

Partie I : Fonction de nutrition

Chapitre I : Le milieu intérieur

Introduction :

L'organisme vivant se caractérise par un état de stabilité apparente.

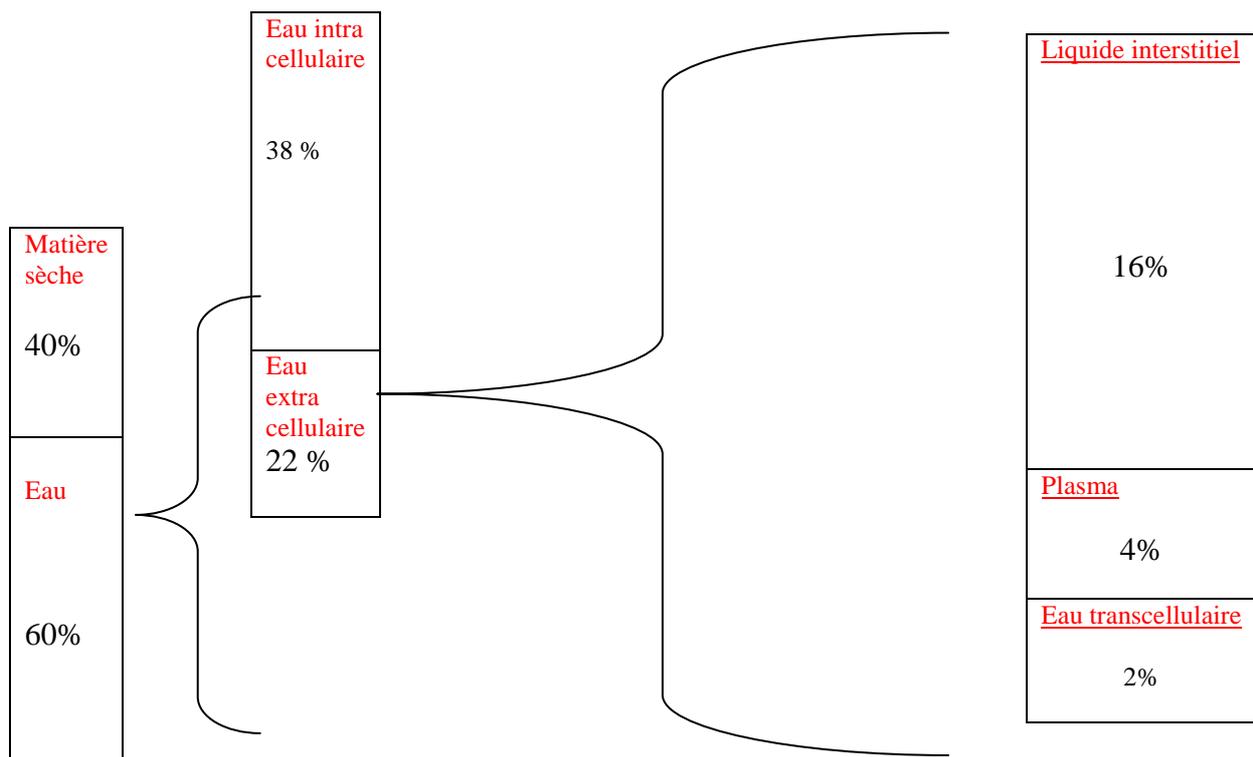
Cette stabilité révèle :

- un fonctionnement parfaitement coordonné des organes.
- une intervention permanente de multiples mécanismes régulateurs corrigeant les inévitables perturbations liées à ce fonctionnement.

I) Quelques définitions :

A- Qu'appelle-t-on le milieu intérieur?

Le plasma, le liquide interstitiel et la lymphe (formés à partir du sang) forment le milieu intérieur. Donc le milieu intérieur regroupe les différents liquides de l'organisme.



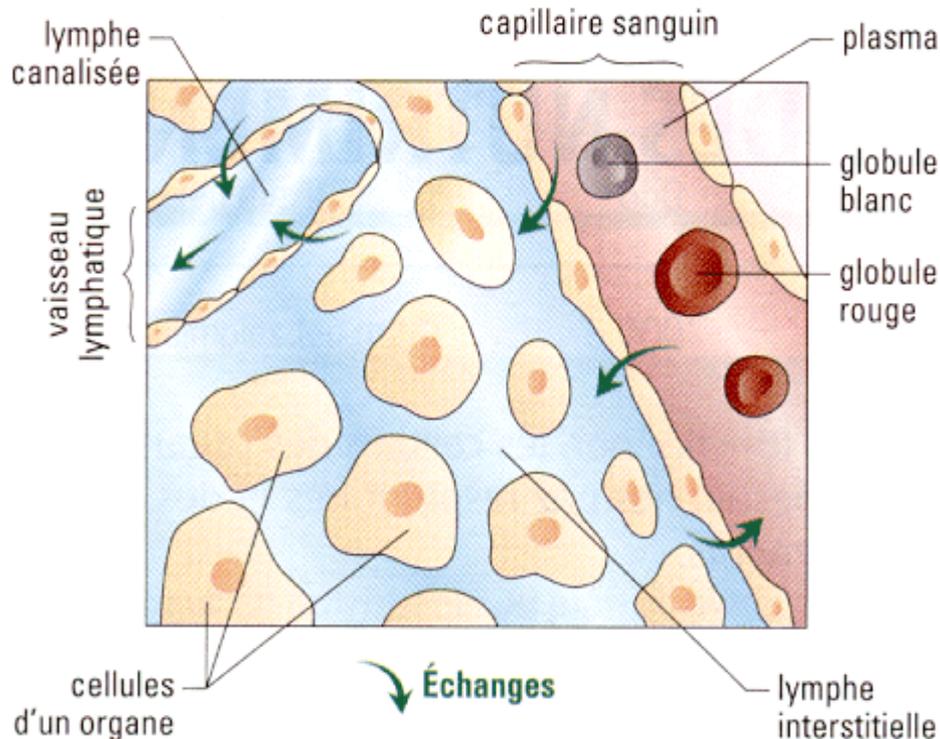
Les différents compartiments liquides de l'organisme

La teneur en eau du corps humain représente 60% de sa masse corporelle, 2/3 de cette eau se retrouve dans les cellules et constituent l'eau intracellulaire présente dans le compartiment intracellulaire. Le reste de l'eau contenue dans l'organisme correspond à l'eau extracellulaire. (C'est le compartiment extracellulaire).

