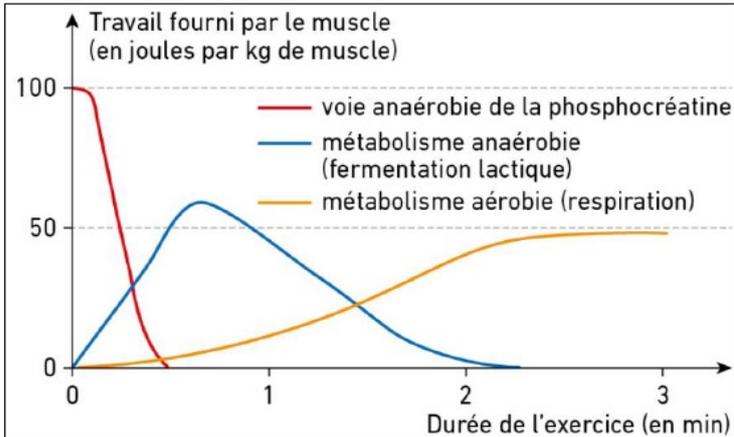


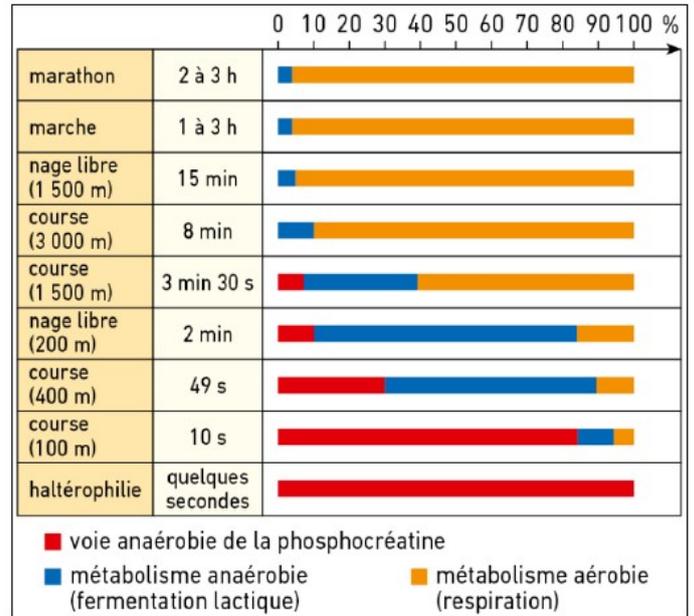
## Annexe

### Document 1 : Les modalités de régénération de l'ATP au cours d'un effort musculaire

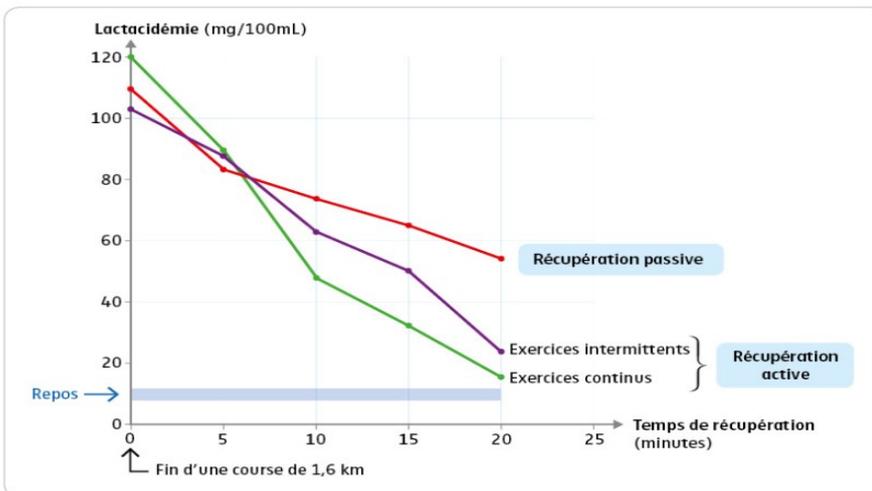
Différentes voies métaboliques fournissent l'énergie nécessaire à la réalisation de la contraction musculaire à partir de métabolites variés et différents délais d'intervention. Un graphique des dépenses énergétiques en fonction de la durée de l'effort a été réalisé.



**Intervention des 3 voies métaboliques au cours d'un effort musculaire**



**Parts respectives des voies métaboliques en fonction du type d'effort**



### Document 2 : Importance de la récupération après l'effort

**Évolution de la lactacidémie (concentration sanguine en lactate) après un effort.**  
 Avant un effort, la lactacidémie est généralement comprise entre 10 et 20 mg/100 mL. La récupération active consiste à effectuer un exercice ou un mouvement d'intensité faible à modérée dans l'heure qui suit un entraînement plus intense ou une compétition. La récupération passive, quant à elle, n'implique pas de sollicitation musculaire.

L'acide lactique, via l'abaissement du pH musculaire, perturbe le travail cellulaire lors des contractions musculaires, provoquant l'apparition de crampes ou autres douleurs musculaires pendant l'effort. Ces douleurs peuvent diminuer la performance, et encore pire, vous contraindre à l'abandon.

