

Voici les 7 paramètres capitaux: Le VO2MAX, PMA, SV2, SV1, SG, Qr, dette d'oxygène !!!

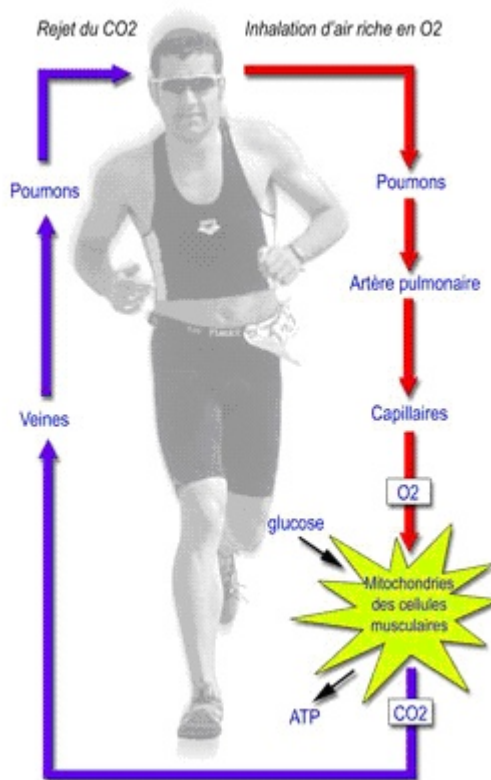
1. VO2MAX

- C'est la consommation maximale d'oxygène, volume maximal d'oxygène que l'organisme peut consommer. **C'est la cylindrée de l'athlète.**

Le schéma montre la voie suivie par l'oxygène, contenu dans l'air, jusqu'aux mitochondries des cellules musculaires. Plus l'intensité de l'effort augmente, plus le nombre de fibres recrutées pour assurer le travail musculaire augmente également. Ceci induit une augmentation de la fourniture énergétique, donc une plus grande consommation d'oxygène, jusqu'à atteinte d'un plateau propre à chaque individu : **la VO2max.**

La Vo2 s'exprime, soit en valeur absolue, c'est à dire en litre/mn ou rapporté au poids corporel, valeur relative, en ml/mn/kg. On comprend mieux dès lors l'intérêt d'avoir peu de poids morts à déplacer lors de l'effort. Et la meilleure façon d'augmenter VO2max reste encore la perte de poids.

Grâce à ce schéma, on comprend aisément que les limites individuelles de VO2max peuvent se situer à plusieurs niveau :



CONSOMMATION OXYGÈNE O2

1. système ventilatoire
2. diffusion alvéole-artère
3. système cardiovasculaire
4. transport d'O2 par le sang (artères)
5. diffusion capillaire-cellule musculaire
6. mitochondries (taille et nombre)

Type de fibres musculaires (fibres lentes, rapides ou intermédiaires)

REJET GAZ CARBONIQUE CO2

1. retour CO2 par les veines
2. système cardiovasculaire
3. diffusion veine-alvéole
4. système ventilatoire

(source www.onlinetri.com)

Tiré d'un article intéressant qui parle des facteurs limitants le VO2MAX [préparation physique](#) :

- **Ventilation : diffusion :**
dimension trachée / poumon
débit ventilatoire
déficience alvéolo-capillaire
de concentration en
- **Circulation périphérique :**
densité en capillaires
débit sanguin au niveau du muscle
(limitée lors d'une contraction)

O₂

capacité de diffusion

- **Convection : transport actif d'O₂ par le sang :**

hématocrite / hémoglobine
affinité pour l'O₂ et capacité à le fixer

- **Pompe cardiaque :**

VES (Volume éjection systolique)

Fc

pression sanguine qui va influencer sur le remplissage du cœur pdt la diastole

isométrique)

capacité de diffusion

capacité d'extraction d'O₂

- **Au niveau du muscle :**

qt de myoglobine
densité en mitochondries
qt de substrat disponible
type et nombre de fibres musculaires

- **Age**

Le pic de VO₂MAX est autour de 20 ans.

