Qu'apporte le V'O2max chez un sportif ?

Eric Jousselin

▶ **To cite this version:**

Eric Jousselin. Qu'apporte le V'O2max chez un sportif ?. Cardio & sport, 2006, 9, pp.31-34. hal-02063700

HAL Id: hal-02063700
https://insep.hal.science//hal-02063700

Submitted on 20 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Qu'apporte le V'O_2max chez un sportif ?

L'expérience de plus de 12 000 épreuves d'effort passées à l'Insep permet de mieux appréhender l'évolution du V'O_2max des sportifs de haut niveau, mais aussi l'intérêt et les limites de cette mesure.

Dr Eric Joussellin (Chef du département médical, Insep, Paris)

On emploie le terme de V'O_2max comme synonyme de la consommation maximale d'oxygène. Mais le symbole physique exprime un débit et doit donc être précédé d'un masculin, usage que je respecterai dans cette présentation.

Le V'O_2max est mesuré par les physiologistes depuis les années 1920, en particulier par les Britanniques, qui publièrent les résultats des rameurs d'Oxford en 1924. On imagine les conditions matérielles d'analyses de l'époque, qui ne permettaient pas alors d'en faire une mesure de routine.
L'intérêt de la mesure du V'O_2max est réapparu après guerre, avec les travaux des équipes de physiologistes nordiques, en particulier Astrand et Rodahl. Ils ont publié une véritable bible dans les années 1960, le « Manuel de physiologie de l'exercice musculaire » (1), qui devrait être, encore aujourd'hui, le livre de chevet des médecins du sport. Ils y présentent le V'O_2max comme le facteur limitant de la performance et donnent les résultats des équipes nationales suédoises hommes et femmes. C'est également dans ce manuel que figure la courbe de décroissance de la fréquence cardiaque (FC) maximale en fonction de l'âge (220 - âge) ± 10, si chère aux cardiologues. Les résultats des consommations maximales des sportifs qu'ils donnaient ont été mesurés dans les années 1960. Elles

