

Rétablissement de l'oxygénation

Pourquoi ?

Les causes d'altération de l'oxygénation sont fréquentes

Toutes les causes de traumatisme

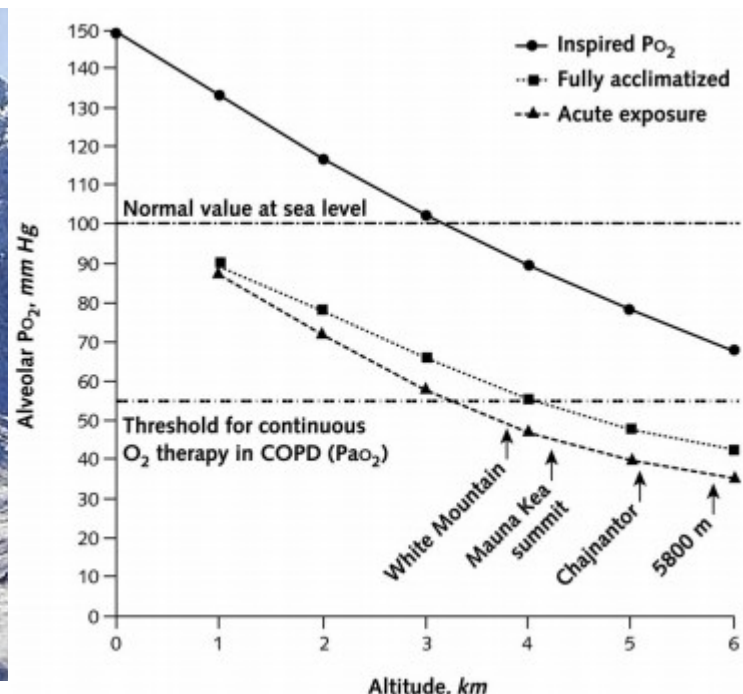


Par détresse respiratoire ou choc hypovolémique hémorragique

$$CaO_2 = (0,003.PaO_2) + (Hb.1,39.SaO_2)$$

Les causes d'altération de l'oxygénation sont fréquentes

Le contexte du combat en zone montagneuse



Altitude, froid, dénivelés rapides

$$P_{IO_2} = [F_{IO_2} \cdot (P_B - 47)] - P_aCO_2 / R$$

$$CaO_2 = 1,34 \cdot Hb \cdot SaO_2 + 0,003 \cdot PaO_2$$

Les causes d'altération de l'oxygénation sont fréquentes

Les effets des explosions en milieu confiné



Intoxication fumées d'incendie. Acide Cyanhydrique

Les causes d'altération de l'oxygénation sont fréquentes

La rareté de l'oxygène disponible

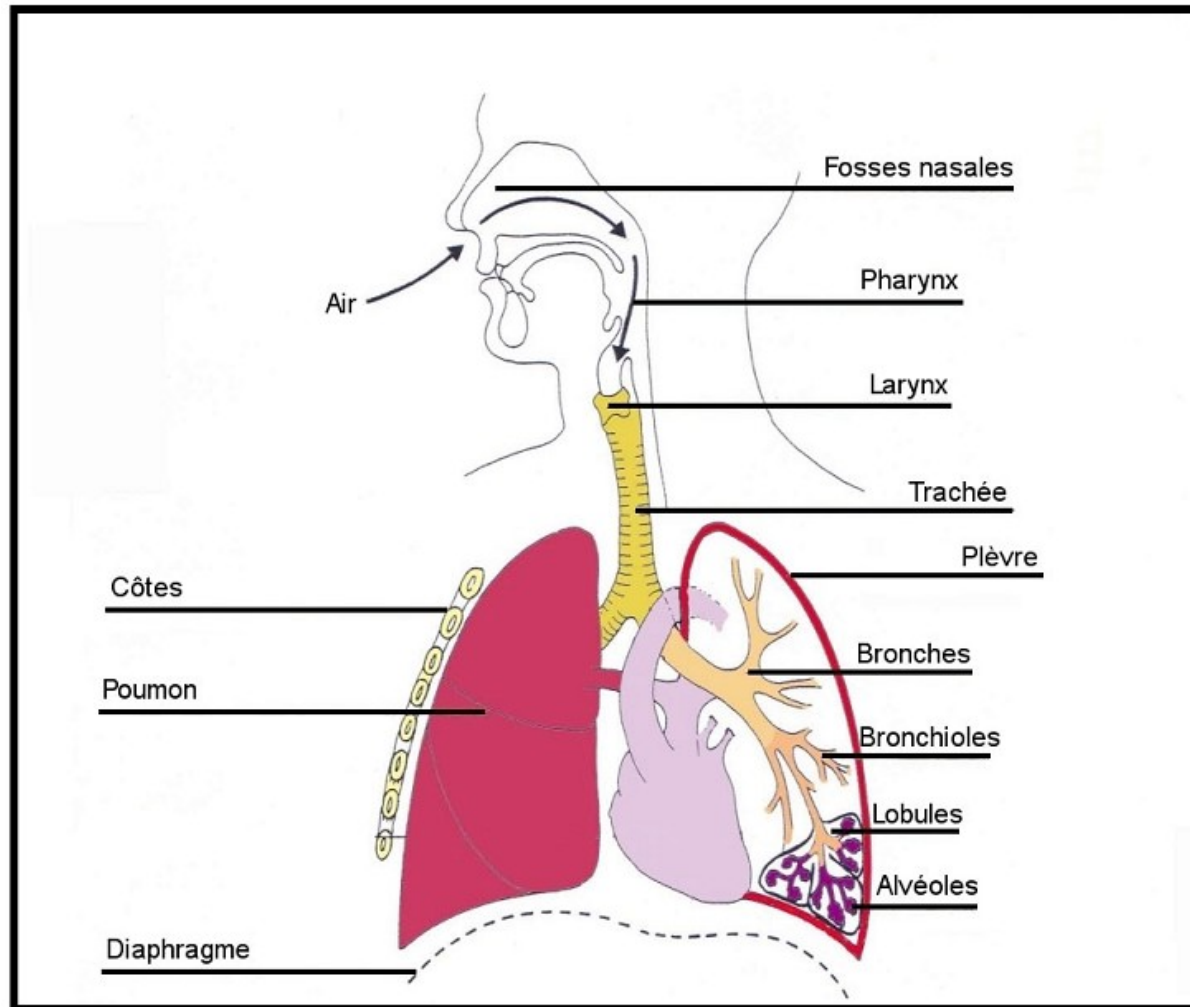


Dans votre sac à dos ? Plutôt avec vos moyens d'EVASAN

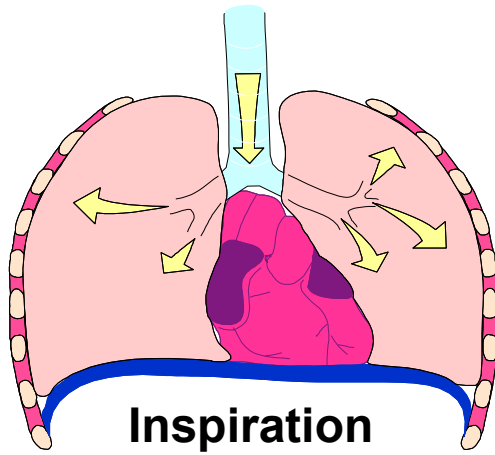
Quelques données d'anatomie et de physiologie

Appliquées aux conditions de combat

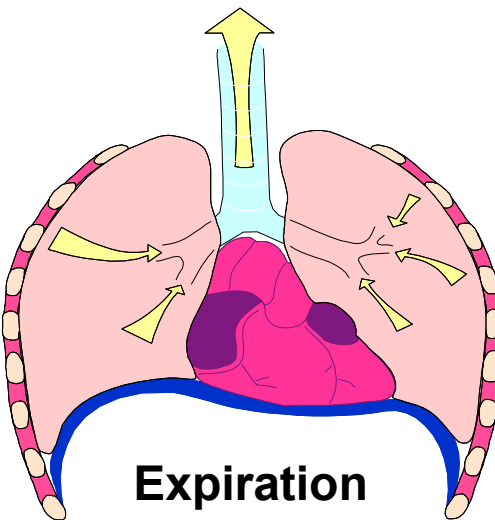
Anatomie de l'appareil respiratoire



Physiologie de l'appareil respiratoire



$P_{\text{intrathoracique}} < P_{\text{barométrique}}$



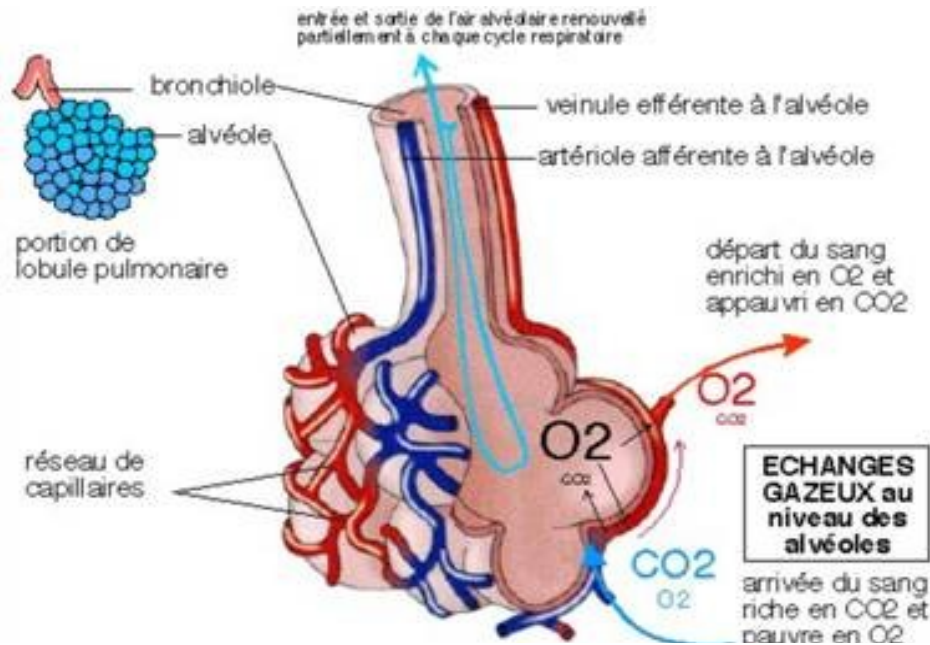
$P_{\text{intrathoracique}} > P_{\text{barométrique}}$

