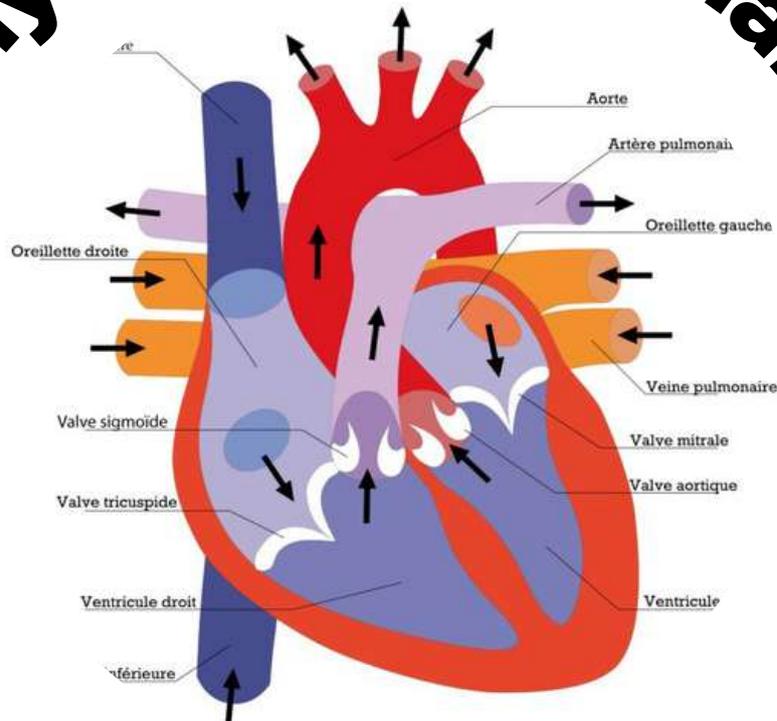


Physiologie Animale



SCIENCES DE LA VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



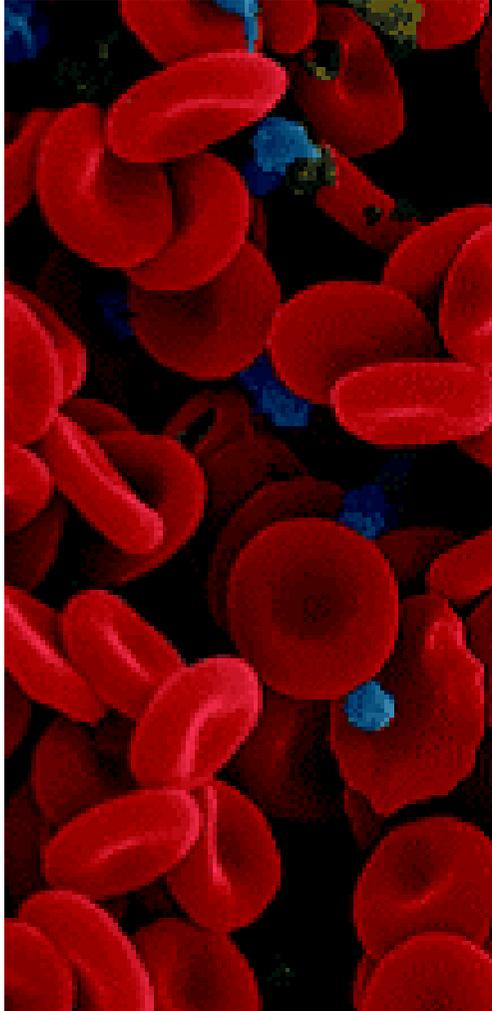
- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



COURS D'HEMATOLOGIE – S4

Professeur Nouzha BOUAMOU
Module Biologie Humaine
Laboratoire de Physiologie Animale
Faculté des Sciences - Rabat

HEMATOLOGIE



Chap.1 : Le Sang

Chap.2 : L'hématopoïèse

Chap.3 : L'Hémostase

Chap.4 : Les Groupes Sanguins

Chap.5 : Les Analyses de Sang (TD)

Chap.6 : Les Hémopathies (TD)

TP Hématologie: avec TP de Physiologie Animale

Chap. 1 : LE SANG



I- Composition du Sang

A) Le Plasma

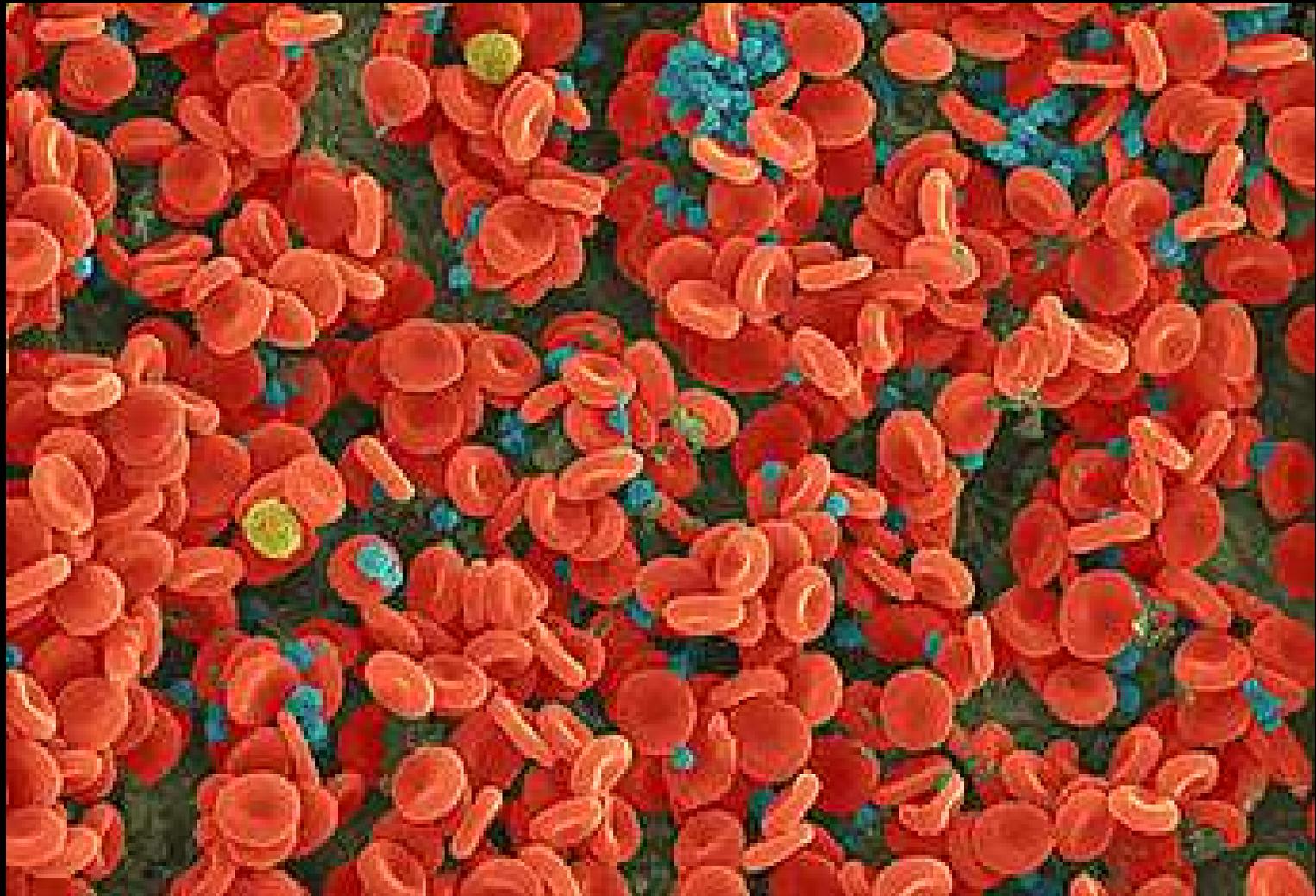
- Obtention
- Propriétés physico-chimiques
- Composition

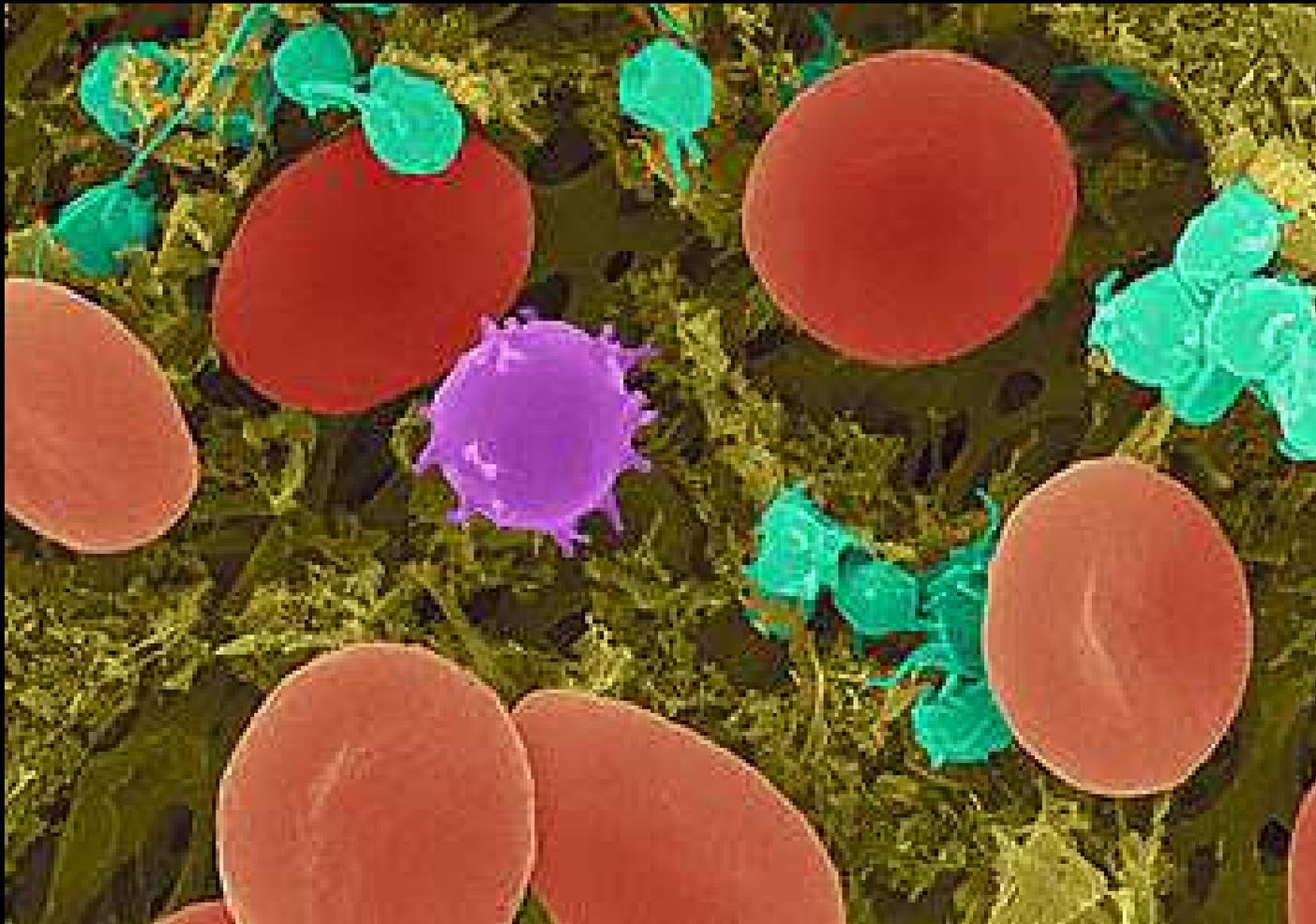
B) Les Cellules du Sang

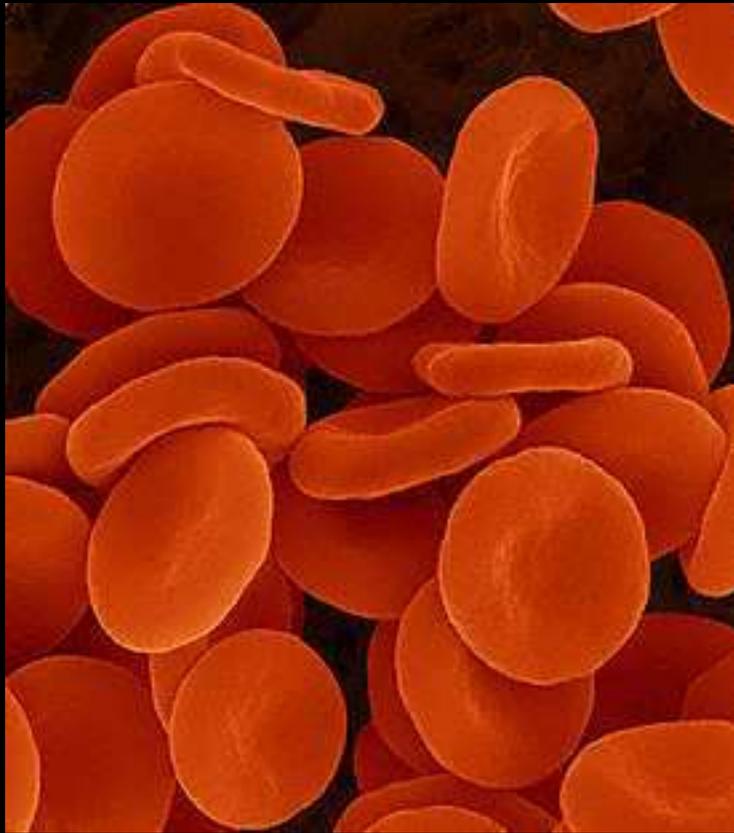
- Les Hématies
- Les Leucocytes
- Les Plaquettes