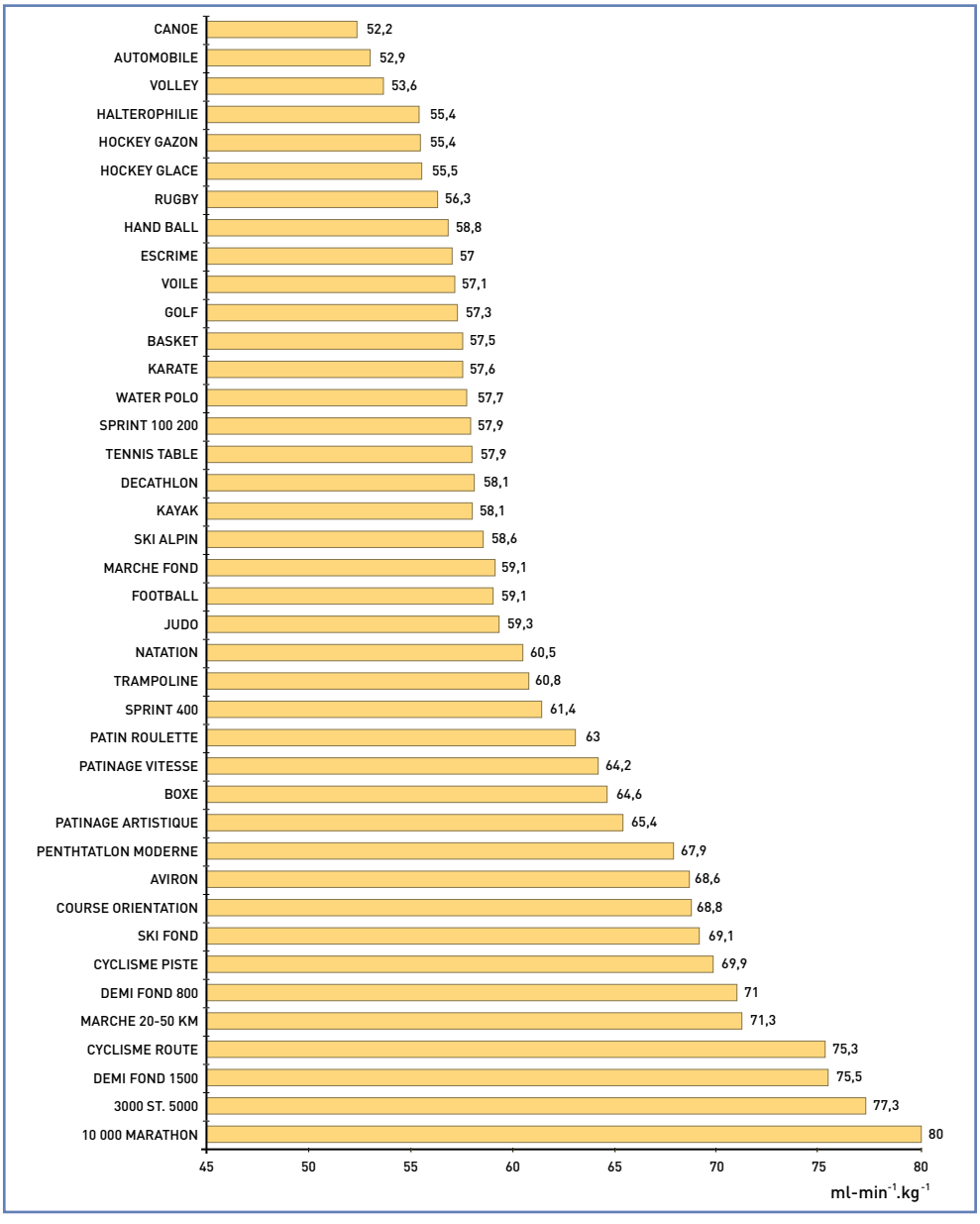

Figure 1 - Résultats de V'O_2max d'une quarantaine d'équipes nationales hommes, exprimés en millilitres d'oxygène consommés par minute d'exercice et par kilogramme de poids de corps (ml.min^{-1}.kg^{-1}) (4).

ont longtemps été les seules références de nombreuses publications et congrès jusqu'à aujourd'hui encore (2), bien que les mesures se soient multipliées auprès des sportifs de haut niveau un peu partout dans le monde. C'est la raison pour laquelle l'équipe médicale de l'Insep a commencé à publier les résultats des sportifs français à partir de 1984 (3). On présentera dans cet article le protocole et les résultats, avant d'aborder les limites et l'intérêt du V'O_2max.

> Les V'O_2max des équipes nationales françaises

Le protocole

De 1979 à 1990, plus de 6 000 épreuves concernant des sportifs de haut niveau (c'est-à-dire ayant participé aux championnats d'Europe, du Monde ou aux Jeux Olympiques) ont été passées à l'Insep en suivant le même protocole triangulaire :

- échauffement de 10 minutes ;
- paliers de 4 min à des puissances croissantes (de 2 en 2 km.h^{-1} sur le tapis roulant, de 50 ou 75 watts sur ergocycle et l'ergomètre d'aviron), jusqu'à épuisement du sportif ;
- entrecoupés d'1 minute de repos.

Pendant l'épreuve :

- les gaz expirés sont prélevés (de préférence par embout buccal plutôt qu'au masque) ;
- l'ECG est suivi et enregistré en continu ;
- des micro-échantillons de sang sont prélevés au lobe de l'oreille artérialisé (plus précis et plus facile qu'un prélèvement au doigt) au repos, à chaque arrêt et en récupération, la vitesse ou la puissance sur l'ergomètre choisi étant enregistrée à chaque palier.

Ce protocole d'épreuve énergétique en fait une épreuve longue de 30 à 40 min, qu'il est nécessaire d'intégrer dans la programmation de l'entraînement. Inutile de préciser qu'un examen médical et cardiologique précède chaque épreuve.

A partir de 1990, nous n'avons plus appliqué un protocole unique et standardisé (sauf l'ergomètre spécifique) à l'ensemble des équipes, mais nous avons répondu aux demandes des fédérations qui, pour beaucoup d'entres elles, avaient adopté un protocole différent, souvent plus court et parfois non maximal.

> Les résultats

Nous avons, aujourd'hui, fait passer plus de 12 000 épreuves d'effort, mais nous ne présentons que les résultats de celles publiées en 1990 (4, 5), car en plus de la standardisation du protocole présenté plus haut, elles ont été réalisées par la même équipe (3 médecins, 1 infirmière et 1 laborantine).

On remarque, dans les figures 1 et 2, que les plus faibles valeurs de V'O_2max des sportifs sont supérieures à celles des sédentaires. Les valeurs individuelles les plus élevées sont :

- de 73-74 ml.min^{-1}.kg^{-1} chez les femmes pour une marathonienne et une triathlète (qui ne figure pas dans le tableau, car elle est la seule représentante de sa discipline) ;
- de 91-92 ml.min^{-1}.kg^{-1} chez un marathonien et un cycliste sur route.

