

# Physiologie des lignées hématopoïétiques

Sébastien  
STORCK

[sebastien.storck@univ-lyon1.fr](mailto:sebastien.storck@univ-lyon1.fr)

04 octobre 2025

**Licence Sciences Pour la Santé**  
**UE Physiologie et Pathologie des grandes fonctions**

**Le système sanguin**





# Qu'est-ce que l'hématologie?

## ● Hématologie cellulaire :

- Étude de la physiologie des cellules du sang (fonctions, production...)

## ● Hémostase :

- Ensemble des phénomènes observés après une lésion vasculaire pour arrêter le saignement

## ● Immuno-hématologie :

- Étude des propriétés antigéniques du sang et des réactions immunologiques correspondantes



# Plan des cours d'hématologie

## ● Semestre 3 : Physiologie

- Cours 1 : Hémostase – C. Vinciguerra
- Cours 2 : Hématologie cellulaire → CM +ED

*Physiologie des cellules sanguines & interprétation des examens biologiques*

## ● Semestre 4 : Pathologie

- Pathologies de l'hémostase
- Pathologies en hématologie cellulaire
- Principes de transfusion sanguine et pathologie en immuno-hématologie

## ● Semestre 5 (L3) : Onco-hématologie



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

- 1.1. Globules rouges = hématies = érythrocytes
- 1.2. Plaquettes = thrombocytes
- 1.3. Leucocytes = granulocytes, monocytes, lymphocytes

## 2. Hématopoïèse

- 2.1. Généralités
- 2.2. Granulopoïèse
- 2.3. Érythropoïèse
- 2.4. Mégacaryopoïèse – Thrombopoïèse
- 2.5. Lymphopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

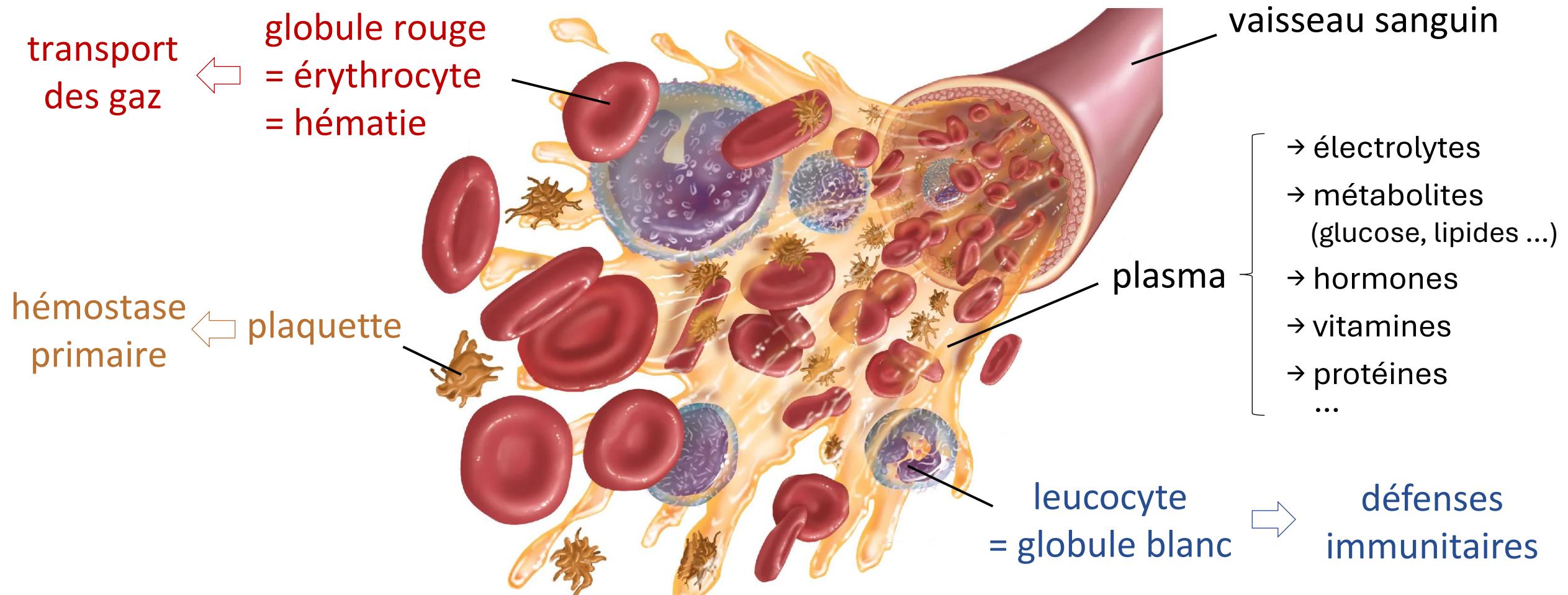
- 3.1. Hémogramme
- 3.2. Myélogramme





# 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

Quels sont les constituants du sang ? → cellules + plasma

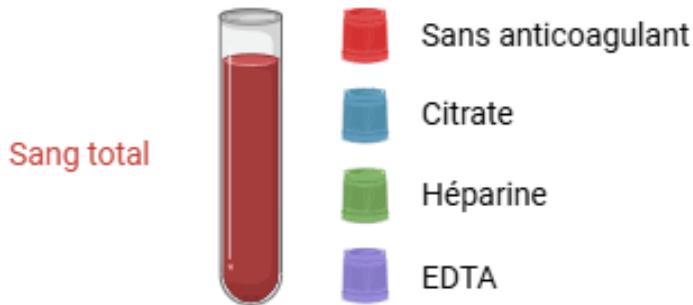




# 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

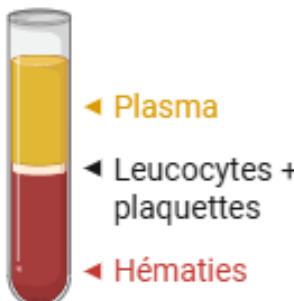
## Séparation du sérum et du plasma à partir du sang

- 1 Collecter le sang dans un tube avec ou sans anticoagulant

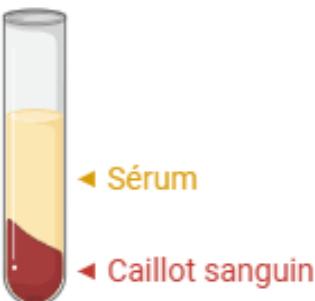


- 2 Centrifugation

**Sans** anticoagulant



**Avec** anticoagulant



**Plasma**  
=  
**sérum**  
+

**protéines de la coagulation**  
(fibrinogène ...)



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

### 1.1. Globules rouges

1.2. Plaquettes

1.3. Leucocytes

## 2. Hématopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

3.1. Hémogramme

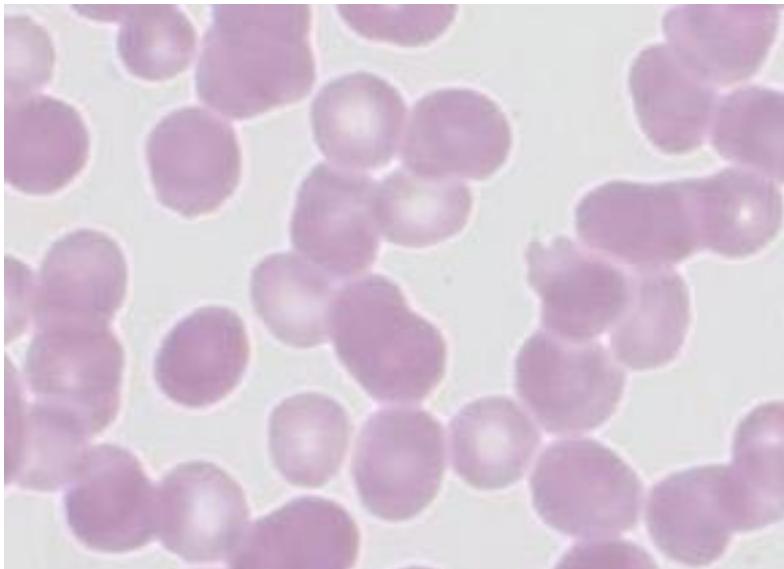
3.2. Myélogramme



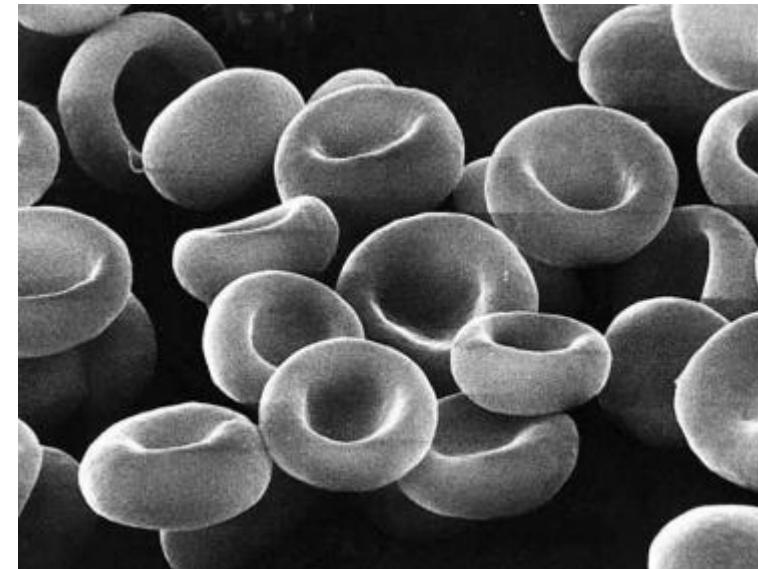
# 1.1 Les globules rouges (GR) = Hématies = Érythrocytes

- Cellules anucléées, biconcaves, déformables
- Taille  $\simeq 2 \times 7 \mu\text{m}$
- Rôle = **transport des gaz** ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) grâce à l'**hémoglobine**

Frottis sanguin (microscope optique)  
Coloration May-Grünwald Giemsa

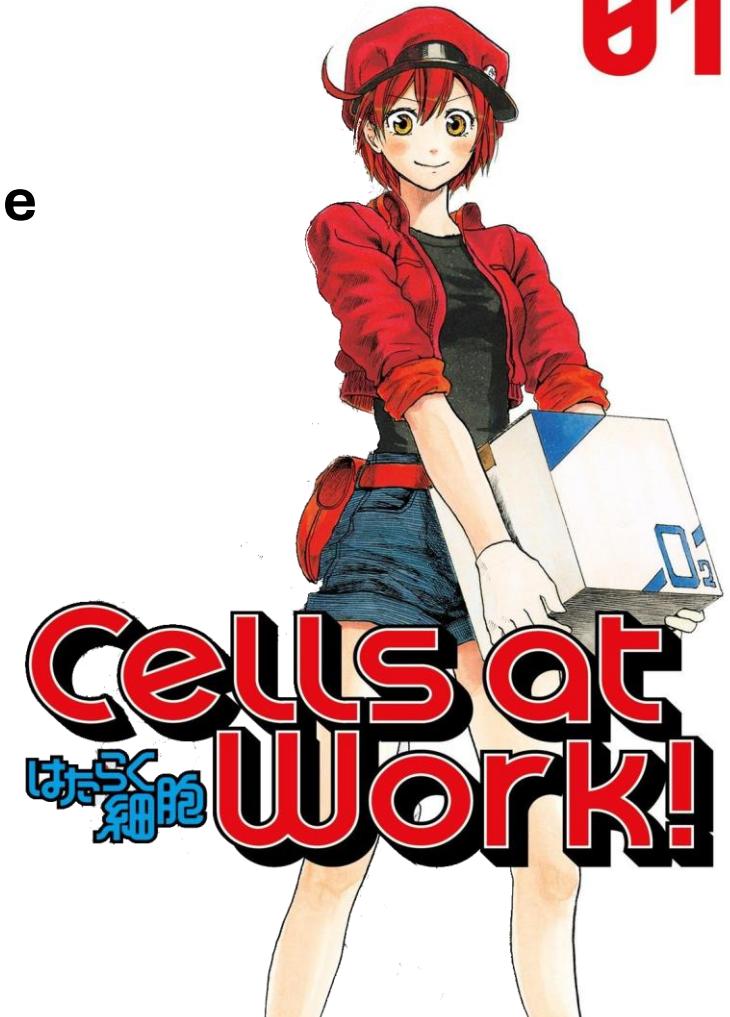


Microscope électronique à balayage



AKANE SHIMIZU

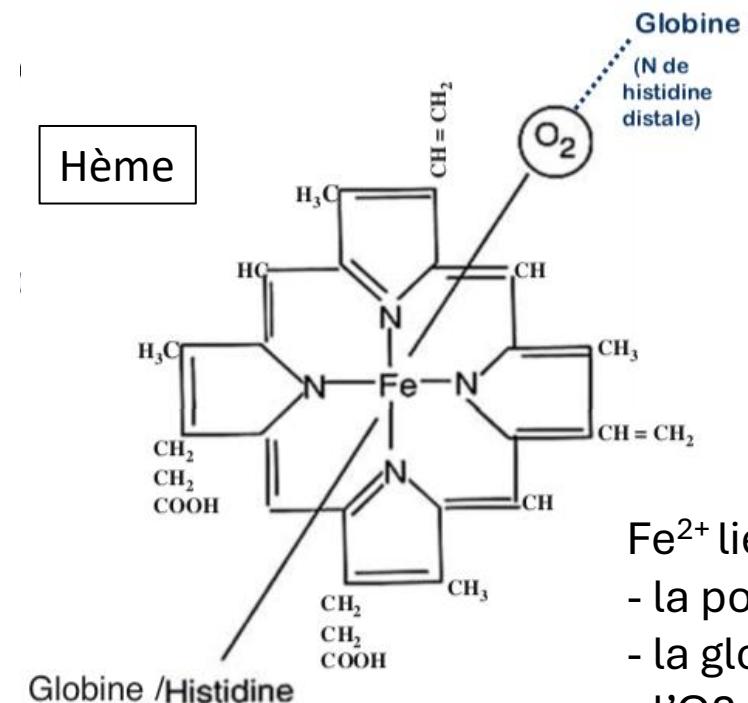
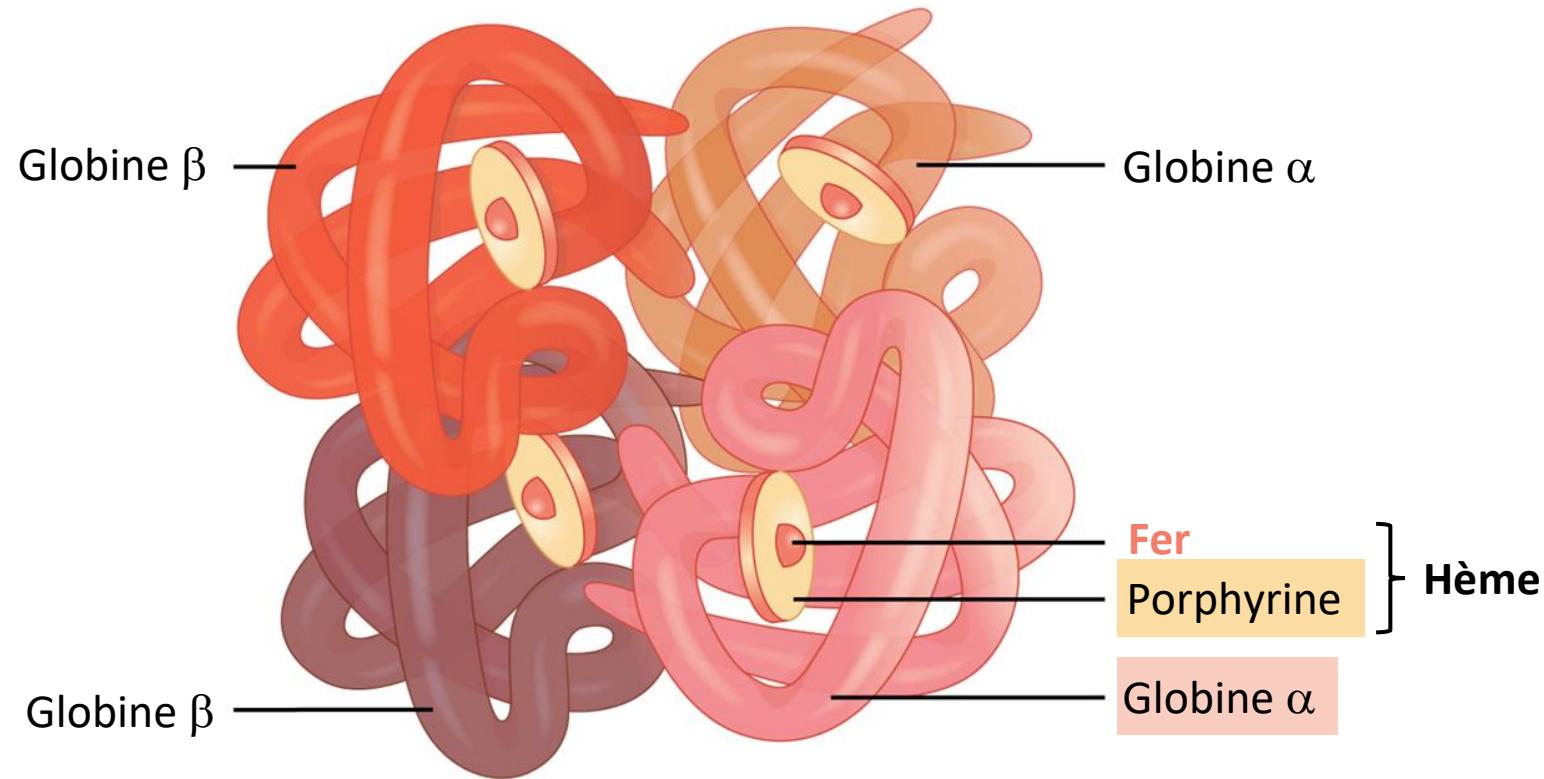
01



## **1.1 GR : l'hémoglobine – structure générale**

Pigment coloré, constituant principal du GR = chromoprotéine

- **hétérotétramère** (4 sous-unités = 4 monomères)
  - chaque sous-unité comporte : - 1 chaîne protéique = **la globine**  
- 1 groupement prosthétique = **l'hème = porphyrine + fer**



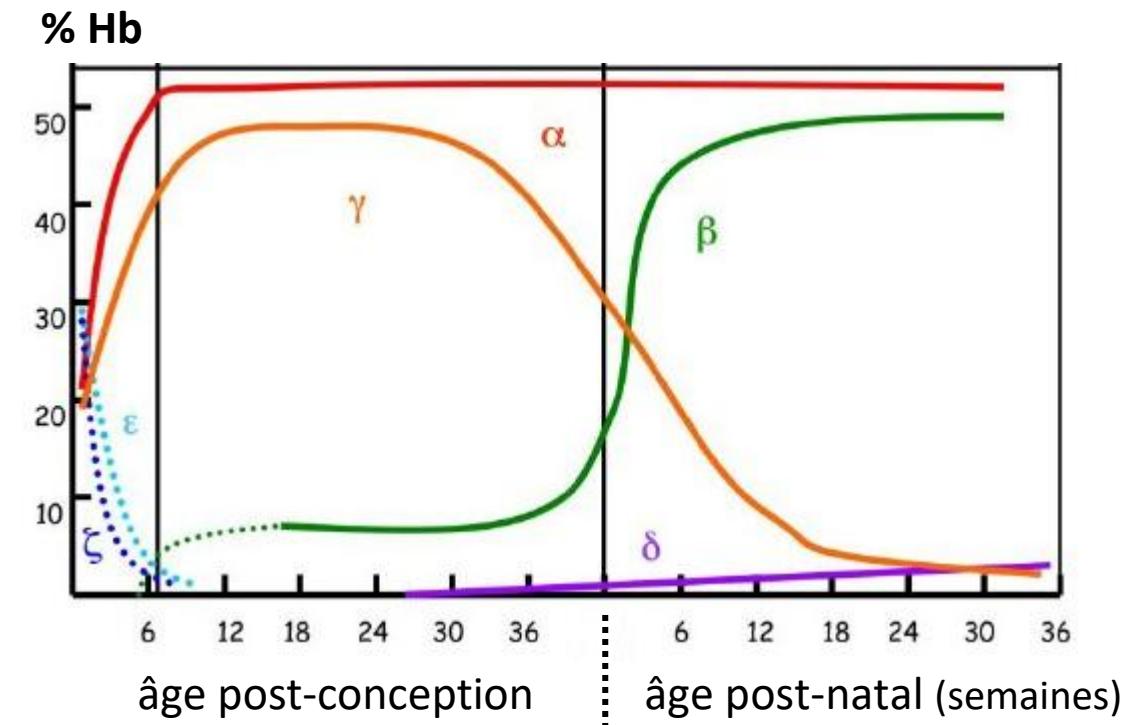
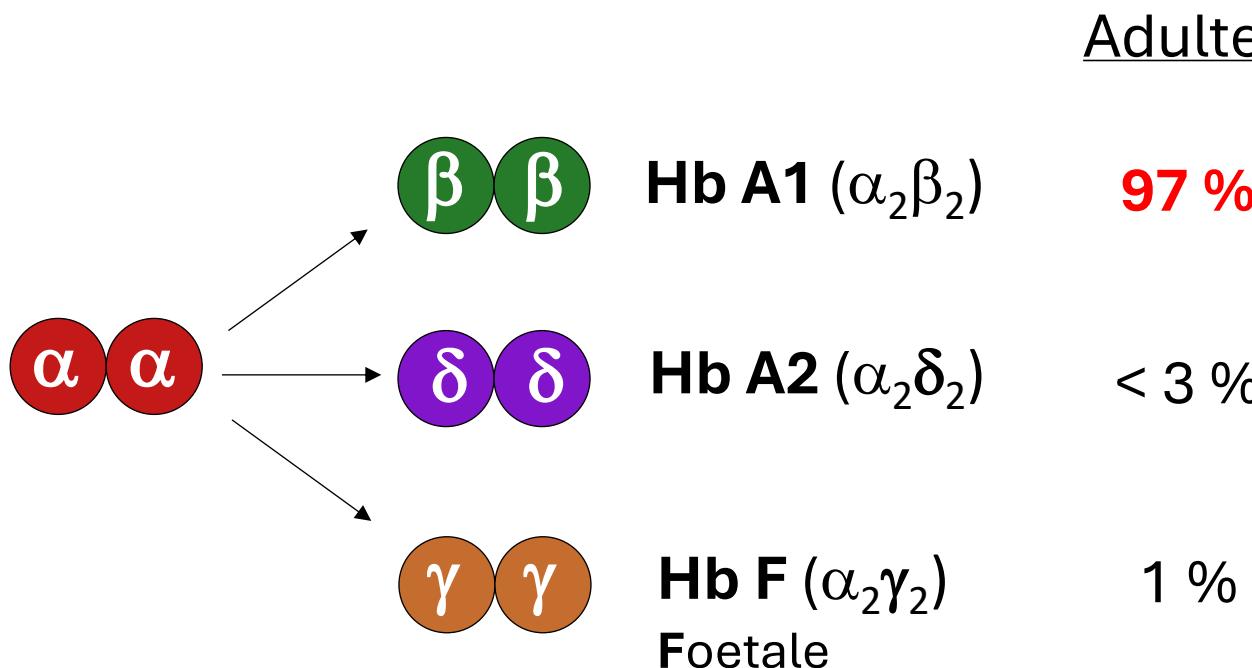
Fe<sup>2+</sup> lié à :