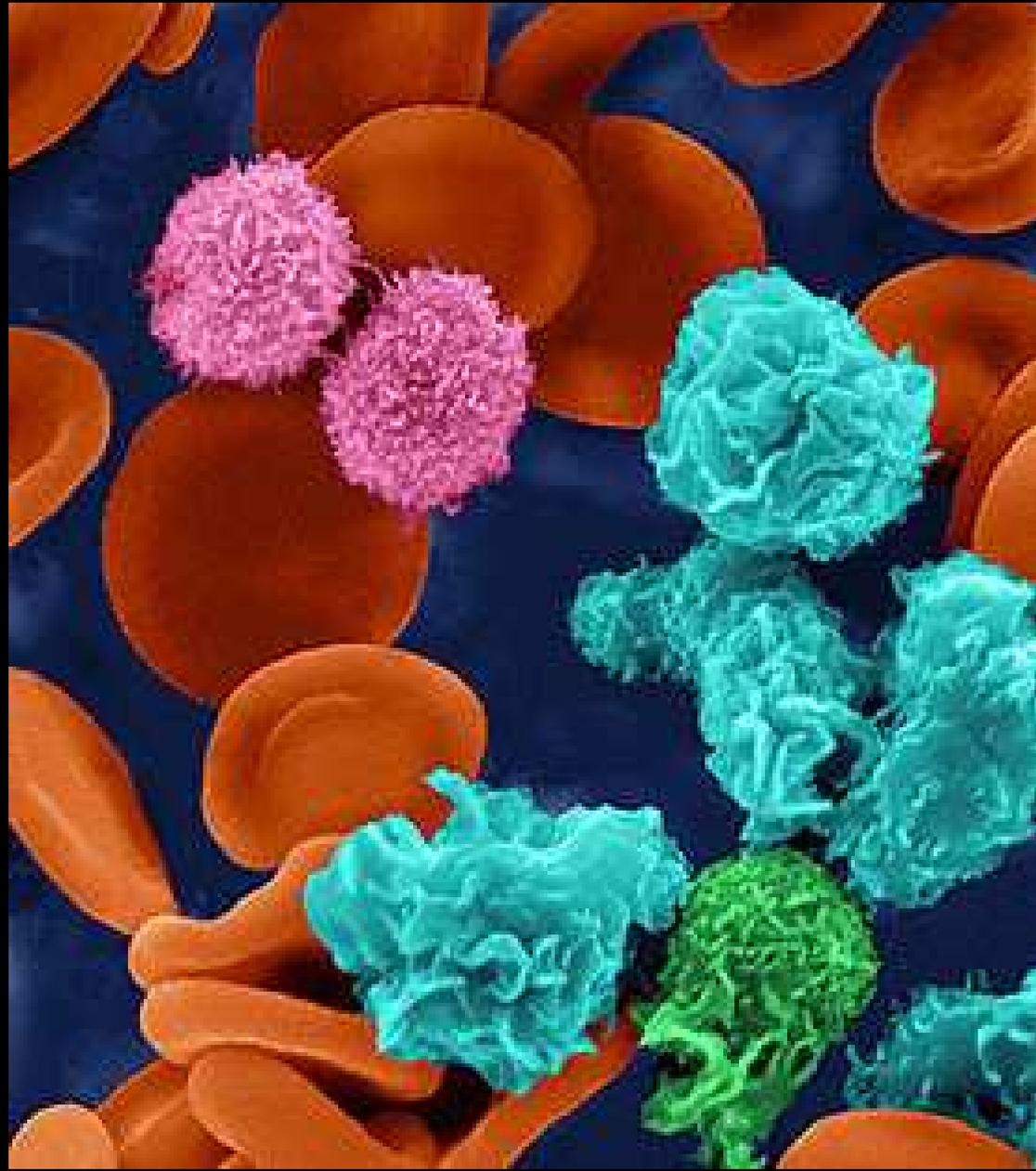
II- Les Rôles du Sang

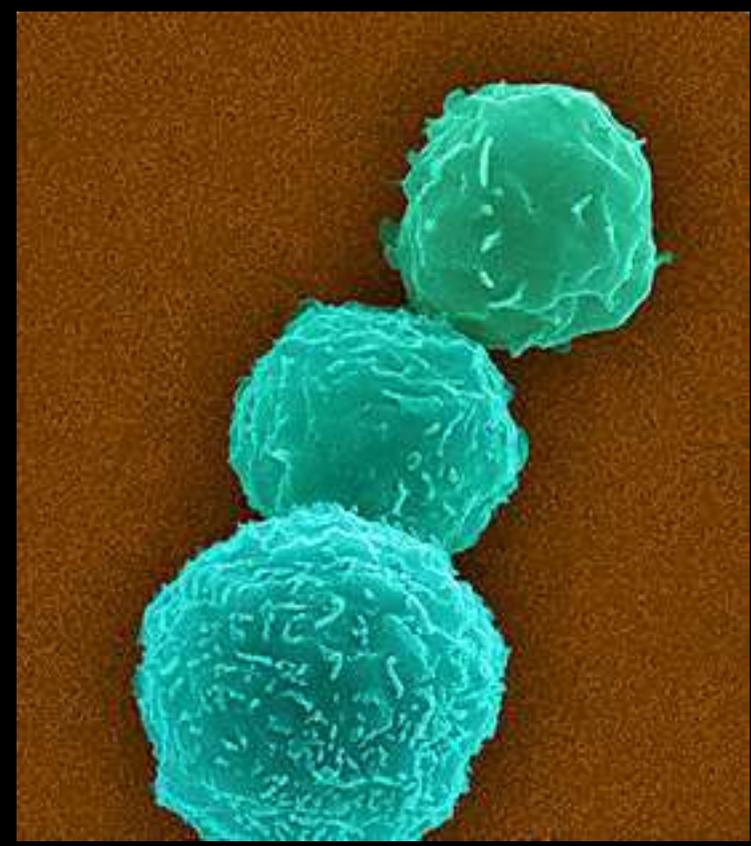
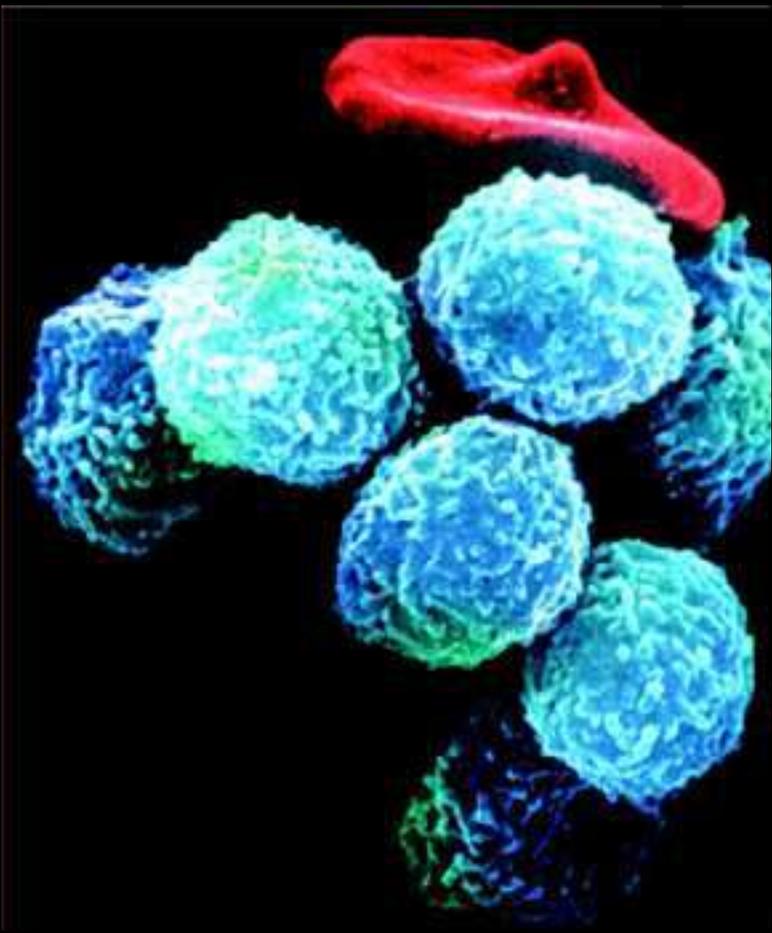












Histoire de l'hématologie

Professeur **Jean Bernard**
(1907 – 2006)



Récompenses et distinctions

- Président de la Société internationale d'hématologie
- Premier Président du CCNE
- Grand prix de l'Académie des sciences (1971)
- Membre de l'Académie des sciences, en 1972
- Membre de l'Académie nationale de médecine, en 1973
- Élu à l'Académie française, le 15 mai 1975, au fauteuil de Marcel Pagnol (25e fauteuil).
- Grand-croix de la Légion d'honneur
- Grand-croix de l'Ordre national du Mérite

1945

→ Pr Jean Bernard

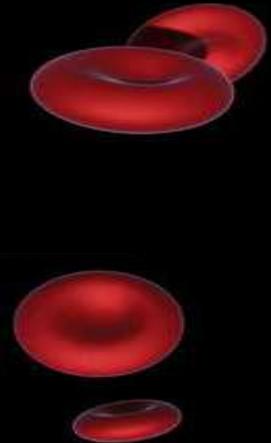
→ première guérison complète
de leucémie aiguë de
l'enfant

→ Ouverture d'un **service d'Hématologie** à l'hôpital Saint-Louis

1956

→ son assistant, Georges Mathé

→ **premières greffes de moelle
osseuse** (traitement de référence
de toutes les formes de leucémies
et autres maladies hématologiques
graves)



Depuis: Hôpital Saint Louis : grands noms de l'hématologie

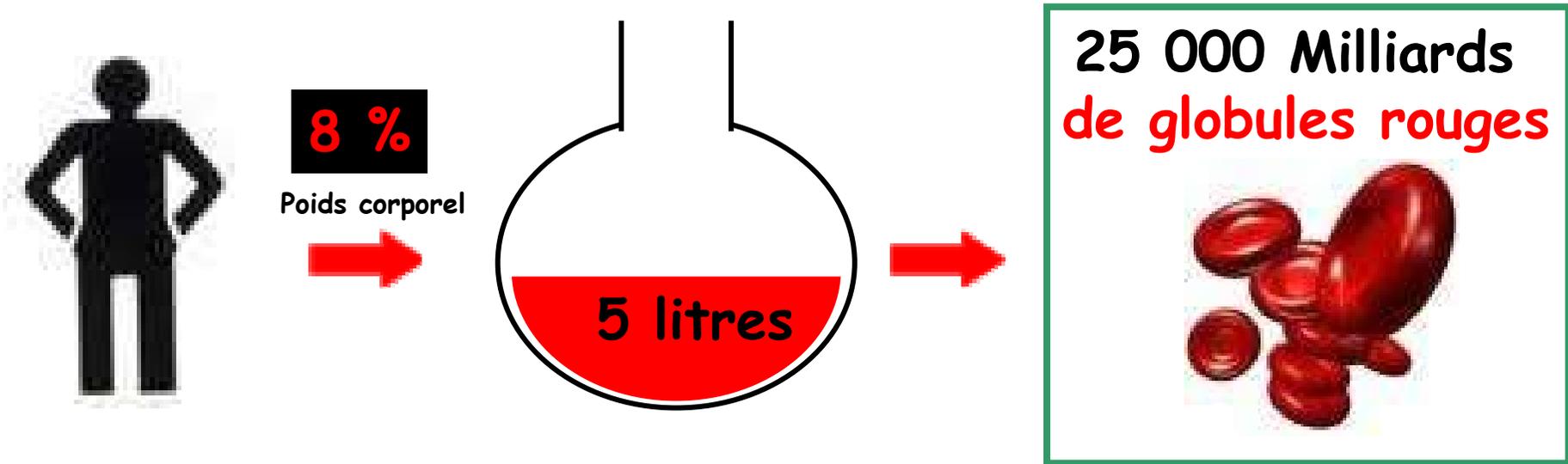
Michel Boiron,

Jean Dausset (prix Nobel de Médecine en 1980 pour ses
travaux sur l'Histocompatibilité), plus récemment

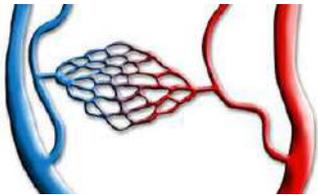
Gérard Schaison, Laurent Degos, Eliane Gluckman.

De quoi est composé
le sang ?





Le cœur humain pompe **360** litres de sang par heure



Le corps humain compte **200 000** km d'artères, vaisseaux et capillaires (5 fois le tour de la terre !)



Le sang circule à **2** km/h (il met 2 secondes pour aller de la cuisse au pied)



Une hématie parcourt **500** km au cours de ses **120** jours de vie

Recette de la Soupe aux Globules

Pour une personne de 65 kg,
prévoir environ :

2,3 litres de globules rouges

2 cuillerées à soupe de globules blancs

2 cuillerées à café de plaquettes

le tout baignant dans environ
2,7 litres d'un liquide jaunâtre,
visqueux, sucré et salé : le
plasma



Résultat : 5 litres d'un tissu liquide qui
nourrit et défend chacune de nos cellules.

45 %

Cellules

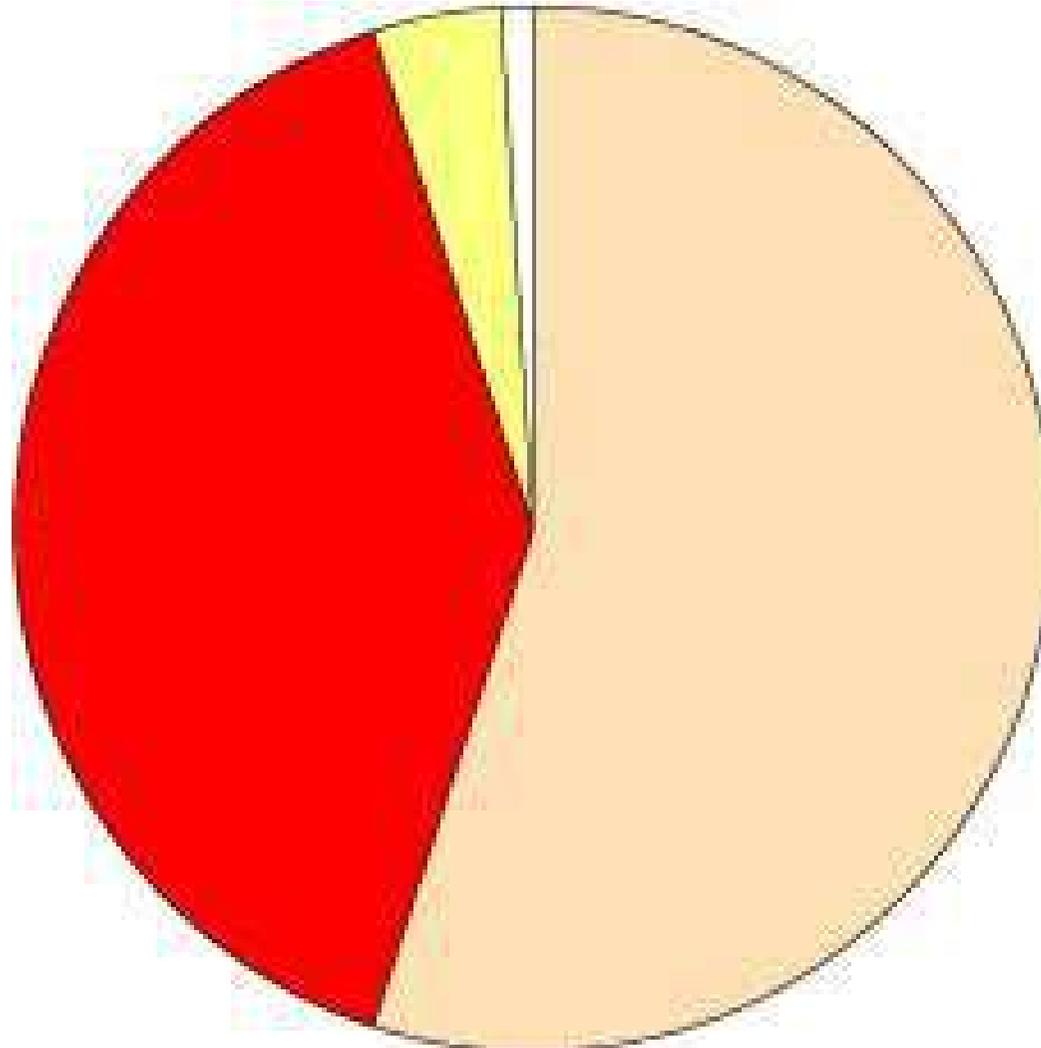


Plaquettes

Leucocytes

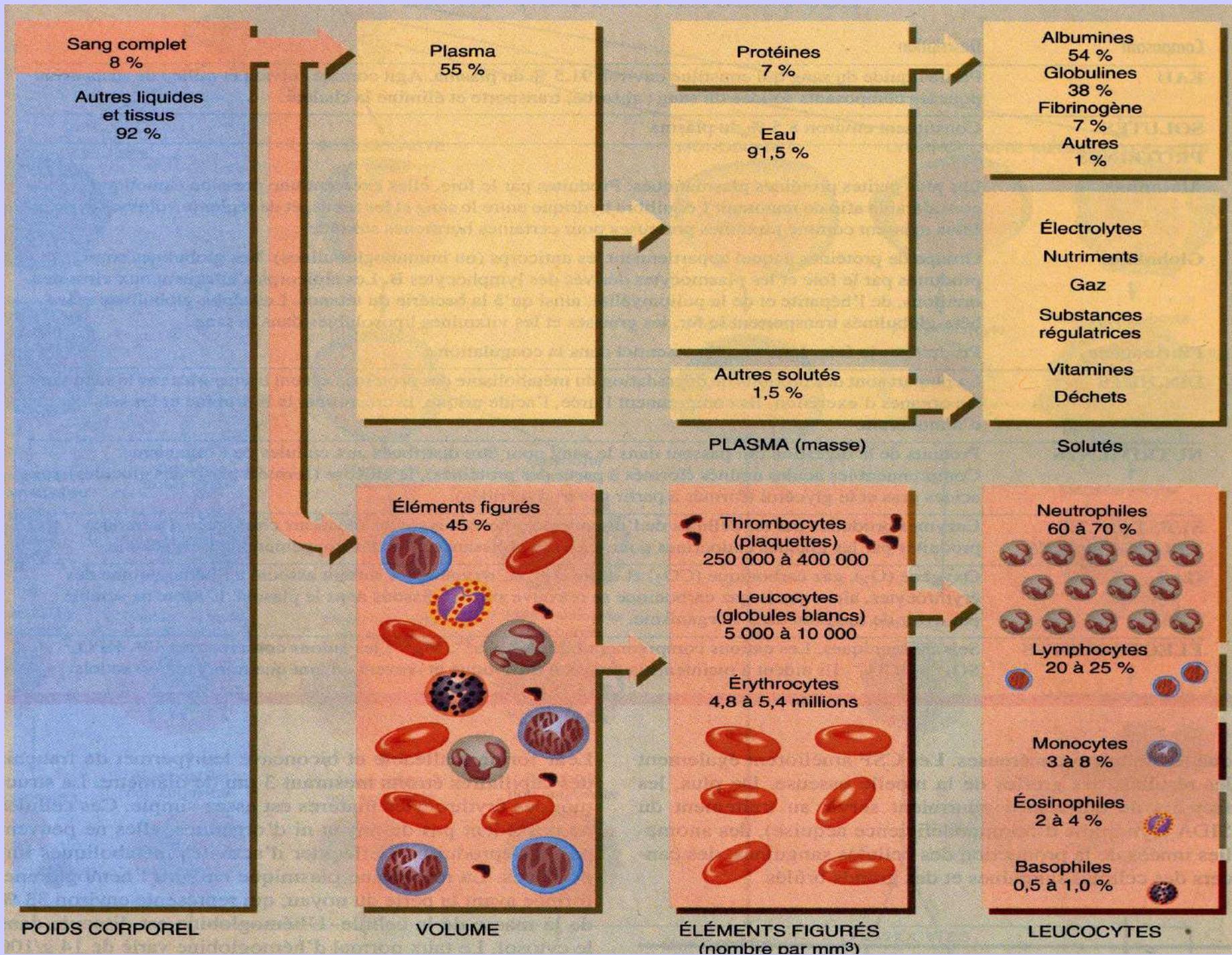


Hématies



55 %

Plasma



Obtention du plasma

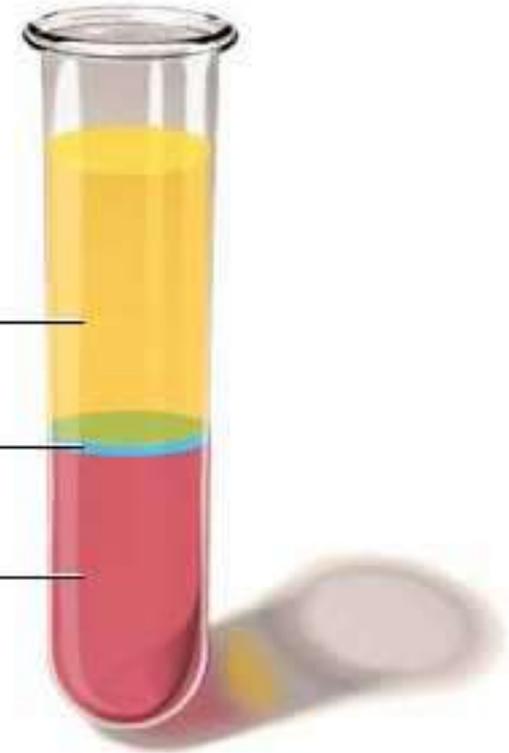
Sang veineux
+
Anticoagulant



Centrifugation



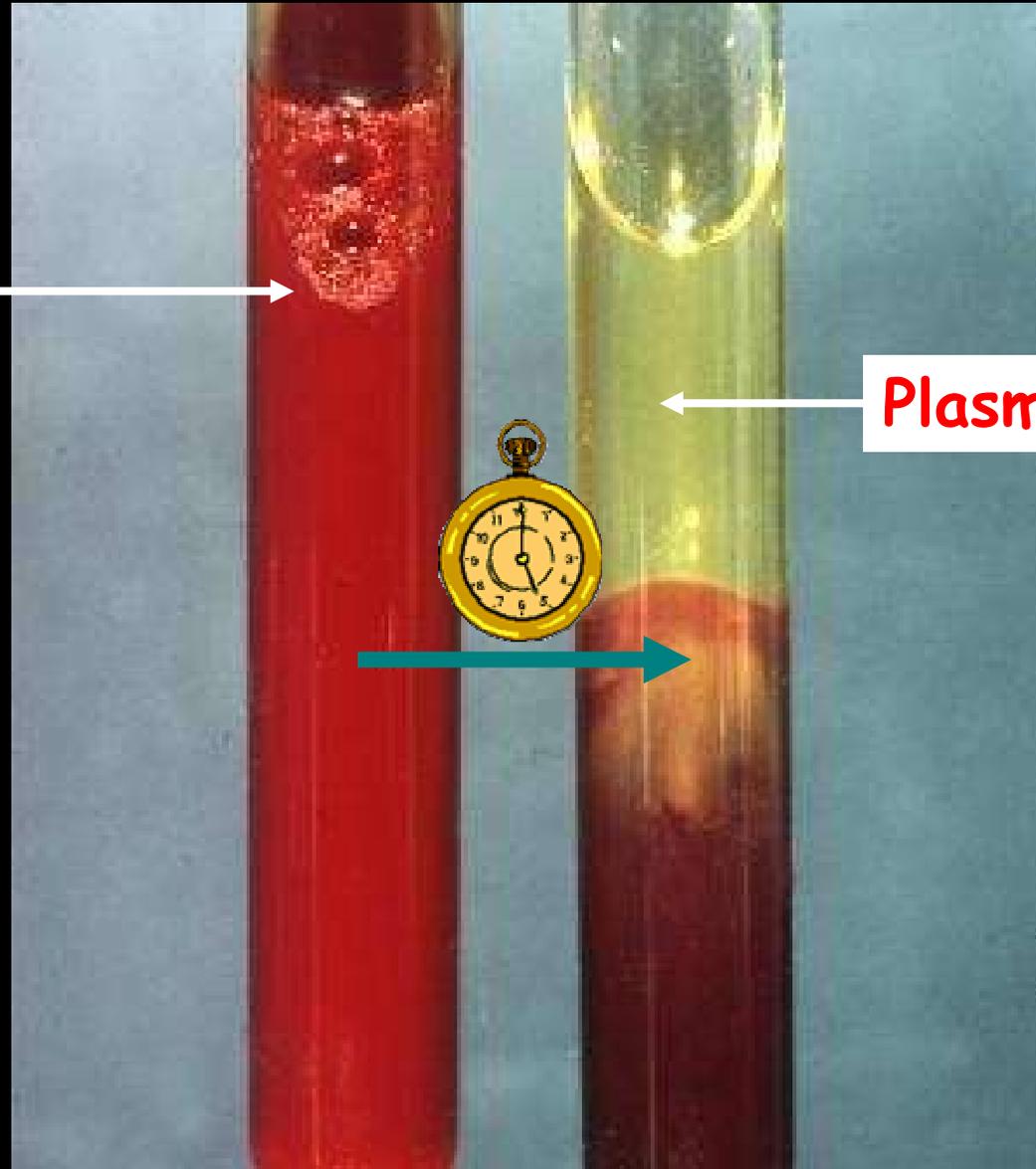
Plasma (55 %)
Globules blancs (<1 %)
Globules rouges (45 %)



Dosages,
analyses...

