

TISSU CIRCULANT

I. Introduction :

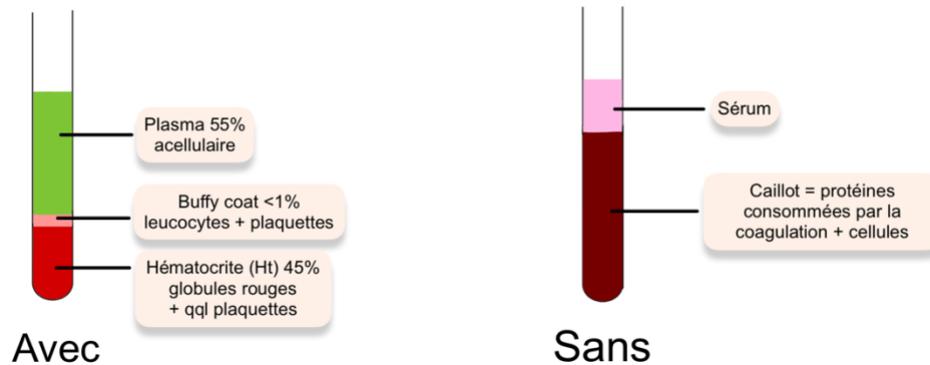
A. Définitions

Le sang est un tissu fluide composé de cellules en suspension aussi appelés **éléments figurés**, et d'une **MEC liquide** : le **plasma**. L'adulte a un volume de 5 à 6L de sang qui circule dans les cavités vasculaires.

Après centrifugation d'un prélèvement sanguin, il y a 2 cas de figure :

→ Tube **AVEC** anticoagulant : les cellules, càd les **hématies** (=globules rouges) vont tomber au fond du tube, ainsi que quelques leucocytes et plaquettes qui étaient déjà au fond du tube avant centrifugation. Les hématies forment l'hématocrite qui est le pourcentage de volume sanguin composé d'hématies. Au dessus se trouve le **buffy coat** composé de leucocytes (=globules blancs) et de plaquettes. Enfin, tout en haut il y a le surnageant liquide = **plasma acellulaire** qui contient de l'eau, du glucose, des électrolytes et de nombreuses protéines.

→ Tube **SANS** anticoagulant : au fond du tube un **caillot** regroupe toutes les cellules sanguines agrégées ensemble par les protéines de la coagulation, et au dessus le surnageant liquide : le **sérum**.



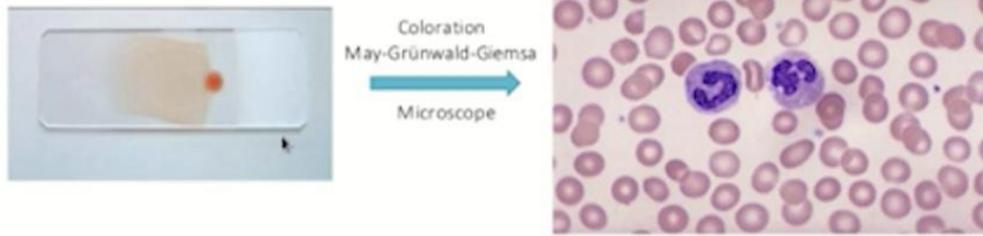
B. Méthodes d'étude majeurs

Pour étudier les éléments figurés on utilise 2 techniques majeures :

→ **Le frottis** : étalement d'une goutte de sang sur une lame de verre colorée en première intention au May Grunwald-Giemsa (MGG) puis observé au microscope. Le frottis permet d'apprécier la **morphologie** des cellules.

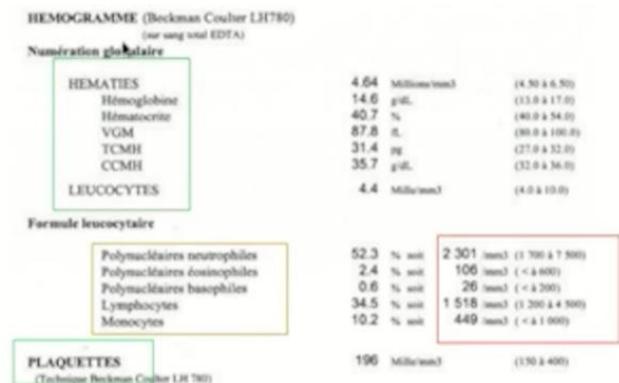
→ **La Numération de Formule Sanguine (NFS)** : **comptage** des différentes populations cellulaires contenues dans un échantillon de sang, cet examen est automatisé.

LEucocyte



Voici un exemple d'hémogramme ou de numérisation

On retrouve en **vert** la numération à proprement dite c'est-à-dire le comptage des différentes populations cellulaires avec les paramètres quantitatifs associés à ces cellules et en **rouge** la formule qui correspond au comptage des différents leucocytes et leur proportion respectives : on analysera préférentiellement le nombre de cellules en valeur absolue plutôt que la proportion.

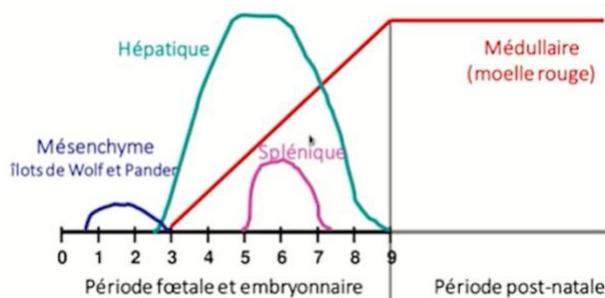


C. Hématopoïèse

Les cellules présentes dans le sang sont soit des **cellules résidentes** soit des **cellules en transit** qui ont vocation à gagner d'autres tissus (TC, Tissus épithéliaux et tissus nerveux). Toutes ces cellules sont produites par **l'hématopoïèse**. Elle regroupe :

- **La myélopoïèse** c'est-à-dire la production de cellule d'origine myéloïde.
- **Lymphopoïèse** c'est-à-dire la production des lymphocytes et cellules apparentées.

→ Hématopoïèse = Myélopoïèse + lymphopoïèse



La localisation et la capacité de production sont variables selon le **stade de développement**, elle apparaît très tôt durant la vie embryonnaire : **avant la fin du 1er mois de grossesse** avec **les îlots de Wolf et Panders** puis elle devient **hépatique et splénique** (rate) durant le reste de la grossesse.

Progressivement, elle va commencer à se localiser dans la **moelle rouge des os spongieux** dès le troisième mois puis elle va gagner en importance jusqu'à devenir la seule localisation de l'hématopoïèse après la naissance.

D. Organisation de la moelle rouge

La moelle osseuse est le tissu où se localise l'hématopoïèse après la naissance. Elle peut être divisée en 2 parties : **le stroma** et **les éléments de l'hématopoïèse** à proprement parlé.

Ici, **les cellules hématopoïétiques** (points noirs) sont à différents stades de maturations (cellules souches, précurseurs et matures). On va retrouver **le stroma** : il correspond à un **tissu conjonctif lâche réticulé richement vascularisé** par les capillaires sinusoides.



Les capillaires sinusoides sont des capillaires dont les cellules endothéliales ne sont **pas jointives** entre elles et qui reposent sur une **lame basale discontinue** permettant de délimiter des fentes. Ils sont **très perméables** et peuvent laisser passer des éléments figurés du sang.

Dans le stroma, on retrouvera de nombreux types cellulaires : des adipocytes, des ostéoclastes, des ostéoblastes, des fibroblastes...

Le stroma a un rôle important dans **le maintien et la régulation de l'hématopoïèse**.

L'hématopoïèse suit globalement un schéma similaire pour toutes les cellules sanguines. Dans la moelle osseuse, se trouve des **cellules souches multipotentes** : elles ont la capacité de donner naissance à **toutes les populations cellulaires sanguines** et une capacité **d'auto-renouvellement** ce qui permet de ne pas épuiser notre capacité à produire des cellules sanguines matures.

Elles sont sous l'influence de plusieurs facteurs, elles peuvent donner naissance à deux types de **cellules pluripotentes** : soit **myéloïdes** soit **lymphoïdes**. Ce sont toujours des cellules souches car elles gardent leur capacité **d'auto-renouvellement** et elles peuvent donner naissance à **plusieurs types cellulaires** mais moins que les cellules souches multipotentes (on commence déjà à avancer dans la maturation).

