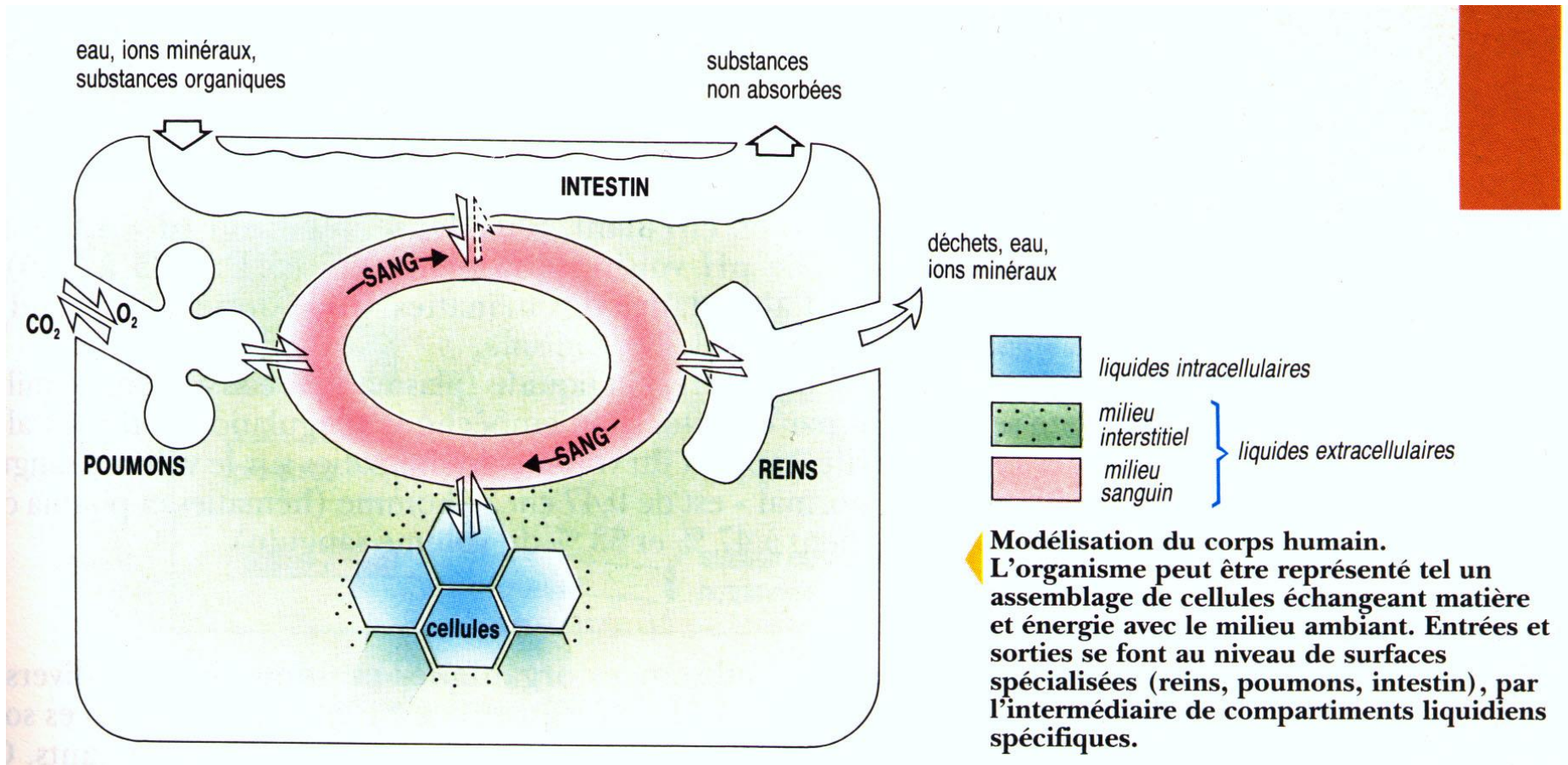


Chap 2 : Homéostasie, milieu intérieur et sang

I/ Notion de milieu intérieur

1) Modélisation du corps humain : compartiments et zones d'échanges



2) les liquides de l'organisme

➤ Les LEC, liquides extracellulaires

1/3 de l'eau du corps

- LEC vasculaires (plasma et lymphe canalisée)
- LEC extravasculaires (lymphe interstitielle)
- LEC transcellulaire (humeur aqueuse et vitrée de l'œil, synovie articulation, LCR liquide céphalo-rachidien)

➤ les LIC = cytoplasme = 2/3 eau corps

3) Notion de MILIEU INTERIEUR :

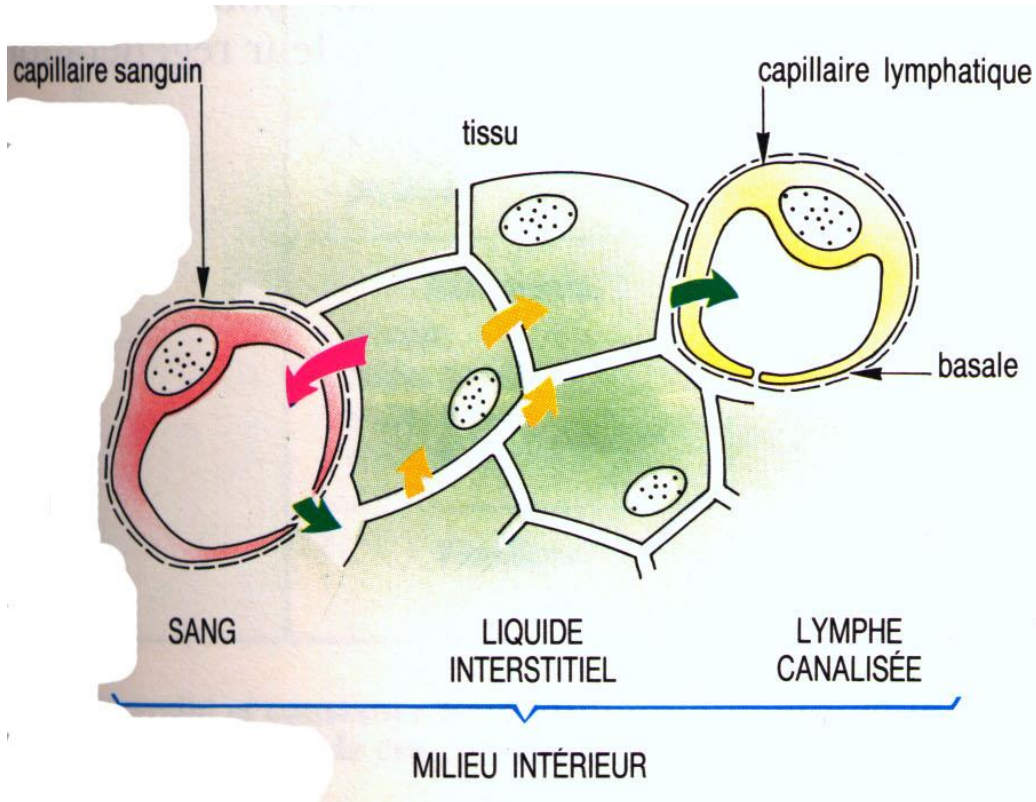
Chez les organismes pluricellulaires, les cellules vivent dans un environnement stable, favorable à leur survie = milieu intérieur.

- *Au sens strict* : liquide dans lequel baignent les cellules
= **liquide interstitiel** (ou lymphe interstitielle)
- *Au sens large* : ensemble des **liquides extracellulaires**
= liquide interstitiel + plasma sanguin + lymphe canalisée
(1/3 de l'eau totale de l'organisme)

Lien entre cellules et milieu extérieur : **SANG**

➤ Le milieu intérieur

= milieu de vie des cellules, dans lequel elles baignent



➡ *réabsorption*

➡ *filtration*

➡ *diffusion*

Le milieu intérieur correspond à l'ensemble des liquides extracellulaires circulant dans le corps.

Les échanges sont permanents entre les trois compartiments liquidiens qui le constituent.

II/ concept d'HOMEOSTASIE

= Capacité de l'organisme à maintenir la stabilité du milieu intérieur malgré les variations constantes de l'environnement.

Il s'agit d'un état d'équilibre dynamique dans lequel les conditions internes peuvent varier mais toujours dans des limites étroites autour de **valeurs cibles** compatibles avec la vie.

4) CONSTANTES REGULEES du milieu intérieur

= composition et caractères physico-chimiques du sang

- Glycémie
- Pression partielle en O₂ et CO₂
- Natrémie, kaliémie, chlorémie / volémie

→ ***équilibre hydro-minéral***

- Calcémie → ***équilibre phospho-calcique***
- Température sanguine
- pH sanguin → ***équilibre acido-basique***
- pression sanguine (pression artérielle)

Mécanismes de régulation

- Récepteur détectant une variation anormale du paramètre régulé
- Centre de traitement de l'information
- Déclenchement d'une réponse corrective
 - ✓ par voie hormonale
 - ✓ par voie nerveuse

• SYSTEMES DE REGULATION

La coordination entre les différents appareils permettant de réaliser l'homéostasie est dirigée par deux grands systèmes de régulation:

- **SYSTÈME NERVEUX**

- **SYSTÈME ENDOCRINIEN**

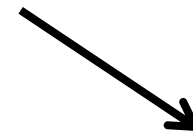
Boucle de régulation:

Stimulus

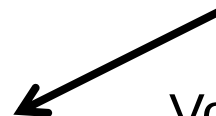
= Perturbation d'un paramètre régulé

- - - ->

Récepteur



Centre intégrateur



Voie hormonale
et/ou voie nerveuse

Réponse

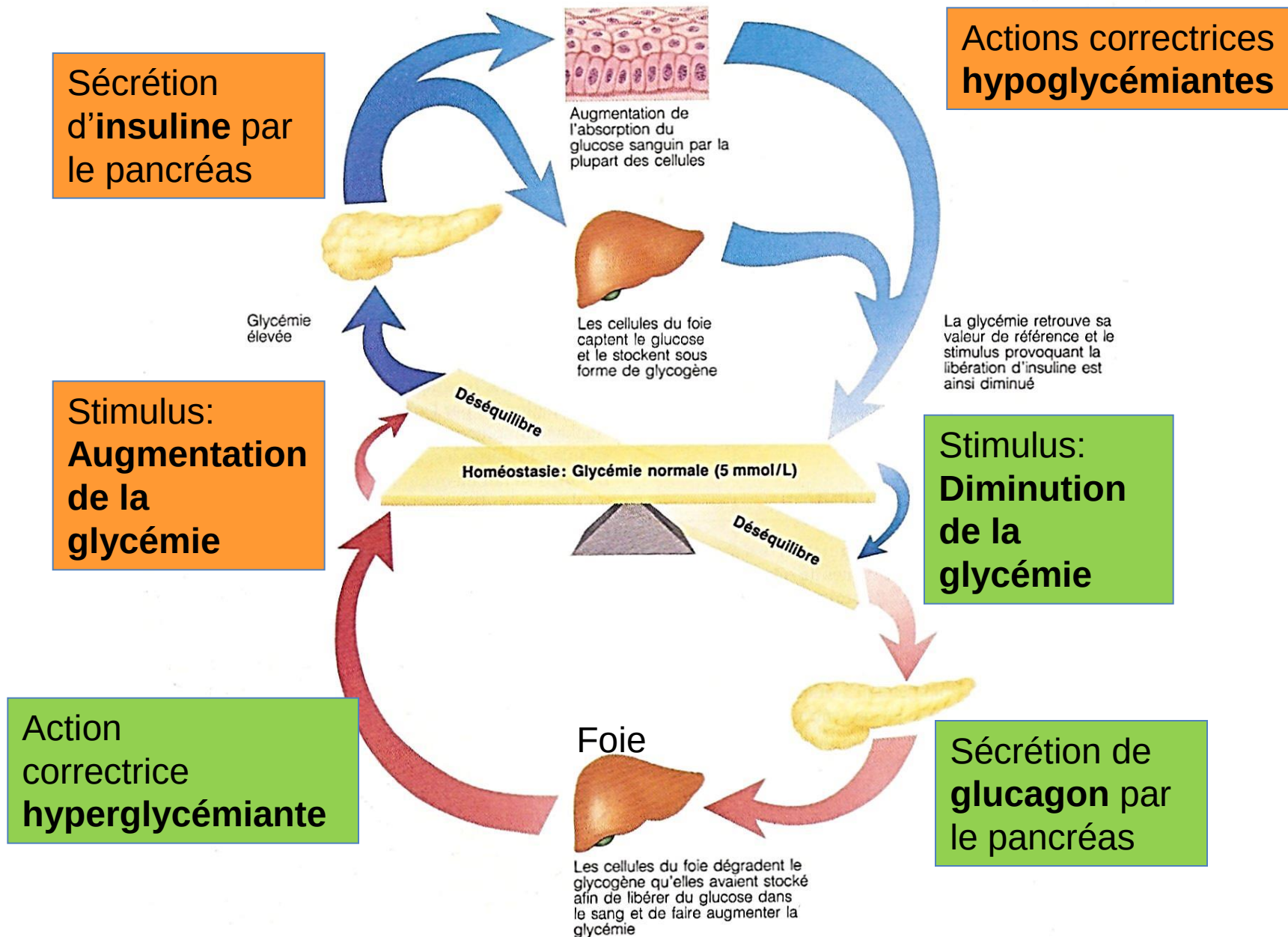
= Action corrective de la perturbation de départ

< - - - -

Effecteur

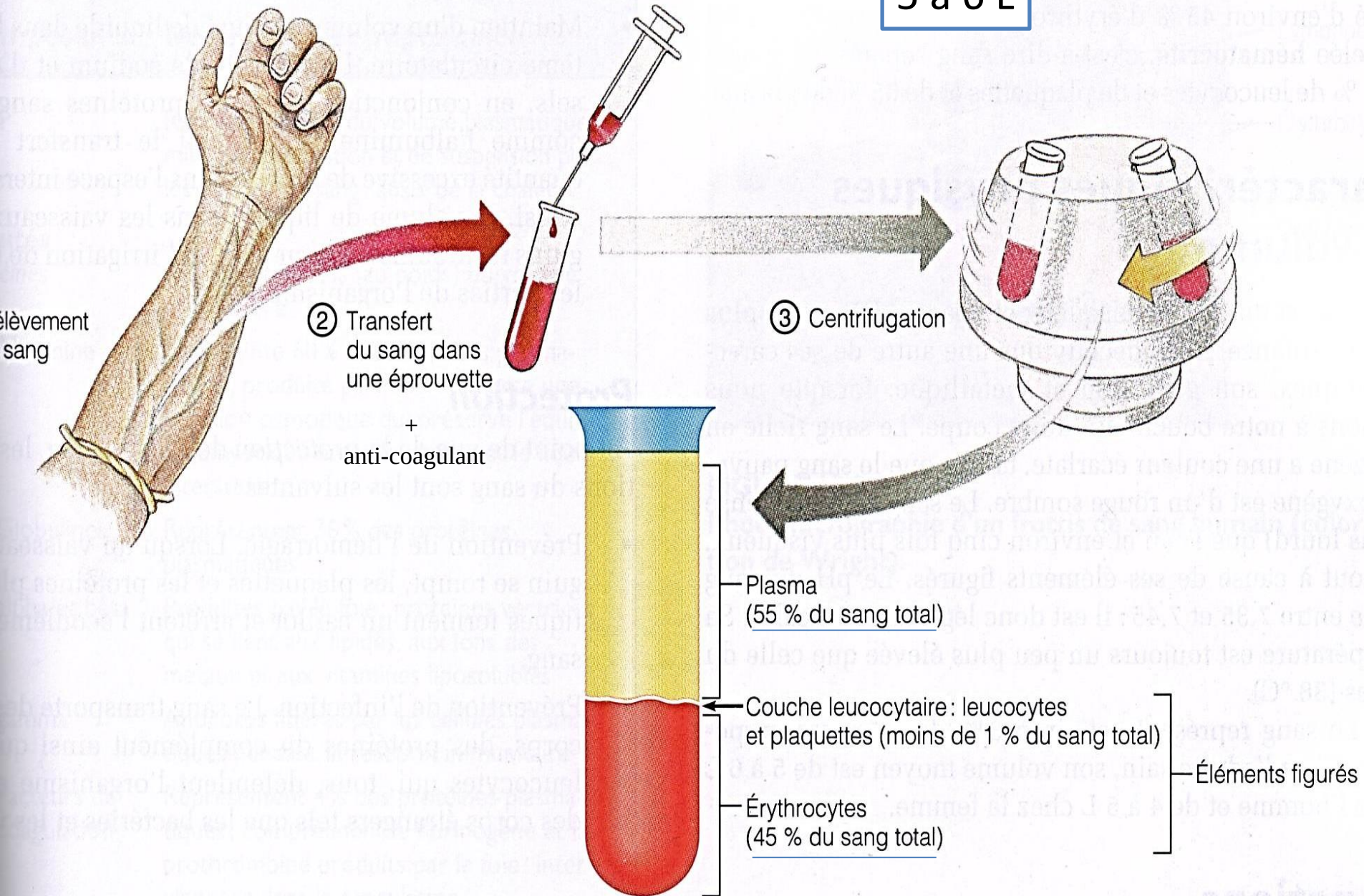
Ex : Régulation de la glycémie par le pancréas

