accélérer la réaction

A l'époque, on pensait que les enzymes étaient toutes des protéines, mais on a découvert qu'il y'a des ARN, tous seuls sans protéines, qui étaient capable d'avoir **des activités catalytiques**.



Un ribosome est capable de traduire un ARNm en protéine, c'est parce qu'au cœur de la réaction il y'a un ribozyme. C'est-à-dire qu'encore maintenant, pour traduire nos protéines, notre organisme a besoin de l'activité enzymatique via des ARN.

La reverse transcriptase est une enzyme permettant synthèse ADN à partir ARN ( on tend vers cette théorie là maintenant )





# L'apparition des eucaryotes (noyau)


La théorie dominante au sujet de l'apparition des eucaryotes est celle de **l'endosymbionte**.

Selon cette théorie, les premières cellules procaryotes étaient certainement **un mélange de bactéries et d'archaes** qui ont pu se rassembler par une membrane : c'est ce qu'on appelle l'endosymbiose.

Imaginons qu'il y'ait une division coordonnée. Une sorte de cellule primitive qu'on ne peut pas encore appelée eucaryote puisqu'elle ne dispose pas de noyau

**le monde ARN (première étape)**  **Ribozyme**

 « invention » des protéines (> **traduction**)

**le monde ribonucléoprotéique (RNP)**  **ARN polymérase**

 « invention » de l'ADN (> **transcription inverse**)

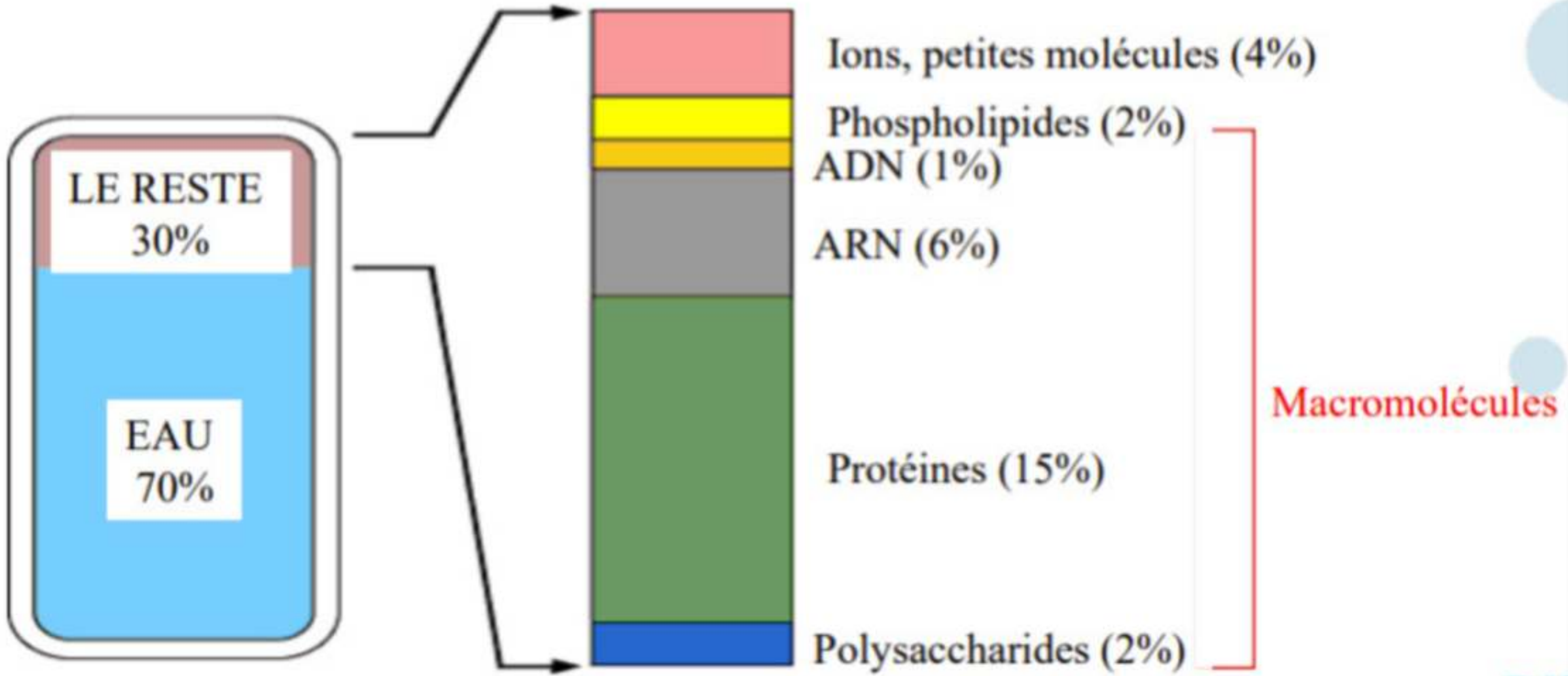
**Le monde ADN**  **ADN polymérase**

Nos mitochondries dérivent de ces premières bactéries

# UNICITÉ DU VIVANT

Les activités de la cellule sont gouvernées par les principes de la **chimie** et toutes les cellules sont faites des mêmes macromolécules.





## A. PREMIER COMPLÉMENT : UNICITÉ DU VIVANT

**QU'EST-CE QUI DISTINGUE UN ÊTRE VIVANT D'UNE STRUCTURE INANIMÉE COMME UNE PIERRE ?**

3 caractéristiques des constituants chimiques du vivant les distinguent de la matière inerte :

**Principe de sélectivité**

**Catalyse biologique**

**Réseaux d'interactions moléculaires**



## Le principe de sélectivité

Les mêmes éléments chimiques composent la matière inerte et vivante. La matière vivante contient sélectivement un petit nombre de ces éléments chimiques.