Les cellules souches myéloïdes ou lymphoïdes peuvent donner naissance à un certain nombre de **progéniteurs**, elles peuvent aussi **s'auto-renouveler** mais ce ne sont plus des cellules souches car elles sont à ce stade déjà engagées dans une voie de **différenciation** : elles portent le nom de **CFU** suivi de l'initiale de la ou les lignées à laquelle elles peuvent donner naissance.

Sur le schéma, on trouve juste les initiales pour ne pas le complexifier d'avantage mais ce sigle de CFU apparaît bien au stade progéniteurs. CFU signifie **Coloring Forming Unit** car en culture dans une boîte de Pétrie ces cellules se multiplient en formant un amas ou colonie.

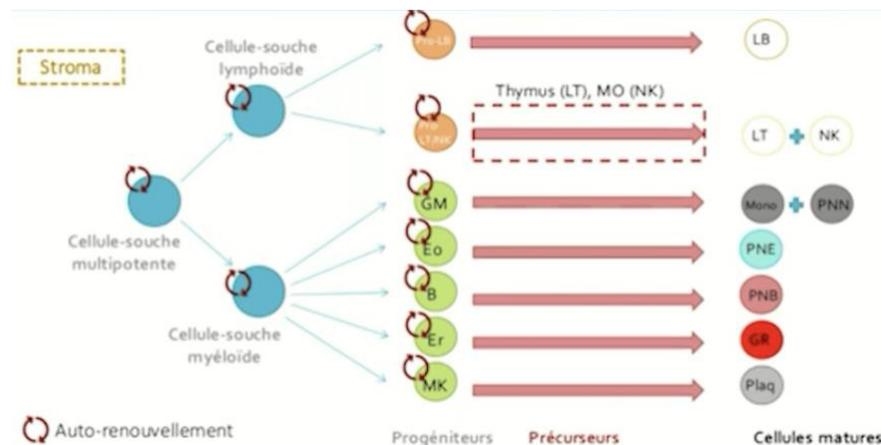
Si ces progéniteurs reçoivent les signaux appropriés ils vont devenir des **précurseurs**. Ces précurseurs sont **engagés dans un processus de maturation irréversible** qui aboutira aux **cellules sanguines matures**. Ce processus de maturation leur permet d'acquérir progressivement leurs **capacités fonctionnelles**.

Ce processus se passe dans **la moelle osseuse** pour toutes les populations cellulaires sanguines, à l'exception des **lymphocytes T** dont les précurseurs vont maturer dans **le thymus**.

Ce chemin : **cellules souches** → **progéniteurs** → **précurseurs** → **cellules matures** sera suivi par toutes les cellules sanguines

❖ Tableau récap :

Cellules souches multipotentes	<ul style="list-style-type: none"> - Donnent <u>tous types</u> de cellules - Auto-renouvellement - Cellules souches
Cellules souches pluripotentes myéloïdes ou lymphoïdes	<ul style="list-style-type: none"> - Donnent <u>plusieurs types</u> de cellules - Auto-renouvellement - Cellules souches
Progéniteurs	<ul style="list-style-type: none"> - CFU : engagé dans la <u>différentiation</u> - Auto-renouvellement - <u>PLUS</u> des cellules souches
Précurseurs	<ul style="list-style-type: none"> - Engagés dans un processus <u>irréversible</u> - Donnent les cellules matures



L'hématopoïèse ne se fait pas au hasard elle est sous le contrôle de multiples **facteurs de croissance** : des signaux qui vont contrôler **la multiplication et la différenciation** des cellules souches et des progéniteurs. Ces facteurs de croissance peuvent être sécrétés par les **cellules du stroma** et avoir une **action paracrine** ou être sécrétés **à distance par d'autres organes** et avoir une **action endocrine**.

Certains de ces facteurs vont stimuler la production de **plusieurs lignées cellulaires** comme le **GM-CSF** pour le traitement des **leucopénies** ou encore **l'IL3**. D'autres vont être spécifiques d'une seule lignée comme **l'EPO** pour le traitement des **anémies**, le **TPO** pour le traitement des **thrombopénies** ou le **G-CSF** pour le traitement des **neutropénies**.

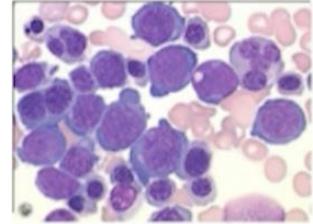
Certains de ces facteurs de croissance peuvent être administrés en **thérapeutique** pour stimuler la production d'une ou de plusieurs lignées sanguines chez un patient ou de manière illicite dans le cadre du dopage avec l'EPO.

Pour étudier l'hématopoïèse, il faut un prélèvement de moelle osseuse soit :

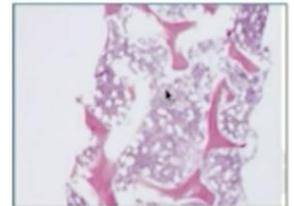
→ Par un **myélogramme** qui consiste à aspirer un peu de moelle osseuse par **ponction sternale** ou au niveau de **la crête iliaque**. L'avantage c'est qu'il n'est **pas à risque**



hémorragique, cependant on obtient une ponction liquide qui ne conserve pas l'architecture du tissu environnant : sur ce myélogramme étalé sur une lame en verre et coloré on trouvera uniquement les cellules de l'hématopoïèse à différents stades de maturation mais on ne trouvera pas son environnement tel que les éléments du stroma, le tissu osseux. Le myélogramme permettra d'étudier **les troubles hématologiques** : thrombopénie, anémies, cellules anormales au frottis et les infections.



→ Par **la biopsie ostéo-médullaire** qui consiste à prélever une **carotte osseuse** dans la **crête iliaque**, il est à **risque hémorragique**. On obtient un fragment de tissu solide ce qui permet d'étudier l'hématopoïèse dans son environnement. Au microscope on trouvera tissu osseux (en rose) et entre ces travées osseuses : les cellules du stroma (adipocytes) et les cellules de l'hématopoïèse. Elle conserve l'architecture de la moelle osseuse. Elle permettra d'étudier les aplasies, les myélofibroses, les lymphomes et suspicion de métastase médullaire.



II. La lignée érythrocytaire

A. Les hématies

Les hématies sont les cellules sanguines les plus nombreuses de 4 à 6 millions par mm³ à l'état normal (SI : 4 à 6 × 10¹² par Litre). Elles ont un aspect de disque biconcave de 1 à 2 um d'épaisseur, 7µm de diamètre et ont un cytoplasme acidophile.

Elles assurent **le transport de l'O₂ et d'éliminer le CO₂** grâce à **l'hémoglobine** (Hb). La numération sanguine donne plusieurs constantes érythrocytaire, en plus de leur nombre, qui sont importantes en clinique :

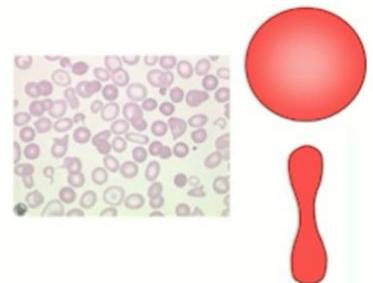
→ On a déjà évoqué **l'hématocrite** (volume GR/ volume sanguin total) *ATTENTION pas sur volume de plasma*

→ On a aussi **la concentration en hB**

→ **Le volume corpusculaire moyen** (ou globulaire moyen) qui correspond au volume moyen des GR (HT/nombre de GR): on parlera de **macrocytose** s'il est augmenté ou **microcytose** si il est diminué

→ **La teneur corpusculaire moyenne en HB** (HB/HT)

L'érythrocyte n'a ni noyau ni organelle, il possède un important cytosquelette sous membranaire (spectrine, ankirine, actine) qui lui confère des propriétés de déformabilité et donc de passer dans des capillaires de très petit diamètre.



Un tiers de son volume correspond à l'Hb, elle est elle-même composée de deux structures :

→ Une **protéique** composée de **4 sous-unités de globine** : il existe 6 types de globine, le type le plus fréquent à l'âge adulte est le type alpha et bêta mais le type de globine variera en fonction du stade de développement de l'individu.

→ La deuxième structure est **l'hème** : cofacteur contenant un atome de **fer**, plus précisément un cation ferreux Fe²⁺ qui sert à fixer l'oxygène ou le CO₂.

La membrane érythrocytaire comporte de nombreuses glycoprotéines qui sont les déterminants des groupes sanguins : système ABO, rhésus, khell

❖ Par exemple, sur ce tableau du système ABO :

→ Un individu du **groupe A** portera des **glycoprotéines A** et aura donc des anticorps dirigés contre les glycoprotéines B. Il ne faut donc pas transférer à cet individu des érythrocytes qui comportent des glycoprotéines B car ils réagiront avec les Ac anti-B du patient, idem pour B.