Un sédentaire perd ~ 10-12% par décade après 30 ans

Un sujet entraîné ~ 5% par décade après 30 ans

2. PMA

- C'est tout d'abord une puissance, qui s'exprime donc en watts. C'est la puissance fournie lorsque ton organisme amène le plus d'oxygène à tes muscles (donc à VO₂MAX).

EXEMPLES

100% PMA.

- Un prologue de 4'-5'
- Lorsque tu veux sortir d'un groupe.
- Un finish en solitaire de qqs minutes

CONTRES EXEMPLES

- Le SPRINT de 15 » c'est à 200% de PMA.
- Un CLM de 45' c'est le seuil anaérobie ; ~ 85% de PMA ...

Comme expliqué au chapitre des **filières énergétiques** il n'y a pas de rupture net entre les filières, elles se chevauchent. Lorsque tu es à VO₂MAX tu fournis le maximum de O₂ à tes muscles, mais à cet effort la filière anaérobie lactique fonctionne aussi à plein !!!! A ce moment tu produis plus de CO₂ que tu amènes d'O₂, l'acide lactique produit ne peut pas être recyclé totalement et l'acidité gagne ton muscle qui va se tétaniser rapidement. Donc à PMA, la part anaérobie est quantifiable et non négligeable. Pour un athlète bien entraîné on

peut trouver 40-50 watts d'écart entre la PMA et le seuil anaérobie SV2. Donc la part d'anaérobie est de 10-15% dans un exercice de PMA.

3. La notion de seuils

- Les seuils **SV1** et **SV2** sont assez difficiles à appréhender . J'ai moi même eu beaucoup de mal à comprendre se qui se cachait derrière ces 2 seuils. Chez un sujet relativement entraîné, il y a une corrélation forte entre la lactatémie et ces seuils. Chaque seuil pour des raisons "chimiques" correspond à une montée de CO2 ou d'acide lactique, donc à des modifications importantes de l'apport d'O2 ou de la production de CO2; logiquement on a une modification importante du comportement de la respiration.

4. SV2 (seuil anaérobie)

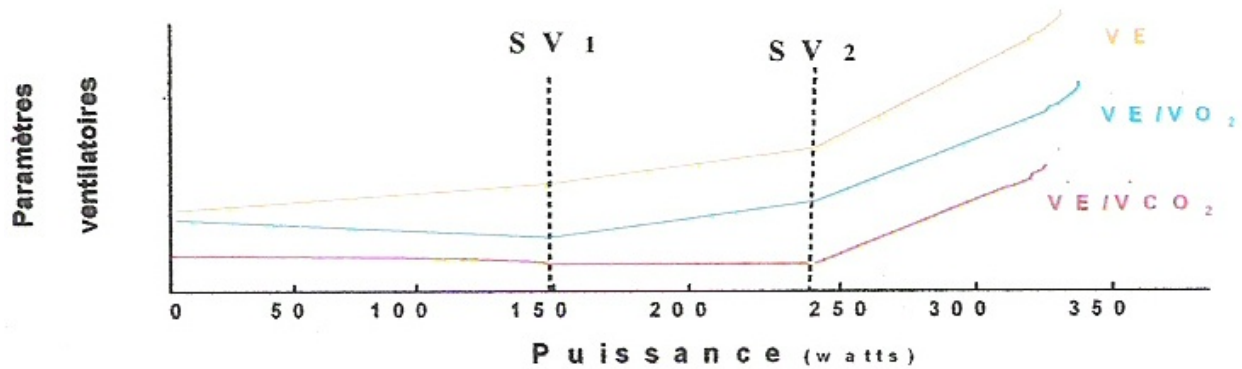
- SV2: représenterait le "seuil d'inadaptation ventilatoire". Hyperventilation, la respiration n'est plus maîtrisée et devient anarchique. On est en général proche de VO2max pour les sujets entraînés. **C'est en quelques sortes la ligne rouge**. Il peut ne pas apparaître pour des sujets peu entraînés. Cette 2ème cassure est expliquée par la production d'acide lactique qui ne peut plus être compensée par le pouvoir tampon de HCO3-. La diminution du PH (acidose) conduit à une stimulation de **VE** et une cassure au niveau de **VE / VC02**