Doc 4



III/ Le SANG

5 à 6 L



1) Généralités : plasma et cellules

**Avant
sédimentation**

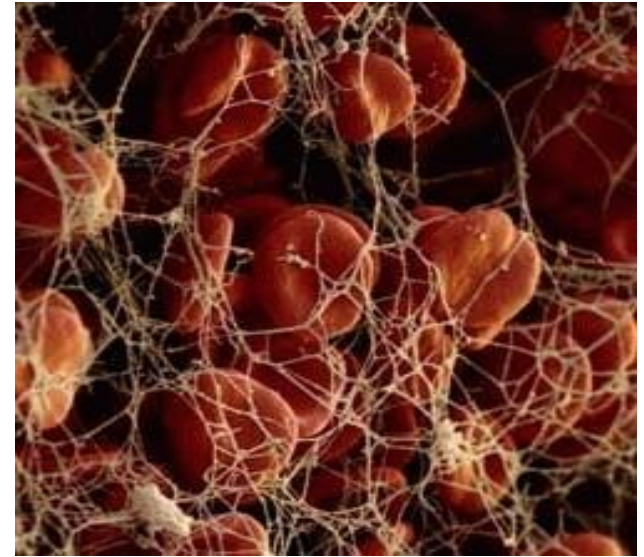


**Après
sédimentation
ou
centrifugation**

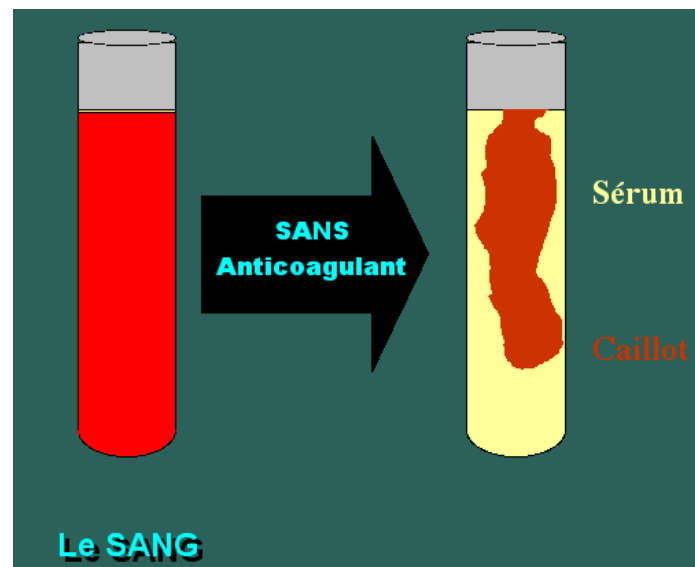
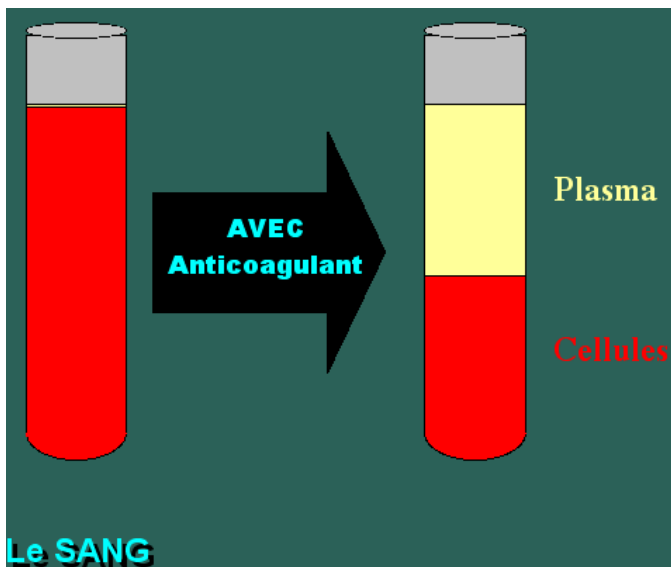
Sang prélevé avec anticoagulant

2) Plasma / Sérum

Le sérum s'obtient en laissant coaguler le sang, il diffère du plasma par l'absence d'une protéine de coagulation, le fibrinogène.

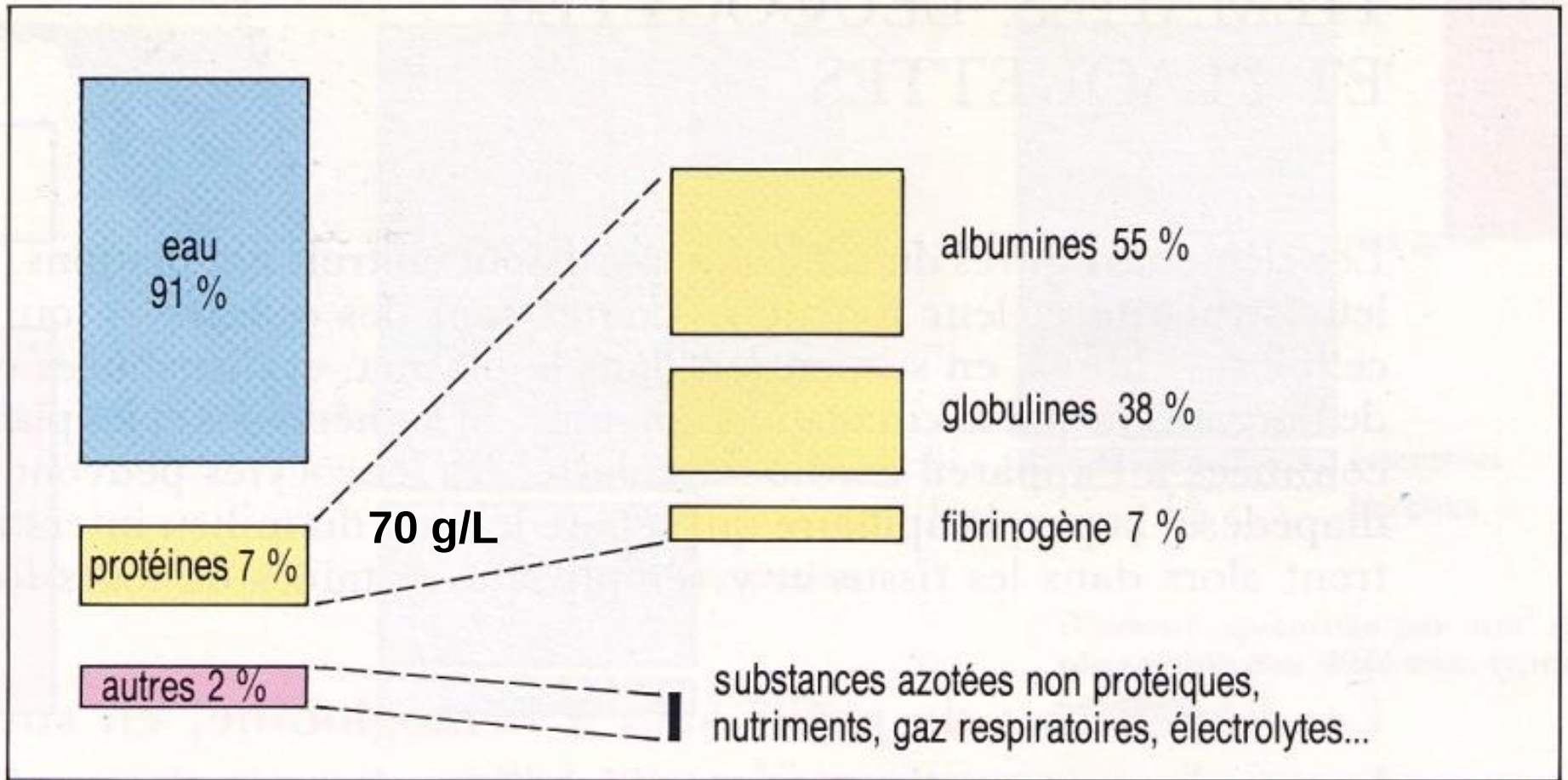


Caillot
= Cellules + réseau de fibrine



3) LE PLASMA 3 L

Doc 10



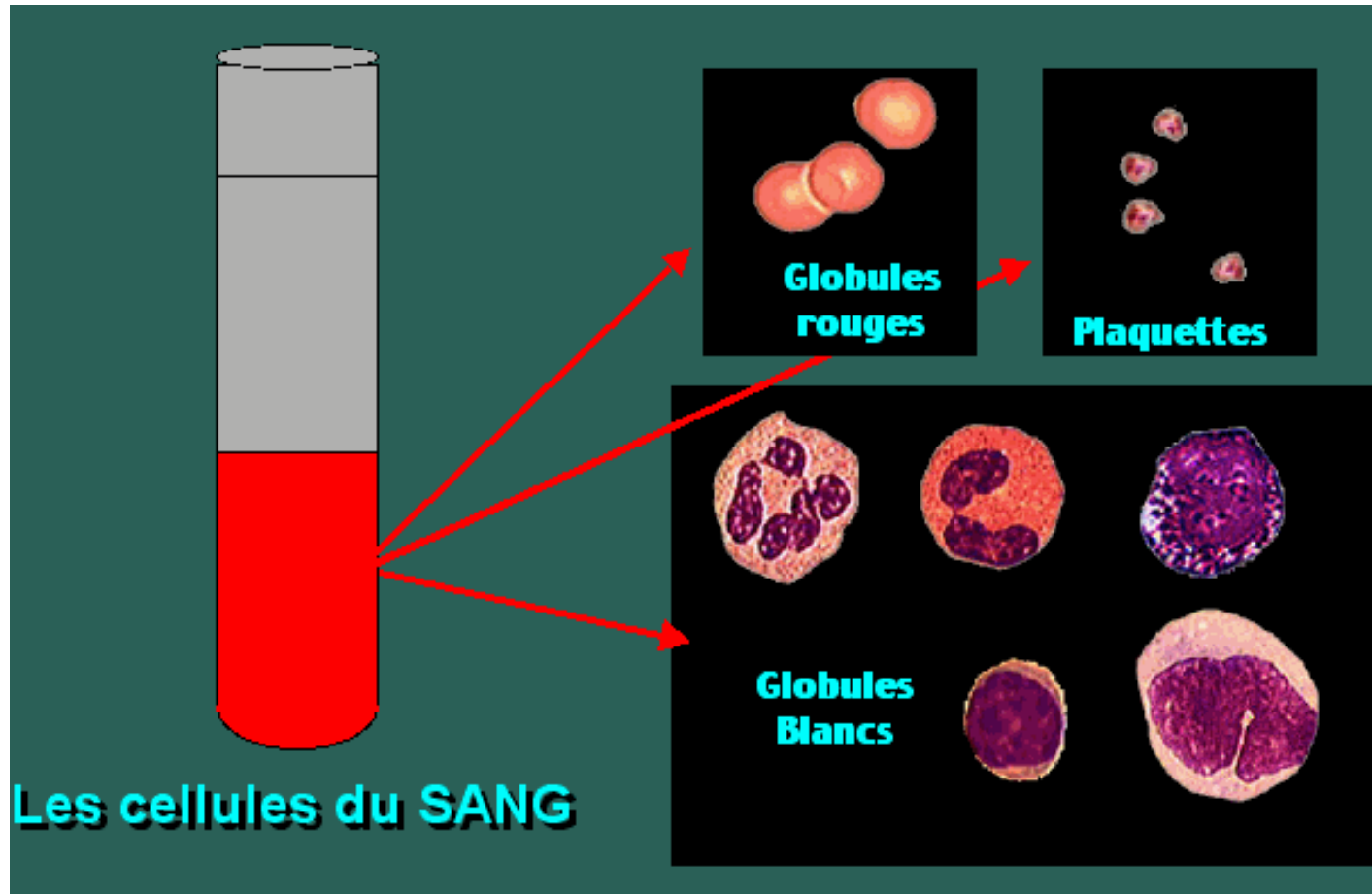
▲ Constituants du plasma.

Les chiffres indiquent les pourcentages de la masse plasmatisque.

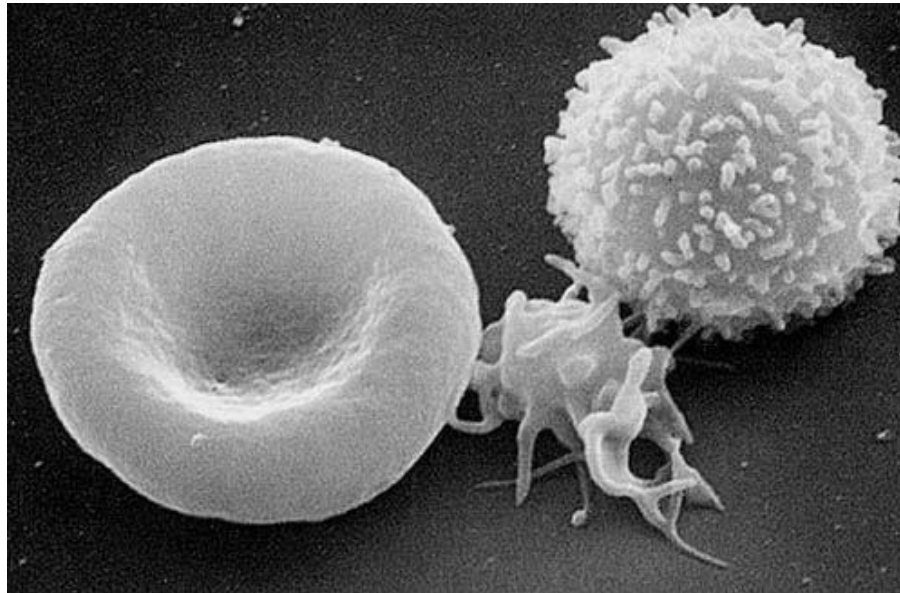
COMPOSANT		QUANTITÉ OU CONCENTRATION	PRINCIPALE(S) FONCTION(S)
SOLVANT	Eau	91 % (en masse du plasma)	solvant et ionisant ; milieu de diffusion, de suspension et de transport des autres composants ; rôle thermique
SOLUTÉS	Gaz respiratoires – CO ₂ – O ₂	2 ml.100 mL ⁻¹ 0,2 ml.100 mL ⁻¹	déchet métabolique substrat respiratoire
	Électrolytes minéraux – cations Na ⁺ K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ – anions Cl ⁻ HCO ₃ ⁻ HPO ₄ ⁻ SO ₄ ²⁻	142 mEq.L ⁻¹ 5 mEq.L ⁻¹ 5 mEq.L ⁻¹ 3 mEq.L ⁻¹ 103 mEq.L ⁻¹ 27 mEq.L ⁻¹ 2-3 mEq.L ⁻¹ ≈ 6 mEq.L ⁻¹	maintien de la pression osmotique, du volume sanguin, du pH... établissement des potentiels de membrane et de leurs possibles variations... rôles spécifiques (coagulation, etc.)
	Protéines – albumines – globulines – fibrinogène	4,5 g.100 mL ⁻¹ 2,5 g.100 mL ⁻¹ 0,25 g.100 mL ⁻¹	viscosité du sang, maintien du pH, de la pression osmotique, du volume sanguin... transporteurs plasmatiques, anticorps, facteurs de coagulation... précurseurs enzymatiques...
	Substances azotées non protéiques – urée – acide urique – créatinine	30 mg.100 mL ⁻¹ 5 mg.100 mL ⁻¹ 1 mg.100 mL ⁻¹	déchets du métabolisme
	Substances « régulatrices » – hormones protéiques – hormones stéroïdes – peptides	< 0,2 mg.100 mL ⁻¹	régulation et intégration des grandes fonctions
	Nutriments – glucose – acides aminés – lipides totaux – cholestérol	85 mg.100 mL ⁻¹ 40 mg.100 mL ⁻¹ 500 mg.100 mL ⁻¹ 200 mg.100 mL ⁻¹	substrats métaboliques
	Vitamines	< 2,5 mg.100 mL ⁻¹	bon fonctionnement des organes et de l'organisme

Diversité et constance des constituants plasmatiques. Les chiffres indiqués sont des moyennes des quantités ou des concentrations de ces constituants, chez un individu standard et sain de 70 kg.