Les parties hautes des tableaux, jusqu'à une valeur d'environ 55 ml.min^{-1}.kg^{-1} pour les femmes et 60 ml.min^{-1}.kg^{-1} pour les hommes, concernent les sports techniques et tactiques, dont les sports collectifs. La partie basse concerne les sports pour lesquels le métabolisme aérobie est la filière prépondérante de la dépense énergétique. Une étude plus détaillée (6), dont nous ne parlerons pas ici, donne pour chaque sport, sexe et âge, les FC maximales atteintes et le pourcentage du V'O_2max au seuil anaérobie (SV2 pour les cardiologues).

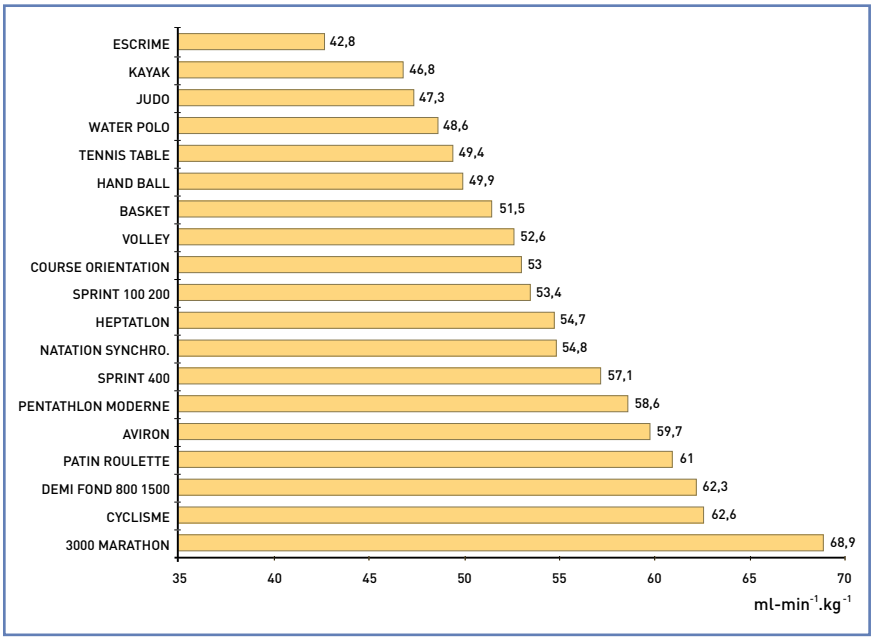

Figure 2 - Résultats de V'O_2max d'une vingtaine d'équipes nationales femmes, exprimés en millilitres d'oxygène consommés par minute d'exercice et par kilogramme de poids de corps (ml.min^{-1}.kg^{-1}) (4).

Le choix de l'ergomètre

Concernant le choix de l'ergomètre, on devrait trouver des valeurs similaires au canoë et au kayak, sports relativement proches au niveau biomécanique, mais ce n'est pas le cas sur le tableau, le canoë se situant à 52 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$ contre 58 au kayak. La raison tient au choix de l'ergomètre. A cette époque, nous utilisions en effet un cyclergomètre à bras bricolé et le pédalage de bras est un mouvement plus proche du kayak que du canoë, d'où la sous-estimation du canoë. Lors de mesures réalisées ultérieurement sur des ergomètres spécifiques de ces deux spécialités, les valeurs sont identiques (7).

Comparaison des résultats

Une autre remarque relative aux valeurs faibles du ski de fond (69 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$), pour lesquelles 10 ml de plus auraient été plus justes au regard de la spécialité et des références internationales : nos skieurs d'alors n'étaient pas les meilleurs Français. Ils étaient finalistes des championnats de France, mais pas sur le podium.

On remarque que pour l'ensemble des sports représentés, les valeurs des consommations maximales d'oxygène sont similaires à celles présentées par Astrand, sauf pour le ski de fond et la course d'orientation (sports nationaux en Suède) et sont identiques à celles des publications internationales.

Les résultats ultérieurs de 1989 à 2000 (7, 8) (que nous avons présentés uniquement en congrès) sont très similaires pour les hommes aux résultats de 1990. Les femmes ont, dans l'ensemble, progressé de quelques $ml.min^{-1}.kg^{-1}$. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait qu'aujourd'hui, elles s'entraînent comme les hommes, ce qui n'était pas le cas dans les années 1980. On avait alors tendance à alléger leur programme en qualité et en quantité, au prétexte qu'elles étaient plus fragiles et ne supportaient pas les mêmes efforts que les hommes.