5. SV1 (seuil aérobie)

- SV1: représenterait le "seuil d'adaptation ventilatoire". Au début, votre effort est modéré mais il augmente au fur et à mesure. Pendant un certain temps, plus vous ventilez et plus vous consommez d'oxygène. On parle de variation linéaire. Mais à un certain moment, une cassure intervient au niveau de **VE** et du rapport **VE / VO2**, cette cassure est due au tamponnement des ions H+ par HCO3- qui entraîne une augmentation de la production de CO2. D'un seul coup, la respiration s'emballe, elle n'est plus capable d'assurer toute l'énergie nécessaire à l'effort. Il y a une discordance entre la forte augmentation de la ventilation (augmentation de la fréquence respiratoire) et la faible augmentation de la consommation d'oxygène qui en résulte. Ce point d'accroissement non linéaire est nommé "seuil ventilatoire".

Ce dernier est un bon indice de la capacité endurante (aérobie) ou autrement dit de l'endurance maximale aérobie. En travaillant au niveau de SV1, on travaille efficacement son endurance.

6. Les courbes SV1 SV2



7. Quotient Respiratoire QR=(VCO₂/VO₂)

- Ce paramètre est assez remarquable. Il permet de déterminer assez finement dans quel filière énergétique on se trouve. Le QR doit être mesuré en état stable(palier de 3'), conditions standardisées (à jeun).

Au repos le corps ne consomme exclusivement que des graisses !!! Pour la lipolyse il faut beaucoup plus de O₂ donc le QR = VCO₂/VO₂ baisse

Voici 2 exemples:

Acide palmitique:



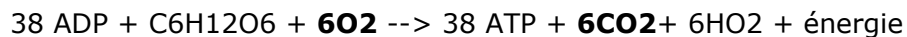
Donc **QR = 16/23 = 0,7 !!!**

Acide trioléine:



Donc **QR=57/80 = 0,71 !!!**

Lors de la glycolyse (dégradation du glucose) pure, tu as un équilibre parfait entre O₂ que tu dois fournir et le CO₂ rejeté:



Donc **Qr=1 !!!**

- QR entre 0.7 et 0.8 au repos, ce sont les lipides qui sont essentiellement oxydés
- QR < 1 à l'exercice, triglycérides utilisés
- QR = 1 glucose utilisé
- QR > 1 glycolyse anaérobie rejette + de CO₂ que d'O₂ consommé. **On est dans le rouge quand VCO₂ est supérieur à VO₂ 2ème seuil ventilatoire SV2**
- L'épuisement intervient en général pour un QR >= 1,1

- Voici un exemple intéressant où l'on voit bien les filières énergétiques glucide-lipide:

On a 2 chiffres qui reviennent très souvent dans la littérature: $\sim 4,5 \text{ Kcal.L}^{-1} \text{ O}_2$ pour la dégradation des lipides et $\sim 5 \text{ Kcal.L}^{-1} \text{ O}_2$ pour la dégradation des glucides.

Cette petite formule vous donne la dépense d'énergie lors de l'effort: **$(\% \text{glucides}/100) \times \text{VO}_2 \times 5,05 \text{kcal/l} + [(\% \text{lipides}/100) \times \text{VO}_2 \times 4,7 \text{kcal/l}]$**

