

A microscopic view of several red blood cells, which are biconcave discs, against a dark red background. The cells are illuminated from the side, creating a bright rim and a darker center, highlighting their characteristic shape.

Le sang

Dr Isabelle VINCENT
Anatomie/Physiologie
IFSI 1^{ère} année
10 décembre 2019

Plan

1. Présentation du sang

2. Composition du sang

1. Le plasma

2. Les cellules sanguines

1. Les globules rouges ou hématies ou érythrocytes

2. Les globules blancs ou leucocytes (5 catégories)

3. Les plaquettes ou thrombocytes

3. Formation des cellules sanguines = hématopoïèse

1-Présentation du sang

Présentation du sang : sang total

- 4 à 5L chez l'adulte
- Une **partie liquide** = le plasma 55%
- Une **partie solide** = les cellules sanguines 45%

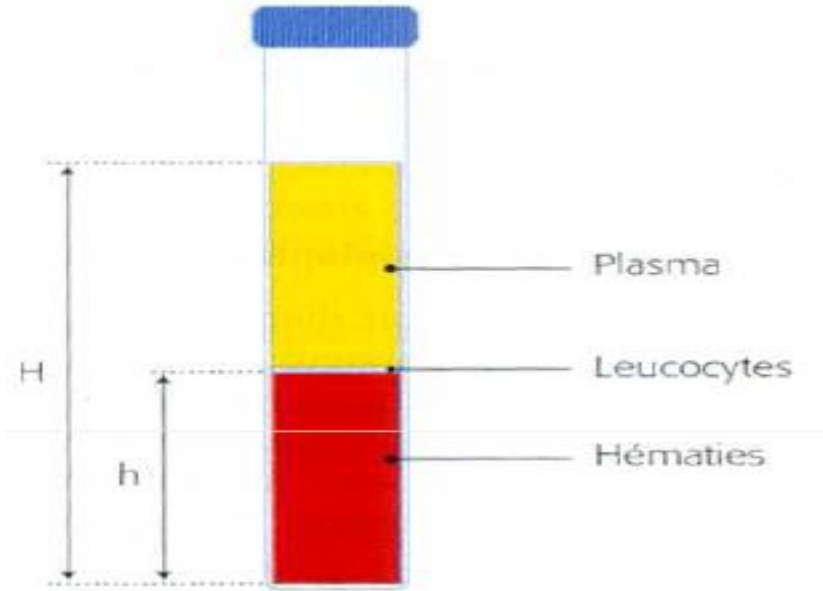


Présentation du sang



Sérum= plasma sans les protéines de la coagulation

Présentation du sang : hématoците



Hématocrite =

volume occupé par **les cellules**

(hématies) rapporté au volume total

$$Ht = h/H \text{ (en \%)}$$

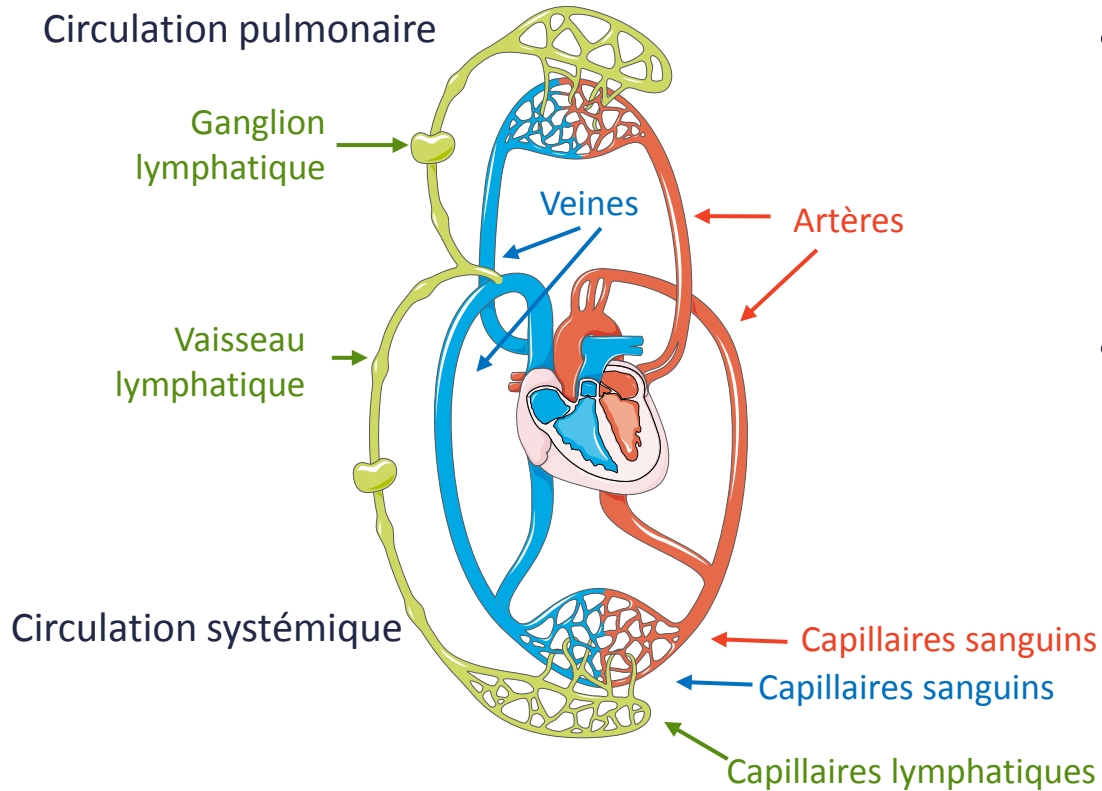
Hématocrite normal

Femme et enfant : **37 à 47 %**

Homme : **40 à 50 %**

Varie en fonction du sexe, de l'altitude, des maladies

Circulation sanguine et lymphatique

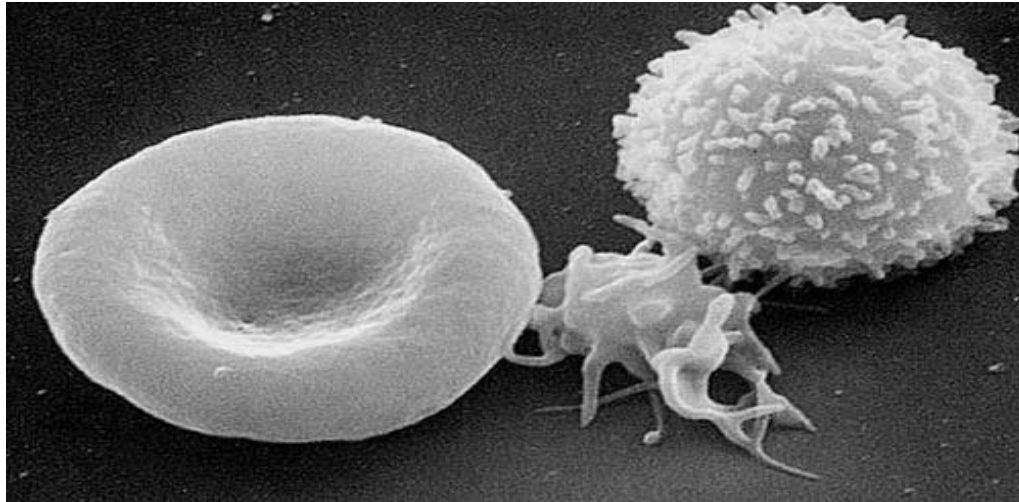


- **Sang**
 - liquide rouge
 - plasma + cellules sanguines
- **Lymph**
 - liquide jaune clair
 - composition proche du plasma
 - nombreux lymphocytes

Les cellules sanguines

globule rouge

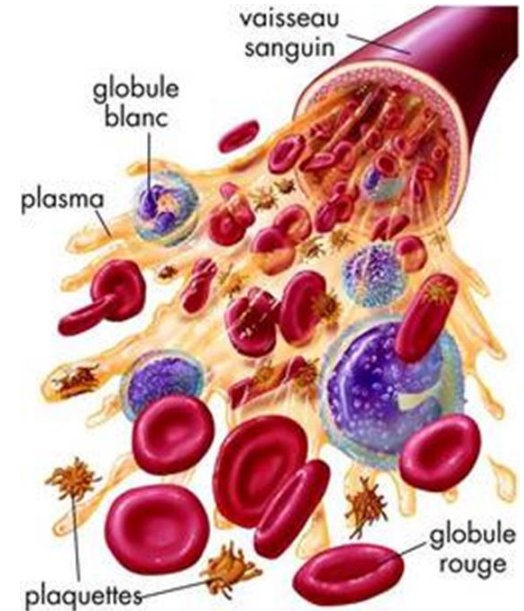
globule blanc



plaquette

– Cellules sanguines :

- 99% érythrocytes
- 1% leucocytes et plaquettes



Les fonctions du sang

Transport dans le corps

- De l'oxygène (O^2) et du dioxyde de carbone (CO^2)
- Des molécules d'aliments
- (glucose, lipides, acides aminés)
- Des ions (Na^+ , Ca^{2+} , HCO_3^-)
- Des déchets (ex : urée)
- Des hormones
- De la chaleur