→ Un individu **AB** aura des **glycoprotéines A et B**, il n'aura donc ni Ac anti-A ni anti-B puisque ces protéines sont constitutives chez lui, il est donc receveur universel.

→ Un individu du **groupe O** n'aura sur sa membrane **ni de glycoprotéines A ni B**, il sera donneur universel. Il produira en revanche des Ac anti-A et anti-B puisqu'aucune de ces protéines n'est constitutives chez lui, il peut être transfusé uniquement avec un donneur du groupe O.

De même pour le Rhésus, un rhésus négatif aura des Ac anti Rhésus, on peut le transférer qu'avec un rhésus négatif.

	Groupe A	Groupe B	Groupe AB	Groupe O
Globule Rouge				
Anticorps			Aucun	
Antigène	Antigène A	Antigène B	Antigène A et B	Pas d'antigène

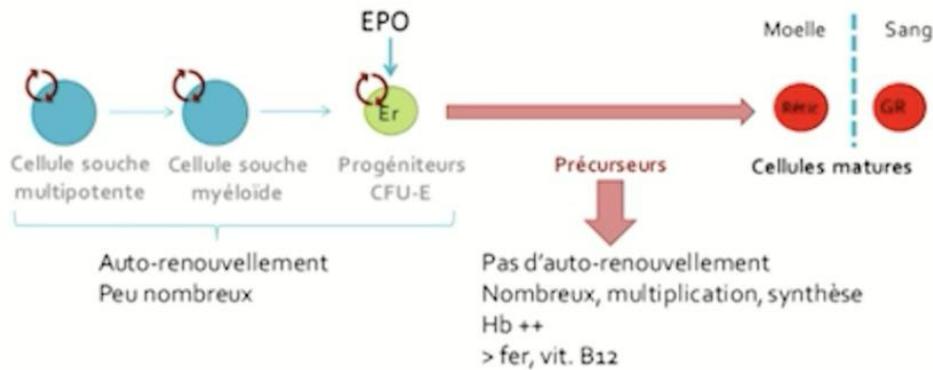
B. L'érythropoïèse

Elle suit le schéma général de l'hématopoïèse : **les érythrocytes** sont issues des **cellules souches myéloïdes** qui se différencient en **progéniteur CFU-E**. Ces progéniteurs vont se multiplier sous l'influence de **l'EPO**, ils s'engagent ensuite dans le voie de différenciation érythrocytaire et forment des **précurseurs** de maturité croissante qui vont avoir une importante activité de synthèse de l'Hb nécessitant du fer et de la vitamine B12.

Ces précurseurs aboutissent au **réticulocyte** : jeune GR qui n'a pas encore éliminé ces organites, ces organites qui apparaissent comme des ponctuations bleues sur un frottis coloré au bleu de crésyl. Si le frottis est coloré au MGG, ces ponctuations ne seront pas visibles. Une fois ces organites éliminées l'érythrocyte est mature.

Si on observe un grand nombre de réticulocytes circulant c'est-à-dire supérieur à 120 millions par litre cela signifie que l'érythropoïèse est **intense** : cela doit être cependant interprété en fonction du taux d'HB c'est- à-dire s'il y a présence ou pas d'une anémie.

Un érythrocyte vit 120 jours et est détruit dans le foie, la rate ou la moelle.



C. Les anémies

C'est le trouble hématologique le plus fréquent. Elle est définie comme un taux de Hb **inférieur à 13g/dL chez l'homme** et **12g/dL chez la femme**.

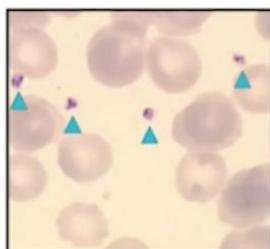
Face à une anémie, on regarde sur la numération sanguine **le taux de réticulocytes et leur nombre** :

→ Si ce nombre est **élevé** cela témoigne d'une **érythropoïèse intense**, la moelle est fonctionnelle et produit des GR en grand nombre pour compenser une **perte périphérique extra médullaire** de GR : soit une hémorragie, soit une hémolyse (destruction intravasculaire des GR), on parle **d'anémie régénérative** (ou périphérique).

→ Si au contraire, le taux de réticulocytes est **bas** c'est que l'organisme n'est pas capable de répondre correctement à la baisse d'Hb soit parce qu'il n'y a plus de progéniteurs, soit parce qu'ils ne sont pas stimulés par l'EPO, soit parce que les précurseurs n'ont pas à leur disposition les éléments nécessaires pour synthétiser leurs composants : l'Hb par exemple, on parle **d'anémie arégénérative** (ou centrale).

III. La lignée plaquettaire

Le nombre de **plaquettes** est d'environ 150 à 400 x 10³ par mm³. Ce sont des **fragments de cytoplasme** et elles sont donc **anuclées**. Elles sont discoïdes ou étoilées selon leur état d'activation et leur diamètre est de 1 à 3 µm.



Elles comportent des lysosomes, des mitochondries, des granulations (contenant des facteurs de coagulation et du calcium), des myofilaments contractiles et des microtubules.

L'ensemble de ce contenu cytoplasmique est dédié à **l'hémostase** (*attention ne pas confondre avec hémato**se** !!*) et permet aux plaquettes d'adhérer à une lésion de l'endothélium de s'agréger entre elles et de favoriser la vasoconstriction.

A. La thrombopoïèse

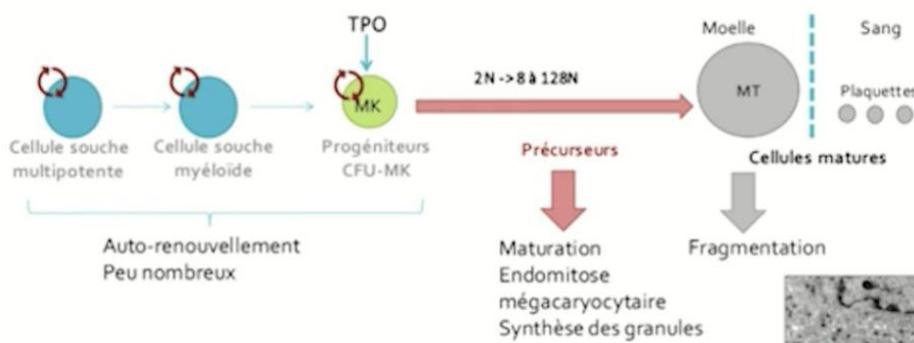
Pour la **thrombopoïèse**, on va encore une fois retrouver l'organisation générale de l'hématopoïèse. Les plaquettes sont issues des **cellules souches myéloïdes** qui se différencient en **progéniteurs CFU-MK** qui se multiplient sous l'action du **TPO**.

La première étape des **précurseurs** plaquettaires porte le nom de **mégacaryoblaste** et ils vont avoir une évolution particulière lors de la maturation : ils vont réaliser une **endomitose mégacaryocytaire**.

C'est-à-dire ils vont entrer en mitose, dupliquer leur génome mais au lieu de terminer leur mitose en générant deux cellules filles, ils vont reprendre un cycle G1 S G2, si bien qu'à la fin de la maturation de ces cellules on obtient des **mégacaryocytes thrombocytogène** qui contiennent chacun plusieurs copies de leur matériel génétique et qui ont un aspect de cellules géantes.

Ils vont ensuite fragmenter leur cytoplasme pour donner les plaquettes. Ces fragments vont ensuite être envoyés dans la circulation sanguine.

Les plaquettes ont une durée de vie de 10 à 15 jours et sont stockées dans la rate.



IV. La lignée granuleuse

Elle compte **les polynucléaires basophiles, neutrophiles, éosinophiles et les mastocytes**. Ils forment avec les lymphocytes la population des **leucocytes** (les GB).

A. Les polynucléaires neutrophiles

Ce sont les plus nombreux ($2,5$ à $7,5 \times 10^3$ par mm^3 : 25 à 75% des leucocytes), ils ont un aspect de cellules avec un **noyau polylobé** et comportent deux types de granulations :

→ **Azurophiles** qui contiennent des enzymes comme la myéloperoxydase ou la collagénase

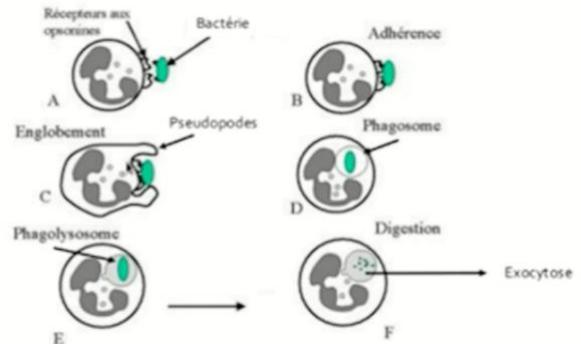
→ **Neutrophiles** majoritaires qui contiennent des substances antibactériennes.