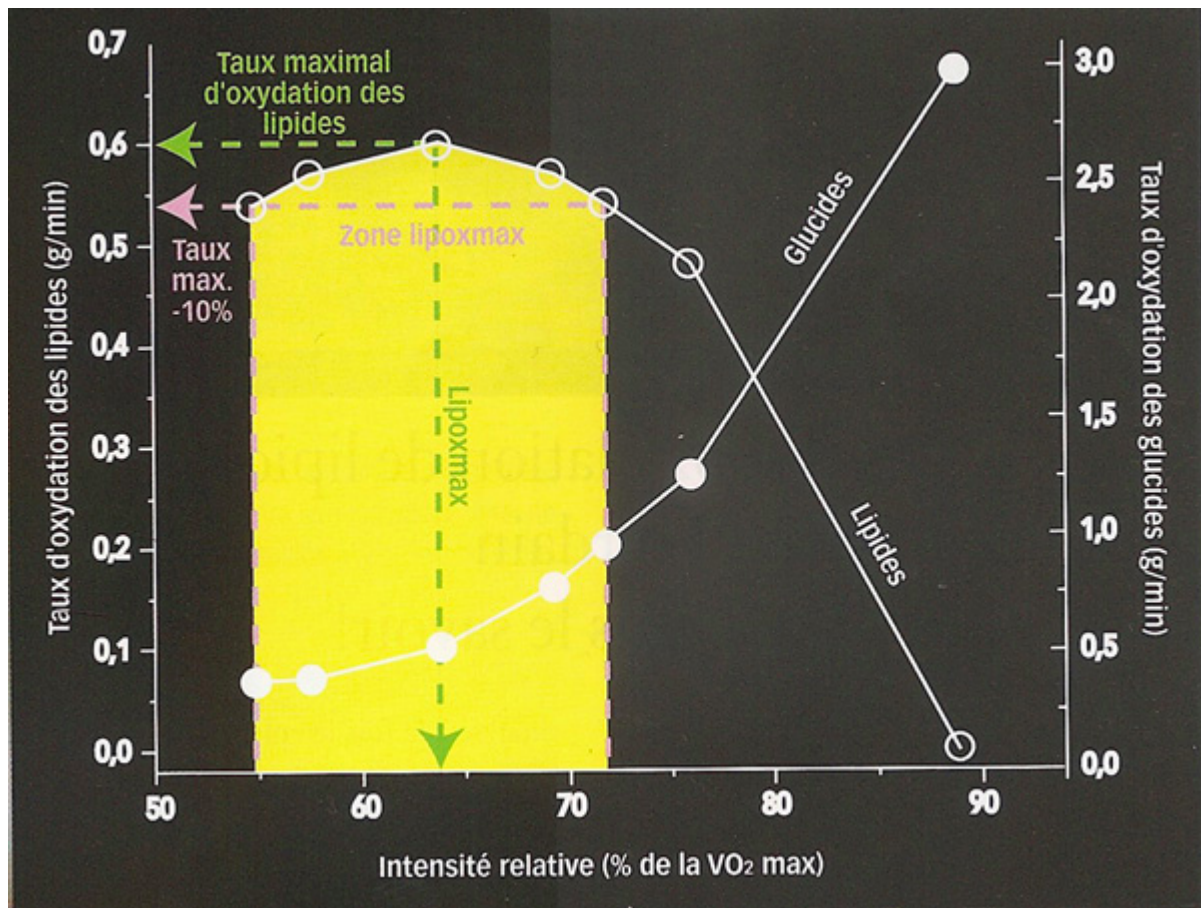
On peut donc obtenir le tableau suivant:

Qr	Energie	% Kcal	
	Kcal/LO ² /mn	Glucides	Lipides
0,71	4,69	0,00%	100,00%
0,75	4,74	15,60%	84,40%
0,8	4,8	33,40%	66,60%
0,85	4,86	50,70%	49,30%
0,9	4,92	67,50%	32,50%
0,95	4,99	84,00%	16,00%
1	5,05	100,00%	0,00%

(* on ne tiens pas compte de la filière protidique !!! Communément appelé **Qr non-protéique**.)

