



ALLER PLUS HAUT POUR ÊTRE PLUS FORT ?

1. LES ENTRAÎNEMENTS SPORTIFS

- ✓ Pour introduire le chapitre, voici 3 extraits d'articles abordant les entraînements sportifs. Lis-les attentivement et réponds aux questions posées

ARTICLE 1 : Gammoudi prépare les Jeux Olympiques de 68 à Font-Romeu



Gammoudi à l'arrivée du 5000 m aux J.O. de Mexico

En 1968, Mohammed Gammoudi, athlète tunisien, fut un des premiers athlètes à se préparer physiquement en altitude. C'est à Font-Romeu, dans les Pyrénées françaises, qu'il prépara les JO de Mexico. La méthode se révéla payante et Gammoudi remporta 2 médailles : l'or au 5 000 m et le bronze au 10 000 m.

C'est en 1967, suite aux mauvais résultats des français au JO de Tokyo (1964), que c'est ouvert le Centre National d'Entraînement en Altitude (CNEA) de Font-Romeu (1 850 mètres d'altitude) afin de mieux préparer les sportifs aux conditions des JO de Mexico. Aujourd'hui encore, le CNEA accueille de nombreux sportifs avant les grandes compétitions. Depuis les montagnes françaises ont vu fleurir de nombreux centres sportifs spécialisés dans l'entraînement en altitude...

www.cnea.com

ARTICLE 2 : Tignes, la potion magique des sportifs

« Avec ses 4 hameaux répartis entre 1 550 mètres et 2 100 mètres d'altitude, et les neiges éternelles du glacier de la Grande Motte à 3 500 mètres d'altitude, Tignes représente un véritable paradis de la glisse pour les passionnés des sports d'hiver.

Mais Tignes, ce n'est pas que le ski. En l'espace de 10 ans, la station est devenue le site d'entraînement privilégié de nombreux sportifs de haut niveau. Qu'ils soient footballeur, rugbyman, joueur de squash, boxeur, volleyeur, cycliste ou encore escrimeur, ils viennent profiter des bienfaits de l'altitude, donner un coup de pouce à leur préparation, et se changer les idées. »



Rédaction multimédia de Dauphiné Libéré, le 02/01/2008

ARTICLE 3 : Le CIPPA, centre d'oxygénation



« Le Centre International de Préparation Physique en Altitude (centre d'oxygénation) agréé par le ministère de la Jeunesse et des sports et par celui de l'Éducation Nationale, accueille tout au long de l'année des sportifs de tous niveaux. Sous-Préfecture des Hautes Alpes, avec ses 1 326 mètres d'altitude, Briançon est la ville la plus haute de la communauté européenne. Les conditions climatiques permettent un entraînement sportif intensif et de qualité. »

www.cippa.com

1) Quel est le point commun entre ces 3 centres d'entraînement sportifs ?

.....

2) Nous savons que plus nous montons en altitude et plus la concentration en oxygène (O_2) de l'air ... (revoir le cours de 2^e sur le thème 7 : « tous sous pression »)

.....

3) Lorsque tu réalises un exercice physique **intense**, ton rythme respiratoire ...

.....

Comment un entraînement dans un environnement appauvri en oxygène (O_2) peut-il améliorer les performances physiques d'un sportif ?

C'est la question à laquelle nous allons tenter de répondre dans ce chapitre ...

2. L'ANATOMIE DU SYSTÈME RESPIRATOIRE

Avant de répondre à cette question, nous allons tenter de comprendre comment fonctionne notre respiration.

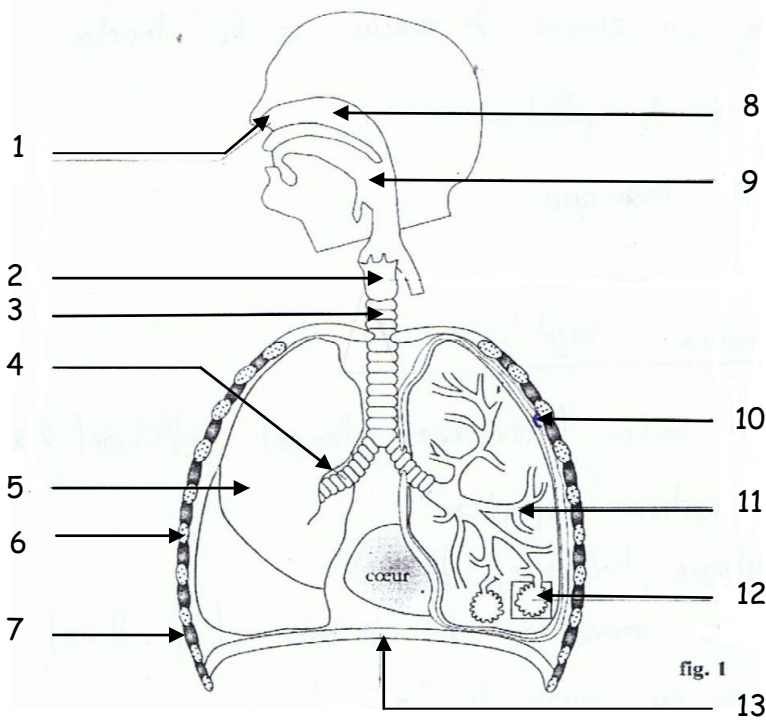
Le système respiratoire comprend :

- Les voies respiratoires qui conduisent l'air atmosphérique aux poumons
- Les poumons



2.1 LES VOIES RESPIRATOIRES

✓ Complète la légende suivante :



1 :	.....
2 :	.....
3 :	.....
4 :	.....
5 :	.....
6 :	.....
7 :	.....
8 :	.....
9 :	.....
10 :	.....
11 :	.....
12 :	.....
13 :	.....