C'est au niveau du compartiment extracellulaire que se déroulent les échanges entre la cellule et le milieu extérieur.

Le milieu extracellulaire est subdivisé en 3 parties :

1. le liquide interstitiel : c'est le liquide qui est directement au contact des cellules dès qu'il rentre dans un vaisseau lymphatique il donne naissance à la lymphe (canalisée et interstitielle).
2. le plasma : c'est la partie liquide du sang se trouvant dans les vaisseaux sanguins
3. le liquide transcellulaire : qui se forme à partir du plasma par passage à travers un épithélium (liquide céphalo-rachidien)



D'après Hachette 3eme

Les capillaires sanguins ont un diamètre d'environ 10 micromètres. Leur paroi, très mince, est constituée d'une seule couche de cellules aplaties comme les pièces d'un puzzle.

Du plasma (eau + sels minéraux + protéines + nutriments) traverse cette paroi sous l'effet de la pression sanguine en s'infiltrant entre les cellules de la paroi. Ainsi se forme **le liquide interstitiel (ou lymphe interstitielle)**, dans lequel baignent toutes les cellules de l'organisme.

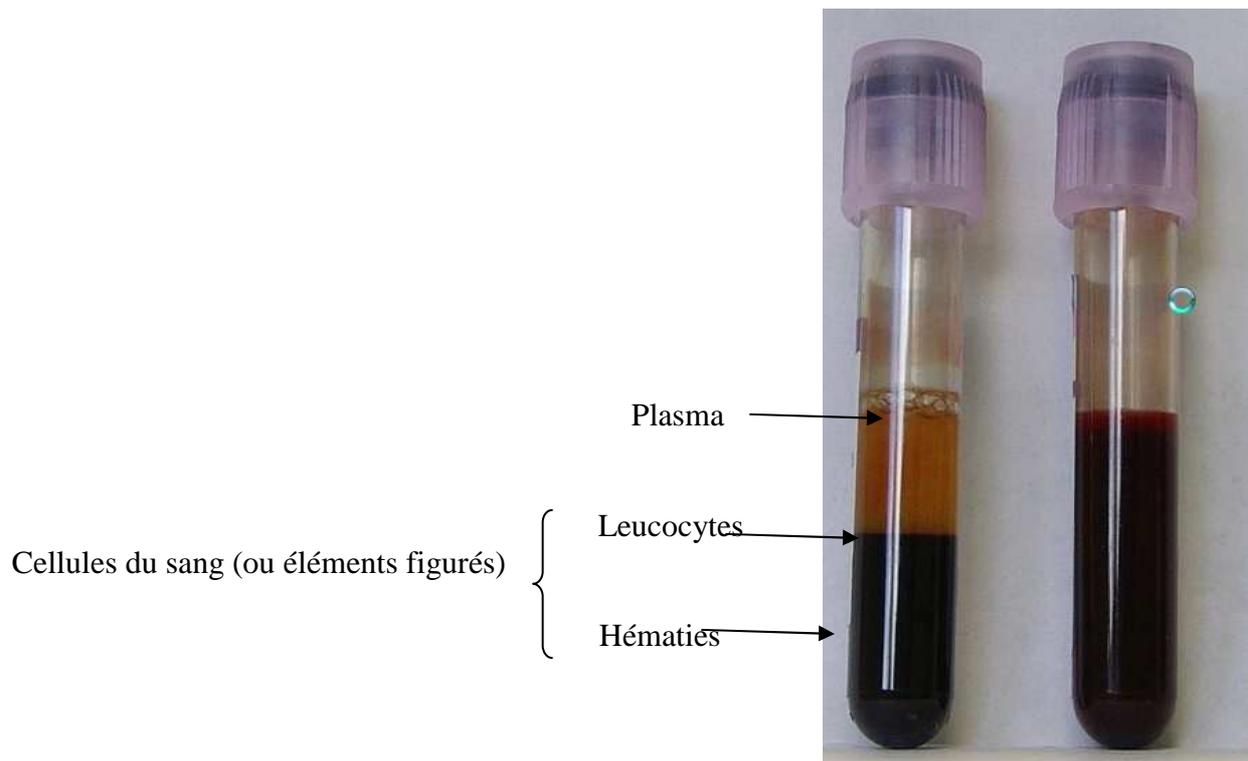
Les cellules récupèrent dans ce milieu les éléments nécessaires à leur fonctionnement et y rejettent des déchets. Puis ce liquide est partiellement réabsorbé et repasse dans les capillaires. Le reste (3 l par jour) rentre dans les vaisseaux lymphatiques et forme la lymphe canalisée (liquide clair et incolore, la lymphe a une composition voisine de celle du sang privé de globules rouges).

Suite à la centrifugation du sang on observe les principaux composants qui se répartissent en fonction de leur densité (le plus dense est au fond du tube)

On distingue :

1. le plasma
2. Les leucocytes (leucocyte = leukos : blanc + cyte : cellule → défense de l'organisme) et plaquettes (thrombocytes intervient lors de la coagulation pour éviter les hémorragies)

3. les hématies (érythrocyte = érythro : rouge + cyte : cellule) = GR intervenant dans le transport des gaz respiratoires (photo Wikipédia)



B - Qu'est ce qui permet le renouvellement du milieu intérieur ?

Le renouvellement du milieu intérieur est assuré par un système de drainage constitué par la lymphe et le sang :

- le sang exerce une **pression hydrostatique** sur les parois des capillaires (cellules endothéliales séparées laissant passer l'eau et les petites molécules) → P° hydrostatique diminue du pôle artérielle à veineux.
- De plus dans le sang il y a des protéines et des ions qui exercent une **P° osmotique**.