Une ventilation n'est adaptée que si:

1. Les voies aériennes sont libres
2. La stabilité costale est assurée
3. La vacuité pleurale est assurée
4. Le soufflet diaphragmatique est fonctionnel
5. La commande ventilatoire est normale

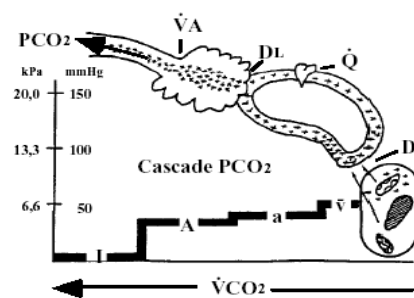
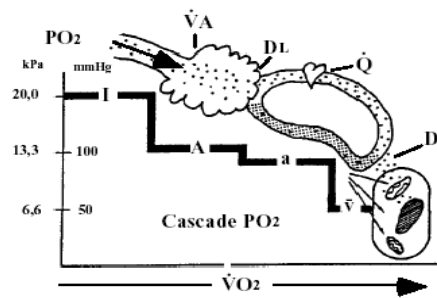
Physiologie de l'appareil respiratoire

Ce qui se fait au niveau pulmonaire est important : *La ventilation alvéolaire*



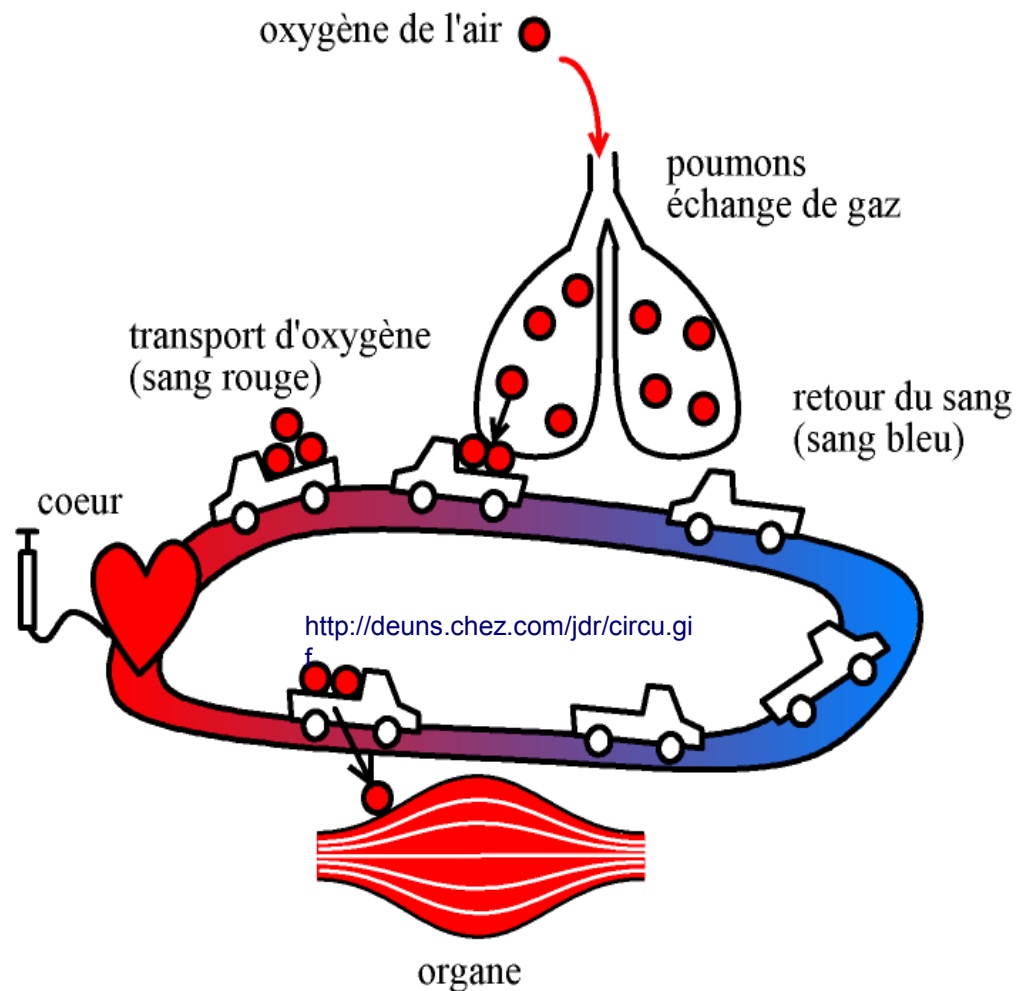
Oxygéner

Éliminer le gaz carbonique



Physiologie de l'appareil respiratoire

Mais pour oxygéner les tissus, d'autres étapes sont toutes aussi importantes



Le transport vers les cellules

L'extraction par les cellules

L'utilisation par les cellules

L'élimination des métabolites

Physiologie de l'appareil respiratoire

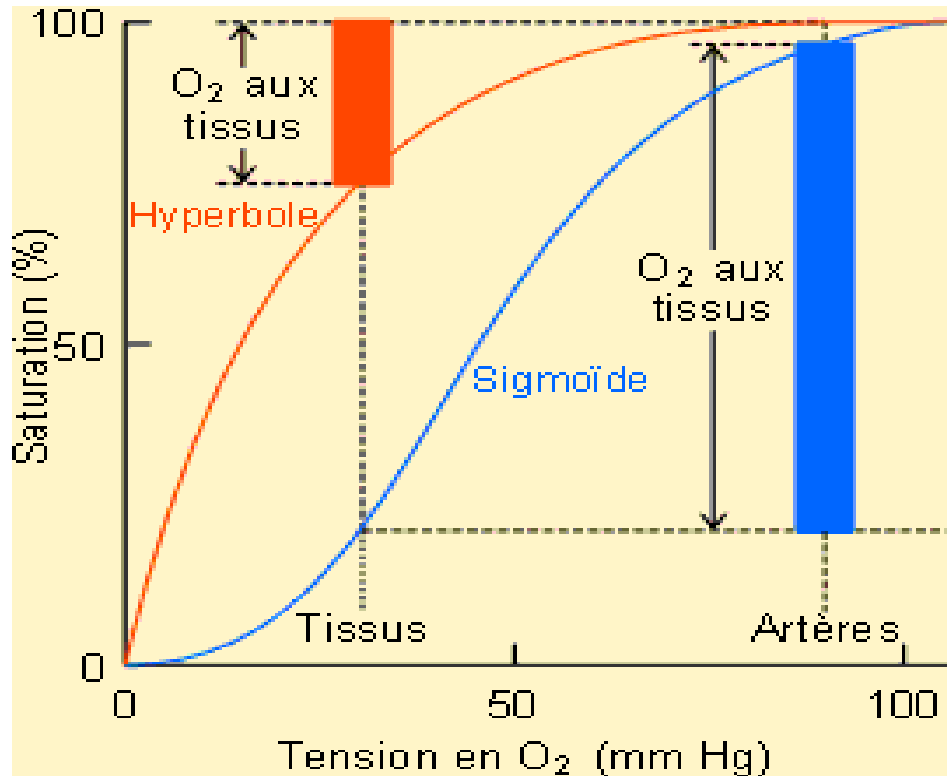
Oxygénation et hémoglobine

$$TaO_2 = CaO_2 \times Q_c$$

$$CaO_2 = 0,003 \times PaO_2 + 1,34 \times Hb \times SaO_2$$

$$VO_2 = Q_c \times (CaO_2 - CvO_2)$$

$$Q_c = f \times VES$$



La forme sigmoïde de cette courbe favorise le relargage de l'O₂ au niveau de la micro-circulation



Altitude



Anémie



Entraînement



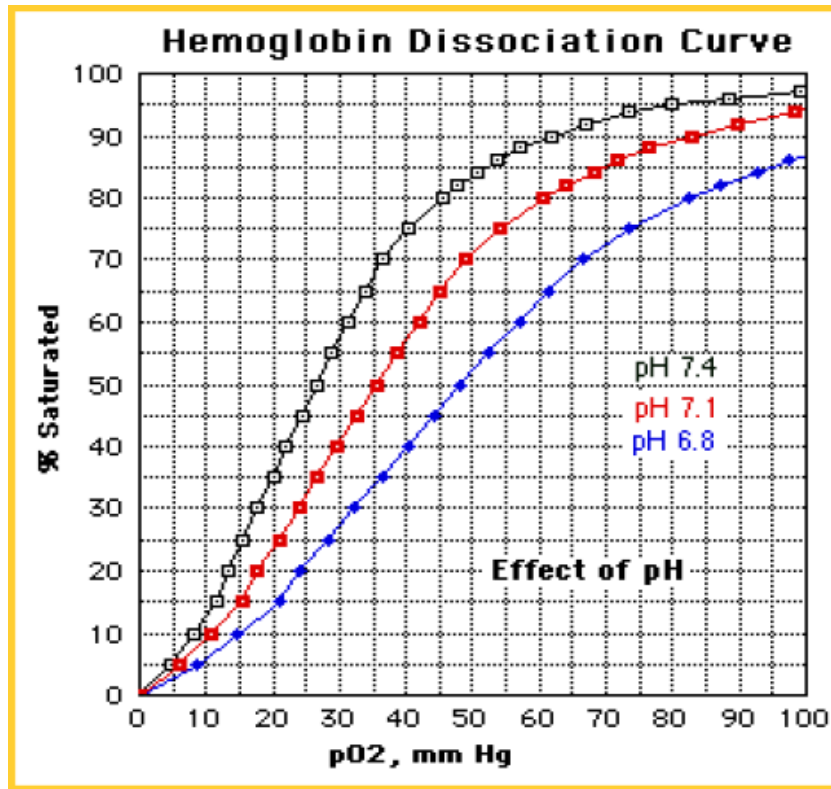
Hypovolémie



Baroréflexe

Physiologie de l'appareil respiratoire

Oxygénation et hémoglobine



pCO₂, 2,3DPG, θ°c ⇒

$$CaO_2 = 0,003 \times (Hb) + 1,34 \times Hb \times SaO_2$$

$$VO_2 = Q \times (CaO_2 - CvO_2)$$



Le pH



L'entraînement



L'Hb elle même

Tout ce qui modifie la courbe de dissociation a un impact sur l'oxygénation tissulaire