4) Les cellules sanguines ou éléments figurés



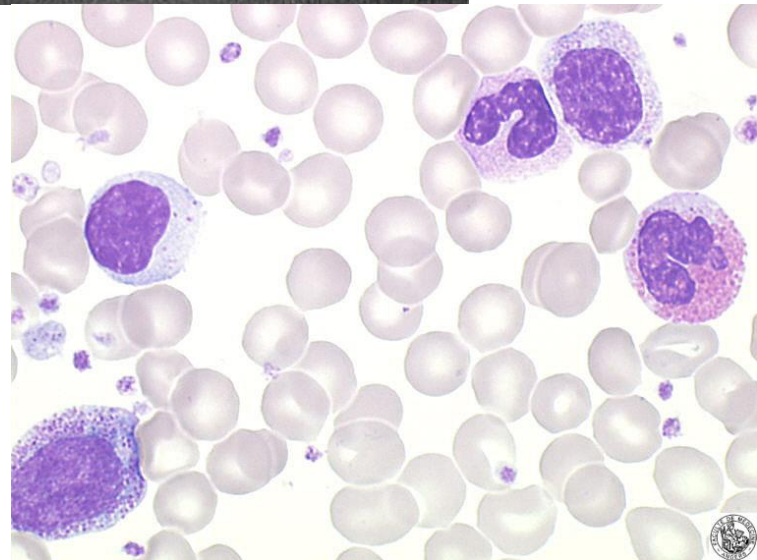
Erythrocyte
(ou globule rouge
ou hématie)



Leucocyte
(ou globule blanc)

Plaquette
(ou thrombocyte)

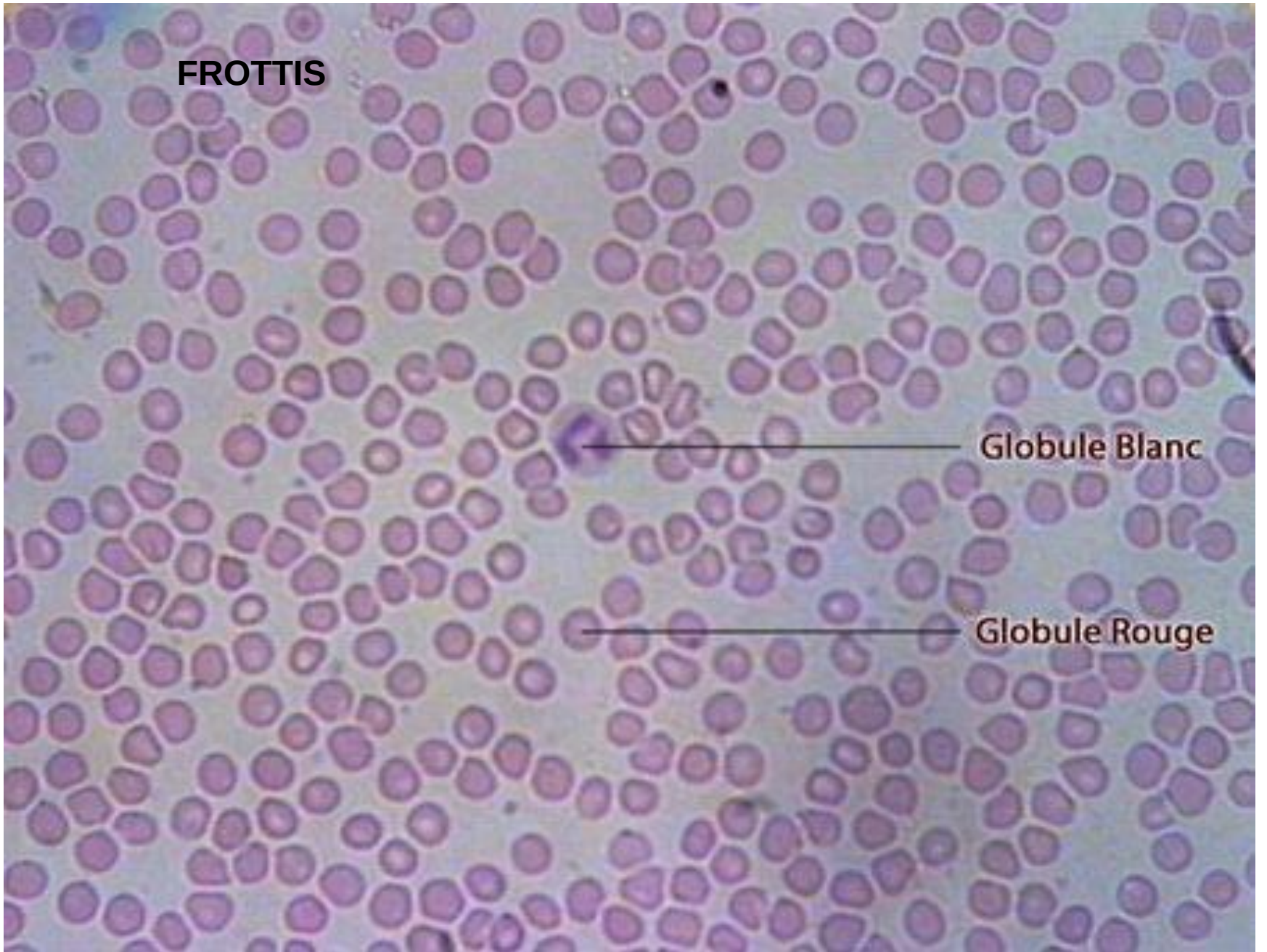
Frottis sanguin
(coloré au MGG)

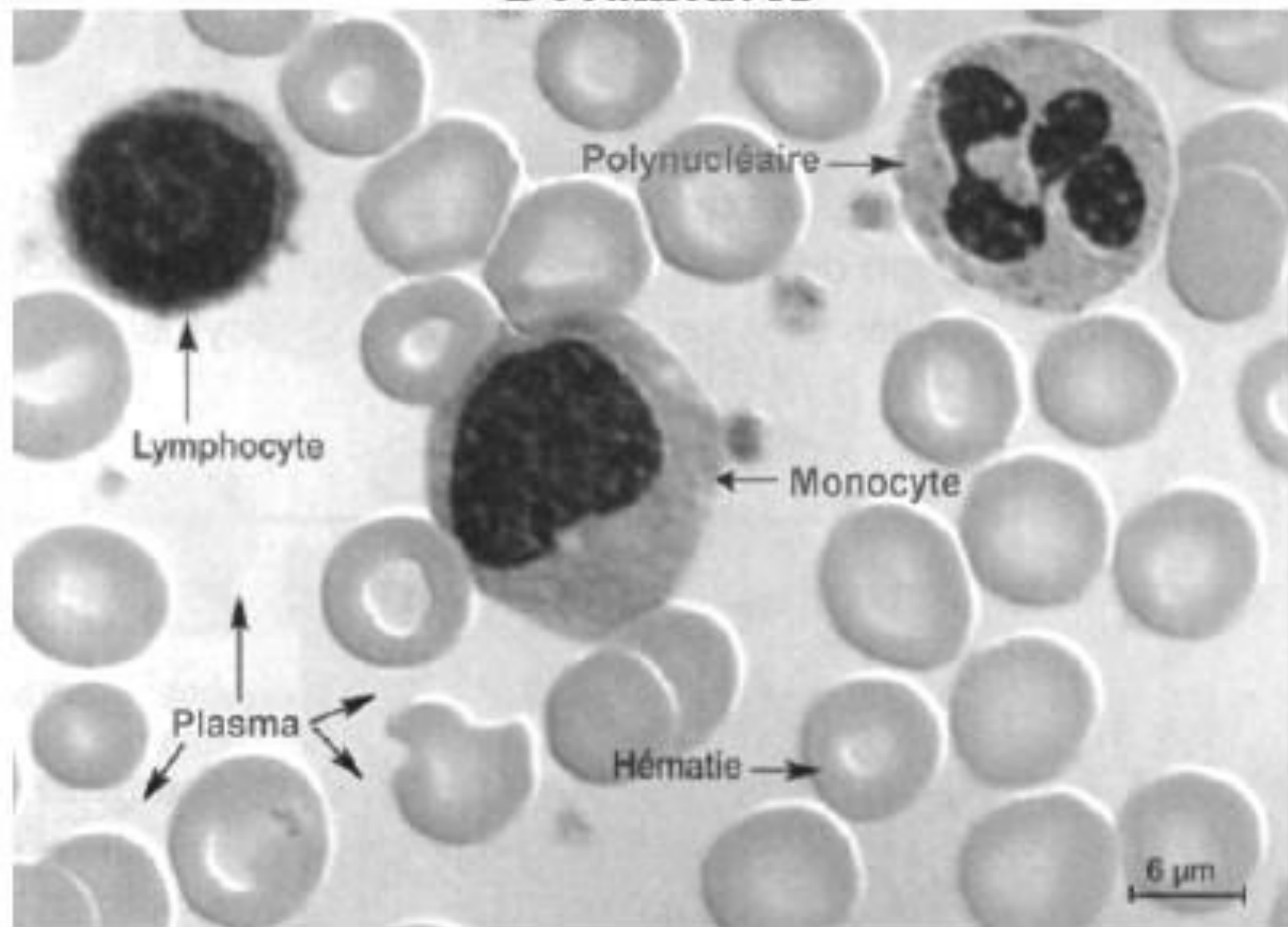


FROTTIS

Globule Blanc

Globule Rouge

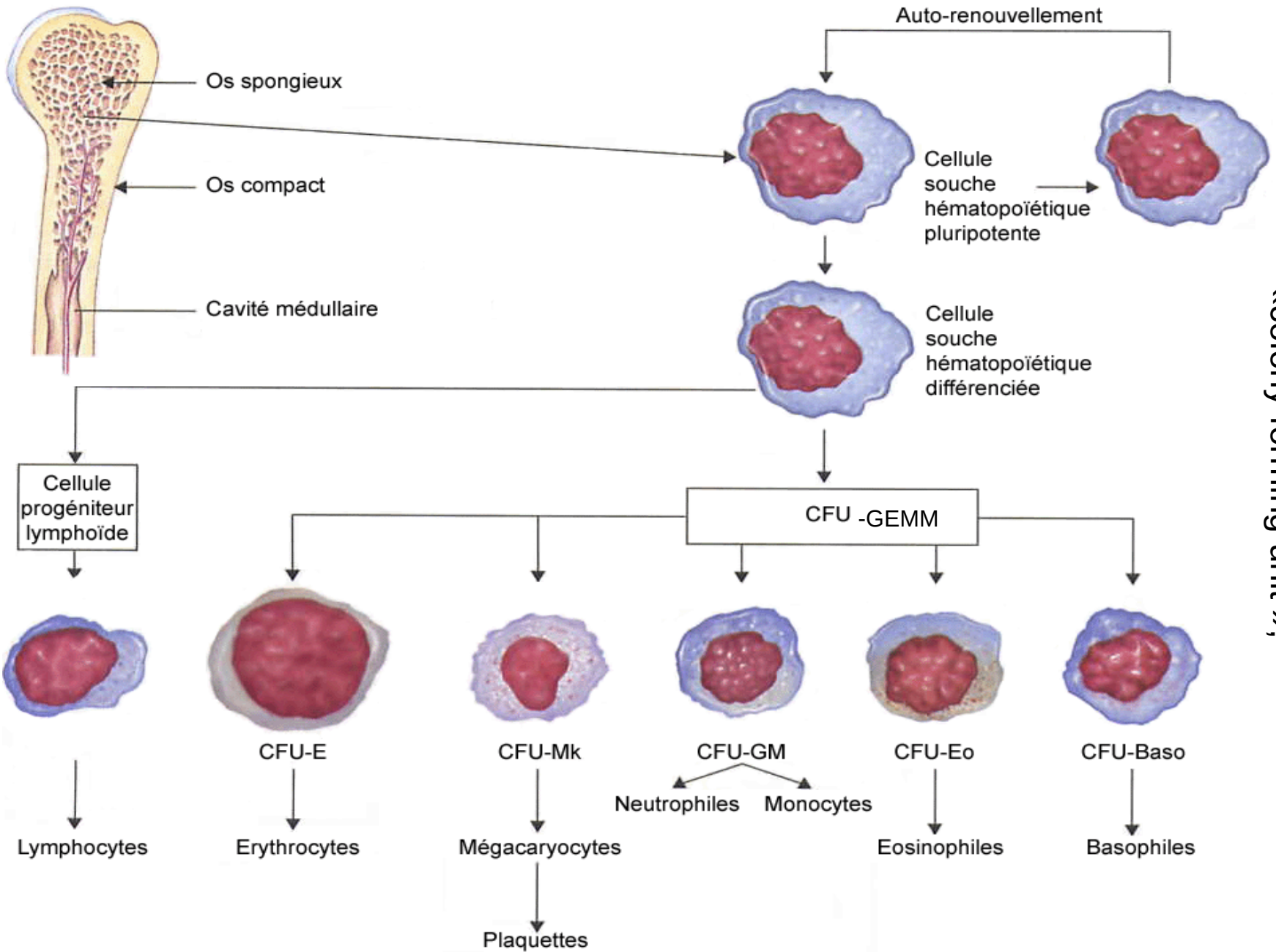




fabrication = hématopoïèse
Dans MOR dans os spongieux

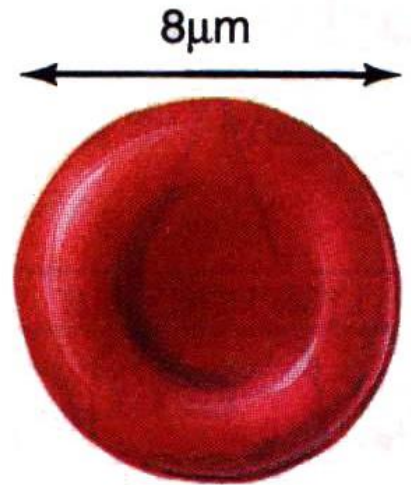


Cellules souches progéniteur CFU précurseurs (blaste)
«colony forming unit»,



4.1. les hématies ou GR ou Érythrocytes

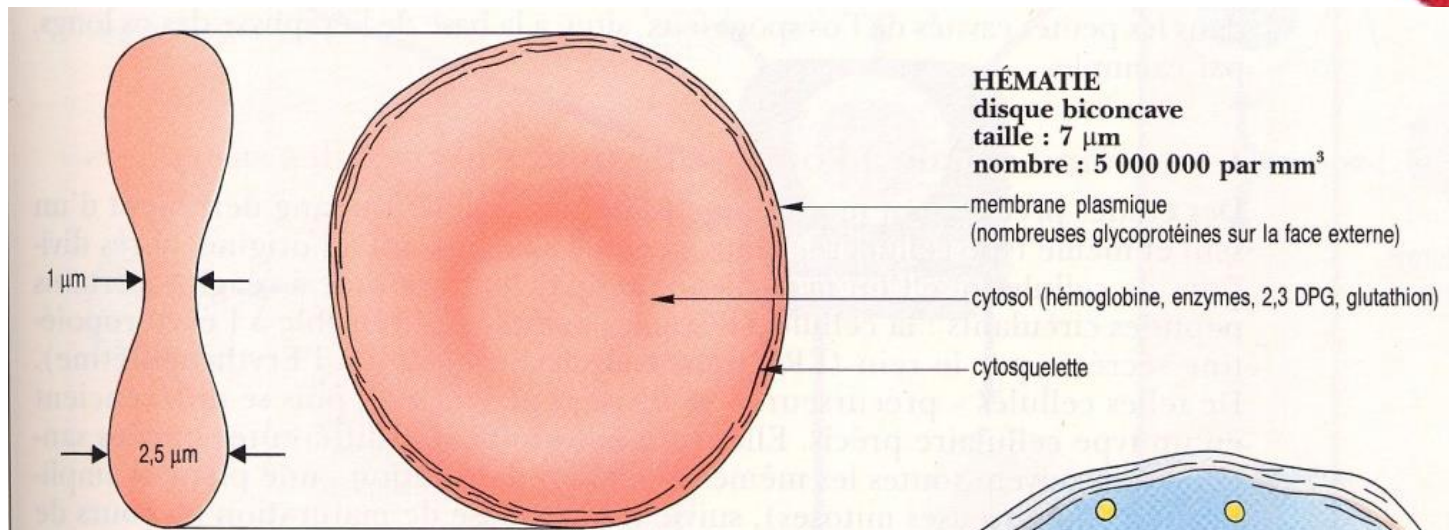
$$\text{Nombre} = 5.10^{12} . \text{L}^{-1}_{\text{sang}}$$