Défense de l'organisme

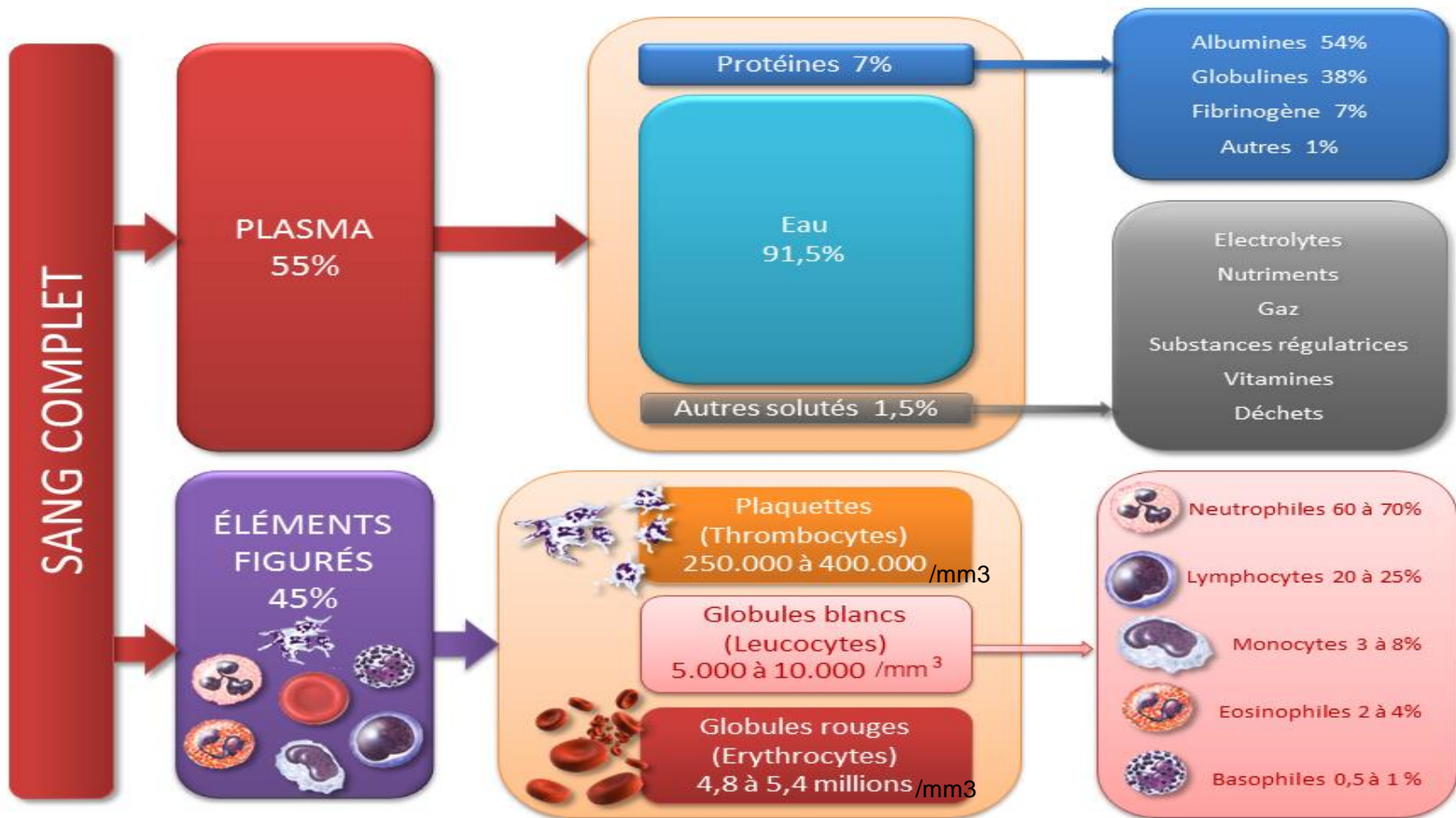
- Contre les **organismes étrangers** et autres agressions
- Mécanisme d'**hémostase** et de **coagulation**

Maintien de  **l'homéostasie**

Homéostasie = capacité de l'organisme à maintenir son milieu en équilibre

2-Composition du sang

Composition du sang chez un adulte normal



Les protéines plasmatiques

- Albumine (principale)
- Immunoglobulines
 - dont anticorps de groupes sanguins
- Facteurs de coagulation
- Fibrinogène
- 4 rôles principaux assurés par les protéines plasmatiques
 1. Rôle de transporteur
 2. Pression oncotique
 3. Immunité humorale
 4. Coagulation (facteurs de coagulation et fibrinogène)

Hémogramme = NFS



HEMOGRAMME (Beckman Coulter LH780)
(sur sang total EDTA)

Numération globulaire

HEMATIES

Hémoglobine

Hématocrite

VGM

TCMH

CCMH

4.64	Millions/mm ³	(4.50 à 6.50)
14.6	g/dL	(13.0 à 17.0)
40.7	%	(40.0 à 54.0)
87.8	fL	(80.0 à 100.0)
31.4	pg	(27.0 à 32.0)
35.7	g/dL	(32.0 à 36.0)
4.4	Mille/mm ³	(4.0 à 10.0)

LEUCOCYTES

Formule leucocytaire

Polynucléaires neutrophiles

Polynucléaires éosinophiles

Polynucléaires basophiles

Lymphocytes

Monocytes

52.3	% soit	2 301	/mm ³	(1 700 à 7 500)
2.4	% soit	106	/mm ³	(< à 600)
0.6	% soit	26	/mm ³	(< à 200)
34.5	% soit	1 518	/mm ³	(1 200 à 4 500)
10.2	% soit	449	/mm ³	(< à 1 000)

PLAQUETTES

(Technique Beckman Coulter LH 780)

196	Mille/mm ³	(150 à 400)
-----	-----------------------	-------------

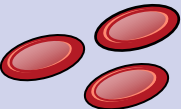
Hémogramme

- constantes érythrocytaires
 - **VGM** : Volume Globulaire Moyen = $Ht / \text{Nbre de GR}$
 - **TCMH** : Teneur Corpusculaire Moyenne en Hb = $Hb / \text{Nbre de GR}$
 - **CCMH** : Concentration Corpusculaire Moyenne en Hb = Hb / Ht

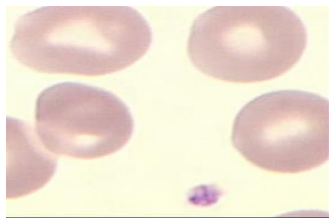
Intervalles de référence

	Unités	Femme	Homme
NUM+FORM+PLAQ			
Numeration globulaire(Leucocytes)	G/L	3.8-11.0	4.00-10.00
Numeration globulaire(Hématies)	T/L	3.8-5.9	4.50-5.80
Numeration globulaire(Hémoglobine)	g/dL	11.5-17.5	13.5-17.5
Numeration globulaire(Hématocrite)	%	34-53	40-50
Numeration globulaire(VGM)	fL	76-96	82-98
Numeration globulaire(TCMH)	pg	24.4-34	>=27
Numeration globulaire(CCMH)	g/dL	31-36	32-36
PLAQUETTES	G/L	150-445	150-400
Formule sanguine(PN neutrophiles)	%		
Formule sanguine(soit)	G/L	1.4-7.7	1.5-7.5
Formule sanguine(PN éosinophiles)	%		
Formule sanguine(soit)	G/L	0.02-0.58	0-0.8
Formule sanguine(PN basophiles)	%		
Formule sanguine(soit)	G/L	0.0-0.11	0-0.2
Formule sanguine(Lymphocytes)	%		
Formule sanguine(soit)	G/L	1.0-4.8	1.00-4.50
Formule sanguine(Monocytes)	%		
Formule sanguine(soit)	G/L	0.15-1.0	0.20-1.00
Numeration globulaire(IDR)		37-50	37-50

Les hématies ou érythrocytes

Cellule	Description	Nombre/L de sang	Durée de développement (D) Durée de vie (V)	Fonction
 Érythrocytes	Disque biconcave Pas de noyau	$4 \text{ à } 6 \times 10^{12}$	D : 5 à 10 jours V : 100 à 120 jours	Transport des gaz respiratoires (O_2 et CO_2)

99 % des cellules sanguines



7 μm



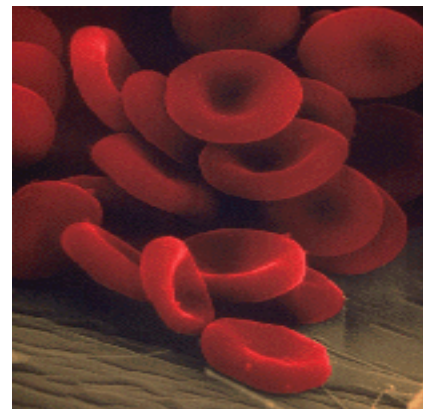
Vue de surface



Vue de coupe



2 μm



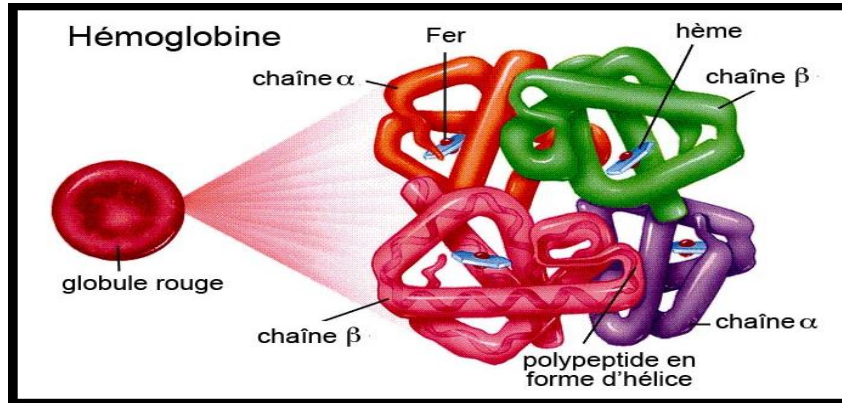
Les hématies ou érythrocytes

- Pas de noyau
- 2 propriétés fondamentales
 - Déformabilité de la membrane :
 - diamètre 7 μm > diamètre des plus petits capillaires sanguins
 - Fonction oxyphorique : supportée par l'hémoglobine
 - Pigment rouge
 - Transporteur de l'O²
 - 280 millions de molécules d'Hb/GR
- Portent les antigènes de groupes sanguins



L'hémoglobine

- 33% du poids du globule rouge
- Pigment respiratoire
- Substance protidique ayant la faculté de fixer ou de céder de l'oxygène

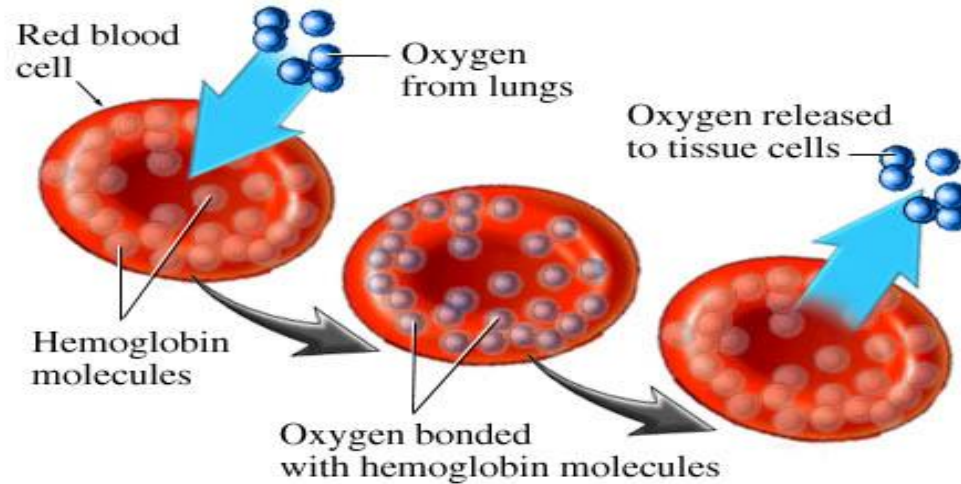


Composée de :