Physiologie de l'appareil respiratoire

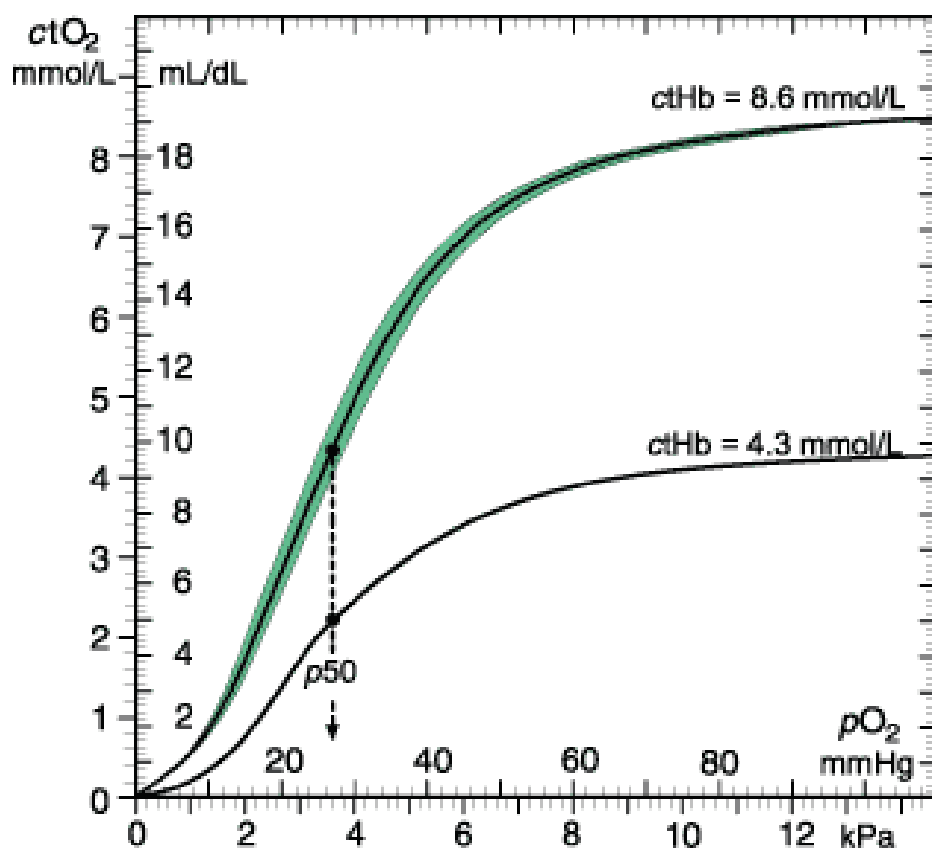
Oxygénation et anémie

$$TaO_2 = CaO_2 \times Q_c$$

$$CaO_2 = 0,003 \times PaO_2 + 1,34 \times Hb \times SaO_2$$

$$VO_2 = Q_c \times (CaO_2 - CvO_2)$$

$$Q_c = f \times VES$$



Impact de l'anémie sur la CaO₂ *Source*



Altitude



Anémie



Entraînement



Hypovolémie



Baroréflexe

Physiologie de l'appareil respiratoire

Oxygénation et anémie

Un retentissement majeur sur l'oxygénation

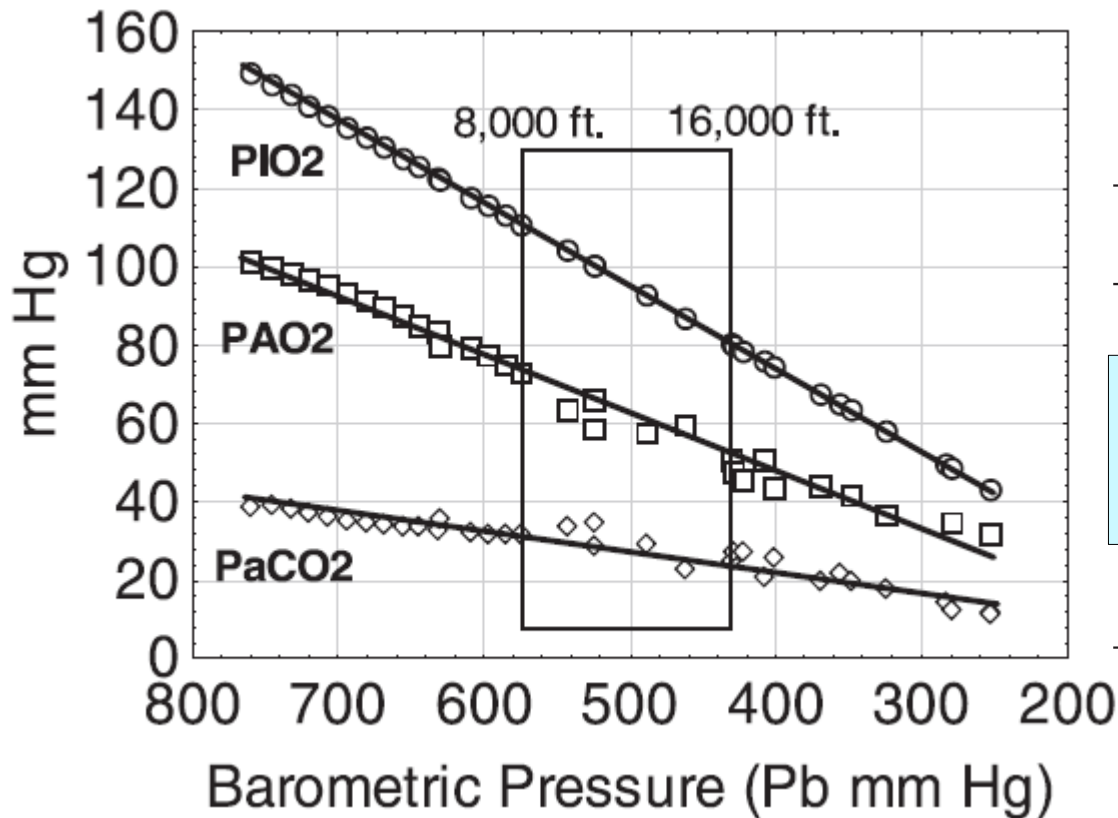
	FiO ₂	SaO ₂	Hb (g/dl)	Q' l/min	DO ₂ ml/min	PVO ₂	SvO ₂
Avant	0,21	88%	15	6	1 111	36	66%
Après remplissage	0,21	85%	7	5	421	13	13%
Avec oxygène au masque facial	0,7	99%	7	5	519	21	32%
Avec oxygène par intubation	1	99%	7	5	540	22	3%

Pour améliorer le transport : Apporter de l'oxygène

Physiologie de l'appareil respiratoire

Oxygénation et altitude

Hypoxie hypobarique



$$PIO_2 = (P_b - P_{H_2O}) \times FIO_2$$

$$PAO_2 = PIO_2 - (PaCO_2 / 0,8)$$

Altitude		Barometric Pressure (mm Hg)	PIO ₂ (mm Hg)	PaO ₂ (mm Hg)	PaCO ₂ (mm Hg)
Feet	Meters				
Sea level		760	150	96	40
5,000	1,520	635	123	74	36
8,000	2,440	574	111	65	34
10,000	3,050	534	102	59	32
12,000	3,660	495	94	53	30
14,000	4,270	460	87	49	28
16,000	4,880	425	79	45	26
20,000	6,100	365	67	40	22
26,000	7,930	287	50	33	14
29,028	8,848	253	43	30	11