Vue de surface



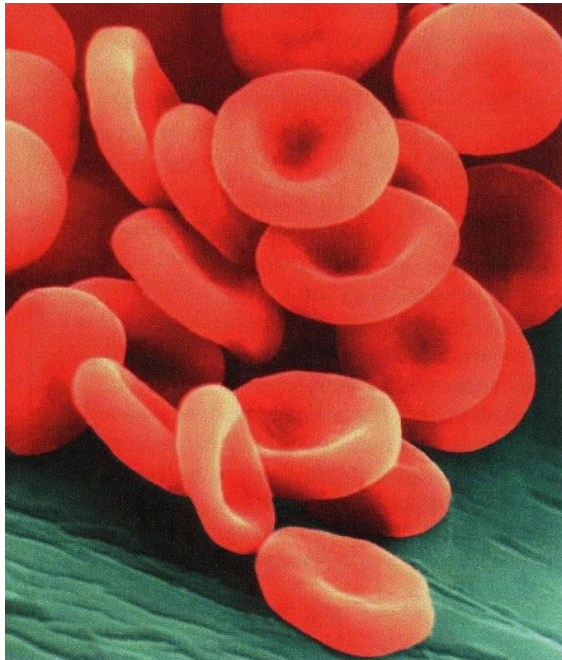
Vue de coupe



Les érythrocytes

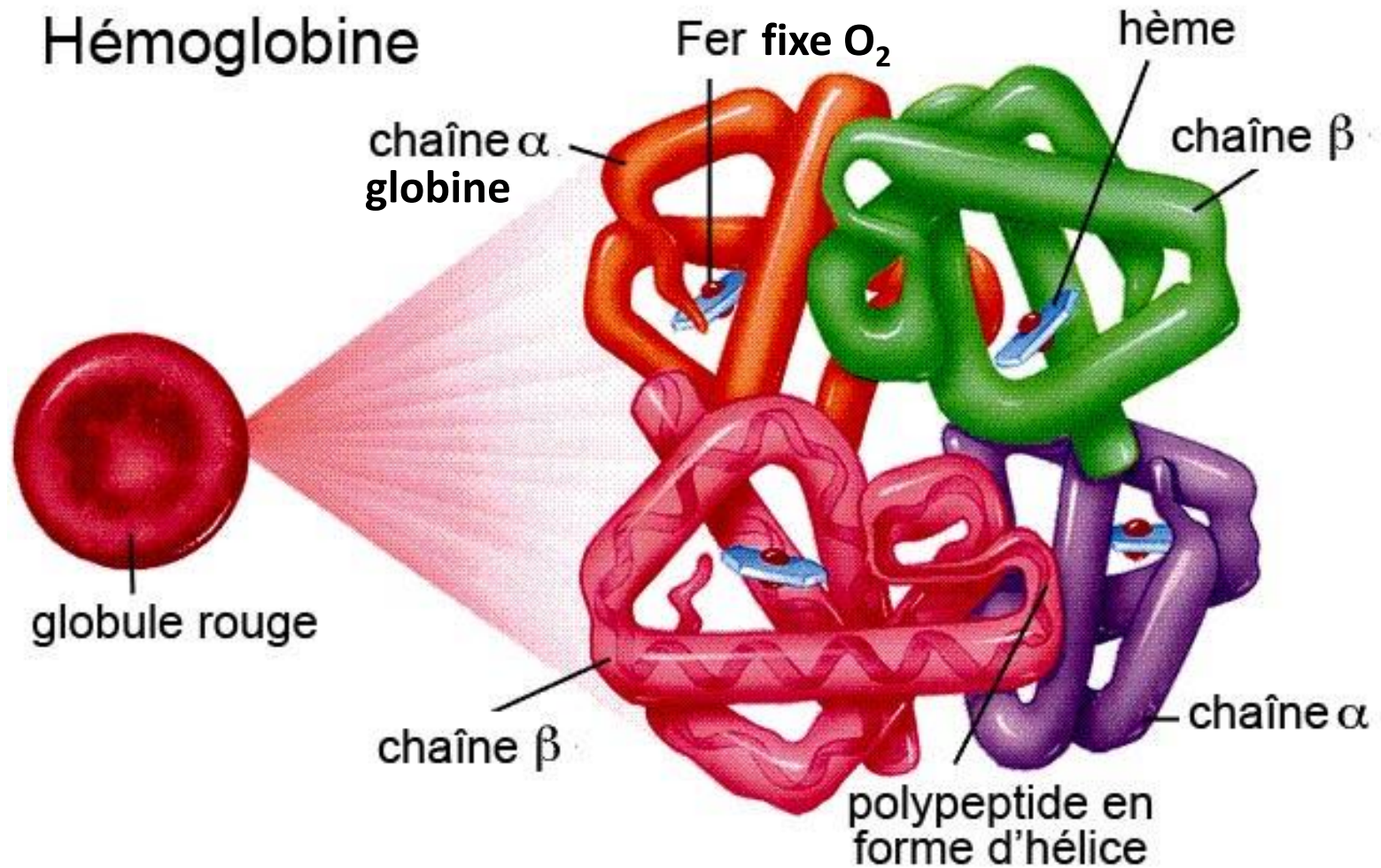
Doc 6

Cellule	Illustration	Description*	Nombre par litre de sang	Durée de développement (D) et de vie (V)	Fonction
ERYTHROCYTES (globules rouges)		- Disques biconcaves anucléés - 7 à 8 μm de diamètre	4 à 6 $\cdot 10^{12}$	D : 5 à 7 jours V : 100 à 120 jours	- Transport des gaz respiratoires (O_2 et CO_2)

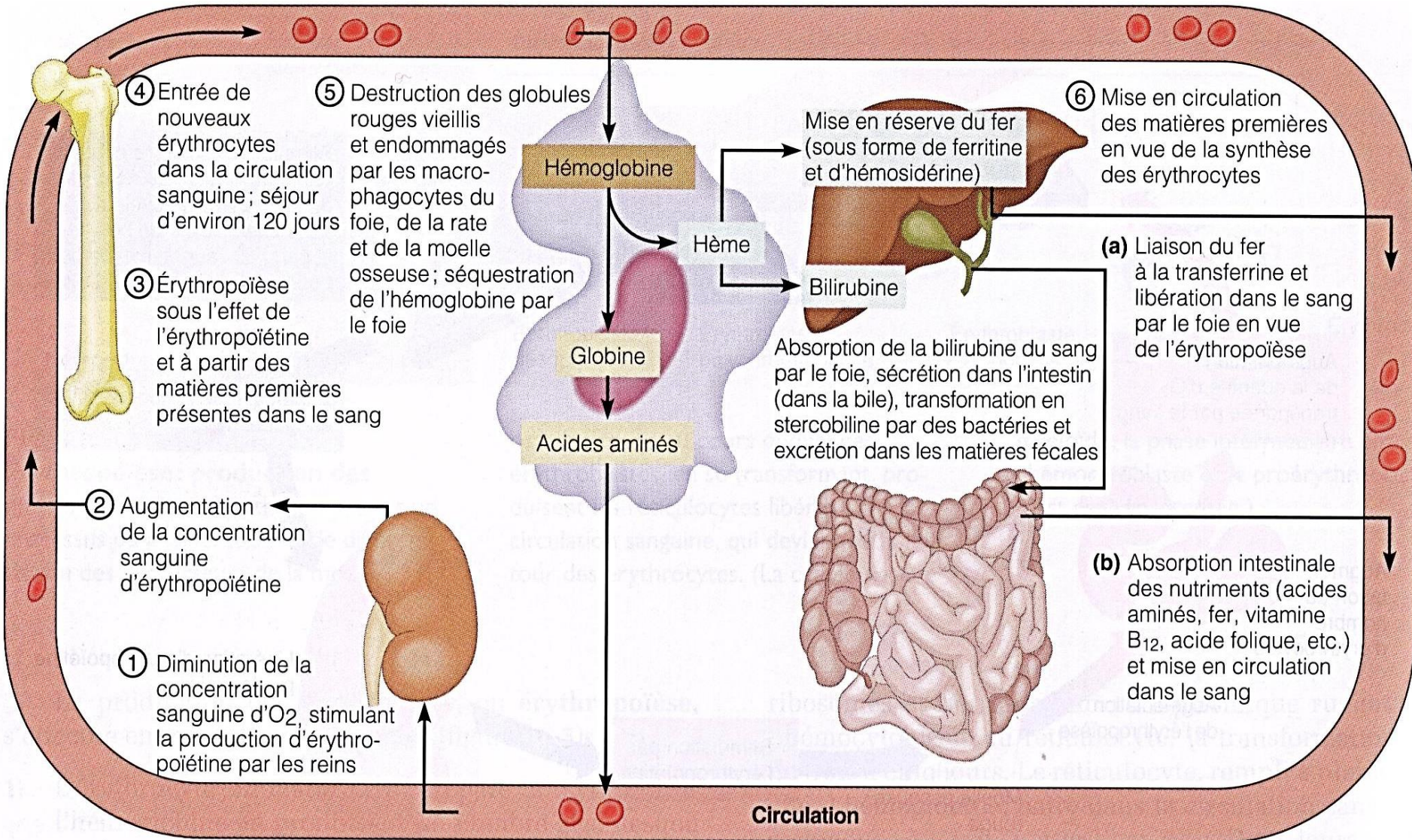


Hématies dans un capillaire sanguin

Doc 7 : Représentation schématique de l'hémoglobine



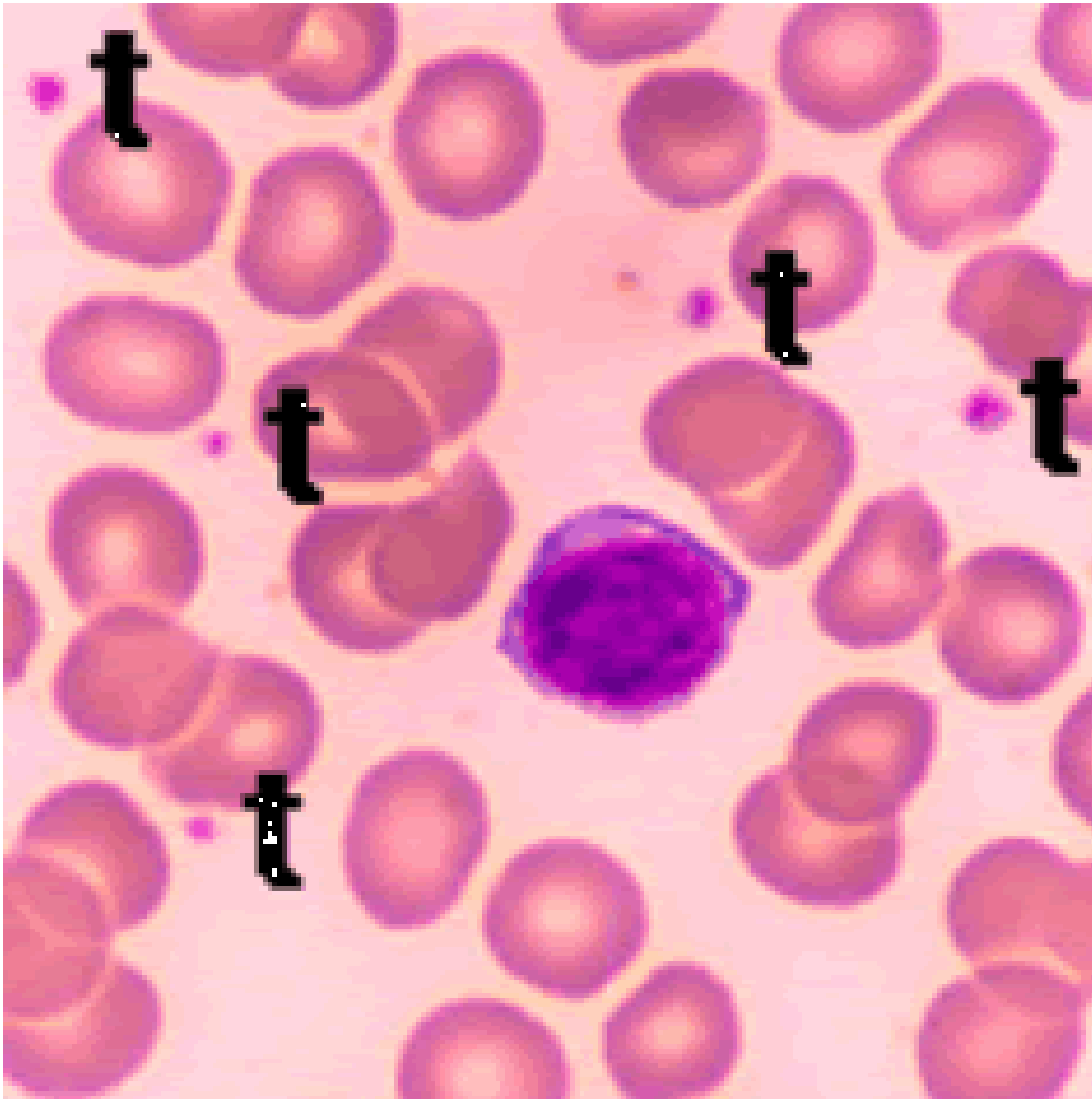
Doc 8: Cycle de vie des globules rouges



Résumé des caractéristiques

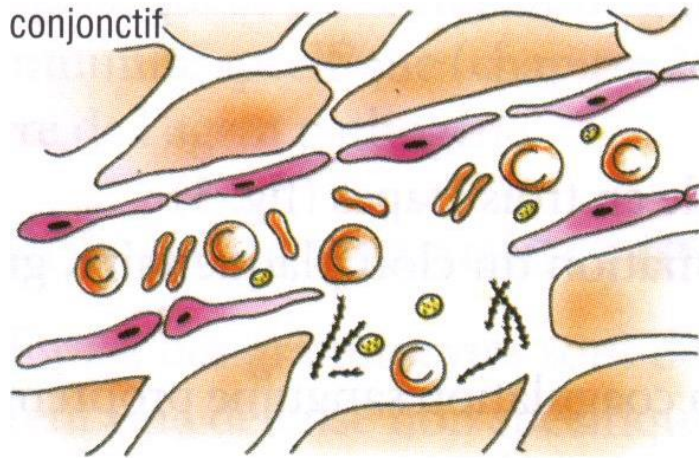
- ❖ Les globules rouges constituent 98% des éléments figurés, soit 5 T.L^{-1} . ou 5 millions par mm^3
- ❖ Épaisseur 7 à 8 μm sur 2 μm .
- ❖ Cellules anucléées.
- ❖ Les globules rouges ont pour rôle de transporter l'oxygène.
- ❖ Leur durée de vie est d'environ 120 jours.
- ❖ Ils contiennent l'hémoglobine, molécule qui leur donne leur coloration rouge et qui se lie à l'oxygène.
- ❖ Érythropoïèse dans MOR, stimulée par érythropoïétine EPO (hormone rénale)
- ❖ Dégradation des GR par rate et foie, recyclage et bilirubine
- ❖ Sensibles à pression osmotique