- la porphyrine
- la globine
- l'O<sub>2</sub>



## 1.1 GR : l'hémoglobine – les chaînes de globine

1 molécule d'Hb contient 4 chaînes polypeptidiques identiques 2 à 2 :  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , ( $\varepsilon$ ,  $\xi$ ) chez l'Homme  
→ l'assemblage des chaînes détermine le type d'Hb      → le type d'Hb varie avec l'âge

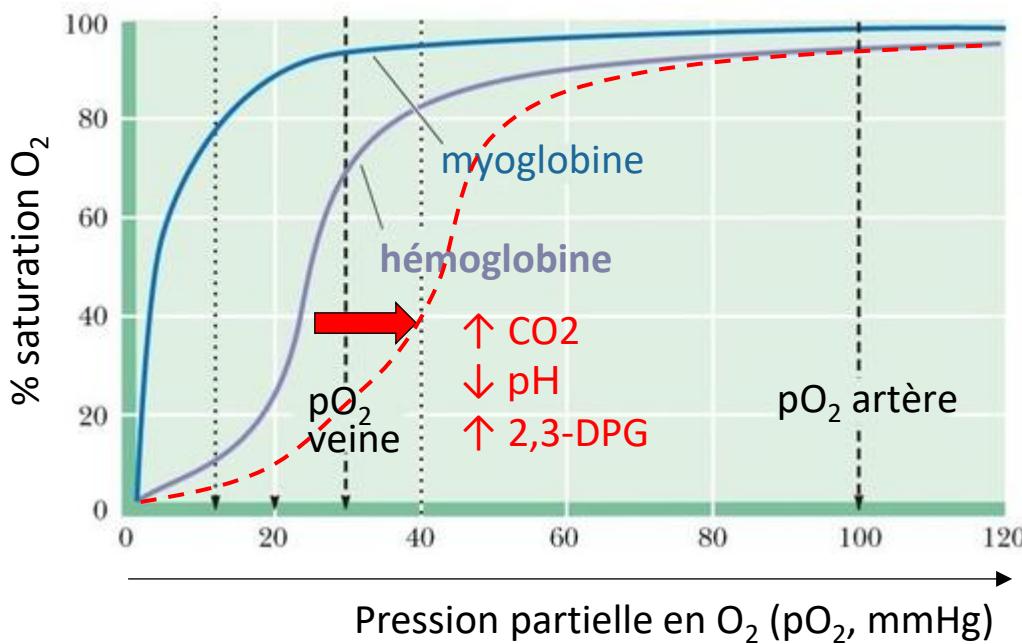


→ en pathologie : **anémies** par anomalie • de **structure** (ex : drépanocytose)  
• ou de **synthèse** (ex : thalassémie)



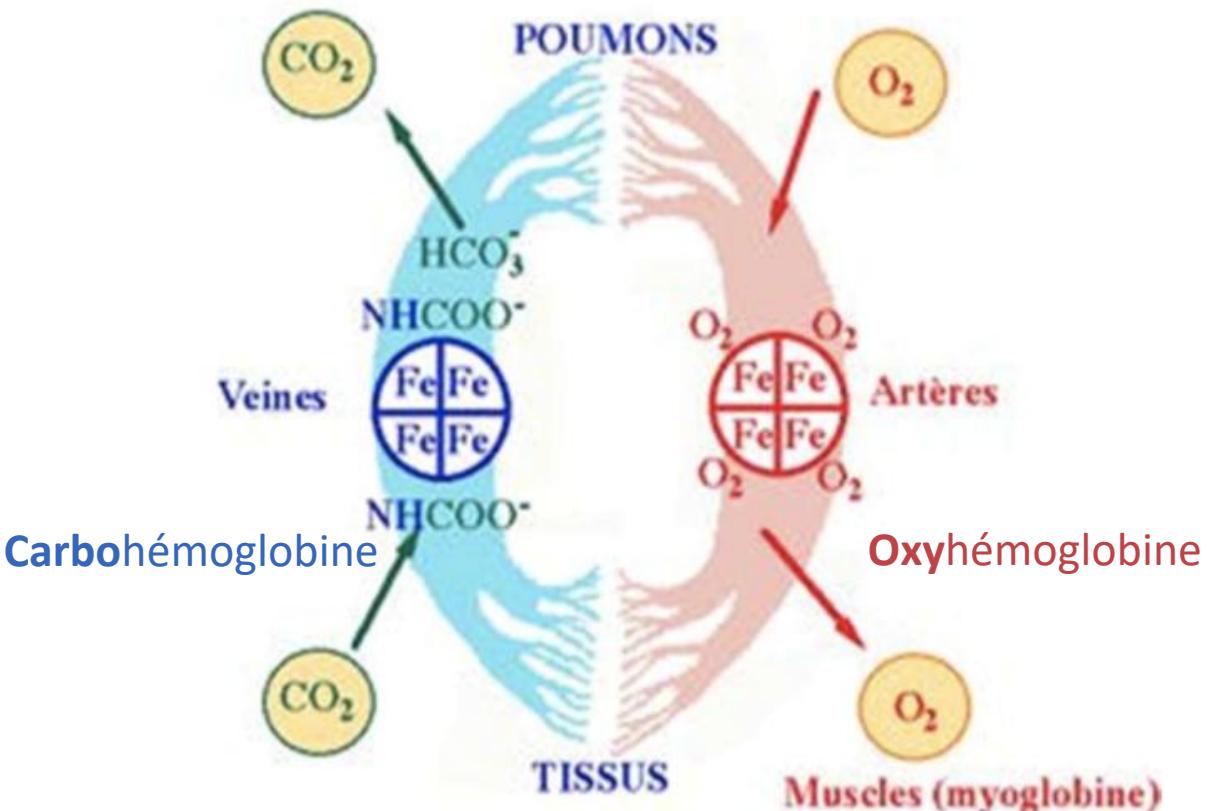
# 1.1 GR : l'hémoglobine – transport des gaz

Affinité Hb/O<sub>2</sub> optimale pour la fixation et la libération du O<sub>2</sub> (*fixation allostérique*)



- 1 mol. Hb fixe 4 mol. O<sub>2</sub> sur le fer = oxyhémoglobine
- fixation et libération de l'O<sub>2</sub> dépendent de l'affinité de l'Hb pour l'O<sub>2</sub> qui est fonction de la pression partielle en O<sub>2</sub> (pO<sub>2</sub>) du milieu

Poumons : pO<sub>2</sub> ↑ ⇒ libération CO<sub>2</sub> et prise en charge de O<sub>2</sub>



Tissus : pO<sub>2</sub> ↓ ⇒ libération O<sub>2</sub> et prise en charge de CO<sub>2</sub>



## 1.1 GR : enjeux métaboliques



GR n'ont plus de **noyau**, plus de **ribosomes**

⇒ pas de transcription, pas de traduction ⇒ **pas de renouvellement protéique**

GR n'ont plus plus de **mitochondries**

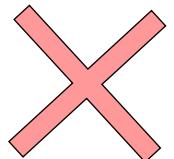
⇒ **pas de phosphorylation oxydative** (cycle de Krebs), pas de catabolisme des lipides

**Or le transport de l'O<sub>2</sub> n'est possible que si GR est intact**, ce qui nécessite de l'**énergie**

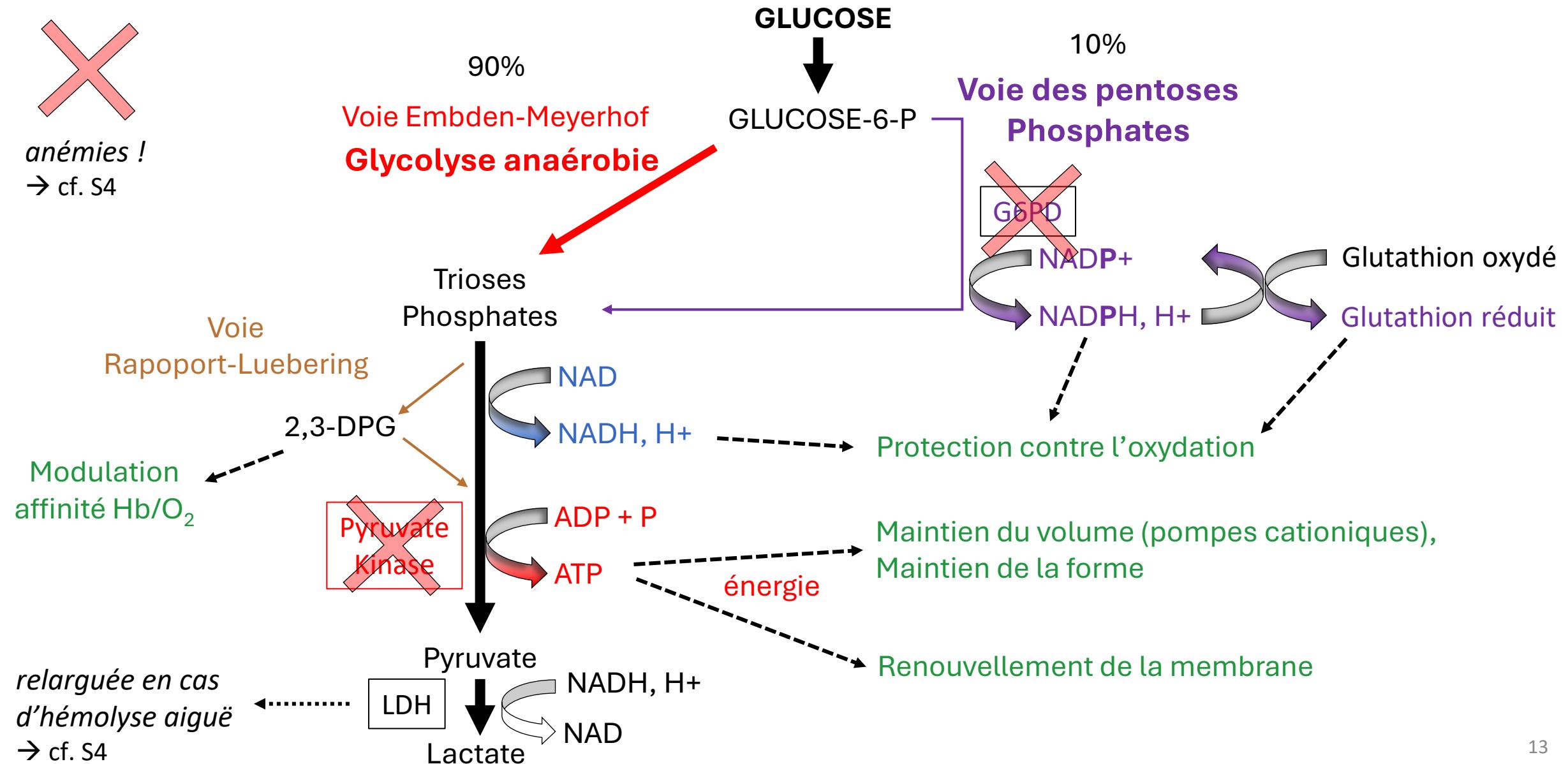
- maintenir le volume (lutter contre hyper-hydratation)
- contrer l'oxydation de l'hème et des constituants cellulaires
- maintenir l'organisation de la membrane



# 1.1 GR : métabolisme du glucose



anémies !  
→ cf. S4





## 1.1 GR : production = érythropoïèse

- Dans la **moelle osseuse**
- Phénomène permanent :
  - ✓ Assure le renouvellement des GR : **durée de vie = 120 jours**
  - ✓ chaque jour,  $1/120^{\text{ème}}$  des GR produit
- Phénomène adaptatif : X 7 à 8 en cas de besoin accru
- Régulation : **EPO** (érythropoïétine)



## 1.1 GR : destruction = hémolyse physiologique

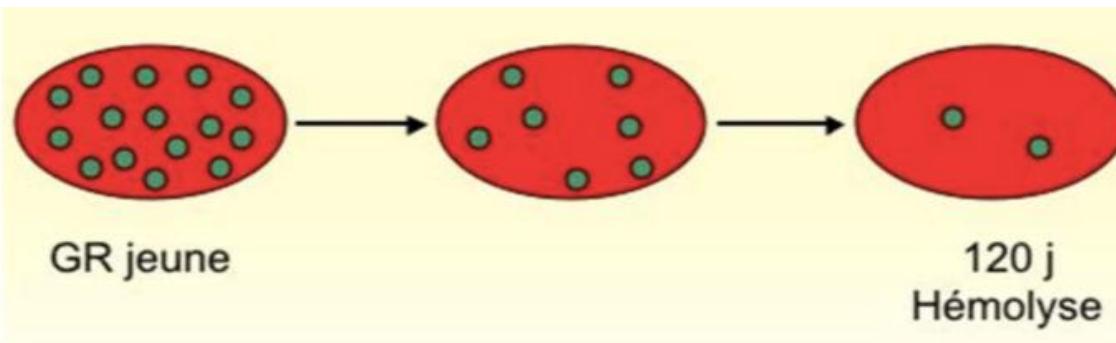
### « Vieillissement » physiologique du GR :

- Ralentissement métabolique : ↓ activité enzymatique
- Altérations membranaires : ↑ sphéricité et ↓ déformabilité
- Oxydation de ses composants (globine, lipides...)
- Hyperhydratation (défaut de fonctionnement des pompes cationiques)



### Hémolyse physiologique :

- Phénomène irréversible
- Survient après **120 jours** de vie
- Libération du contenu du GR puis dégradation et recyclage de ses composants





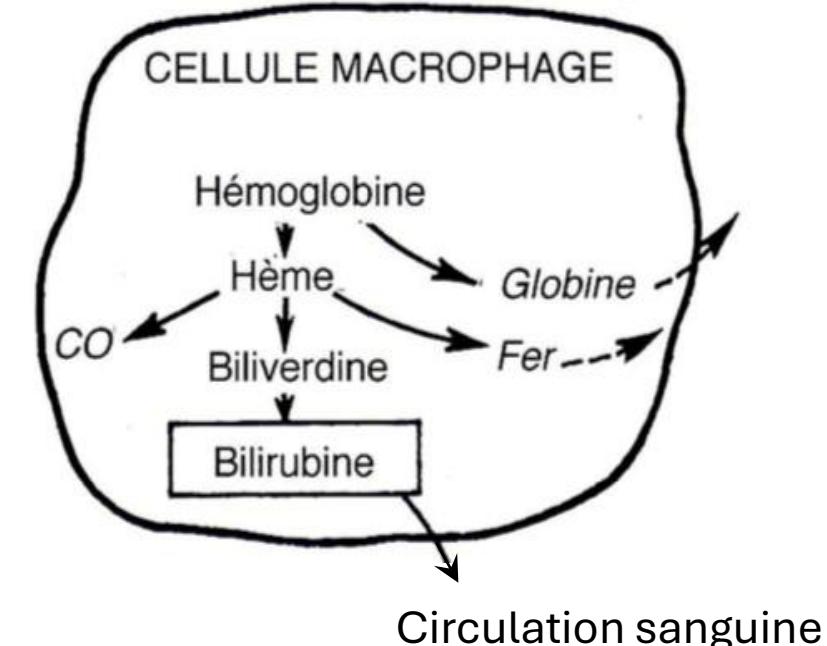
## 1.1 GR : destruction = hémolyse physiologique

### □ Hémolyse intra-tissulaire : 90%

Captation des GR par les **macrophages** dans le foie, la rate, la M.O.

→ Libération de l'hémoglobine

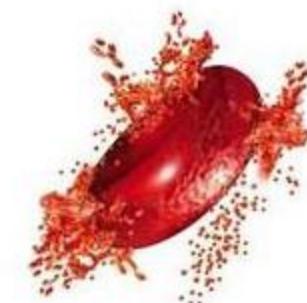
→ **Recyclage** de la globine, de l'hème et du **fer**



### □ Hémolyse intra-vasculaire : 10%

Hémolyse spontanée dans les vaisseaux sanguins

→ Libération de l'hémoglobine → élimination (foie/rein)





# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

1.1. Globules rouges

### 1.2. Plaquettes

1.3. Leucocytes

## 2. Hématopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

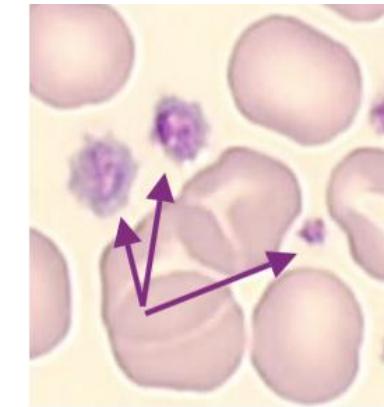
3.1. Hémogramme

3.2. Myélogramme



## 1.2 Les plaquettes

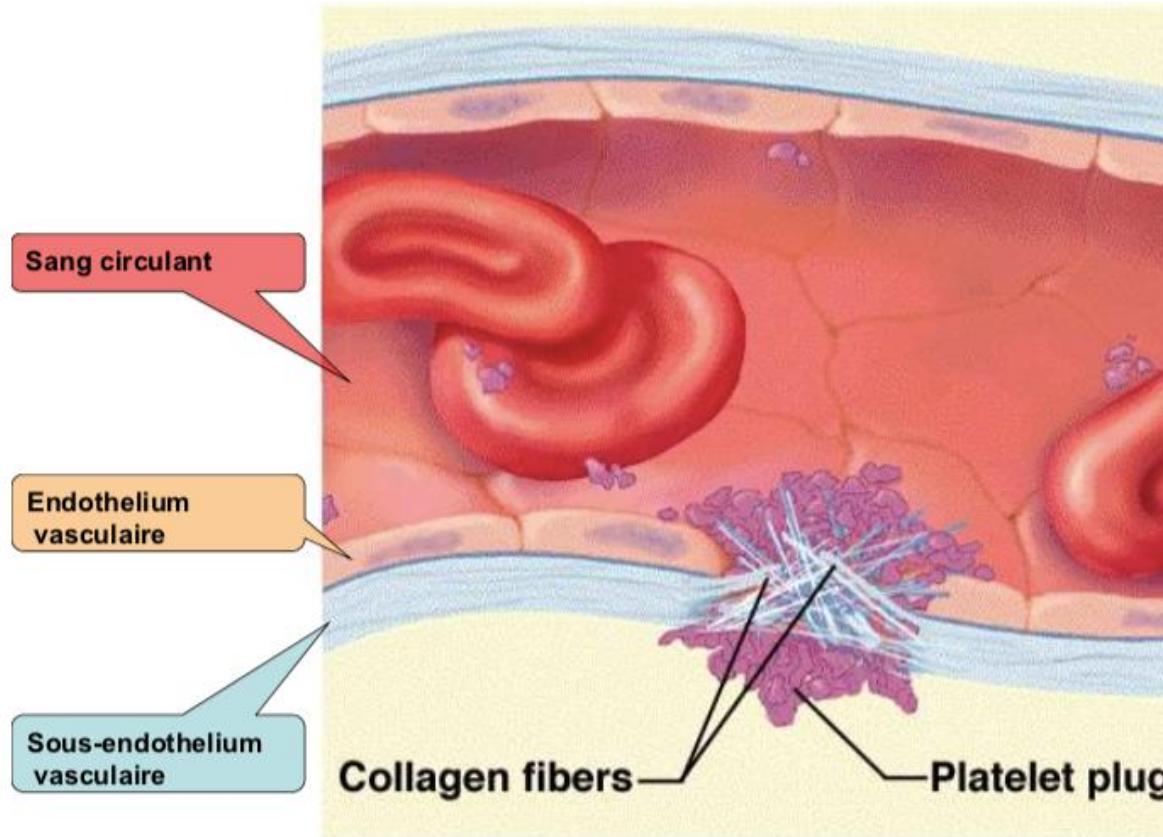
- Fragments cellulaires anucléés, 3 µm de diamètre
- Forte capacité d'adhérence aux parois endothéliales
- Rôle essentiel au cours de l'**hémostase**