Remarque : on peut également obtenir du plasma par *sédimentation* en laissant reposer du sang additionné d'anticoagulant quelques heures

Sang
+
anticoagulant



Plasma

COMPOSITION DU PLASMA

SOLVANT (eau)

910g/L

Solvant, milieu de diffusion, de transport et rôle thermique

SOLUTES MINÉRAUX

Cations

Na+ 140mM

Équilibre osmotique + Potentiel de membrane

Ca++ 2.3 mM

Contraction musculaire, coagulation, Os

K+ 4.8 mM

Équilibre osmotique, Potentiel de membrane

Mg++ 0.8 mM

Activité enzymatique

Anions

CL- 105mM

Équilibre osmotique

PO4³⁻ 4 mM

Équilibre osmotique

SO4²⁻ 0.2 mM

Équilibre osmotique

Oligo-éléments

Fer

Constituant de l' hème de l'hémoglobine

Iode

Hormones thyroïdiennes

Zinc

Réactions enzymatiques

Cuivre

Enzymes

Fluor

Dents

SOLUTES ORGANIQUES

Protéines	60 à 80 g/l	Viscosité et transport(albumine) Défense immunitaire (globulines) Coagulation (fibrinogène)
Substances azotées non protéiques	0.3 g/l	Urée, Créatinine : déchets du métab
Glucose	1 g/l	Substrat énergétique
Lipides Triglycérides	3 g/l	Substrat métabolique
Cholestérol	2 g/l	Constituant Hormones stéroïdes, membranes, myéline, bile
Hormones	<2 mg/l	Molécules informatives - Régulations
Vitamines	<25 mg/l	Bon fonctionnement des organes

GAZ RESPIRATOIRES

O₂

2 ml/l

Substrat respiratoire

CO₂

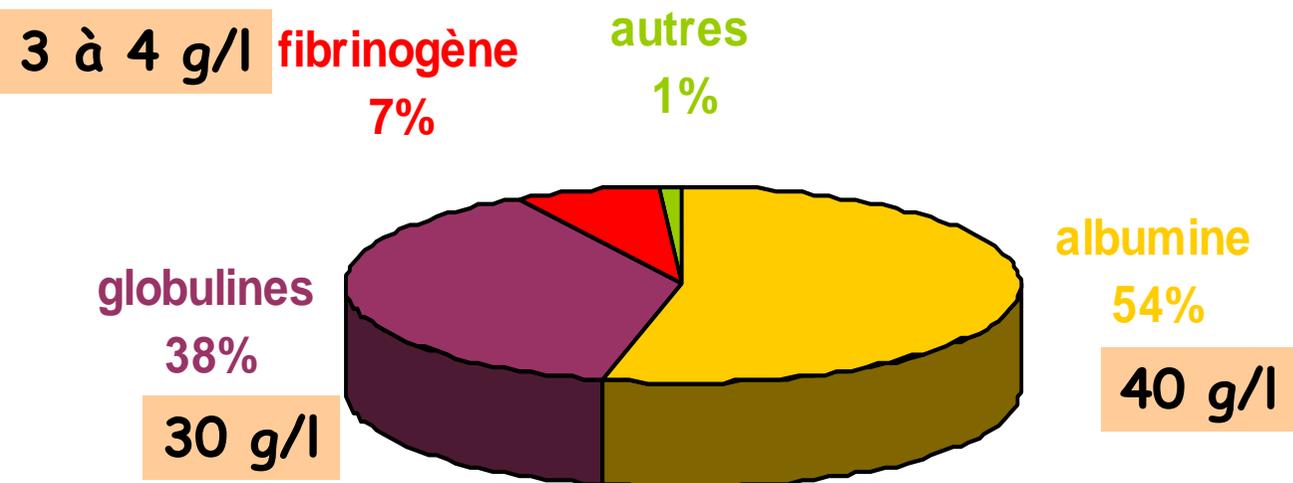
20 ml/l

Déchets respiratoires

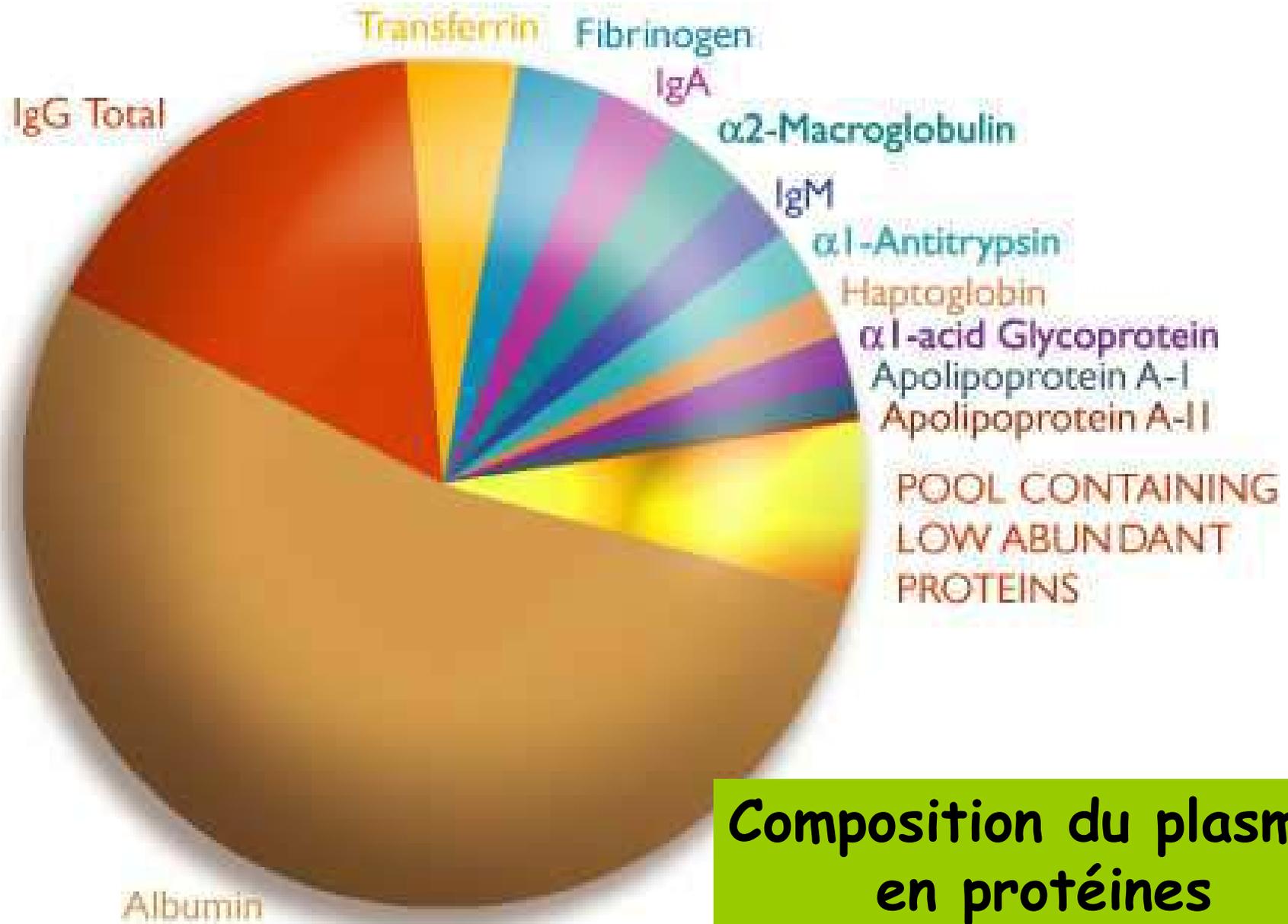
Les Protéines du Sang

7 % du plasma

60 à 80 g/litre



Répartition des protéines du plasma



Composition du plasma en protéines

Albumine

Protéine plasmatique produite par le foie

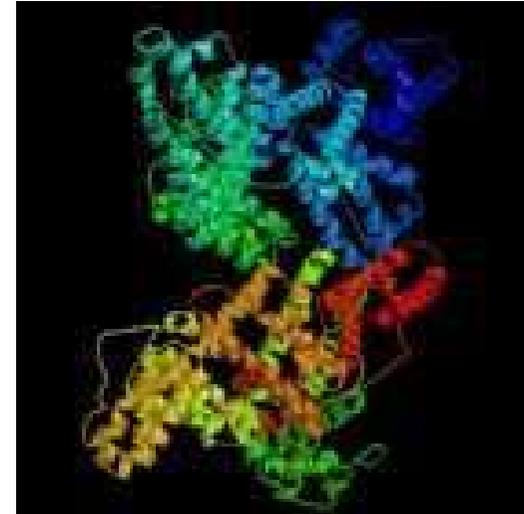
Dans le sang 35 à 50 g/L

Rôles :

- Maintien de la pression oncotique
- Transport des hormones thyroïdiennes
- Transport d'autres hormones, en particulier les hormones liposolubles
- Transport des acides gras libres
- Transport de la bilirubine non-conjuguée
- Transport de nombreuses drogues
- Lie de manière compétitive les ions calcium (Ca^{2+})
- Tampon pH

↘ **Hypoalbuminémie** : Personnes âgées, grossesse, maladies rénales, hépatiques...

↗ **Hyperalbuminurie** : maladie rénale, hypertension...



Globulines

30 g/l

Alpha1 (transport Thyroxine TBG, prothrombine)

Alpha2 (transport vit A RBP, plasminogène...)

Beta (transferrine, fibrinogène, transport hormones sexuelles...)

Gamma (Immunoglobulines) ← Les plus abondantes

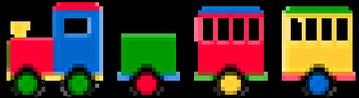
Fibrinogène

3 à 4 g/l

Coagulation du sang (voir chap Hémostase)

Les Protéines du Sang

Rôles



Transport Albumine, Lipoprotéines, Transferrine...



Défense Immunoglobulines



Pression oncotique Albumine (globulines)



Inflammation Protéine C réactive



Coagulation Fibrinogène, facteurs de coagulation



Communication Hormones, facteurs de croissance

Enzymes Plasmine, transaminases...

LES LIPIDES DU SANG

0.6 % du plasma

5 à 7 g/l

Cholestérol

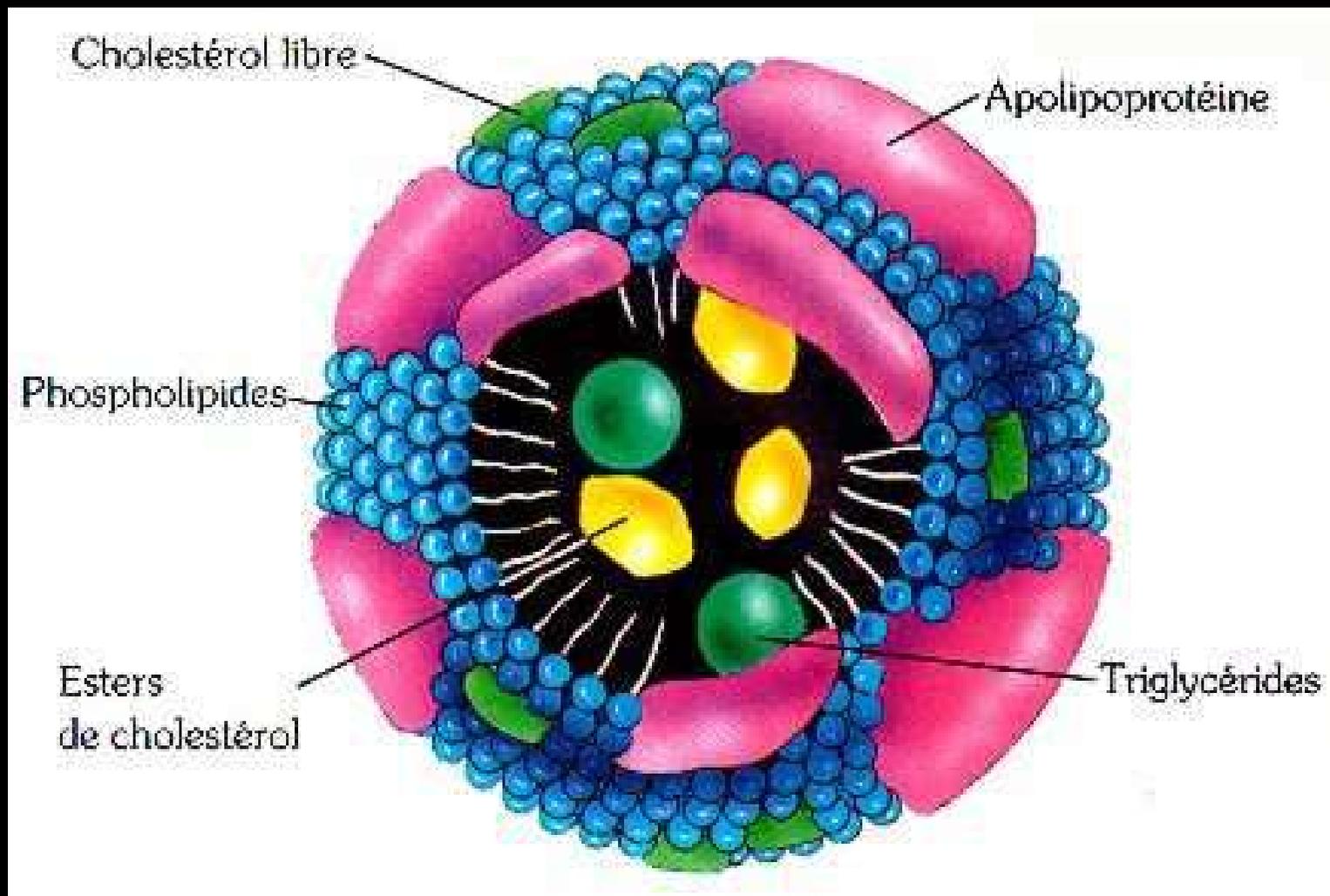
Triglycérides

Phospholipides

Acides gras

Insolubles !!!