- partie protéique : les chaînes de **globines α et β**
- une molécule de protoporphyrine : **l'hème**
- Au centre de l'hème : **un atome de fer**

L'hémoglobine

L' O_2 se fixe sur le fer de la molécule d'hème au niveau des poumons et est transporté aux tissus par le **réseau artériel**



Le CO_2 est ramené aux poumons par le **réseau veineux** pour être expulsé

Les leucocytes

- Assurent
 - l'immunité cellulaire
 - l'immunité humorale = production d'anticorps
- défense de l'organisme contre les agents étrangers :
virus, bactéries, parasites,
cellules cancéreuses

Les leucocytes

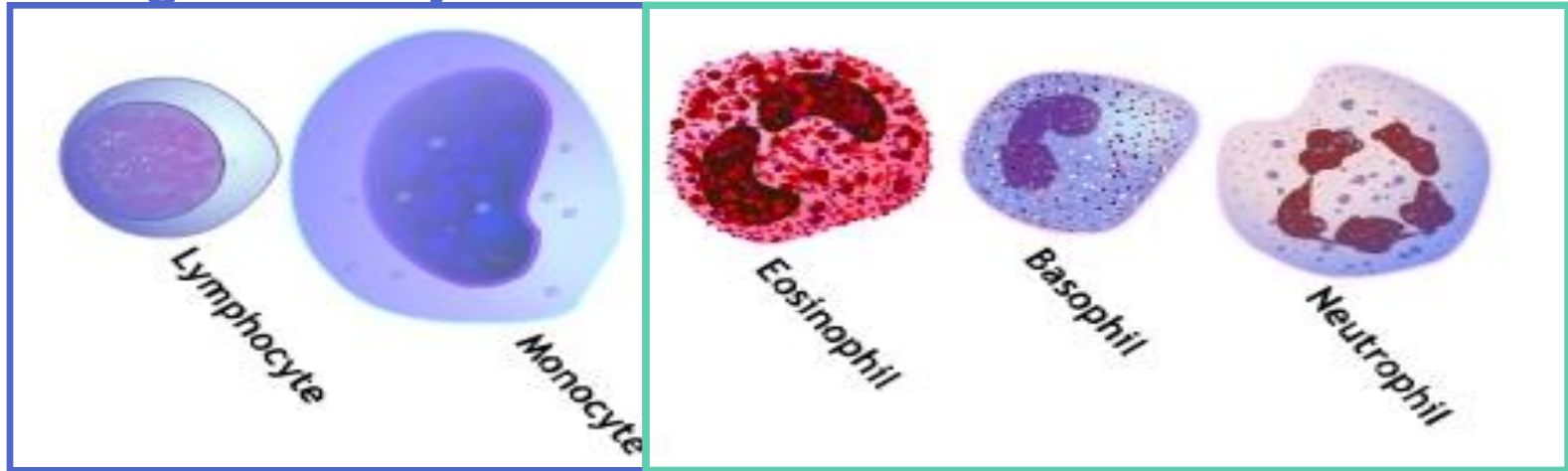
- Norme **4 à $10 \cdot 10^9/L$**
- **$> 10 \cdot 10^9/L$ = leucocytose**
 - Physiologique : post-prandial, exercice physique, tabac...
 - Pathologique : inflammation, infection, hémopathie
- **$< 4 \cdot 10^9/L$ = leucopénie**
 - Médicaments (chimio, immunosuppresseurs...)
 - envahissement médullaire,
 - déficit immunitaire congénital...



Les leucocytes

Agranulocytes

Granulocytes ou polynucléaires



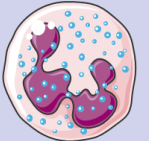


Noyau monolobé


Noyau polylobé

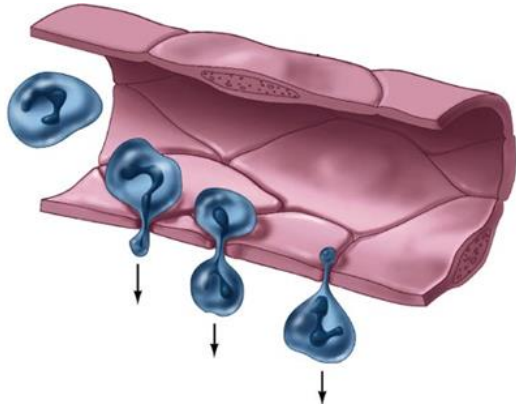
Chaque type de leucocyte a une fonction spécifique

Les granulocytes ou polynucléaires

Cellule	Description	Nombre/L de sang	Durée de développement (D) Durée de vie (V)	Fonction
 Neutrophile	Noyau plurilobé Granulations cytoplasmiques 10 à 14 µm de diamètre	3 à 7 x 10 ⁹	D : 6 à 9 jours V : 6 h à qqes jours	Phagocytose des bactéries et divers débris
 Eosinophile	Noyau bilobé Granulations cytoplasmiques 10 à 12 µm de diamètre	0,1 à 0,4 x 10 ⁹	D : 6 à 9 jours V 8 à 12 jours	Destruction des parasites et des complexes Ag-Ac libres Inactivation des allergènes Réaction allergique
 Basophile	Noyau lobé Grosses granulations cytoplasmiques bleues 5 à 17 µm de diamètre	0,02 à 0,05 x 10 ⁹	D : 3 à 7 jours V : (?) qqes heures à qqes jours	Libération histamine et médiateurs associés à la réaction inflammatoire et allergique Hypersensibilité retardée

Les monocytes → macrophages

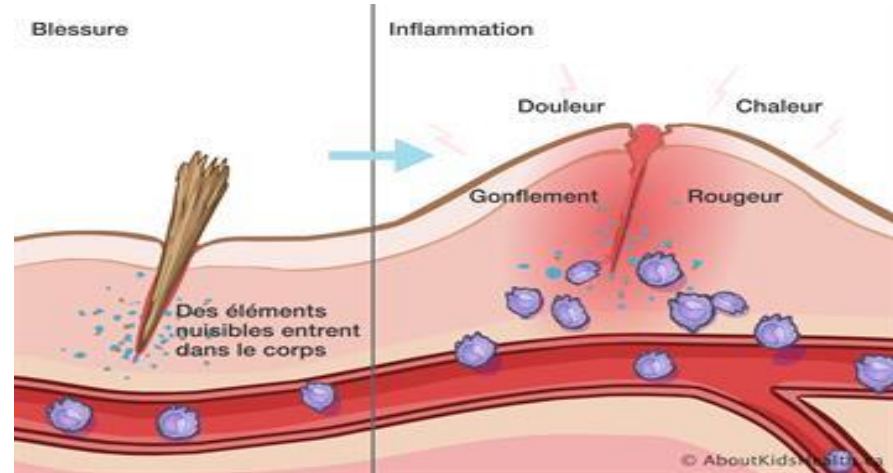
Cellule	Description	Nombre/L de sang	Durée de développement (D) Durée de vie (V)	Fonction
 Monocyte	Noyau en forme de U ou de haricot Cytoplasme gris-bleu 14 à 24 µm de diamètre	0,1 à 0,7 x 10 ⁹	D : 2 à 3 jours V : plusieurs mois	Transformation en macrophages dans les tissus Phagocytose des virus, bactéries et cellules mortes de l'organisme



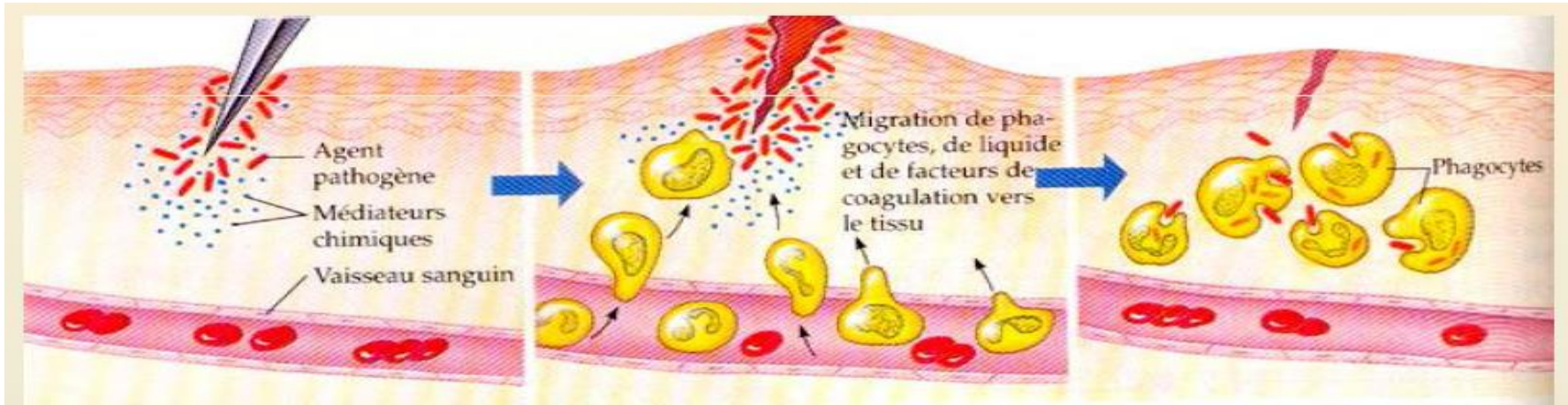
Sort du sang par **diapédèse** pour devenir un **macrophage** dans les tissus

Les macrophages

- Avec les **polynucléaires neutrophiles**
= cellules phagocytaires
- Interviennent dans :
 - **Processus inflammatoire**
 - **Lutte contre les infections**



Réaction inflammatoire et phagocytose




(1) Lésion du tissu; libération de médiateurs chimiques (histamine et prostaglandines)

(2) Vasodilatation (augmentation du débit sanguin); augmentation de la perméabilité des vaisseaux; migration des phagocytes

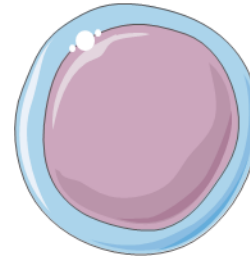
(3) Ingestion des agents pathogènes et des débris cellulaires par les phagocytes (macrophages et granulocytes neutrophiles); cicatrisation du tissu