1° au pôle artériel du capillaire : P° hydrostatique > P° osmotique donc l'eau entre dans le liquide interstitiel : il y a **filtration**

2° au pôle veineux du capillaire : P° hydrostatique < P° osmotique donc l'eau sort du milieu intérieur et rejoint le capillaire : il y a **réabsorption**

- la lymphe est formée à partir du liquide interstitiel non réabsorbé

II) Le sang :

A – Les caractéristiques physiques du sang

Le sang est un liquide visqueux et opaque qui représente 7% à 8% du volume corporel (nouveau né 250ml, adulte 4 à 5 l)

Le sang riche en O₂ est de couleur rouge vif alors que le sang pauvre en O₂ est de couleur sombre (d'où les codes couleurs bleue et rouge utilisés en anatomie)

PH compris entre 7,35 et 7,45 : il est légèrement alcalin (potentiel hydrogène qui mesure l'acidité et la basicité d'une solution)

Substance	pH approximatif
Acide chlorhydrique molaire	0
Batterie	< 1
Acide gastrique	2
Jus de citron	2,4
Cola	2,5
Vinaigre	2,9
Bière	4,5
Café	5
Thé	5,5
Lait	6,5
Eau pure	7
Salive humaine	6,5-7,4
Sang	7,3-7,4
Eau de mer	8
Savon	9 à 10
Ammoniaque	11,5
Chaux	12,5
Soude molaire	14

B- Fonctions du sang

• **Transport**

1. transporte des molécules (dioxygène et dioxyde de carbone)
2. transporte les nutriments provenant de la digestion
3. transporte des hormones produites par les glandes sécrétrices (endocrines)
4. transporte les déchets produits par les cellules qui constituent l'organisme

• **Régulation**

1. il intervient dans la régulation de la température corporelle (répartition dans tout l'organisme de la chaleur excédante)
2. maintient le PH normal (car certaines protéines sanguines jouent le rôle de tampon)
3. joue un rôle dans la protection de l'organisme

• **Protection**

1. prévention de l'hémorragie avec formation d'un caillot sanguin formé par les thrombocytes
2. prévention de l'infection, car le sang transporte leucocytes et anticorps

C- Composition du sang

Suite à la centrifugation du sang on observe les principaux composants qui se répartissent en fonction de leur densité

On distingue :

1. le plasma
2. Les leucocytes (défense de l'organisme) et plaquettes (coagulation pour éviter les hémorragies)
3. les hématies (transport des gaz respiratoires) = GR

GR + lymphocyte

GR+ polynucléaire neutrophile

GR+ monocyte



Observation d'un frottis sanguin (Annales de biologie clinique / volume 65)

→ **Remarque:** le volume occupé par les hématies s'appelle l'hématocrite
(Valeur normale de l'hématocrite : femme 37 à 47% / homme 40% à 54%)

→ **Information complémentaire** : pour une personne vivant en haute altitude ,l'hématocrite est élevée car la pression en O₂ est faible donc l'organisme produit davantage de GR :c'est la polyglobulie . Lorsque l'hématocrite est supérieur à 55% c'est qu'il y a dopage, l'augmentation de l'hématocrite s'accompagne de l'augmentation de la viscosité de sang, ce qui oblige le cœur à travailler davantage pour le mettre en fonction.

1) Les hématies

Définition : 1 L de sang contient $5 \cdot 10^{12}$ hématies

Diamètre : 8 micromètres / épaisseur = 2 micromètres

Cellule biconcave, sans noyau et sans organe cytoplasmique.
(svt.ac-bordeaux.fr)



Relation structure /fonction : cette forme permet de présenter une grande surface très étendue par rapport à leur volume, il en résulte une prise en charge plus importante des gaz respiratoires.

A quoi est due cette forme ?

Une protéine (nommée spectrine) est présente sur la face interne → GR déformable → se tord ce qui lui permet de passer dans les capillaires (5micromètres) dont le diamètre est inférieur à celui des GR.

Hémolyse : la destruction des hématies qui peut être déclenchée par des toxines bactériennes ou d'un venin.

Rôles :

1. cellule porteuse des antigènes à l'origine des groupes sanguins (on vérifiait la compatibilité des groupes sanguins entre receveur et donneur avant une transfusion ; à l'heure actuelle, on transfuse uniquement entre individus de même groupe).

transfusion.

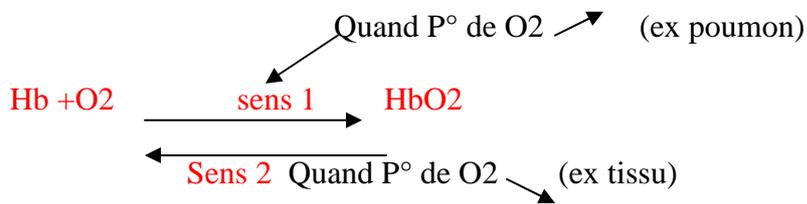
		DONNEUR							
		O-	O+	B-	B+	A-	A+	AB-	AB+
RECEVEUR	AB+	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	AB-	✓		✓		✓		✓	
	A+	✓	✓			✓	✓		
	A-	✓				✓			
	B+	✓	✓	✓	✓				
	B-	✓		✓					
	O+	✓	✓						
	O-	✓							

<http://www.hema-quebec.qc.ca/>

2. cellule intervenant dans le transport des gaz car elle contient l'hémoglobine notée HB (protéine présente dans son cytoplasme) : 1 hématie contient 300 000 000 HB

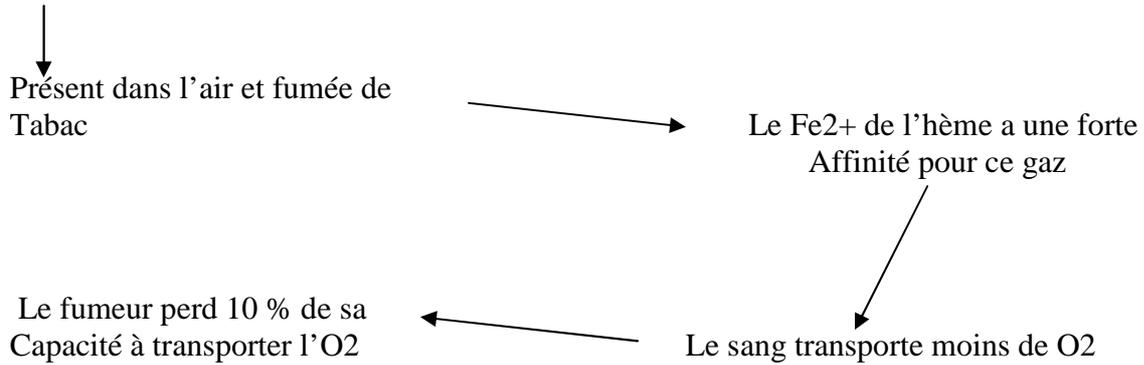
Une hémoglobine est constituée de 4 protéines (globines) au centre desquelles se trouve un groupement portant un atome de FER (= l'hème).

C'est au niveau de ce fer que la fixation réversible d'une molécule de O₂ a lieu selon la réaction suivante.