Les macromolécules sont constituées principalement de carbone, hydrogène, oxygène et azote (**CHON**). A part l'oxygène, ces éléments sont rares dans la matière inerte.

D'autres éléments sont présents car indispensables mais en faibles quantités.  
Ex : le fer nécessaire à l'hémoglobine entre autres.

## La catalyse biologique

Les réactions qui permettent à un être de vivre sont possibles grâce à des catalyseurs représentés par des enzymes.

A température ambiante, les réactions de ce qu'on appelle le métabolisme ne sont pas possibles. Il faudrait soit mettre beaucoup d'énergie dans le système ce qui est incompatible avec la vie puisque cela ferait augmenter la température soit utiliser des « astuces biochimiques » inventées au cours de l'évolution qui permettent de catalyser ces réactions : les catalyseurs. (Tut Rappel : un catalyseur permet d'accélérer une réaction entre 2 réactifs pour former des produits #Chimie Terminale).

Ces enzymes sont essentiellement de nature protéique mais il existe aussi certains **ARN** qui sont des **enzymes** (=ribozymes)

## Les réseaux d'interactions moléculaires

Les réseaux d'interactions moléculaires renforcent les fonctions biologiques. Toutes ces molécules sont dans des **réseaux extrêmement complexes** qui donnent une robustesse aux systèmes biologiques en leur permettant de s'adapter à des changements intrinsèques et extrinsèques.

Cela veut dire que la cellule est capable de s'adapter. Si elle perd cette capacité, elle perd sa fonction. C'est la notion **d'homéostasie**. L'ensemble de



# DEUXIÈME COMPLÉMENT DE LA THÉORIE CELLULAIRE

**TUTRappel** : le 2ème principe de la théorie cellulaire , « Toute cellule provient d'une cellule préexistante ».

Cette cellule préexistante on la connaît. Pour les êtres humains et beaucoup d'êtres multicellulaires. C'est la cellule œuf. 🥚

Nous avons deux manières d'obtenir une cellule œuf :

**FÉCONDATION**

**CLONAGE** appelé Transfert Nucléaire



# TROISIÈME COMPLÉMENT DE LA THÉORIE CELLULAIRE

Nous avons une nouvelle perception de l'individu. Traditionnellement l'individu est déterminé par son génome (cellules eucaryotes) et par son environnement/histoire.

Une vision moderne est celle de **l'holobionte**. L'individu est déterminé par son **hologénome** (cellules eucaryotes et procaryotes) et par son environnement/histoire.



*Vision traditionnelle*  
L'individu est déterminé  
par son génome  
(cellules eucaryotes)



*Vision moderne*  
L'individu (holobiont) est déterminé par son  
hologénome (cellules eucaryotes et prokaryotes)  
et par son environnement/histoire

Nous hébergeons naturellement des cellules procaryotes et des virus dans notre organisme.  
Nous **avons 10 fois plus de bactéries que de cellules eucaryotes** dans notre corps.

ces microorganismes jouent un rôle essentiel dans notre physiologie. Ils nous sont indispensables pour être en bonne santé et effectuent des tâches au sein de notre organisme qui nous sont utiles.

Leur disbyose ( disfonctionnement peut-être à l'origine de maladies

l'étude du microbiote permet de connaître et mieux comprendre le mécanismes physiologiques et physiopathologiques



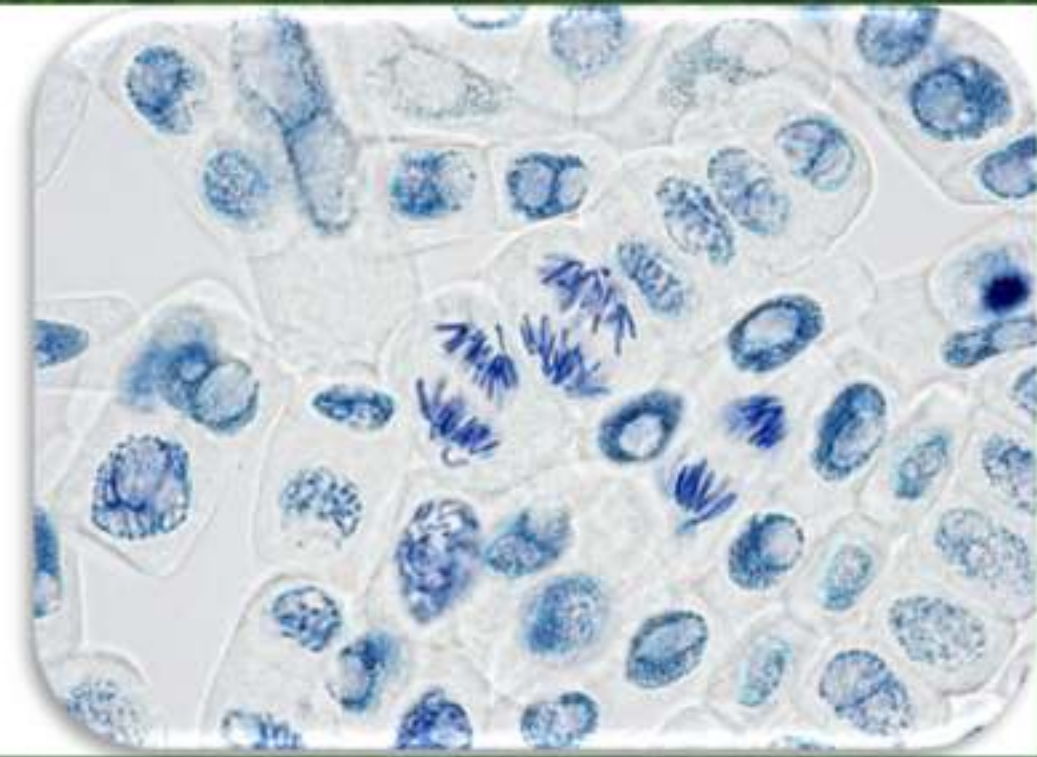
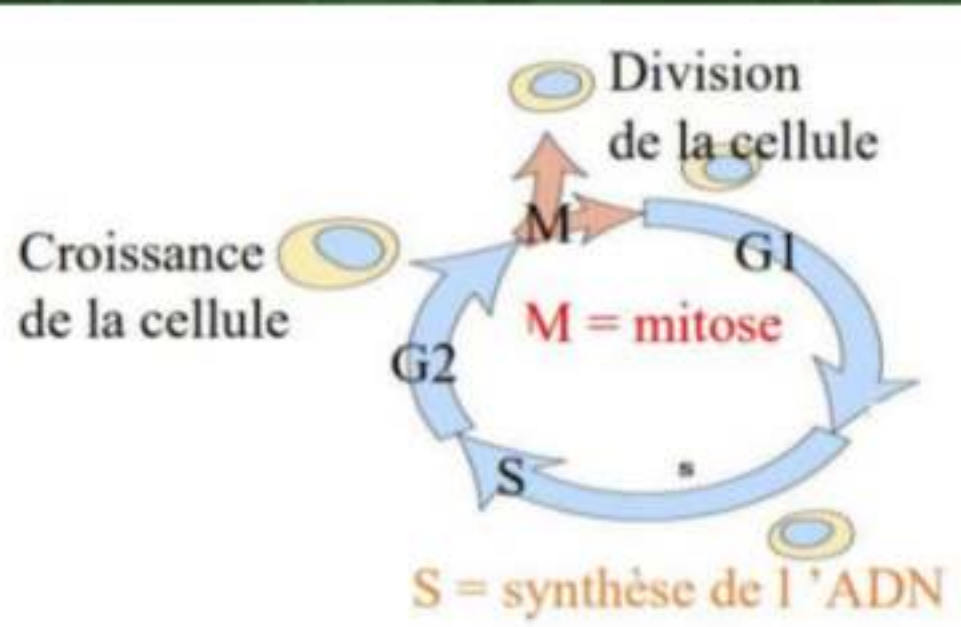
On parle maintenant de l'hologénome, c'est-à-dire le génome de nos cellules eucaryotes et de tous les organismes que l'on héberge.