2.2 LES VOIES RESPIRATOIRES

2.2.1 Les fosses nasales

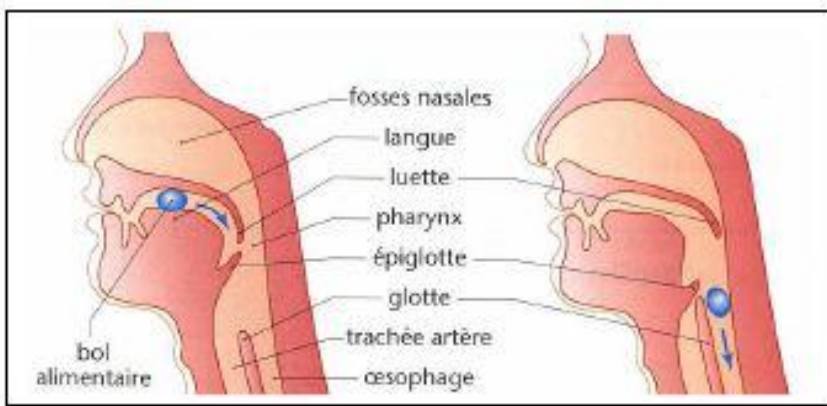
Elles sont situées dans le nez et s'ouvrent à l'extérieur par les narines.

En les traversant une muqueuse olfactive, l'air atmosphérique est modifié, comment ?

-
-
-

2.2.2 Le pharynx

Il relie les fosses nasales et la bouche au larynx (respiration) et à l'œsophage (digestion). C'est donc le carrefour commun aux voies digestive et respiratoire.



Quelles sont les organes chargés de « faire la circulation » dans ce « carrefour » ?

-
-

Que provoque une mauvaise coordination de ces organes ?

.....

2.2.3 Le larynx

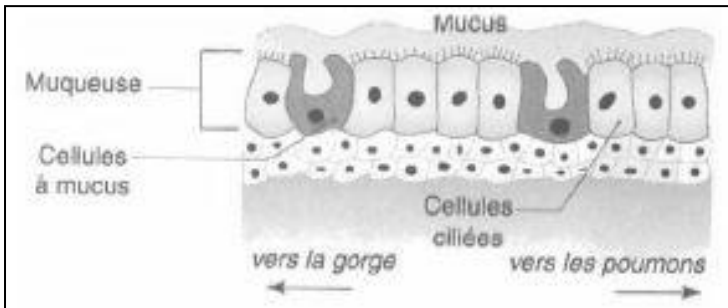
Appelé également « pomme d'Adam », le larynx renferme 2 replis membraneux :

2.2.4 La trachée

La trachée est un gros conduit de 10 à 20 cm de long muni d'**anneaux cartilagineux** incomplets en forme de fer à cheval dont l'ouverture est tournée vers l'arrière (côté œsophage).

A ton avis, que permettent ces anneaux ?

La paroi interne de la trachée est tapissée de nombreux **cils** englués de **mucus**.



La muqueuse de la trachée se compose de 2 types de cellules qui coopèrent pour assurer une fonction, elles sont interdépendantes.

Quelles sont ces cellules ?

-
-

Quel est le rôle du mucus ?

Quel est le rôle des cils ?

2.2.5 Les 2 bronches

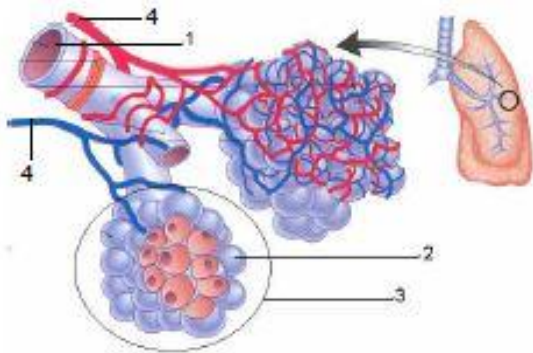
La trachée se divise en 2 bronches qui pénètrent dans chacun des 2 poumons. Les bronches, comme la trachée, présentent des anneaux cartilagineux, dans ce cas-ci, **complet**.

2.2.6 Les bronchioles

Chaque bronche, en pénétrant dans un poumon, se ramifie en une multitude de bronchioles. Chaque bronchiole se termine par un sac bosselé : la **vésicule pulmonaire**

2.2.7 Alvéoles pulmonaires

Les vésicules pulmonaires sont un ensemble de « bosses » que l'on nomme : les **alvéoles pulmonaires**.

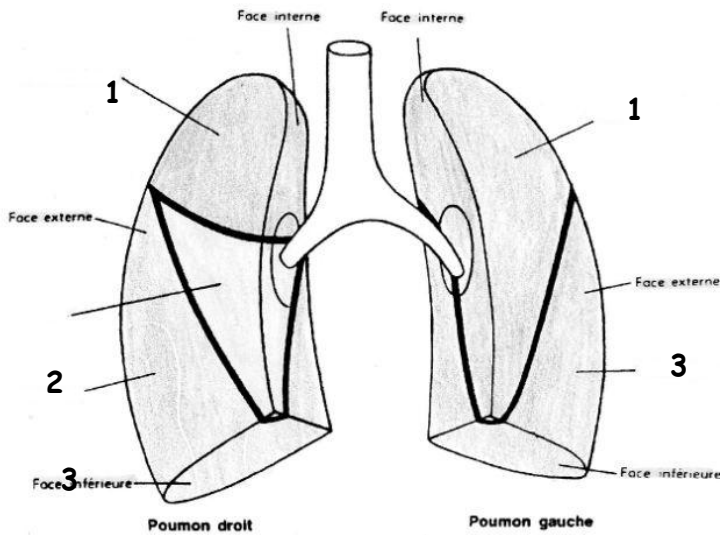


- 1 :
- 2 :
- 3 :
- 4 :

C'est au niveau des **alvéoles pulmonaires** que s'effectuent

- La surface d'échange est très étendue entre le sang et l'air (environ 200m²)

2.3 LES POUMONS



- 1 :
 - 2 :
 - 3 :

Les poumons sont des organes mous, élastiques, roses rougeâtres, partagés en lobes.

Question de réflexion : Pourquoi il y a-t-il une différence entre le nombre de lobe au niveau des 2 poumons ?

Chaque poumon :

- Est entouré d'une enveloppe à double feuillet :
 - Un des feuillets adhère à la paroi des poumons
 - L'autre adhère à la cage thoracique (côtes et sternum) et au diaphragme
 - Entre les 2 feuillets, se trouve un petit espace rempli d'un liquide lubrifiant :
.....
- Repose sur un muscle transversal qui sépare la cage thoracique de l'abdomen :
.....