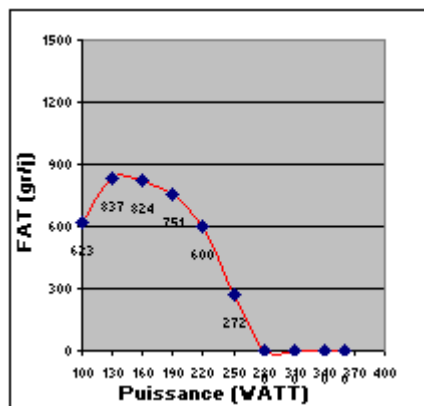
8. SG (seuil des graisses)

- Ce seuil également appelé lipomax est déterminé grâce au **QR** (quotient respiratoires) et l'intensité de l'effort . Il détermine la Fc correspondant à la plus forte consommation de graisses par l'organisme bien qu'à cette intensité on carbure déjà avec la filière glucidique. Très utile dans les sport marathon et ultra endurance.



(source Sport & Vie)

Ensuite, à quel moment on utilise les mieux les graisses ???
 Cela dépend de la génétique et de l'entraînement. cette courbe est Gaussienne:
 Pour celui qui n'a jamais fait de test, on peut prendre comme approximation un **Qr = 0,85**.



Déterminer vous mêmes votre seuil SG : **calcul seuil SG**

Il faut cependant prendre quelques précautions quand à l'utilisation de ce seuil. Il dépend grandement du dernier repas. Si on ingurgite dans les 3 heures précédents l'effort des sucres lents alors l'organisme a tendance prendre le chemin le plus court. Il tape dans le glucose sanguin libéré par la digestion récente. On modifie donc le Qr de manière significative. C'est pour cela qu'il faut venir à jeun pour un test d'effort ou on mesure le seuil des graisses.

LE SPORT INTENSE FAIT MAIGRIR À RETARDEMENT

	Matin	Après-midi	Total
LIPIDES			
Basse intensité	55,5 g	21,8 g	77,3 g
Haute intensité	43,8 g	34,1 g	77,9 g
GLUCIDES			
Basse intensité	159,3 g	108,7 g	268,0 g
Haute intensité	192,5 g	93,6 g	286,1 g

(source Sport & Vie)

De même et je l'ai testé personnellement, une sortie intense tape aussi dans les graisses mais plutôt pendant la phase de récupération. On pourrait faire le raccourci que finalement l'intensité n'a pas d'impact sur la mobilisation de la filière graisse. 2 remarques cependant: Un sportif débutant utilise peu les graisses, son seuil SG est en général très bas. Il est donc conseillé de respecter la règle des sorties légères au début pour maigrir. On peut aussi faire des sorties beaucoup plus longues au seuil SG et plus le temps passe plus on tape dans les graisses. CQFD !!!

LE SPORT INTENSE FAIT MAIGRIR À RETARDEMENT

	Matin	Après-midi	Total
LIPIDES			
Basse intensité	55,5 g	21,8 g	77,3 g
Haute intensité	43,8 g	34,1 g	77,9 g
GLUCIDES			
Basse intensité	159,3 g	108,7 g	268,0 g
Haute intensité	192,5 g	93,6 g	286,1 g

(source Sport & Vie)