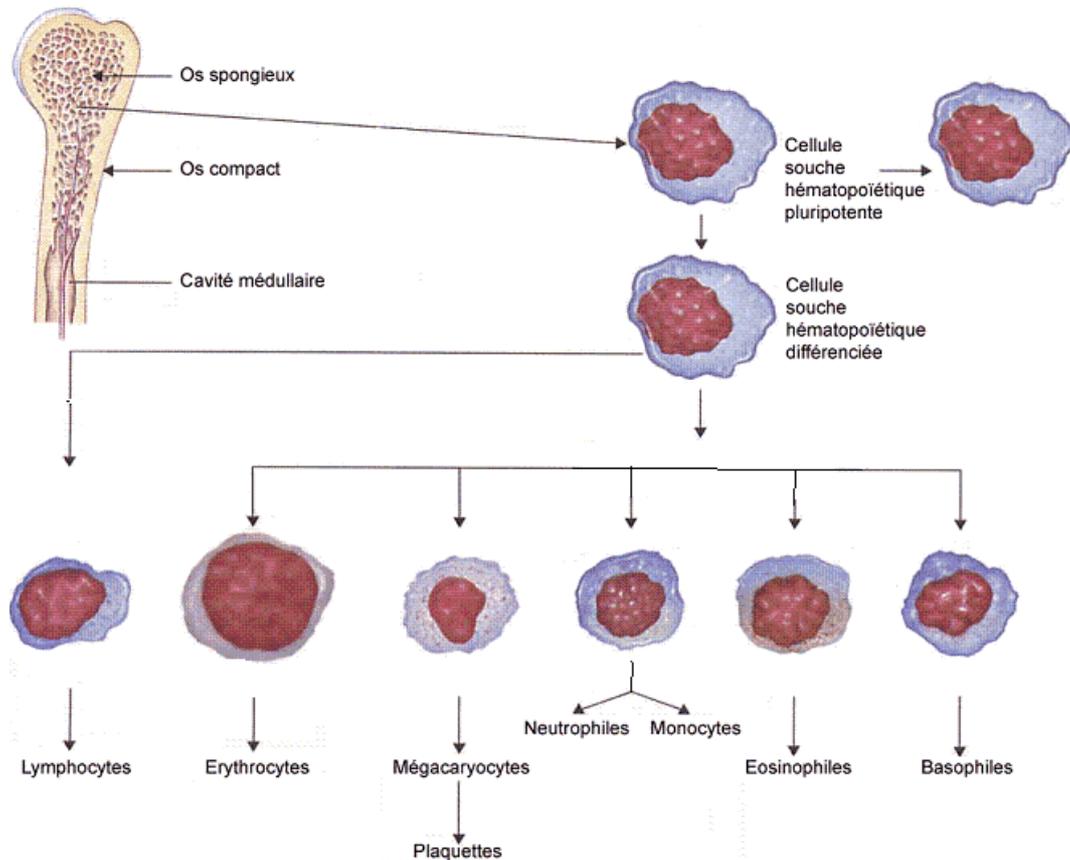


Une HB transporte 4 molécules d' O₂ : HB est alors saturée en O₂. On l'appelle OXYHEMOGLOBINE et une hématie comprend plusieurs milliers de HB
 Une HB transporte 4 CO₂ : HB est alors saturée en CO₂. On l'appelle CARBAMINOHEMOGLOBINE

INFORMATION : le transport de O₂ peut être perturbé par le CO (monoxyde de carbone)



Hématopoïèse : [hémato = sang ; poiein= faire] = mécanismes à l'origine de la fabrication des cellules sanguines. (www.math.u-bordeaux1.fr)



Durée de vie des GR: 120 jours, car dès qu'elle perd sa fonctionnalité, les macrophages de la rate et foie les détruisent par phagocytose.

Compensation de la perte : l'organisme produit 2 millions d'hématies par seconde.

Lieu de l'hématopoïèse : la moelle osseuse rouge des os plats (sternum, côtes, vertèbres).

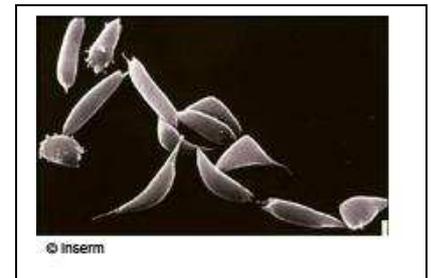
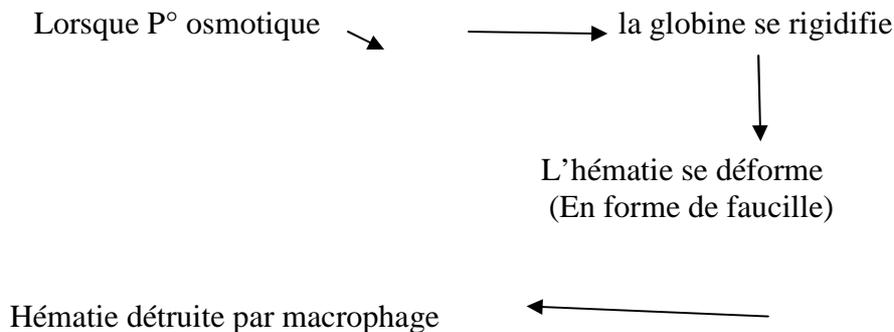
Mécanismes de fabrication : des cellules souches présentes dans la moelle osseuse rouge vont se multiplier par mitose puis se différencier.

REMARQUE : il faut équilibre entre destruction et production, car le déséquilibre agit sur le nombre d'hématies circulant et par conséquent sur la concentration d'HB dans le sang.

❖ Exemple de déséquilibre : **l'anémie** induisant une teneur du sang en HB trop faible



❖ Exemple d'une maladie : **la drépanocytose** ou anémie falciforme = maladie génétique concernant l'HB :



L'anémie résulte de l'incapacité de l'organisme à compenser la destruction.