2.4 SYNTHÈSES PARTIELLES

✓ Exerce-toi en complétant les 2 textes lacunaires

2.4.1 Les voies respiratoires

L'air entre par les ou par la Les poils qui tapissent les narines s'appellent les vibrisses et la muqueuse les recouvrant s'appelle la muqueuse respiratoire. L'air est chauffé, humidifié et débarrassé d'une partie des poussières et des microbes qu'elle contient dans les Elle passe ensuite dans le Ce dernier est un « carrefour » commun aux voies digestives et respiratoires. Il est également recouvert d'une muqueuse respiratoire.

L'air arrive ensuite dans le (Où « pomme d'Adam ») qui renferme deux replis membraneux : Il contient l'épiglotte et est aussi recouvert d'une muqueuse respiratoire. À nouveau, l'air est nettoyé de ces poussières par les cils englués de mucus qui tapissent la Celle-ci est un gros tube muni d'anneaux cartilagineux incomplets.

La trachée se ramifie en deux présentant des anneaux cartilagineux complets.

2.4.2 Les poumons

La poitrine contient deux , l'un du côté droit de la poitrine et l'autre du côté gauche. Chaque poumon est composé de sections appelées Les poumons sont mous et protégés par la Le poumon droit (3 lobes) est plus gros que le poumon gauche (2 lobes) qui laisse un espace libre pour

Chaque bronche pénètre dans un poumon puis se ramifie en Ici il n'y a plus de cils ni de cartilage. Chaque bronchiole se termine par un sac bosselé, la Les poumons sont protégés par les auxquelles ils sont attachés grâce à une double membrane : Sous les poumons, la cage thoracique est fermée par un muscle plat :

Tu peux désormais évaluer tes bonnes réponses :

- Les voies respiratoires : /8
- Les poumons : /9

3. LA VENTILATION PULMONAIRE

Les mouvements respiratoires ont pour effet de renouveler l'air alvéolaire : c'est la ventilation pulmonaire.

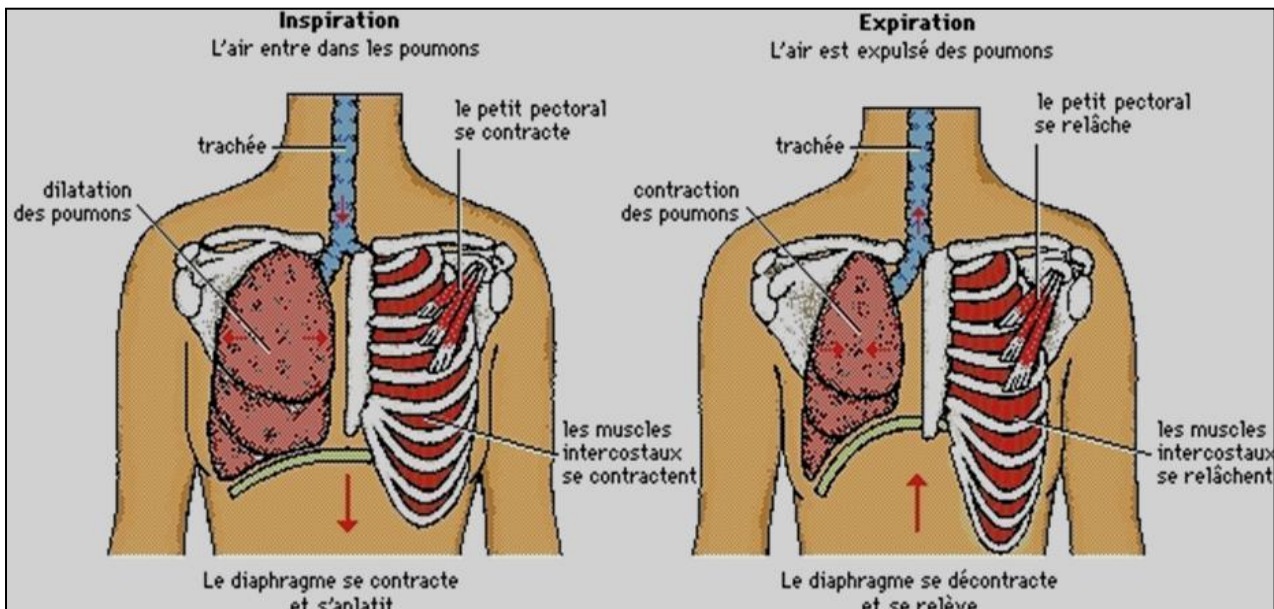
Le mouvement respiratoire comporte 2 phases :

- , qui a pour but
- , qui a pour but

Remarque : Au repos, la fréquence respiratoire (nombre de mouvements par minute) est de +/- 12x /min. A l'effort, la fréquence peut atteindre 25x /min.

Voyons un peu ce qu'il se passe au niveau des poumons lorsque nous **inspirons** et nous **expirons**.

✓ Les 2 schémas expliquent les mouvements respiratoires. Compare ce qu'il se passe lors de l'inspiration et de l'expiration en complétant le tableau.



Critères	Inspiration	Expiration

4. LA MÉCANIQUE DE LA RESPIRATION

4.1 MODÈLE DE LA VENTILATION

Il est très facile de réaliser un montage simple qui illustre parfaitement le fonctionnement mécanique de la respiration : **comment les poumons se gonflent-ils ?**

4.1.1 *Matériel nécessaire*

- 1 bouteille plastique (1L) avec son bouchon
- 2 ballons de baudruche
- 1 paille
- Des ciseaux, un cutter, du « scotch »
- « Pistocolle »

4.1.2 *Démarche à suivre*

- Découper le fond de la bouteille et coller une bande de scotch (assez épais) sur la découpe (pour éviter de percer le ballon avec le plastique tranchant)
- Découper l'embouchure d'un ballon de baudruche de façon à pouvoir recouvrir entièrement le fond de la bouteille. Fixer avec du scotch résistant
- Scotcher l'embouchure du ballon à la paille de façon à pouvoir gonfler le ballon en soufflant dans la paille
- Percer un trou de diamètre de la paille dans le bouchon, insérer la paille et coller à l'aide du « pistocolle ». (attention de ne pas percer la paille avec la colle chaude)
- Visser le bouchon sur la bouteille.