> Comment évolue le $V'O_2max$ chez un sportif ?

Quand on regarde, pendant la saison sportive, l'évolution du $V'O_2$ max , on remarque qu'à entraînement égal d'une saison à l'autre, l'amélioration de la consommation maximale d'oxygène n'atteint que 4 % tout au plus. Ce résultat est proche des erreurs de mesures rencontrées avec les analyseurs et les fuites de gaz quand le sportif expire dans un masque, d'où l'intérêt de l'embout buccal. Cette faible amélioration et le pourcentage d'erreur sont une des limites de la seule mesure du $V'O_2max$ pendant la saison sportive.

Il est nécessaire d'augmenter l'entraînement en quantité, et surtout en qualité (entraînement spécifique), pour obtenir une amélioration significative de la consommation maximale d'oxygène qui, dans le meilleur des cas, n'excédera pas 10 % d'une saison à l'autre.

Quant à l'évolution du $V'O_2max$ sur plusieurs saisons, on ne constate plus de variations pendant la carrière dans les disciplines techniques, tactiques (par exemple au tennis) et en sports collectifs. Par contre, le $V'O_2max$ augmente dans les disciplines à métabolisme aérobie prédominant, parce que les sportifs de ces disciplines s'astreignent à un entraînement spécifique pour obtenir ce résultat.

> Les limites du $V'O_2max$

Pour les sports d'endurance

A la lumière des exemples précédents, on peut raisonnablement penser que la valeur du $V'O_2max$ intéresse exclusivement les sports d'endurance, donc à métabolisme aérobie prédominant. Deux exemples vont aller dans ce sens.

A la glorieuse époque des Verts en Coupe d'Europe, l'entraîneur avait pensé développer le $V'O_2max$ des joueurs par un entraînement spécifique. Prudent, il appliqua la méthode à l'équipe réserve, pour constater qu'il est possible d'augmenter la consommation maximale d'oxygène des joueurs pendant la saison. Cependant, cela se fit au détriment de la place en championnat, qui a régressé pendant la saison expérimentale.

Le deuxième exemple relève de la même analyse d'un entraîneur d'escrime, dont les résultats des sportifs aux championnats du monde furent inversement proportionnels à l'amélioration du $V'O_2max$ de chacun des tireurs, lors d'une préparation spécifique de 18 mois (9).

Dans les deux cas, les entraîneurs, et aussi certains médecins, ont oublié que les exercices spécifiques de développement du $V'O_2max$, de 5 à 10 répétitions de 500 à 1 000 m, à la vitesse où est atteinte le $V'O_2max$ (c'est-à-dire la vitesse maximale aérobie ou VMA), avec des récupérations de 1 à 2 fois le temps de course, ne sont pas habituels chez ces athlètes de sports techniques, qui ne les supportent pas bien et n'en comprennent pas toujours l'intérêt. En outre, ces séances spécifiques prennent parfois la place de séances techniques ou tactiques, avec pour résultat l'amélioration de la filière aérobie et la régression des qualités techniques.

$V'O_2max$ et performance

Le tableau 1 va apporter de l'eau au moulin des opposants du $V'O_2max$. On y remarque que pour des $V'O_2max$ similaires, des coureurs de 1 500 m,

Tableau 1 - Relation entre V'O_2max et performance de coureurs de 1 500 m, 5 000 m et marathon (9).

	1 500 m		5 000 m		Marathon		Marathon	
VO_2max (ml.min^{-1}.kg^{-1})	74	73	82	78	83	86	76	91
Performance (h min s)	3'56"	3'35"	14'37"	13'35"	2h23'07"	2h13'59"	2h12'49'	2h12'18"

5 000 m et de marathon peuvent avoir des performances très différentes. Certains coureurs sont de niveau international, alors que d'autres, présentant pourtant le même niveau de V'O_2max, ne dépassent pas les championnats départementaux. Ce constat relativise la relation entre V'O_2max et performance.

Cependant, dans un autre sport, le tennis de table (Tab. 2), plutôt technique et tactique qu'aérobie, on peut s'interroger sur la baisse des valeurs individuelles des V'O_2max des pongistes français et de leurs moins bons résultats internationaux (10). En effet, on remarque des valeurs élevées de V'O_2max (1er chiffre), alors que la 2e valeur a chuté de 5 à 17 ml.min^{-1}.kg^{-1}, en quelques années, chez 4 des meilleurs joueurs, et a seulement progressé chez celui ayant le chiffre le plus faible, proche de celui des sédentaires. On se souvient que ces joueurs furent particulièrement brillants au niveau mondial il y a quelques années, mais que leur classement a régulièrement chuté depuis. Comment ne pas y voir une relation entre le V'O_2max et leur faculté à récupérer ou enchaîner les matchs ?