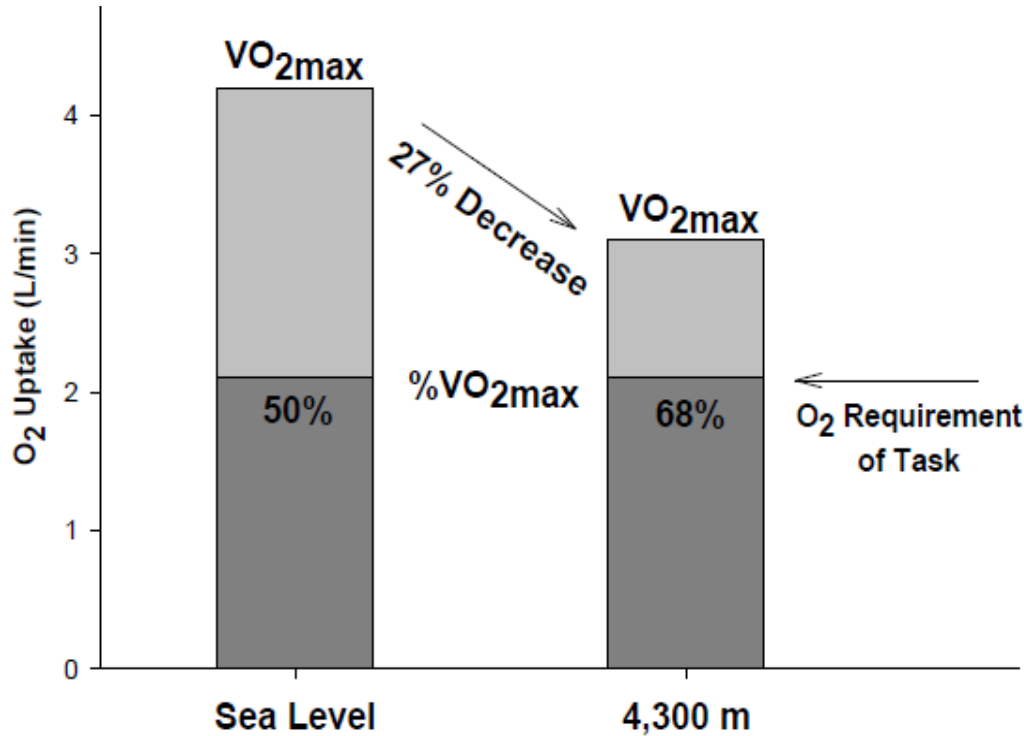


Acclimatation

Altitude de combat afghanistan : 2500 m

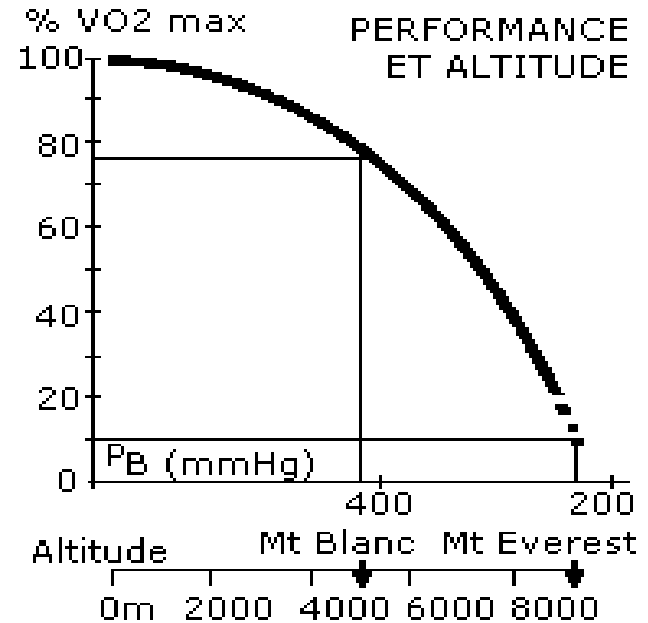
Physiologie de l'appareil respiratoire

Oxygénation et altitude



Increase in percent maximal oxygen uptake despite no change in task requirement at 4,300 meters

Une capacité à l'effort moindre



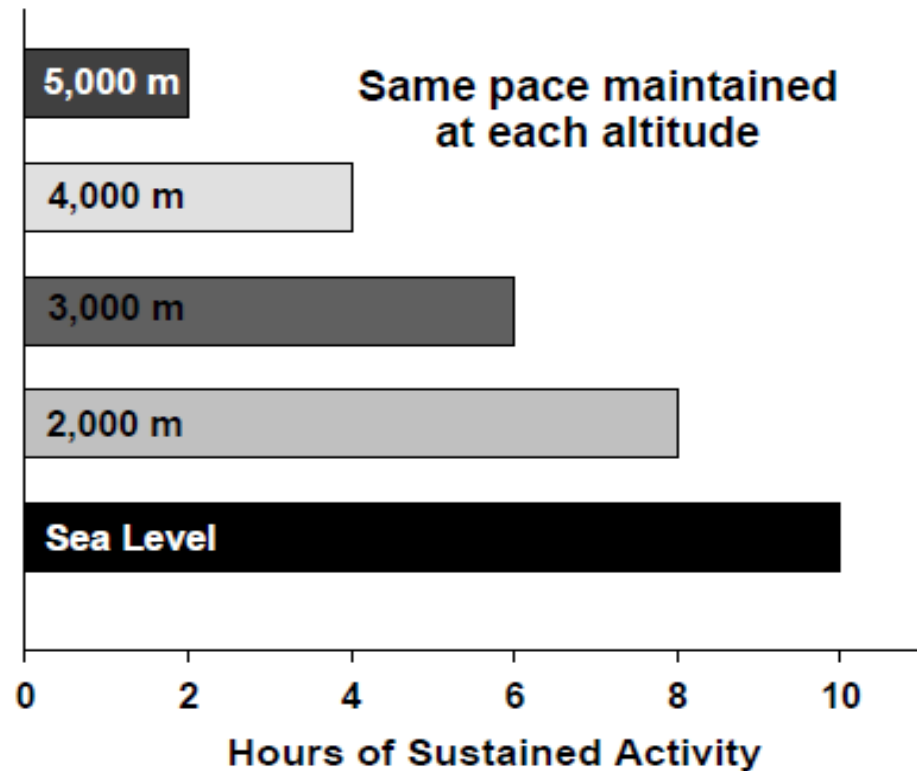
La VO₂ Max baisse

$$VO_2 = Q \downarrow \times (CaO_2 \downarrow - CvO_2)$$

Physiologie de l'appareil respiratoire

Oxygénation et altitude

Une capacité à l'effort moindre



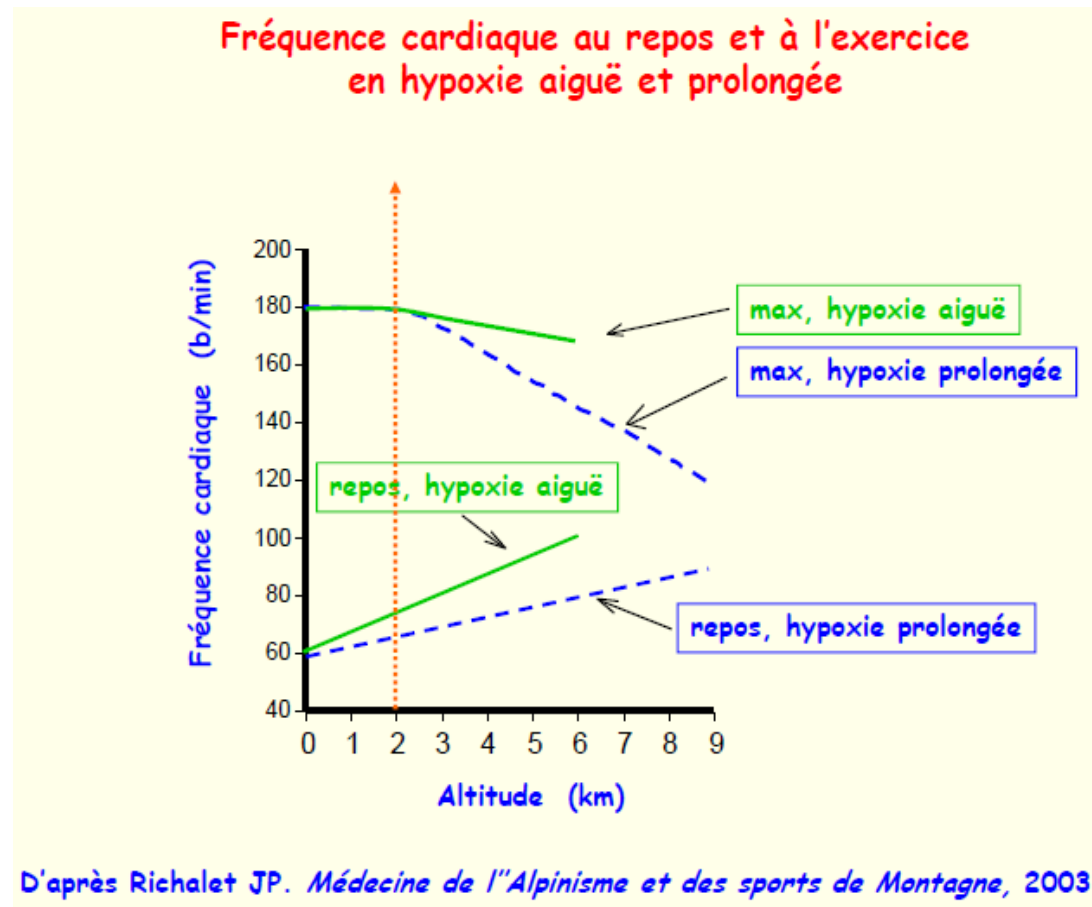
Le même effort es soutenu moins longtemps en altitude

Reconnaître l'hypoxémie / hypoxie (?)

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Des signes cliniques qui dépendent de l'adaptation préalable