4.2. les plaquettes ou Thrombocytes

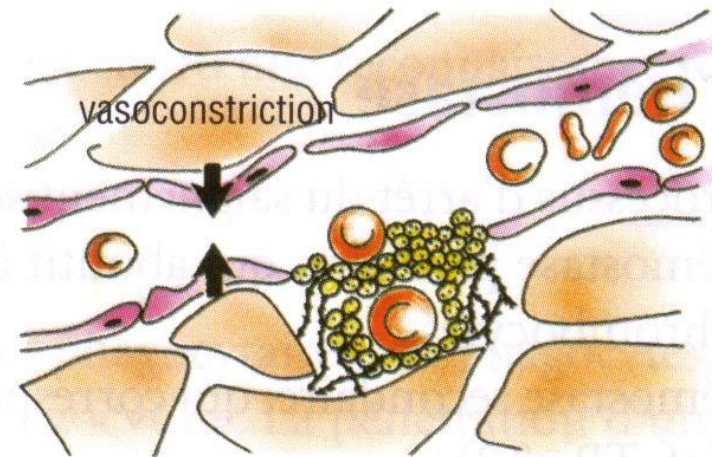


- Fragments de cellules
- Rôle dans l'Hémostase
- Durée vie : moins d'une semaine
- 250 000 par mm^3
soit $250 \cdot 10^9 \text{ L}^{-1}_{\text{sang}}$

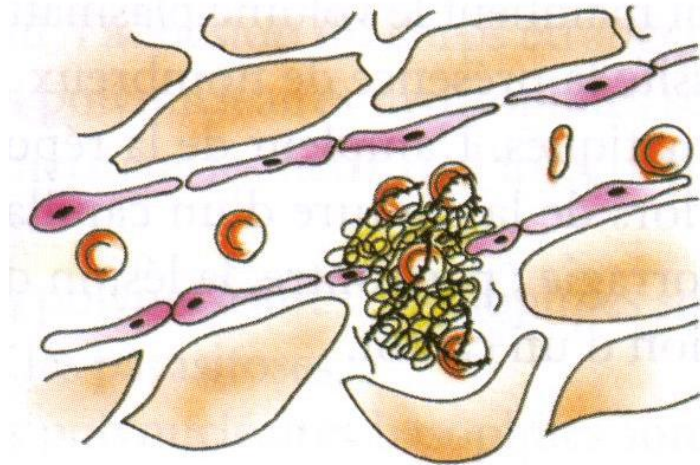
Doc 9 : Les étapes de l'hémostase



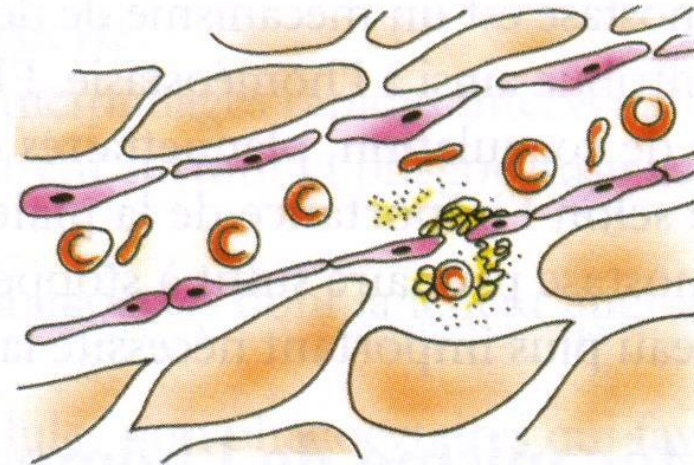
1. Lésion vasculaire. Le collagène du conjonctif est exposé au contenu du vaisseau.



2. Formation du clou plaquettaire après interaction collagène/plaquettes, et spasme vasculaire.



3. Formation du caillot ou coagulation au sens strict et régénération de l'endothélium.



4. Lyse du caillot et rétablissement de la circulation.

 collagène

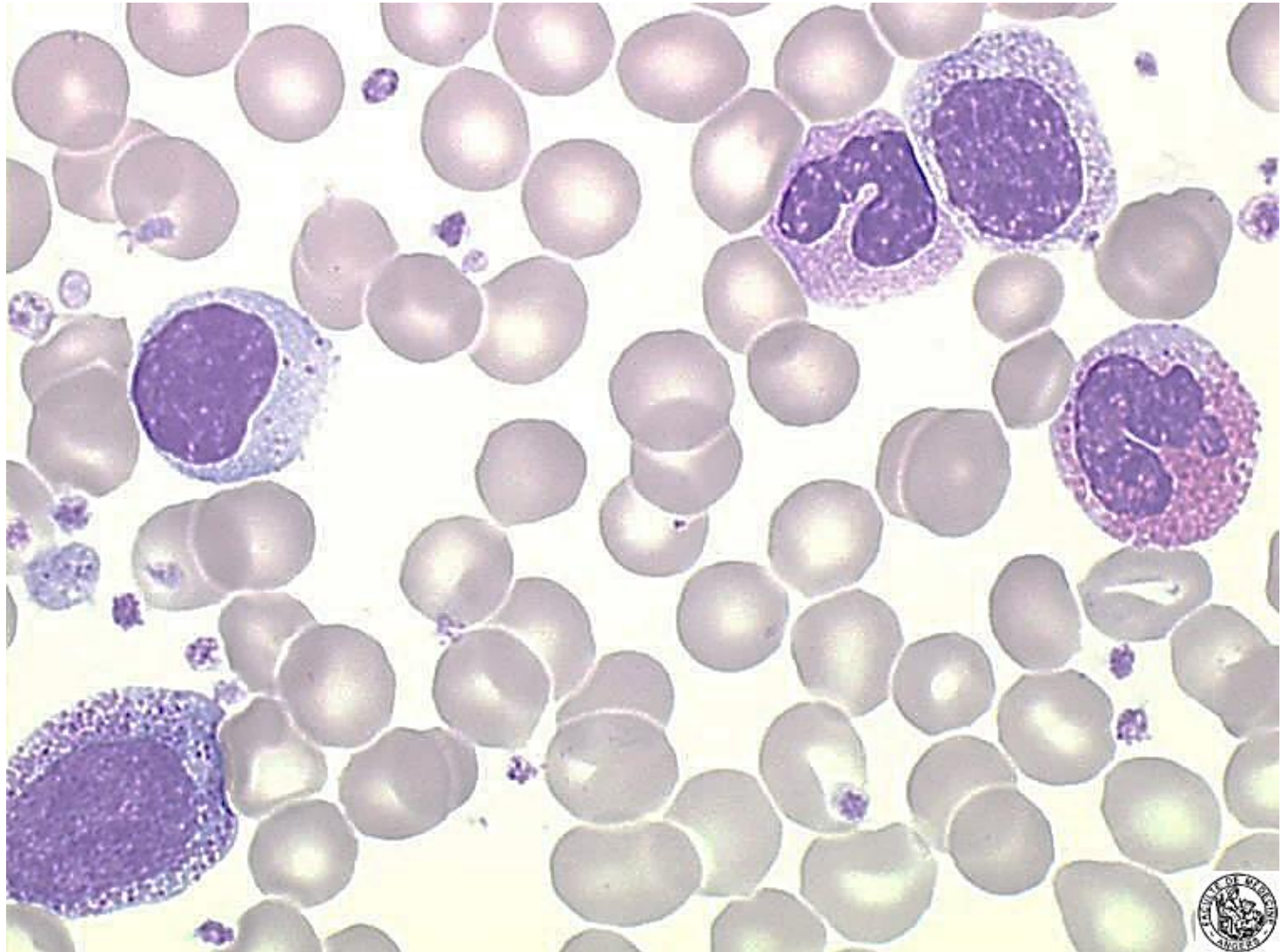
 hématie

 plaquette

 endothélium

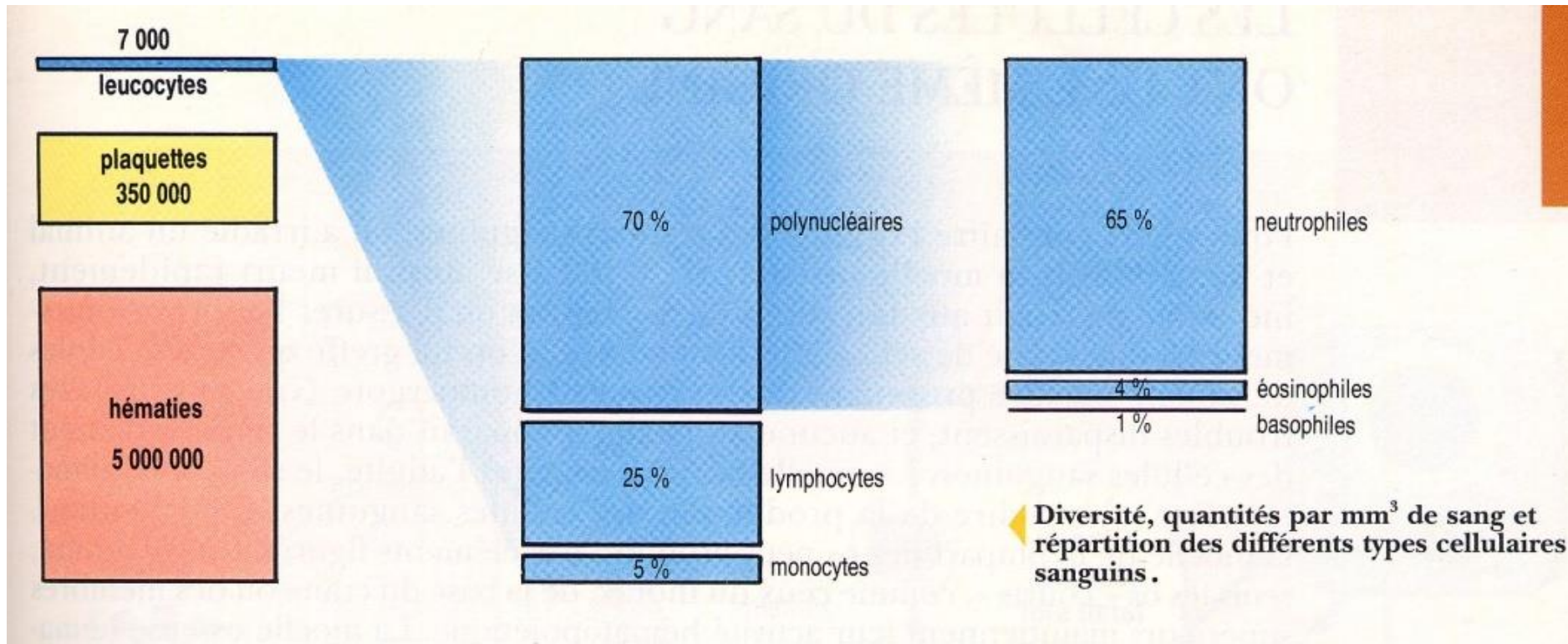
 cellule du
conjonctif

4.3. les GB ou leucocytes



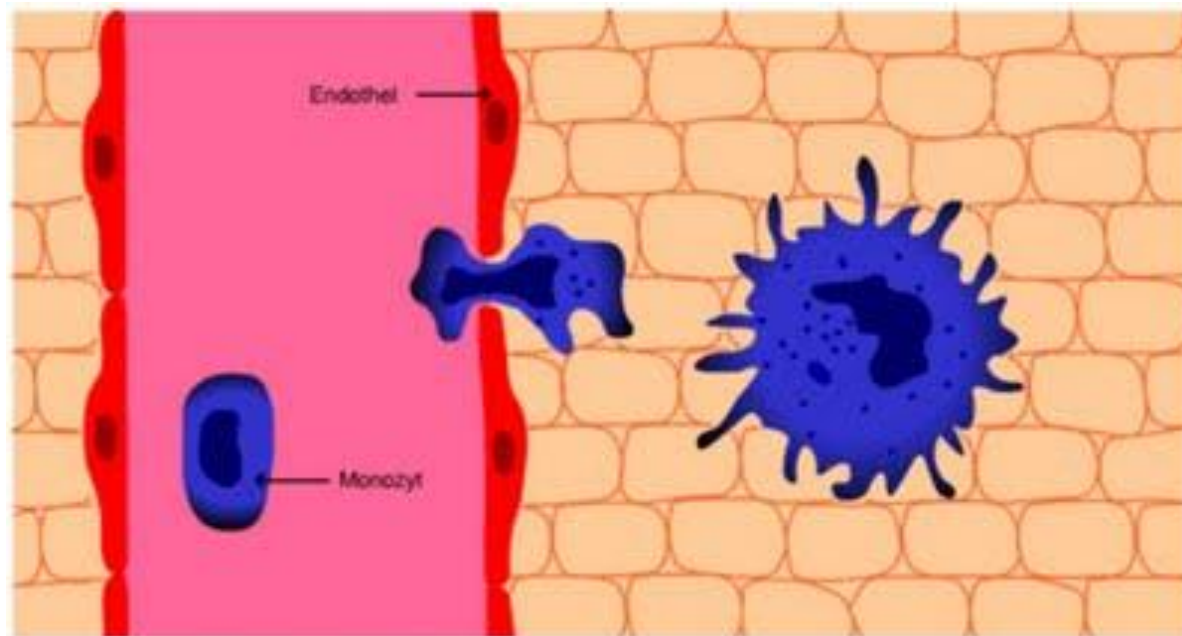
Les leucocytes = protection

Doc 6



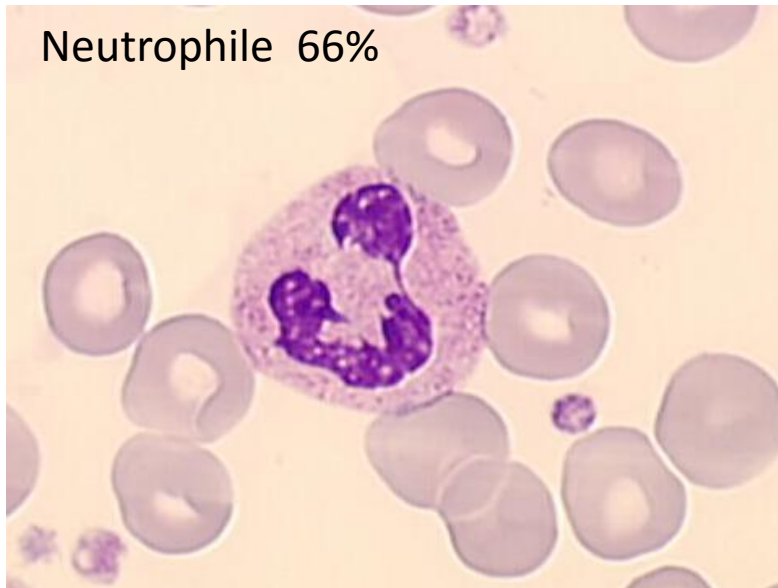
Caractéristiques communes

- 7000 par mm^3 soit $7 \cdot 10^9 \text{ L}^{-1}_{\text{sang}}$
- Rôle dans défense immunitaire
- Possède noyau (durée vie longue)
- Capable sortir du sang par diapédèse, donc **présent dans de nombreux tissus**

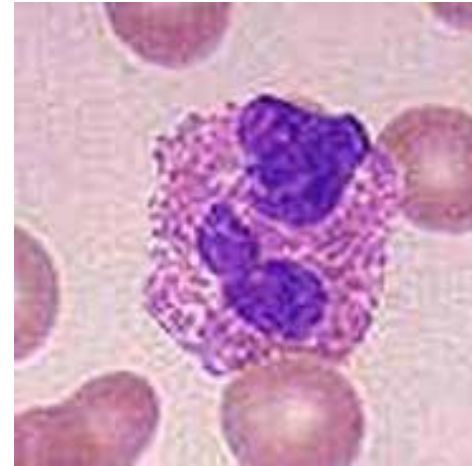


a- les granulocytes- polynucléaires 70%

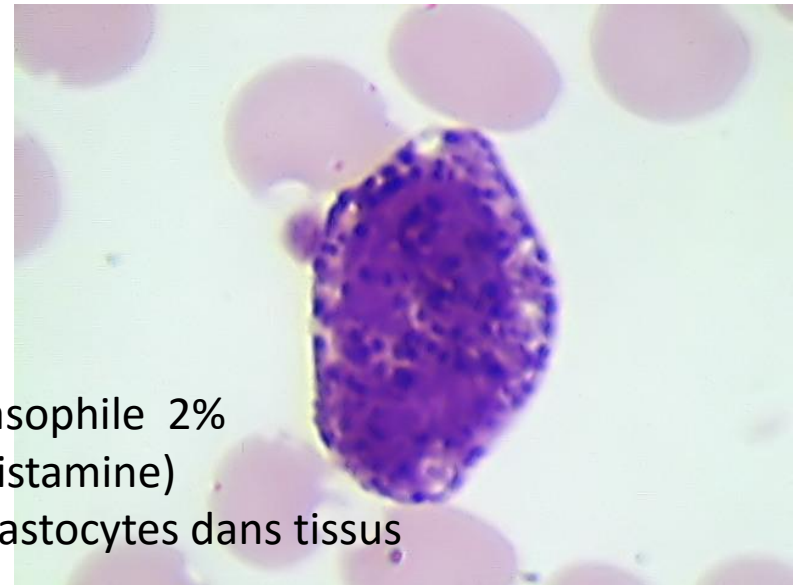
Durée vie quelques jours
1,5 à 2x taille GR