Tirer sur le ballon situé sous la bouteille (délicatement). Que se passe-t-il ?

.....

Que représentent les éléments suivants (quelles parties du système respiratoire) ?

- La demi-bouteille :
- La paille :
- Le ballon intérieur :
- Le ballon sous la bouteille :

Quelles sont les limites du modèle que nous venons de réaliser ?

.....

.....

4.1.3 *Schéma (annoté)*

- ✓ Schématise le montage et annote-le en inscrivant entre parenthèses la partie du système respiratoire représentée.

5. LA COMPOSITION DE L'AIR INSPIRÉ ET EXPIRÉ

Pour connaître la composition de l'air que l'on inspire et que l'on expire, réalisons 2 petites manipulations très simples.

5.1 L'AIR QUI NOUS ENTOURE

5.1.1 Matériel

- 1 récipient d'eau
- 1 bougie « chauffe-plats »
- 1 allumette
- 1 verre

5.1.2 Mode opératoire

- Verser de l'eau dans le bac
- Allumer la bougie puis la déposer délicatement sur l'eau et renverser le verre sur celle-ci

Qu'observes-tu ?

CONCLUSION :

5.2 L'AIR QUE L'ON EXPIRE

Il faut savoir que le dioxyde de carbone ou gaz carbonique a la propriété de troubler l'eau de chaux.

5.2.1

- 1 paille
- Eau de chaux
- 1 verre

5.2.2 Mode opératoire

- Verser de l'eau de chaux dans le verre
- Mettre la paille dans le verre et souffler doucement (**ne surtout pas aspirer, l'eau de chaux est dangereuse pour la santé !**)

Qu'observes-tu ?

CONCLUSION :

5.3 COMPARAISON

Voici un tableau donnant les proportions dans lesquelles on retrouve les composants de l'air inspiré et expiré.

✓ Traduis ces données sous forme de graphiques circulaires.

	Oxygène	Azote	Gaz carbonique	Autres gaz
Air inspiré	21%	78%	0,03%	1%
Air expiré	16%	78%	5%	1%

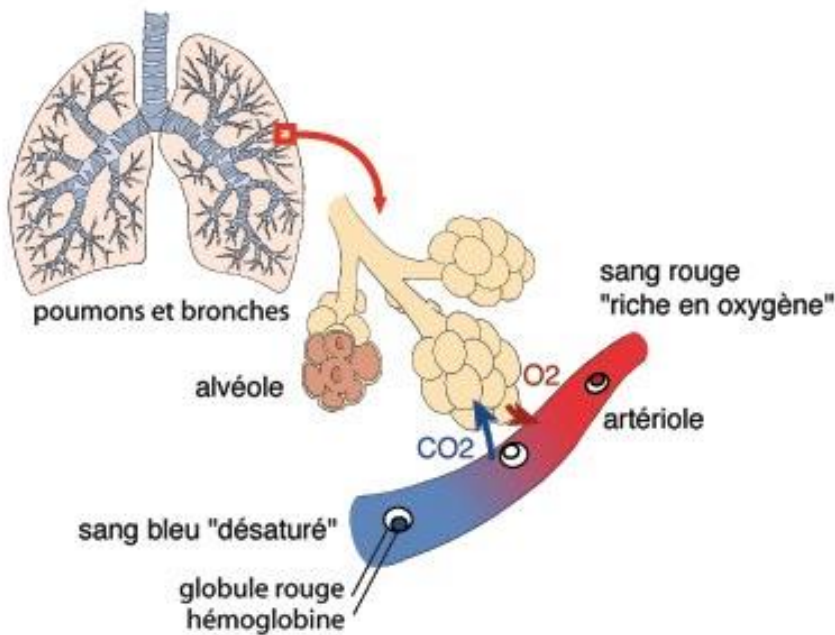
6. LES ÉCHANGES GAZEUX

Nous venons de constater que l'air inspiré était plus riche en et que l'air expiré était plus riche en

Si nous inspirons de l'air riche en c'est parce que celui-ci est important pour nous et même vital. Sans lui, nous mourrions asphyxiés !

Mais que devient l'air une fois qu'il est arrivé dans les alvéoles pulmonaires ?

✓ Observe le schéma et réponds aux questions.



1) Où se passe le phénomène illustré par le schéma ?

2) Quels sont les gaz que l'on peut observer ?

3) Que se passe-t-il pour l'oxygène ?

4) Une fois dans le sang, où va l'oxygène ?

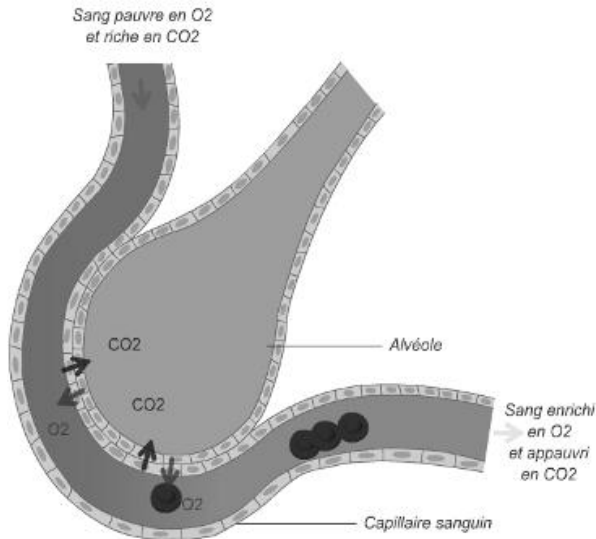
5) Que se passe-t-il pour le gaz carbonique ?

6) D'après toi, d'où vient-il ?

7) Comment va-t-il être évacué ?

8) Comment s'appelle le phénomène qui permet au gaz de traverser les cellules des parois des alvéoles pulmonaires ?