Frottis sanguin (microscope optique)  
Coloration May-Grünwald Giemsa



Akane Shimizu



→ cf. cours Pr Vinciguerra



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

1.1. Globules rouges

1.2. Plaquettes

### 1.3. Leucocytes

## 2. Hématopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

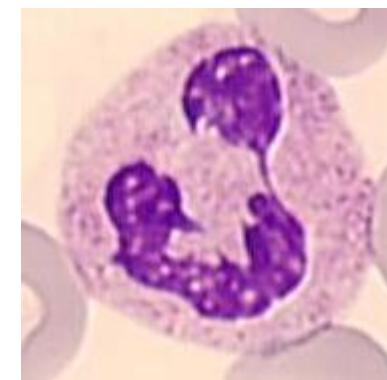
3.1. Hémogramme

3.2. Myélogramme

# 1.3 Les leucocytes = globules blancs

Cellules « polynucléées » :  
**Polynucléaires**  
(noyaux plurilobés)  
= granulocytes

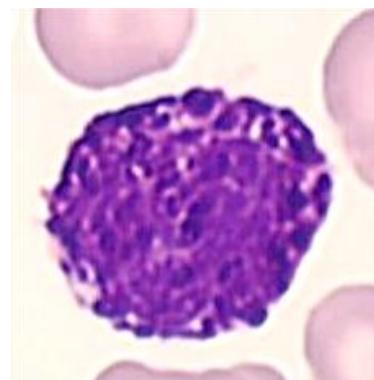
PN neutrophiles



PN éosinophiles

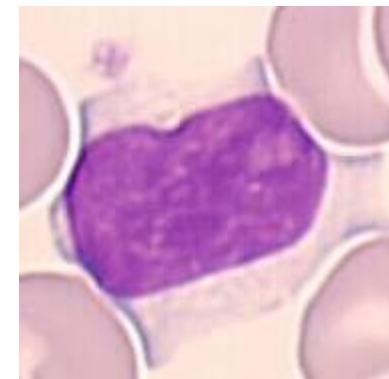


PN basophiles

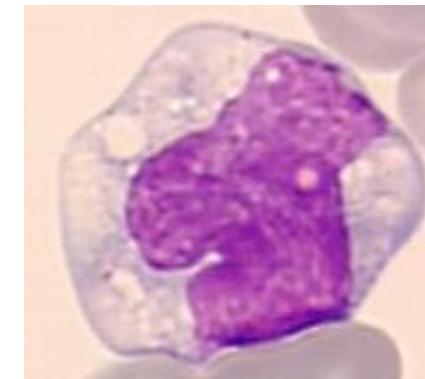


Cellules « mononucléées » :

Lymphocytes



Monocytes



Coloration **MGG**  
**May-Grünwald Giemsa**

- Éosine (orange/rose) = acide → se fixe sur structures basiques = acidophiles (ex : Hb)
- Bleu/azur de méthylène (bleu) = basique → se fixe sur structures acides = basophiles (ex : ADN, ARN)

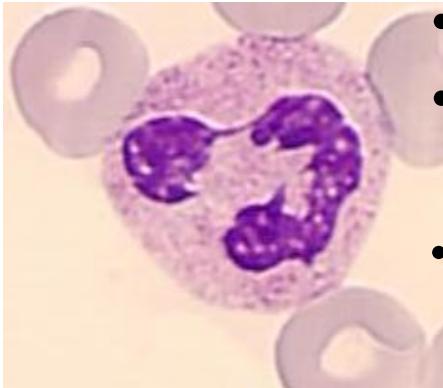


## 1.3 Polynucléaires neutrophiles (PNN)

→ 50-70% des leucocytes sanguins



### **Morphologie :**



- Diamètre 10-15 µm
- **Noyau**
  - segmenté 2-5 lobes reliés par des fils de chromatine
  - chromatine dense et mottée
- **Granulations fines**, violet foncé
  - chimiотaxie et migration cellulaire (récepteurs, adhérence)
  - action **anti-bactérienne et anti-fongique** : lysozyme, défensines cathepsines, **myéloperoxydase** ⇒ explosion oxydative
  - modulation de l'inflammation

Akane Shimizu

### **Fonction principale : immunité innée anti-bactérienne et anti-fongique**



- ➔ Neutropénie ( $\downarrow$  nbr PNN) ⇒ risque infectieux létal
- ➔ Infections ⇒ polynucléose ( $\uparrow$  nbr PNN)

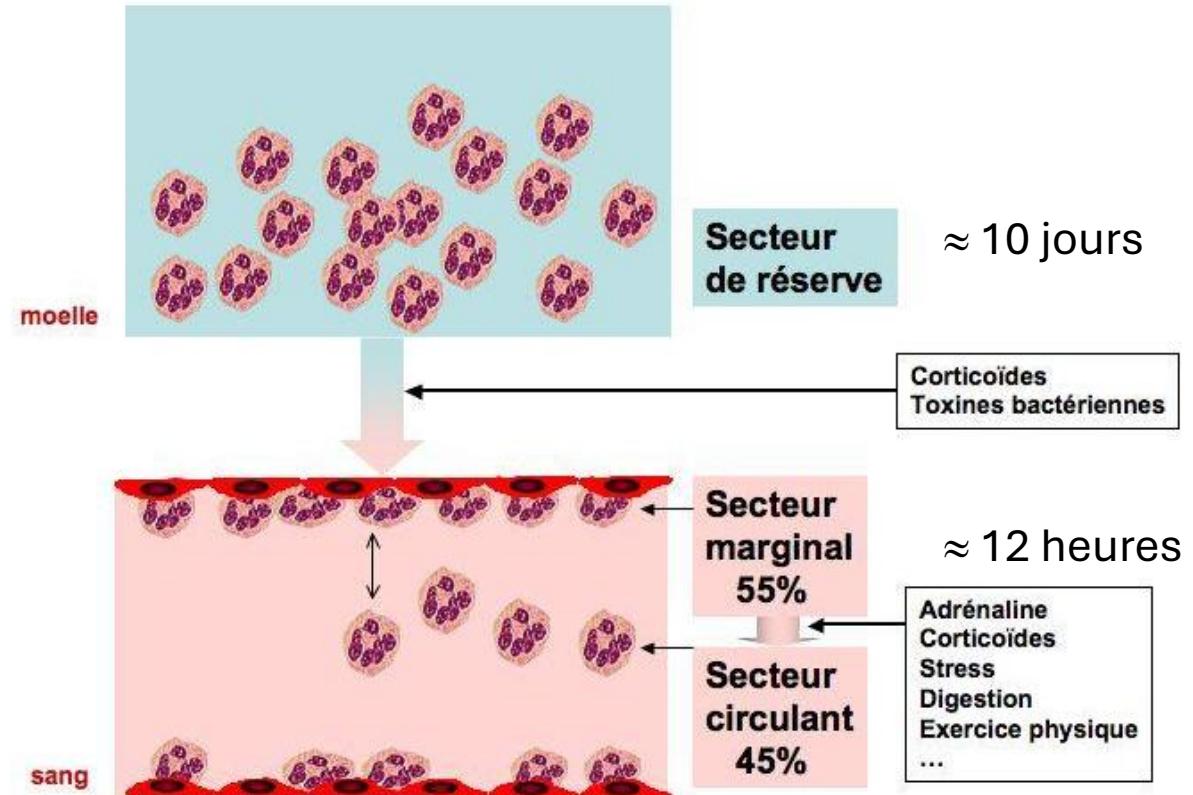
# 1.3 Polynucléaires neutrophiles (PNN) – cycle de vie

## Cycle de vie et fonctions des PNN :

- ① Production par la moelle osseuse
- ② Circulation sanguine
- ③ Mobilisation vers les tissus
- ④ Défense anti-bactérienne
- ⑤ Élimination des PNN

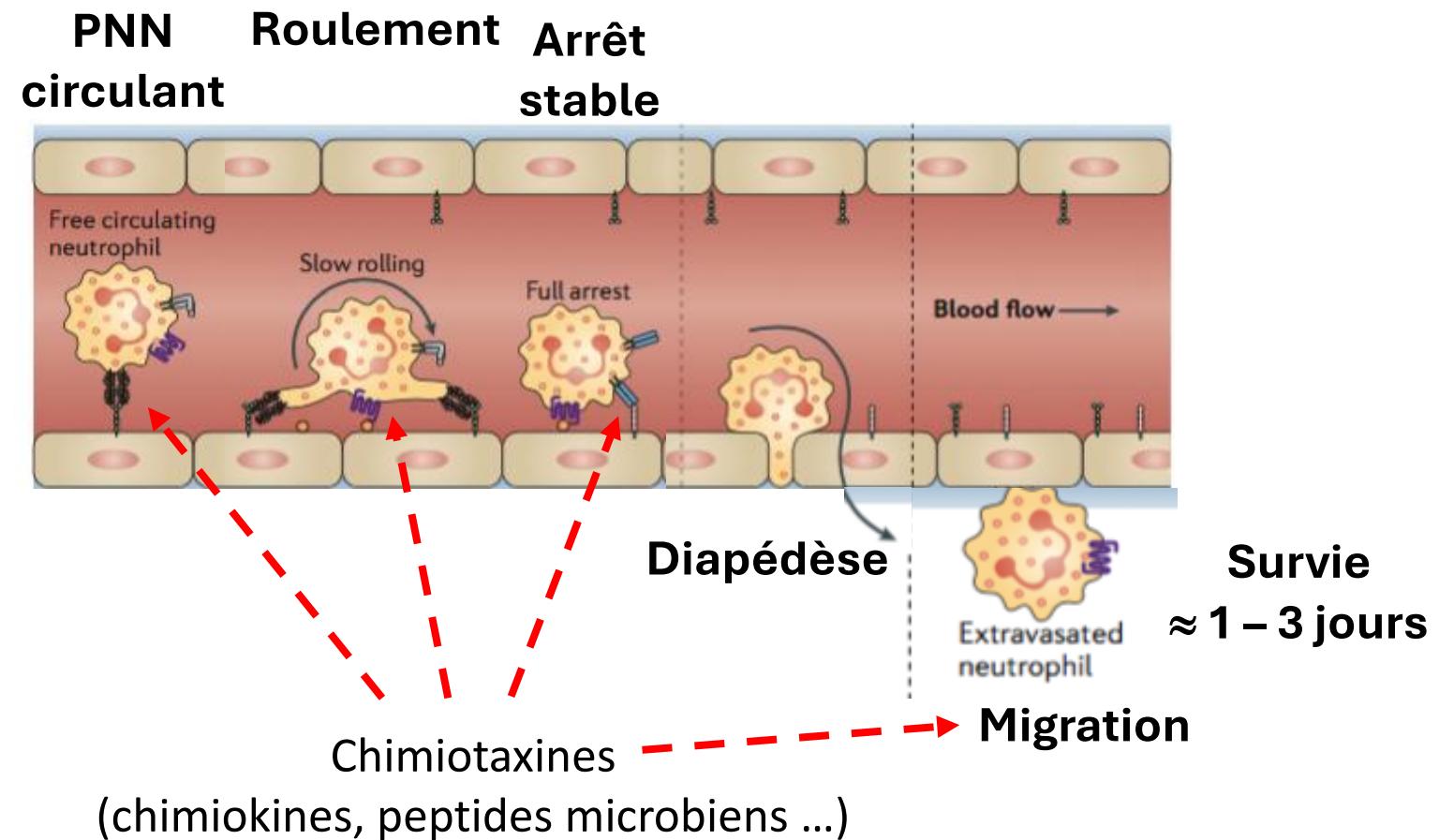
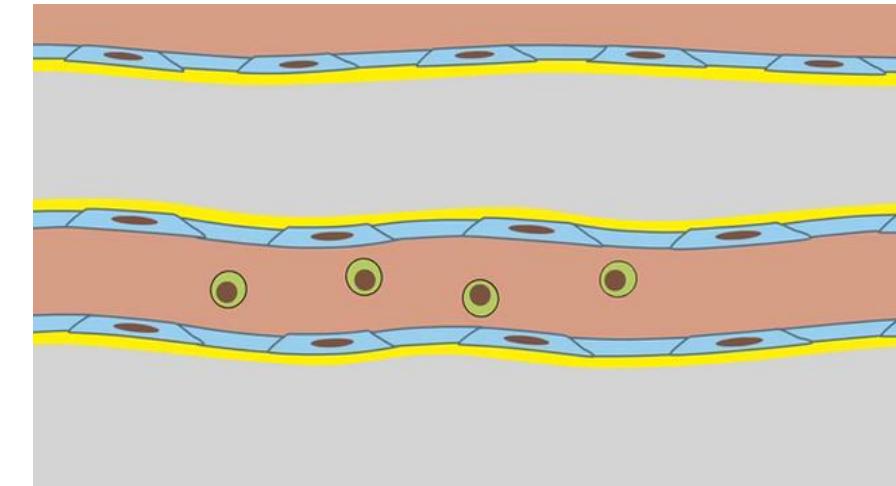
### ② Circulation sanguine

- Durée de vie  $\approx 12\text{h}$  dans le sang
- Equilibre entre **pool circulant** et **pool marginé**

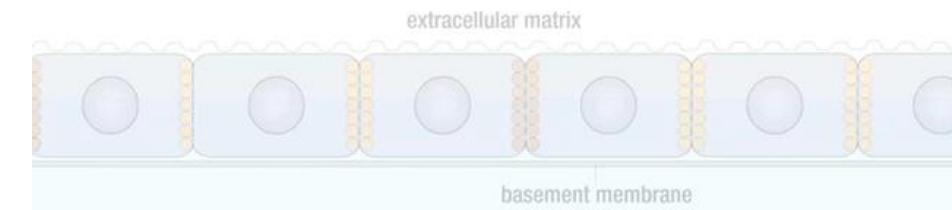


## ③ Mobilisation des PNN/extravasation vers les tissus

Rolling

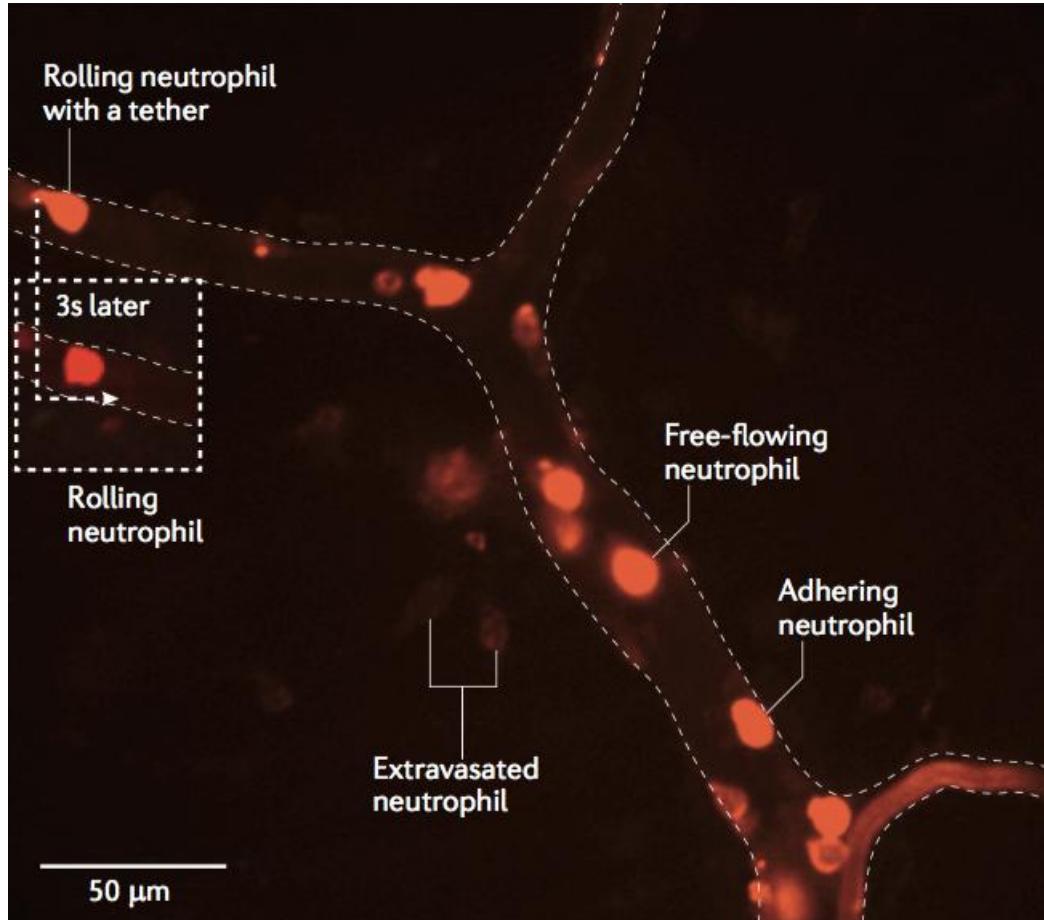


Extravasation = diapédèse



## 1.3 Polynucléaires neutrophiles (PNN) – cycle de vie

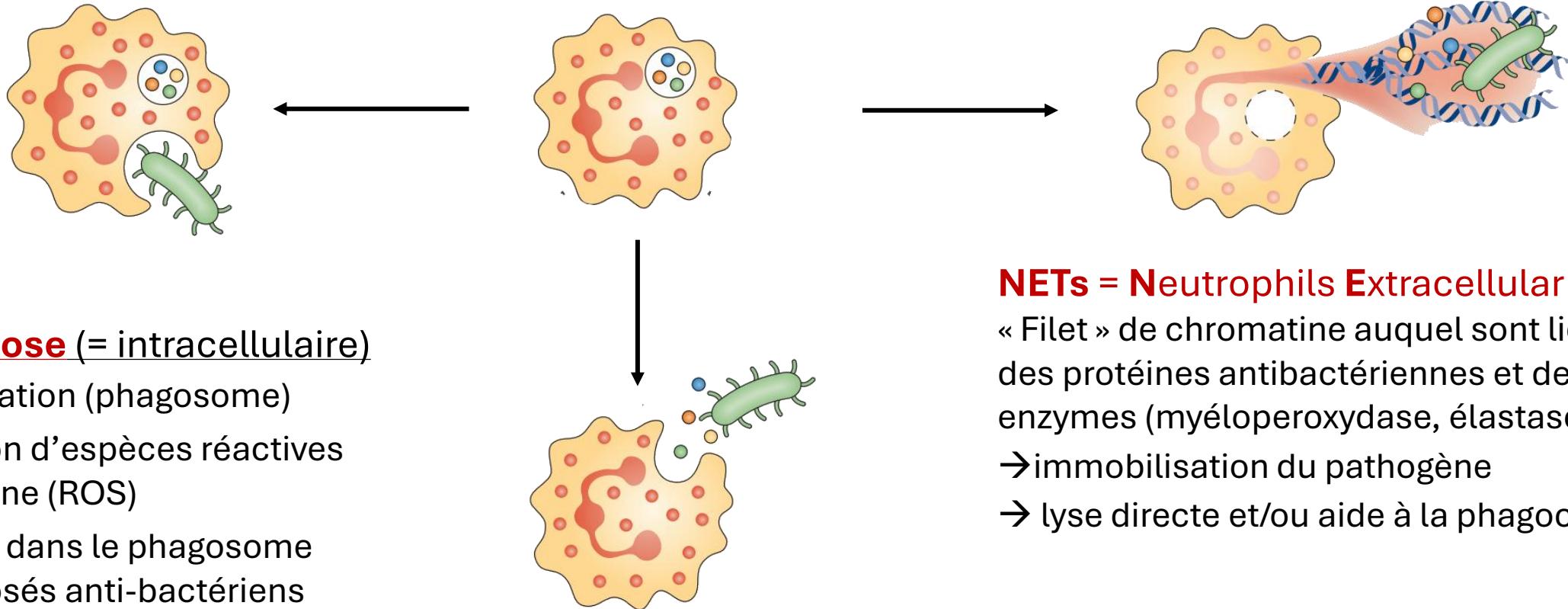
### ③ Mobilisation des PNN/extravasation vers les tissus



Kolaczkowska et al., Nat. Rev. Immunol. 2013

# 1.3 Polynucléaires neutrophiles (PNN) – cycle de vie

## ④ Mécanismes d'action anti-bactérienne/anti-fongique



**Dégranulation** (= extracellulaire)  
libération extracellulaire de protéines  
/peptides anti-bactériens

Kolaczkowska et al.,  
Nat. Rev. Immunol. 2013

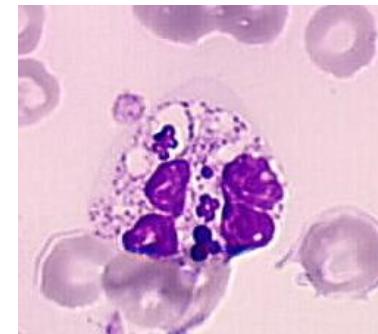


## 1.3 Polynucléaires neutrophiles (PNN) – cycle de vie

### ⑤ Mort et élimination des PNN

Durée de vie dans les tissus : 1-3 jours

Élimination dans les tissus après avoir exercé leur fonction  
(mais aussi : moelle osseuse, foie, rate)



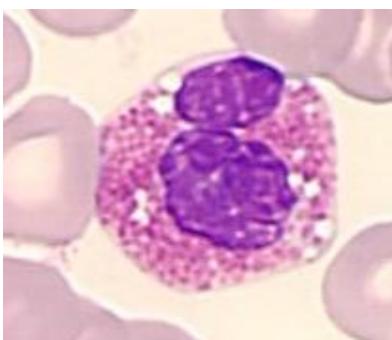
Apoptose → débris phagocytés par les macrophages  
⇒ pas de libération du contenu toxique/inflammatoire dans les tissus