Donc :

L'individu est formé d'un hologénome qui est constitué du génome eucaryote, de l'environnement et du métagénome des bactéries présentes au sein de l'organisme

# CYCLE CELLULAIRE

Le cycle cellulaire est le fait qu'une cellule devienne deux cellules. C'est une étape importante de reproduction. Cette division n'est pas spontanée mais est complexe avec de multiples étapes.



# DEUX ÉTAPES DE CE CYCLE SONT PARTICULIÈREMENT IMPORTANTES :

**La phase S** : C'est l'étape qui fait démarrer le cycle cellulaire. Elle représente la synthèse de l'ADN : l'ADN de la cellule mère est dupliqué en 2 ADN généralement identiques, c'est ce qu'on appelle la réplication.

**La phase M** ou mitose : division de la cellule mère en deux cellules filles. On ne passe pas directement de la phase S à la phase M. Il existe des phases intermédiaires « appelées Gap » ;

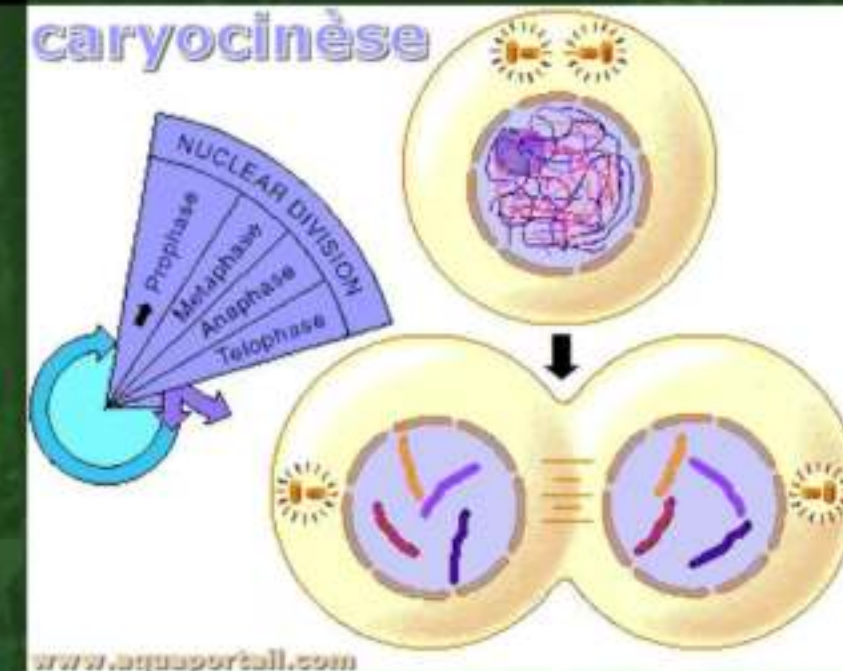
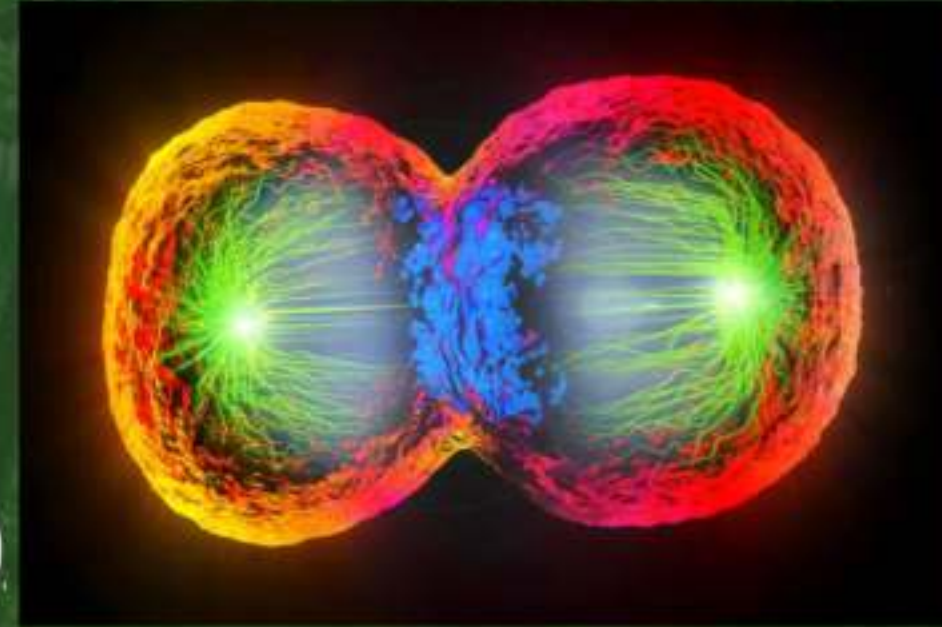
- Phase Gap 1 (G1) : entre la phase M et la phase S
- Phase Gap 2 (G2) : entre la phase S et la phase M