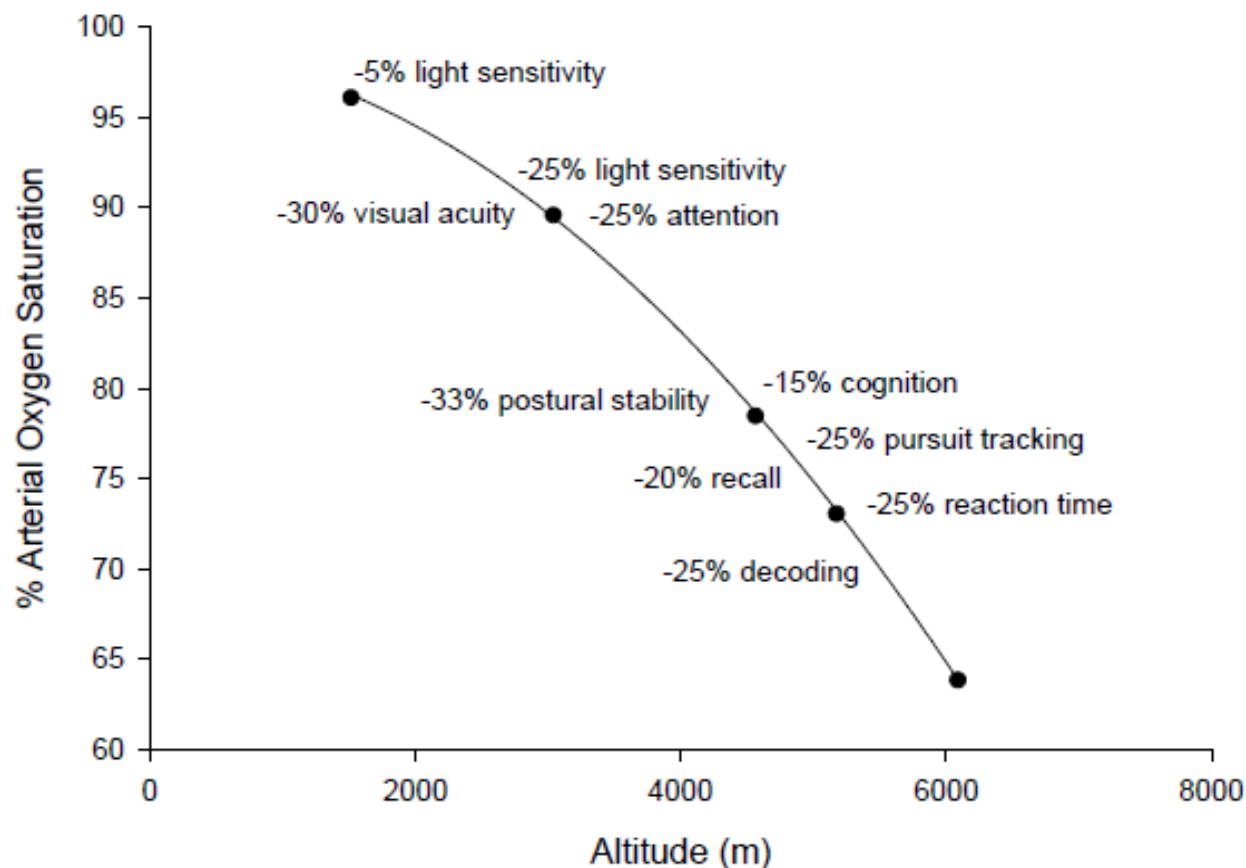
Les effets cardio-respiratoires



Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Des signes cliniques qui dépendent de l'adaptation préalable

Les effets neurosensoriels



Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Des signes cliniques qui dépendent de l'adaptation préalable

Les signes cutanéomuqueux :

La cyanose

Plus de 5 g/dl d'Hb désoxygénée CAPILLAIRE



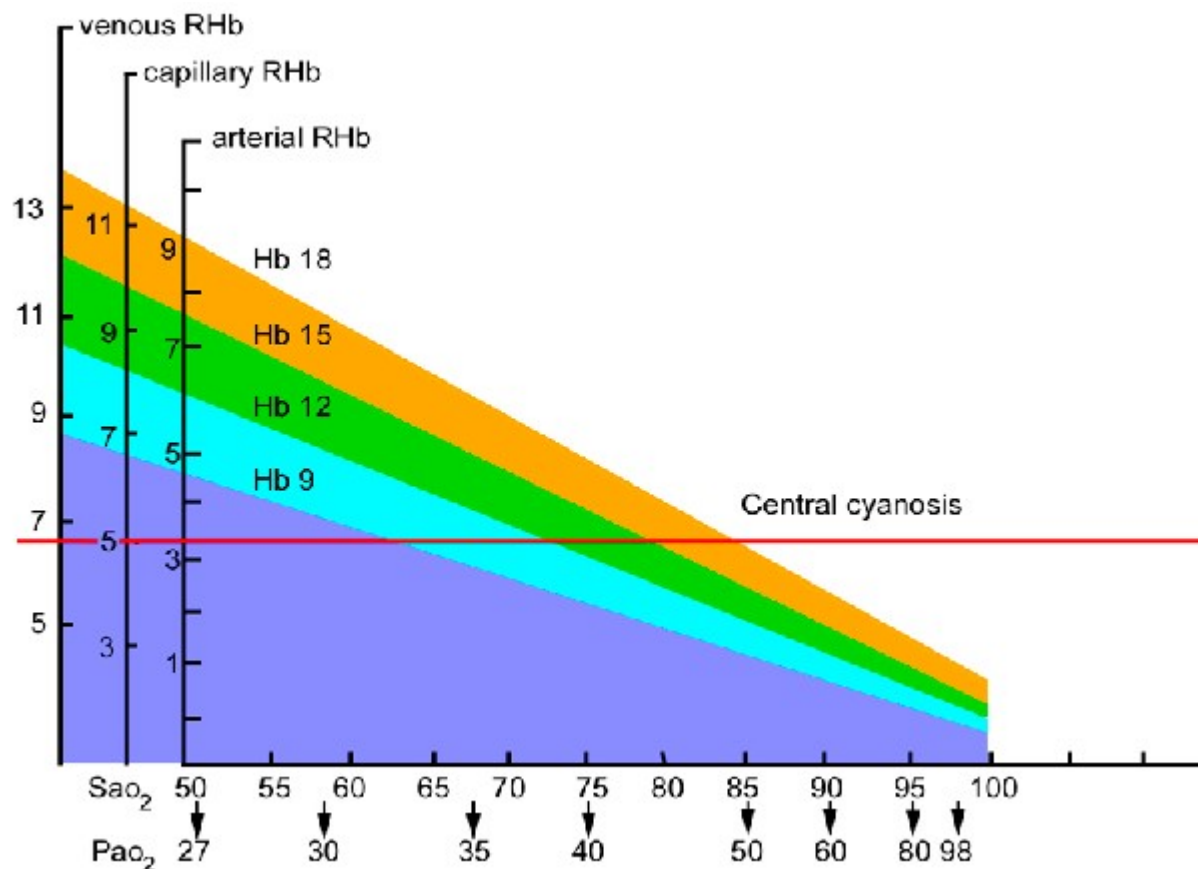
Centrale ou périphérique

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Des signes cliniques qui dépendent de l'adaptation préalable

Les signes cutanéomuqueux :

La cyanose



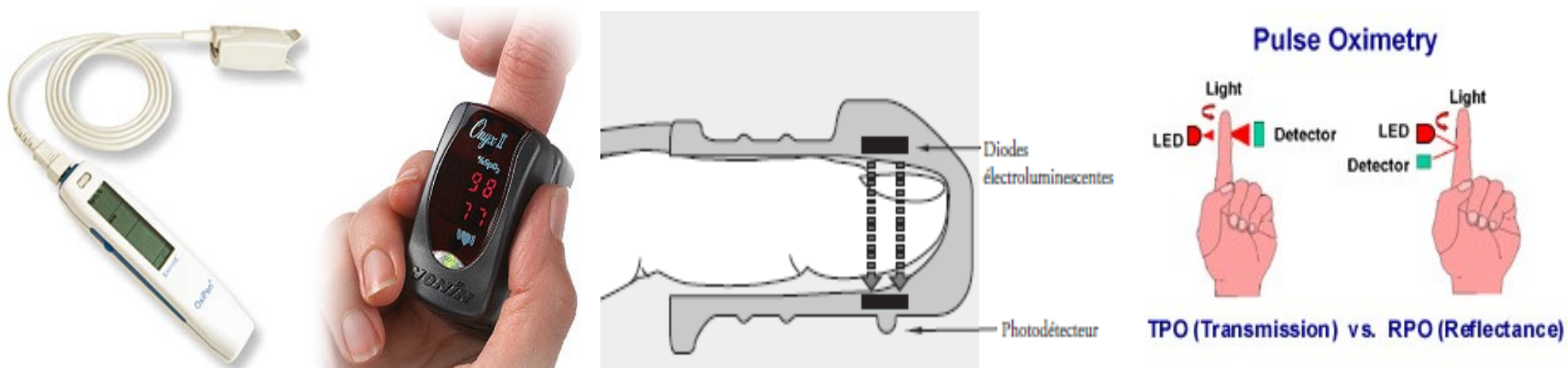
Pour une hémoglobine de 12 g/dl, la cyanose apparaît pour des valeurs de saturation artérielle comprises entre 88 et 71%.

L'anémie masque la cyanose

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

L'oxymétrie pulsée transcutanée : Principes



Mesurer, sur 2 longueurs d'onde R et IR, l'absorption de la lumière par l'HB

Deux technologies : La transmittance et la réflectance

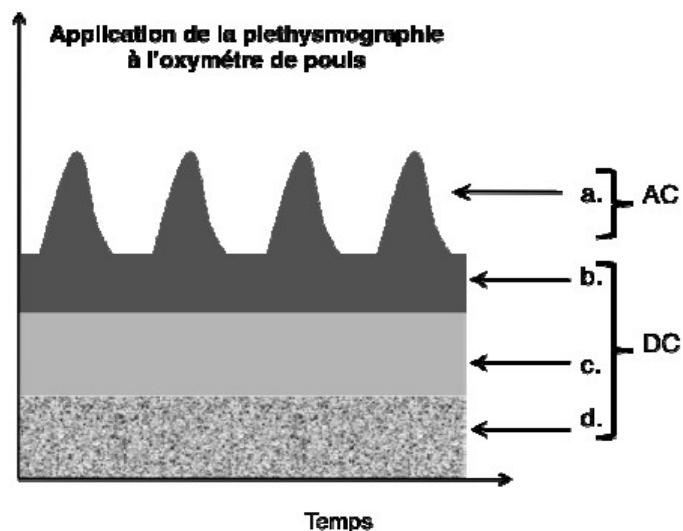
Mesure de ce qui arrive à la cellule ?