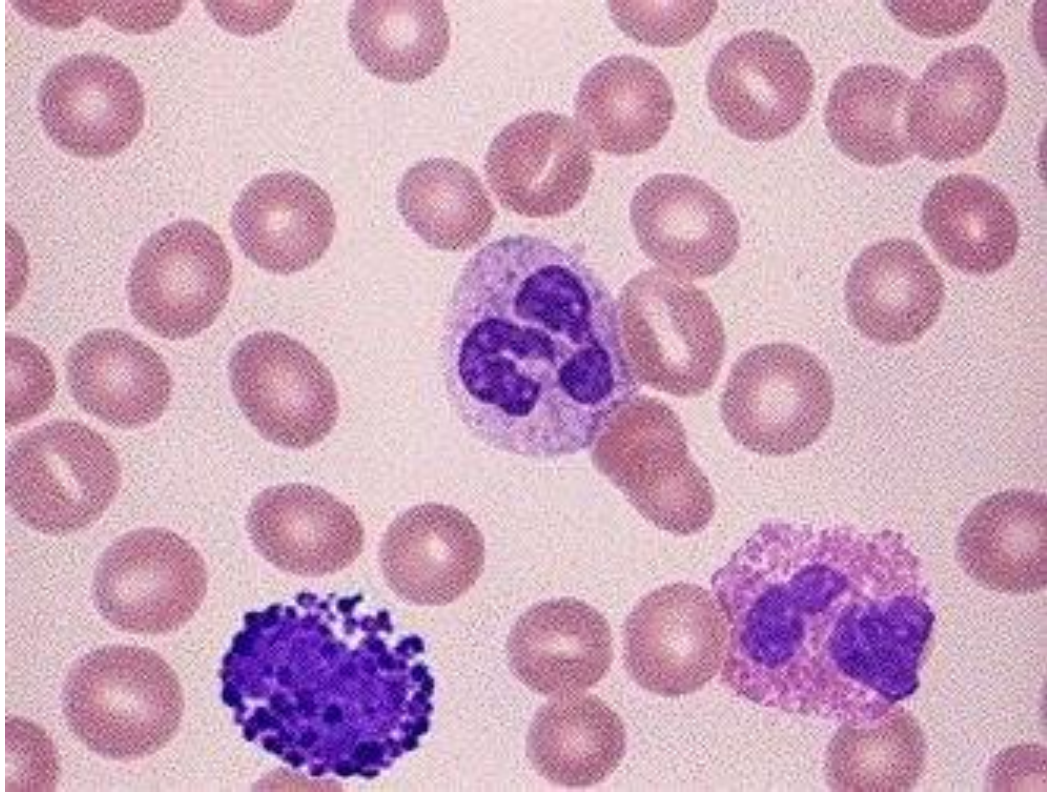
phagocytose



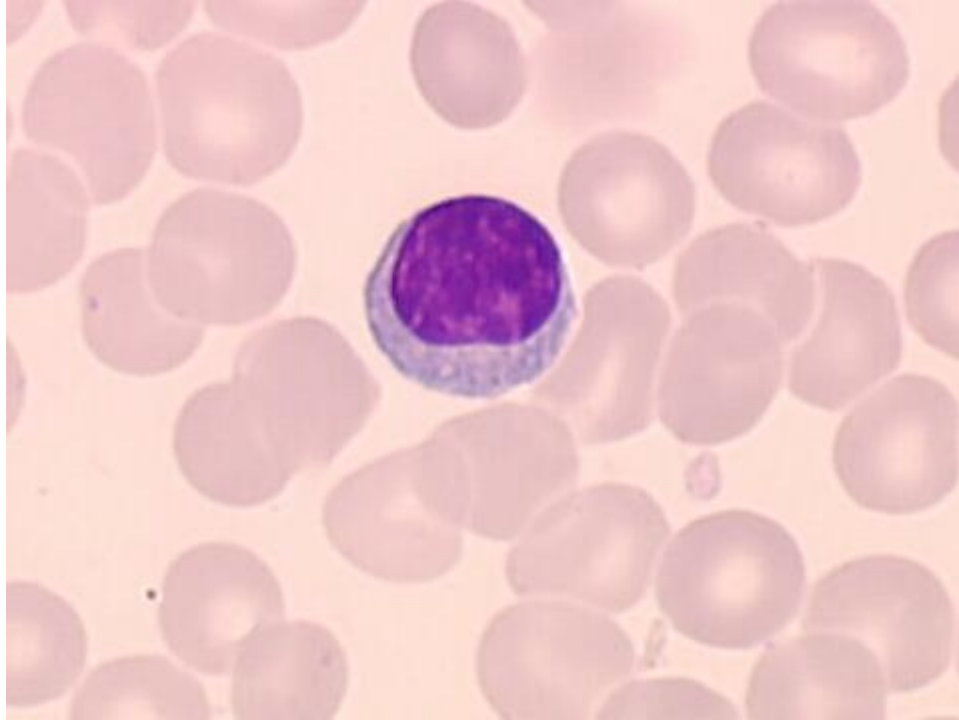
Éosinophile 2%
(antiparasites)



Basophile 2%
(histamine)
Mastocytes dans tissus

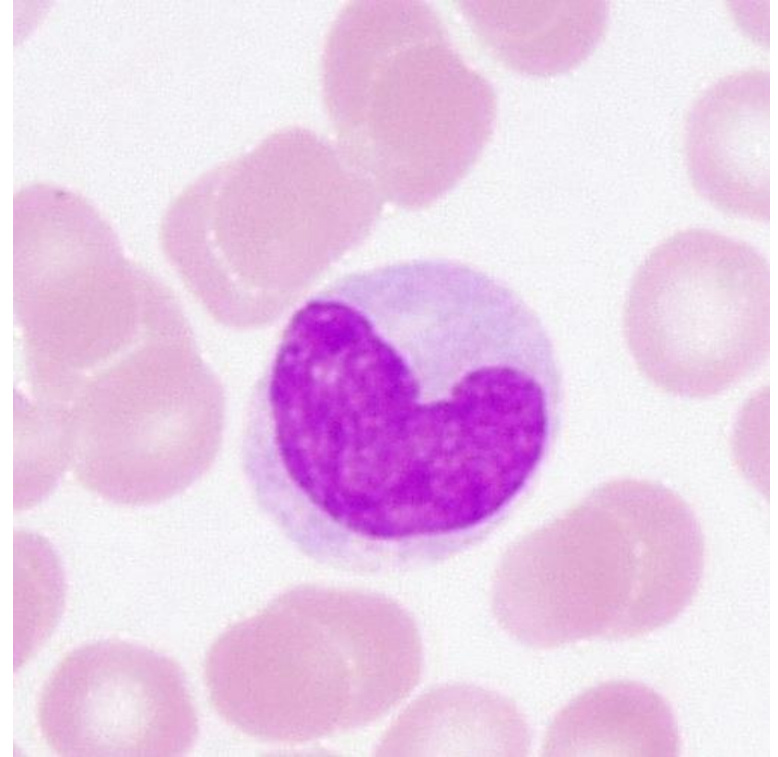


b- Lymphocytes 25%
B, T et NK



Durée de vie : de quelques jours
à quelques années.
1 à 2x la taille des érythrocytes.
(Défense organisme)

c- Monocytes 5%



Durée de vie: de quelques jours
à quelques mois
2 à 3x la taille des érythrocytes
(Transformation en macrophage
dans les tissus et phagocytose)

5) ANALYSE DE SANG

Examen hématologique

- Hémogramme
= analyse des éléments figurés du sang
- Vitesse de sédimentation
- Temps coagulation

Déficit en cellules: **-pénie**
Excès de cellules : (Hyper)-**cytose**

Biochimie

- Ionogramme sanguin
- Glycémie
- Cholestérolémie
- Triglycéridémie
- ...

Déficit : **Hypo-**
Excès : **Hyper-**

Doc 11 : L'hémogramme

Etude quantitative

• le bilan érythrocytaire :

- Numération des érythrocytes : comptage par méthode automatisée
- Hématocrite : représente le volume occupé par l'ensemble des érythrocytes dans un volume de sang donné. La centrifugation d'un petit volume de sang dans un tube gradué en permet une lecture directe des volumes relatifs au plasma et aux globules rouges.
- Dosage de l'hémoglobine
- Numération des réticulocytes
- Calcul des indices érythrocytaires (VGM, TGM, CCHM) :

VGM	Volume globulaire moyen
TCMH	Teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine
CCHM	Concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine

Doc 11 : L'hémogramme

Étude quantitative (suite)

•le bilan leucocytaire :

- Numération des leucocytes
- Formule leucocytaire (en pourcentage et en valeur absolue)

•le bilan thrombocytaire :

- Numération des plaquettes
- Taille des plaquettes

Étude qualitative : Examen morphologique des éléments figurés au microscope optique après coloration.

Doc 11 : L'hémogramme

L'hémogramme est interprété d'après des normes :

Grandeurs	Valeurs de référence pour un homme	Valeurs de référence pour une femme
numération des hématies	4,5 à 6,2 .10 ¹² /L	4,5 à 5,4 .10 ¹² /L
hématocrite	40 à 54%	35 à 47%
taux d'hémoglobine	13 à 18 g/100 mL	12 à 16 g/100 mL
VGM	80 à 100 fL	
TCMH	27 à 35 pg	
CCHM	320 à 370 g/L	
numération des leucocytes	4 à 7 .10 ⁹ /L	
polynucléaires neutrophiles	1,7 à 7 .10 ⁹ /L	
polynucléaires éosinophiles	0 à 5 .10 ⁸ /L	
polynucléaires basophiles	0 à 5 .10 ⁷ /L	
lymphocytes	1,5 à 4 .10 ⁹ /L	
monocytes	1 à 10 .10 ⁸ /L	
numération des plaquettes	2,5 à 5.10 ¹¹ /L	

ANALYSE DE SANG

L'analyse de sang est réalisée à partir d'une prise de sang sur un sujet à jeun. Elle permet un examen hématologique et un bilan biochimique.

EXAMEN HÉMATOLOGIQUE

1. Réalisation d'un hémogramme qui comprend :

- une numération globulaire (nombre de globules rouges et de globules blancs dans 1 mm³ de sang);
- une formule sanguine, c'est-à-dire le nombre et le pourcentage de chaque catégorie de globules. Elle correspond surtout à une formule leucocytaire puisque les hématies sont toutes semblables ;

- une numération plaquettaire ou nombre de plaquettes par mm³ de sang.

2. Réalisation d'un hémocrite : ou pourcentage du volume de globules rouges par rapport au volume total du sang. Il diminue dans certaines anémies.

3. Dosage de l'hémoglobine permettant de calculer la concentration de l'hémoglobine par hématie.

4. La vitesse de sédimentation (VS) : Du sang rendu incoagulable, par addition de citrate de sodium, est placé dans un tube étroit, gradué verticalement et laissé à une température comprise entre 22 et 27°C. Cette vitesse peut être mesurée par la méthode de Westergreen ; elle

est alors exprimée par la hauteur de la colonne en mm, ayant sédimentée en 1 heure, 2 heures.

Normalement, elle se situe entre 3 et 6 mm après 1 heure, et entre 8 et 16 après 2 heures. Elle augmente lors d'infections.

Un bilan biochimique peut également être établi à partir de cette même prise de sang pour connaître divers taux :

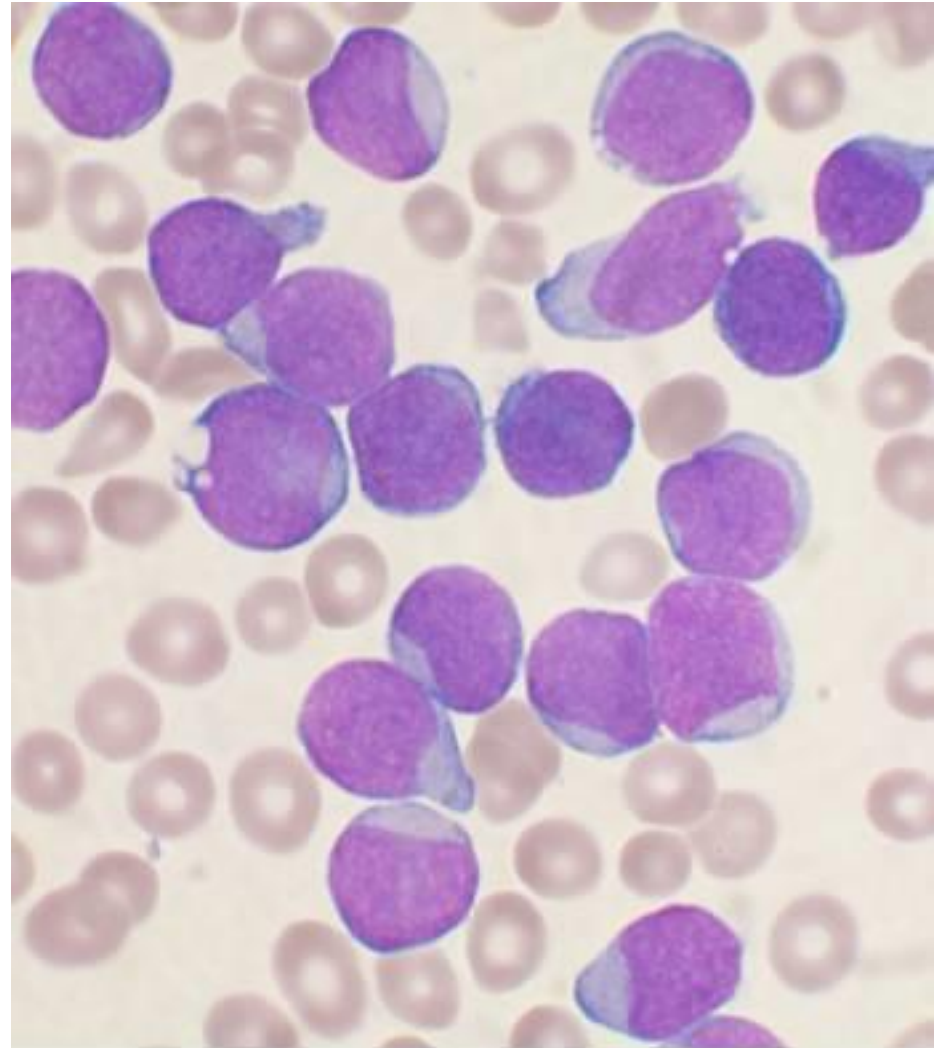
- urée (→ urémie)
 - créatinine (→ créatininémie)
 - sodium (→ natrémie)
 - potassium (→ kaliémie)
 - fer (→ sidérémie)
 - glucose (→ glycémie)
- Voir ci-après un exemple d'analyse sanguine.