# TOUTES LES MOLÉCULES DE LA CELLULE SONT DUPLIQUÉES !!!

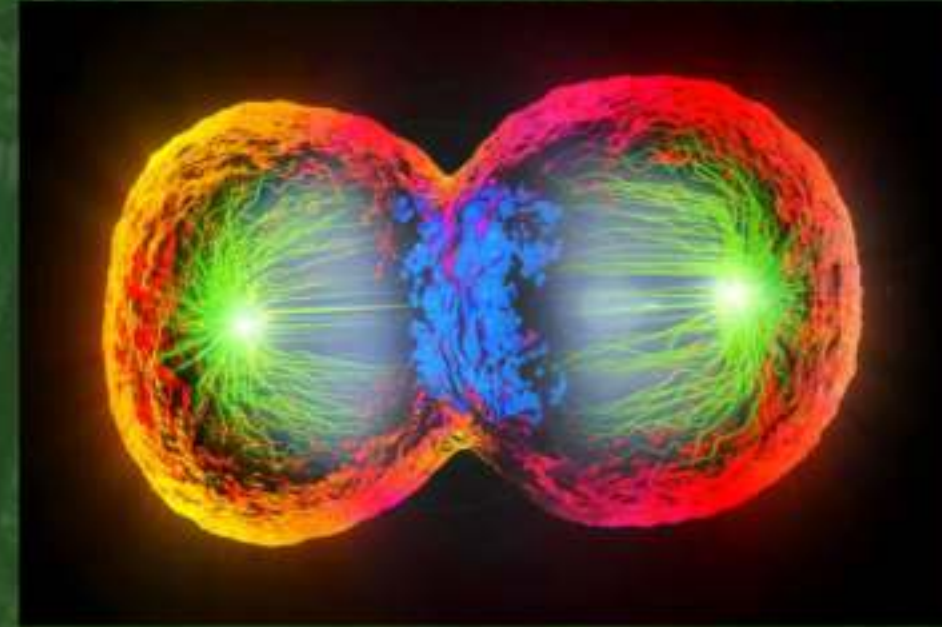
PENDANT LA PHASE M on a des « sous-phases ».

La caryocinèse : division du noyau (caryo) (prophase, métaphase, anaphase et télophase)

La cytokinèse : division du cytoplasme qui marque la séparation de la cellule en elle-même pour donner deux cellules filles.



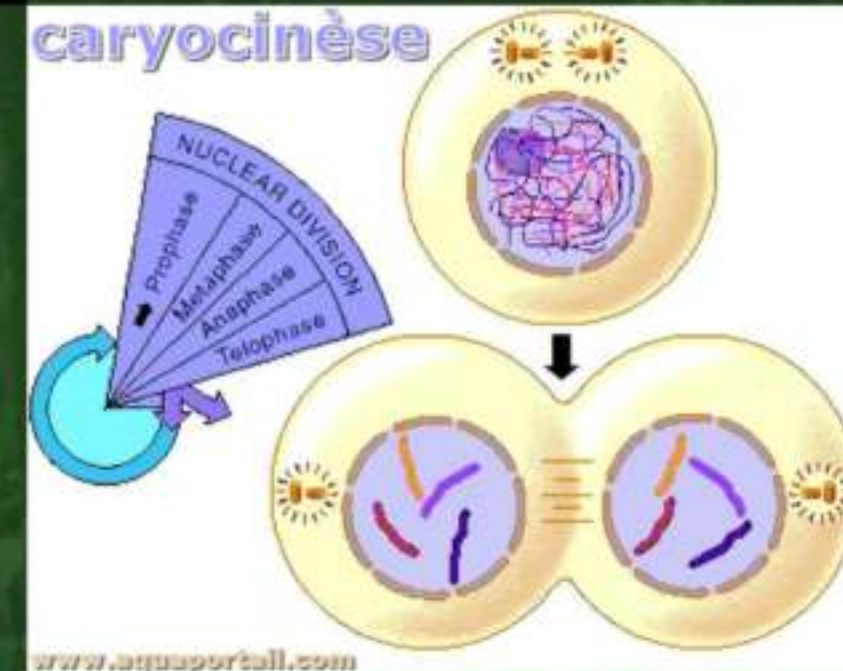
# TOUTES LES MOLÉCULES DE LA CELLULE SONT DUPLIQUÉES !!!



Au cours de ce cycle cellulaire :

La transcription se déroule pendant les phases G1, S et G2 mais pas du tout en phase M.  
(Les chromosomes sont compactés).

La traduction se déroule en G1, S, G2 et un peu en phase M.