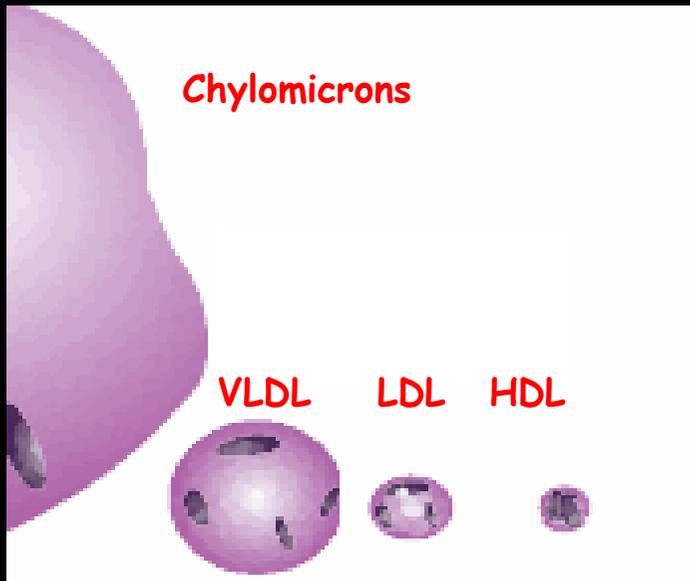
→ Nécessité d'être transportés par des lipoprotéines



Structure d'une lipoprotéine du sang

→ Tailles et compositions différentes

COMPOSITION DES LIPOPROTEINES DU SANG

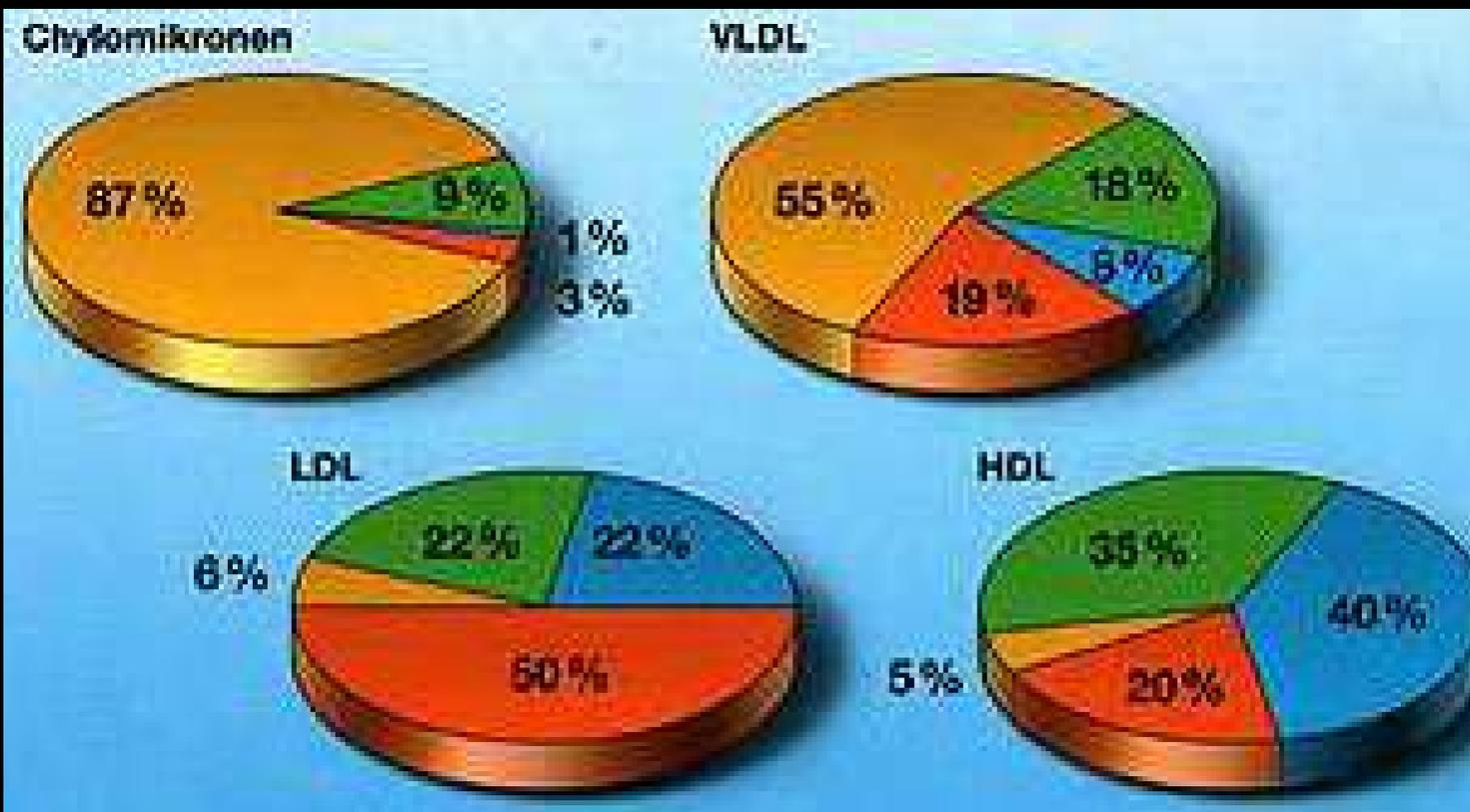


Triglycerides

Cholestérol

Phospholipides

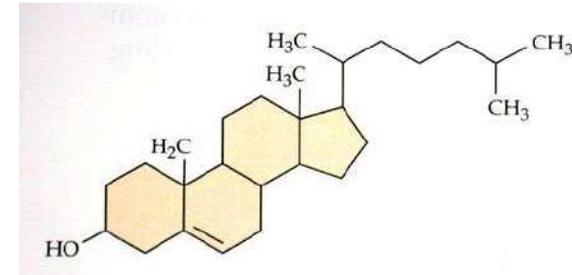
Apolipoprotéines



Le Cholestérol

2 g/l

Deux types



Bon si transporté par les HDL

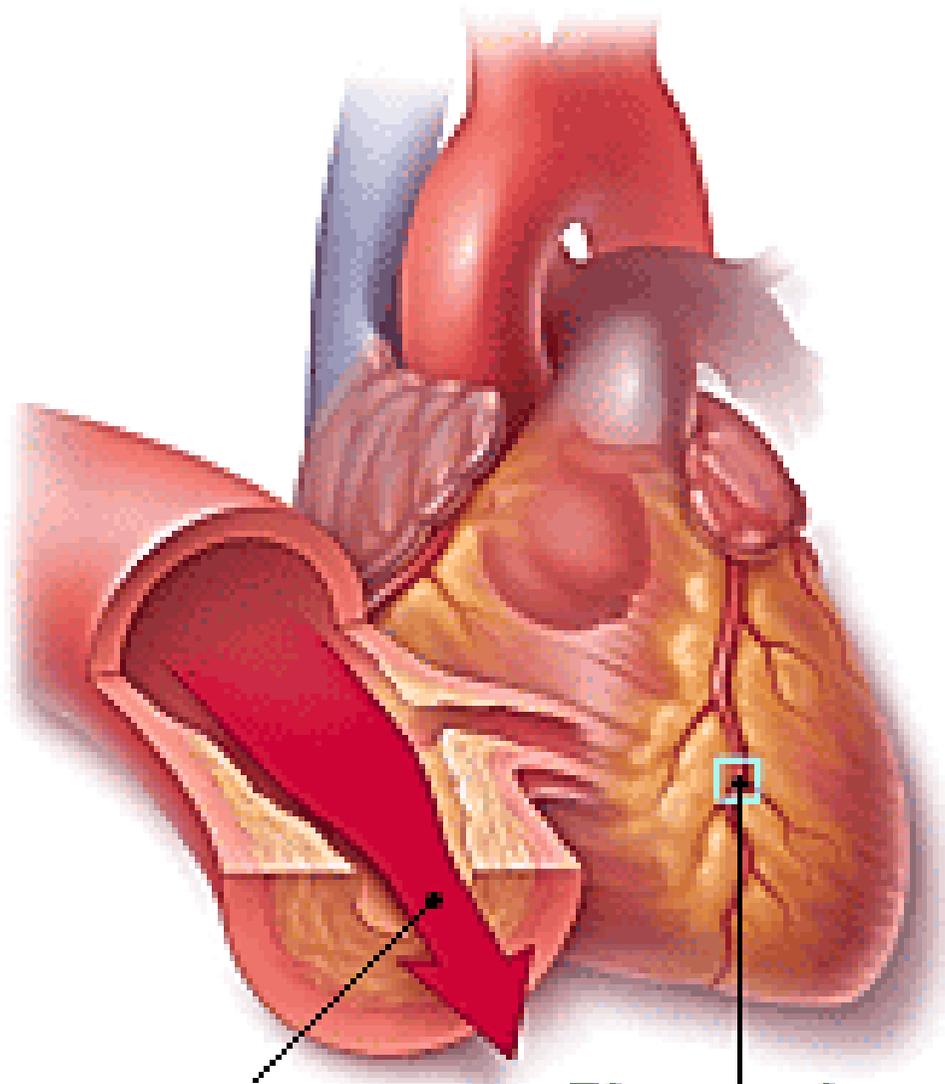
> 0.5 g/l



Mauvais si transporté par les LDL

< 1.6 g/l

Hypercholestérolémie et risque d'accident cardiovasculaire si cholestérol > 2 g/l avec LDL >1.6 g/l



**Passage du
sang réduit**

**Plaque dans
la coronaire**



Infarctus

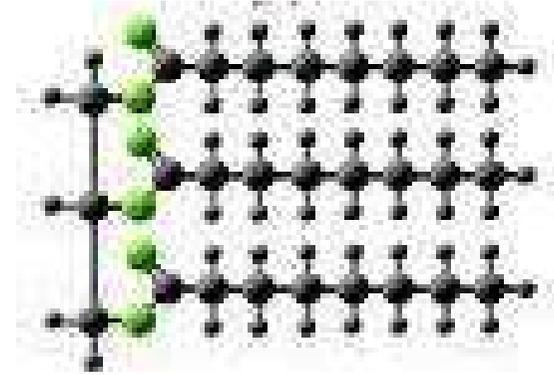




Le HDL-cholestérol capte le mauvais cholestérol déposé dans les artères pour le ramener au foie

Triglycérides

1.5 g/l



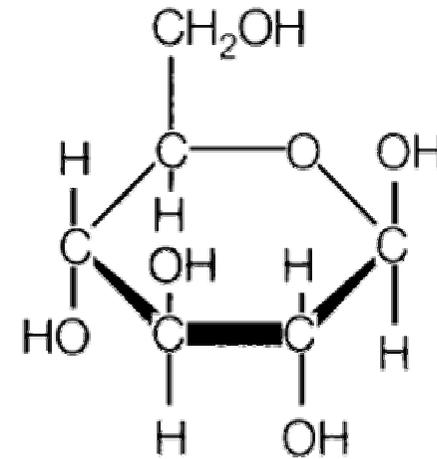
Transportés par les VLDL ou les chylomicrons

Substrat énergétique

Hypertriglycéridémie : triglycérides > 2g/l

+ Acides gras et phospholipides

Le Glucose du sang



1 g/L (0.8 à 1.3 g /litre)

soit 4.5 à 7 mM

Principal substrat énergétique des cellules

Hypoglycémie et Hyperglycémie
(dosage sanguin à jeun)

Les déchets du plasma

L'urée

Produit final de la dégradation des protéines.

Synthèse: foie

Élimination: reins

Taux sanguin normal (urémie) : 0.15 à 0.50 g/l



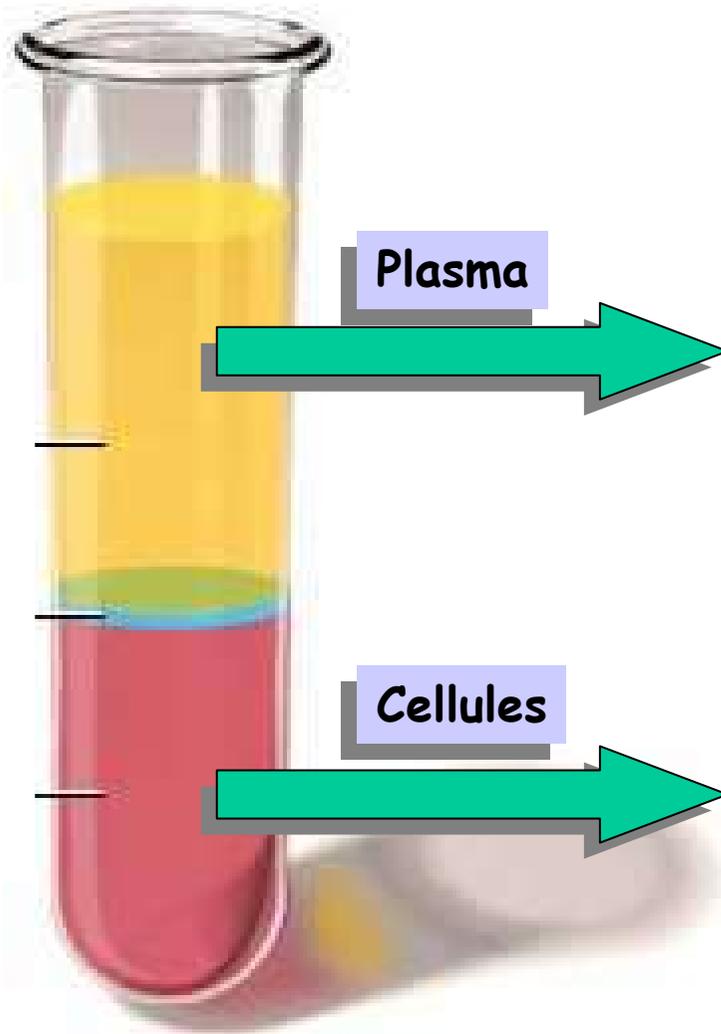
La bilirubine

Produit de la dégradation de l' hémoglobine, recyclée par le foie dans la bile 3 à 10 mg/l

La créatinine (AA précurseur de l'ATP)

Produit de la dégradation de la créatine stockée dans les muscles

Le CO₂



Eau
Sels Minéraux
Vitamines
Protides, Lipides, Glucides
Déchets
Gaz

?



Quelles
sont les
cellules
du sang ?

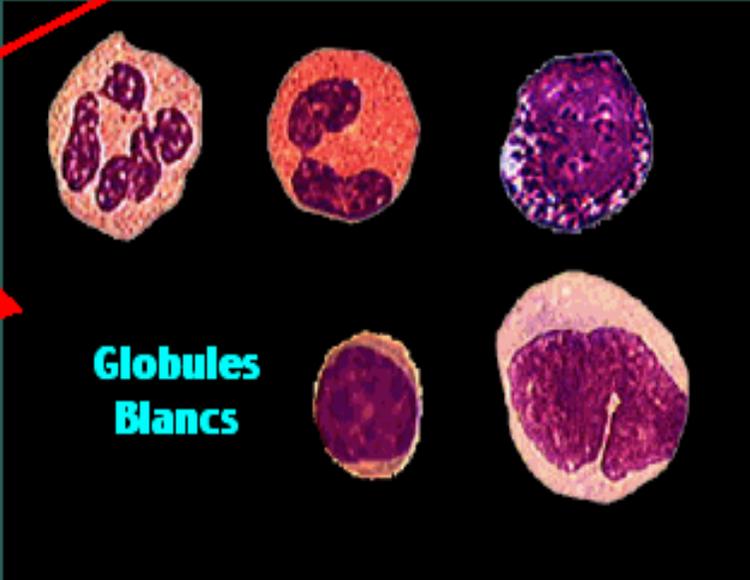
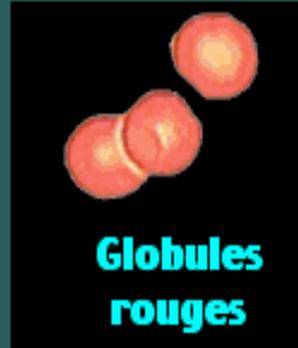


1 μ L

1 mm³

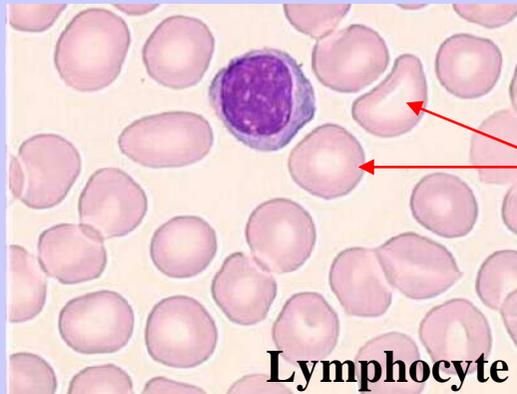
4.5 à 5 millions

150 000 à 400 000



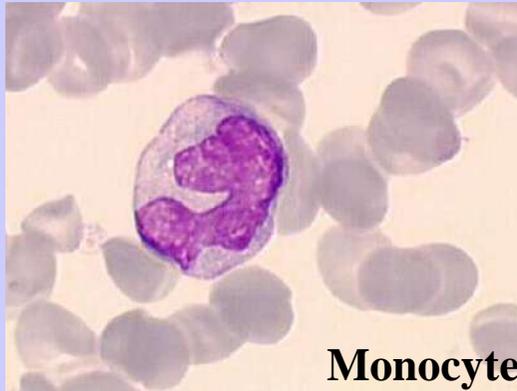
4000 à 10000

Les cellules du SANG

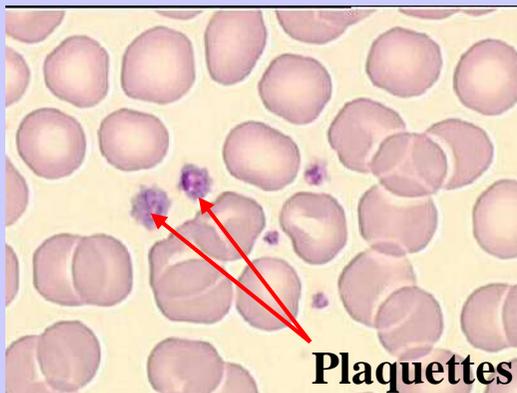


Lymphocyte

Hématies

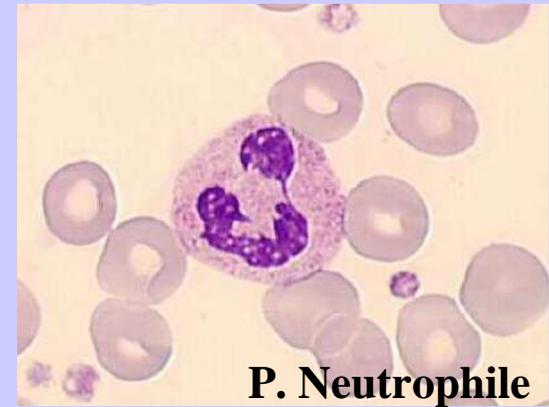


Monocyte

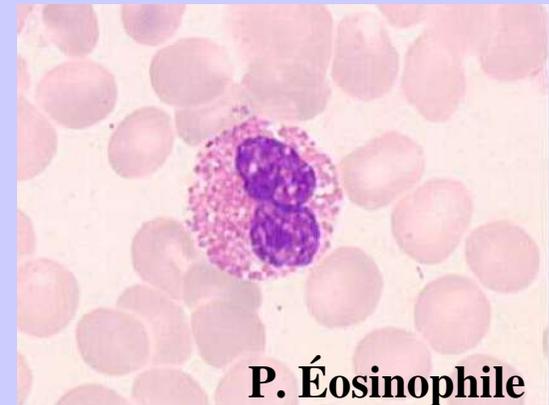


Plaquettes

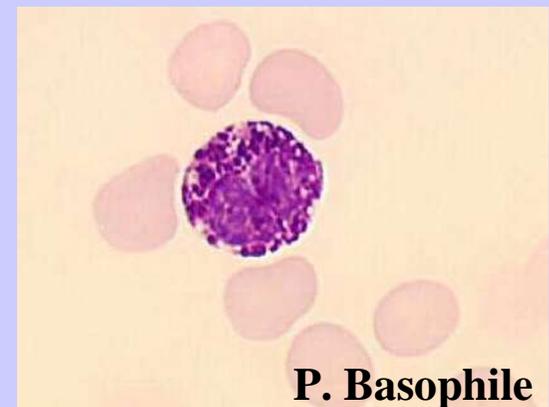
**Les éléments
figurés du sang
observés sur un
frottis sanguin**