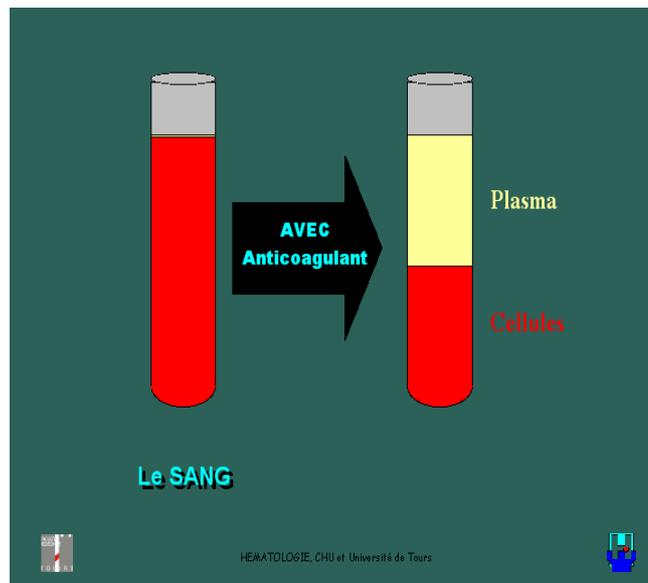
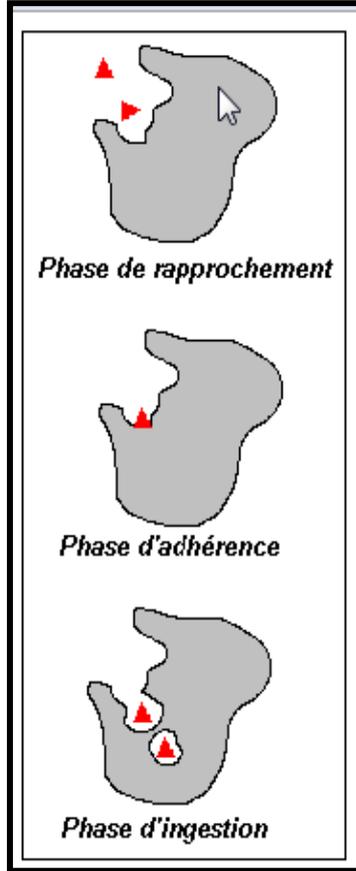
2) Les globules blancs

Les monocytes/macrophages et les granulocytes sont des phagocytes qui ingèrent les bactéries et des cellules anormales, infectées ou mortes.

Les lymphocytes sont impliqués dans les réactions immunitaires.

Les leucocytes observés dans le sang sont en transit. En effet, les leucocytes passent la majeure partie de leur temps hors du système circulatoire, et patrouillent dans les tissus où se déroulent la plupart des luttes contre les agents pathogènes. Les ganglions lymphatiques renferment également de nombreux leucocytes.

Les leucocytes sont fabriqués dans la moelle osseuse à partir des cellules souches.



3) Le plasma

Définition : correspond à la phase liquide du sang, à pH alcalin et représente 4% de la masse corporelle.

Comment obtient-on le plasma ?

- On prélève du sang, on rajoute un anticoagulant et on laisse sédimenter 24h : on obtient alors 3 phases.
- Si on ne rajoute pas d'anticoagulant, les globules rouges coagulent (formation d'un caillot) et le liquide obtenu s'appelle le sérum.

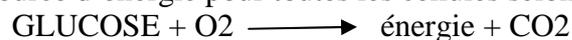
C'est une solution aqueuse composée de 90% d'eau et les 10% restant sont composés de constituants minéraux (eau, ions et gaz dissous) et de constituants organiques (protéines plasmatiques ,albumine, globuline ,fibrinogène,cholestérol,glucose, acide aminé,hormone,urée).

La composition du plasma est constante, ce qui est un bon indicateur en cas de pathologie. Cependant cette composition varie en fonction de l'heure de la journée, l'activité physique et l'alimentation.

a) Fonctions du plasma

1) Le plasma apporte les nutriments

Le glucose : source d'énergie pour toutes les cellules selon la réaction suivante :



Glycémie normale (taux de glucose dans le sang) = 1G PAR LITRE ; cette concentration est importante car le glucose est la seule source d'énergie utilisée par les neurones, alors que les autres organes peuvent utiliser les acide gras.

Acides gras : source d'énergie pour les muscles.

Les acides aminés : sous unités des protéines.

Les ions : leur concentration est importante dans le maintien de l'équilibre osmotique du sang et du liquide interstitiel. Certains ions maintiennent le pH du sang alcalin (entre 7,35 et 7,45).

En cas de déséquilibre osmotique, les reins le foie et le système respiratoire rétablissent le déséquilibre.

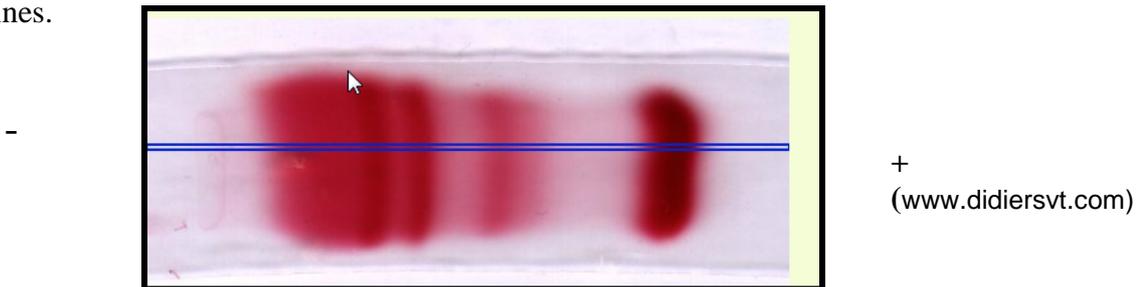
Cholestérol : Utilisé par les cellules pour produire leur membrane. Utilisé par certaines cellules pour produire les hormones stéroïdes .Mais attention seulement une partie du cholestérol est utilisée, l'excédent est excrété dans la bile. On parle d'hypercholestérolémie quand le cholestérol s'accumule et forme ainsi la plaque d'athérome, à l'origine de certaines maladies cardiovasculaires.

2) Les protéines du plasma assurent différentes fonctions

Les protéines sont les éléments les plus abondants du plasma, interviennent dans le transport et dans l'hémostase (coagulation). Elles donnent la couleur jaune opalescente, qui caractérise le plasma et donne la viscosité au plasma.

Comment séparer les protéines ?

On les sépare par électrophorèse, une technique utilisée pour séparer les protéines selon leur taille et leur charge électrique .Toutes les protéines plasmatiques sont synthétisées par le foie, exceptées les gammaglobulines produites par les plasmocytes et les hormones par les glandes endocrines.



- **Les protéines transporteuses**

De nombreuses petites molécules et ions sont transportés par des protéines pour éviter qu'ils soient éliminés par les reins ou capturés par les cellules (ça permet un contrôle à l'entrée des cellules).