# NOTION DE PROGRAMME CELLULAIRE

Les cellules sont capables de :



**DIVISION**



**MOTILITÉ SUIVANT  
LES BESOINS**



**DIFFÉRENCIATION**



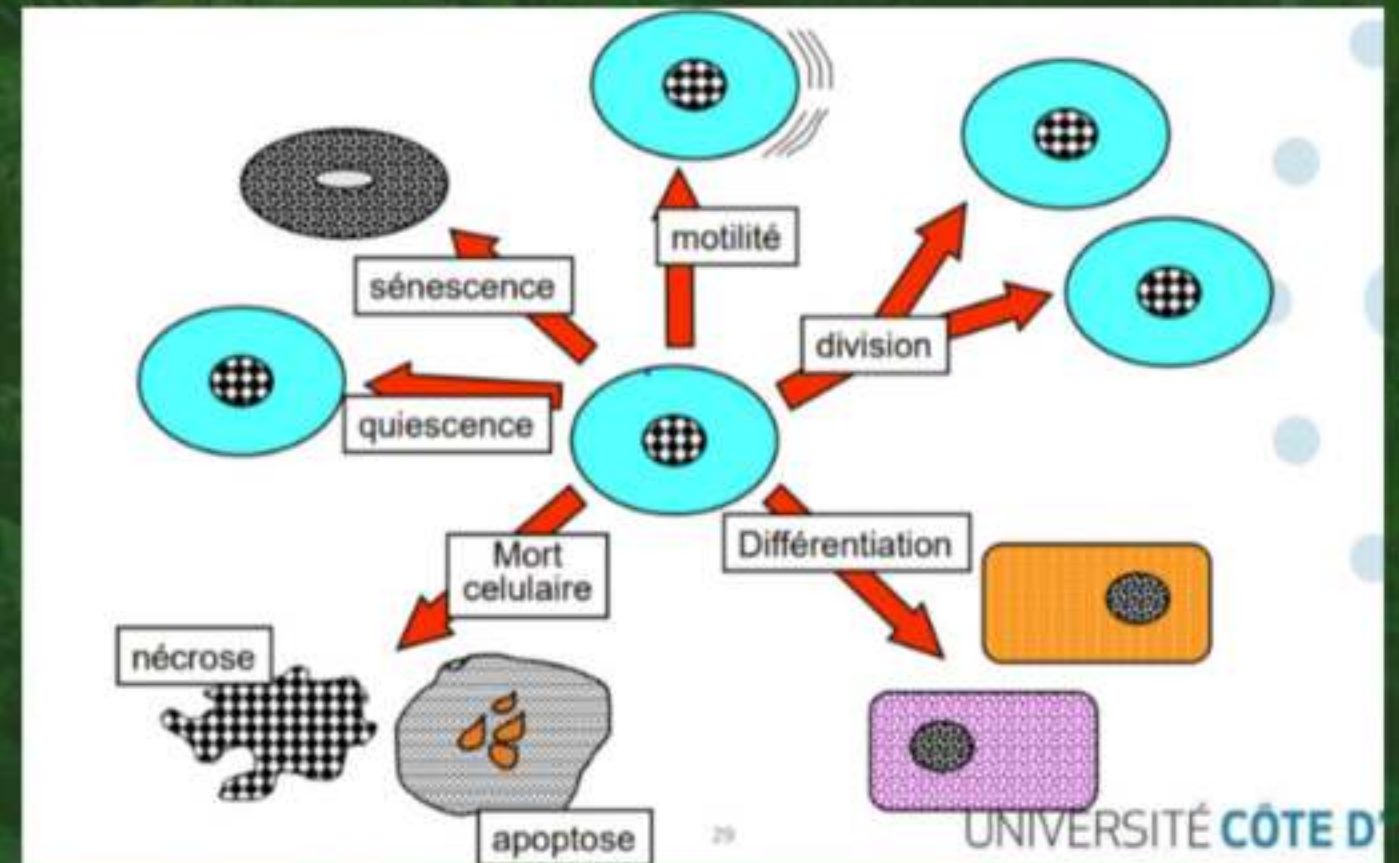
**Quiescence**



**SÉNESCENCE**



**MOURIR**



# CELLULES SOUCHES

## QU'EST CE QUE C'EST ?

Ce sont des cellules capables de se diviser pour former tous les tissus de l'organisme.



Elles ne sont **pas complètement différenciées**

**Capables de division**

**auto-renouvellement**



**division est asymétrique** ( La cellule souche ne va pas donner deux cellules filles identiques mais une qui sera sa copie exacte (la cellule en auto-renouvellement) et l'autre qui va s'engager dans un processus de différenciation.