P. Neutrophile



P. Éosinophile



P. Basophile

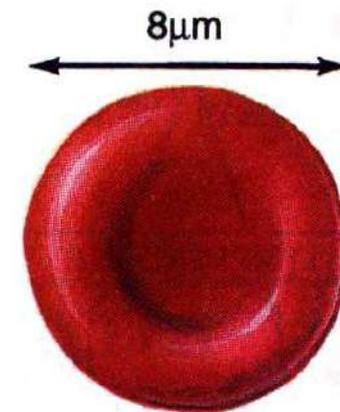
LES GLOBULES ROUGES



Les Globules Rouges (hématies, érythrocytes)



Diamètre des capillaires sanguins : 10 μm



Vue de surface



Vue de coupe

Pas de noyau (ne se divisent pas)

Propriété : **Plasticité**

Homme : 4.5 à 6.5 millions/ml

Femme : 3.5 à 5.6 millions/ml

Durée de vie : 120 jours

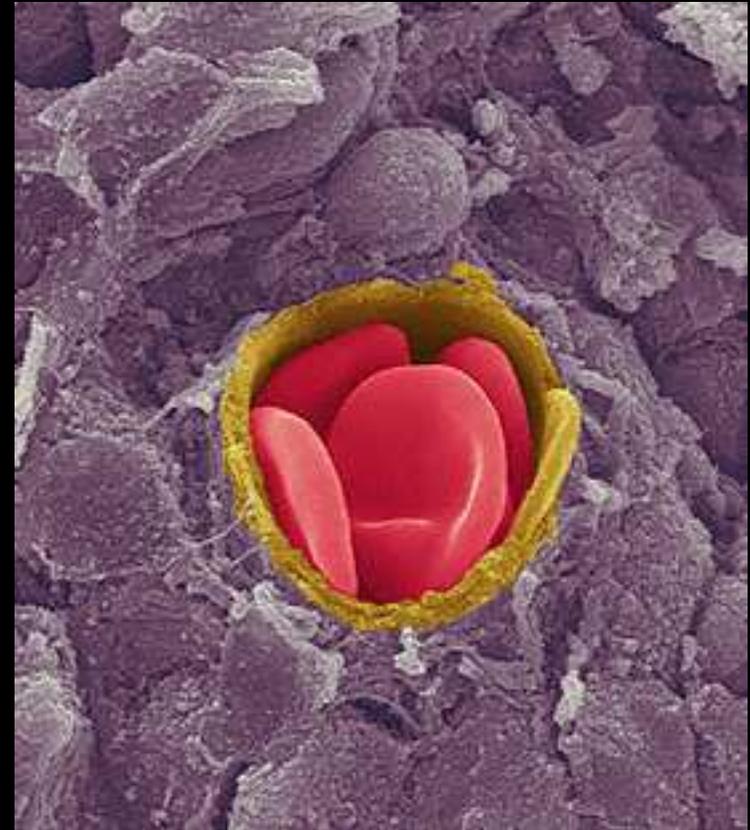
Formation : Erythropoïèse (moelle)

Catabolisme : rate, (bilirubine)

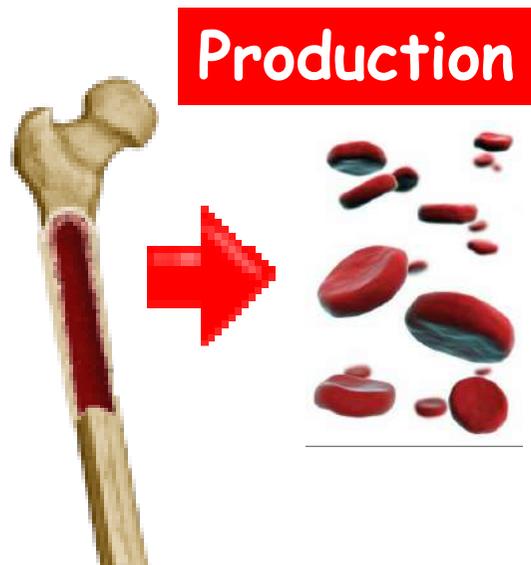
Composition : Hémoglobine (33%)

Rôles : Transport de l'O₂ et du CO₂

Identité biologique



Plasticité des hématies



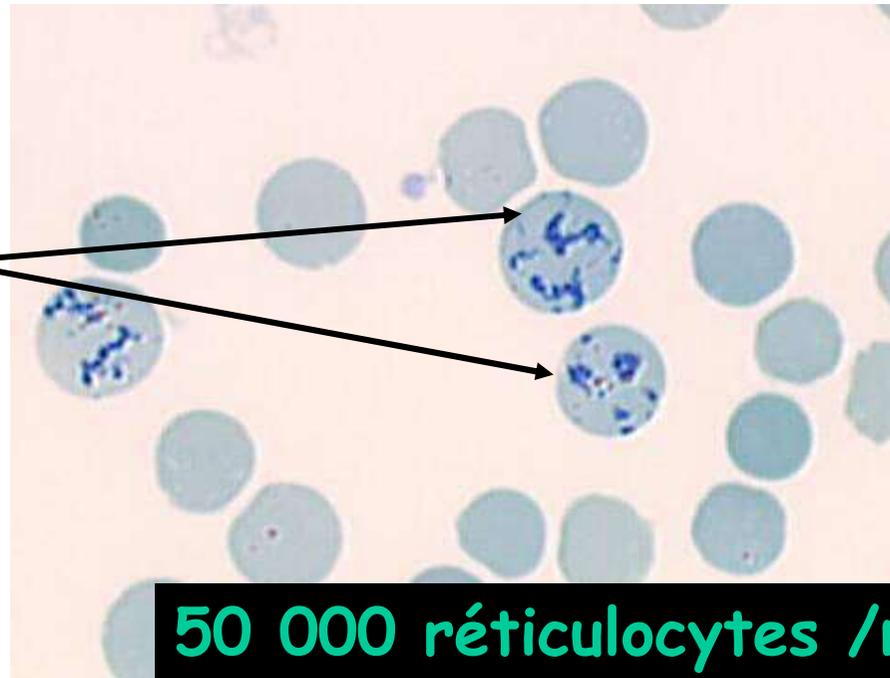
La moelle osseuse produit
2 millions d'Hématies par seconde !

SANG

Réticulocytes

48 h

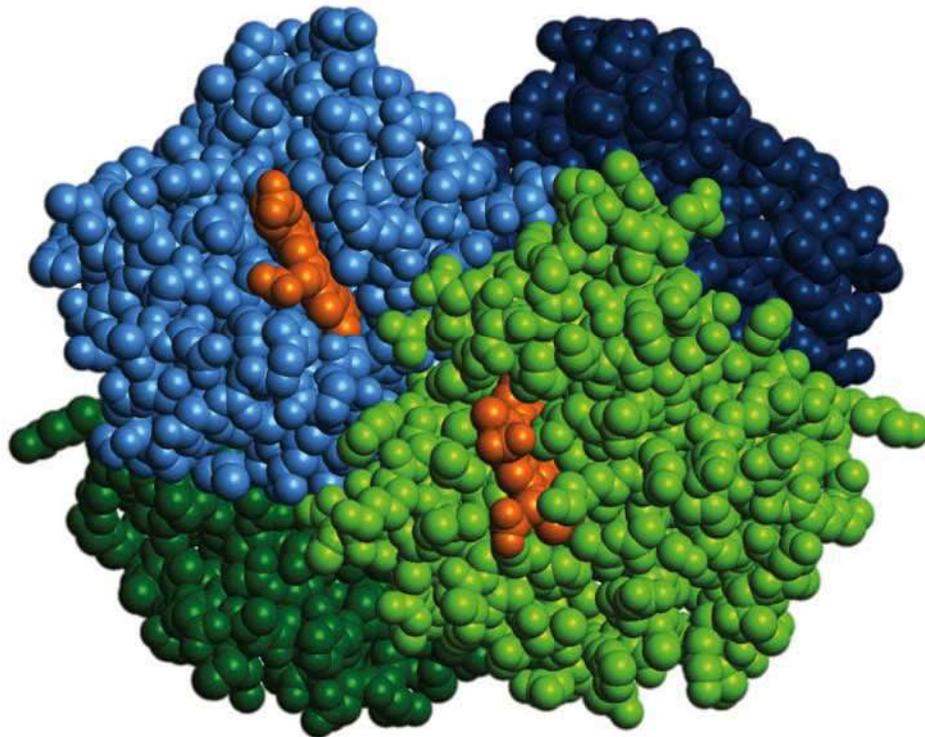
Hématies



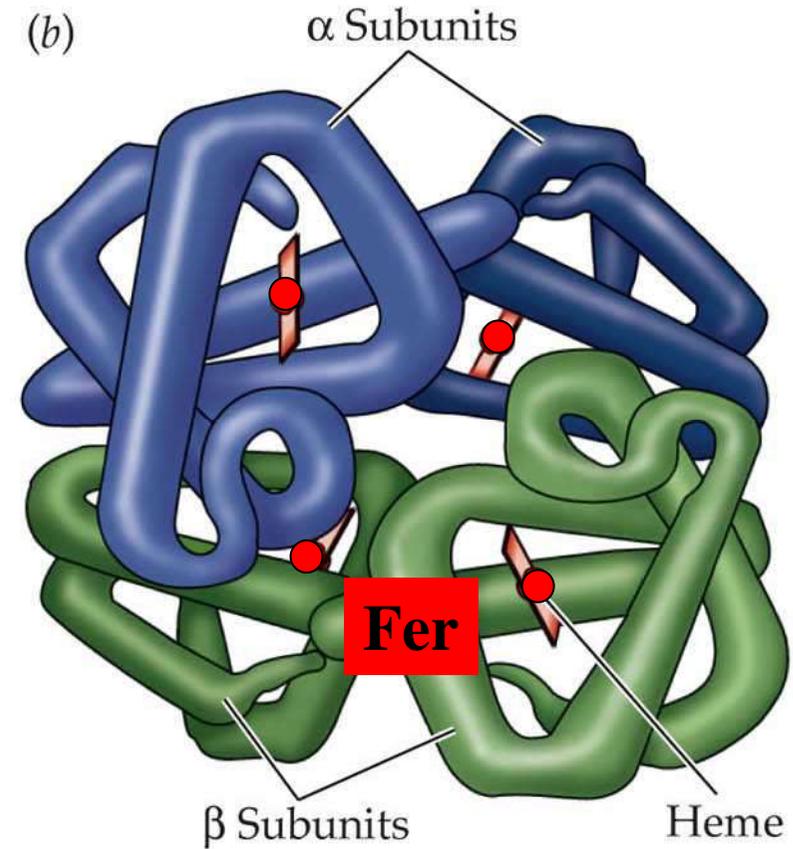
50 000 réticulocytes /mm³ de sang
soit 1 % des hématies

Structure de la molécule d'Hémoglobine

(a)



(b)



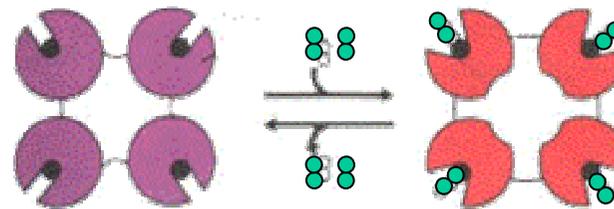
160g/L de sang

Rôle de l'hémoglobine

FIG. 8

Transport de l'O₂

95% de l'O₂ du sang



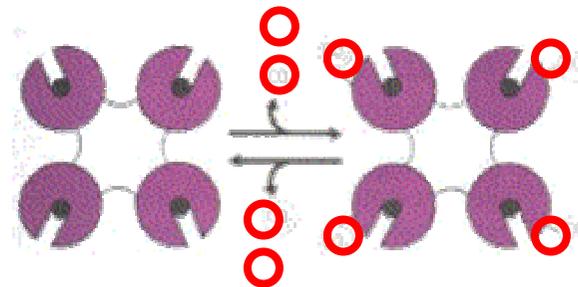
Liaison : Hème



Oxyhémoglobine

Transport du CO₂

30% du CO₂ du sang

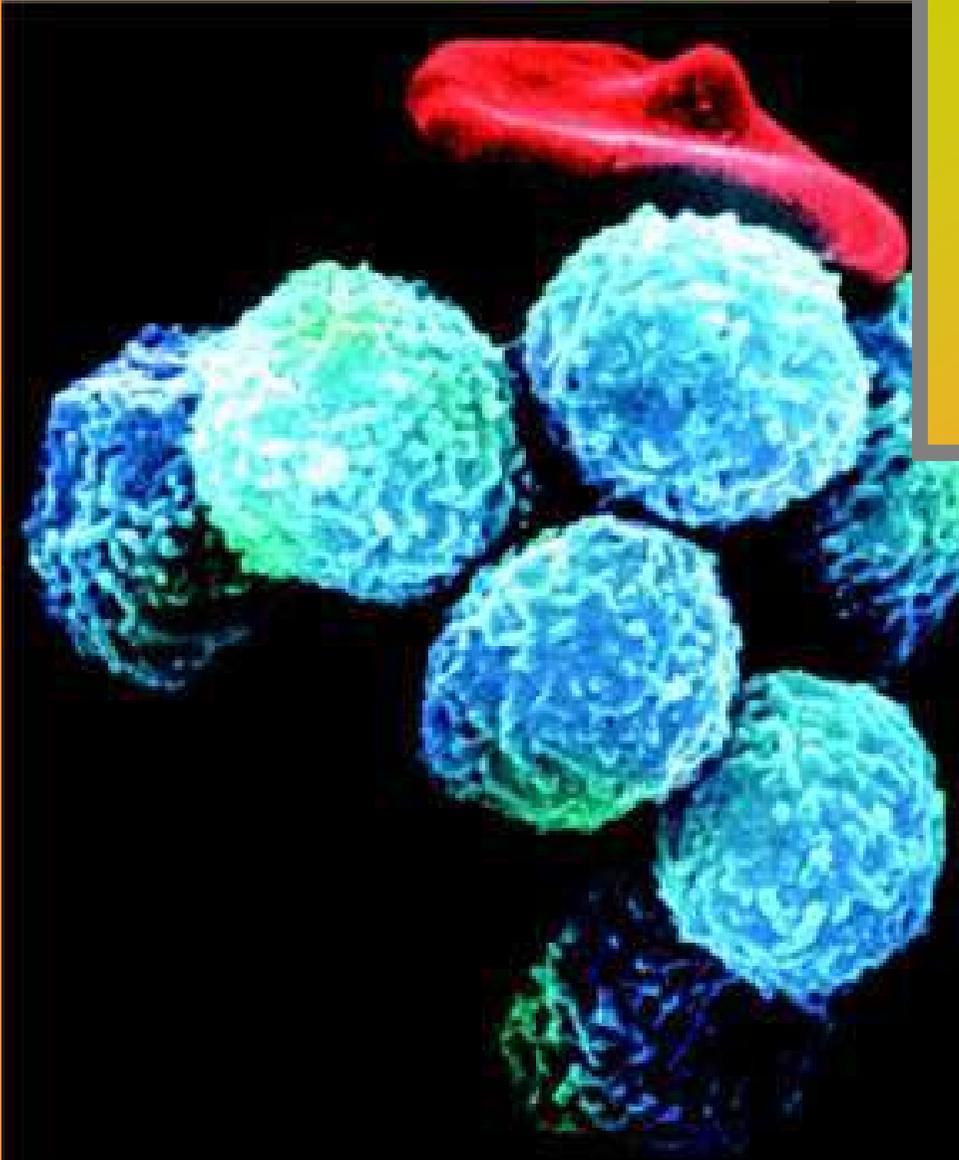


Liaison : Groupements amines

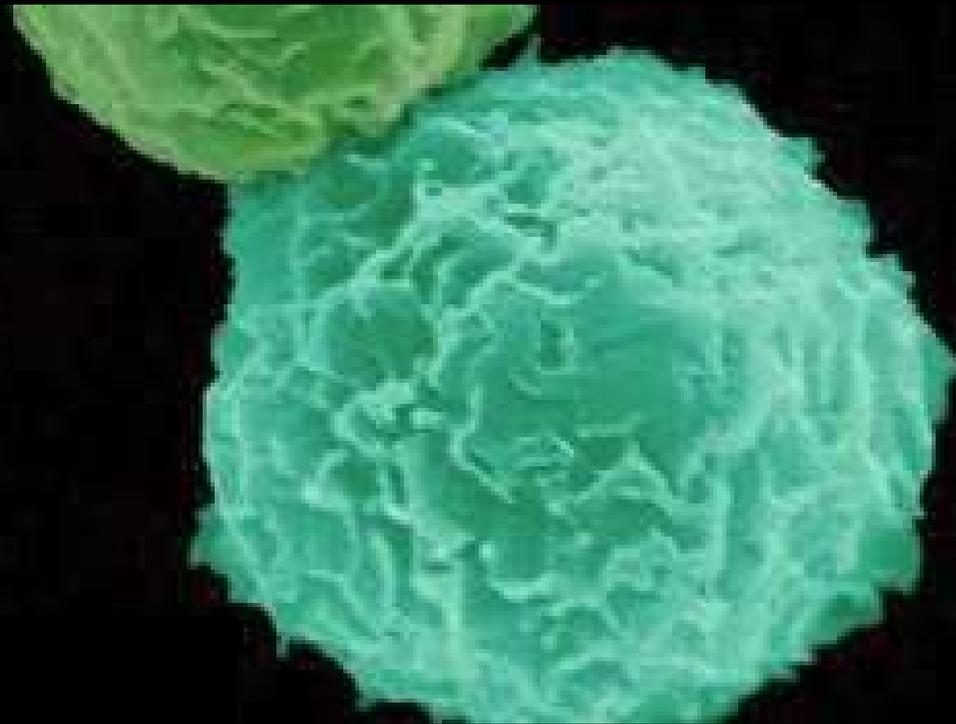


Carbhémoglobine

LES GLOBULES BLANCS



Description

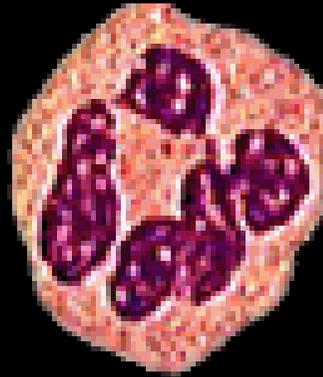




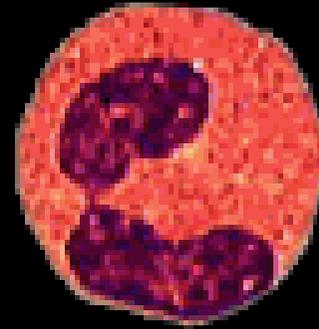
COLORATION !