Il existe deux populations de PNN : une **circulante** et une **marginée**, c'est-à-dire dans le flux sanguin mais accrochée aux cellules endothéliales et mobilisable si besoin. Ils ont un rôle important dans **la défense antibactérienne**.

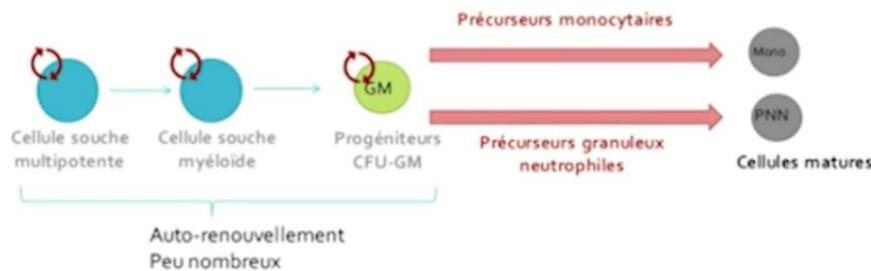
1. Défense anti bactérienne : phagocytose

En effet, les PNN ont des récepteurs capables de se fixer aux bactéries qu'ils croisent, ils adhèrent aux bactéries et leur membrane va former des **pseudopodes** pour englober ces bactéries dans une vésicule qui va porter le nom de **phagosome**. Ce phagosome va fusionner avec les lysosomes présents dans le cytoplasme du PNN et former un **phagolysosome** puis les enzymes du lysosomes libérés dans ce phagolysosome vont permettre de lyser la bactérie. Une fois la bactérie lysée, les débris vont être éjectés hors de la cellule par exocytose et formera ce qu'on appelle le pus.



2. Granulopoïèse neutrophile

Concernant la granulopoïèse neutrophile, nous allons retrouver encore une fois la même organisation que l'hématopoïèse. Ils sont issus des **cellules souches myéloïdes** qui se différencient en **progéniteurs CFU-GM**. Ces progéniteurs peuvent s'engager dans deux voies de différenciation : vers les **précurseurs monocytaires** qui donneront les **monocytes** ou vers les **précurseurs granuleux neutrophiles** qui donneront les **PNN**.



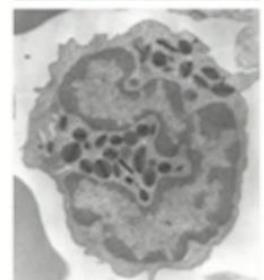
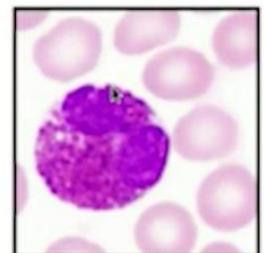
B. Les polynucléaires éosinophiles

Ils représentent 1 à 3% des leucocytes (100 à 300 par mm³), ils possèdent un **noyau unique bilobé** et contiennent un grand nombre de **granulations éosinophiles** qui contiennent des peroxydases, des cytokines, des RNase.

Ils ont un rôle important dans **la défense antiparasitaire et antitumorale**.

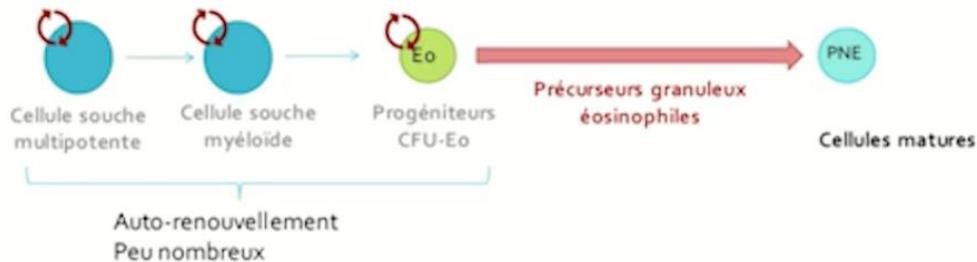
Après reconnaissance du pathogène ou stimulation par d'autres cellules immunitaires, le PNE va libérer ces granules au contact de la cible et participer également à la régulation de l'activité des PNB et des mastocytes.

Les PNE sont des cellules en transit dans le sang et se localisent essentiellement au niveau du chorion des muqueuses.



1. La granulopoïèse éosinophile

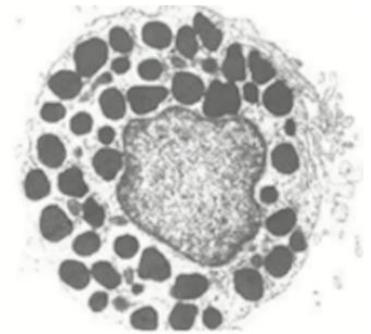
Ils sont issus des **cellules souches myéloïdes** qui se différencient en **progéniteur CFU-E0**, qui donneront ensuite des **précurseurs PNE** qui après maturation donneront les **PNE**.



C. Les polynucléaires basophiles

Ce sont les **moins nombreux** des leucocytes (< 1% des leucocytes soit < 100 par mm³). Ils ont un **noyau unique en forme de S** et présentent des **granulations abondantes basophiles et métachromatiques** contenant de l'histamine, des peroxydases, de l'héparine...

Ils ont un rôle important dans **l'allergie et l'inflammation**. Certaines cytokines où la fixation de IgE-Ag sur les récepteurs de surface des PNB va entraîner leur dégranulation et la synthèse de facteurs pro inflammatoires.



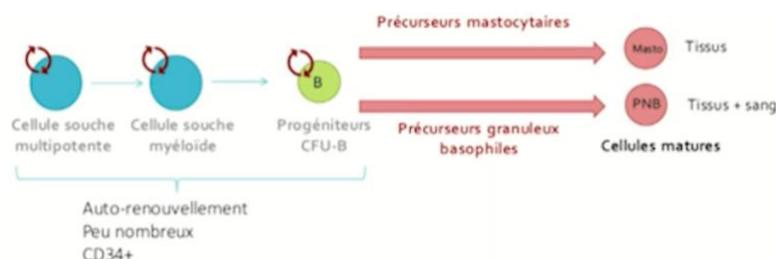
1. Sensibilisation et allergie

Un **PNB** que l'on dit **non sensibilisé** va avoir sur sa membrane des récepteurs aux fragments constants des **IgE**. Lors d'un premier contact avec un Ag, certains lymphocytes (les LB) vont être activés et sécréter des IgE dirigés contre l'Ag. Ces IgE vont se fixer sur les Rc membranaires du PNB : il sera alors **sensibilisé à l'Ag** (ou aux Ags) dont il porte désormais les **IgE spécifiques** sur ses récepteurs membranaires.

Lorsque le PNB sera de nouveau mis en contact avec cet Ag, il libérera le contenu de ces granules dans la circulation sanguine et déclenchera ainsi une allergie ou une inflammation.

2. Granulopoïèse basophile

Les PNB sont issus des **cellules souches myéloïdes** qui vont se différencier en **progéniteur CFU-B**, ils peuvent s'engager dans deux voies de différenciation : les **précurseurs mastocytaires** pour donner les **mastocytes** ou vers les **précurseurs basophiles** qui donneront les **PNB**.

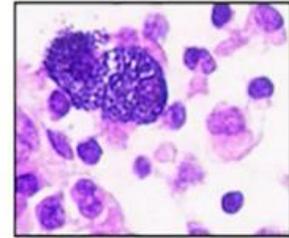
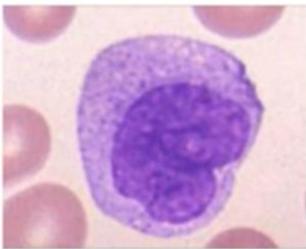


❖ Récap des polynucléaires :

PNN	Défense antibactérienne
PNE	Défense anti-parasitaire et anti-tumorale
PNB	Allergie et inflammation

D. Les mastocytes

Ils ne sont pas ou peu visibles dans le sang car ils ont une **localisation tissulaire**. Ils possèdent un **noyau unique ovalaire** recouvert de nombreuses granulations (contenant des histamines, des héparines et des peroxydases) basophiles et métachromatiques. Ils ont un rôle similaire aux PNB : **allergie et inflammation**.