Les lymphocytes

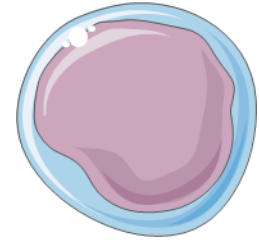
Cellule	Description	Nombre/L de sang	Durée de développement (D) Durée de vie (V)	Fonction
	Noyau spérique Cytoplasme bleu pâle 5 à 17 μm de diamètre	1,5 à 3 x 10 ⁹	D : qqes jours à qqes semaines V : qqes heures à qqes années	Défense de l'organisme par attaque directe de cellules ou par l'intermédiaire d'anticorps

Les lymphocytes

- 2 types :
 - lymphocytes B
 - lymphocytes T
- Fonction : défense de l'organisme
 - Par l'intermédiaire **d'anticorps = immunoglobulines** spécifiques d'un antigène : **immunité humorale**
 - Par **attaque directe** de cellules : **immunité cellulaire**
- Mémoire immunitaire : propriété utilisée en **vaccination**

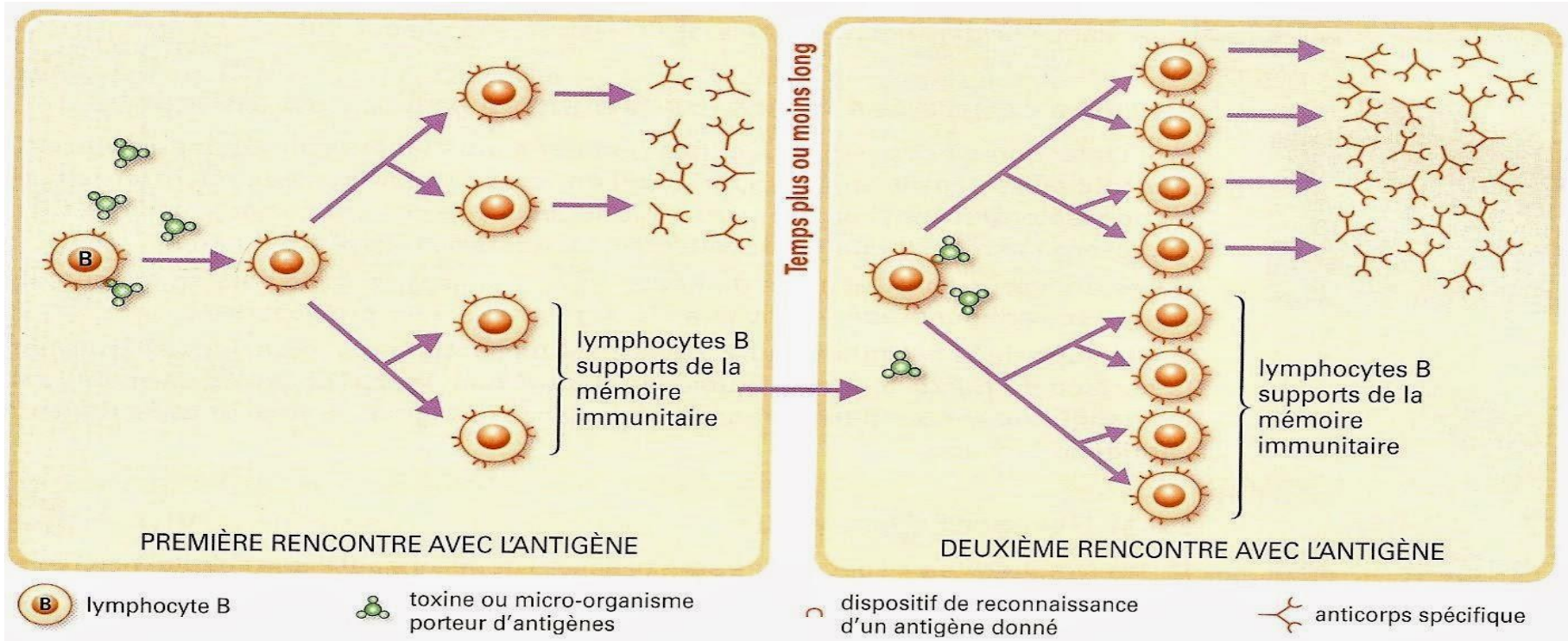


Lymphocyte B



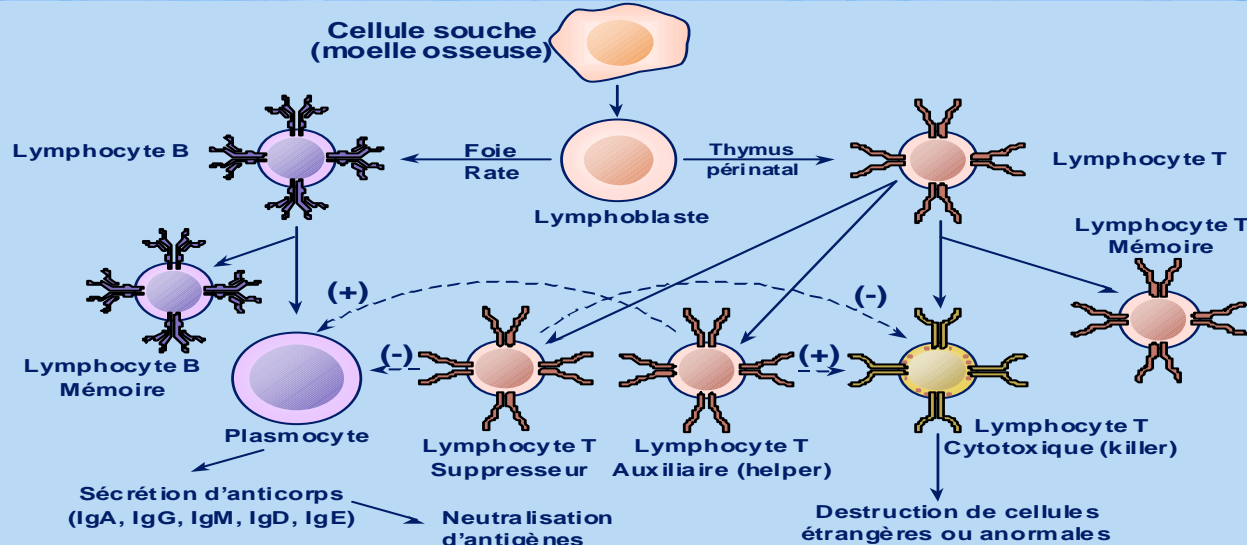
Lymphocyte T

Les lymphocytes : mémoire immunitaire



Les lymphocytes

LYMPHOCYTES et IMMUNITÉ



Lymphocytes B

Immunité humorale

Activation et transformation en plasmocyte


Fabrication des anticorps

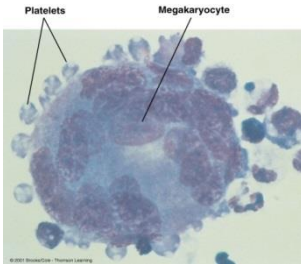
Lymphocyte T

Immunité cellulaire

Destruction des cellules infectées ou anormales

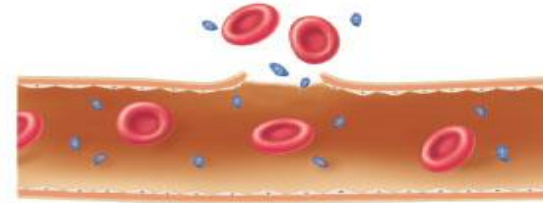
Les plaquettes ou thrombocytes

Cellule	Description	Nombre/L de sang	Durée de développement (D) Durée de vie (V)	Fonction
 Plaquettes	Fragments du cytoplasme des mégacaryocytes Forme discoïde Absence de noyau 1 à 3 μm de diamètre	250 à 500 x 10^9	D : 4 à 5 jours V : 5 à 10 jours	Réparation des petites déchirures des vaisseaux sanguins Elément essentiel de l'hémostase primaire = formation du clou plaquettaire Intrication avec le processus de coagulation



Hémostase

Brèche vasculaire
Épanchement sanguin



①

3 étapes principales

1. Spasme vasculaire

Vasoconstriction



②

2. Formation du clou plaquettaire

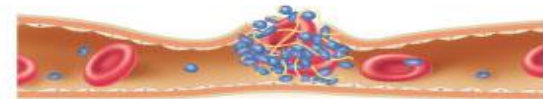
Adhésion, activation et et agrégation plaquettaire