POLYNUCLEAIRES (GRANULOCYTES)

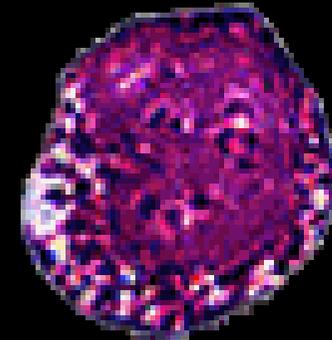
- 1) Noyau multilobé
- 2) Nombreuses granulations cytoplasmiques



GRANULOCYTE
NEUTROPHILE



GRANULOCYTE
EOSINOPHILE



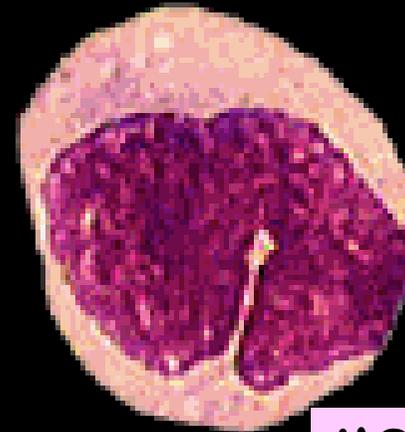
GRANULOCYTE
BASOPHILE

MONONUCLEAIRES

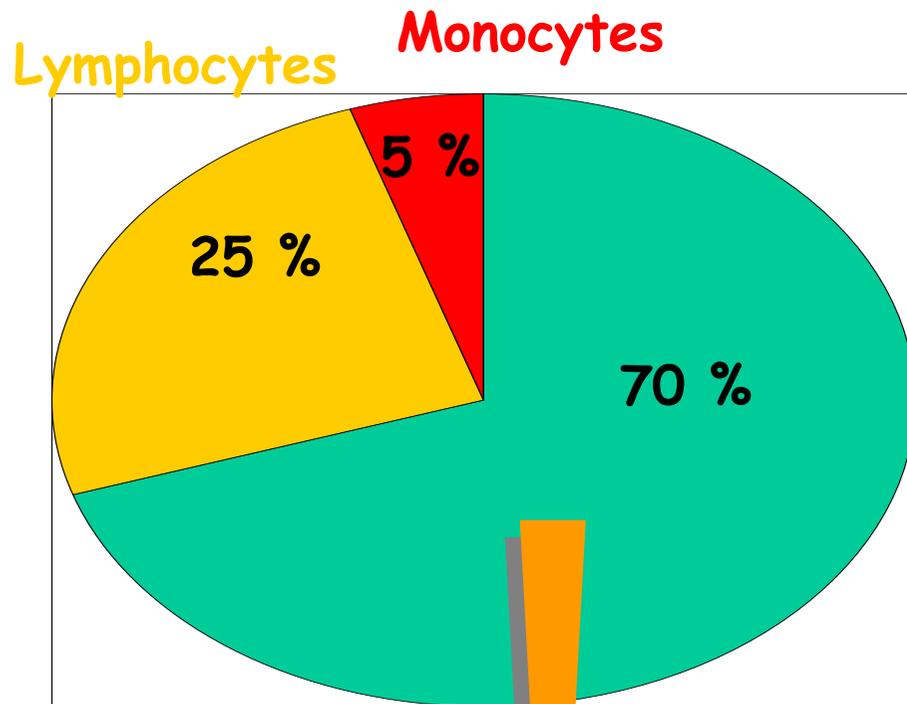
- 1) Noyau unilobé
- 2) Granulations cytoplasmiques peu visibles



LYMPHOCYTE



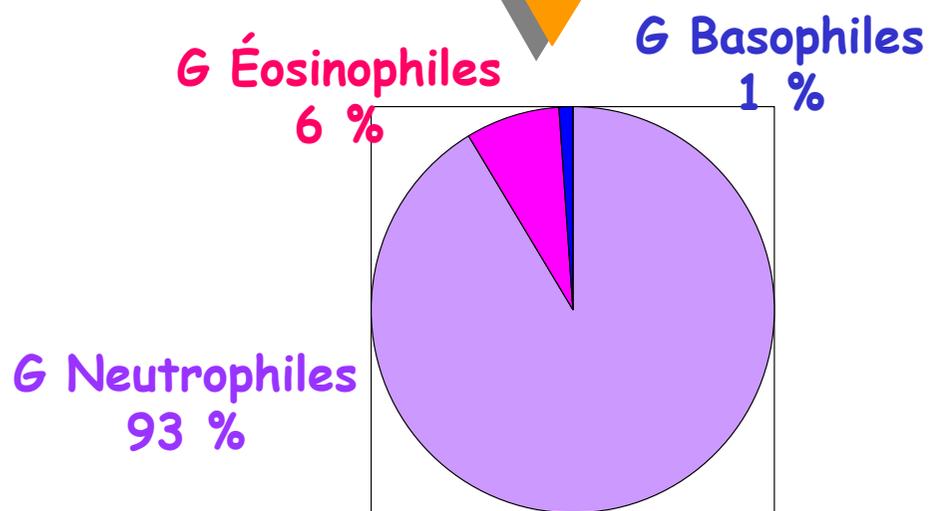
MONOCYTE



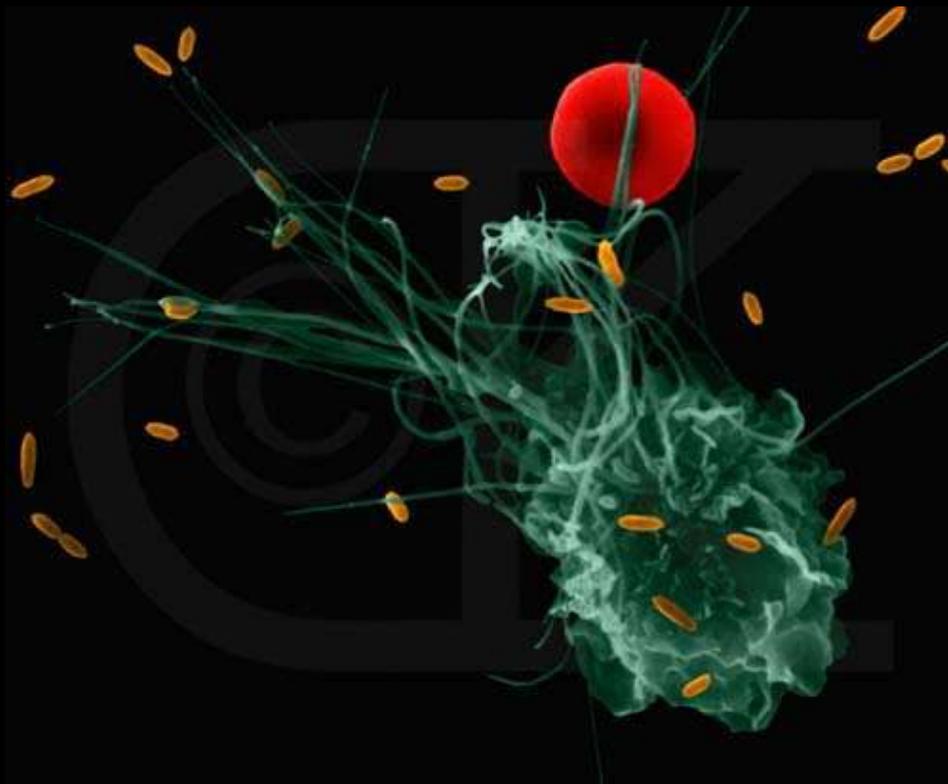
Polynucléaires

Formule leucocytaire

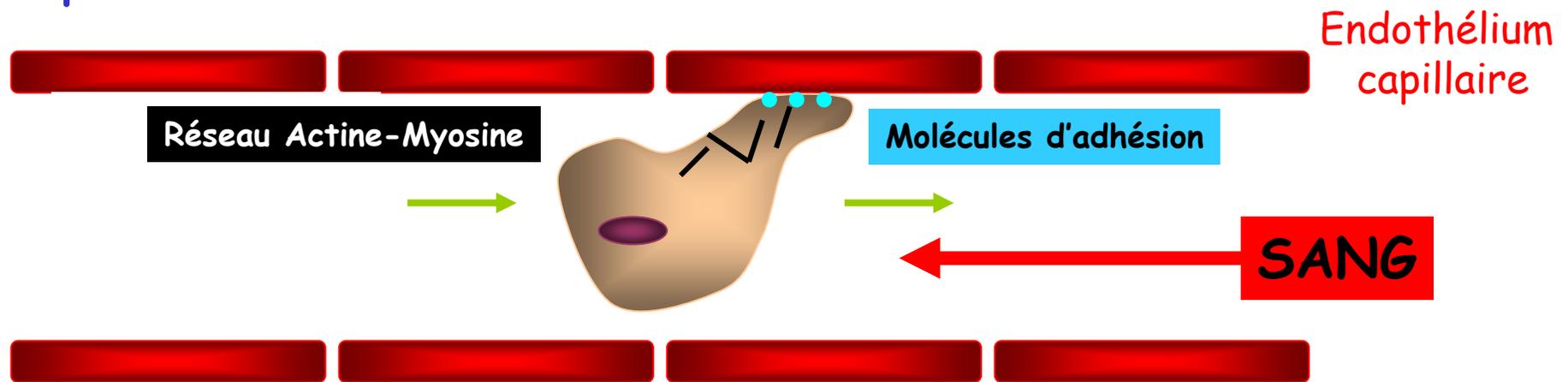
G Neutrophiles	40 - 75 %
Lymphocytes	20 - 45%
Monocytes	2 - 10 %
G Éosinophiles	1 - 6 %
G Basophiles	0 - 1 %



Propriétés



1) **Mobilité** : déplacement actif des leucocytes notamment en s'accolant contre l'endothélium des capillaires et en émettant des pseudopodes (mouvements amiboïdes). D'où possibilité de se déplacer dans le sens inverse de la circulation



Neutrophiles, Éosinophiles, Monocytes, Lymphocytes

2) Chimiotactisme : attraction exercée par une substance chimique libérée à distance sur le lieu de l'inflammation ou de la réaction immunitaire (par les agents pathogènes ou par les cellules immunitaires)

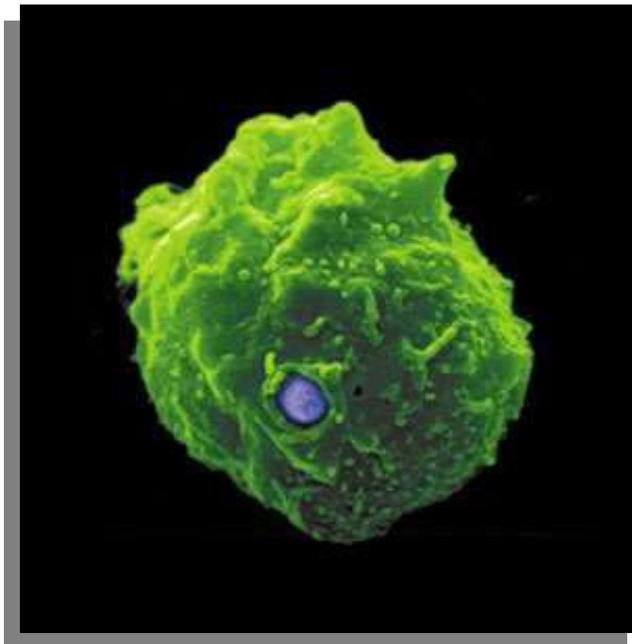
Neutrophiles, Éosinophiles, Basophiles, Monocytes

3) Diapédèse : passage actif d'un leucocyte du sang vers les tissus à travers les cellules endothéliales des parois vasculaires au cours de sa migration vers un foyer inflammatoire
Augmentée en cas d'inflammation (chimiotactisme et relâchement des jonctions entre les cellules endothéliales)

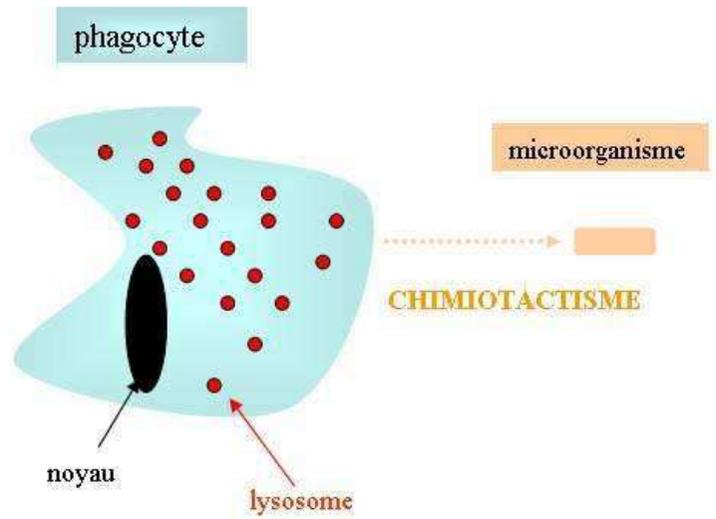
tous les leucocytes

4) Phagocytose : mécanisme par lequel une cellule vivante capture, englobe et digère une cellule ou une particule (cellule morte, cellule cancéreuse, fragment de cellule, bactérie, parasite...)

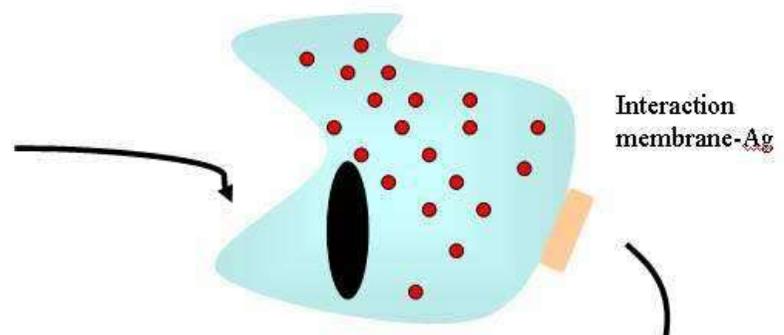
Tous sauf Lymphocytes mais faible chez Basophiles et très forte chez Monocytes (macrophages) et Neutrophiles