# 1.3 Polynucléaires éosinophiles

< 5% des leucocytes sanguins (localisation tissulaire ++)

## Morphologie :



- Diamètre 12 -15 µm
- **Noyau**
  - segmenté 2-3 lobes reliés par des fils de chromatine
  - chromatine dense et mottée
- **Granulations** très grosses, rose-orangées

## Fonctions : défense anti-parasitaire, hypersensibilité

- Pool circulant << pool tissulaire
- Margination et migration tissulaire (PNE : tractus gastro-intestinal ++)
- Mécanismes d'action :
  - Activité phagocytaire < PNN
  - Dégranulation par exocytose → **action anti-parasitaire**



→ Infections parasitaires ⇒ hyperéosinophilie (↑ nbr PNE)

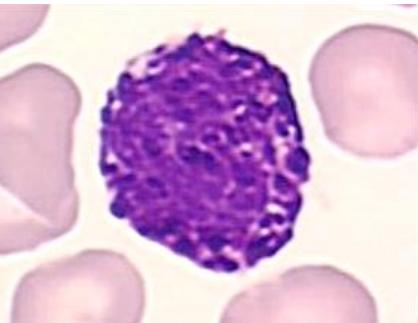
Akane Shimizu



## 1.3 Polynucléaires basophiles

< 1% des leucocytes sanguins

### Morphologie :



- Diamètre 10 µm
- **Noyau** : segmenté 2-3 lobes (difficile à observer)
- **Granulations** très grosses, violet foncé



Akane Shimizu

### Fonctions : défense anti-parasitaire, hypersensibilité (allergies à IgE)



# 1.3 Monocytes (précurseur des macrophages tissulaires)

< 2 – 10 % des leucocytes sanguins

## Morphologie :



Akane Shimizu



- Diamètre 20 µm
- **Noyau irrégulier**  
contourné, encoché
- **Cytoplasme gris**  
± vacuoles

≈ 1-3 jours dans le sang  
(circulant/marginé)

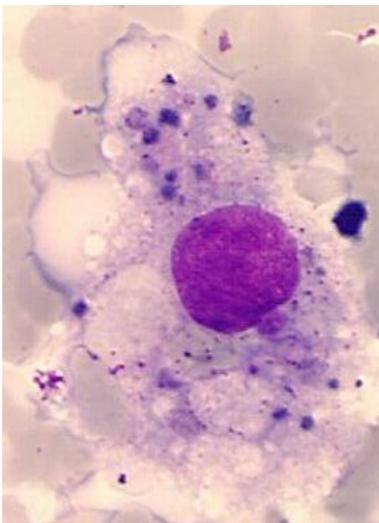


diapédèse dans  
les tissus inflammés

Différenciation en **macrophages**  
(= histiocytes)  
≈ 3 mois – 3 ans

## Fonctions (macrophages ++):

- **Immunité innée**
  - phagocytose
  - présentation de l'antigène aux lymphocytes T
  - sécrétion de cytokines
- **Homéostasie**  
(élimination des cellules mortes)  
/ **métabolisme**  
(recyclage du fer)





# 1.3 Lymphocytes T, B et NK



T  $\approx$  70%



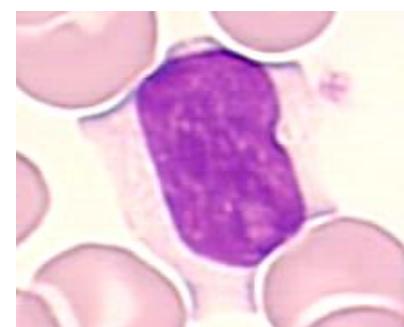
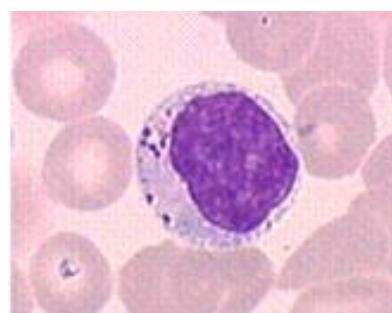
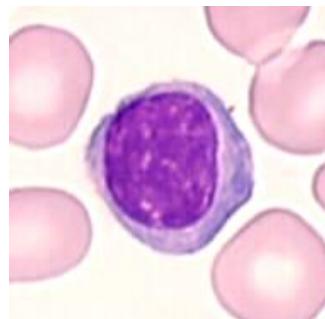
B  $\approx$  20%



Natural Killer  
(NK)  $\approx$  10%

< 20 – 40 % des leucocytes sanguins

## Morphologie :



- petits 8 - 10  $\mu\text{m}$
- **Noyau** régulier, chromatine dense
- Ratio nucléo-cytoplasmique élevé

- grands 10 - 15  $\mu\text{m}$
- chromatine moins dense
- Ratio nucléo-cytoplasmique moins élevé



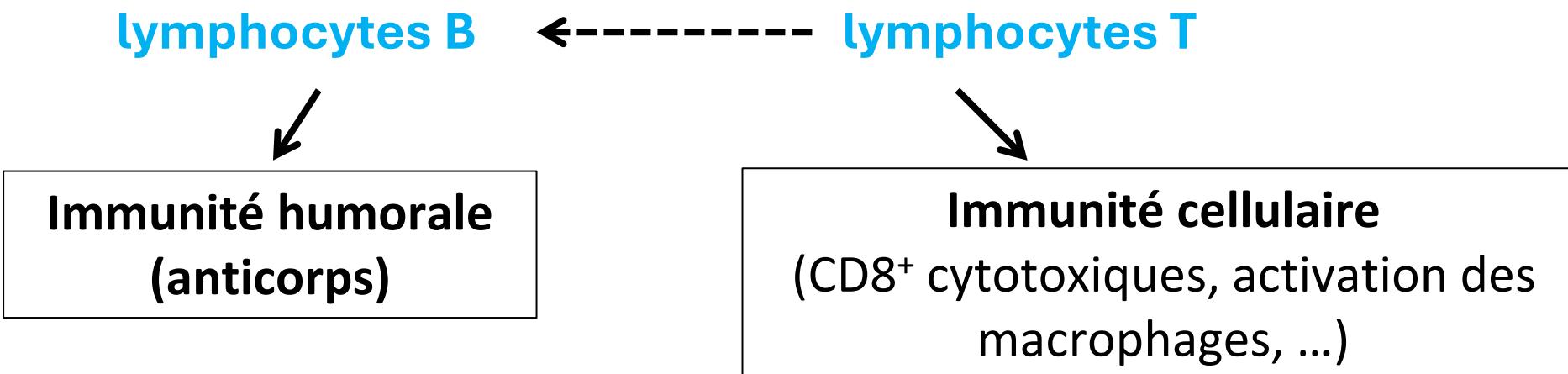
Pas de distinction B/T/NK  
sur la seule morphologie !



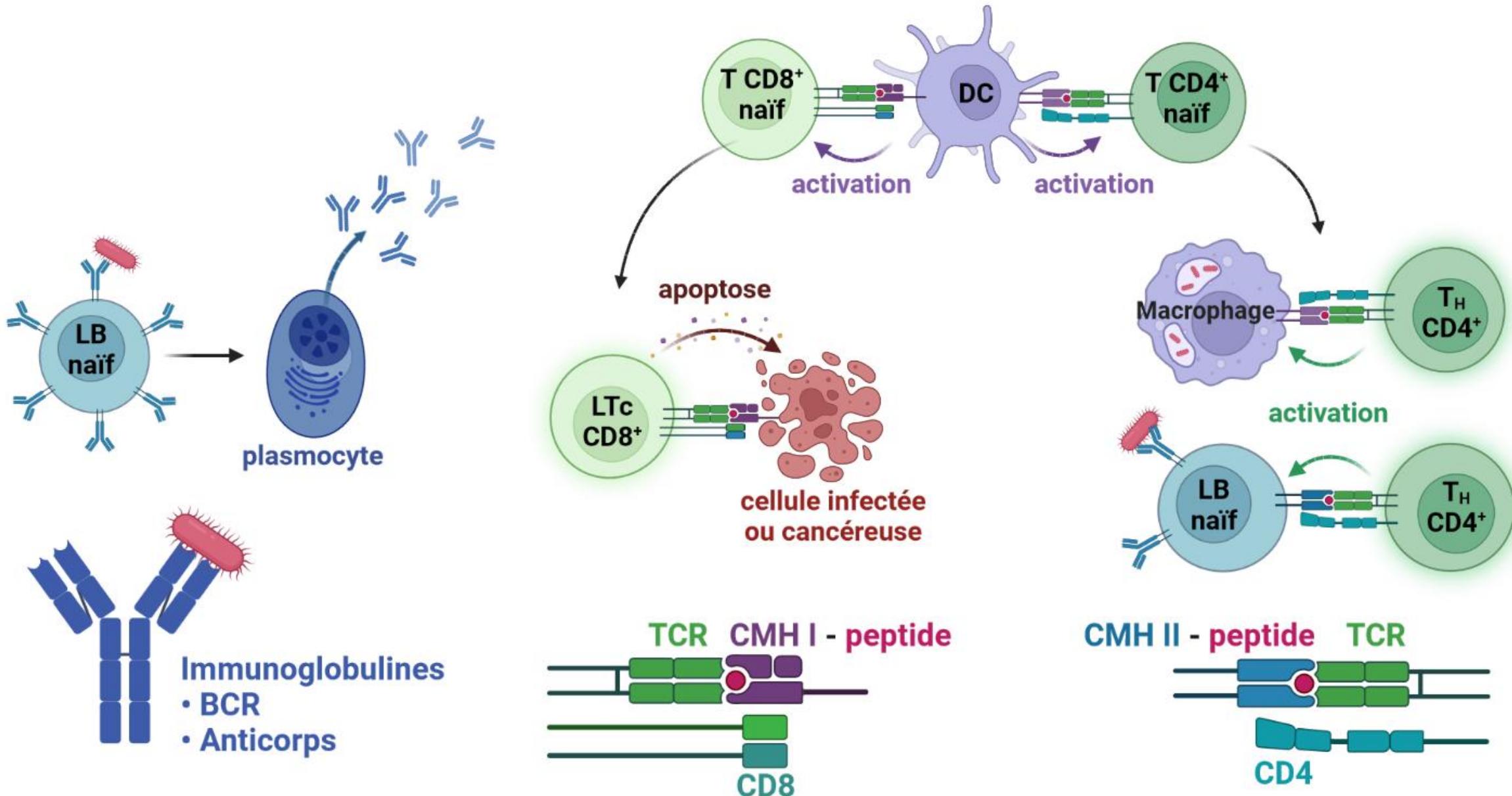
## 1.3 Lymphocytes T, B et NK

### Fonctions :

- **Immunité innée** : rapide, non spécifique  
→ **cellules NK** : **cytotoxiques** contre cellules **infectées** ou **tumorales**
- **Immunité acquise** : lente, spécifique, **adaptative** (reconnaissance et mémoire d'un Ag spécifique) :



# 1.3 Lymphocytes T, B et NK





# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

- 1.1. Globules rouges = hématies = érythrocytes
- 1.2. Plaquettes = thrombocytes
- 1.3. Leucocytes = granulocytes, monocytes, lymphocytes

## 2. Hématopoïèse

### 2.1. Généralités

- 2.2. Granulopoïèse
- 2.3. Érythropoïèse
- 2.4. Mégacaryopoïèse – Thrombopoïèse
- 2.5. Lymphopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

- 3.1. Hémogramme
- 3.2. Myélogramme



## 2.1 Hématopoïèse : production des cellules sanguines

GR



200 milliards /jour

Plaquettes



100 milliards /jour

Leucocytes



PNN



PNE



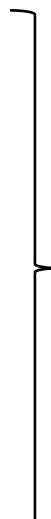
PNB



Monocytes



Lymphocytes  
B et T



50 milliards /jour

Où ?

Comment  
?

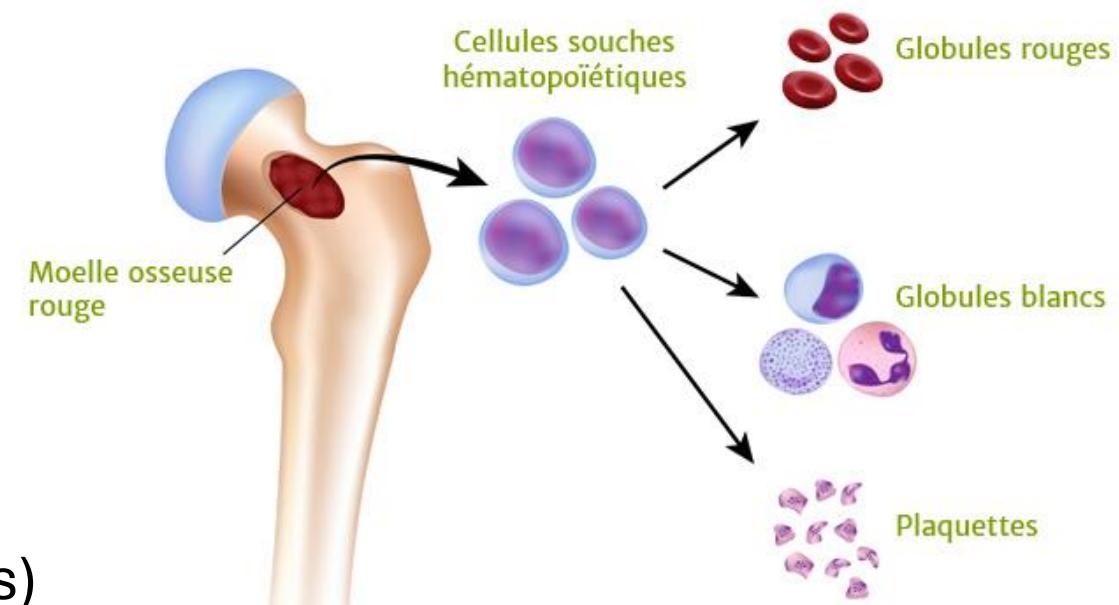


WATTERSON

## 2.1 Hématopoïèse : définitions

- **Hématopoïèse** = ensemble des mécanismes impliqués dans la production des cellules sanguines à partir de cellules souches hématopoïétiques
  - production organisée, adaptée aux besoins et régulée

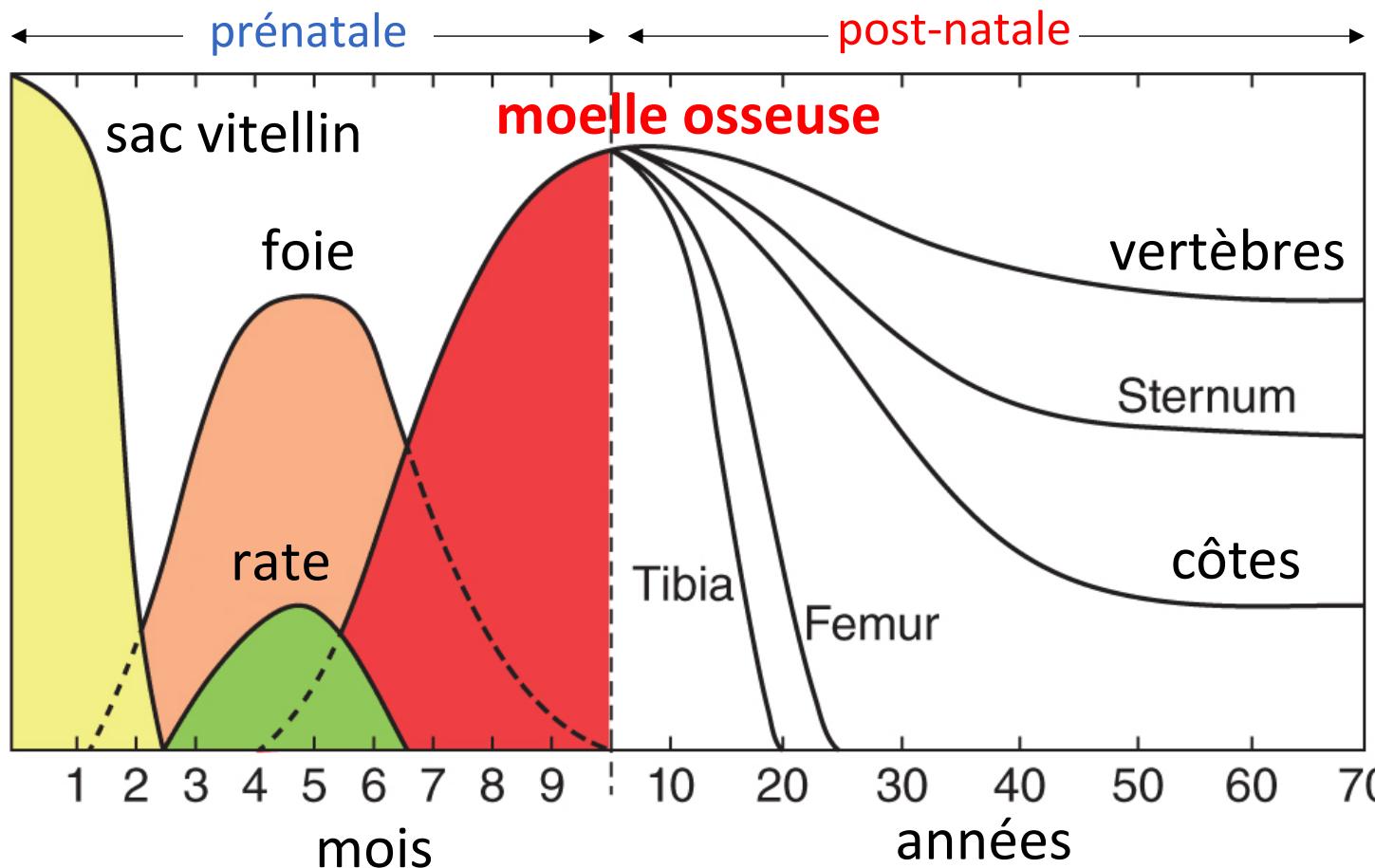
- **Cellule souche hématopoïétique**
  - = cellule **indifférenciée** capable de s'**auto-renouveler** et d'initier l'**ensemble des différentes lignées** de cellules sanguines (globules rouges, plaquettes, globules blancs)



## 2.1 Hématopoïèse : ontogénie chez l'Homme

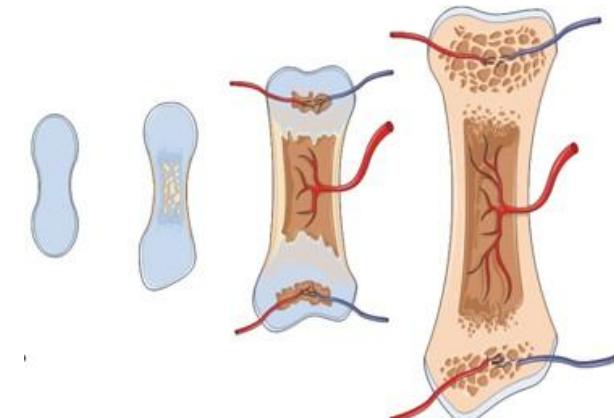
### Chez le fœtus :

- débute à J21 : formation d'îlots sanguins au sein du mésoderme du sac vitellin
- à partir du 3<sup>ème</sup> mois, les cellules souches hématopoïétiques colonisent le **foie** et la **rate**, puis la **moelle osseuse** à partir du 5<sup>ème</sup> mois



### Après la naissance:

- Uniquement dans la moelle osseuse





## 2.1 Hématopoïèse : ontogénie chez l'Homme

### De la naissance à 4 ans:

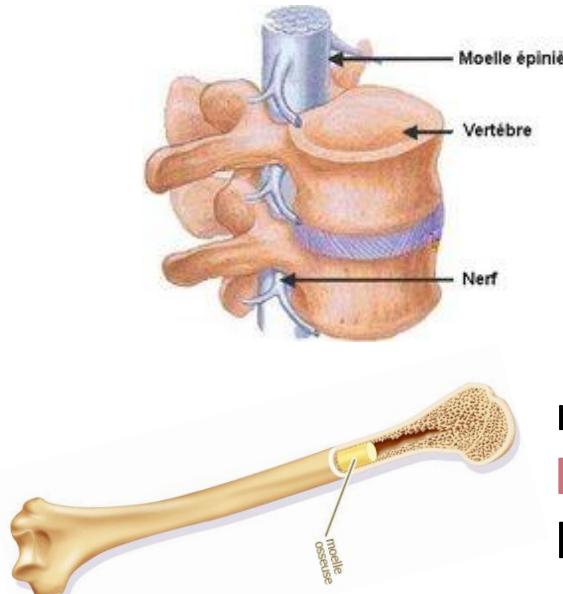
- tous les os participent à l'hématopoïèse

### Après 4 ans:

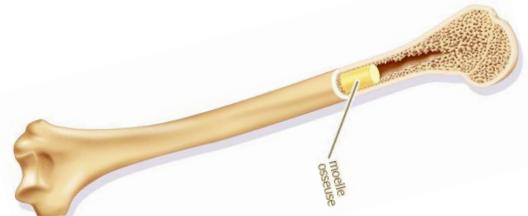
- **os courts ou plats** : sternum, côtes, bassin, crâne, vertèbres
- **épiphyse (os spongieux) des os longs** : fémur, humérus, tibia