VALEURS NORMALES DES PARAMÈTRES HÉMATOLOGIQUES

ages/sexes	abréviation	1 an	4 ans	10 ans	18 ans	Femme adulte	Homme adulte
Globules rouges (x10 ⁶)/mm ³	GR	3,7-5,3	4,0-5,3	4,2-5,5	4,2-5,5	4,1-5,3	4,5-5,6
Hémoglobine (en g/100ml)	Hb	9,3-13,3	11,3-14,7	12,0-15,5	13,0-16,2	11,8-15,8	14,0-17,6
Hématocrite (%)	Hte	30-42	33-43	35-46	37-46	36-46	41-51
Volume globulaire moyen (μm ³)	VGM	75-85	76-87	78-91	80-95	80-97	85-99
Charge hémoglobinique globulaire (pcg)	HCM	27 - 32					
Concentration hémoglobinique (%)	CCMH	32 - 36					
Coefficient de variation des GR (%)	CV.GR	14 - 17					
Globules blancs (x10 ³)/mm ³	GB	6,0-11,0	5,0-10,0	4,3-9,8	4,1-9,6	3,9-9,4	3,8-9,3
Polynucléophiles (%)	PN	33-48	40-52	31-73	40-70	50-73	51-72
Polyéosinophiles (%)	PE	2-7	2-8	1-10	1-8	1-7	1-7
Polybasophiles (%)	PB	0,2-3,1	0,2-3,1	0,2-3,0	0,2-3,0	0,2-3,0	0,2-3,0
Lymphocytes (%)	Lym	35-65	30-65	21-60	20-55	17-49	17-49
Monocytes (%)	Mon	2-12	2-12	1-11	1-13	1-12	1-12
Lymphocytes stimulés (%)	LUC	0,1 - 1,5					
Plaquettes (mm ³)	PQ	100 000 - 300 000				150 000 - 400 000	

6) Hémopathies

- Anémie (carences fer, vit B12...)
- Leucémie
- lymphomes
- Thalassémies
- Hémophilie
- Drépanocytose ou anémie falciforme
- Paludisme



L'**anémie** est une anomalie de l'hémogramme caractérisée par une diminution de la concentration en hémoglobine.

Ce manque entraîne un mauvais transport du dioxygène par le sang.

Elle est diagnostiquée par la numération formule sanguine NFS.

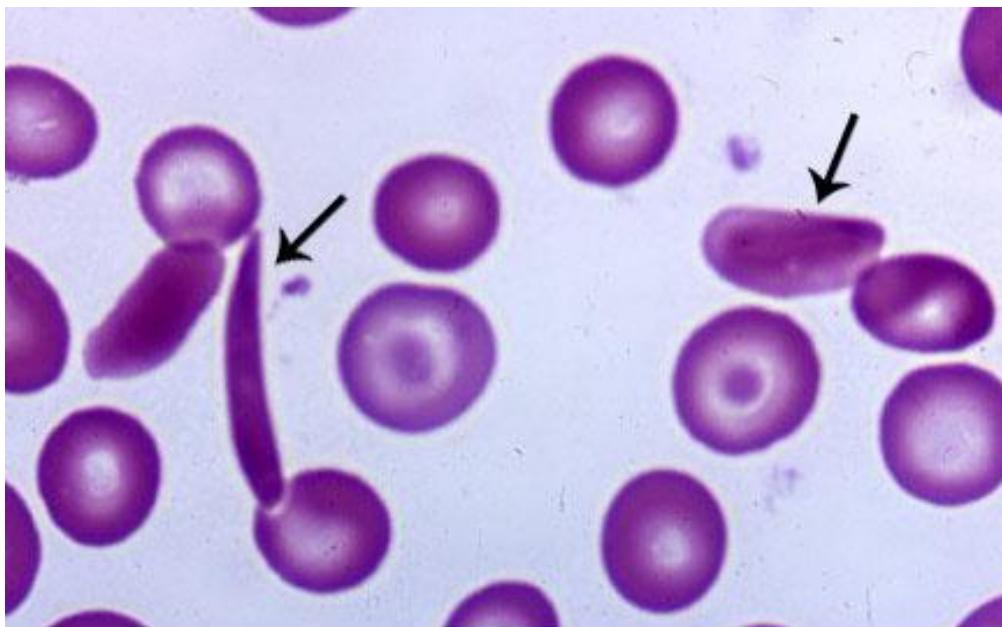
$Hb < 12g.dL^{-1}$

Symptômes:

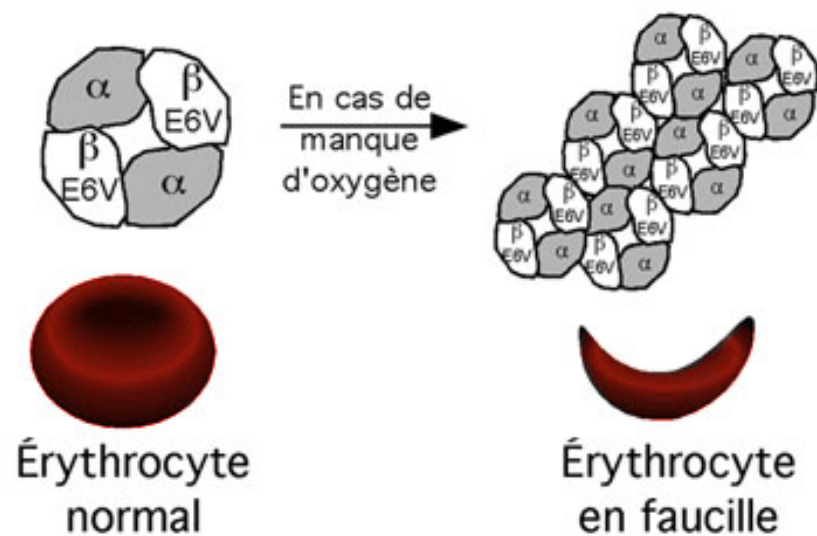
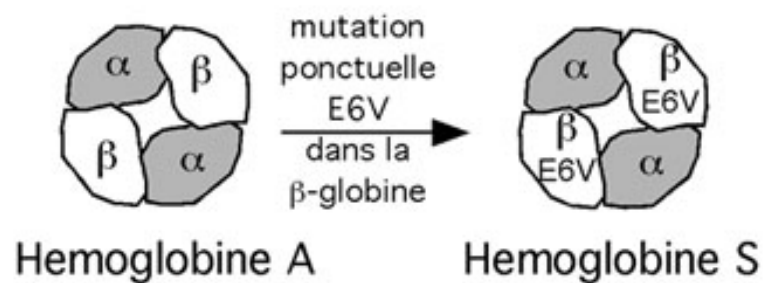
Asthénie, pâleur et essoufflement

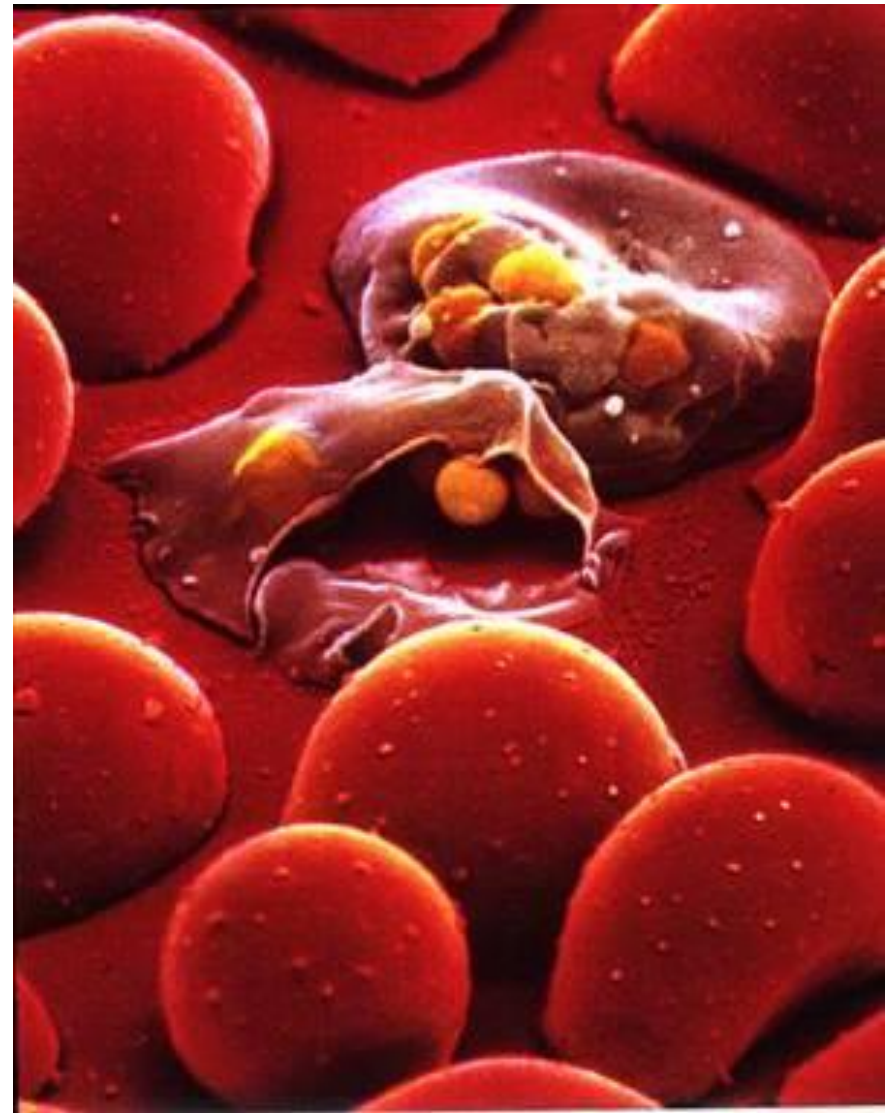
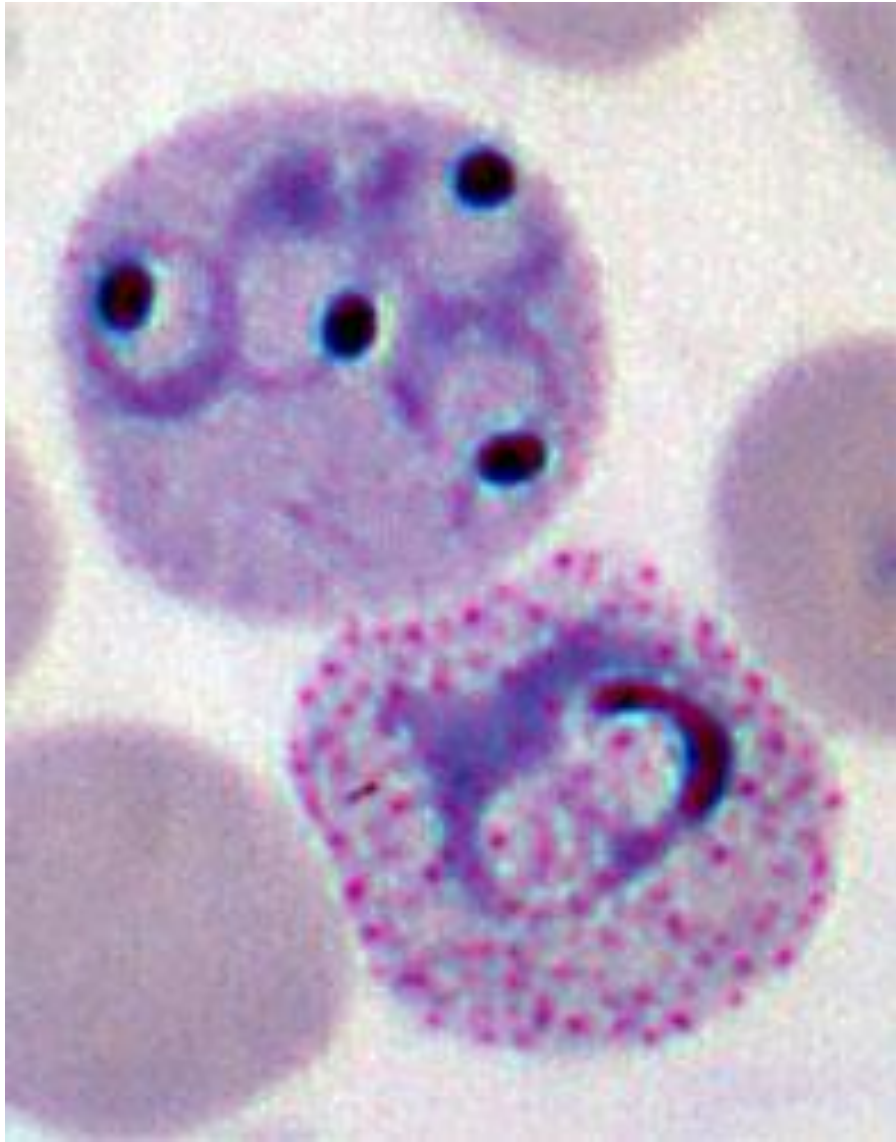


Drépanocytose



Source: Lichtman MA, Shafer MS, Felgar RE, Wang N:
Lichtman's Atlas of Hematology: <http://www.accessmedicine.com>
 Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.





Plasmodium

7) Don de sang et transfusion sanguine



Prélèvement de sang total, ensuite transformé, on centrifuge pour obtenir des CGR, plasma...

Les GR: conservés 42 jours à 4° C
Pour hémorragies, drépanocytose...





plasma: congelé à -25°C ,
durée conservation 1 an,
Pour les grands brûles,

On peut aussi en extraire des
composants, facteur de
coagulation par exemple

par aphérèse
conservées 5 jours à 22° C sous
agitation
pour aplasie



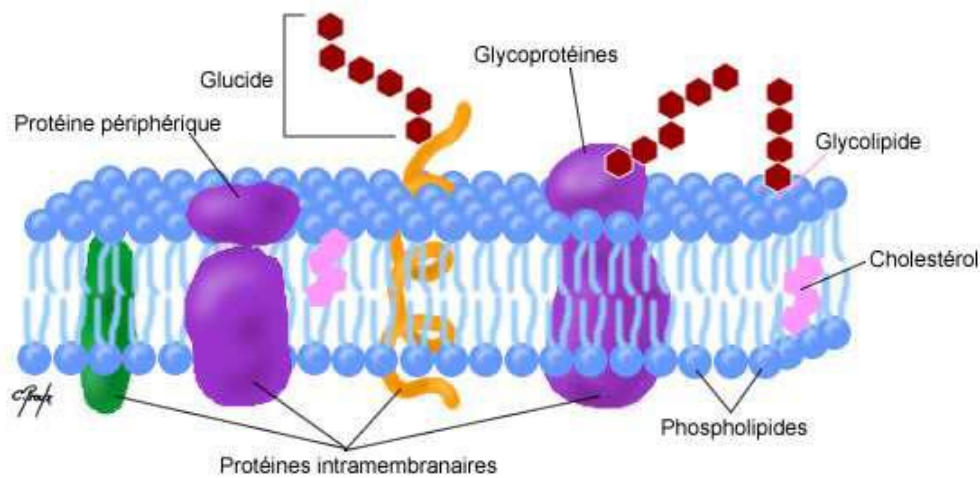
Rôles du sang:

- Maintien de l'homéostasie
(température, composants biochimiques, nutriments, déchets,,,))
- Transport de composés variés
(communication hormones)
- Défense de l'organisme
- Hémostase

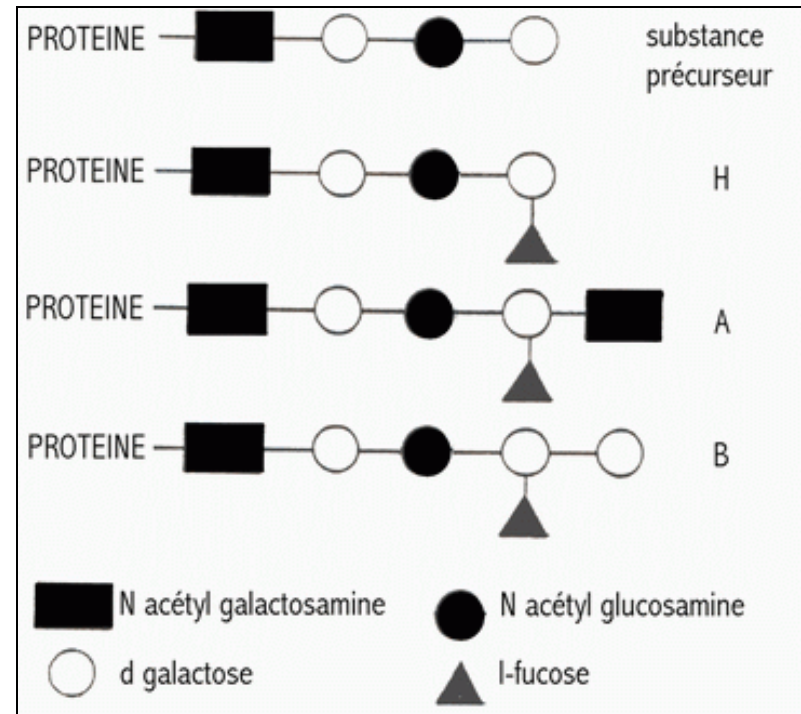


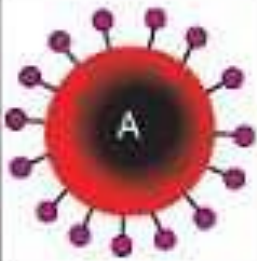
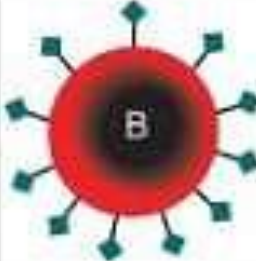
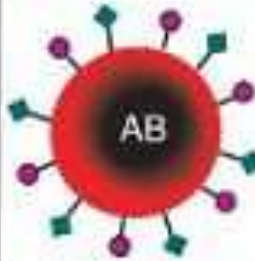
Les groupes sanguins

- Le système ABO



Membrane plasmique
des globules rouges



	Groupe A	Groupe B	Groupe AB	Groupe O
Globule Rouge				
Anticorps (dans plasma)	 Anti-B	 Anti-A	Aucun	 Anti-A et Anti-B
Antigène	 Antigène A	 Antigène B	 Antigène A et B	Pas d'antigène

Sang
transfusable
à ce patient :

A et O

B et O

**A, B, AB
et O**

O

Règle de transfusion : Le receveur ne doit pas posséder d'anticorps dirigés contre les globules rouges du donneur.