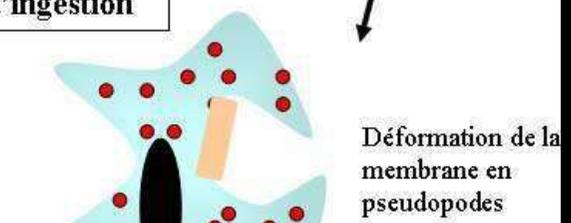
1- Phase d'attraction



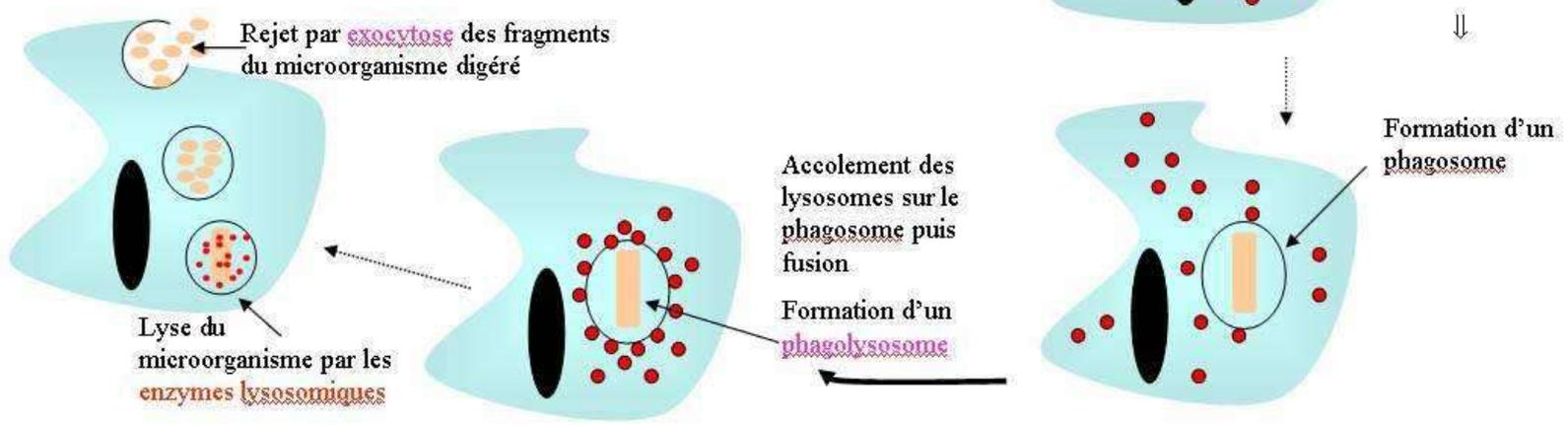
2- Phase d'adhérence



3- Phase d'ingestion



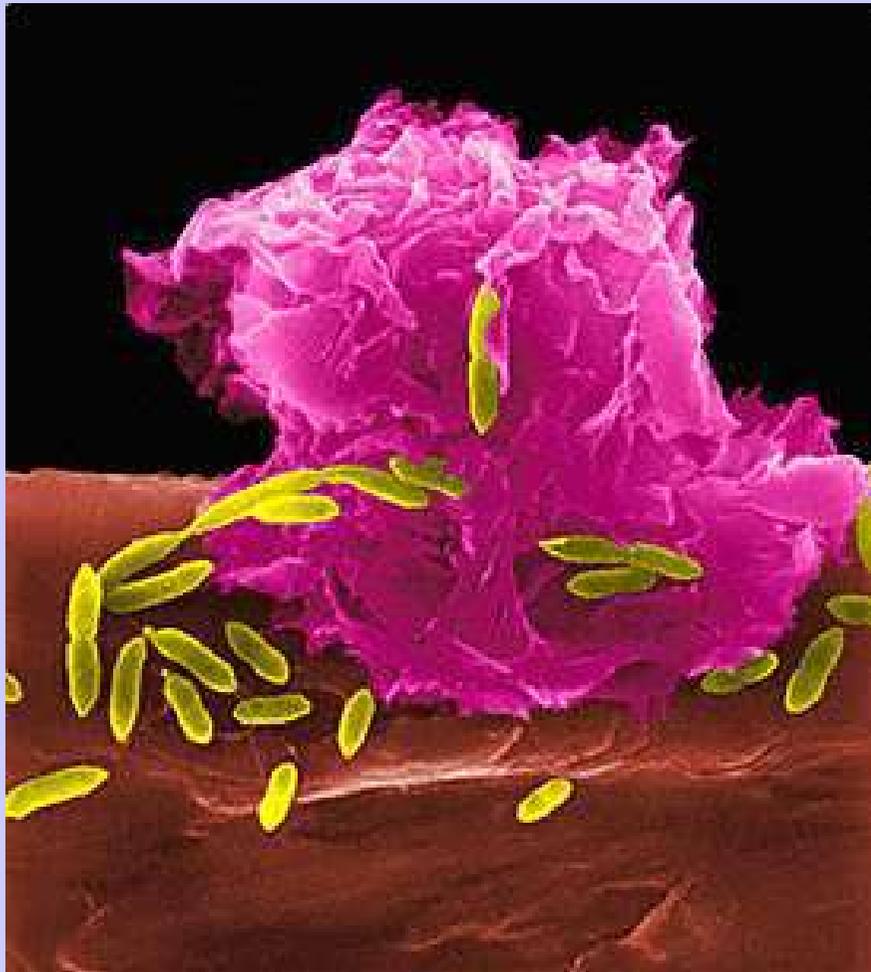
4- Phase de digestion



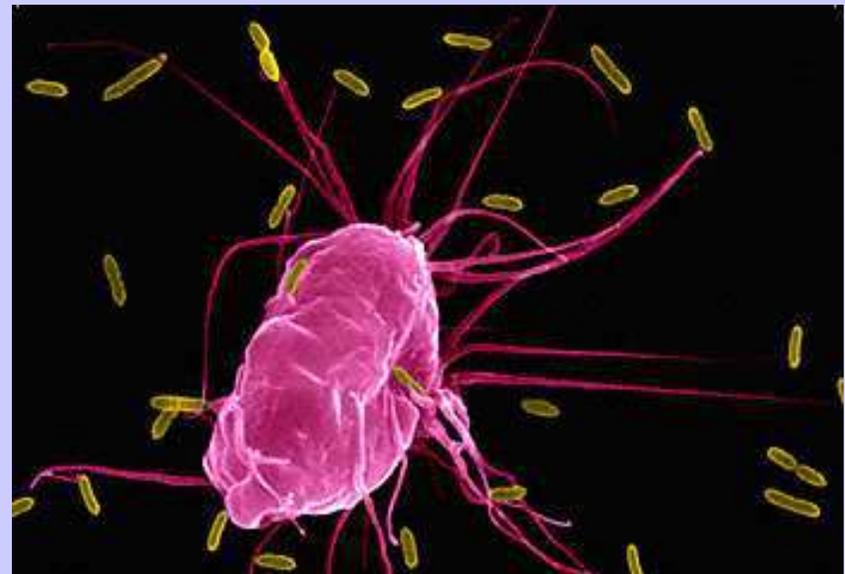
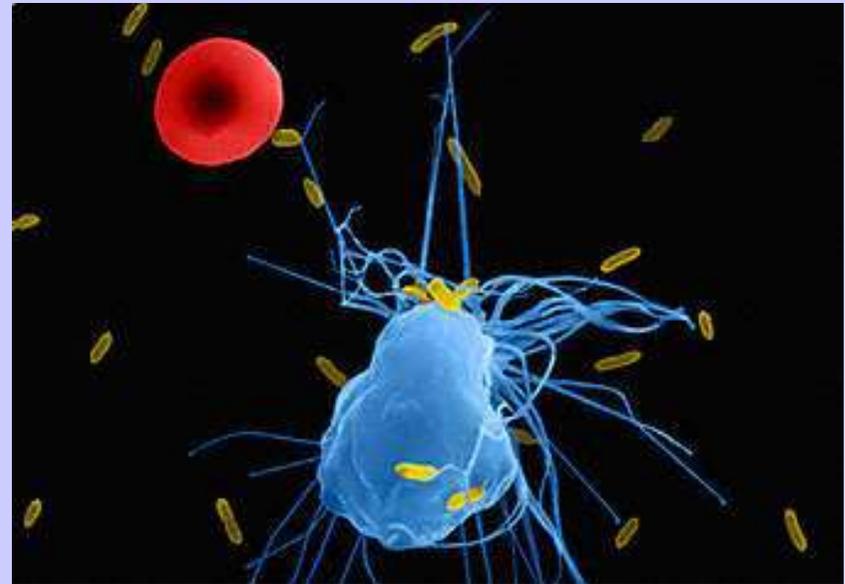
Propriétés des Leucocytes : Chimiotactisme, Diapédèse et Phagocytose



Phagocytose



Phagocytose





**Phagocytose
d'un filaire**

5) Dégranulation : mécanisme de libération **brutale** de composés stockés dans des granules cytoplasmiques

provoquée par des mécanismes spécifiques (activation par les IgE>>IgG) ou non spécifiques (anaphylatoxines, Ca⁺⁺, cytokines..)



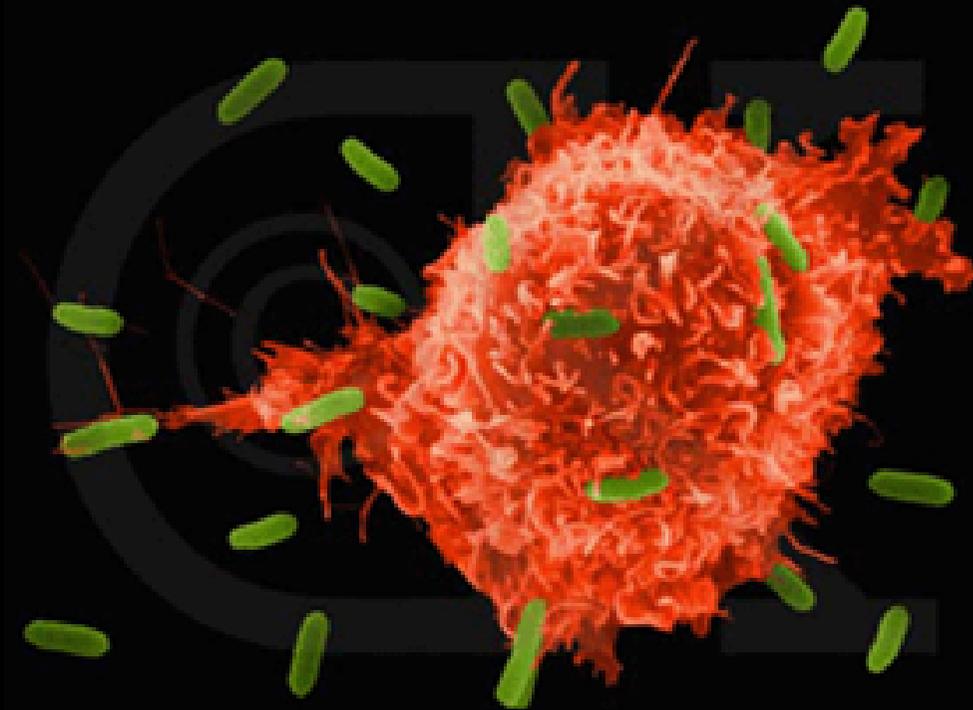
Éosinophiles

(substances cytotoxiques)

Basophiles (mastocytes)

(Histamine, Héparine)

Rôles des Globules Blancs



Granulocytes Neutrophiles

2000 à 7500 / μ l de sang
40 à 75 % des Globules
Blancs



les plus nombreux !!!

Taille : 10 à 15 μ m

Noyau multilobé (3 à 5 lobes)

Granulations : nombreuses
rose violacé

Durée de vie : quelques
heures dans le sang, 5
jours dans les tissus

Ne retourne pas dans la circulation

Granulocytes Neutrophiles



Rôles : Phagocytose des cellules étrangères ou malades au niveau des tissus : 1^{ers} acteurs de la réponse immunitaire

Pool circulatoire (sang)
Pool marginal (tissus)

Propriétés :

Très grande mobilité

Diapédèse

Phagocytose

Chimiotactisme

Granulocytes Éosinophiles



40 à 400 / μ l de sang

1 à 6 % des Globules Blancs

Taille : 10 à 15 μ m

Noyau : bilobé avec ponts chromatiniens

Granulations : rouge orangé

Durée de vie : 2 à 3 jours dans le sang, 10 jours dans les tissus

Granulocytes Éosinophiles



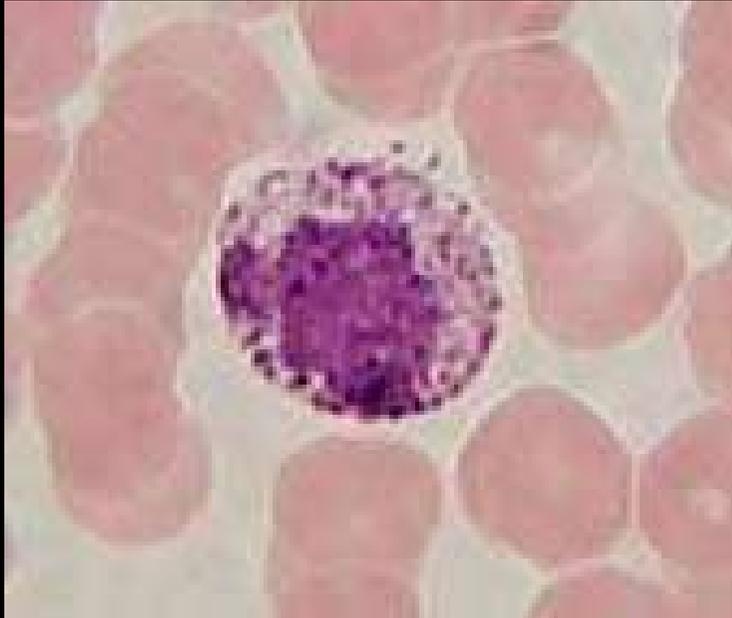
Rôles :

- Cytolyse des gros parasites (tœnia, oxyures...) = **antiparasitaire**
- Réaction allergique et inflammation (histamine)

Propriétés :

Mobilité
Diapédèse
Phagocytose
Chimiotactisme
Dégranulation (composés cytotoxiques)

Granulocytes Basophiles



<100/ μ l de sang
<1% des Globules Blancs

Les plus rares !!!

10 à 12 μ m

Noyau : peu visible, masqué

Granulations bleu foncé

Durée de vie : 2 à 3 jours
dans le sang, quelques
semaines dans les tissus

Granulocytes Basophiles



Rôles : réactions inflammatoire et allergique : se transforment dans les tissus en **mastocytes** qui dégranulent au contact de l'allergène en libérant: Histamine, Sérotonine et héparine...

→ Rôle dans l'**hypersensibilité immédiate**

Propriétés :

Diapédèse
Chimiotactisme
Dégranulation (histamine)
Phagocytose faible

Monocytes



100 à 1000 / μ l de sang
2 à 10% des Globules
Blancs
10 à 12 μ m
Grand **noyau réniforme**
Durée de vie : 2 à 3 jours
dans le sang, plusieurs
semaines dans les tissus

Monocyte



Rôles :

- 1) Cellules spécialisées dans la phagocytose (immunité non spécifique) de tous les débris cellulaires ou d'agents pathogènes : se transforment en Macrophages au niveau des tissus = « **Éboueurs** » de l'organisme
- 2) Présentation Antigène aux lymphocytes T
- 3) Libération de **nombreuses cytokines** impliquées dans l'inflammation, la réponse immunitaire ou encore l'hématopoïèse

Propriétés : très grande mobilité, chimiotactisme, diapédèse, phagocytose

Lymphocytes



1000 à 4000 / μ l de sang
20 à 45 % des Globules Blancs
8 à 10 μ m

Noyau : large occupant la quasi
totalité de la cellule

Pas de granulations

Durée de vie : 2 à 3 j à
plusieurs années (lymphocytes
mémoire)

Identification des Lymphocytes



Lymphocyte



?



?

CD 20



Lymphocyte B



?



?

CD 4



Lymphocyte T4

Marqueurs CD (Clusters of Différenciation) :
molécules de la surface cellulaire reconnues par une
série d'anticorps spécifique



Type
Étape de différenciation
Activité

Lymphocytes

Lymphocytes B (8 - 12 %)

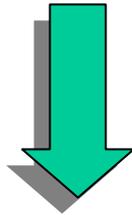
Lymphocytes T (70 - 80 %)

Lymphocytes NK (Natural Killers) (5 - 15 %)

Lymphocytes B

(Bursocytes)

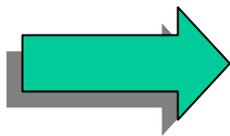
Production d'Immunoglobulines
(Anticorps)



Rôle capital dans **Immunité Humorale**

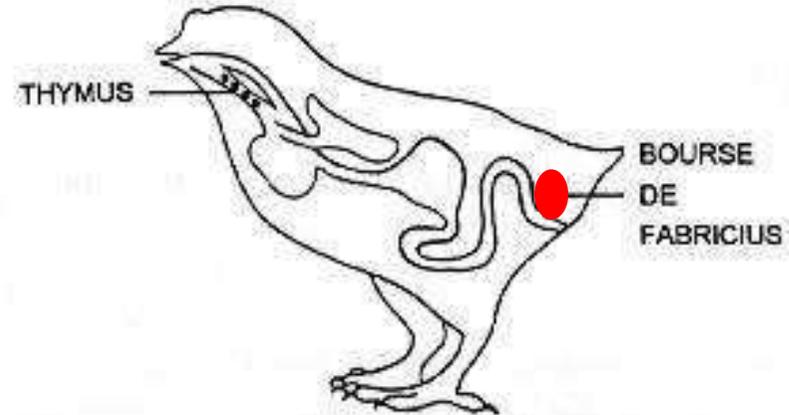
Nécessitent présentation antigène par macrophages

Deux types



Plasmocytes : lymphocytes activés produisant des anticorps

Lymphocytes B mémoires



Lymphocytes T

(Thymocytes)

Immunité à médiation cellulaire

Lymphocytes T cytotoxiques (CD8) ou T8

Action cytotoxiques sur cellules infectées ou cancéreuses (Lymphocytes tueurs)

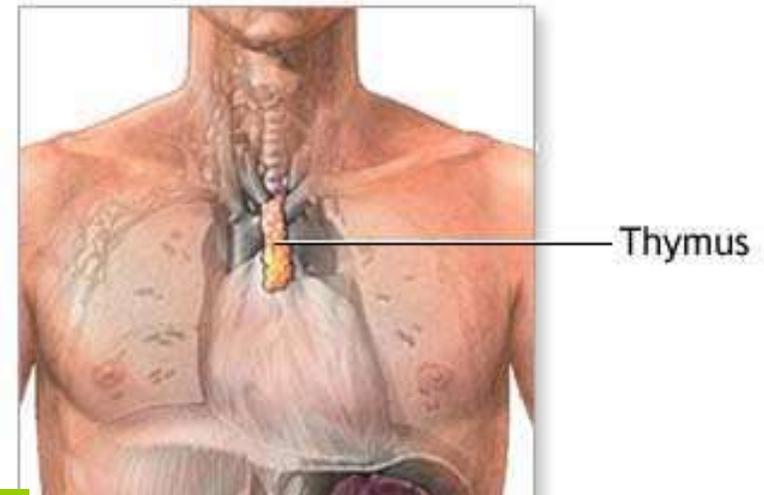
Lymphocytes T auxiliaires (CD4) ou T4 Helpers

Rôle d'intermédiaires dans la réponse immunitaire : prolifèrent et activent autres cellules immunitaires

Cibles du HIV

Lymphocytes T supresseurs

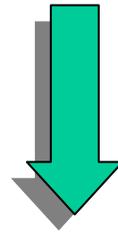
Arrêtent la réaction immunitaire quand antigène éliminé



Lymphocytes NK (Natural Killers)

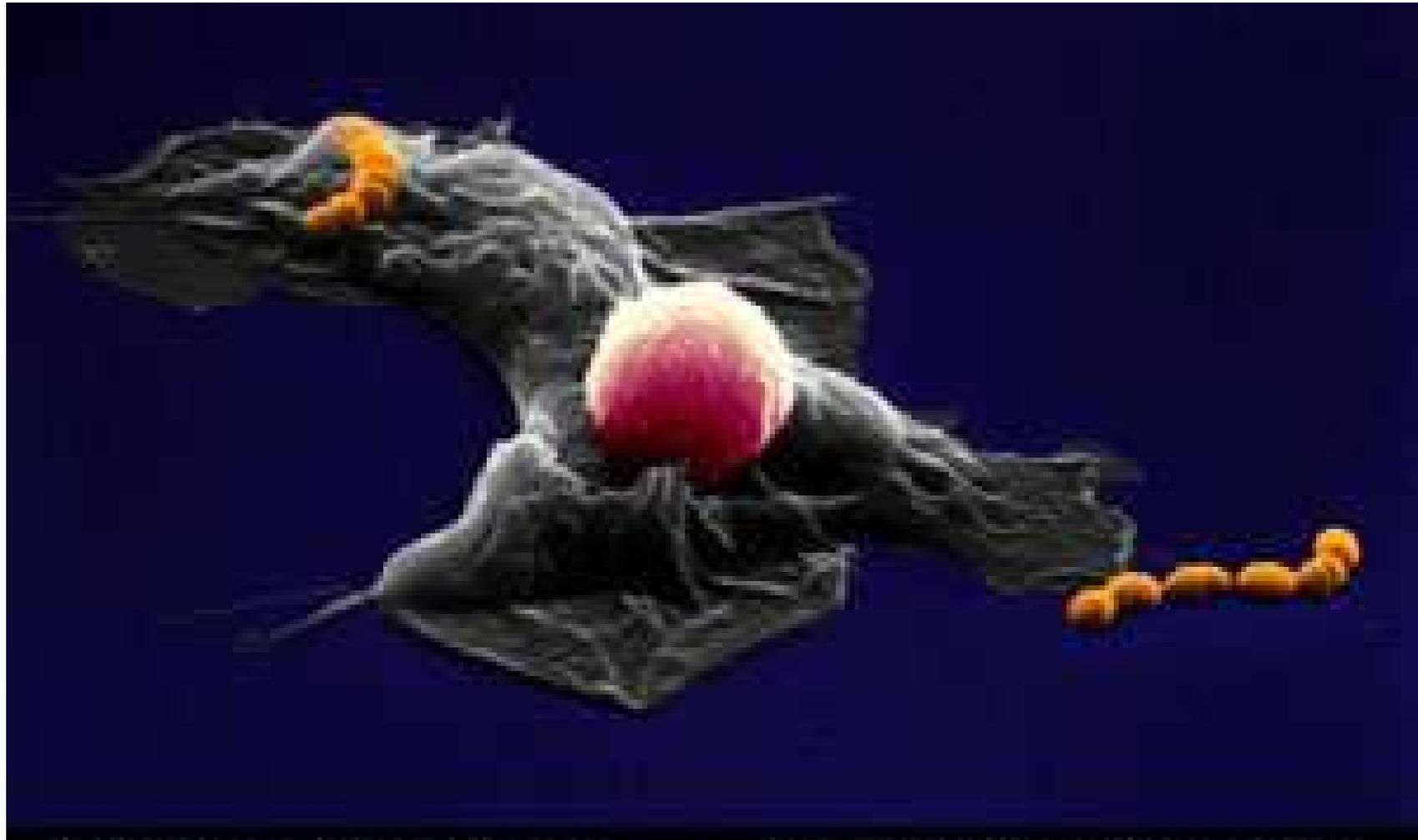
Immunité naturelle (innée)

Destruction des cellules étrangères ou cancéreuses par apoptose ou cytolyse



Rôle antitumoral et anti infectueux

Remarque lymphocytes T8 ?