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

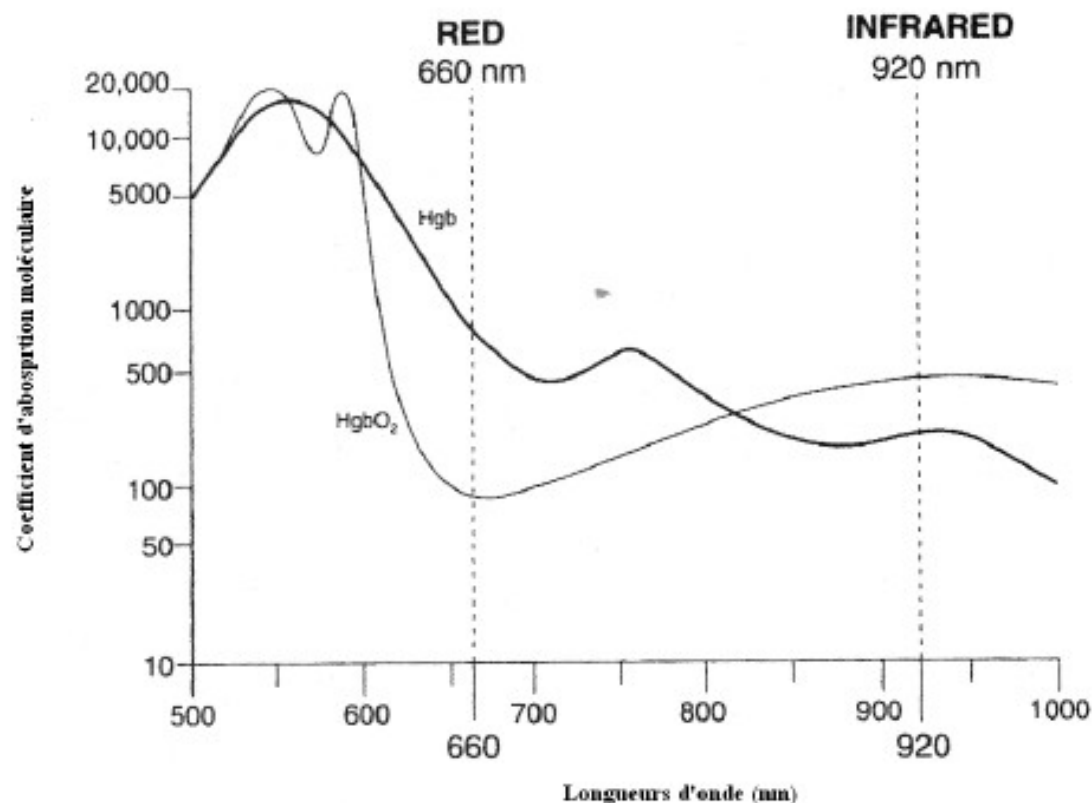
Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

L'oxymétrie pulsée transcutanée :

Principes



$$\Phi = \frac{AC_R / DC_R}{AC_{IR} / DC_{IR}}$$



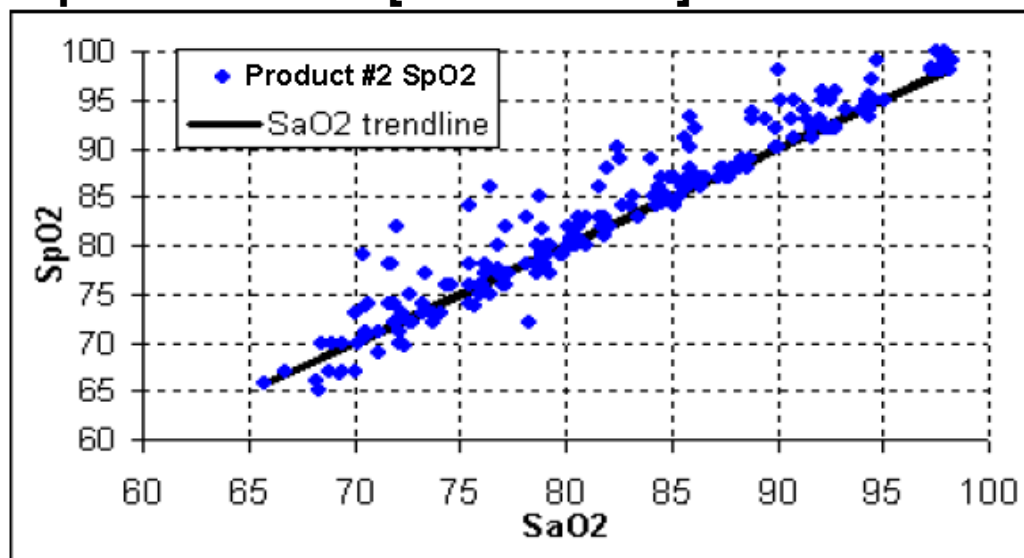
Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

L'oxymétrie pulsée transcutanée : Une approximation de la SaO2

$$\text{SaO}_2 = \text{HbO}_2 / [\text{HbO}_2 + \text{Hb} + \text{COHb} + \text{Methb} + \text{SfHb} + \text{COSfhb}]$$

$$\text{SpO}_2 = \text{HbO}_2 / [\text{Hb} + \text{HbO}_2]$$



Sauf en cas d'anémie et d'acidose

A total of 1085 paired readings demonstrated only moderate correlation ($r = 0.606$; $P < 0.01$) between changes in SpO2 and those in SaO2, and the pulse oximeter tended to overestimate actual changes in SaO2. Anaemia increased the degree of positive bias whereas acidosis reduced it. However, the magnitude of these changes was small.

<http://ccforum.com/content/7/4/R67>

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

L'oxymétrie pulsée transcutanée : Des limites d'interprétation importantes



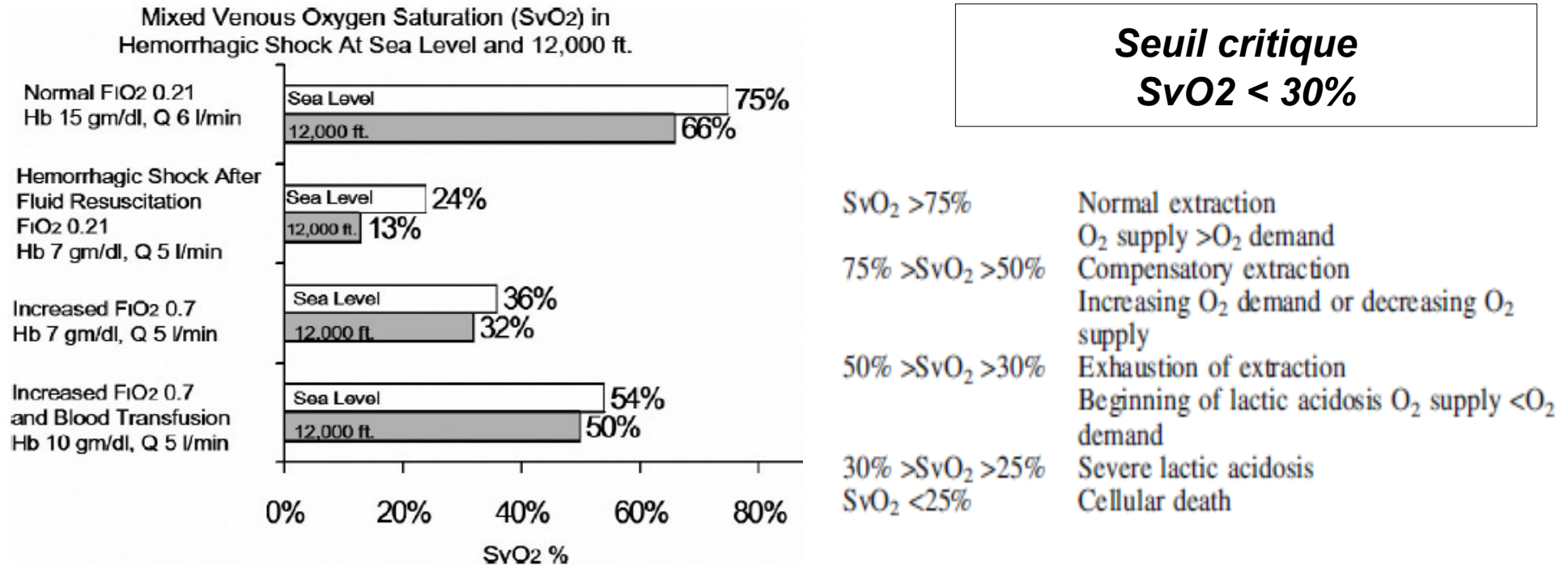
- Un chiffre sans courbe. Nécessité d'un flux pulsatile
- A interpréter en fonction l'altitude
- Hypothermie
- Vasoconstriction liée au choc
- Anémie
- CO (Explosion en milieu confiné, inhalation de fumées)

A quoi sert la SpO2 si je n'ai pas d'oxygène ?

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

La SVO₂: Une idée de l'extraction d'oxygène mais cela est une histoire hospitalière

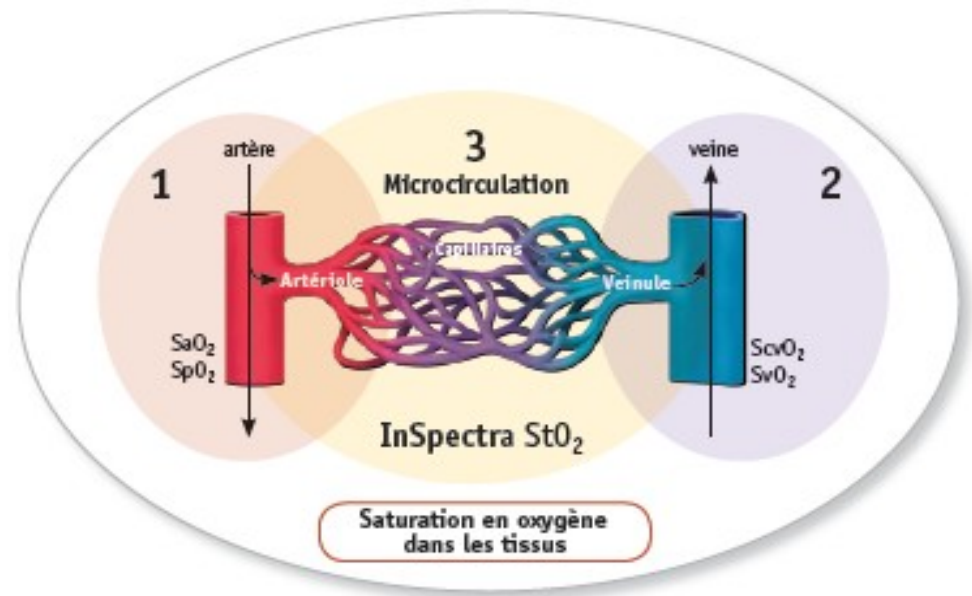
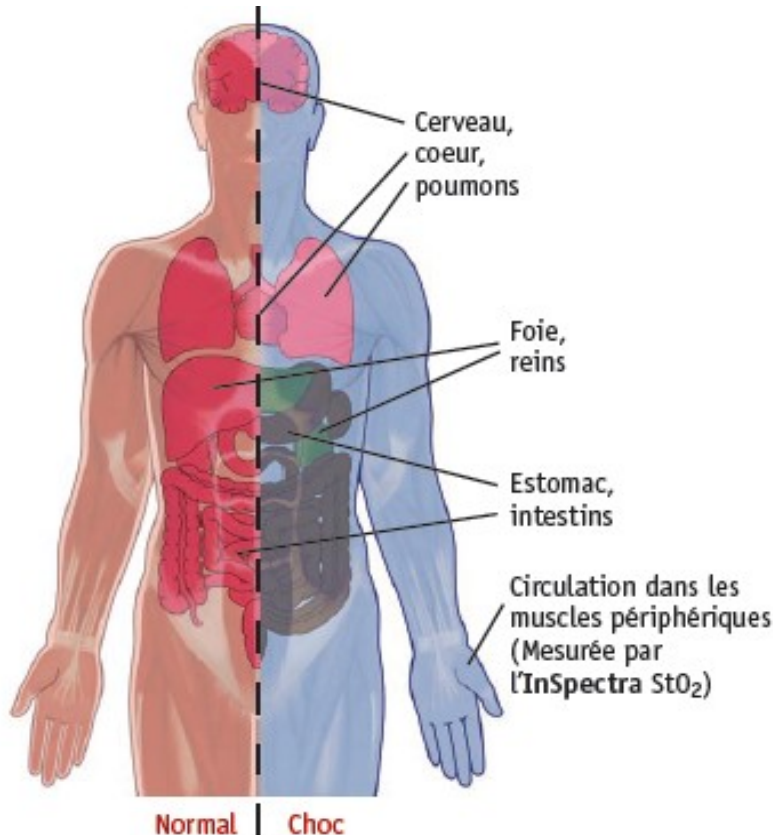