③

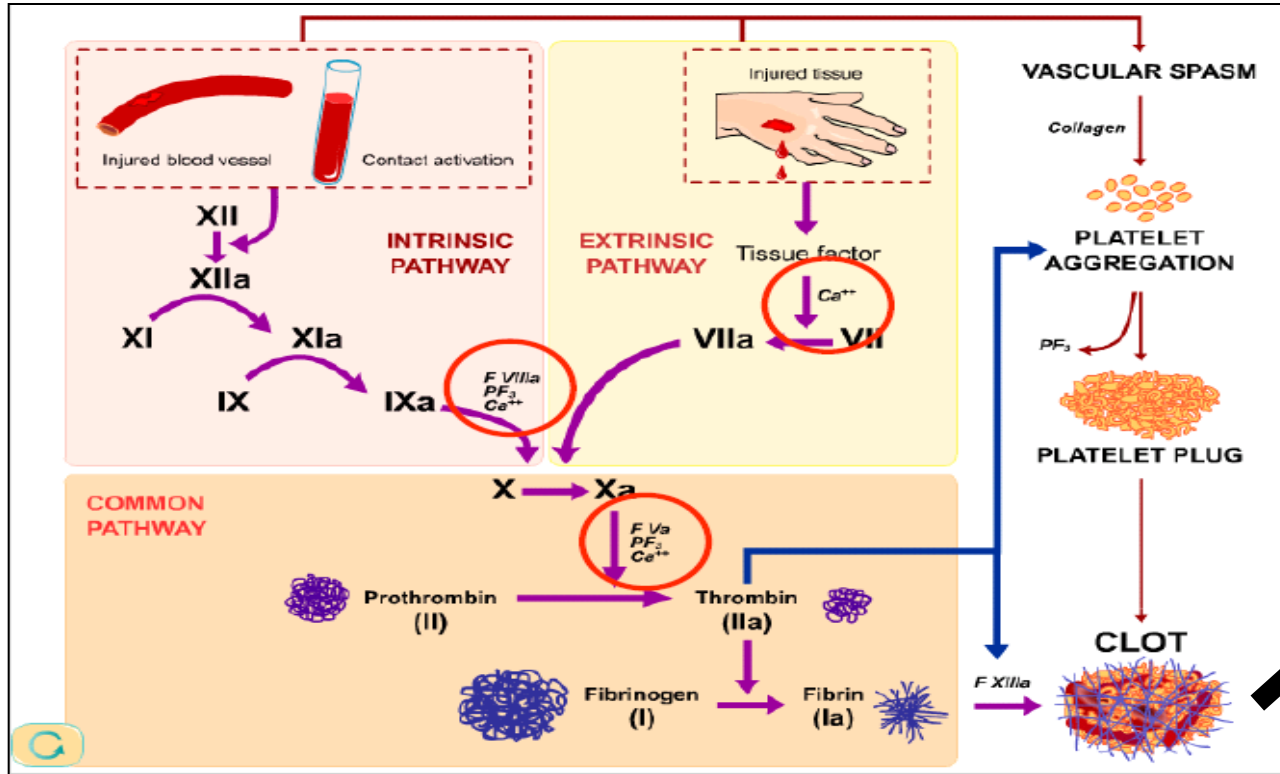
3. Activation de la coagulation

Formation du caillot de fibrine



④

Hémostase et coagulation



Clou plaquettaire

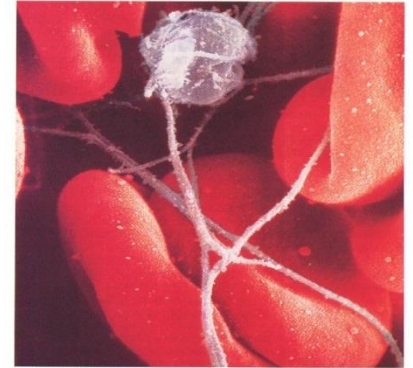


FIGURE 18.14
Micrographie au microscope électronique à balayage d'érythrocytes emprisonnés dans un réseau de fibrine. L'objet gris plus ou moins sphérique apparaissant au haut du cliché est une plaquette (15 000 ×).

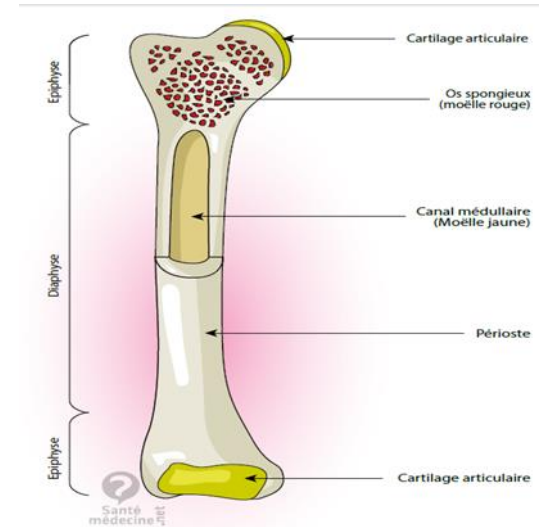
3-Formation des cellules sanguines

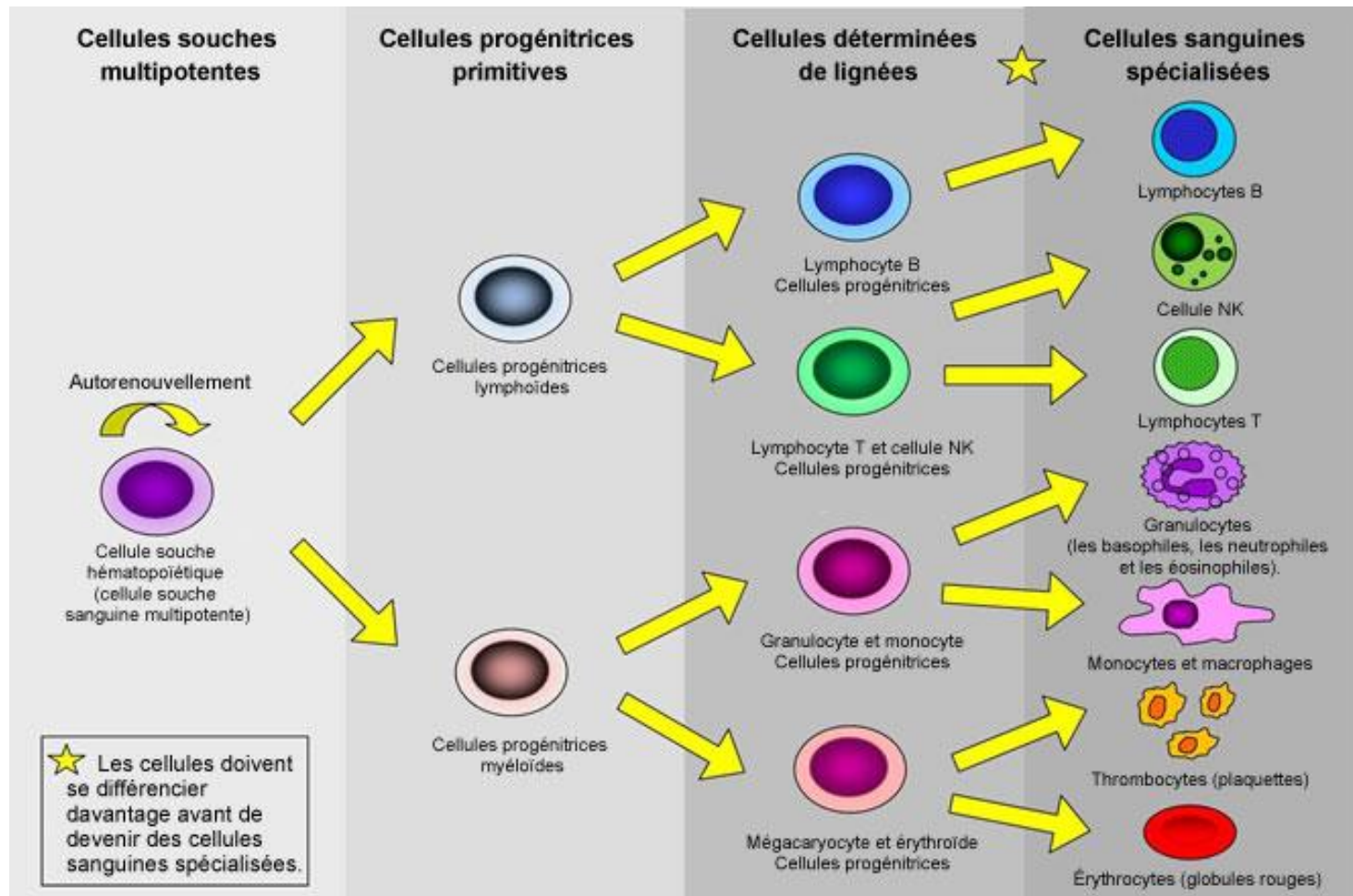
Hématopoïèse

- Cellules sanguines
 - durée de vie variable selon le type cellulaire
 - 1 journée à plusieurs mois
 - renouvellement quotidien hautement contrôlé afin de maintenir une concentration sanguine normale
- **Hématopoïèse** : ensemble des mécanismes qui assurent le remplacement continu et régulé des différentes cellules sanguines

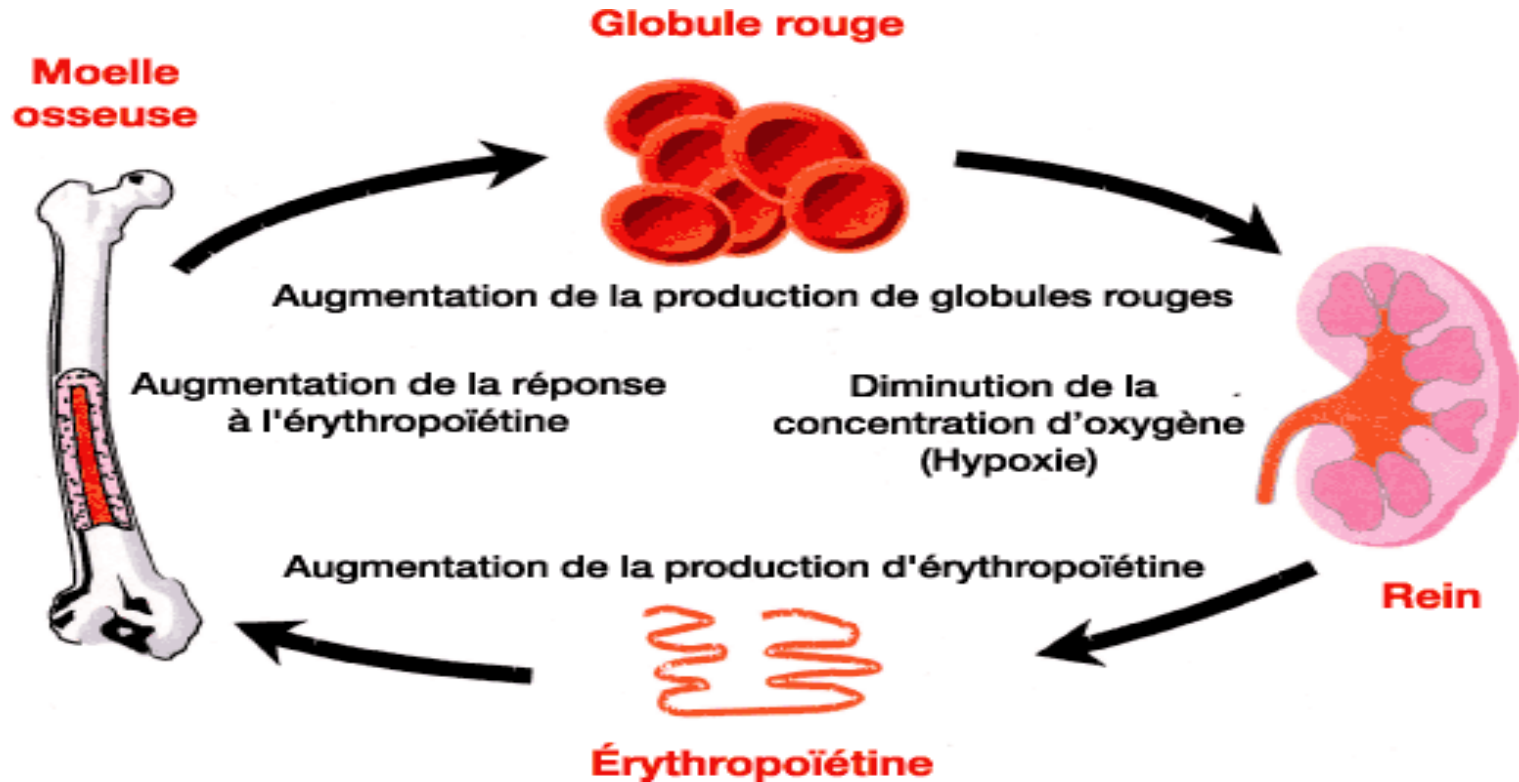
Hématopoïèse

- Les cellules sanguines proviennent d'un seul type de cellule = **cellule souche hématopoïétique**
- Dans les **organes hématopoïétiques**
 - Fœtus : sac vitallin puis foie, rate et **moelle osseuse**
 - Adulte : uniquement **moelle osseuse**
 - Os plats et os longs (ex : sternum, fémur....)
- **Régulation**
 - Par le besoin d'accroître le type correspondant de cellule
 - Par des cytokines et hormones (ex : erythropoïétine)