Exemple : l'albumine fixe les acides gras, les hormones et les médicaments

Exemple : la transferrine fixe le fer

- **Les protéines de l'hémostase** (mécanisme de lutte contre les hémorragies)

Le fibrinogène sous l'action de la thrombine se transforme en fibrine, cette fibrine forme un réseau qui emprisonne les globules rouges dans le caillot sanguin.

- **Les protéines immunitaires**

Exemple : les gammaglobulines (immunoglobulines) sont des anticorps produits par les plasmocytes.

- **Les protéines régulatrices**

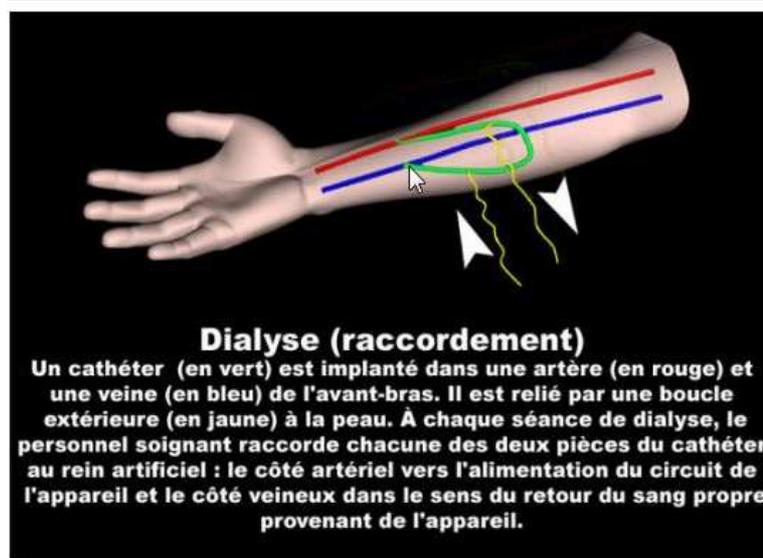
Exemple 1 : les hormones, substances chimiques produites par un organe qui agit spécifiquement sur un organe cible (on peut citer l'insuline).

Exemple 2 : les enzymes qui circulent à l'état inactif dans le plasma (comme la thrombine qui reste inactive tant qu'une hémorragie n'intervient pas).

3) Le plasma transporte les déchets du métabolisme

Les cellules produisent lors des réactions métaboliques des déchets (dioxyde de carbone et ammoniacque issu du catabolisme des acides aminés). L'ammoniacque est très toxique pour l'organisme, donc le foie produit de l'urée à partir de l'ammoniacque. L'urée moins toxique est transporté par le plasma jusqu'au reins où il sera éliminé dans l'urine.

REMARQUE MEDICALE : en cas d'insuffisance rénale, les déchets s'accumulent dans le plasma, ce qui peut engendrer des oedèmes dus à la rétention de sodium, l'hémodialyse pallie l'insuffisance rénale en éliminant l'urée et les déchets dialysables.



(www.vulgaris-medical.com)

4) Le plasma contient les gaz respiratoires à l'état dissous

- PaO₂
- PaCO₂
- Bicarbonates (HCO₃⁻)

b) Caractéristiques physico-chimiques

1) Une température proche de 37°

La température du plasma est de 37°C et doit le rester, car cette température est essentielle au fonctionnement des enzymes. Le plasma circule dans les vaisseaux sanguins donc il transporte la chaleur.

2) Un PH voisin de 7,4

Le pH est un indice qui permet de situer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution. On l'obtient par la formule mathématique suivante :

PH = - log (H⁺) donc le pH dépend de la concentration en ion H⁺ donc plus la concentration est importante plus le PH diminue.

Pour savoir le pH du plasma on prélève du sang artériel.

ATTENTION : de nombreuses enzymes et protéines sont sensibles au pH ; donc toutes les variations de PH entraîne un dysfonctionnement .Pour éviter les variations de PH, des systèmes tampons interviennent :



Les H⁺ sont produits par le métabolisme et les poumons produisent du dioxyde de carbone.

3) L'isotonie entre le plasma et le milieu intracellulaire

Le plasma est séparé de l'intérieur des cellules par la membrane, qui est perméable à l'eau mais imperméable aux substances dissoutes : il en résulte un flux d'eau qui va du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique, jusqu'à ce qu'il y ait un équilibre l'isotonie. Cette isotonie évite les variations de volumes des cellules.

Milieu hypotonique : milieu pauvre en substances dissoutes

Milieu hypertonique : milieu riche en substances dissoutes

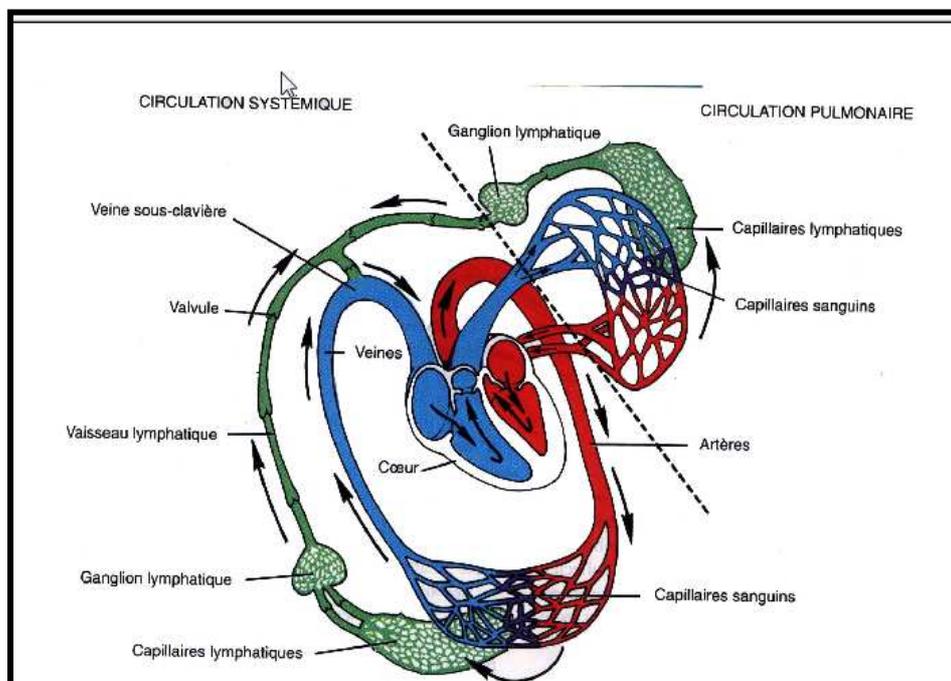
REMARQUE : bien qu'il y ait isotonie ça ne signifie pas que le plasma et le milieu intracellulaire ont la même composition.