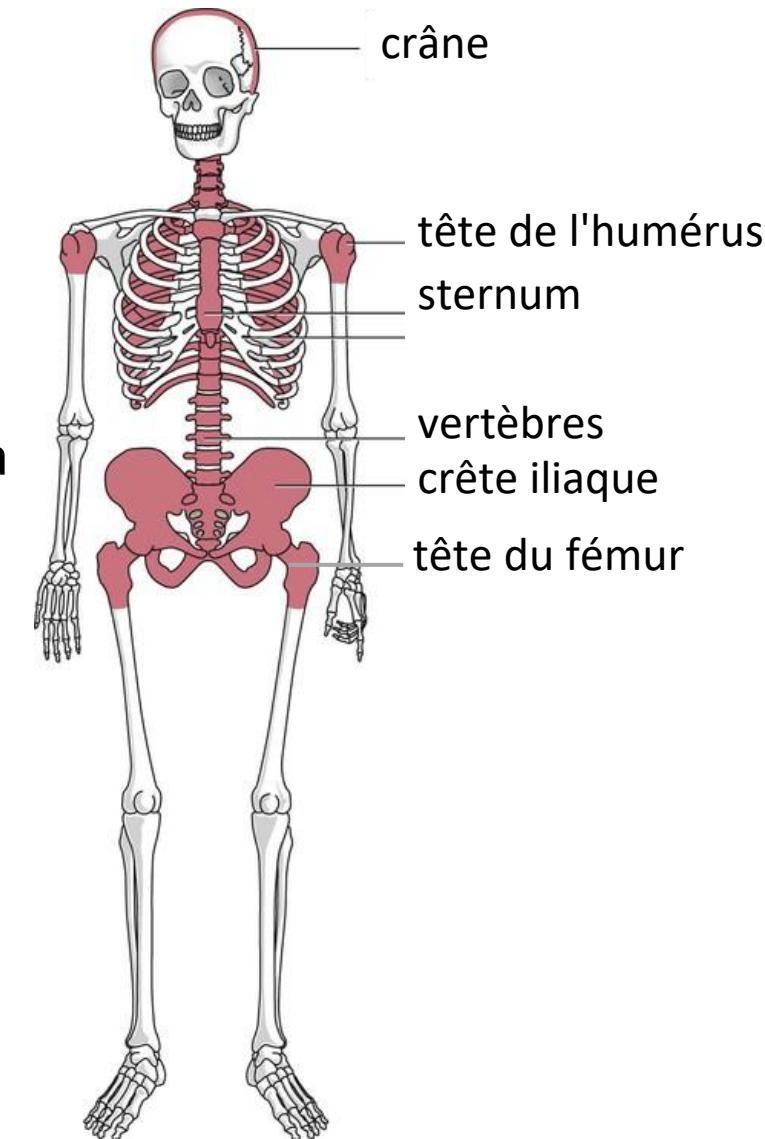
moelle **osseuse**  
≠  
moelle **épinière**



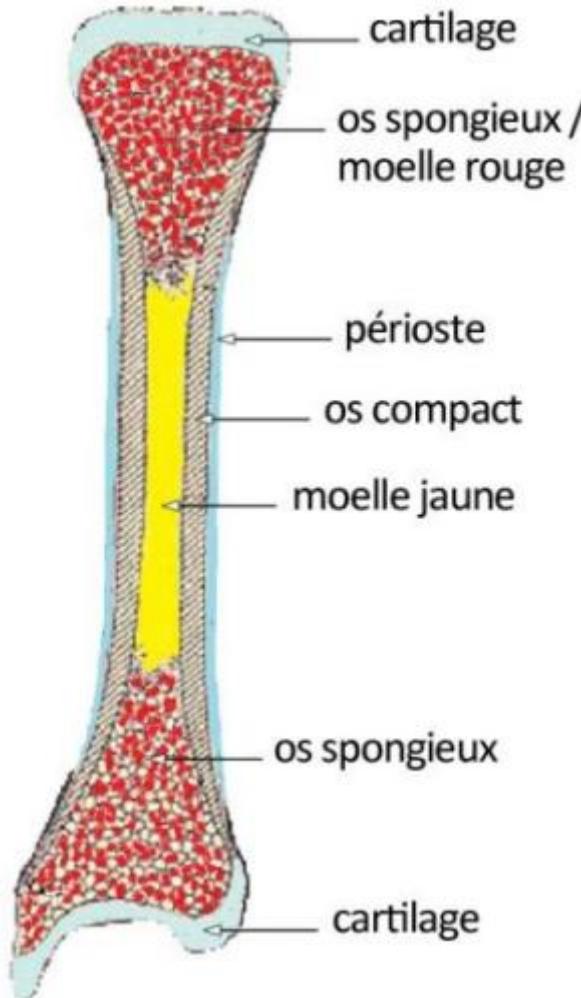
moelle **épinière** : tissu  
**nerveux** protégé par la  
colonne vertébrale



moelle **osseuse** : tissu  
**hématopoïétique** à  
l'intérieur des os



## 2.1 Hématopoïèse : anatomie de la moelle osseuse



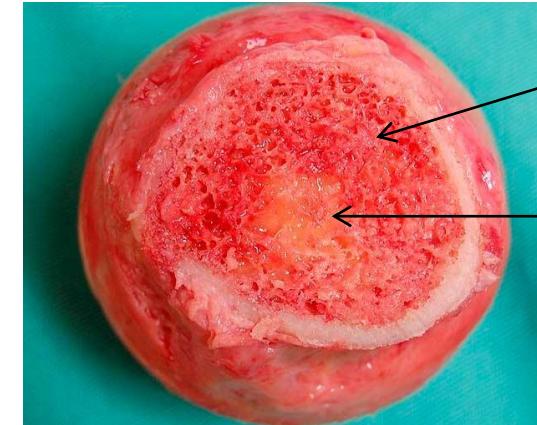
- **Moelle rouge = zone active d'hématopoïèse**

- Riche en cellules hématopoïétiques et en vaisseaux sanguins
- Située dans l'**os spongieux** = **os trabéculaire**

- **Moelle jaune = zone inactive**

- Riche en adipocytes

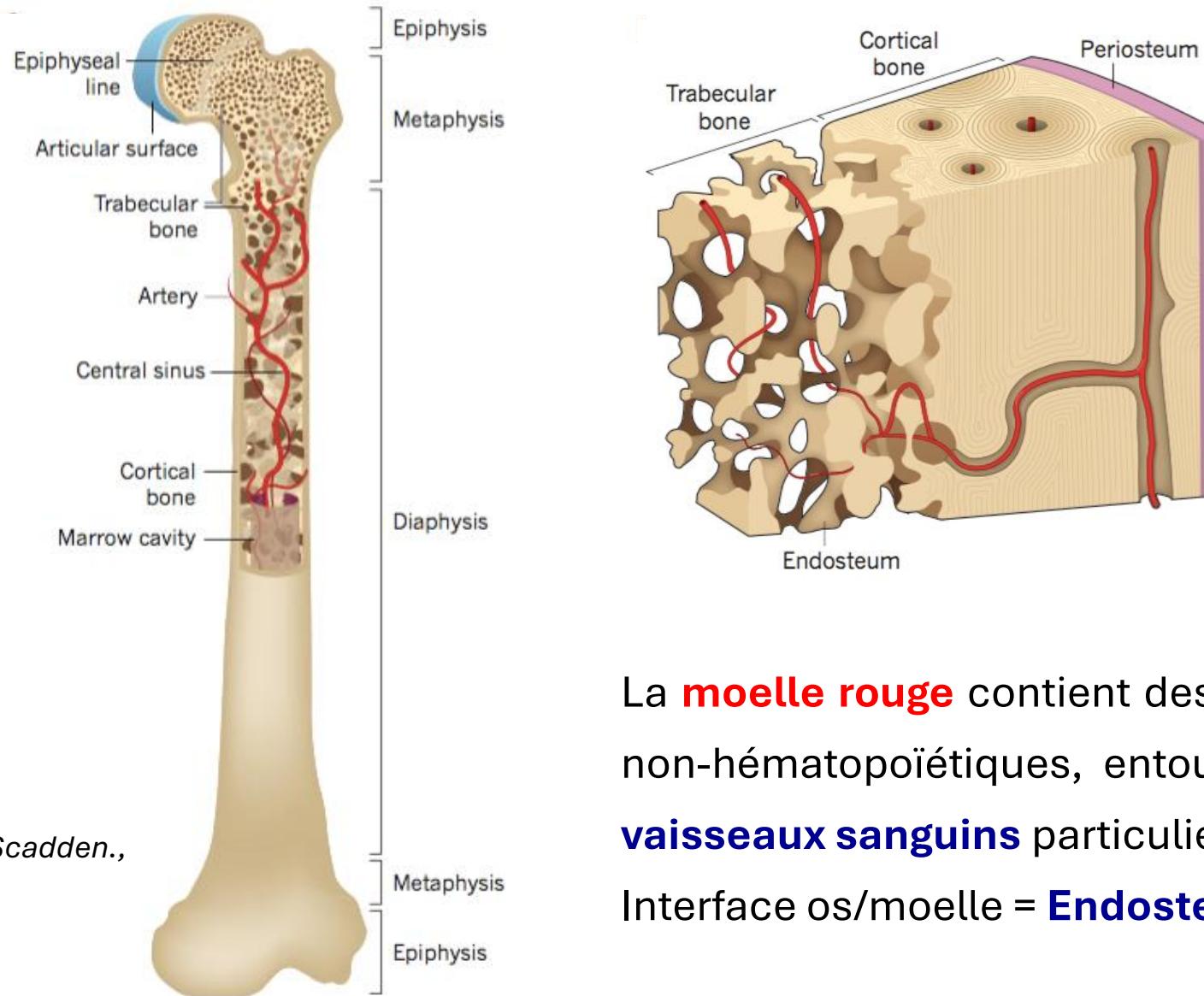
Tête fémorale :



Moelle rouge

Moelle jaune

## 2.1 Hématopoïèse : anatomie de la moelle osseuse



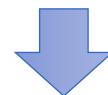
Morrison & Scadden.,  
Nature 2014

La **moelle rouge** contient des cellules hématopoïétiques et non-hématopoïétiques, entourées d'**os trabéculaire** et de **vaisseaux sanguins** particuliers = **sinusoïdes**  
Interface os/moelle = **Endostéum**



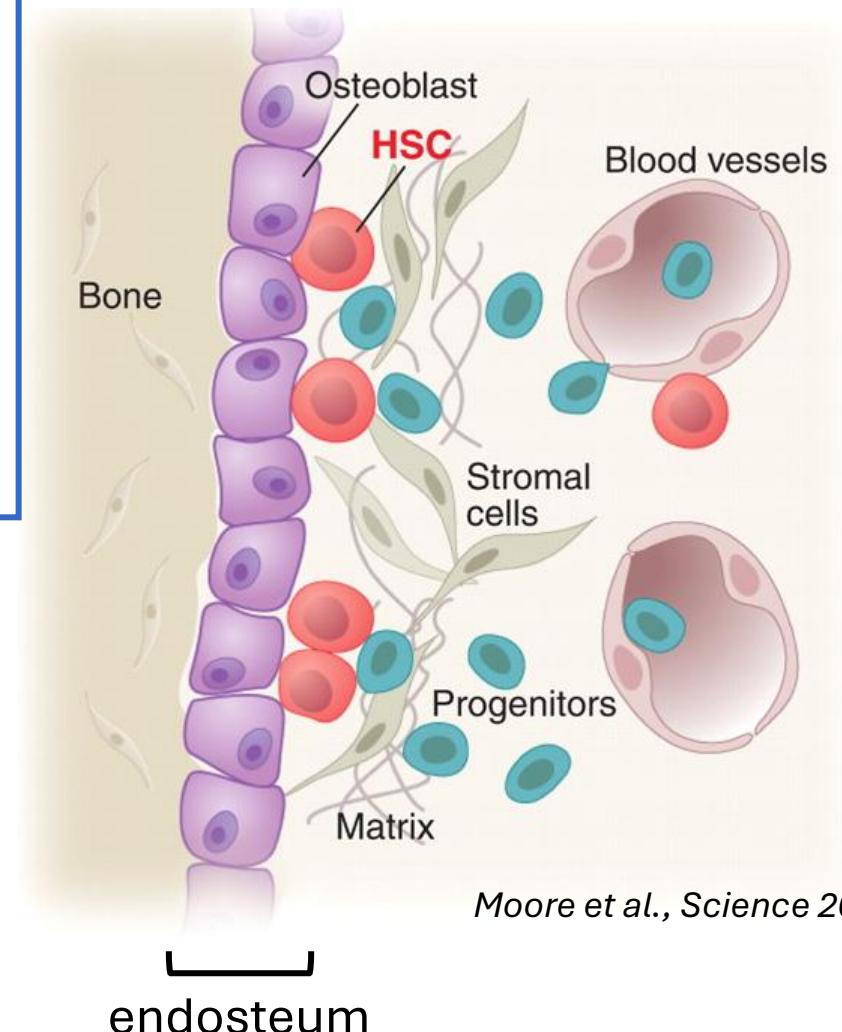
## 2.1 Hématopoïèse : anatomie de la moelle osseuse

- **Ostéoblastes et ostéoclastes**
- Cellules **stromales** : cellules mésenchymateuses, fibroblastes, adipocytes (...)  
→ **matrice extracellulaire** (collagène, fibronectine ...)
- Vaisseaux sanguins = **sinusoïdes**