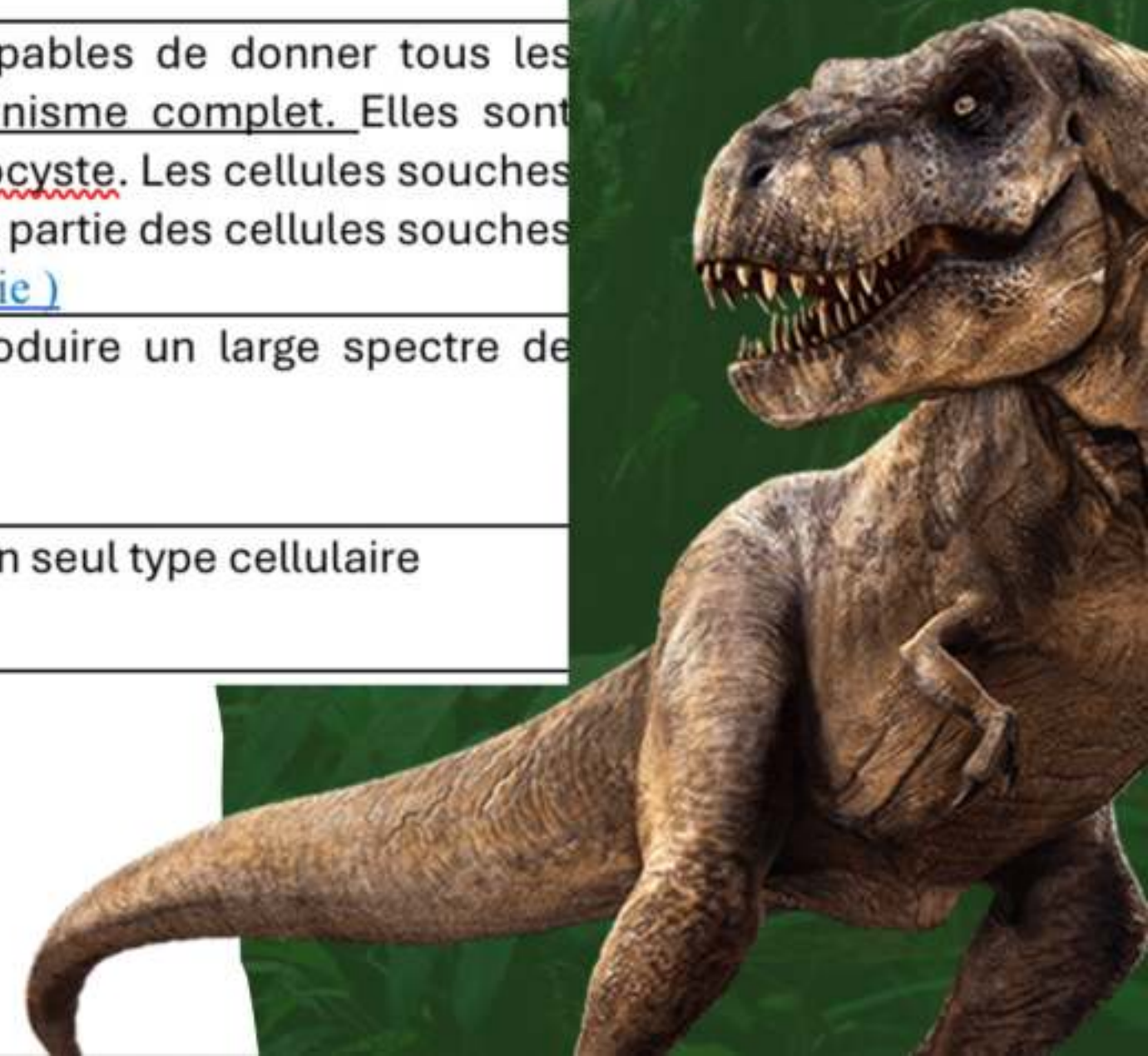
Elles se **différencient à la demande**



# CELLULES SOUCHES SUITE

On distingue 4 types de cellules souches :

● Cellules totipotentes ( <u>Toutes Puissantes</u> )	Ce sont des cellules capables de <b>donner tous les types de cellules de l'organisme</b> et donner un <u>organisme complet</u> . Elles sont présentes au stade <u>morula</u> . ( <u>embryologie</u> )
● Cellules <u>pluripotentes</u>	Ce sont des cellules capables de donner tous les <u>tissus</u> mais <u>pas un organisme complet</u> . Elles sont présentes au stade <u>blastocyste</u> . Les cellules souches embryonnaires (CSE) font partie des cellules souches <u>pluripotentes</u> . ( <u>embryologie</u> )
● Cellules <u>multipotentes</u>	Ces cellules peuvent produire un large spectre de cellules différenciées
● Cellules <u>unipotentes</u>	Ces cellules produisent un seul type cellulaire



# CELLULES SOUCHES SUITE

## Les Cellules souches embryonnaires

En fonction des conditions de culture en laboratoire, on peut former n'importe quel tissu à partir de ces cellules souches embryonnaires

Les CSE d'animaux transgéniques sont largement utilisées en recherche. L'utilisation des CSE humaines est autorisée à titre exceptionnel en France et est régie par les lois de bioéthiques.





# LE CLONAGE THÉRAPEUTIQUE

## Les point +

- Lignée de cellules souches embryonnaires « à soi »
- Pas de rejet

## Les points -

- Création d'un embryon
- Origine des ovules ?
- Homogénéité du processus de différenciation ?
- Stabilité de la différenciation ?
- Tumeur (tératome) ? (Pas beau à voir surtout ovarien.)