Erythropoïèse



Erythropoïèse

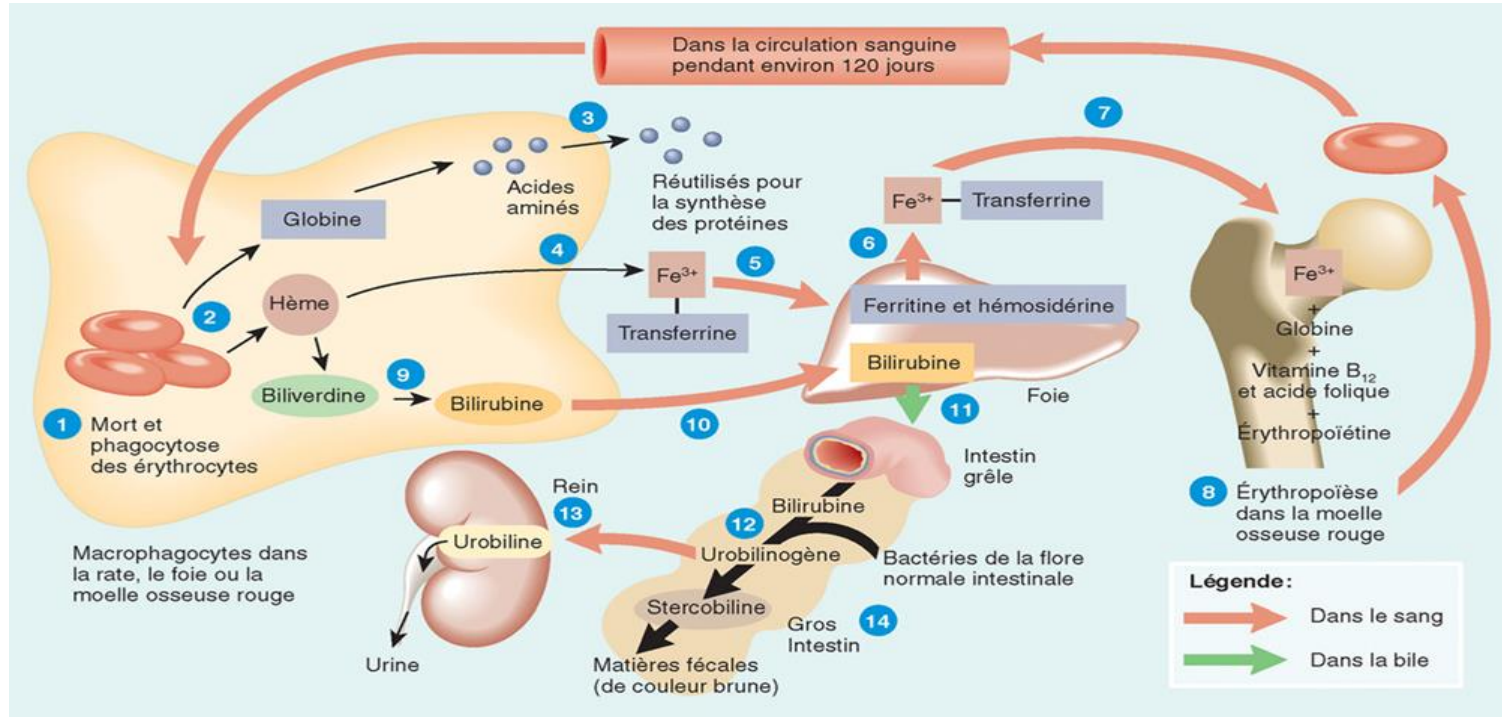
- **Fer**

- Cycle du fer = circuit fermé : récupération du fer de l'HB des GR sénescents
- Absorption digestive très faible
- Carence en fer : **anémie microcytaire**

- **Vitamine B12 et acide folique**

- Carence : **anémie macrocytaire** + mégaloblastose médullaire
- Alcoolisme et la maladie de Biermer

Cycle de vie d'un érythrocyte



A microscopic view of numerous red blood cells, appearing as bright red, biconcave discs against a darker red background. The cells are scattered across the frame, with some in sharp focus and others blurred.

Les systèmes de groupes sanguins

Dr Isabelle VINCENT
Anatomie/Physiologie
IFSI 1^{ère} année
10 décembre 2019

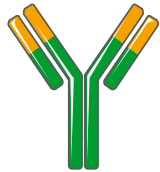
Définition antigène (Ag) et anticorps (Ac)

- **Antigènes**



- structures spécifiques situés sur la membrane des cellules et capables de provoquer la formation d'Ac (ou immunoglobulines) contenues dans le plasma

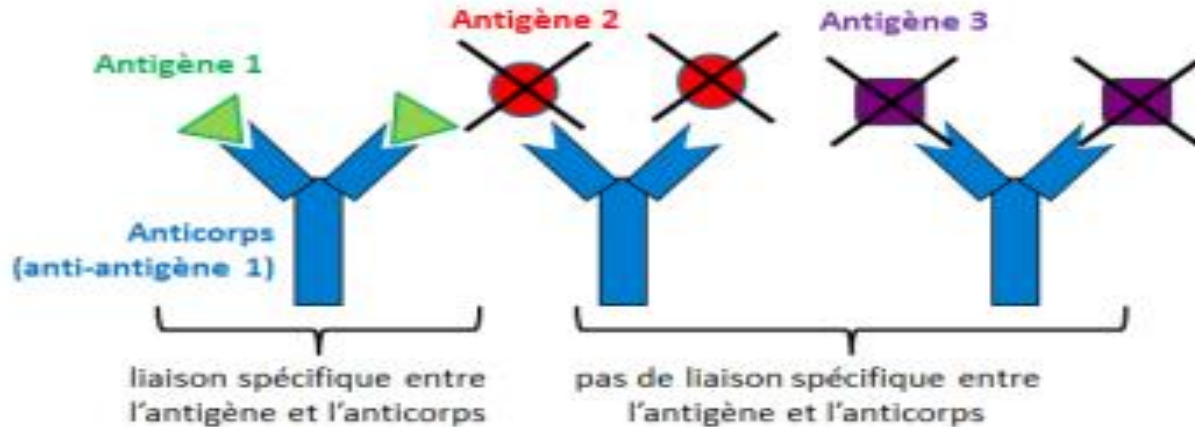
- **Anticorps**



- sont produits par les lymphocytes B et les plasmocytes, après introduction dans l'organisme d'un Ag que celui-ci ne possède pas
 - le système immunitaire reconnaît l'Ag comme étranger et répond en produisant un Ac spécifique
- La liaison sur la surface d'une cellule d'un Ag et de son AC spécifique entraîne la **destruction de la cellule**

Définition antigène (Ag) et anticorps (Ac)

Anticorps : une *reconnaissance spécifique* de l'antigène



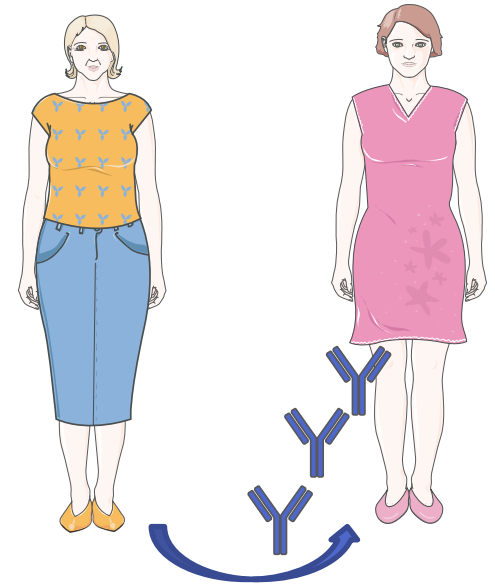
Réaction immunitaire

- **Immunogénicité**

- capacité d'un Ag à induire la fabrication d'anticorps dirigés contre lui
- plus un Ag est immunogène, plus le risque d'apparition d'anticorps est élevé

- **Allo-immunisation**

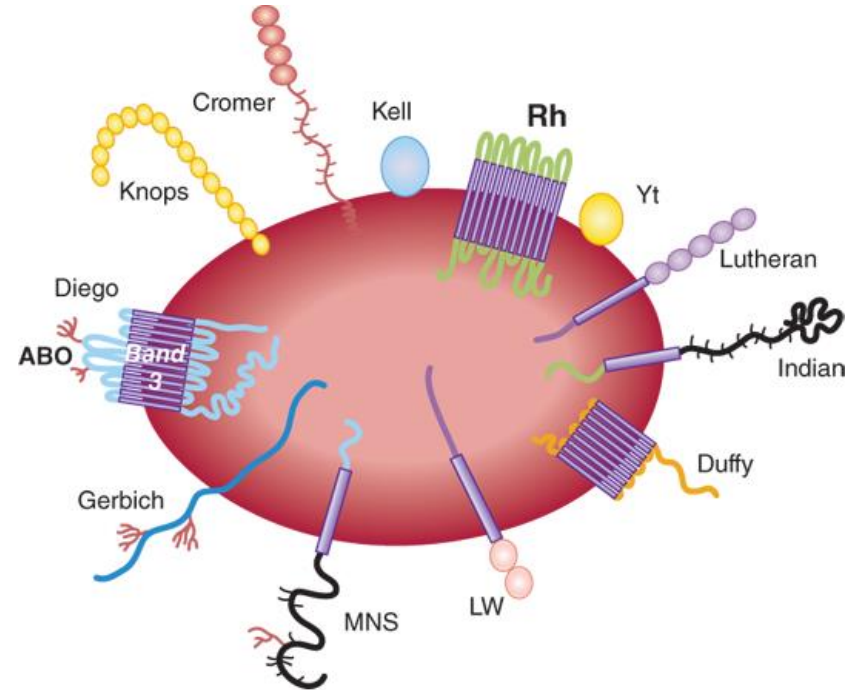
- formation d'un anticorps par l'individu d'une espèce contre un antigène d'un individu **de la même espèce**