✓ Les conventions utilisées pour le sang : sur le schéma de la page suivante, colorie en rouge le sang riche en et en bleu celui riche en



CONCLUSION :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. LA CIRCULATION SANGUINE



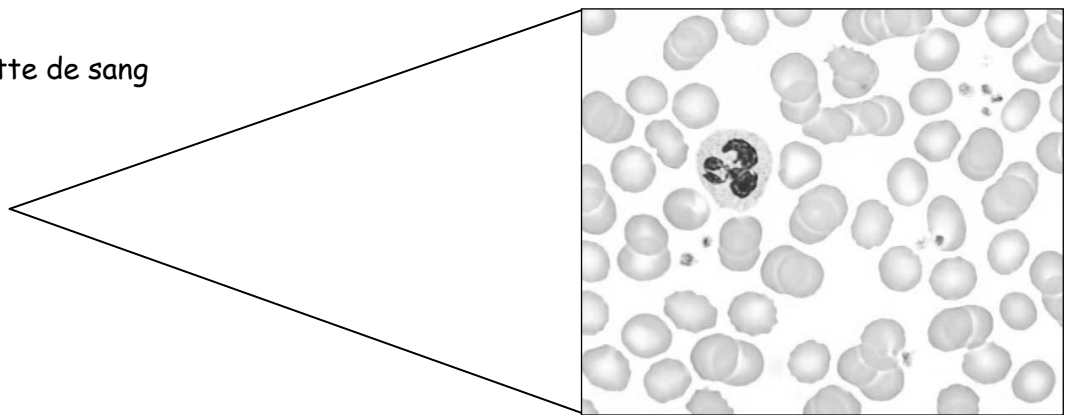
7.1 LES RÔLES DE LA CIRCULATION SANGUINE

- Transporter les éléments nutritifs et l'oxygène dans et ainsi nourrir toutes les cellules.
- Le cœur, agissant comme une pompe, fait le sang.
- Les vaisseaux sanguins canalisent le sang.

7.2 LA COMPOSITION DU SANG

Le savais-tu ? Le sang représente 8% de ta masse corporelle. Le volume de sang est de 4 à 5 litres chez la femme et de 5 à 6 litres chez l'homme.

Analyse d'une goutte de sang



A ton avis que trouve-t-on dans le sang ?

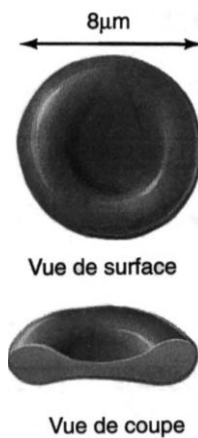
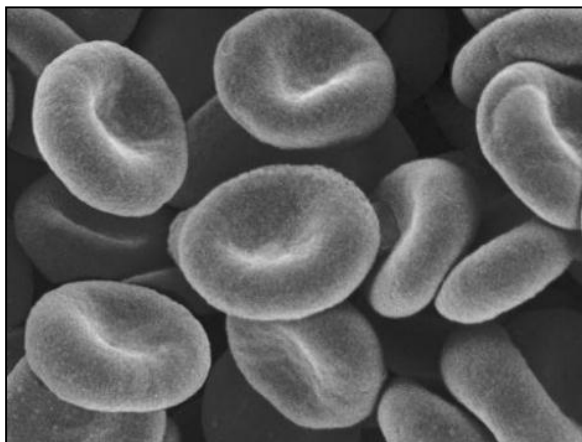
.....

7.3 LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU SANG

Globules rouges	4 800 000 à 5 400 000 par mm ³
Globules blancs	5 000 à 9 000 par mm ³
Plaquettes	500 000 par mm ³
Plasma Il est constitué à 90% d'eau.	Homme : 2 750 cm ³ Femme : 2 200 cm ³

7.4 LES CARACTÉRISTIQUES DE CES ÉLÉMENTS

7.4.1 Les ou



Ils ont la forme de disques arrondis sur les bords (comme un beignet). Ce sont des cellules anucléées, c'est-à-dire sans noyau. Ils véhiculent l'..... qui lui donne sa couleur rouge. peut fixer le (on l'appelle alors) et le (on l'appelle alors) de façon réversible au niveau de l'atome de fer qu'elle contient.

Ces globules sont fabriqués dans la moelle rouge osseuse (crâne, vertèbres, côtes, bassin, épiphyses des os longs).

Question de réflexion : Lorsqu'il quitte les poumons, le sang est de couleur rouge mais lorsqu'il revient aux poumons, il est de couleur sombre. Comment expliquer ce phénomène ?

.....

.....

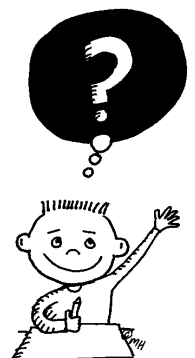
.....

.....

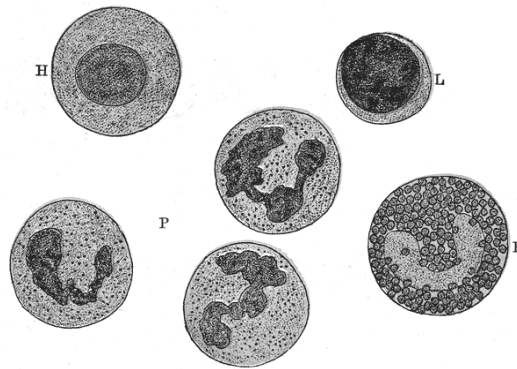
.....

.....

.....



7.4.2 Les ou



Les globules ou sont des cellules blanchâtres nucléées (c'est-à-dire avec un noyau). On en distingue plusieurs sortes.

Ils ont plusieurs propriétés :

Grande mobilité : o ils se déplacent en formant des PSEUDOPODES.

o ils remontent le courant sanguin, en rampant sur les parois.

o ils peuvent sortir des vaisseaux sanguins (car ceux-ci ne sont pas) par un procédé appelé la DIAPÉDÈSE.

Sensibilité : ils sont attirés par certaines substances (oxygène, iode, microbes, ...) et sont repoussés par d'autres (alcool).