# LES CELLULES PLURIPOTENTES INDUITES

## VERS LA FIN DU PROBLÈME ÉTHIQUE ?

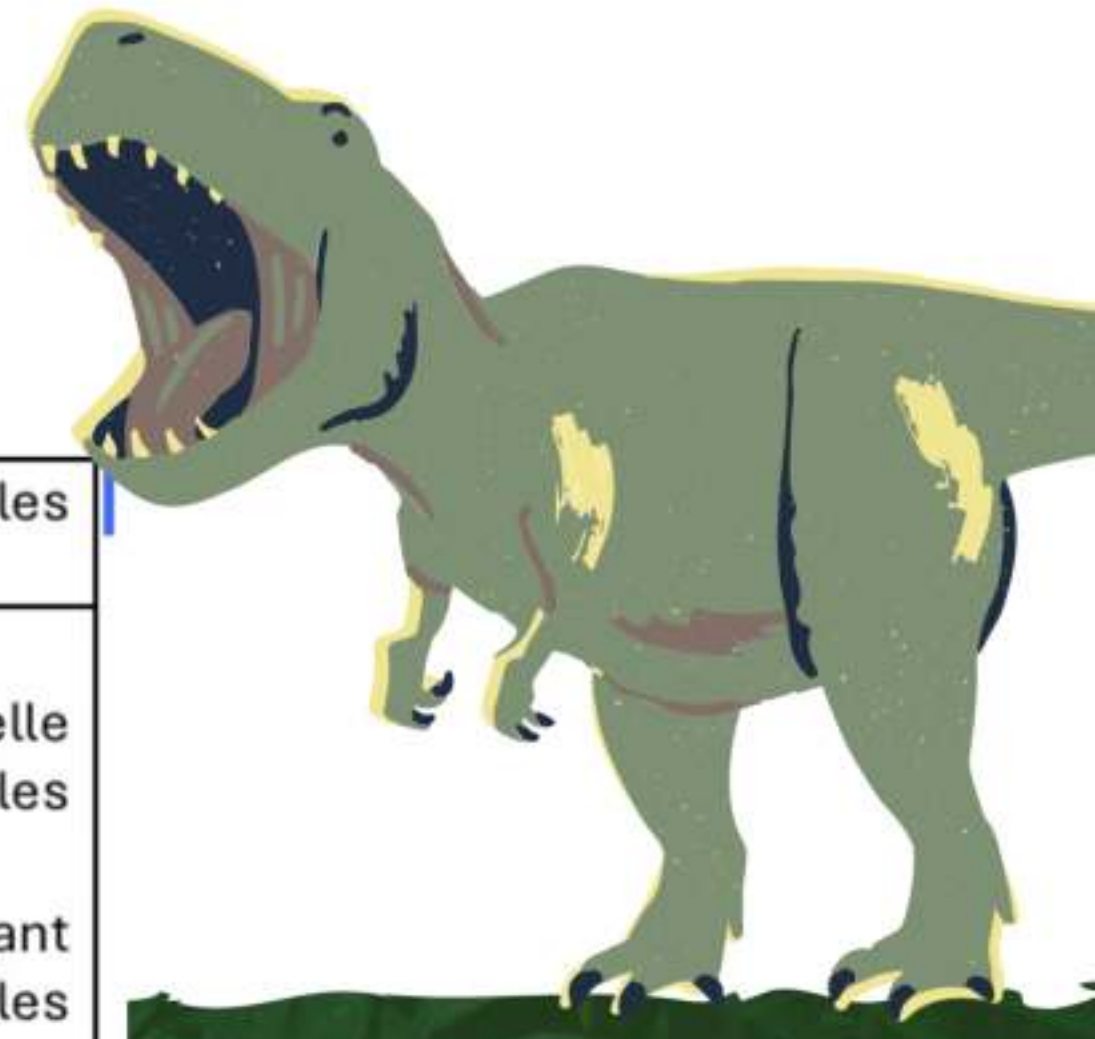
La technique des cellules souches pluripotentes induites a été créée par Shinya Yamanaka. Elle consiste à prendre des fibroblastes adultes et à y ajouter les 4 gènes de la pluripotence (**Oct4, SOX2, c-Myc, Klf4**) afin d'obtenir des cellules dédifférenciées, et ce sans passer par la création d'un embryon.




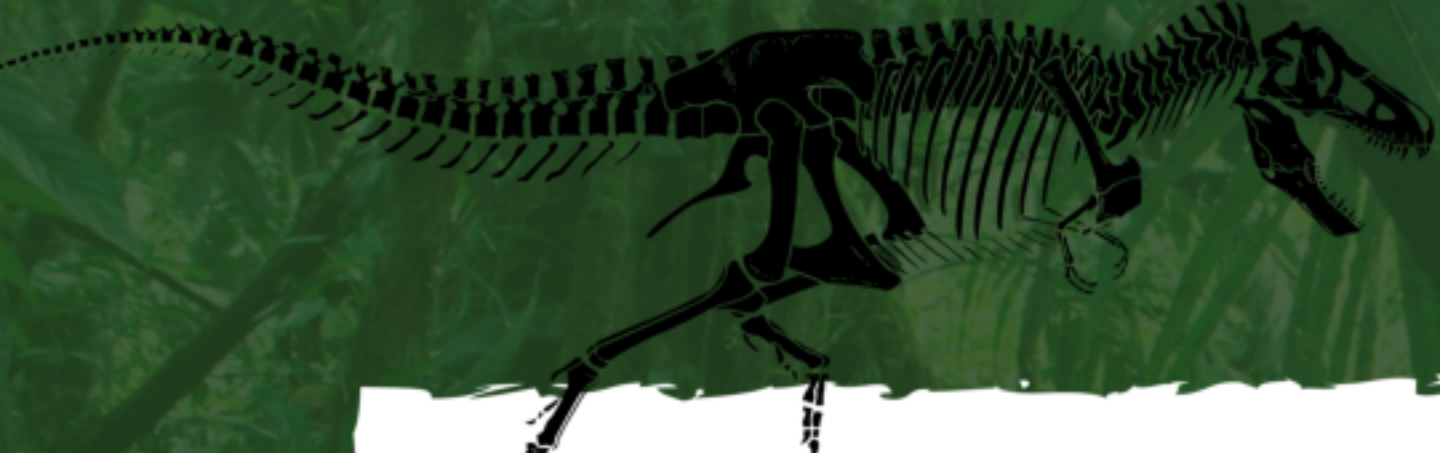


Pr Shinya Yamanaka

Il subsiste notamment des problèmes de techniques de contrôle qualité et en pratique personne n'est encore soigné par les iPS



<u>Peau</u>	<p>On renouvelle notre épiderme tous les 30 jours. Une source majeure de CS est le follicule pileux. Ces CS peuvent migrer :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>A l'intérieur de la peau pour former le follicule pileux</u></li><li>• <u>Vers l'épithélium pour former les <u>kératinocytes</u></u></li></ul>
<u>Epithélium intestinal</u>	<p>L'épithélium intestinal est formé d'une crypte et d'une lumière avec des villosités. Au fond de la crypte, il y'a quelques cellules souches qui vont à la demande se diviser et migrer le long de l'épithélium. Au fur et à mesure de leur migration ils vont se diviser en <u>entérocytes</u> (cellules épithéliales intestinales).</p>
	<p>On régénère <b>108</b> cellules intestinales par jour.</p>
<u>SANG</u>	<p>On retrouve dans la moelle osseuse des cellules hématopoïétiques qui sont des <u>cellules multipotentes</u> régénérant les cellules sanguines (globules blancs, globules rouges...) On régénère <b>1013</b> cellules sanguines par jour.</p>





Ces cellules souches ont de multiples applications médicales et notamment dans le domaine de la médecine régénérative et de ce que l'on appelle la thérapie cellulaire ex :

Greffe, peau artificielle ...