Quels sont les minéraux qui créent la pression osmotique ?

Dans le plasma, seuls les ions Na⁺ (sodium) et Cl⁻(chlore) en sont responsables, et K⁺ pour le milieu intracellulaire.

Les ions Na⁺ K⁺ et Ca²⁺ interviennent dans le transfert d'ions aux niveaux des membranes excitables électriquement, tels que les neurones et les cellules du myocarde. Donc la natrémie, la kaliémie la calcémie sont essentielles pour le bon fonctionnement du système nerveux et cardiaque.

(bio.m2osw.com)



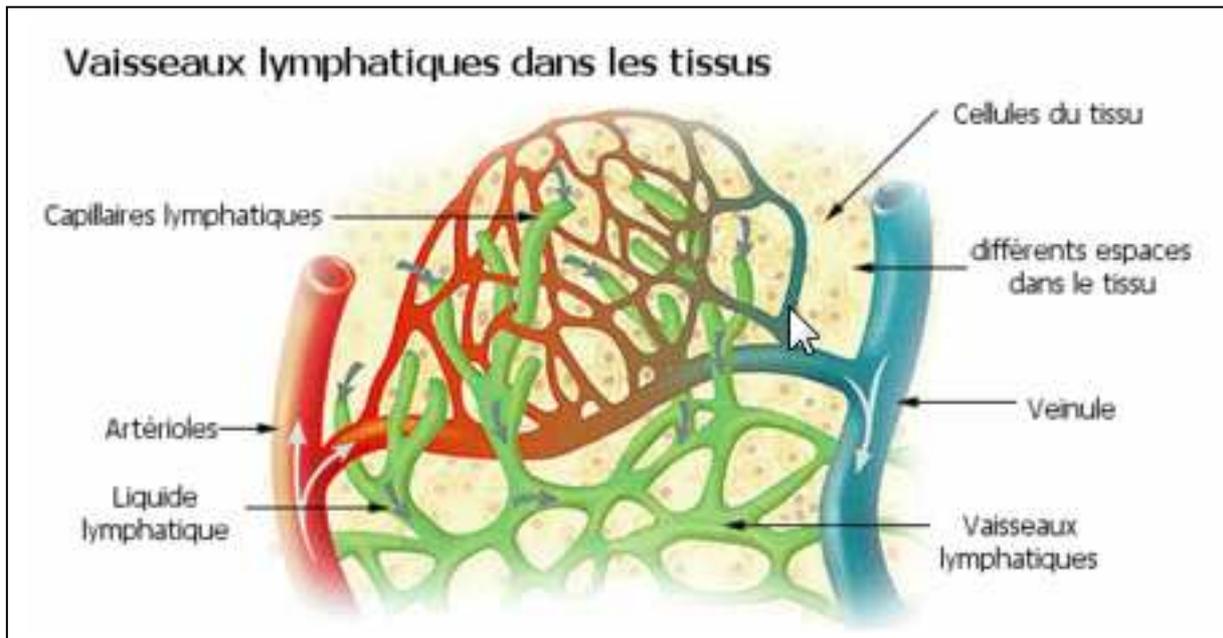
III) La lymphe :

A – Définitions

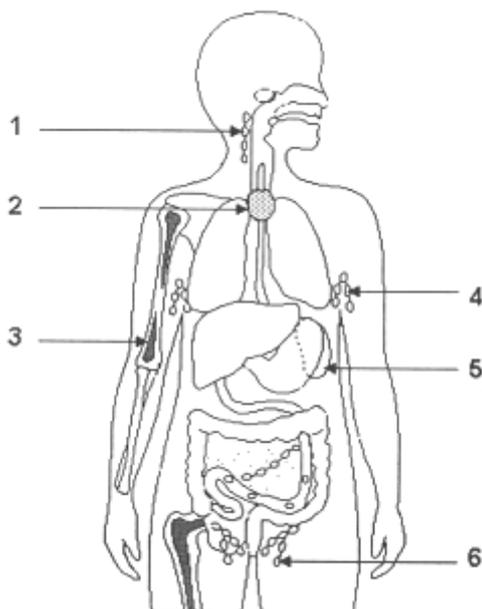
Le système lymphatique est constitué de vaisseaux lymphatiques et d'organes lymphatiques.

Rôles des vaisseaux lymphatiques : ils ramènent le surplus de liquide interstitiel résultant de la filtration du sang au niveau des capillaires.

Rôle des organes lymphatiques : organes qui abritent les phagocytes et les lymphocytes.



(Images Wikipédia)



- 1) Ganglions lymphatiques
- 2) Thymus
- 3) Moelle osseuse
- 4) Ganglions lymphatiques axillaires
- 5) Rate
- 6) Ganglions lymphatiques

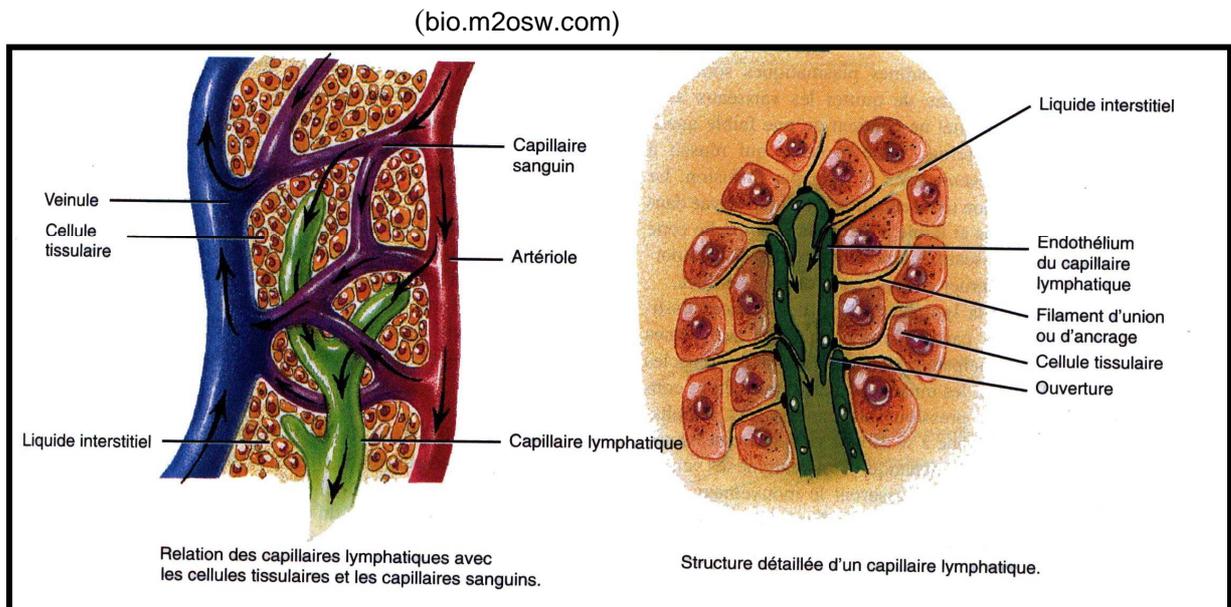
B - Comment se forme la lymphe ?