9. La dette d'oxygène

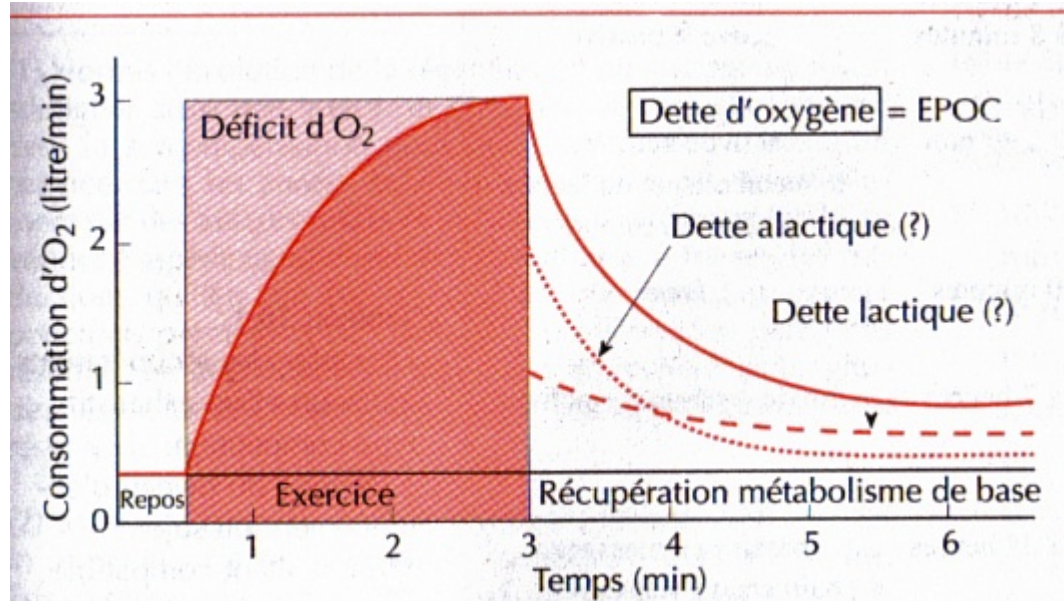
- Il m'a paru intéressant de parler de cette fameuse "**dette d'oxygène**" et d'essayer de comprendre les répercussions sur la performance.

La dette d'oxygène est définie comme l'oxygène excédentaire consommé durant la phase de récupération après exercice. C'est le surplus par rapport à la consommation au repos (homéostasie).

Au début de tout effort ou lors d'un effort rapide et violent, le corps ne peut compter que sur ces réserves locales pour fournir de l'énergie au muscle. La filière aérobie possède une grande inertie pour se mettre en route (plusieurs minutes).

Le tableau ci-après explique les mécanismes mis en route pour palier à cette "défaillance"

momentanée de la filière aérobie.



(Source: "L'éducateur sportif", 2ème édition Vigot)

CONTRACTION DE LA DETTE

Au début de tout exercice, les seuls carburants disponibles pour le muscle sont:

1. Oxygène local stocké dans la myoglobine et l'hémoglobine. Énergie pour 10 secondes environ
2. Filières lactiques et alactiques ~3 minutes
3. La filière aérobie intervient après 3-4 minute pour un sédentaire et 1'30" pour un athlète entraîné

REMBOURSEMENT DE LA DETTE (EPOC)

1. Rétablissement du métabolisme au niveau de l'homéostasie (Fc, ventilation, température, taux hormonaux ...).
2. Reconstitution des réserves de glycogène
3. Reconstitution de la créatine phosphate (alactique)
4. Élimination des lactates (lactique)

Comment se comporte cette dette d'oxygène ?

1. Augmentation de la dette

- Effort initial très intense. Il est important de ne pas démarrer à bloqué. Si les conditions de course l'exigent alors un bon échauffement est obligatoire. En effet un **échauffement très progressif** engendrera une dette minimale. De plus, au moment du départ le métabolisme aérobie sera déjà actif, alors il est évident que la dette sera moindre.
- Lors de l'exercice si on dépasse le seuil anaérobie.
- Pas d'échauffement
- Filière aérobie faible.

2. Diminution de la dette

- Le "remboursement" de la dette intervient dès que l'apport d'oxygène est supérieur à la demande: arrêt de l'effort, baisse d'intensité, descente ...
On parle communément du remboursement alactique qui est rapide (2-3 minutes) et lactique qui est lent (plusieurs heures).

C'est pourquoi après une sortie intense, les pulsations restent plus hautes de l'ordre de 20-30 pulses que pour l'état de repos avant effort.

A ce sujet, un cardio exploite parfaitement cette dette d'oxygène, la Suunto T6. Pour plus d'infos: **EPOC (excess post-exercise oxygen consumption)**