Mais encore une fois, l'utilisation de cellules souches est source de problèmes :

contrôle qualité, rejet de greffe, cancérisation



# HOMEOSTASIE

Le terme « homéostasie » fut employé pour la première fois par le physiologiste américain Walter Cannon pour décrire la capacité d'un organisme à restaurer son état originel suite à une perturbation. (*The Wisdom of the Body, La sagesse du corps, 1932*). Cannon était frappé par le fait que les organismes « composés d'une matière caractérisée par une instabilité et une variabilité extrêmes, sont parvenus à apprendre à préserver leur stabilité et la constance de leur état en présence de conditions qui devraient en toute logique se révéler profondément perturbatrices. »



Equilibrium

UNIVERSITÉ CÔTE



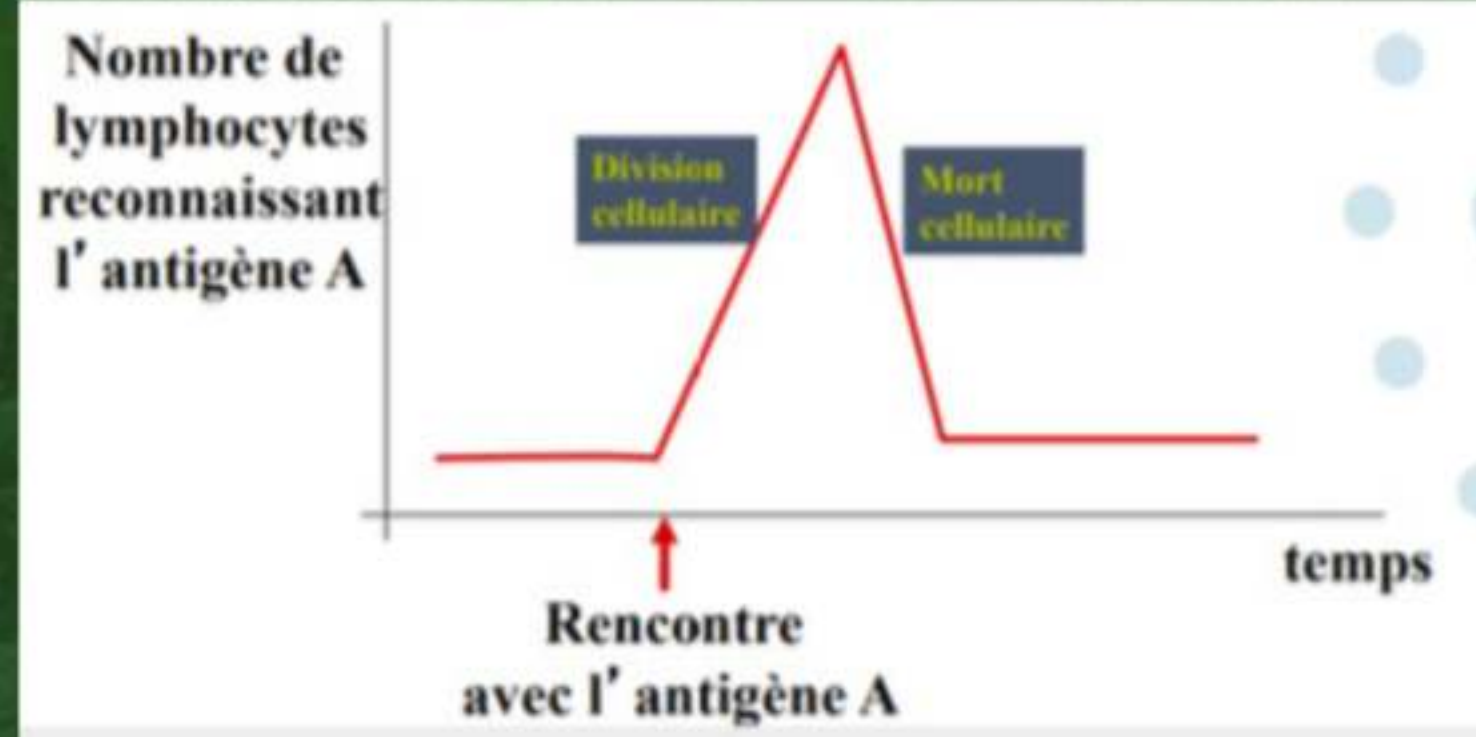
# Le mot qu'il faut retenir : équilibre

Au niv cellulaire, il y a une balance entre division et quiescence, sénescence

Il est essentiel de maintenir un nombre constant de cellules. Ainsi, le nombre de cellules formées doit être à peu près égal au nombre de cellules qui meurent ou qui se différencient Ex:

Les cellules souches intestinales

les lymphocytes



Cette homéostasie cellulaire implique des mécanismes de régulation extrêmement précis. S'ils sont inefficaces il y'a un problème. L'exemple le plus classique est le cancer

Plus de divisions cellulaires que de mort  $\longrightarrow$  augmentation de la taille des organes et perte de leur fonction + régulation

- Il peut y'avoir également l'effet inverse : les mécanismes de régulation de la division sont normaux mais les cellules sont incapables de mourir. Il y'a donc ici aussi une accumulation de cellules.





**Merci de votre attention**

**Et faites attention au  
GIGlganatosorus**