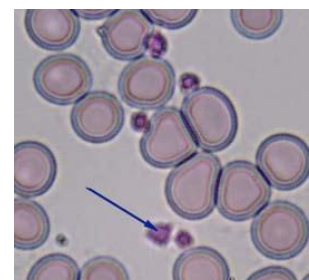
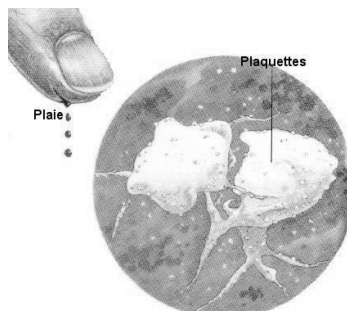
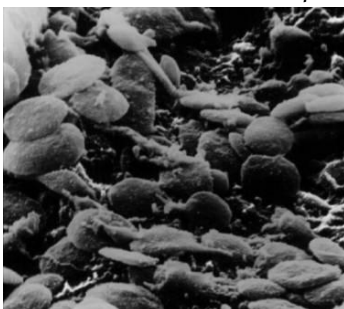
Sécrétion : ils sécrètent des enzymes et transportent des antitoxines.

Leur rôle essentiel est et en utilisant la DIAPÉDÈSE et la PHAGOCYTOSE.

✓ Schématise la phagocytose



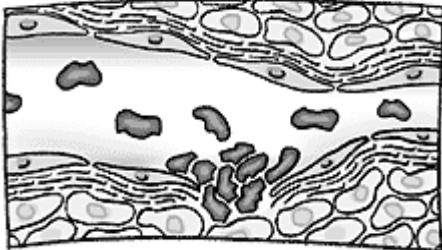
7.4.3 Les plaquettes





Les plaquettes sont des cellules de formes diverses sans noyau (comme les G.R.) et qui forment un amas. Elles et forment le clou plaquettaire qui arrête le saignement, elles transportent « les facteurs » de la coagulation du sang.

La coagulation



.....

.....



7.4.4 Le plasma

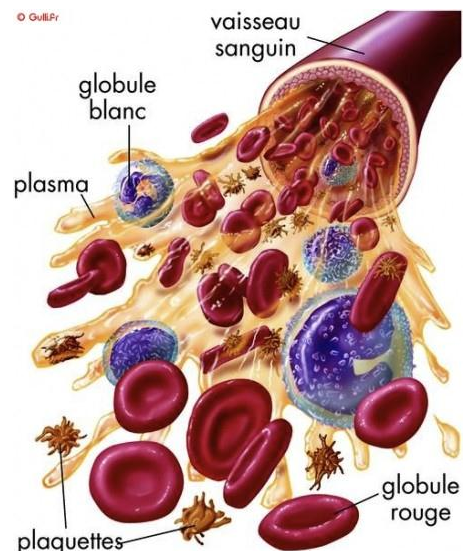


Le plasma est un liquide jaunâtre et visqueux constitué à 90% d'eau mais il contient aussi :

- des protéines (albumine, ...)
- des lipides (cholestérol)
- des glucides (glucose, 1g par litre)
- des minéraux tels que le sodium, le potassium, le chlore et des carbonates
- des gaz dissous (O_2 , CO_2)
- des hormones, des enzymes, des vitamines, des déchets cellulaires, ...

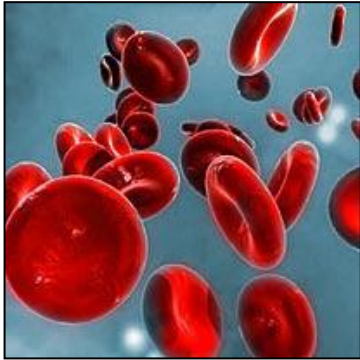
... au total près de 100 solutés !

Sa composition est scrupuleusement contrôlée, surtout par les reins, pour qu'elle ne s'écarte pas trop des conditions de bon fonctionnement de notre corps.



Mais la coagulation ne se fait pas correctement chez tout le monde ...

✓ Analyse le texte suivant afin de répondre aux questions.



L'hémophilie : maladie héréditaire

L'hémophilie est une maladie héréditaire caractérisée par une déficience du mécanisme de coagulation du sang. Sous ses formes graves, elle est potentiellement mortelle, la moindre blessure pouvant provoquer une importante hémorragie. Aux XIXème et XXème siècles, elle affecta certaines familles régnantes d'Europe(...).

La forme la plus courante d'hémophilie affecte 30 à 120 personnes sur un million. Elle est due à l'absence de la protéine de coagulation appelée facteur VIII. Le gène récessif du facteur VIII se trouve sur le chromosome X, le schéma

classique de transmission de l'hémophilie étant qu'une mère (qui n'en subit pas elle-même les effets) la transmet à son fils. Comme un individu mâle n'a qu'un seul chromosome X, hérité de sa mère, le gène hémophilique sera toujours présent, puisque sur le gène Y paternel, il n'y a pas d'équivalent susceptible de le supprimer.

Aujourd'hui, on peut traiter cette maladie par des injections de facteur VIII obtenu par génie génétique.

1) Qu'est-ce que l'hémophilie ?

.....

2) L'hémophilie est-elle contagieuse ? Explique.

.....

3) Qui transmet l'hémophilie et à qui cette maladie est-elle transmissible ?

.....

4) Qu'est-ce que le facteur VIII ?

.....

7.5 LES RÔLES DU SANG

●	●	●

7.6 LE CŒUR

Le sang ne voyage pas seul dans le corps, il lui faut une pompe pour le propulser. Le cœur est le symbole de la vie, et de la vitalité.

Déscription

- Le cœur est un (= le myocarde) qui permet au sang de circuler dans le corps.
- Il est situé légèrement à dans la cage thoracique, entre les deux poumons.
- Il est composé de 4 parties :
- Elles communiquent par les : ce sont des clapets qui se ferment et empêchent le sang de remonter dans les oreillettes.
- Les vaisseaux sanguins les plus importants sont les qui partent du cœur pour alimenter en sang le reste du corps.
- Des vaisseaux ramènent le sang vers le cœur, ce sont les

« L'entraînement change d'altitude »

Souviens-toi de notre introduction, nous avons parlé des entraînements sportifs en altitude. Voici un article abordant le sujet et qui nous permettra de répondre à notre question problème de départ.