Allo anticorps dirigés
contre le non soi

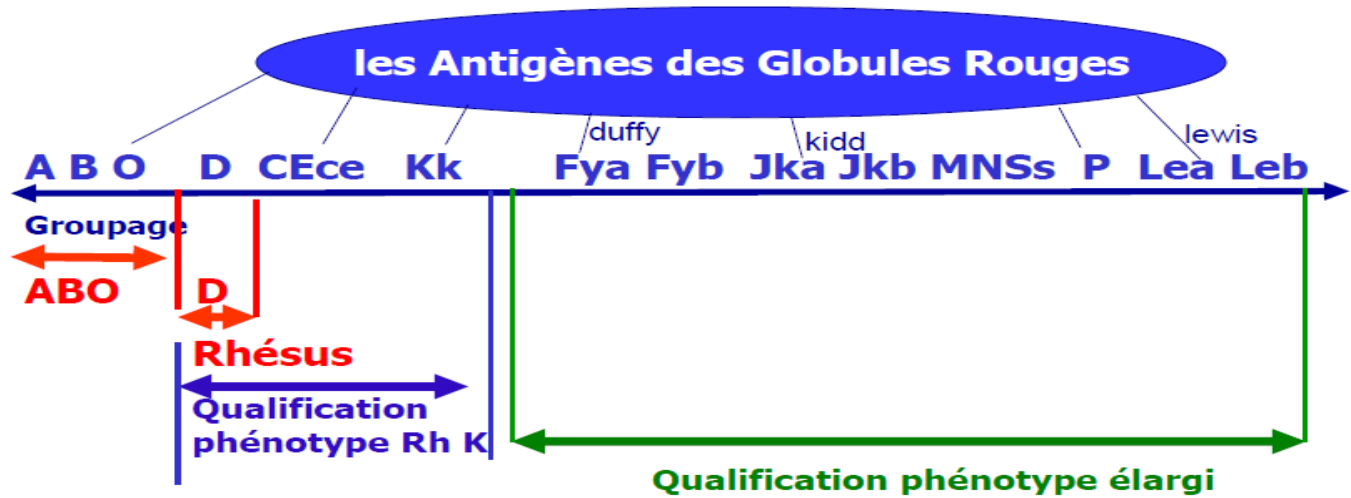
Antigènes de groupe sanguin

- Quand la cellule est un globule rouge, les antigènes situés sur la membranes définissent **un groupe sanguin**
- Variable selon les individus
- Transmission génétique
- Actuellement : > 30 systèmes décrits
 - Système ABO (Karl Lansteiner en 1900)
 - Autres: RH, Kell, Duffy....



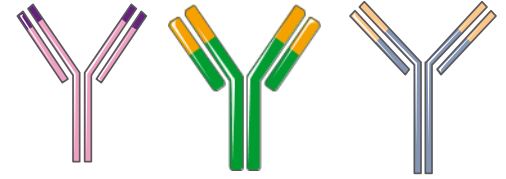
Source: Jon C. Aster, H. Franklin Bunn:
Pathophysiology of Blood Disorders, Second Edition
www.hemonc.mhmedical.com
Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved.

Détermination du groupe sanguin



- Groupe standard (ABO + D)
- Phénotype RH-KELL
- Phénotype étendu : autres systèmes de groupe, (non réalisés systématiquement)

Anticorps de groupes sanguins



	Ac naturels réguliers	Ac immuns irréguliers
Stimulation antigénique	Non	Oui après transfusion ou grossesse ou greffe
Présence obligatoire	Oui chez tous les individus	Non présents de façon irrégulière
Mise en évidence	Épreuve plasmatique de la détermination de groupe	Recherche d'anticorps irréguliers (RAI)
Exemples	AC du système ABO	Anti-D chez une femme enceinte Rhésus D négatif

Loi de Landsteiner pour le système ABO

Karl LANDSTEINER (1868 – 1943)



Histoire de la transfusion sanguine

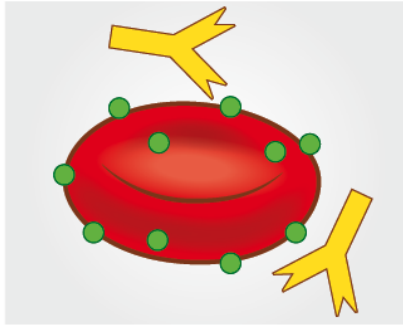
Source : G.Andreu

- Présence **constante** des anticorps correspondant aux antigènes absents des globules rouges

- = AC **naturels réguliers**
- circulent dans le plasma
- posent problème **dès la première transfusion incompatible** : accident hémolytique intra-vasculaire par incompatibilité ABO

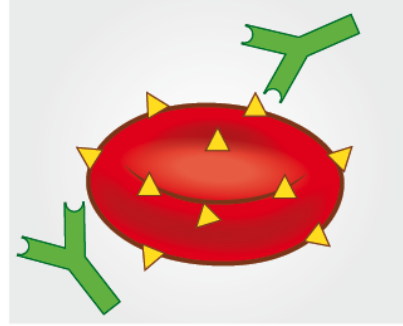
Ag et Ac de groupe sanguin ABO

Groupe sanguin A



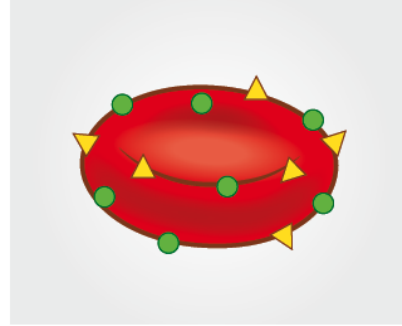
Antigène A Anticorps anti-B

Groupe sanguin B



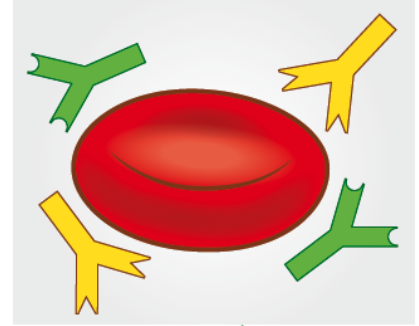
Antigène B Anticorps anti-A

Groupe sanguin AB



Antigène A & B Aucun anticorps

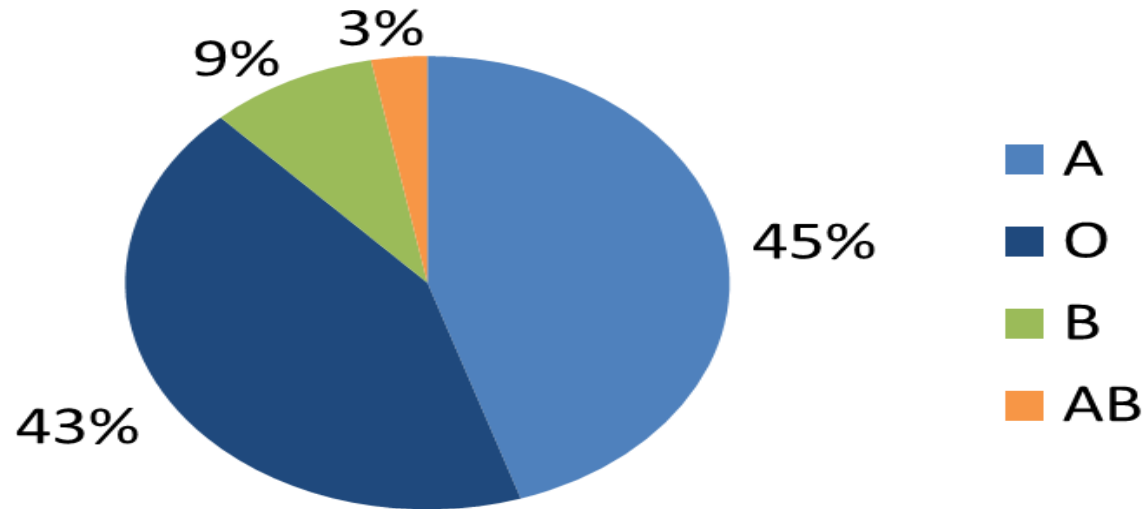
Groupe sanguin 0



Aucun antigène Anticorps anti-A & anti-B

Présence **constante** des anticorps correspondant aux antigènes absents des globules rouges

Systeme ABO



Systeme Rhésus

- 5 antigènes
- Plusieurs écritures D + C + E - c + e+
 Rh1+ Rh2+ Rh3- Rh4+ Rh5+

Antigène D

- Présence : **Rhésus +** (85% de la population française)
- Absence : **Rhésus –** (15% de la population française)

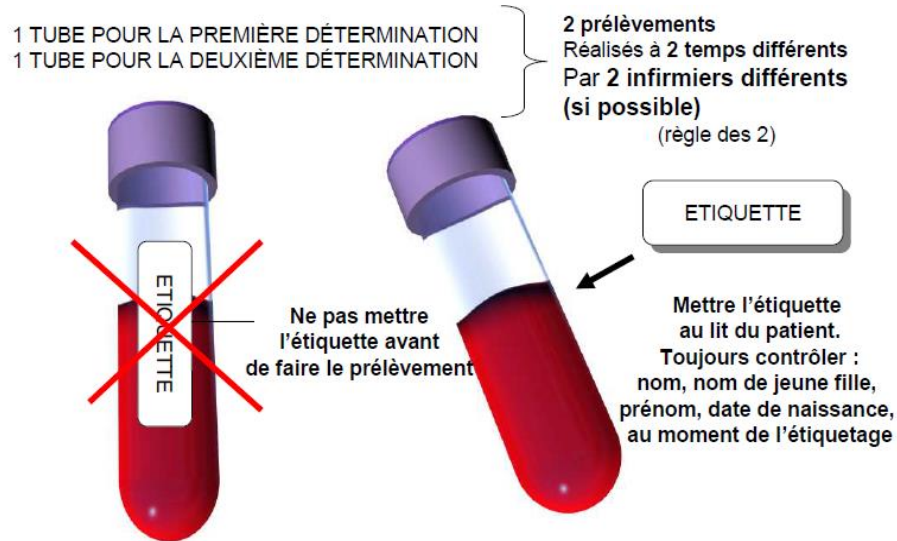
L'antigène D est le plus immunogène

- **5 anticorps**
= **anticorps irréguliers immuns** acquis par transfusion ou par grossesse