Macrophage et lymphocyte contre un streptocoque

?????

Quels Globules blancs peuvent :

Produire des anticorps ? **Lymphocytes B**

S'attaquer aux parasites de l'organisme et les détruire ?

Granulocytes Éosinophiles

Augmenter la perméabilité des capillaires sanguins ?

Granulocytes Basophiles

Détruire des cellules infectées par un virus ? **Lymphocytes T8**

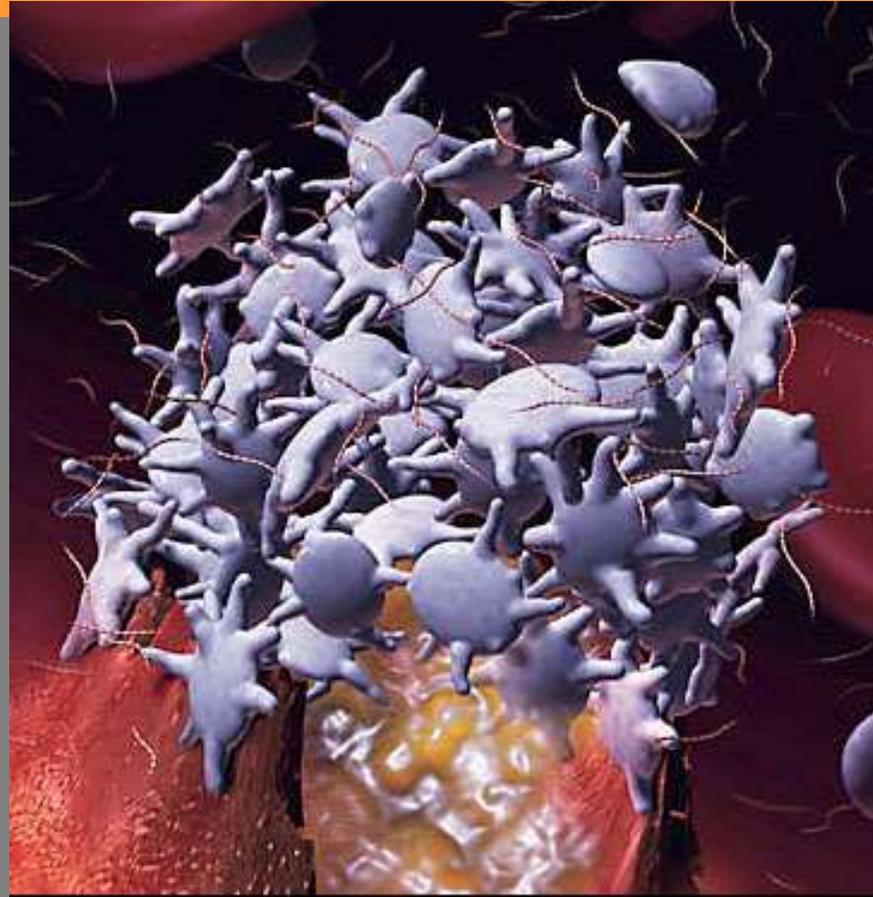
Détruire les débris cellulaires de l'organisme ? **Monocytes**

Permettre à l'organisme de réagir rapidement contre un antigène rencontré 10 ans auparavant ? **Lymphocytes B Mémoires**

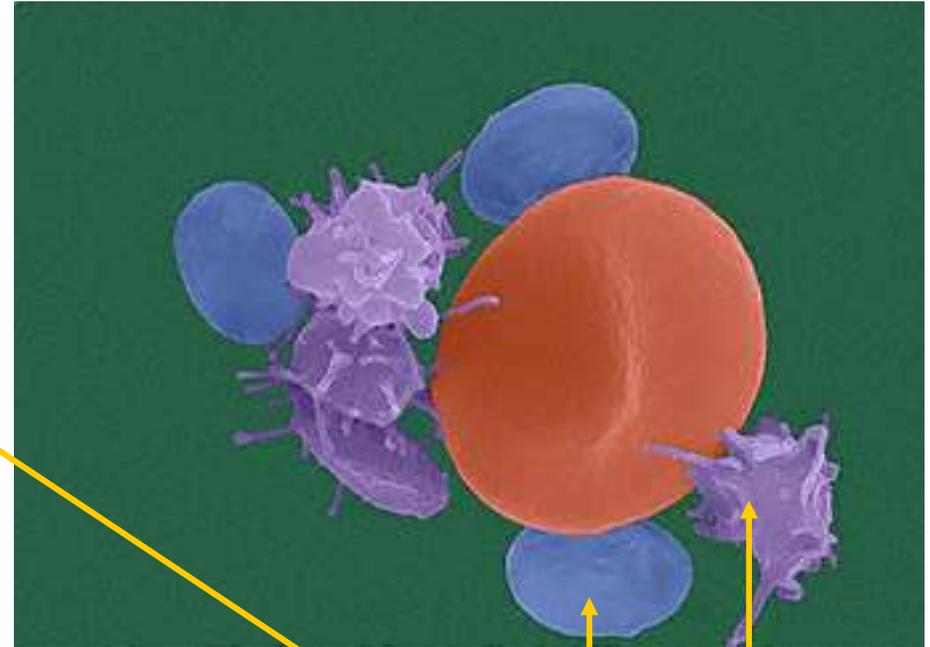
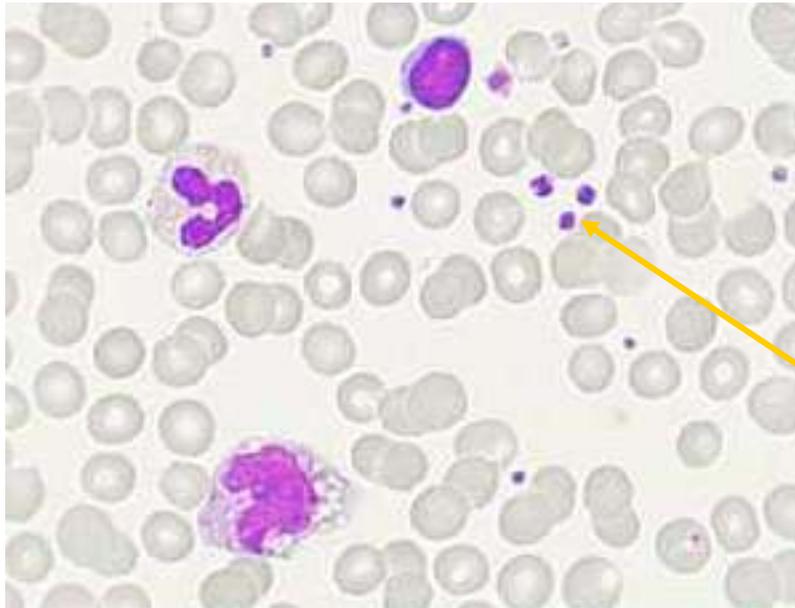
S'attaquer en premiers à une bactérie dans un tissu ?

Granulocytes Neutrophiles

LES PLAQUETTES



Plaquettes



Petits fragments de cellules (anucléées) de 2 à 4 μm

150 000 à 400 000 / μl de sang

↑ Thrombocytose

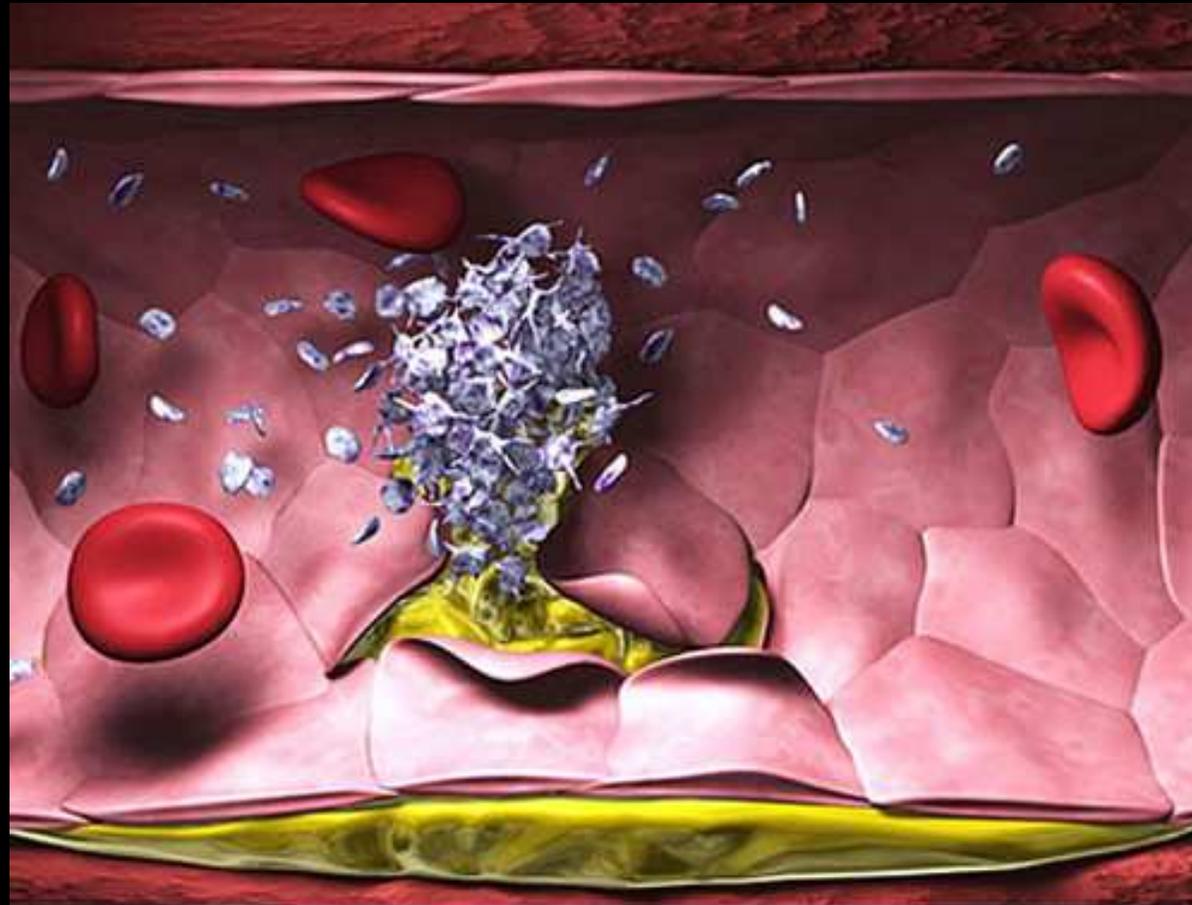
↓ Thrombopénie

Plaquettes

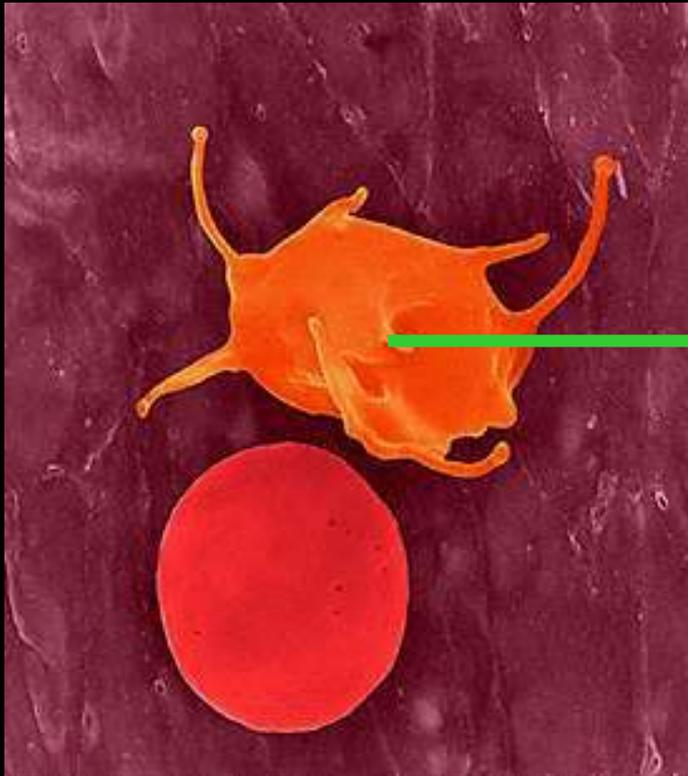
Durée de vie : 10 - 12 jours

Synthèse : Moelle osseuse (Thrombopoïèse) Destruction : rate

Rôle : Hémostase (réparation des lésions des vaisseaux sanguins)



**Agrégation des plaquettes
lors du colmatage d'un
vaisseau sanguin lésé**



Ca^{++}

Sérotonine

PDGF

ATP

Fibrinogène

Rôles
Dans
l'hémostase

QUELS SONT LES ROLES DU SANG ?



ROLES DU SANG



A) Transport des gaz respiratoires

(Hématies pour O₂ et Plasma pour CO₂)

B) Transport des déchets (Urée...)

C) Nutrition (apport d'eau et de nutriments à toutes les cellules)

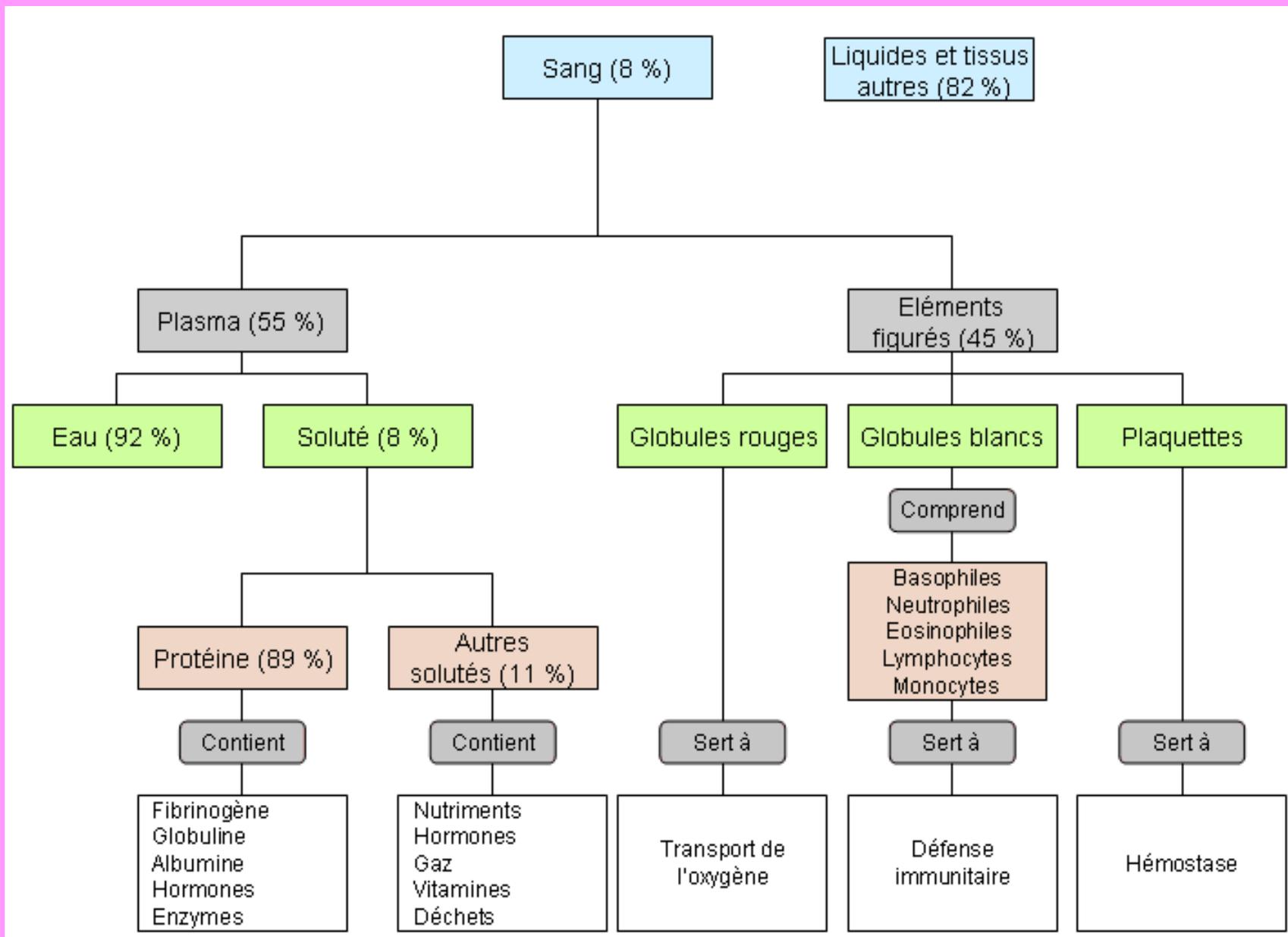
D) Immunité (Globules blancs défenseurs de l'organisme)

E) Identité biologique (Agglutinogènes des groupes sanguins sur la membrane des hématies)

F) Communication au sein de l'organisme (Transport d'hormones et de facteurs divers)

G) Thermorégulation (Échanges thermiques avec le milieu extérieur)

H) Pouvoir tampon (ions bicarbonates, phosphates, hémoglobine...)



Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