Il est un sport, l'aviron, où l'on observe une relation directe entre V'O_2max et performance. Pour les juniors, garçons et filles, chez lesquels l'effectif se renouvelle de 20 à 80 % chaque année, on constate qu'il y a eu des médailles et titres mondiaux en 1982, 1983 et 1984, alors qu'ils furent absents avant et après. Cette observation, déjà ancienne, a été maintes fois confirmée dans ce sport, pour lequel le V'O_2max est un des facteurs de la sélection (9).

> En conclusion

On a vu que l'intérêt de mesurer le V'O_2max d'un sportif de haut niveau semble plus limité qu'il n'y paraît, cette remarque pouvant s'appliquer à tous les sportifs.

Mais en fait, la question de l'intérêt du V'O_2max est plus complexe. En effet, ce n'est pas le seul V'O_2max qui présente un intérêt, mais plutôt tous les paramètres intermédiaires enregistrés lors de l'épreuve d'effort, sur les paliers sous-maximaux. Ces mesures vont permettre de déterminer le niveau du seuil anaérobie et des valeurs qui s'y rapportent, telles la puissance ou la vitesse de l'exercice, la FC et le pourcentage du V'O_2max au seuil anaérobie. Car c'est la valeur du seuil anaérobie qui explique les différences de performance des coureurs du tableau 1. Et pour le football ou l'escrime, comme pour tous les sports techniques et tactiques mais aussi aérobies, la différence entre deux joueurs ou deux équipes se fera par le niveau de leur seuil anaérobie. Il est même possible d'évaluer, à quelques secondes près, la performance réalisable par les marathoniens quelques jours avant l'épreuve, à partir de paramètres proches du seuil (9).

Ces considérations, qui nous éloignent de la question initiale de l'intérêt du V'O_2max chez le sportif, feront peut-être l'objet d'un prochain article. ▮

MOTS CLÉS
Consommation maximale d'oxygène, Insep, sportifs de haut niveau, épreuve d'effort, ergomètre, performance

Tableau 2 - Evolution des V'O_2max (ml/min/kg) des meilleurs pongistes français. Noter que leur classement dans la hiérarchie, signalé entre parenthèse, n'a pas changé (10).

	V'O_2max
CL	71 (3) → 54
NC	69,5 (6) → 57
JPG	63,8 (1) → 54,3
DE	62 (2) → 57
OM	43 (5) → 48

Bibliographie

1. Astrand PO, Rodahl K. Précis de physiologie de l'exercice musculaire. Paris : Masson, 1992.
2. Monod H, Kahn JF, Amoretti R, Rodineau J. Médecine du Sport. Paris : Masson, 2005.
3. Joussellin E, Handschuh R, Barrault D, Rieu M. Maximal aerobic power of French top level competitors. J Sports Med Phys Fitness 1984 ; 24 : 175-82.
4. Joussellin E, Desnus B, Fraisse F et al. La consommation maximale d'oxygène des équipes nationales françaises de 1979 à 1988 (sportifs de plus de 20 ans). Science et Sports 1990 ; 5 : 39-45.
5. Fraisse F, Desnus B, Handschuh R et al. La consommation maximale d'oxygène des sportifs de haut niveau de moins de 20 ans. Science et Sports 1991 ; 6 : 25-35.
6. Joussellin E, Legros P. Les explorations fonctionnelles du métabolisme aérobie chez le sportif de haut niveau. Paris : Insep, 1990.
7. Senegas X, Desnus B, Filliard JR et al. La consommation maximale d'oxygène des équipes nationales françaises de plus de 20 ans. 23e Congrès Soc Fr Med Sport. Toulouse, 2003.
8. Garcia J, Desnus B, Filliard JR et al. La consommation maximale d'oxygène des équipes nationales de moins de 20 ans 23e Congrès Soc Fr Med Sport. Toulouse, 2003.
9. Joussellin E. La médecine du sport sur le terrain. Paris : Masson, 2005.
10. Joussellin E, Desnus B, Filliard JR et al. L'intérêt des épreuves énergétiques dans les sports de raquettes. Les cahiers de l'Insep 2005 ; 35 : 129-42.