$$Sv O_2 = Sa O_2 - [VO_2 / (CO \times Hb \times 13.8)]$$

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

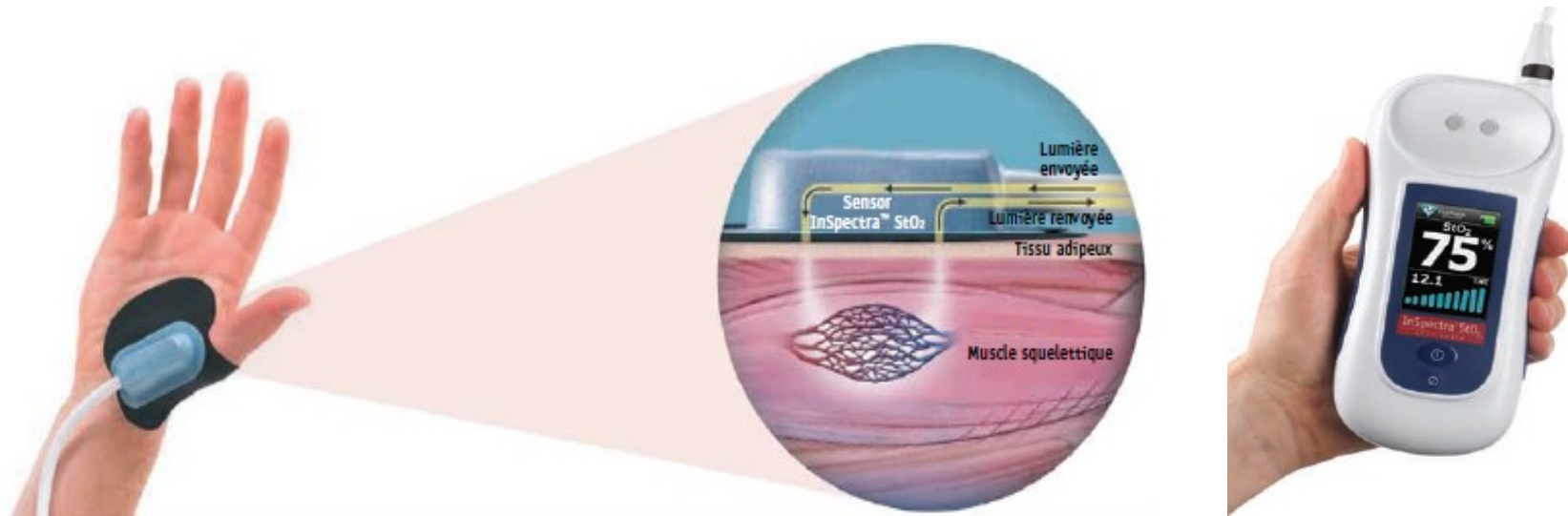
La StO₂: Une mesure continue de l'oxygénation tissulaire. **L'avenir ?**



Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

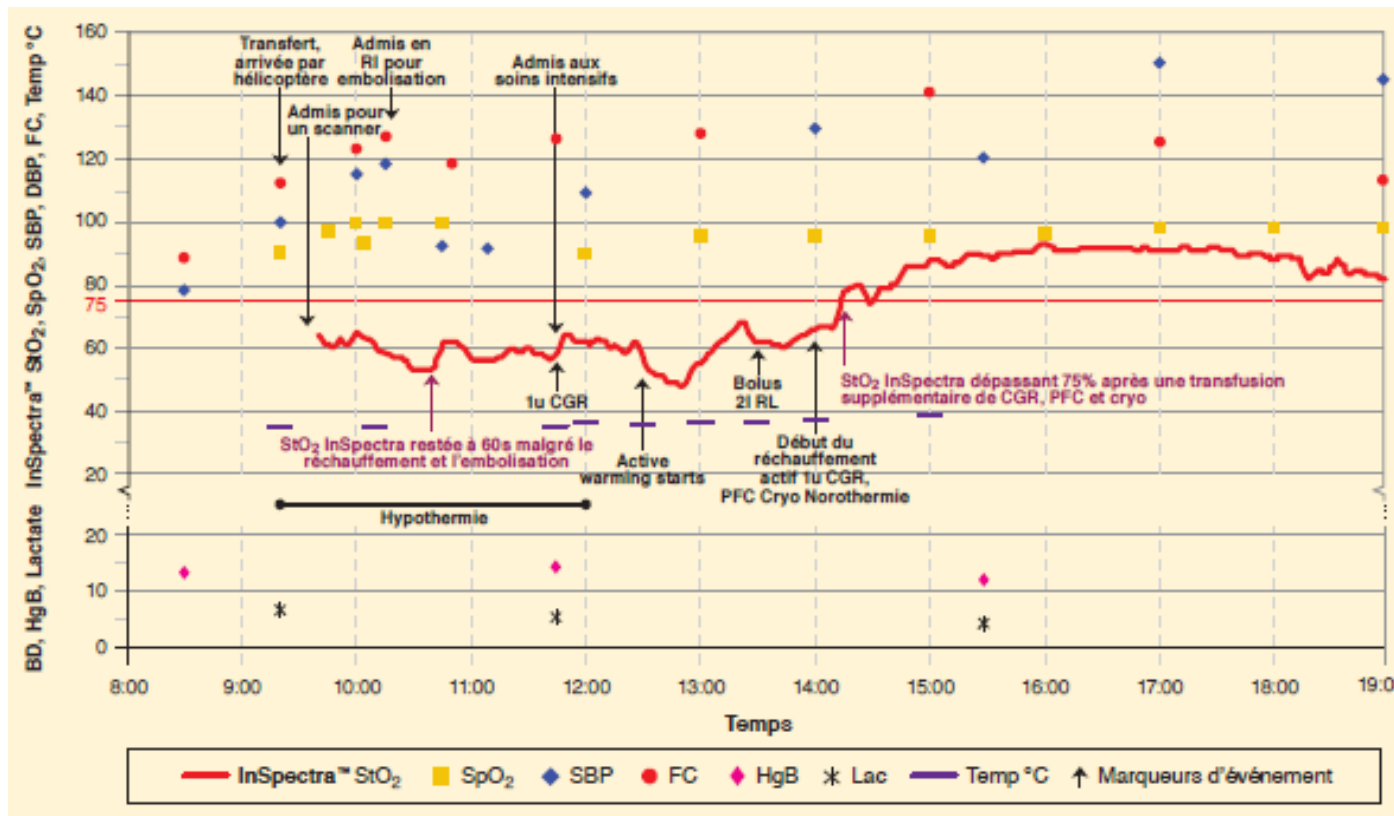
La StO₂: Une mesure continue de l'oxygénation tissulaire. **L'avenir ?**



Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

La StO2: Une mesure continue de l'oxygénation tissulaire. **L'avenir ?**



Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

La StO2: Une mesure continue de l'oxygénation tissulaire. **L'avenir ?**

	SaO ₂	SpO ₂	SvO ₂	ScvO ₂	InSpectra StO ₂
Mesure de	La saturation artérielle en O ₂	La saturation artérielle en O ₂	La saturation en O ₂ du sang veineux mélangé	La saturation veineuse centrale en O ₂	La saturation en O₂ des tissus
Mesure du % de saturation en O ₂ de l'hémoglobine	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Site de mesure	Artères	Artères pulsatiles	Artère pulmonaire	Veine cave supérieure ou inférieure, oreillette droite ¹	Microcirculation périphérique
Méthode de mesure	Prélèvement de sang artériel, analyseur des gaz du sang	Oxymètre de pouls	Cathéter d'artère pulmonaire	Cathéter veineux central	InSpectra™ StO₂ Systèmes de surveillance de l'oxygénation des tissus
Utilisation des mesures	Fixation de l'O ₂ dans les poumons	Fixation de l'O ₂ dans les poumons	Indicateur de l'oxygénation globale des tissus	Substitut à la SvO ₂	Statut de la perfusion des tissus
Ce que cela indique pendant un choc et une réanimation	Fonction pulmonaire ou cardiaque compromises		Modification du transport d'O ₂ et/ou de la consommation		Réponse immédiate aux modifications précoces du statut de perfusion périphérique
Nécessite un flux pulsatile	Non	Oui	Non	Non	Non

Reconnaître l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le recours à des dispositifs de mesure de l'oxygénation

La StO₂: Une mesure continue de l'oxygénation tissulaire. **L'avenir ?**

Injury	Initial StO ₂	Resuscitation Maneuver	Post resuscitation StO ₂
Bilateral lower extremity IED	60	2 LR, 2 PRBCs	78
IED blast, right leg, left flank	51	2 LR, 1 PRBCs	71
GSW left thigh	54	1 LR	88
Abdominal compartment syndrome	62	Open abdomen	91
Bilateral lower extremity IED	51	1 LR	76
GSW abdomen	50	1 LR	82
GSW right arm	55	0.5 LR (9 y/o)	76
Blast injury	1	CPR	1

During the above time period, 161 patients were evaluated at the CSH as a result of traumatic injury and the device was placed on approximately 40 patients. In most patients, StO₂ readings of greater than 70% were noted during the initial evaluation. No further information was collected from these patients. In 8 patients, convenience samples of StO₂ data were collected along with pertinent physiologic data. In these patients, StO₂ levels of below 70% tracked with hypotension, tachycardia, and clinical shock resulted in increases in StO₂ after resuscitation maneuver

Corriger l'hypoxémie / hypoxie (?)