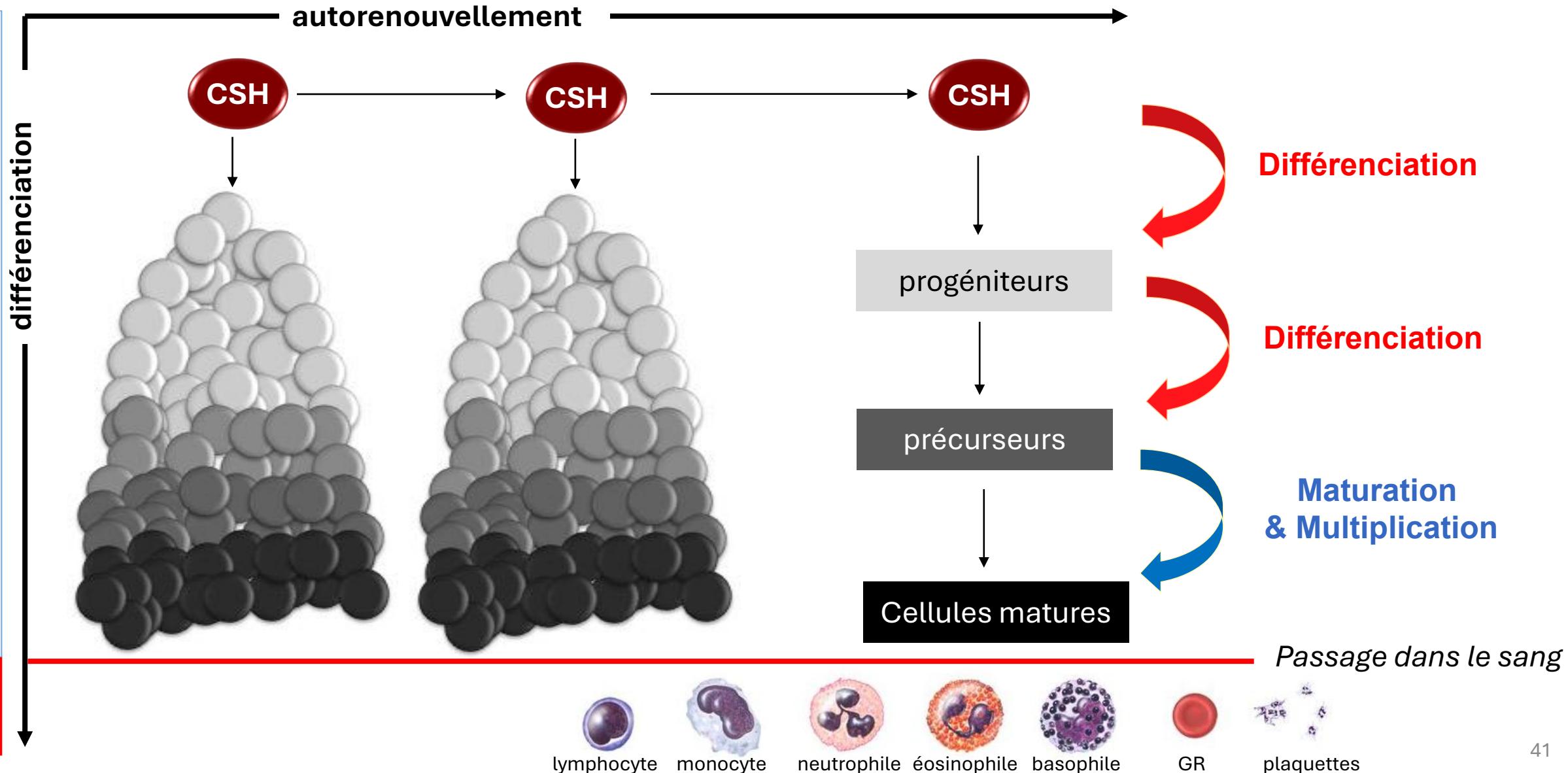
Niche hématopoïétique

**HSC** : Hematopoietic Stem Cell



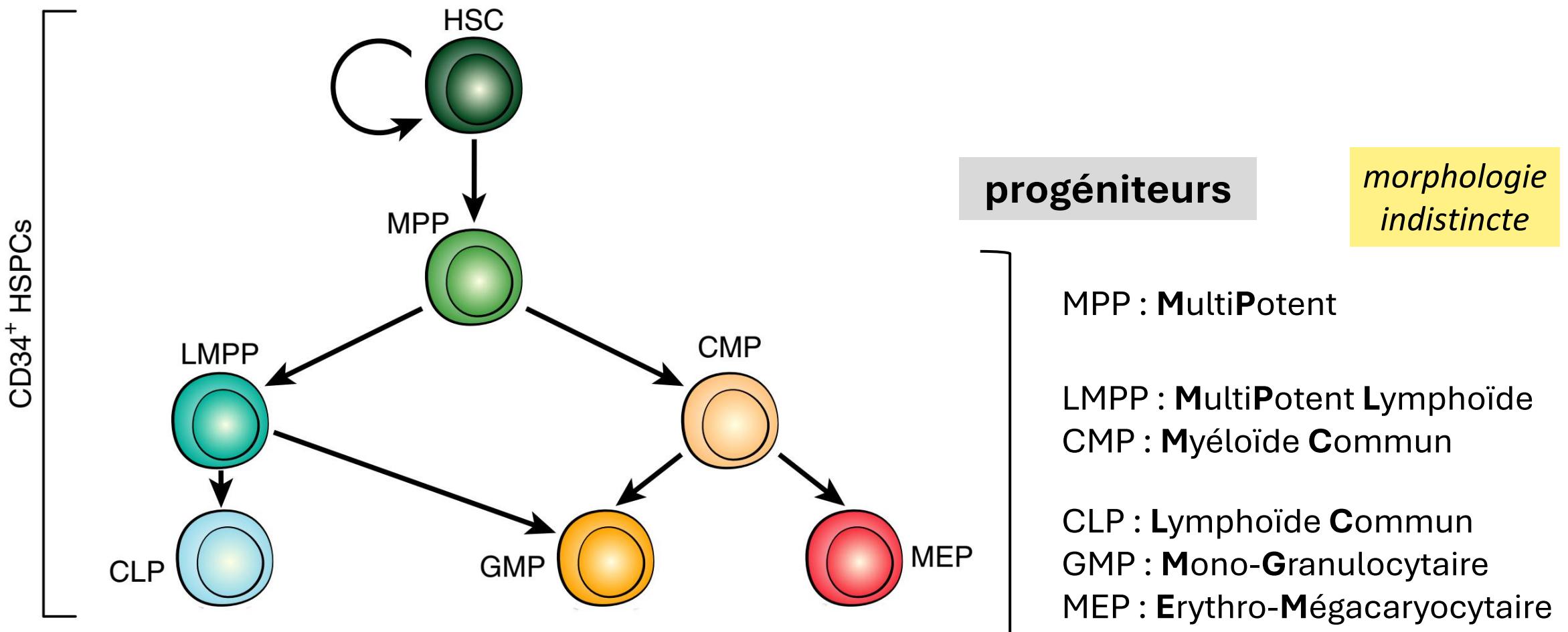
Moore et al., Science 2006

## 2.1 Hématopoïèse : de la CSH aux cellules matures



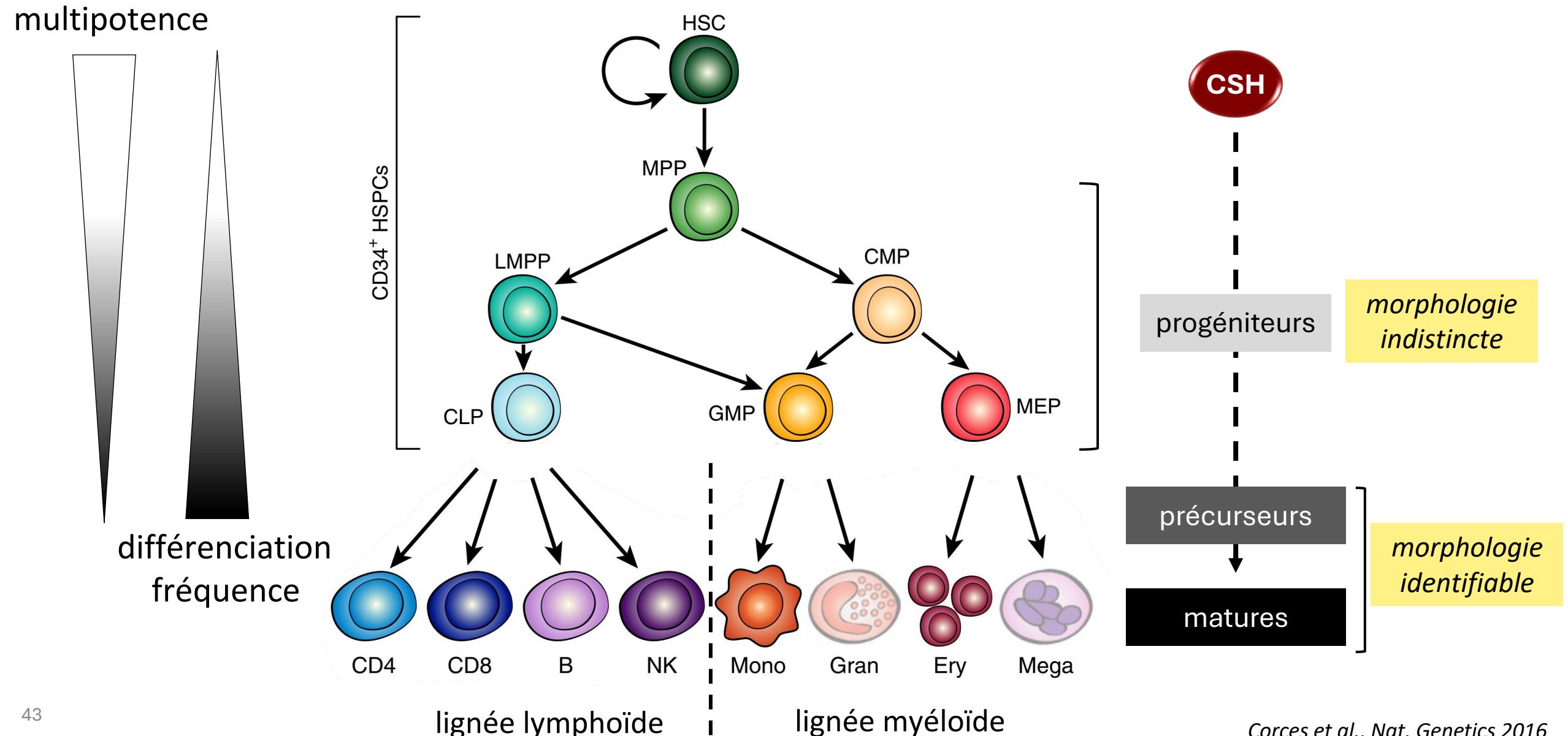


## 2.1 Hématopoïèse : de la CSH aux cellules matures





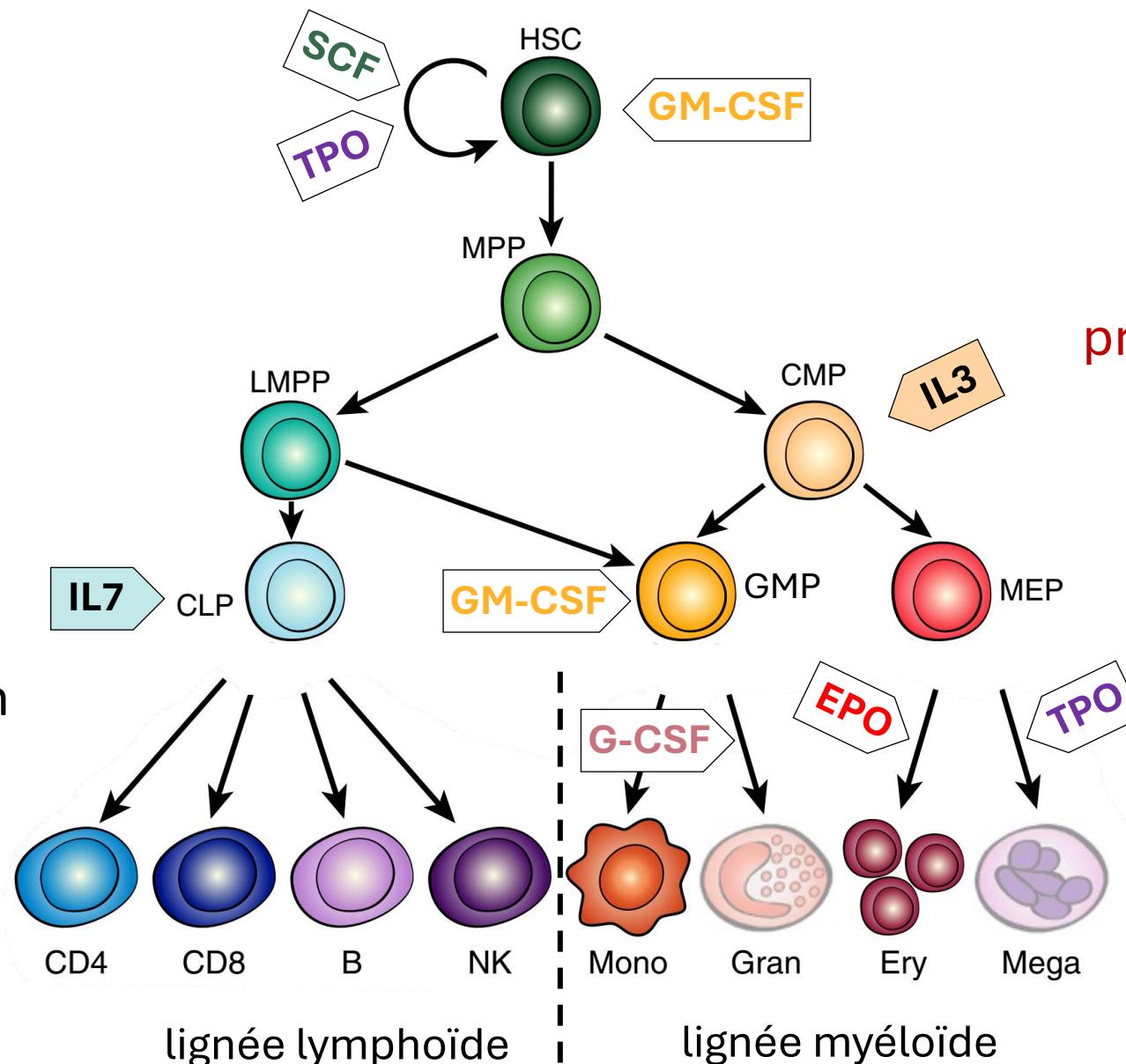
## 2.1 Hématopoïèse : de la CSH aux cellules matures





## 2.1 Hématopoïèse : contrôle de la différenciation

facteurs  
« amont »



cytokines, hormones

prolifération

facteurs de transcription

différenciation

facteurs  
« différenciation terminale »

SCF : Stem Cell factor  
IL : Interleukine  
EPO : érythropoïétine  
TPO : thrombopoïétine  
G-CSF : Granulocyte - Colony Stimulating Factor



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

- 1.1. Globules rouges = hématies = érythrocytes
- 1.2. Plaquettes = thrombocytes
- 1.3. Leucocytes = granulocytes, monocytes, lymphocytes

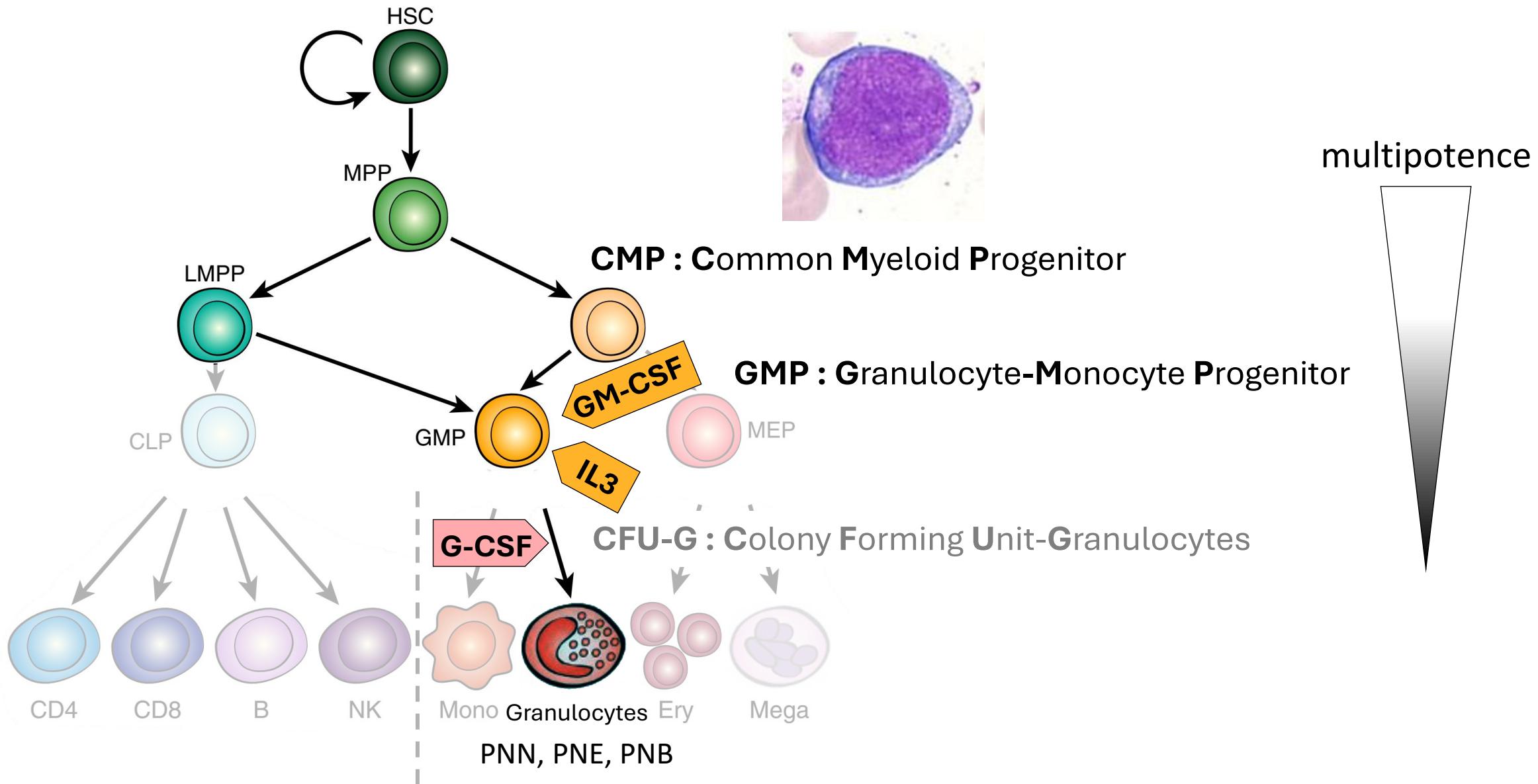
## 2. Hématopoïèse

- 2.1. Généralités
- 2.2. Granulopoïèse**
- 2.3. Erythropoïèse
- 2.4. Mégacaryopoïèse – Thrombopoïèse
- 2.5. Lymphopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

- 3.1. Hémogramme
- 3.2. Myélogramme

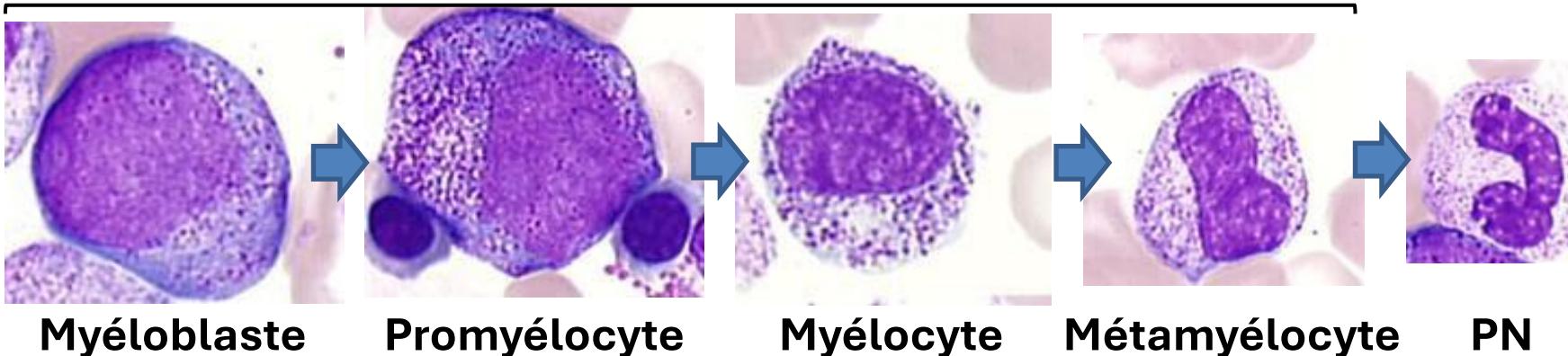
## 2.2 Granulopoïèse : cytokines et progéniteurs





## 2.2 Granulopoïèse : précurseurs

dans la moelle osseuse **uniquement** (chez sujet sain)



Taille des cellules

Rapport nucléo-cytoplasmique

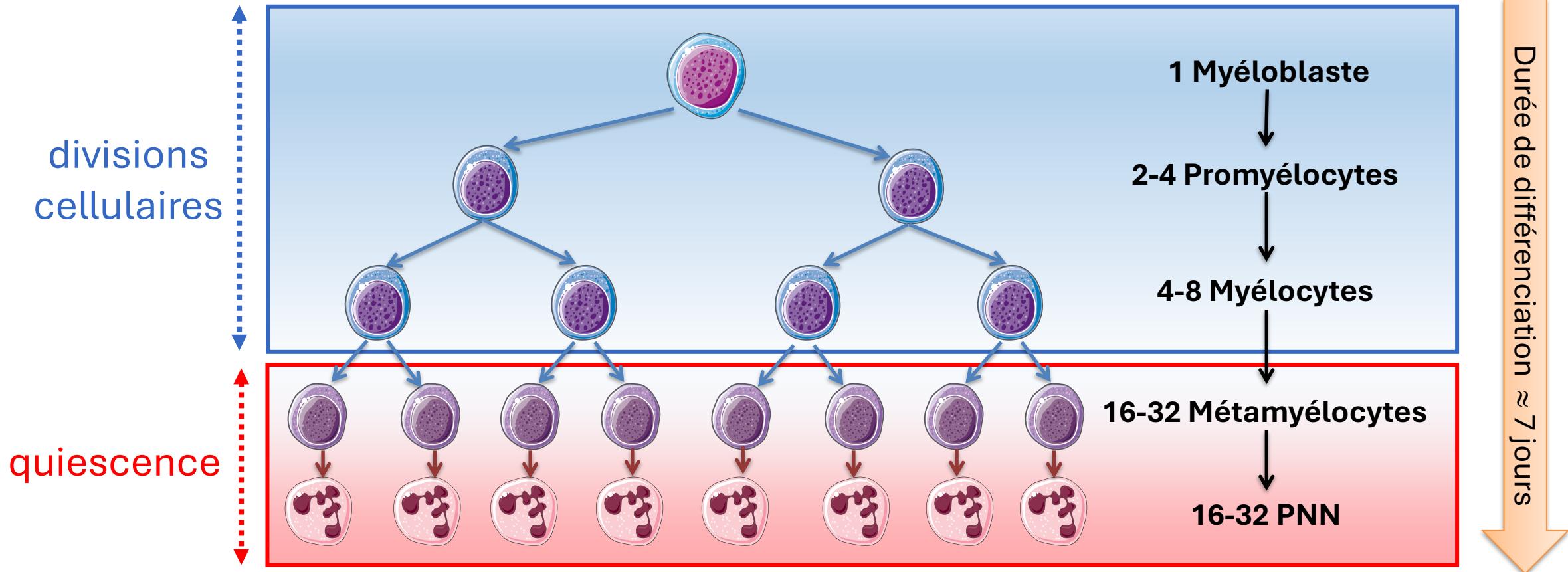
Basophilie (ARN)

Segmentation du noyau

Condensation de la chromatine



## 2.2 Granulopoïèse : précurseurs





## 2.2 Granulopoïèse : régulation

- **Cytokines** : GM-CSF, IL-3, G-CSF  $\Rightarrow$   $\uparrow$  prolifération, maturation, sortie moelle osseuse
- **Endotoxines bactériennes (LPS)**  $\Rightarrow$   $\uparrow$  libération des PNN dans le sang
- **Inflammation**  $\Rightarrow$  retarde l'apoptose des PNN dans les tissus



### Conséquences en pathologie :

- **Polynucléose neutrophile** en cas d'infection bactérienne ou d'inflammation
- **Neutropénie/agranulocytose** = risque infectieux +++



**Applications thérapeutiques** : G-CSF recombinant (*filgrastim*, *lenograstim*, *pegfilgrastim*)  
(ex : post-chimiothérapie, post-greffe de moelle osseuse)



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

- 1.1. Globules rouges = hématies = érythrocytes
- 1.2. Plaquettes = thrombocytes
- 1.3. Leucocytes = granulocytes, monocytes, lymphocytes

## 2. Hématopoïèse

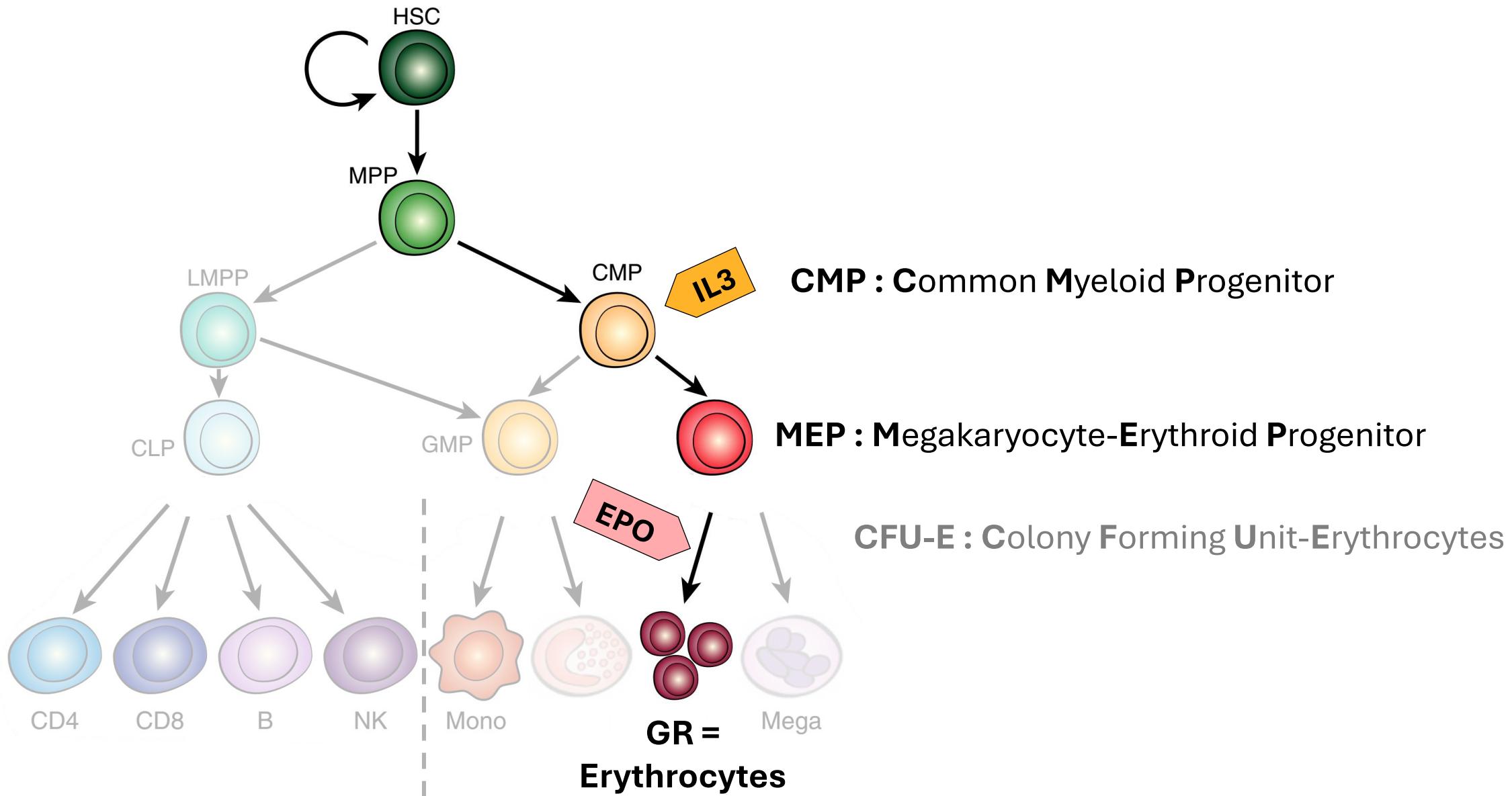
- 2.1. Généralités
- 2.2. Granulopoïèse
- 2.3. Érythropoïèse**
- 2.4. Mégacaryopoïèse – Thrombopoïèse
- 2.5. Lymphopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