**E. Les monocytes**

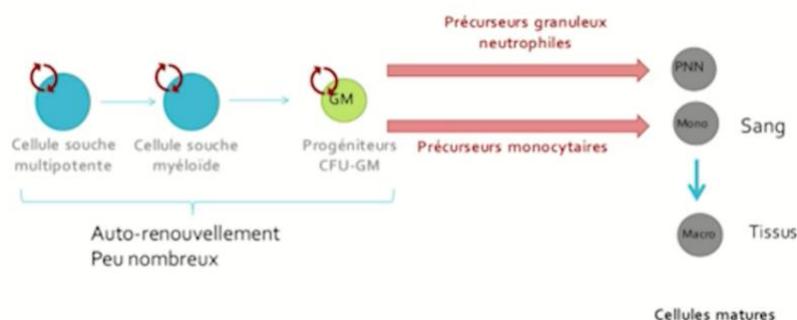
On trouve moins de 1000 monocytes par mm³, on les reconnaît à leur **noyau irrégulier encoché**. Ce sont des cellules **immatures** en transit dans la circulation sanguine qui termineront leur maturation dans les tissus. Ils peuvent donner plusieurs types de cellules selon leur localisation tissulaire : ostéoclastes, cellules présentatrice d'Ag et surtout macrophages (=histiocytes).

Comme le PNN, **les macrophages** sont des cellules capables de phagocyter les pathogènes de façon aspécifique, ils se différencient des PNN sur plusieurs points :

- **Morphologiquement**, ce sont des cellules plus grandes avec un noyau en fer à cheval
- Ils ont une **durée de vie plus longue** allant jusqu'à quelque mois
- Enfin, après la phagocytose les PNN rejettent les débris du pathogène sous la forme de pus, tandis que les macrophages positionnent les débris sur des récepteurs qu'ils portent sur sa membrane afin d'activer un LT qui reconnaîtrait ce débris particulier : cet antigène. Les macrophages sont donc des **cellules présentatrices d'Ag** capacité que n'ont pas les PNN.

1. Production de monocytes :

Les monocytes sont issus des **progéniteurs CFU-GM** qui donnent également les PNN. Les **précurseurs monocytaires** vont mûrir dans la moelle. Les monocytes vont être relargués dans la circulation et terminer leur maturation dans leur tissu de destination. (Ici, le monocyte devient un macrophage à titre d'exemple mais il peut donner d'autres types de cellules matures.)

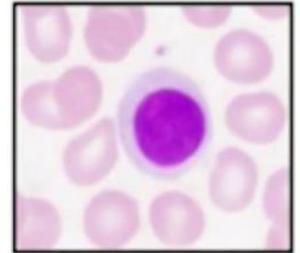


V. Lymphocytes et lymphopoïèse

On retrouve 2000 à 4000 par mm³ de sang, (soit 20 à 40% des leucocytes). On les reconnaît à leur **noyau central, unique, dense** et leur cytoplasme peu abondant. Il en existe trois types selon le type de récepteur membranaire à L'Ag :

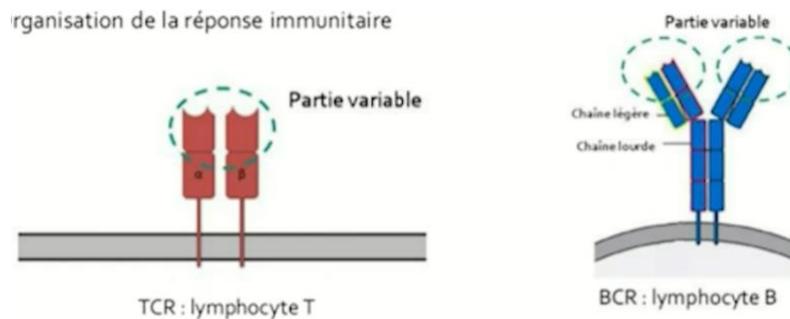
- Les **LT** qui ont un récepteur tissulaire (TCR) => Majoritaire (70 à 80%)
- Les **LB** qui ont un « BC récepteur » (BCR) (10 à 20%)
- Les lymphocytes **Natural Killer** qui n'ont pas de récepteur spécifique à l'Ag (10 à 15%)

Les lymphocytes jouent un rôle primordial dans l'immunité innée pour les NK ou acquise pour les LB ou LT en permettant la reconnaissance d'Ag spécifique et en organisant la réponse immunitaire.



A. Structure des LB et LT

Les **LB** et **LT** ont un rôle important dans **l'immunité acquise**, ils ont la capacité de **reconnaître un Ag spécifique** grâce à leurs récepteur de surface (contrairement aux NK, aux PNN ou aux macrophages qui vont être activés par des substances ou des protéines d'un pathogène non spécifique d'un pathogène particulier). Ce récepteur soit **BCR** soit **TCR** va avoir une **partie constante**, identique pour tous les LB et les LT et une **partie variable** qui va être spécifique d'un antigène.



B. La lymphopoïèse :

Elle est caractérisée par deux stades : **la lymphopoïèse primaire** qui se rapproche de l'hématopoïèse et qui va concerner les trois types de lymphocytes et **la lymphopoïèse secondaire** qui concerne uniquement les LB et les LT.

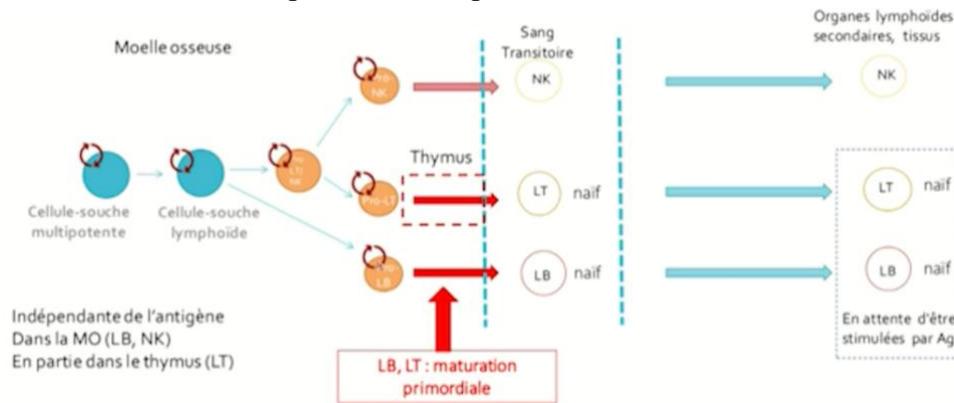
1. La lymphopoïèse primaire

Elle est **indépendante d'une stimulation par un Ag**, elle débute dans la moelle osseuse lorsqu'une cellule souche multipotente devient une cellule souche lymphoïde. Cette cellule souche lymphoïde va avoir trois devenir possibles : **progéniteur NK, progéniteur LB, progéniteur LT**.

Les progéniteurs NK et LB vont poursuivre leur maturation dans **la moelle** tandis que **les progéniteurs LT** vont la poursuivre dans **le thymus**.

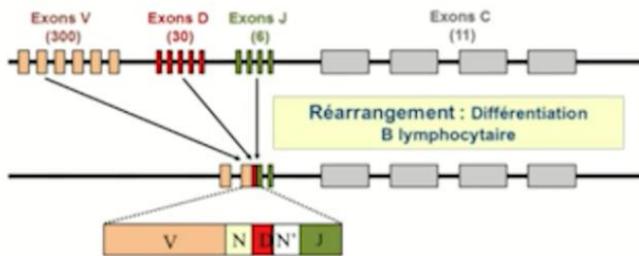
L'étape de **maturation** est primordiale pour les LB et les LT. Les LB, LT ou NK matures sont relargués dans le sang pour aller ensuite se localiser dans leurs organes de destinations : organes lymphoïdes secondaires ou tissus.

Les **LB** et les **LT** sont en attente d'être stimulés pour la première fois par leur Ag spécifique, on dit qu'ils sont **naïfs**. Les **NK**, dès qu'ils ont gagné **leur tissu de destination** sont pleinement **fonctionnelles** et ne connaîtront pas d'autres étapes de maturation.



a. La maturation des précurseurs des LB et LT

Elle a deux objectifs majeurs : générer une **grande diversité de récepteurs aux Ag**, en effet chaque cellule mature aura la capacité de reconnaître un AG qui lui est propre et **supprimer les cellules qui reconnaîtraient le soi** c'est-à-dire une protéine présente à l'état normal dans l'organisme.