Corriger l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Les sources d'oxygène

L'oxygène comprimé



Bouteille présence
Air liquide Santé

Les bouteilles du SSA ont un volume de 3 litres. Elles peuvent être gonflées à 300 bars et ont été éprouvées à 450 bars. En pratique elles sont gonflées à 200 bars

Autonomie ?

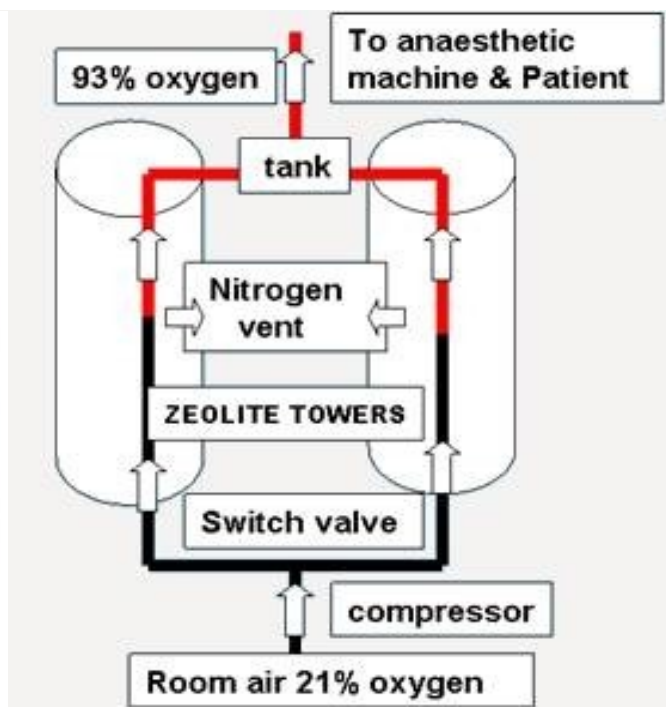
Bouteille de 3 l à 150 bars	=	450 litres disponibles
Pour un débit de 10 l/min	=	Autonomie de 45 minutes
Moins 10% pour les pertes	=	40 min d'autonomie

Ne pas entreposer au soleil
A l'abri du feu de l'ennemi
Le poids dans le sac à dos ?

Corriger l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Les sources d'oxygène

L'oxygène produit sur place



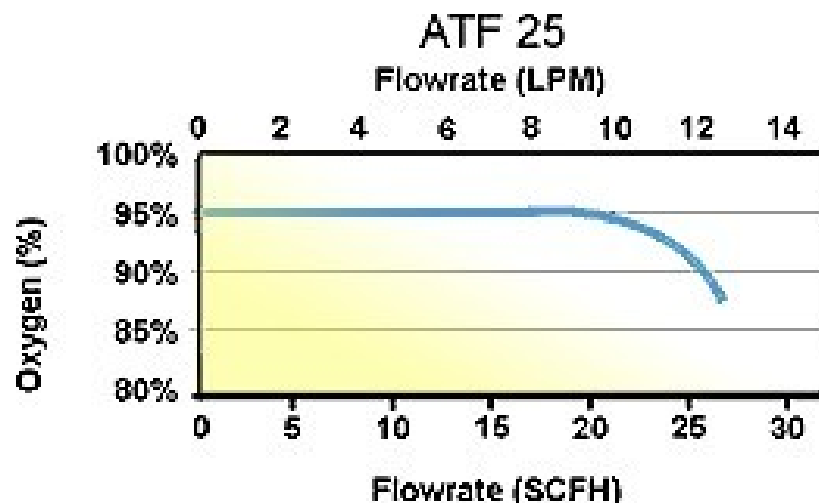
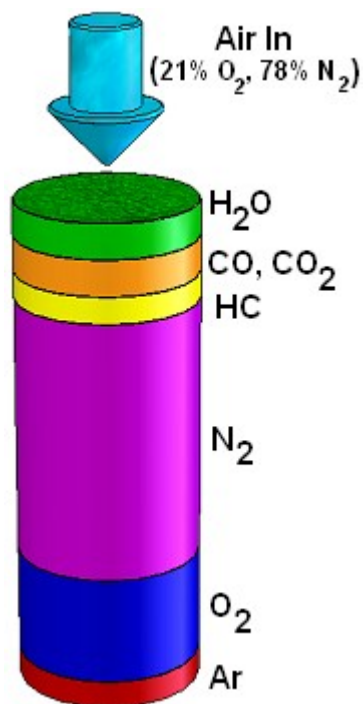
Les concentrateurs d'oxygène portables. Pas de remplissage de bouteille (*en principe*)

Corriger l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Les sources d'oxygène

L'oxygène produit sur place

Une performance qui dépend du débit de sortie

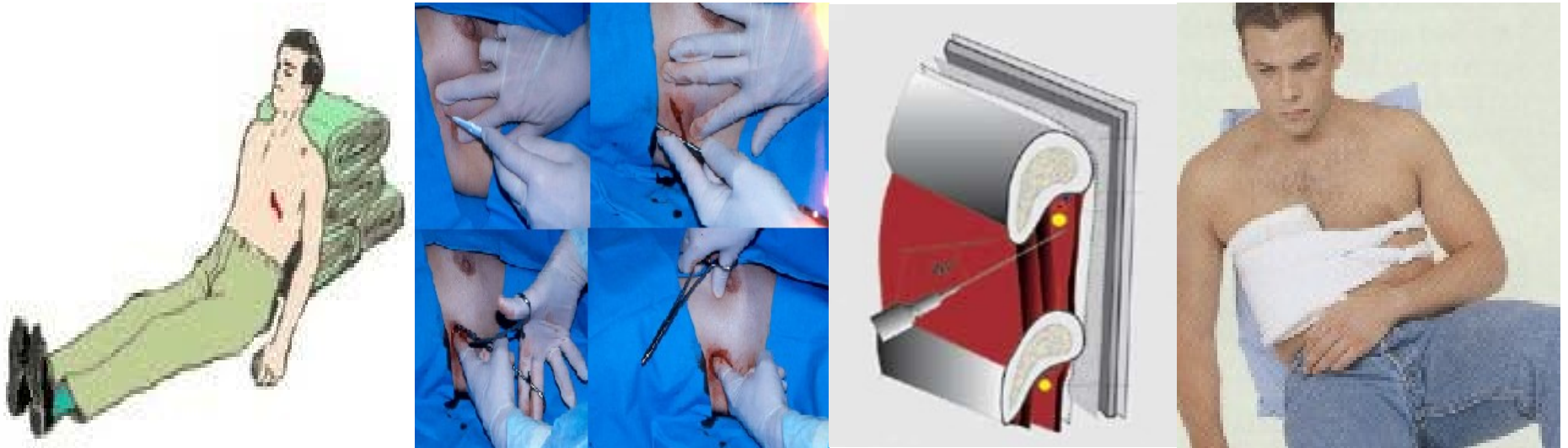


L'air est filtré puis comprimé puis dirigé sur un des 2 tamis moléculaires qui retient l'azote pendant que le second se régénère

Corriger l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Les sources d'oxygène

Ce qui LIMITE le recours à l'oxygène



Un blessé non hémorragique non choqué n'a probablement pas besoin d'oxygène

Corriger l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Les modes de dispensation



Avoir recours aux ballons réservoirs pour avoir une FiO_2 élevée

(September 18, 2010 - Photo by Scott Olson/Getty Images AsiaPac)

Corriger l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Le mode de dispensation

Inhalation d'oxygène		
	Débit (l/mn)	FiO ₂
Sonde nasale	1 à 6	0,24 à 0,26 (24 à 26 %)
Lunettes à oxygène	1 à 6	0,22 à 0,24 (22 à 24 %)
Masque simple	8 à 10	0,4 à 0,6 (40 à 60 %)
Masque haute concentration	8 à 10	0,8 à 1 (80 à 100 %)
Ballon autopremplisseur sans réservoir	8 à 10	0,4 à 0,6 (40 à 60 %)
Ballon autopremplisseur avec réservoir	10 à 15	0,9 à 1 (90 à 100 %)

Corriger l'hypoxémie/ hypoxie (?)

Alors quand administrer de l'oxygène ?

Dès que vous le pouvez, autant que vous le pouvez QSP $SpO_2 > 94\%$ (Φ altitude) **SI**



- $SpO_2 < 90\%$ à + de 3000 m, $< 85\%$ à + 3600 m, $< 80\%$ à + de 4200 m
- Les traumatismes fermés ou pénétrants thoraciques
- Obstructions des voies aériennes
- Comateux car risque d'inhalation
- Hémorragiques sans pouls radial perceptible

Masque standard : début à 10l/min

Masque HC : début à 15l/min

L'oxymètre : Un outil de triage dont il faut connaître les limites !

Pour toute information de théâtre actualisée :

CeFOS
Camp militaire de La Valbonne
BP 30016 – 01160 DAGNEUX-MONTLUEL
Standard : 04 26 22 79 65 - Fax : 04 26 22 84 16

Pour accéder au cours en ligne



<http://citerahiadesgenettes.hautetfort.com/>