- 3.1. Hémogramme
- 3.2. Myélogramme

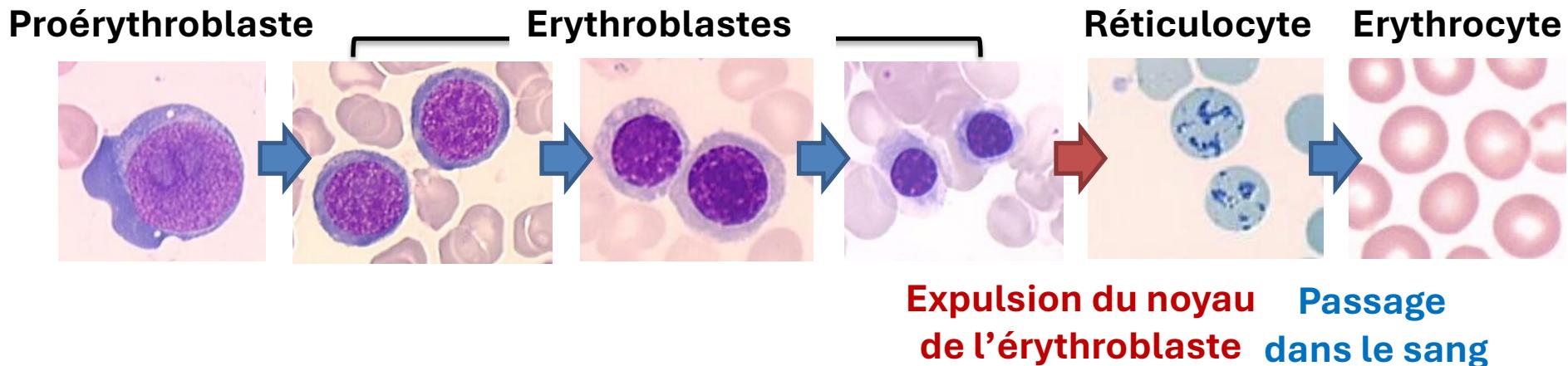


## 2.3 Érythropoïèse : progéniteurs et cytokines





## 2.3 Érythropoïèse : précurseurs



Taille des cellules

Cytoplasme :

Acidophilie (Hb)

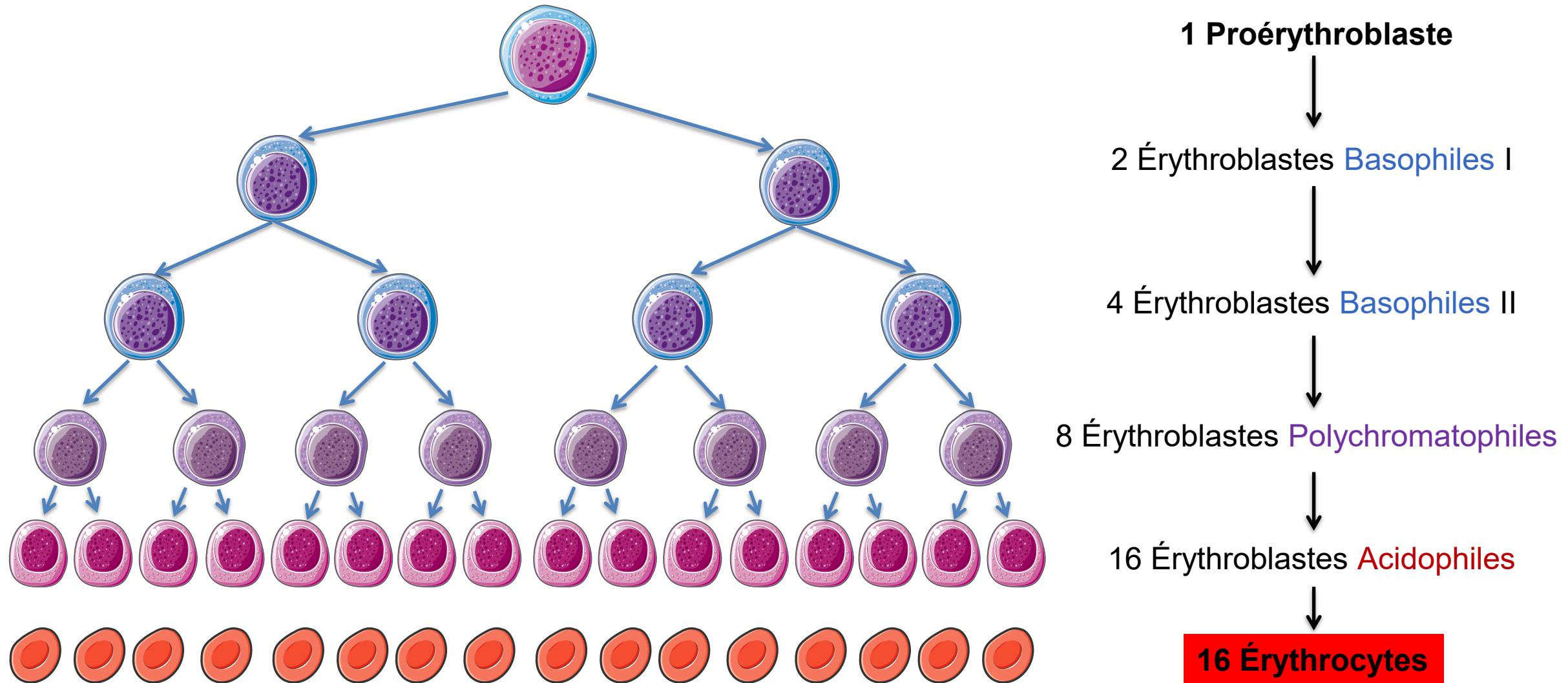
Basophilie (ARN)

Saturation en hémoglobine

Durée de différenciation ≈ 6 jours

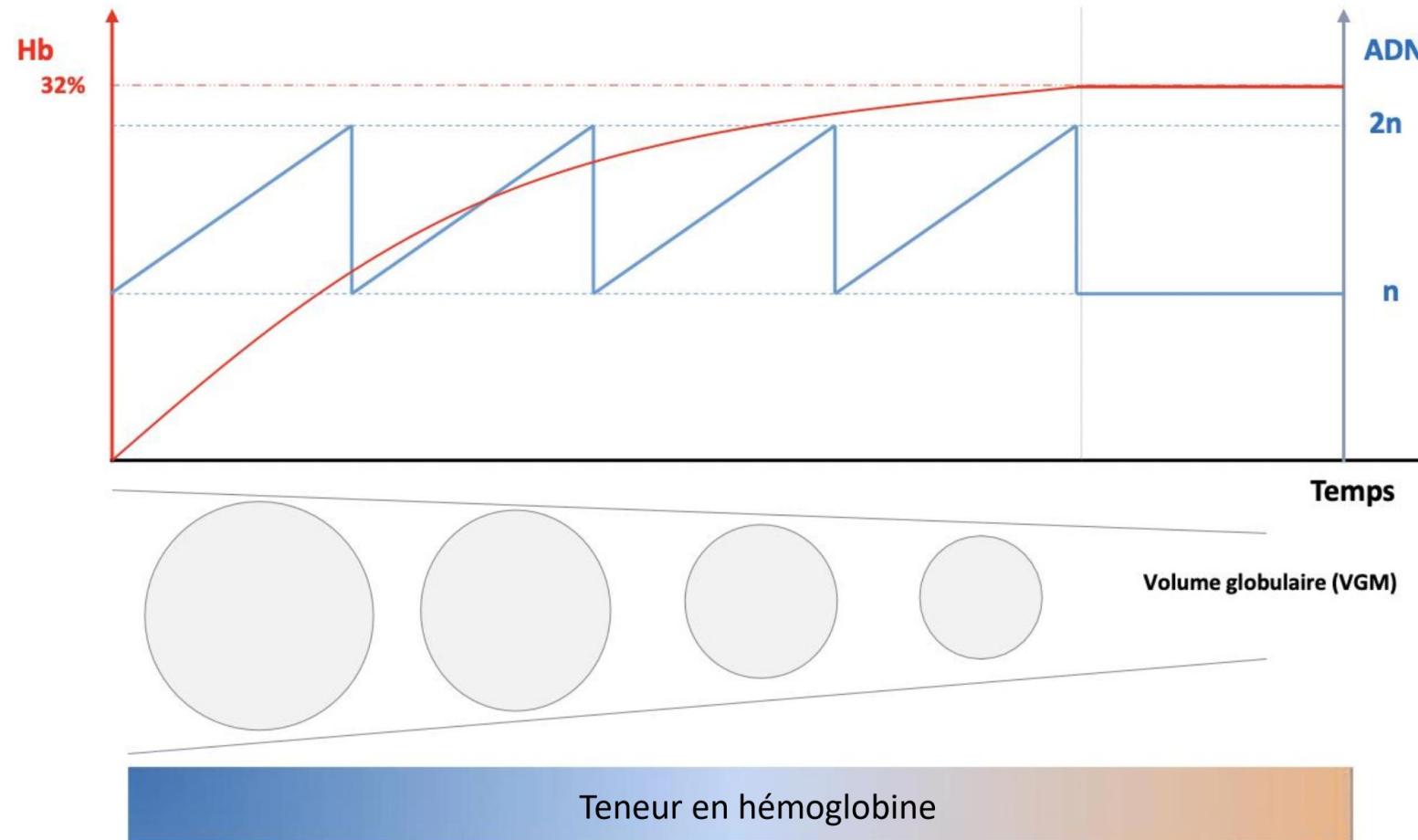


## 2.3 Érythropoïèse : précurseurs





## 2.3 Érythropoïèse : maturation nucléo-cytoplasmique



Synthèse parallèle :

- d'ADN → division cellulaires
- hémoglobine

⇒ défaut synthèse d'ADN ⇒ VGM + élevé

⇒ défaut synthèse Hb ⇒ VGM + bas

→ cf. semestre S4



## 2.3 Érythropoïèse : régulation

- **Cytokines :**

- **IL-3, IL-1, IL-4, IL-6, IL-9**
- SCF et GM-CSF
- **EPO = érythropoïétine**

↳ **principal facteur de croissance de l'érythropoïèse**

- production **rénale (90 %)**
- récepteur = EPO-R
- synthèse modulée par l'**oxygénéation cellulaire**

• **Fer** → Synthèse de l'hémoglobine

• **Acide folique** (=vit **B9**), vitamine **B12**

→ Synthèse de l'ADN



**Applications thérapeutiques :**  
EPO recombinante

Déficit en Fer, en B9 ou en B12



**Troubles de l'érythropoïèse**  
→ cf. semestre S4



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

- 1.1. Globules rouges = hématies = érythrocytes
- 1.2. Plaquettes = thrombocytes
- 1.3. Leucocytes = granulocytes, monocytes, lymphocytes

## 2. Hématopoïèse

- 2.1. Généralités
- 2.2. Granulopoïèse
- 2.3. Érythropoïèse
- 2.4. Mégacaryopoïèse – Thrombopoïèse**
- 2.5. Lymphopoïèse

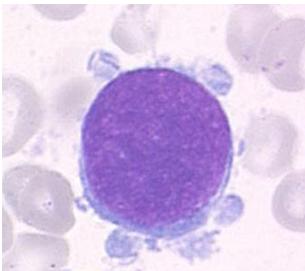
## 3. Examens d'hématologie cellulaire

- 3.1. Hémogramme
- 3.2. Myélogramme



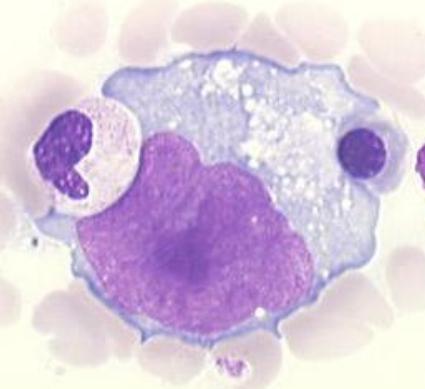
## 2.4 Mégacaryopoïèse et thrombopoïèse : étapes

Mégacaryoblaste

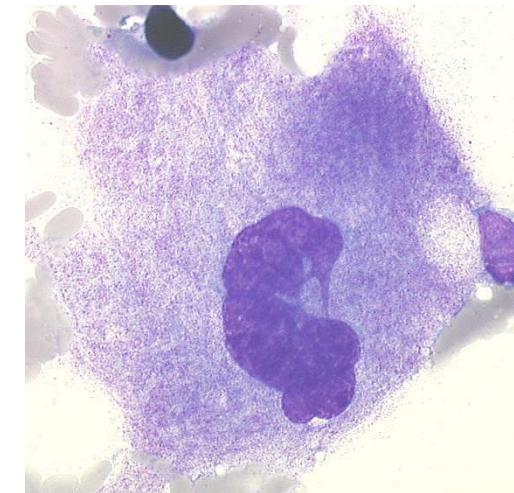


ADN = 2N

Mégacaryocyte basophile

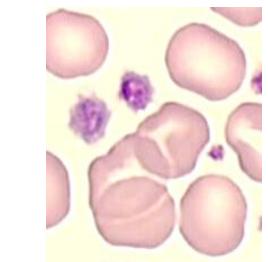
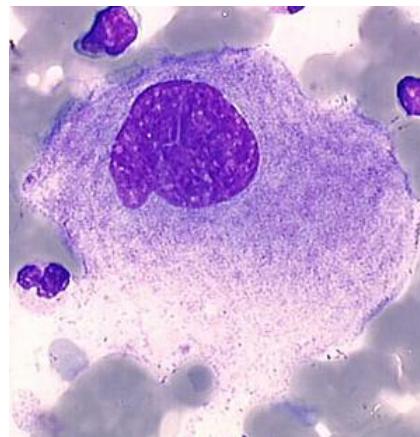


Mégacaryocyte granuleux



Endomitoses

Fragmentation du cytoplasme



Plaquettes

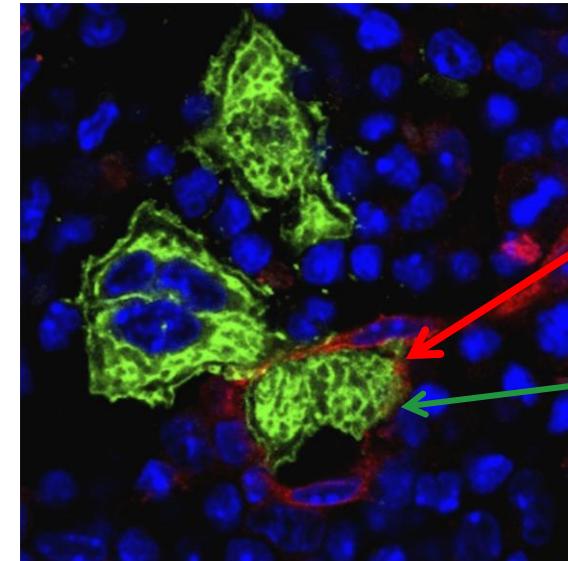
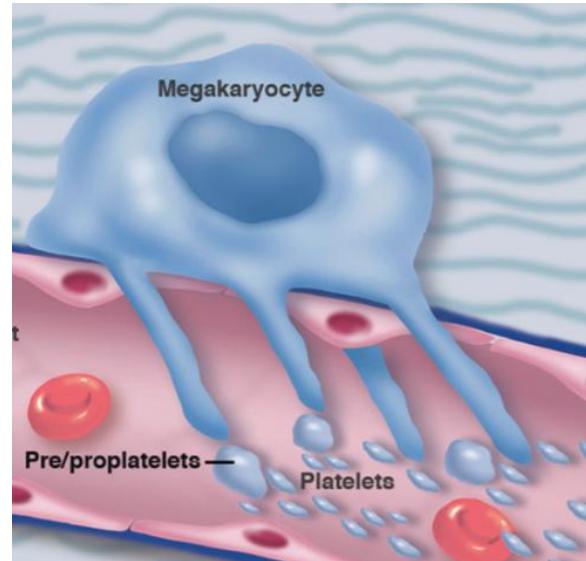
Mégacaryocyte plaquettogène

ADN  $\geq 64N$

## 2.4 Mégacaryopoïèse et thrombopoïèse : étapes

- **Mégacaryopoïèse** : différenciation d'une cellule souche en **mégacaryocyte** mature
  - les MK représentent <1% des cellules médullaires
  - maturation ≈ 8 jours
  - se fait par endomitoses
- **Thrombopoïèse** : production des plaquettes par les mégacaryocytes
  - chaque MK mature produit 2000-5000 plaquettes par **fragmentation du cytoplasme**
  - durée de vie des plaquettes : 7-10 jours

Les MK libèrent les plaquettes dans les sinusoïdes médullaires



sinusoïde

prolongements  
cytoplasmiques du MK



## 2.4 Mégacaryopoïèse et thrombopoïèse : régulation

- Cytokines : SCF, GM-CSF, IL-3, IL-6, **TPO**
- **TPO : Thrombopoïétine**
  - produite par le foie → protéine de l'inflammation
  - homologie de structure avec l'EPO
  - récepteur (= MPL) présent sur les progéniteurs, les précurseurs et les plaquettes
  - effet thrombopoïétique **régulé par le nombre de plaquettes circulantes**



**Applications thérapeutiques** : agonistes du TPO-R



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

- 1.1. Globules rouges = hématies = érythrocytes
- 1.2. Plaquettes = thrombocytes
- 1.3. Leucocytes = granulocytes, monocytes, lymphocytes

## 2. Hématopoïèse

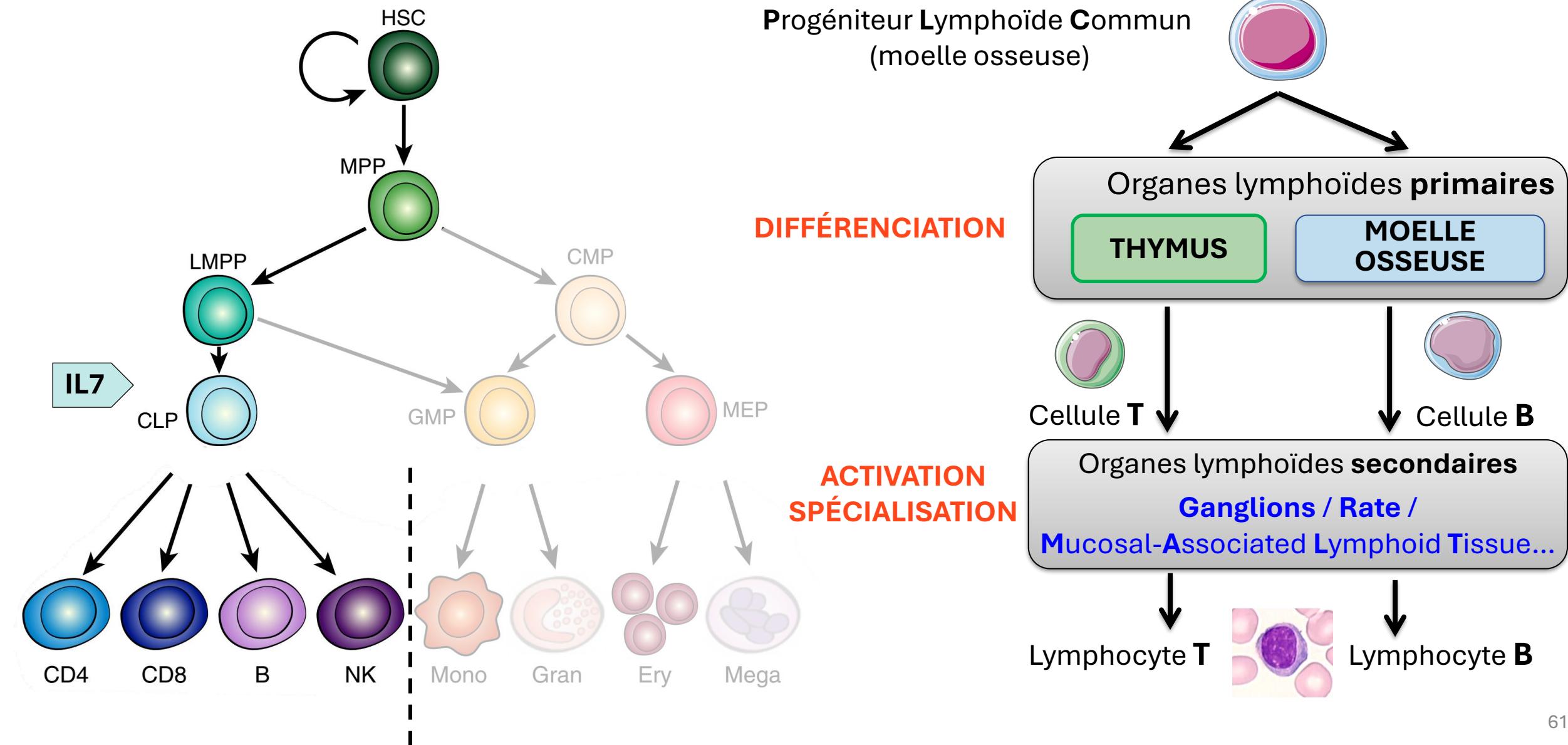
- 2.1. Généralités
- 2.2. Granulopoïèse
- 2.3. Érythropoïèse
- 2.4. Mégacaryopoïèse – Thrombopoïèse
- 2.5. Lymphopoïèse**

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

- 3.1. Hémogramme
- 3.2. Myélogramme



## 2.5 Lymphopoïèse





# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

1.1. Globules rouges

1.2. Plaquettes

1.3. Leucocytes

## 2. Hématopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

3.1. Hémogramme

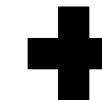
3.2. Myélogramme



### 3.1 L'hémogramme : généralités

= Analyse **quantitative** et **qualitative** des cellules sanguines

- Examen médical le plus prescrit en France :
  - surveillance (grossesse), bilan pré-opératoire, altération de l'état général
  - suspicion d'anomalie sanguine en lien avec des signes cliniques (anémie, hémorragie, fièvre résistante aux antibiotiques ...)
- Prélèvement de sang veineux au pli du coude
- Examen sur sang total (non centrifugé ; avec EDTA —|Ca<sup>2+</sup>)
- Sur automate
- + microscope