L'eau présente dans les capillaires et chargée de nutriments, de sels minéraux et de vitamines quitte les capillaires pour rejoindre le milieu interstitiel. Les cellules récupèrent dans ce milieu les éléments nécessaires à leurs fonctionnements et y rejettent des déchets. Ce liquide est partiellement réabsorbé au niveau des capillaires. Cependant, un volume de 3 L par jour n'est pas réabsorbé et rentre dans les vaisseaux lymphatiques pour donner la lymphe.

REMARQUE : La paroi des vaisseaux lymphatiques est très perméable aux agents pathogènes et aux cellules cancéreuses (qui auraient du mal à rejoindre le système cardiovasculaire, car les grosses molécules passent difficilement la paroi des capillaires) et donc se propagent dans l'organisme par les vaisseaux lymphatiques.

C'est au niveau des ganglions lymphatiques que la lymphe est épurée pour éviter les infections. Dans ces ganglions on trouve :

- des macrophages qui détruisent les microorganismes avant qu'ils ne parviennent au sang.
- des lymphocytes qui détectent les antigènes pour lancer une attaque.



C – Trajet et déplacement de la lymphe

- Ce liquide s'écoule toujours en direction du cœur.
- Il récupère le système cardiovasculaire dans les vaisseaux situés à la base du cou. (jonction de la veine jugulaire et de la veine sous Clavière)

Contrairement au sang qui est mis en circulation par le cœur, le système lymphatique marche sans pompe. Le mouvement est dû à :

1. La contraction des muscles
2. L'action des valvules lymphatiques (fonction antireflux)

D – Rôle du système lymphatique

1. Il renvoie la lymphe et les protéines dans la circulation sanguine pour maintenir l'homéostasie (équilibre du milieu intérieur).
2. Les ganglions éliminent les corps étrangers.

REMARQUE MEDICALE: Qu'est ce qu'un œdème lymphatique ?

Normalement, tout le liquide filtré au niveau des capillaires est réabsorbé, s'il y a un déséquilibre entre la filtration et la réabsorption : alors l'œdème apparaît.

Exemple : Une insuffisance valvulaire cause des problèmes de déplacement de la lymphe, de ce fait la résorption se fait mal, la lymphe s'accumule et l'œdème apparaît.

On réalise alors des drainages lymphatiques qui correspondent à des massages manuels qui favorisent la circulation de retour.

Conclusion : De la stabilité des conditions physico-chimiques du milieu intérieur découle le bon fonctionnement de l'organisme .Des régulations physiologiques consistent à maintenir constantes les caractéristiques physico-chimiques du milieu intérieur : c'est l'homéostasie.

L'existence du milieu intérieur permet donc une moins grande dépendance des organismes vis-à-vis du milieu extérieur.

Exercice 1 : Rôle du plasma

En utilisant les informations présentes dans le document suivant et vos connaissances, répondre aux questions suivantes :

Environ 500 prélèvements de plasma se réalisent quotidiennement par l'Etablissement français du sang (EFS) auprès de donateurs bénévoles.

L'opération est réalisée grâce à un appareil automatisé qui sépare les cellules et les réinjecte au donneur. A partir d'une seule ponction veineuse ,600ml de plasma sont prélevés en 45mn.

Le plasma ayant été responsable de la transmission de maladie virale, il est maintenant « sécurisé » avant utilisation. Il subit notamment une nano filtration, qui permet d'éliminer des particules de tailles inférieures aux plus petits virus.

Il peut ensuite être conservé à l'état congelé durant 1 an à – 25 °C, ou utilisé pour la fabrication de médicaments.

Le plasma entier est surtout utilisé en situation d'urgence (accident de la route, hémorragies graves).Les médicaments dérivés du plasma permettent le traitement ou la prévention de plus de 80 pathologies.

Parmi leurs utilisations les plus connues, on notera le traitement contre l'hémophilie.

Doc : le plasma et son utilisation

- 1) **Définir** le plasma
- 2) Le plasma étant vecteur de nombreuses maladies lors de transfusion, **expliquer** pourquoi ce n'est plus le cas actuellement.
- 3) **Expliquer** pourquoi on utilise le don de plasma lors de situations d'urgence telles que les hémorragies ou le traitement de l'hémophilie.

Exercice 2: Les principales caractéristiques du plasma

En utilisant les informations présentes dans les documents 1 et 2 et de vos connaissances, répondre aux questions suivantes :

Lors d'une admission dans un service hospitalier, le médecin prescrit un bilan simplifié portant sur les principaux constituants du plasma.

Après la lecture du bilan de Mme Le Goad, le médecin conclue :

Ionogramme normal mais aux limites de l'**hypo natrémie**, les autres paramètres (**kaliémie**, chlorémie, **protéïnémie**, **glycémie** et **urémie**) sont normaux.

Doc 1 : un bilan plasmatique

Analyses	Résultats	Valeurs de références
sodium	135 mmoles/l	135 - 145
potassium	3.8 mmoles/l	3,5- 5
Chlore	100 mmoles/l	95- 105
Protéines totales	71g/l	65-75
Glucose	5.26 mmoles/l, 0.98 g/l	4,5- 6,10
Urée	6,50 mmoles/l, 0,39 g/l	2,50- 7,50
Créatinine	64 micromole/l, 7,2 mg/l	35-90

Doc 2: résultats des analyses (ionogramme)

- 1) **Indiquer** les constituants (autres que l'eau) les plus abondants dans le plasma.
- 2) **Définir** les termes médicaux en gras dans le doc 2.
- 3) **Indiquer** si le terme ionogramme utilisé à propos de ce type d'analyses est correctement approprié.