Les anticorps immuns de groupes sanguins

- Leur présence peut poser problème au cours
 - de la **2ème transfusion** incompatible
 - ou **2ème grossesse**
- Si incompatibilité :
 - hémolyse retardée
 - ictère
 - inefficacité transfusionnelle
 - maladie hémolytique fœto-maternelle
- Dépistés par **recherche d'anticorps irréguliers (RAI)** obligatoire
 - avant toute transfusion
 - dans le suivi de grossesse

Prélèvements pour groupage sanguin



Ne pas étiqueter les tubes à l'avance

→ Les étiqueter immédiatement après le prélèvement et en présence du patient

Groupage ABO au laboratoire

Epreuve globulaire
(ou Beth-Vincent)

Recherche des **Ag**
membranaires au moyen
de sérums-tests

+

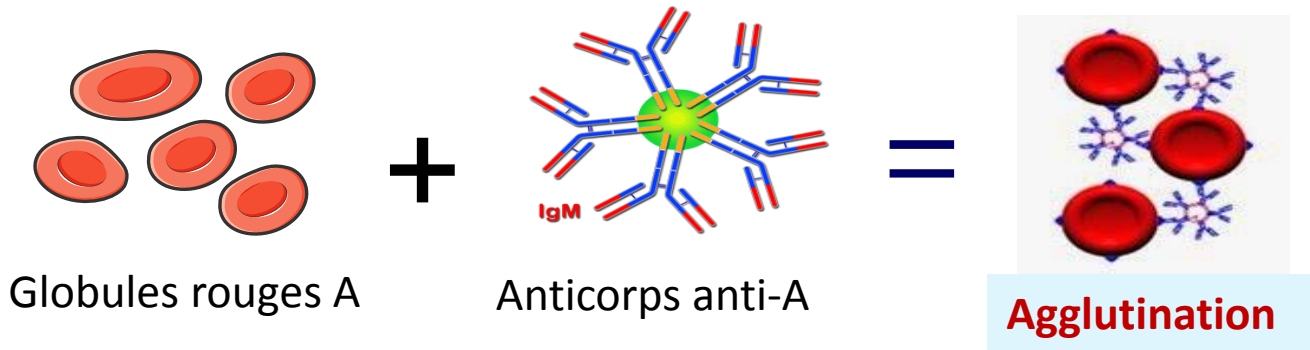
Epreuve plasmatique
(ou Simonin)

Recherche des **Ac**
plasmatiques au moyen
d'hématies tests

Les 2 épreuves sont COMPLEMENTAIRES et OBLIGATOIRES

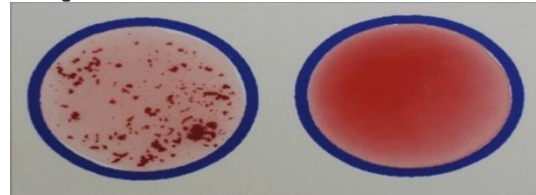
Groupage ABO au laboratoire

Quand l'antigène est un globule rouge, la réaction antigène-anticorps prend la forme d'une **agglutination**



A l'œil nu, en milieu liquide

Agglutination



Pas d'agglutination

Groupage ABO au laboratoire

Réalisation du groupage sanguin ABO-RH1

Epreuve de Beth-Vincent (sérum tests)			Epreuve de Simonin (hématies tests)		Détermination de l'Ag RH1 (sérum tests)		
Anti-A	Anti-B	Anti-AB	Hématies A	Hématies B	Anti-RH1	Témoin	
							RH1 (D+)
							RH-1 (D-)
							Ininterprétable

1 groupage sanguin = 2 prélèvements (1 détermination par prélèvement)

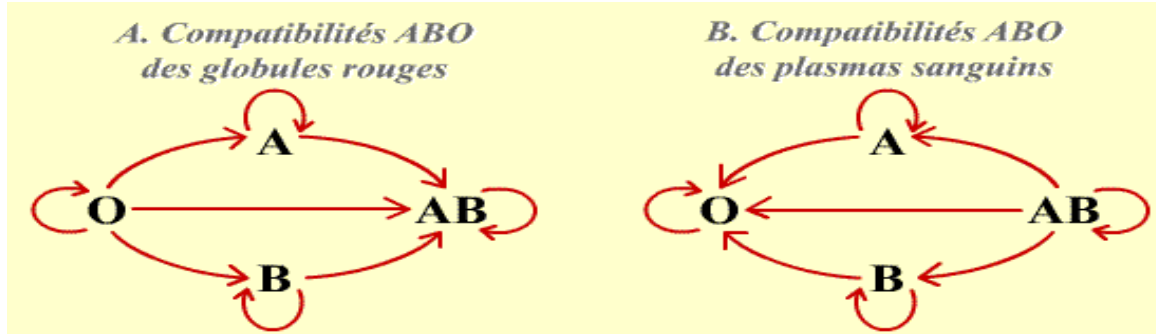
1 détermination = 1 réalisation en technique automatisée
= 2 réalisations en technique manuelle par 2 techniciens différents
+ double saisie par 2 personnes différentes

Implications cliniques (1)



- Transfusionnelles
- Règles de compatibilité donneur-receveur
 - **Compatibilité ABO impérative**
 - Sang **phénotypé** RH - KELL chez
 - Femmes en âge de procréer
 - Enfants
 - Polytransfusés
- Obligation d'examens pré-transfusionnels immuno-hématologiques
- Importance capitale du contrôle ultime pré-transfusionnel

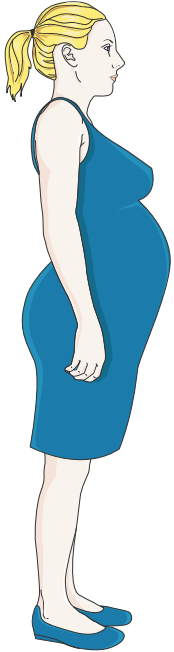
Compatibilité transfusionnelle ABO



Eviter rencontre Ag et Ac correspondant

- **Transfusion de de globules rouges** : ne pas apporter à un receveur un Ag qu'il n'a pas
- **Transfusion de plasma** : ne pas apporter d'Ac correspondant à un Ag présent sur les globules du receveur

Implications cliniques (2)

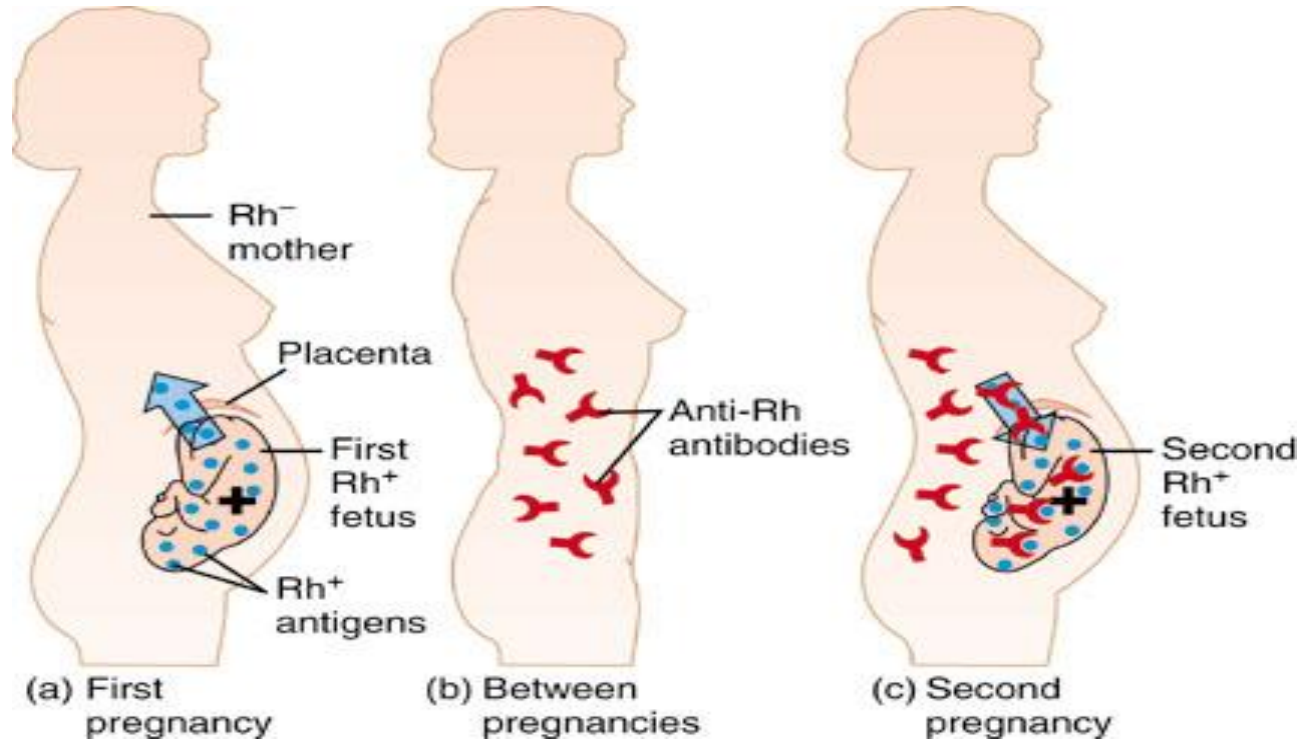


- **Obstétricales**

- **Suivi des grossesses** : groupage ABO RH KEL et RAI
- **Prévention de l'immunisation foeto-maternelle** et de la maladie hémolytique du nouveau-né (MHNN) par immunoglobulines anti-D chez les femmes D négatif enceintes de fœtus D positif

Rhésus D et grossesse

Quand les mamans Rh – détruisent les globules rouges de leurs bébés Rh +



Implications cliniques (3)



- Greffes
- Compatibilité ABO à prendre en compte dans
 - Allogreffes de cellules souches hématopoïétiques
 - Greffes tissulaires

Des questions ?



Merci de votre attention

ivincent@ch-morlaix.fr