Laboratoire d'hématologie,  
Centre Hospitalier Lyon Sud



### 3.1 L'hémogramme : exemple de résultat



LABORATOIRE de BIOLOGIE MEDICALE MULTI SITES du CHU de LYON  
3, Quai des Célestins  
69002 LYON

Compte Rendu Ecran

#### NOM Prénom

INé(e) : M

DDN : 00/00/0001

N° venue : 6954206504

DEMANDE N° 0191259990

Prélevé le : 16/07/2019 08:40

Reçu le : 16/07/2019 08:57

SEXE : Masculin

36313 AU SAU URGENCES

GROUPEMENT HOP SUD

Chemin du Grand-Revoyet  
69495 PIERRE BENITE CEDEX  
FRANCE

#### CYTROLOGIE

##### Numération

	Résultats	Unités	Valeurs de référence	Antériorités
→ Leucocytes	6.60	giga/L	4.00-10.00	
→ Hématies	4.94	téra/L	4.50-6.00	
Hémoglobine	150.0	g/L	130-170	
VGM	86.0	fL	80-100	
Hématocrite	42.0	%	40.0-54.0	
TCMH	30.4	pg	27-32	
CCMH	353	g/L	320-365	
IDR-CV	11.90	%	11-16	
→ Plaquettes	169	giga/L	150-400	
VPM	12.1	fL	7.0-13.0	



## 3.1 L'hémogramme : généralités

### 1) Analyse quantitative

- Comptage des différents types cellulaires
- Mesure de l'hémoglobine



### 3.1 L'hémogramme : globules rouges

- Paramètres mesurés par l'automate :

- Nombre de GR

- Hématocrite (Hte)

= volume occupé par l'ensemble des GR  
dans un volume connu de sang total (%)

- Hémoglobine (Hb)

1) lyse GR

2) spectrophotométrie

Valeurs usuelles

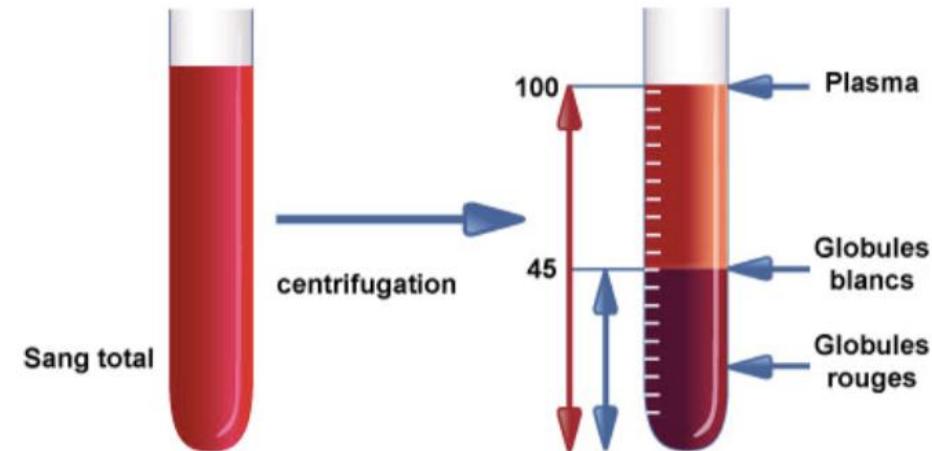
Homme : **130 – 170 g/L**

Femme : **120 – 160 g/L**

taux physiologiquement

- plus élevé chez le nouveau-né

- plus bas chez la femme enceinte



Taux d'Hb abaissé

=

**ANÉMIE**

→ cf. semestre S4



### 3.1 L'hémogramme : globules rouges

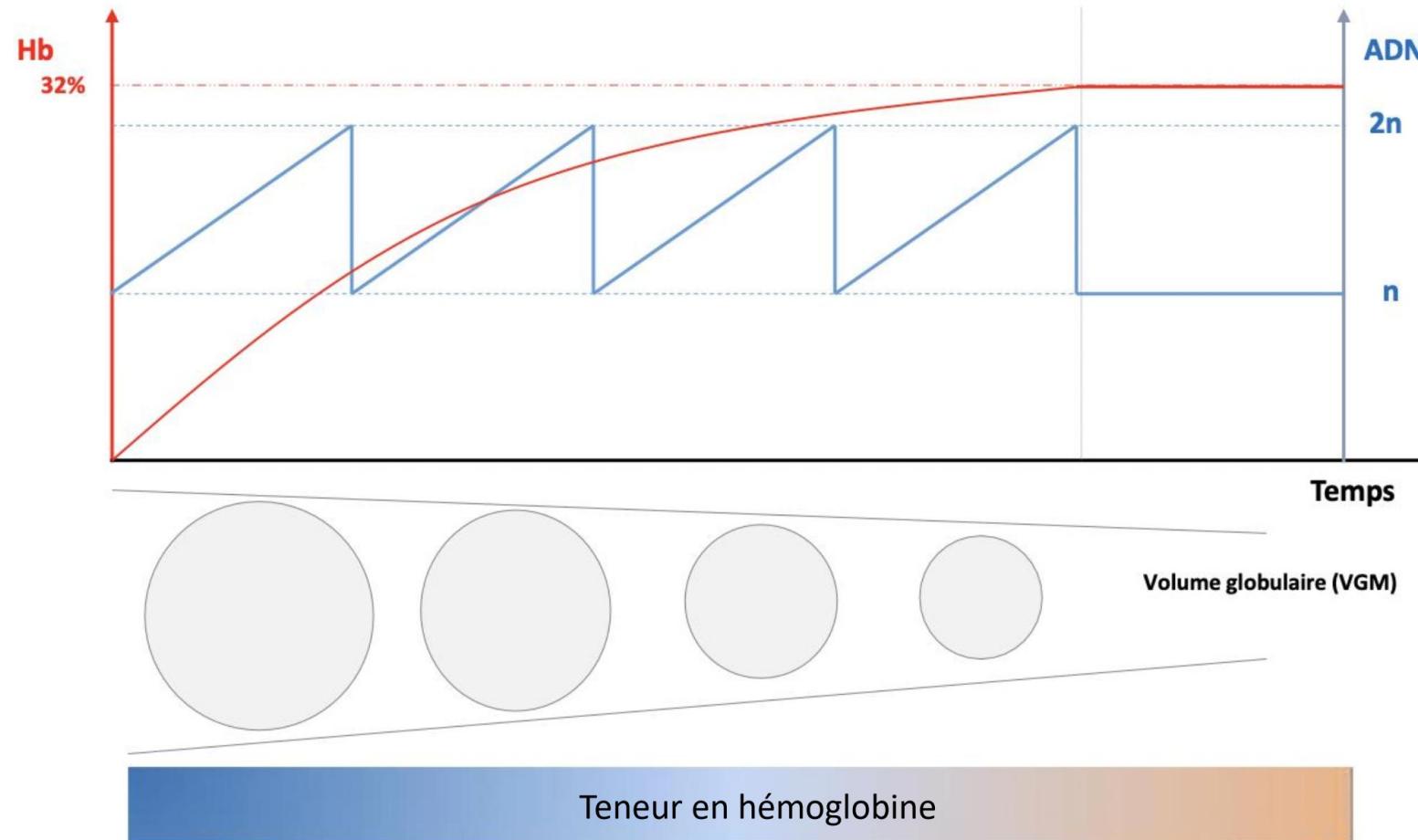
- Paramètres **calculés** par l'automate à partir des paramètres précédents :
  - **VGM = Volume Globulaire Moyen** (femtolitres =  $fL = 10^{-15} L$ )
  - **TCMH = Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine** (pg)
  - **CCMH = Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine** (g/L)

Indices érythrocytaires → indications sur le mécanisme physiopathologique (responsable d'une anémie par ex.)

→ cf. semestre S4



# Rappel : érythropoïèse / maturation nucléo-cytoplasmique



taux Hb 32% ⇒ signal expulsion noyau

Synthèse parallèle :

- d'ADN → division cellulaires
- hémoglobine

↳ défaut synthèse d'ADN ⇒ VGM + élevé

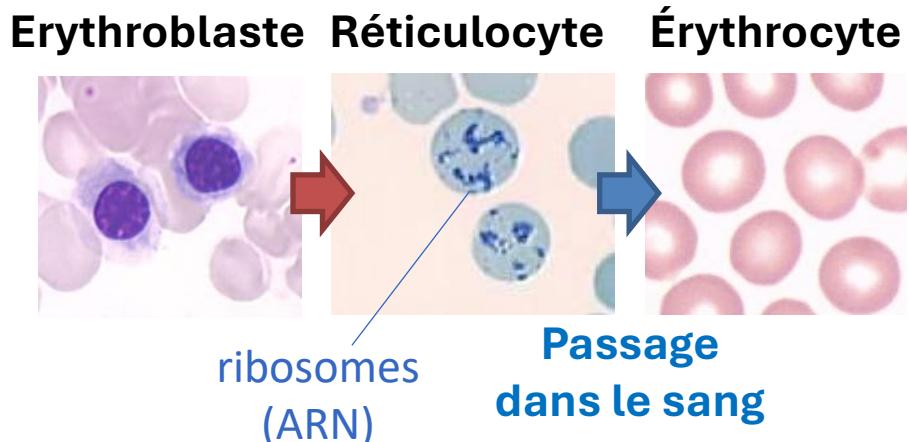
↳ défaut synthèse Hb ⇒ VGM + bas

→ cf. semestre S4



### 3.1 L'hémogramme : numération des réticulocytes

Réticulocytes = jeunes GR passés dans la circulation sanguine depuis < 48h



reflètent la **production médullaire** des GR

Valeurs usuelles : **20-80 G/L**

En cas d'anémie :

- Taux de réticulocytes **augmenté** ⇔ origine **périphérique** de l'anémie  
    ⇒ problème de **destruction** ou de **perte** « en périphérie »
- Taux de réticulocytes **normal ou abaissé** ⇔ origine **centrale** de l'anémie  
    ⇒ **défaut de production**  
→ cf. semestre S4



### 3.1 L'hémogramme : interprétation

Paramètre	Valeurs usuelles	Variations	Terme
GR = érythrocytes	H: 4,5 - 5,7 T/L F: 4,2 - 5,2 T/L	↗ ↘	Érythrocytose Érythropénie
Hématocrite	H: 42 - 54% F: 37 - 47%	/	Pas de terme spécifique
Hémoglobine	H: 130 – 170 g/L F: 120 – 160 g/L	↗ ↘	Polyglobulie Anémie
VGM	80 – 100 fL	↗ ↘	Macrocytose Microcytose
TCMH	27 – 32 pg	↘	Hypochromie
CCMH	320 – 350 g/L	↘	Hypochromie
Réticulocytes	20 – 80 G/L	↗	(Réticulocytose)



données à titre informatif



A connaître



### 3.1 L'hémogramme : interprétation

Cellules	Valeurs usuelles	Variation	Terme
Leucocytes	4-10 G/L	↗	Hyperleucocytose
		↘	Leucopénie
PNN	2-7,5 G/L	↗	Polynucléose
		↘	Neutropénie
PNE	0,04-0,5 G/L	↗	Hyperéosinophilie
Lymphocytes	1-4 G/L	↗	Hyperlymphocytose
		↘	Lymphopénie
Monocytes	0,2-1 G/L	↗	Monocytose
		↘	Monocytopénie
Plaquettes	150-450 G/L	↗	Thrombocytose
		↘	Thrombopénie



données à titre informatif



A connaître



### 3.1 L'hémogramme : principe

#### 2) Analyse qualitative

- analyse de la **morphologie** des cellules
- nécessite la réalisation d'un **frottis sanguin** et l'observation au **microscope** optique

① Réalisation du frottis

② Coloration MGG = **May-Grünwald Giemsa**

③ Lecture



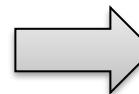
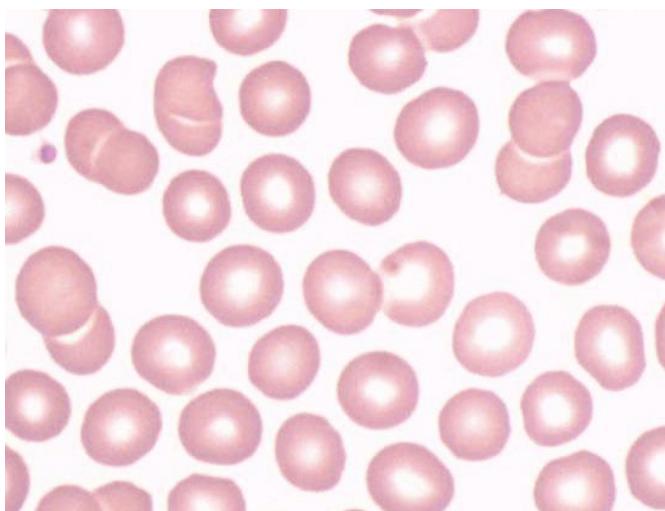
→ cf. ED sur lames numérisées

Microscope optique

Microscope automatisé

### 3.1 Exemple d'analyse morphologique des GR

Analyse qualitative → détection des anomalies : • de taille  
• de forme  
• de coloration



Anomalie de forme : **drépanocytose**



→ drépanocyte



# Plan du cours

## 1. Les cellules sanguines : morphologie et fonctions

1.1. Globules rouges

1.2. Plaquettes

1.3. Leucocytes

## 2. Hématopoïèse

## 3. Examens d'hématologie cellulaire

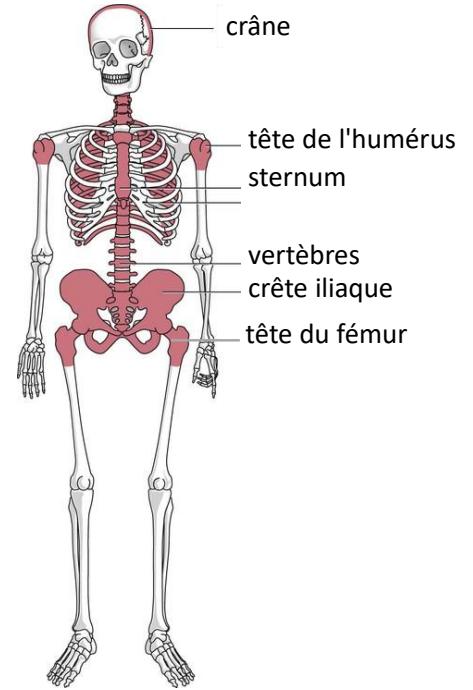
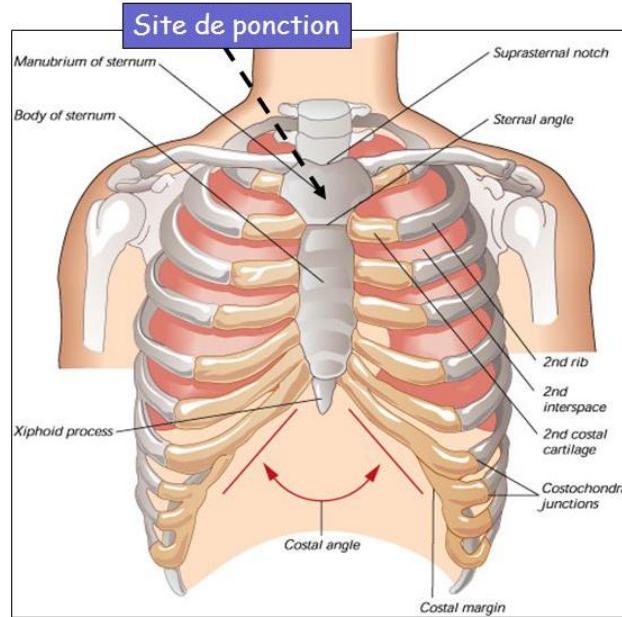
3.1. Hémogramme

**3.2. Myélogramme**



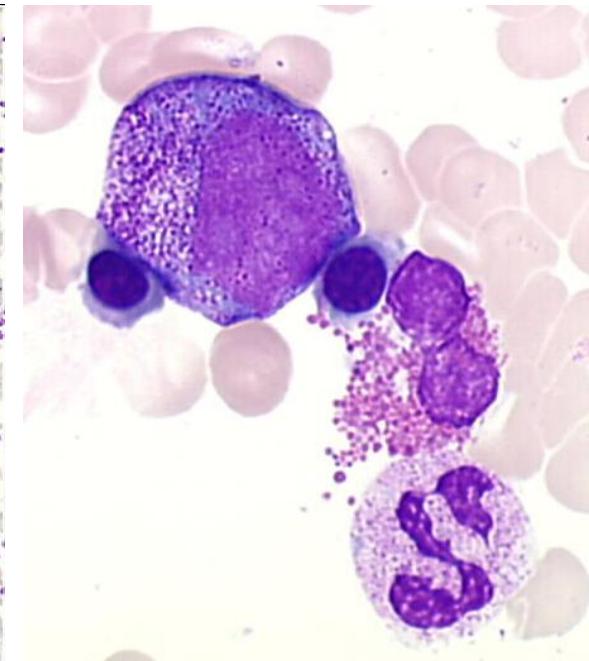
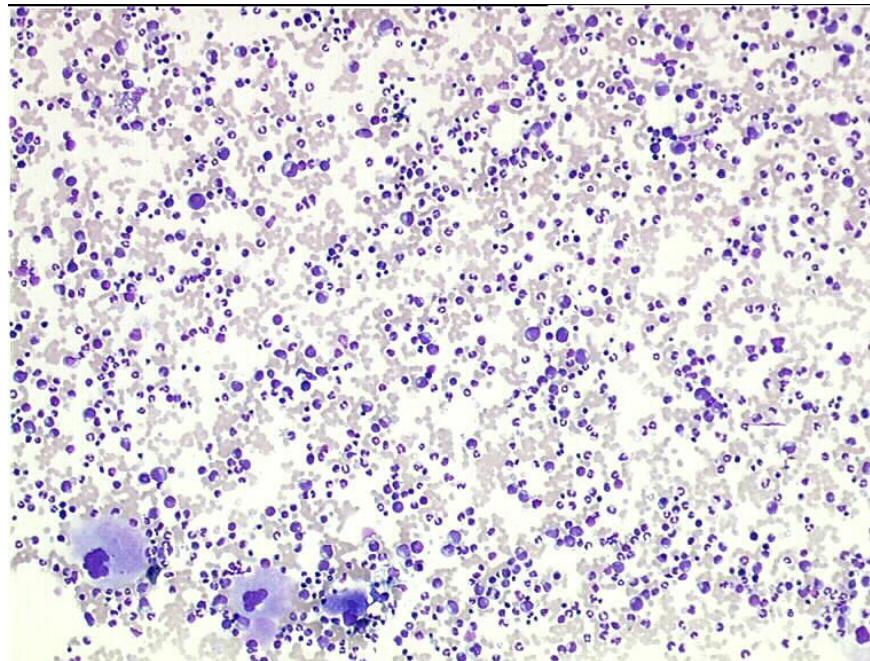
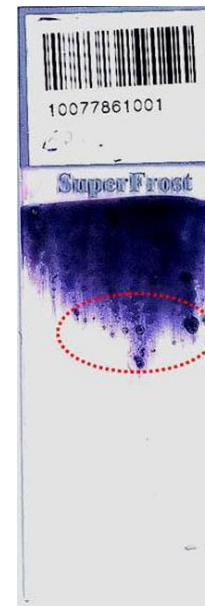
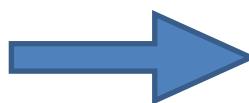
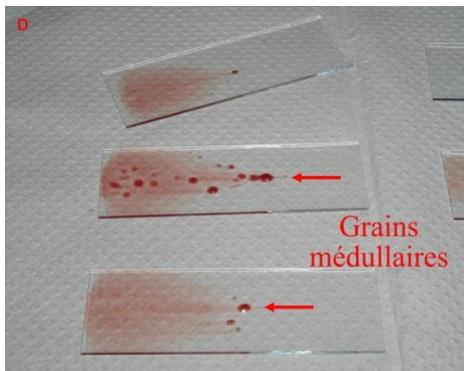
## 3.2 Myélogramme

- But : analyser la **composition cellulaire** de la MO
- Lieu : épines iliaques ou manubrium sternal



## 3.2 Myélogramme

- Ponction de grains médullaires
- tube EDTA
- Coloration au MGG



- Richesse de la moelle ? (*aplasie* ? *envahissement tumoral* ?)
- Anomalies cytologiques ?



## 3.2 Myélogramme

Appréciation de la **richesse** globale : richesse diminuée / normale / augmentée

Lignée mégacaryocytaire      présente

Cellules indifférenciées    0-3%

Lignée granuleuse                  **45 à 75%**

Myéloblastes                            1 - 3

Promyélocytes                        2 - 8

Myélocytes neutrophiles            5 - 15

Métamyélocytes neutrophiles    10 -20

Polynucléaires neutrophiles        15 -30

Eosinophiles                        0 – 3

Basophiles                            0 – 2

Monocytes                            0 - 3

Lignée érythroblastique                  **8 à 25%**

Proérythroblastes                    0 - 2

Érythroblastes basophiles        2 – 8

Érythroblastes polychromatophiles    5 – 10

Érythroblastes acidophiles        7 – 15

Lignée lymphoïde                          **5 à 15%**

répartition pyramidale  
des précurseurs





# Conclusion

- ① Analyse attentive de l'**hémogramme** (numération + formule leucocytaire)  
→ détection de la majorité des anomalies
  
- ② Si suspicion de trouble de l'hématopoïèse (problème central)  
→ **myélogramme**



# Questions ?



[sebastien.storck@univ-lyon1.fr](mailto:sebastien.storck@univ-lyon1.fr)