Le schéma représente les étapes de maturation des récepteurs membranaires des lymphocytes B.

Les parties variables du BCR sont codées par des gènes ici simplifiés en **VDJ** comportant de nombreuses copies légèrement différentes les unes des autres

qui vont se recombinaison entre elles de façon aléatoire (un peu comme un puzzle), c'est ce qu'on appelle **le réarrangement ou recombinaison VDJ**. Ces exons réarrangés vont s'associer aux gènes qui codent pour les parties constantes du BCR pour former un récepteur unique. Ce réarrangement peut donner près de 2 millions de récepteurs différents.

Pour les **LT**, le mécanisme est quasiment identique à l'exception des gènes D qui sont absents dans la conception des TCR, ce sera donc **un réarrangement uniquement V et J**.

Ces récepteurs BCR ou TCR sont ensuite « testés » par les **cellules du stroma** pour les **LB** et les **cellules dendritiques** du thymus pour les **LT** qui vont présenter des protéines du soi afin d'identifier les lymphocytes qui reconnaîtraient ces protéines et ensuite les éliminer.

2. La lymphopoïèse secondaire B

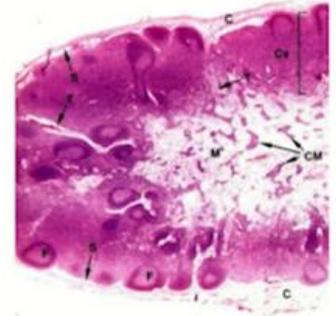
Nous allons ensuite détailler la lymphopoïèse secondaire des LB, cette étape survient lorsqu'un **LB a rencontré l'Ag spécifique de son BCR**. **Les LB matures naïfs** sont localisés dans les

ganglions lymphatiques dans **un follicule primaire**. Un follicule primaire est un amas de lymphocytes naïfs apparaissant comme une zone ovale sombre à la périphérie des ganglions.

La lymphe va pénétrer dans les ganglions et va amener les Ag dans ce ganglion jusqu'au follicule primaire, si un des Ag se fixe sur le BCR, on observera **la réponse primaire de la lymphopoïèse secondaire**.

Le LB qui a été stimulé par la fixation de l'Ag sur son BCR va commencer à se diviser :

c'est **la prolifération clonale** pour générer **un follicule secondaire** que l'on verra dans le ganglion sous l'aspect d'une zone ovale avec une couronne sombre de lymphocytes en prolifération clonale à la périphérie et un centre plus clair où vont aller se fixer les lymphocytes stimulés matures.



Ces lymphocytes vont alors sécréter une **IgM** dans le sang. Le type d'Ig est défini par la fraction constante de cette Ig ; cette fraction constante va influencer sur la conformation de l'Ig et les cellules auxquelles elle va pouvoir se lier et stimuler.

Si l'agression persiste on observera alors **la réponse secondaire lymphopoïèse secondaire**. Les lymphocytes vont subir une autre étape de **maturation** au cours de laquelle on observe deux mécanismes conjoints :

- **L'hypermutation somatique** : Des mutations de l'ADN vont survenir de manière aléatoire dans les séquences VDJ réarrangées lors lymphopoïèse primaire ayant pour but de générer un Ig plus spécifique encore de l'antigène.
- **La commutation isotopique** : Les lymphocytes vont changer la fraction constante de l'Ig qu'ils sécrètent afin que cet Ig entraîne une réponse cellulaire plus adaptée aux pathogènes.

Ces lymphocytes vont migrer vers la rate, la moelle osseuse devenir des **plasmocytes** et produire des Ac une vingtaine de jours. Certains de ces lymphocytes vont devenir des **lymphocytes mémoires** qui resteront quiescents dans les ganglions et qui seront prêts à se multiplier de nouveau lorsqu'ils seront de nouveau stimulés par leur Ag spécifique. Ils ont une durée de vie de 20 ans.

VI. Conclusion :

Le tissu circulant assure plusieurs fonctions primordiales dans l'organisme :

- **Oxygénation des tissus, élimination du CO₂**
- **Coagulation**
- **Circulation des acteurs du système immunitaire**
- **Diffusion des éléments vitaux** pour les cellules des autres tissus et **élimination des métabolites**

La plupart de ces fonctions sont assurés par des **cellules hautement spécialisées** tels que les hématies et les plaquettes. La production de ces cellules (hématopoïèse et lymphopoïèse) débute dès la vie embryonnaire et se poursuit tout au long de la vie de l'individu.

L'hématopoïèse est processus **complexe et finement régulé** afin de s'adapter aux **besoins** de l'organisme.

QCM :

À propos du tissu sanguin :

1. Le plasma est obtenu à partir de sang circulant prélevé dans un tube contenant des anticoagulants
2. Dans la formule sanguine, on analyse uniquement le taux relatif des différentes populations leucocytaires
3. Le nombre de plaquettes par unité de volume de sang circulant est supérieur à celui des érythrocytes
4. L'anémie est une diminution du volume des hématies du sang circulant
5. Les ponctuations des réticulocytes sont mis en évidence par la coloration au May-Grünwald Giemsa

À propos du tissu circulant :

1. Le sérum est obtenu à partir de sang circulant prélevé dans un tube sans anticoagulants
2. Le myélogramme peut être réalisé chez un patient présentant un risque hémorragique
3. La biopsie ostéo-médullaire peut être réalisé chez un patient présentant un risque hémorragique
4. Le myélogramme conserve l'architecture du stroma
5. L'espèce humaine est capable de synthétiser trois types de globine
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

Chez l'Homme dans les conditions physiologiques, l'hématopoïèse est

1. assurée par les îlots de Wolf et Pander au 4^{me} mois du développement
2. uniquement splénique et hépatique au 6^{eme} mois du développement
3. splénique, médullaire et hépatique au 6^{eme} mois du développement
4. uniquement hépatique au 2^{eme} mois du développement
5. uniquement médullaire après la naissance
6. toutes les propositions précédentes sont inexactes

Les globules rouges dans des conditions physiologiques

1. ont l'aspect de disques biconcaves
2. ont un cytoplasme basophile
3. ont une épaisseur d'environ 1 à 2 μm
4. sont dépourvus de mitochondries
5. ont un cytosquelette développé
6. toutes les propositions précédentes sont inexactes

A propos de la lignée plaquettaire :

1. Elles sont issues de la fragmentation périvasculaire du cytoplasme des mégacaryoblastes
2. Un mégacaryoblaste se divise pour former plusieurs mégacaryocytes
3. Le mégacaryocyte est une cellule diploïde
4. Les granulations des plaquettes correspondent à des fragments de noyau
5. Les hématies ont une taille inférieure à celle des plaquettes
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

LEucocyte

A propos de la lymphopoïèse :

1. La lymphopoïèse primaire B a lieu dans la moelle osseuse
2. La lymphopoïèse primaire T a lieu dans le thymus
3. La lymphopoïèse NK a lieu dans le thymus
4. Le réarrangement des gènes des immunoglobulines survient au cours de la lymphopoïèse primaire B
5. Les lymphocytes T naïfs expriment un récepteur à l'IgE à leur surface
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

Vous interprétez l'hémogramme d'un patient âgé de 20 ans :

Hématies : $5,5 \times 10^{12}/l$; Hémoglobine : 15g/100 ml ; Volume Globulaire Moyen : $89 \mu m^3$

Plaquettes : $385 \times 10^9/l$

Leucocytes : $8,4 \times 10^9/l$

Ce patient présente :

1. Une thrombopénie
2. Une anémie
3. Une macrocytose
4. Une microcytose
5. Une leucopénie
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

Votre patiente, Mme X, 30 ans, vous montre la numération sanguine que vous lui avez prescrit. Elle présente :

• Globules rouges : $3,4 \times 10^{12}/l$; Hémoglobine : 10,2 g/100 ml ; Volume Globulaire Moyen : $85 \mu m^3$; réticulocytes $5.000 \times 10^6/l$

• Plaquettes : $390 \times 10^9/l$

• Leucocytes : $9 \times 10^9/l$

1. Anémie régénérative
2. Anémie arégénérative
3. Thrombopénie
4. Hyperleucocytose
5. Lymphopénie
6. La numération est normale

Vous voulez réaliser une transfusion chez un patient de groupe sanguin A rhésus négatif. Quel(s) est (sont) les donneurs potentiels ?