L'entraînement change d'altitude

Cela fait plus d'un demi-siècle que les physiologistes s'opposent sur l'opportunité d'effectuer des stages en altitude. Un chercheur américain, Benjamin Levine, a imaginé une solution qui devrait contenter tout le monde.

L'entraînement en altitude compte de nombreux partisans, surtout dans les sports d'endurance comme l'athlétisme ou le vélo. D'autres boudent ces méthodes qui, d'après eux, ne servent à rien. Au-delà de ces querelles d'école, se pose une série de questions plus fondamentales sur la nature des facteurs limitatifs dans les processus d'oxydation. De façon assez schématique, les scientifiques opposent ce qu'ils appellent "les limites périphériques", c'est-à-dire les filières d'utilisation de l'oxygène au niveau du muscle, aux "limites centrales", c'est-à-dire la capacité de l'organisme de transporter le gaz jusqu'aux cellules. Ils ont donc inventé des protocoles compliqués pour tenter d'analyser séparément ces deux paramètres et, dans l'immense majorité des situations, il apparaît que les performances en aérobie se trouvent limitées par les capacités du système circulatoire, surtout par le débit cardiaque et par la composition sanguine. Ainsi, à chaque fois qu'on fournit plus d'oxygène aux cellules, on s'aperçoit que les réactions oxydatives s'élèvent d'un cran; tandis qu'à l'inverse, une augmentation de la masse musculaire ne se traduit pas forcément par une amélioration des paramètres de l'endurance. Tout se passe comme s'il existait des processus naturels de régulation, différents pour chacun de nous, qui déterminent notre capacité à brûler de l'énergie. A chaque fois que l'on s'écarte de ces valeurs de référence, l'organisme met tout en œuvre pour rétablir l'ancien équilibre. Imaginons qu'un athlète se mette à fumer. La mauvaise oxygénation tissulaire due à la cigarette entraînerait aussitôt une stimulation de la production de nouveaux globules rouges et donc une augmentation de l'hématocrite. En altitude aussi la raréfaction de l'air complique les échanges gazeux et le corps réagit par une modification de sa formule sanguine (13). Il s'agit bien

entendu d'un processus réversible. Si l'on arrête de fumer ou si l'on redescend au niveau de la mer, on observe une diminution progressive du nombre de globules rouges et une baisse de l'hématocrite. De cette manière, l'apport d'oxygène aux cellules conserve toujours une certaine constance en dépit des conditions changeantes de l'environnement. Evidemment, ces adaptations nécessitent un certain temps avant de se mettre en place. Les globules rouges ont une durée de vie d'environ 120 jours. En théorie, on pourrait donc tirer profit d'une stimulation transitoire de leur production. L'idée de se mettre à fumer puis d'arrêter à quelques jours de la compétition ne paraît pas très judicieuse. La cigarette entraîne trop de désagréments sur le plan de la forme et de la santé. En revanche, plusieurs préparateurs physiques préconisent des stages en altitude dans le but d'améliorer ensuite les performances au niveau de la mer (16). L'idée ne date pas d'hier. Déjà dans les années 40, des athlètes se plaiaient au rituel d'un petit voyage à plus de 2000 mètres d'altitude en prévision d'une épreuve importante. Très vite, des scientifiques ont, à leur tour, tenté de prouver le bien-fondé de cette méthode. Ils imaginèrent des protocoles qui, malheureusement, ne produisaient pas toujours les résultats escomptés ou qui recelaient tellement d'erreurs et de biais d'interprétation qu'on ne pouvait pas leur accorder beaucoup de crédit. Néanmoins, le monde sportif était globalement convaincu des bienfaits des stages en altitude. Plus tard, dans les années soixante-dix, on assista à une vaste remise en question (1). A l'enrichissement du sang en globules rouges, les chercheurs opposaient les désavantages de l'hypoxie, notamment la diminution de l'intensité du travail qui brouille les repères gestuels.

Dans un article récent, Nicolas Terrados démontre, preuve à l'appui, que des athlètes de haut niveau, déjà dotés par nature d'un taux de globules rouges élevé, ne tirent aucun bénéfice d'un séjour en altitude et pourraient même accuser une régression de leurs performances en plaine

(21). L'ancien médecin de Miguel Indurain soutient dans ces pages que la VO_2 Max baisse progressivement dès que l'on dépasse une altitude de 580 mètres, valeur ridiculement faible en comparaison de celle de stations comme Font Romeu ou Albuquerque (11). Au-delà de 1.500 mètres, cette régression s'accélère à raison pratiquement d'un pour cent chaque fois que l'on grimpe de 100 mètres. Pour un coureur à pied, par exemple, cela signifie qu'à 2.000 mètres d'altitude, sa VMA (Vitesse Maximale Aérobie) a baissé d'environ 1 km/h (*). Dans ces conditions, il est difficile de conserver ses sensations. Il faut revoir en outre le contenu de toutes ses séances d'entraînement. Sans compter les autres désagréments qui découlent souvent d'un séjour en montagne comme des maux de tête, des accès de fatigue, une susceptibilité accrue aux infections. Bref, les entraîneurs et les physiologistes sont plus que partagés aujourd'hui sur l'opportunité de ces déplacements en période de préparation.