Exercice : Compléter par oui ou non les cases pour les transfusions suivantes

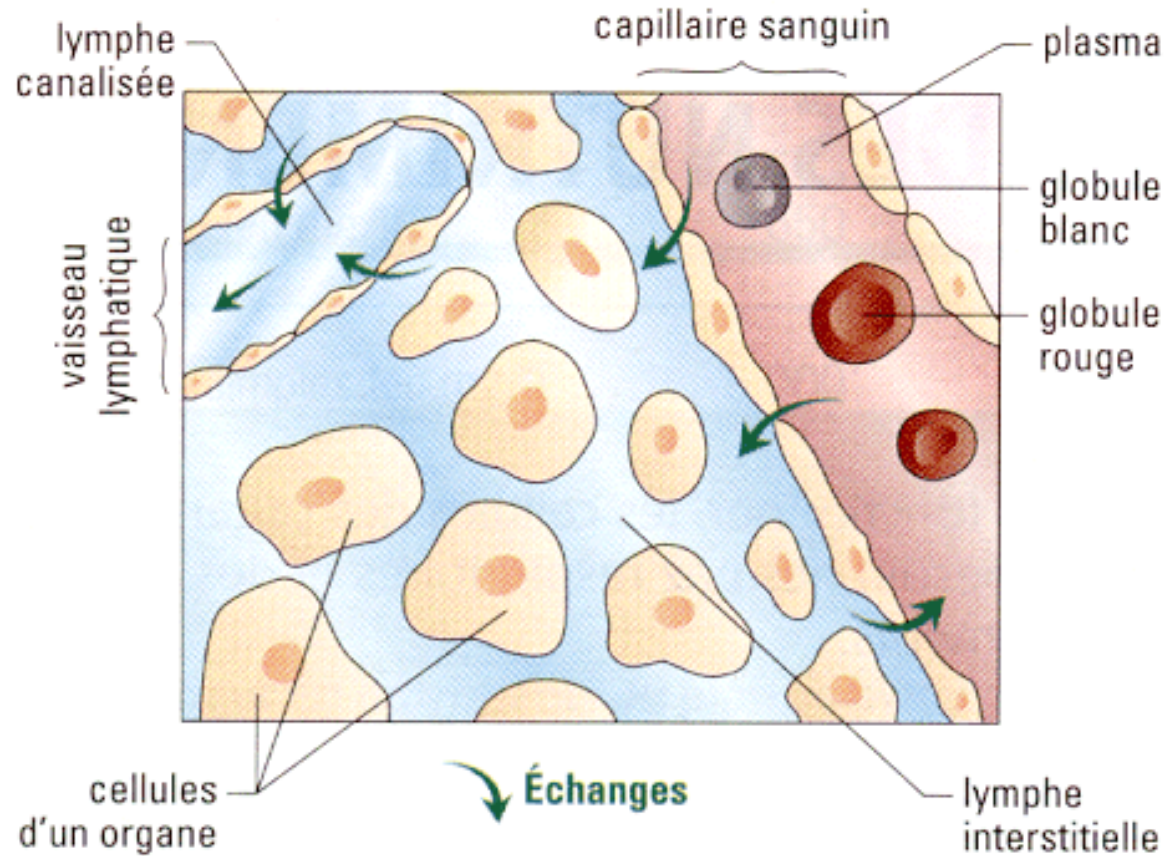
Groupe sanguin du receveur	Groupe sanguin du donneur			
	O	A	B	AB
O				
A				
B				
AB				

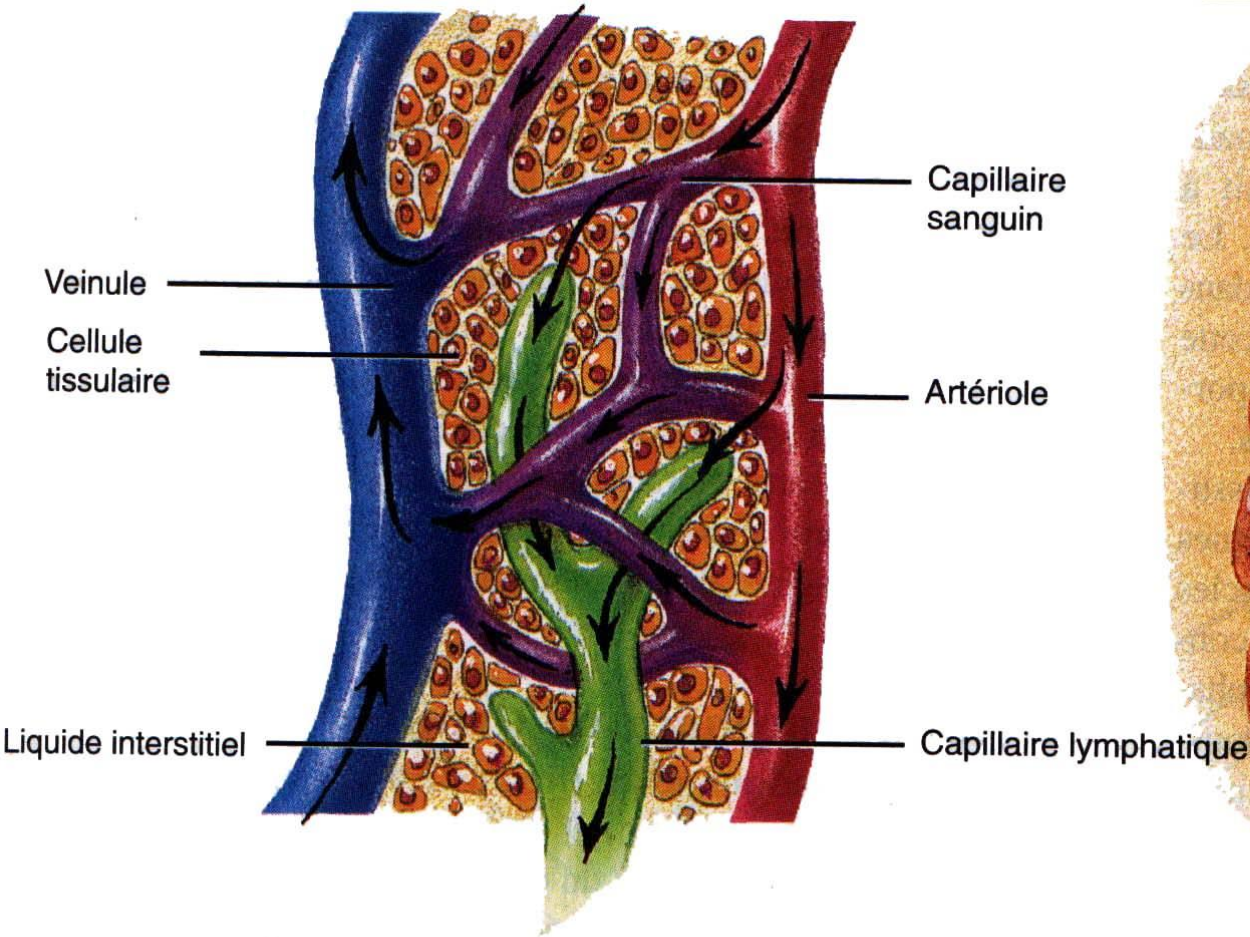
	A	B	AB	O
Sur les hématies	 ■ agglutinogène A	 ● agglutinogène B	 agglutinogènes A et B	 pas d'agglutinogène
Dans le plasma	 agglutinine anti-B	 agglutinine anti-A	 Pas d'agglutinine	 agglutinine anti-A  agglutinine anti-B

RÉPARTITION DES GROUPES SANGUINS

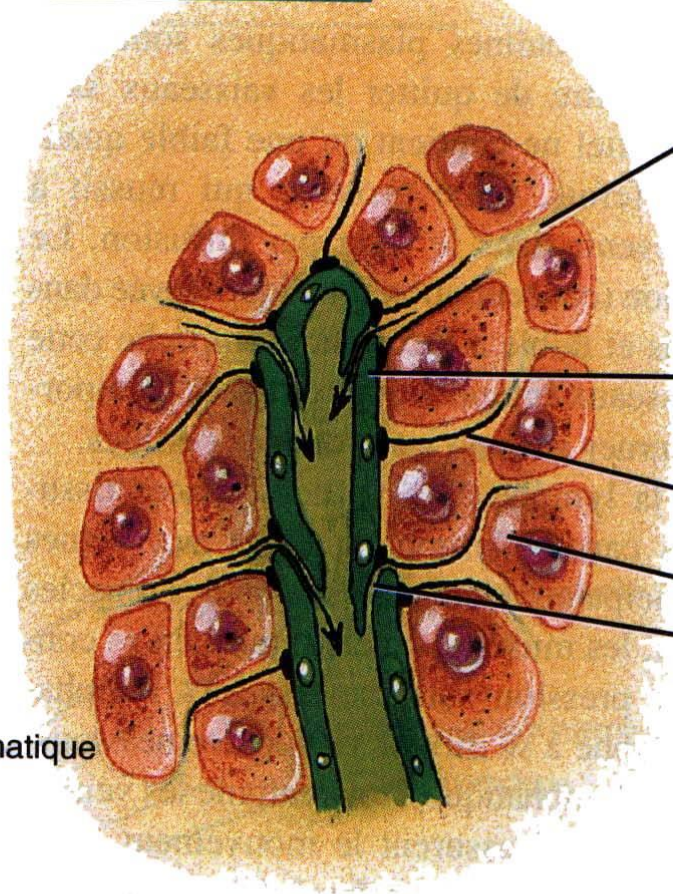
Rhésus	Groupe sanguin				
	O	A	B	AB	Total
Rh +	37%	39%	7%	2%	85%
Rh -	6%	6%	2%	1%	15%
Total	43%	45%	9%	3%	100%

Remarque : la lymphe

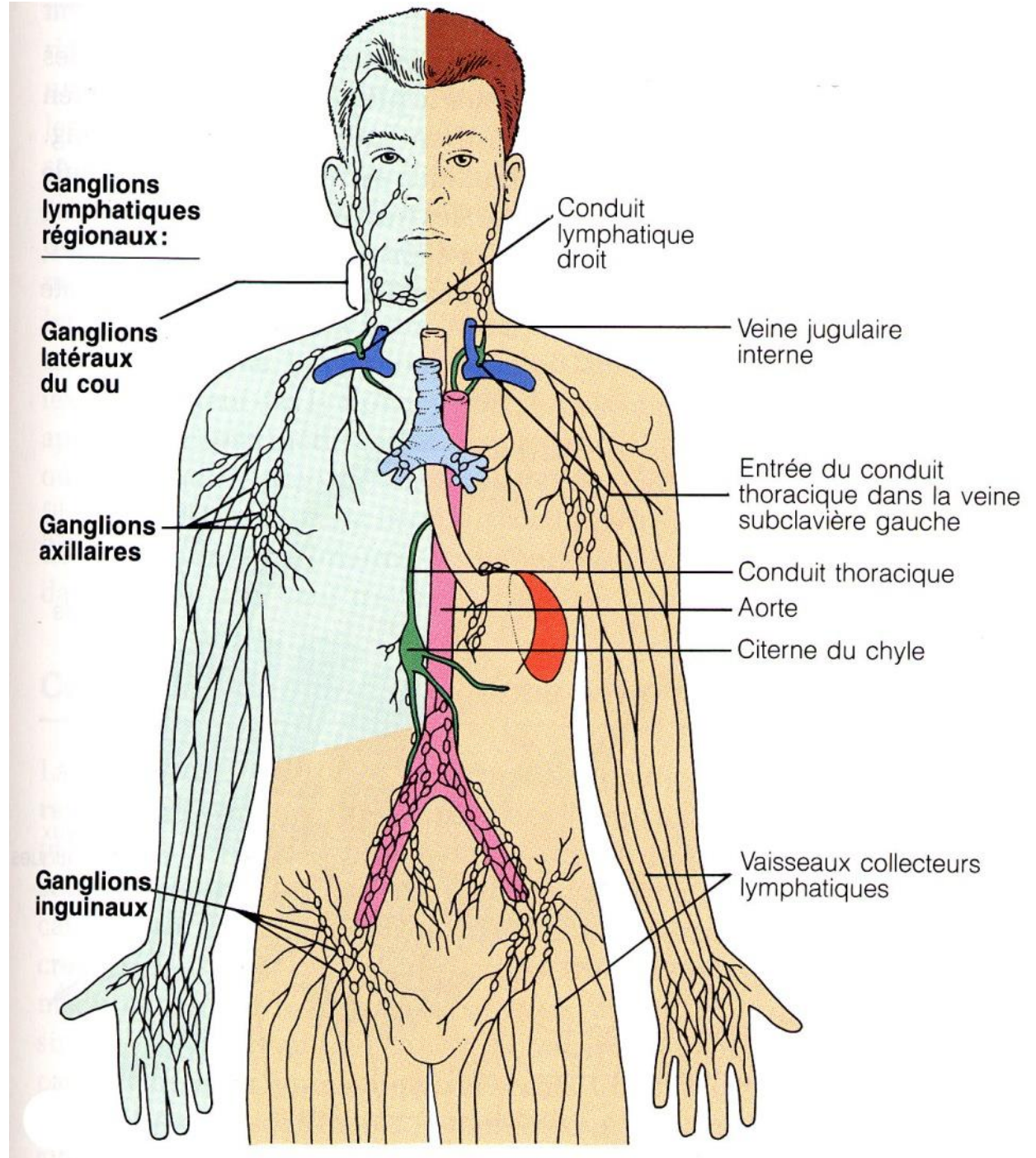




Relation des capillaires lymphatiques avec les cellules tissulaires et les capillaires sanguins.



Structure détaillée d'un capillaire lymphatique.



Rôles de la lymphe

- Lymphe interstielle = interface cellule / sang

Zone d'échange, milieu de vie des cellules

- Lymphe canalisée: évacue déchets, draine l'excédent de liquide interstitiel

(complémentaire de cardiovasculaire)

SANG ET LYMPHE

SANG

Compositions

Globules rouges
(hématies)

Globules blancs

Plaquettes
sanguines
(thrombocytes)

Plasma

Rôles

Transport des
gaz

Défenseurs

Coagulation
sanguine

Fluidité,
transport,
chaleur

LYMPHE

Compositions

Eau

Nutriments

Globules blancs
(leucocytes)

Sels minéraux

Rôles

Distribution des
nutriments

Cueillette des
déchets

Défense