1. Un donneur A rhésus positif
2. Un donneur O rhésus négatif
3. Un donneur AB rhésus négatif
4. Un donneur B rhésus négatif
5. Un donneur A rhésus négatif
6. Un donneur O rhésus positif

LEucocyte

A propos des lymphocytes et de la lymphopoïèse :

1. La commutation isotypique a lieu durant la lymphopoïèse primaire B
2. Un lymphocyte B peut reconnaître plusieurs Ags
3. Un lymphocyte B activé peut se transformer en plasmocyte
4. Le réarrangement des gènes des Ig permet d'augmenter la spécificité vis-à-vis de l'Ag
5. Les lymphocytes NK sont des cellules de l'immunité adaptative
6. Toutes les réponses précédentes sont fausses

A propos des plaquettes :

1. Les plaquettes achèvent leur maturation dans la rate
2. Les plaquettes peuvent se fixer à l'endothélium normal
3. Les plaquettes peuvent contenir des mitochondries
4. Les plaquettes peuvent contenir des lysosomes
5. La durée de vie des plaquettes est normalement de 120 jours
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

Vous interprétez l'hémogramme d'une patiente âgée de 20 ans :

Globules rouges : $3,2 \times 10^{12}/l$; Hémoglobine : 10g/dL ; Volume Globulaire Moyen : $81 \mu m^3$, réticulocytes 8%

Plaquettes : $350 \times 10^9/l$

Leucocytes : $6 \times 10^9/l$

- Lymphocytes : 18%
- Monocytes : 4%
- Polynucléaires neutrophiles : 77%
- Polynucléaires éosinophiles : 1%
- Polynucléaires basophiles : 0%
- Cellules anormales : 0%

Un (des) élément(s) de l'hémogramme pourrait(ent) faire évoquer :

1. Une pathologie médullaire
2. Des menstruations abondantes
3. Un saignement d'origine digestive
4. Une thrombopénie
5. Une hyperleucocytose

A propos des monocytes :

1. Les granulations cytoplasmiques azurophiles mises en évidence après coloration au May-Grünwald Giemsa correspondent au réticulum endoplasmique rugueux
2. Ce sont des cellules en transit dans le sang
3. Les macrophages sont des cellules dérivées des monocytes
4. Les ostéoclastes sont des cellules dérivées des monocytes
5. Les mastocytes sont des cellules dérivées des monocytes
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

LEucocyte

A propos des polynucléaires :

1. Ils portent ce nom car ils ont plusieurs noyaux
2. Ils sont tous issus du même précurseur
3. On distingue les polynucléaires basophiles, éosinophiles, neutrophiles et azurophiles
4. Ils n'ont aucun rôle dans l'allergie
5. Ce sont des sous-populations lymphocytaires
6. Toutes les réponses précédentes sont inexactes

Concernant les polynucléaires neutrophiles :

1. Ils sont des cellules présentatrices d'antigène
2. Ce sont les leucocytes les plus nombreux
3. Ils terminent leur maturation dans les tissus
4. Le contenu des lysosomes permet de lyser les pathogènes phagocytés
5. Ils sont tous circulants
6. Toutes les réponses précédentes sont inexactes

Généralités sur l'hématopoïèse :

1. Chez l'enfant, on peut observer une hématopoïèse hépatique en conditions physiologiques
2. A partir de 20 ans, le stock de cellules-souche hématopoïétique s'épuise
3. Une cellule-souche multipotente peut donner naissance à plusieurs types de cellules matures
4. Une cellule-souche pluripotente peut donner naissance à plusieurs types de cellules matures
5. Un progéniteur est un type de cellule-souche
6. Un précurseur peut donner naissance à plusieurs types de cellules matures

Concernant les lymphocytes :

1. Les lymphocytes T sécrètent des immunoglobulines
2. Le plasmocyte a une durée de vie de 20 ans
3. Les cellules folliculaires permettent de repérer les LB immatures qui reconnaissent le soi
4. Les cellules stromales permettent de repérer les LT immatures qui reconnaissent le soi
5. Les lymphocytes qui reconnaissent le soi sont éliminés lors de la lymphopoïèse secondaire
6. Toutes les réponses précédentes sont inexactes

Concernant les groupes sanguins :

1. Un individu O rhésus négatif est donneur universel
2. Un individu O rhésus négatif est receveur universel
3. Un individu AB rhésus positif est donneur universel
4. Un individu AB rhésus positif est receveur universel
5. Un individu A possède des anticorps anti-B à la surface de ses érythrocytes
6. Un individu A rhésus positif peut recevoir du sang du groupe A et O

LEucocyte

Moelle osseuse, stroma :

1. La moelle osseuse n'est pas fonctionnelle tant que la croissance osseuse n'est pas terminée
2. La moelle osseuse est richement vascularisée par des capillaires continus
3. Le stroma a uniquement un rôle architectural dans la moelle osseuse
4. Tous les facteurs de croissance hématopoïétiques sont sécrétés par le stroma
5. Certains facteurs de croissance stimulent la formation de plusieurs lignées cellulaires
6. Chaque facteur de croissance est spécifique d'une lignée cellulaire

CORRECTION :

À propos du tissu sanguin :

1. Le plasma est obtenu à partir de sang circulant prélevé dans un tube contenant des anticoagulants
2. Dans la formule sanguine, on analyse uniquement le taux relatif des différentes populations leucocytaires (taux absolu)
3. Le nombre de plaquettes par unité de volume de sang circulant est supérieur à celui des érythrocytes
4. L'anémie est une diminution du volume des hématies du sang circulant (diminution de la concentration en Hb)
5. Les ponctuations des réticulocytes sont mis en évidence par la coloration au May-Grünwald Giemsa (au bleu de créstyl)

À propos du tissu circulant :

1. Le sérum est obtenu à partir de sang circulant prélevé dans un tube sans anticoagulants
2. Le myélogramme peut être réalisé chez un patient présentant un risque hémorragique
3. La biopsie ostéo-médullaire peut être réalisé chez un patient présentant un risque hémorragique
4. Le myélogramme conserve l'architecture du stroma (non c'est la biopsie ostéo-médullaire)
5. L'espèce humaine est capable de synthétiser trois types de globine (six types)
6. toutes les propositions précédentes sont inexactes

Chez l'Homme dans les conditions physiologiques, l'hématopoïèse est

1. assurée par les îlots de Wolf et Pander au 4^{me} mois du développement (cesse à la fin du 3e mois)
2. uniquement splénique et hépatique au 6^{me} mois du développement (dès le 4e mois, il commence à exister une hématopoïèse médullaire également)
3. splénique, médullaire et hépatique au 6^{me} mois du développement
4. uniquement hépatique au 5^{me} mois du développement (cf 2)
5. uniquement médullaire après la naissance
6. toutes les propositions précédentes sont inexactes

Les globules rouges dans des conditions physiologiques

1. ont l'aspect de disques biconcaves
2. ont un cytoplasme basophile
3. ont une épaisseur d'environ 1 à 2 μm
4. sont dépourvus de mitochondries
5. ont un cytosquelette développé
6. toutes les propositions précédentes sont inexactes

Le cytoplasme des hématies est acidophile

A propos de la lignée plaquettaire :

1. Elles sont issues de la fragmentation péri-vasculaire du cytoplasme des mégacaryoblastes (mégacaryocytes thrombocyto-gènes)
2. Un mégacaryoblaste se divise pour former plusieurs mégacaryocytes (non, endomitose mégacaryocytaire, pas de formation de cellules filles)
3. Le mégacaryocyte est une cellule diploïde (non, cf 2, le mégacaryocyte est polyploïde)
4. Les granulations des plaquettes correspondent à des fragments de noyau (non, à des vésicules contenant des facteurs dédiés à l'hémostase)
5. Les hématies ont une taille inférieure à celle des plaquettes (faux, c'est l'inverse)
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

A propos de la lymphopoïèse :

1. La lymphopoïèse primaire B a lieu dans la moelle osseuse
2. La lymphopoïèse primaire T a lieu dans le thymus
3. La lymphopoïèse NK a lieu dans le thymus
4. Le réarrangement des gènes des immunoglobulines survient au cours de la lymphopoïèse primaire B
5. Les lymphocytes T naïfs expriment un récepteur à l'igE à leur surface
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

La lymphopoïèse NK a lieu dans la moelle osseuse.

Les lymphocytes T expriment un TCR à leur surface.