La stratégie des allers-retours

Nous en étions là, lorsqu'en 1991, Benjamin D. Levine envisagea la question sous un angle différent. Serait-il possible de marier la chèvre et le chou? En l'occurrence, de bénéficier des effets favorables de l'altitude sur la synthèse des globules rouges, sans pâtir de l'inconvénient d'une diminution de l'intensité des séances? Il élaborera alors une nouvelle méthode qui propose aux athlètes de vivre et de dormir en altitude, de préférence au-dessus de 2.500 mètres, puis de redescendre chaque jour dans la vallée pour s'entraîner en dessous de 1.500 mètres. Il faisait ainsi le pari que la période de 21 à 22 heures passées dans un air raréfié stimulerait la synthèse des globules rouges, alors que les

2 à 3 heures d'entraînement en plaine permettraient de travailler dans des intensités plus normales et donc de limiter le risque d'une perte d'adaptation. Son idée reçut un écho favorable dans le monde des physiologistes et on se mit à évoquer sa méthode sous l'expression "live high, train low" ("vivre en haut, s'entraîner en bas"). Restait évidemment à prouver sa pertinence (16). En 1997, Levine recruta 21 jeunes coureurs universitaires capables de boucler un 5000 mètres en moins de 16'30 pour les hommes et en moins de 18'30 pour les femmes. Au début de l'expérience, tous les candidats furent évalués au niveau de la mer. Ils entamèrent ensuite un premier cycle d'entraînement de quatre semaines à l'issue duquel on constitua trois groupes. Ceux-ci se soumi- rent à une nouvelle période de préparation d'un mois durant laquelle on modifia les conditions d'environnement. Le premier groupe résidait et s'entraînait en altitude (on le désigna comme le groupe "high high"); le deuxième vivait et s'entraînait en plaine (le groupe "low low") et le troisième vivait à 2.500 mètres mais s'entraînait à basse altitude (le groupe "high low"). A la fin de ce stage, on réunit tous les volontaires à Dallas et, une semaine plus tard, on leur demanda de réaliser la meilleure performance possible sur 5.000 mètres. On répéta l'expérience deux fois, à échéance d'une semaine. Ce protocole devait permettre à la fois d'évaluer l'intérêt de la méthode Levine "live high, train low", et de déterminer la durée de son effet. Les résultats furent à la hauteur des espérances. Le groupe "high low" affichait en effet une forme superbe à l'issue de son stage en montagne avec une amélioration moyenne des performances au niveau de la mer d'environ 1,4% encore perceptible 3 semaines après leur retour.

Rebelote hypoxique

La communauté scientifique accueillit ces résultats tantôt avec enthousiasme, tantôt avec scepticisme. Beaucoup de chercheurs tentèrent de les reproduire auprès d'autres groupes d'athlètes et pas seulement chez des étudiants de niveau inter-régional (7, 10). Comme il fallait s'y attendre, ils ne connurent pas toujours la même réussite. Certains travaux, notamment ceux menés sur des sportifs de haut rang, débouchèrent sur un constat d'échec (2, 12). D'autres confirmèrent l'intérêt de la méthode mais sur base d'autres critères que l'amélioration des performances. Par exemple, ils

relevaient un sommeil de meilleure qualité par rapport aux stages classiques (19). Allez comprendre pourquoi! Ces remises en question incitèrent Levine à remettre le couvert l'an dernier (20). Il fit appel cette fois à des athlètes de haut niveau qu'il enrôla au pic de leur forme. Son étude débutait en effet une semaine après les championnats nationaux. Il voulait démontrer ainsi que l'éventuelle amélioration des performances devait bien être mise au crédit de sa formule et pas d'un processus naturel de progression qui, en de telles circonstances, présentait effectivement peu de chances de survenir. Ensuite, il emmena les 22 sujets de cette nouvelle étude pour un séjour d'un mois dans des chalets à 2.500 mètres d'altitude. Chaque jour, ces athlètes descendaient dans la plaine pour s'entraîner à une altitude moyenne de 1.250 mètres comme dans l'étude précédente. Bien entendu, tout le monde était testé dans des épreuves chronométrées au niveau de la mer avant et après cette période. Là encore, les résultats furent très convaincants. Les performances moyennes des coureurs s'améliorèrent de 1,1%. Cela n'a l'air de rien mais cela représente presque 10 secondes sur un 10.000 mètres! Plus extraordinaire encore, cette progression s'accompagnait d'un bond de VO₂ Max d'environ 3%, une adaptation extrêmement rare à ce niveau, que Levine attribue à l'accélération de la synthèse des globules rouges. Il se base pour cela sur les résultats d'analyses sanguines qui montrent une élévation des récepteurs solubles de la transferrine et d'érythropoïétine, ainsi qu'une chute du taux de ferritine, ce qui traduit bien la mobilisation du fer pour fabriquer de nouveaux globules (17). Sachant que cet article allait, lui aussi, essuyer le feu de la critique, Benjamin Levine attira encore l'attention sur le danger de reproduire son expérience sans prêter attention à des détails qui paraissent futiles mais qui, au bout du compte, s'avèrent déterminants. Ainsi, il faut être très vigilant pour ne pas inclure dans le groupe des sportifs victimes d'épisodes infectieux ou inflammatoires. Ces pépinières de santé entraînent une élévation d'interleukine 1 (IL-1), une substance impliquée dans le système immunitaire dont la particularité est d'inhiber l'érythropoïèse. Cela signifie qu'un athlète malade ou blessé ne tirera aucun profit d'un stage en altitude, qu'il soit construit selon le schéma classique ou selon celui du "live high train low" (9). Or ce type de petites affections survient très

fréquemment au-dessus de 2.000 mètres (3). Statistiquement les infections sont 1,5 fois plus nombreuses au début d'un séjour à la montagne par rapport au niveau de la mer (18). On ne sait pas très bien à quoi attribuer cette fragilité immunitaire. Peut-être la chute du taux plasmatique de glutamine (**)? Toujours est-il que ces petites défaillances de santé pourraient expliquer la divergence des résultats dans les différentes études (20). Chaque athlète réagit aussi de façon très différente à l'altitude. D'où l'intérêt de démarrer doucement les stages pour tenter de savoir comment on réagit. La montagne ne s'improvise pas.

Denis Riché

(*) Notons au passage que la qualité de ces travaux prouve deux choses par l'absurde: d'abord que Nicolas Terrados n'est pas ce médecin ignorant et obstiné, personnage qu'il avait cru bon d'incarner lors de sa déposition à Lille au procès Festina; ensuite que si les stages en altitude sont inefficaces à améliorer la performance, l'incroyable progression des résultats à laquelle Terrados a directement contribué, par son travail auprès de cyclistes et de marathoniens, doit forcément trouver des origines moins avouables.

(**) Travaillant régulièrement sur cette piste avec les commandos de Mont Louis, Yannick Guezennec ne croit plus guère en cette hypothèse (colloque international de St Etienne, le 21 juin 2002).

SPORT et VIE n°73

✓ Lis le texte et réponds aux questions suivantes :