LEucocyte

Vous interprétez l'hémogramme d'un patient âgé de 20 ans :

Hématies : $5,5 \times 10^{12}/l$; Hémoglobine : 15g/100 ml ; Volume Globulaire Moyen : $89 \mu m^3$

Plaquettes : $385 \times 10^9/l$

Leucocytes : $8,4 \times 10^9/l$

Ce patient présente :

1. Une thrombopénie
2. Une anémie
3. Une macrocytose
4. Une microcytose
5. Une leucopénie
6. **Toutes les propositions précédentes sont inexactes**

Votre patiente, Mme X, 30 ans, vous montre la numération sanguine que vous lui avez prescrit. Elle présente :

• Globules rouges : $3,4 \times 10^{12}/l$; Hémoglobine : 10,2 g/100 ml ; Volume Globulaire Moyen : $85 \mu m^3$; réticulocytes $5.000 \times 10^6/l$

• Plaquettes : $390 \times 10^9/l$

• Leucocytes : $9 \times 10^9/l$

1. Anémie régénérative
2. **Anémie arégénérative (taux d'hémoglobine bas et réticulocytes non augmentés)**
3. Thrombopénie
4. Hyperleucocytose
5. Lymphopénie
6. La numération est normale

Vous voulez réaliser une transfusion chez un patient de groupe sanguin A rhésus négatif. Quel(s) est (sont) les donneurs potentiels ?

1. Un donneur A rhésus positif (**non, receveur rhésus négatif, présence d'Acs anti-rhésus**)
2. **Un donneur O rhésus négatif (donneur universel d'hématies)**
3. Un donneur AB rhésus négatif (**non, receveur A, a donc des Acs anti B**)
4. Un donneur B rhésus négatif (**non, receveur A, a donc des Acs anti B**)
5. **Un donneur A rhésus négatif (oui, même groupe sanguin)**
6. Un donneur O rhésus positif (**non, receveur rhésus négatif, présence d'Acs anti-rhésus**)

LEucocyte

A propos des lymphocytes et de la lymphopoïèse :

1. La commutation isotypique a lieu durant la lymphopoïèse primaire B
2. Un lymphocyte B peut reconnaître plusieurs Ags
3. **Un lymphocyte B activé peut se transformer en plasmocyte**
4. Le réarrangement des gènes des Ig permet d'augmenter la spécificité vis-à-vis de l'Ag
5. Les lymphocytes NK sont des cellules de l'immunité adaptative
6. Toutes les réponses précédentes sont fausses

La commutation isotypique a lieu pendant la lymphopoïèse secondaire B.

Un lymphocyte B ne reconnaît qu'un Ag.

L'hypermutation somatique permet d'augmenter la spécificité vis-à-vis de l'Ag.

Les NK sont des cellules de l'immunité innée.

A propos des plaquettes :

1. Les plaquettes achèvent leur maturation dans la rate (non lieu de stockage seulement)
2. Les plaquettes peuvent se fixer à l'endothélium normal (lésé, pas de fixation sur l'endothélium sain)
3. **Les plaquettes peuvent contenir des mitochondries**
4. **Les plaquettes peuvent contenir des lysosomes**
5. La durée de vie des plaquettes est normalement de 120 jours (10 à 15j)
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

Vous interprétez l'hémogramme d'une patiente âgée de 20 ans :

Globules rouges : $3,2 \times 10^{12}/l$; Hémoglobine : 10g/dL ; Volume Globulaire Moyen : $81 \mu m^3$, réticulocytes $150.000 \times 10^6/l$

Plaquettes : $350 \times 10^9/l$

Leucocytes : $6 \times 10^9/l$

- Lymphocytes : 18%
- Monocytes : 4%
- Polynucléaires neutrophiles : 77%
- Polynucléaires éosinophiles : 1%
- Polynucléaires basophiles : 0%
- Cellules anormales : 0%

Un (des) élément(s) de l'hémogramme pourrait(ent) faire évoquer :

1. Une pathologie médullaire (non, anémie régénérative)
2. **Des menstruations abondantes**
3. **Un saignement d'origine digestive**
4. Une thrombopénie (non, taux de plaquettes normal)
5. Une hyperleucocytose (non, taux normal)

LEucocyte

A propos des monocytes :

1. Les granulations cytoplasmiques azurophiles mises en évidence après coloration au May-Grünwald Giemsa correspondent au réticulum endoplasmique rugueux (non ce sont des lysosomes)
2. Ce sont des cellules en transit dans le sang
3. Les macrophages sont des cellules dérivées des monocytes
4. Les ostéoclastes sont des cellules dérivées des monocytes
5. Les mastocytes sont des cellules dérivées des monocytes (non les mastocytes sont apparentés aux polynucléaires basophiles)
6. Toutes les propositions précédentes sont inexactes

A propos des polynucléaires :

1. Ils portent ce nom car ils ont plusieurs noyaux (noyau unique polylobé)
2. Ils sont tous issus du même précurseur (non cf diapo 10)
3. On distingue les polynucléaires basophiles, éosinophiles, neutrophiles et azurophiles (azurophiles n'existent pas)
4. Ils n'ont aucun rôle dans l'allergie (si : PNB, PNE)
5. Ce sont des sous-populations lymphocytaires (sous-populations leucocytaires)
6. Toutes les réponses précédentes sont inexactes

Concernant les polynucléaires neutrophiles :

1. Ils sont des cellules présentatrices d'antigène (non, ce sont les macrophages)
2. Ce sont les leucocytes les plus nombreux
3. Ils terminent leur maturation dans les tissus
4. Le contenu des lysosomes permet de lyser les pathogènes phagocytés
5. Ils sont tous circulants (non, il existe une population marginée, accrochée à l'endothélium)
6. Toutes les réponses précédentes sont inexactes

Généralités sur l'hématopoïèse :

1. Chez l'enfant, on peut observer une hématopoïèse hépatique en conditions physiologiques (non, hématopoïèse hépatique seulement au cours de la grossesse)
2. A partir de 30 ans, le stock de cellules-souche hématopoïétique s'épuise (non pas en conditions physiologiques)
3. Une cellule-souche multipotente peut donner naissance à plusieurs types de cellules matures
4. Une cellule-souche pluripotente peut donner naissance à plusieurs types de cellules matures
5. Un progéniteur est un type de cellule-souche (non, il est engagé dans une voie de différenciation)
6. Un précurseur peut donner naissance à plusieurs types de cellules matures (un seul)

LEucocyte

Concernant les lymphocytes :

1. Les lymphocytes T sécrètent des immunoglobulines (**les LB**)
2. Le plasmocyte a une durée de vie de 20 ans (**quelques jours**)
3. Les cellules folliculaires permettent de repérer les LB immatures qui reconnaissent le soi (**cellules stromales**)
4. Les cellules stromales permettent de repérer les LT immatures qui reconnaissent le soi (**cellules folliculaires**)
5. Les lymphocytes qui reconnaissent le soi sont éliminés lors de la lymphopoïèse secondaire (**lymphopoïèse primaire**)
6. **Toutes les réponses précédentes sont inexactes**

Concernant les groupes sanguins :

1. **Un individu O rhésus négatif est donneur universel**
2. Un individu O rhésus négatif est receveur universel (**non, possède des Acs anti A et anti B**)
3. Un individu AB rhésus positif est donneur universel (**non, ne peut donner qu'à d'autres individus AB**)
4. **Un individu AB rhésus positif est receveur universel (oui, car il peut recevoir du sang A, B, O rhésus positif ou négatif)**
5. Un individu A possède des anticorps anti-B à la surface de ses érythrocytes (**dans son plasma**)
6. **Un individu A rhésus positif peut recevoir du sang du groupe A et O (qu'il soit rhésus positif ou négatif)**

Moelle osseuse, stroma :

1. La moelle osseuse n'est pas fonctionnelle tant que la croissance osseuse n'est pas terminée (**progressivement fonctionnelle au cours de la grossesse**)
2. La moelle osseuse est richement vascularisée par des capillaires continus (**non, sinusoides**)
3. Le stroma a uniquement un rôle architectural dans la moelle osseuse (**rôle dans le bon fonctionnement et le maintien de l'hématopoïèse**)
4. Tous les facteurs de croissance hématopoïétiques sont sécrétés par le stroma (**certaines sont sécrétés par d'autres organes**)
5. **Certains facteurs de croissance stimulent la formation de plusieurs lignées cellulaires**
6. Chaque facteur de croissance est spécifique d'une lignée cellulaire (**cf ci-dessus**)

Le cours n'étant pas fait par le professeur Ambrosetti, je trouve que les Qcm ne sont pas très représentatifs de ce qu'il demande, donc pas de panique si vous trouvez ça compliqué !! Faites les quand même c'est toujours un bon entraînement !

Dédi à Marylou qui vient de renverser sa bouteille d'eau sur la néphro
Dédis so.kad, louann et vic qui auront bien évidemment TOUT compris à ma fiche 😊