## Document 2 : Définition du dopage

Le dopage se définit comme la pratique consistant à utiliser toute substance ou procédé afin d'augmenter artificiellement ses capacités physiques en vue d'une compétition sportive.

Les personnes qui se dopent peuvent modifier leur corps à différents niveaux mais, la plupart du temps, il s'agit d'augmenter ses performances.

Le dopage est principalement utilisé :

- pour modifier sa morphologie (augmentation de sa masse musculaire comme chez les haltérophiles).
- pour augmenter la force et la puissance musculaire
- pour améliorer l'oxygénation des muscles
- pour accroître la concentration
- pour maîtriser le rythme veille/sommeil

## Document 3 : Histoire du dopage aux stéroïdes

Il s'agit d'une pratique ancienne sûrement née en même temps que les premières compétitions sportives.

Mais le dopage professionnel s'est généralisé à partir des années 1950 au moment où les enjeux sportifs et financiers devenaient importants.

En Grèce antique, des athlètes utilisaient des extraits de plantes et d'animaux pour améliorer leurs performances. Durant la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, des scientifiques ont su isoler la testostérone et mis en lumière ses propriétés dopantes. Plusieurs autres stéroïdes utilisés par les athlètes professionnels et amateurs ont été ensuite synthétisés.

Les **stéroïdes anabolisants** sont des hormones qui dérivent tous de la testostérone. Cette hormone est produite naturellement chez l'homme et assure différentes fonctions, dont la masculinisation de l'individu. Un anabolisant permet d'augmenter le volume/la masse d'un tissu, par exemple la masse musculaire.

Chez l'homme, un taux de testostérone trop faible est préjudiciable à la production des spermatozoïdes. Afin d'y remédier, des stéroïdes anabolisants comme la Nandrolone peuvent être prescrits par les médecins. Mais ces molécules sont hélas détournées de leurs indications thérapeutiques et utilisées comme produits dopants par les sportifs désireux d'augmenter leurs performances. Cette pratique est interdite car déloyale.

Dans les années 50, les athlètes russes dominèrent le sport mondial. Il semble prouvé aujourd'hui que l'utilisation des stéroïdes anabolisants n'était pas innocente à ces performances. Cette pratique s'est alors reportée de l'autre côté de l'Amérique et de nombreux haltérophiles, danseurs, nageurs, joueurs de football américain et de base-ball utilisèrent les stéroïdes anabolisants dans le seul but de battre des records et de gagner.

### **Florence Griffith-Joyner**

Elle détient les records du monde des 100 et 200 mètres depuis les J. O. de Séoul en 1988. Elle fut soupçonnée de dopage aux **stéroïdes anabolisants**, mais aucun contrôle n'a jamais permis de le prouver. Elle a pris sa retraite sportive en 1989, en pleine gloire et au moment où les contrôles antidopage surprises furent instaurés. Elle a survécu à une crise cardiaque en 1988. Elle est décédée en 1998, à l'âge de 39 ans, asphyxiée lors d'une crise d'épilepsie.



J. O. 1984 - Los Angeles  
2e au 200 m en 22s 04

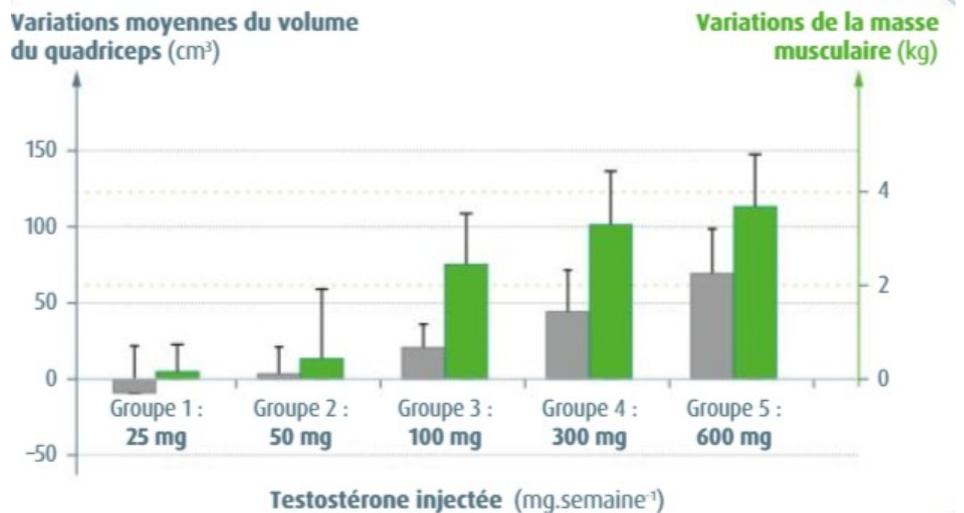


J. O. 1988 - Séoul  
1e au 100 m en 10s 54  
1e au 200 m en 21s 34

**Florence Griffith-Joyner**

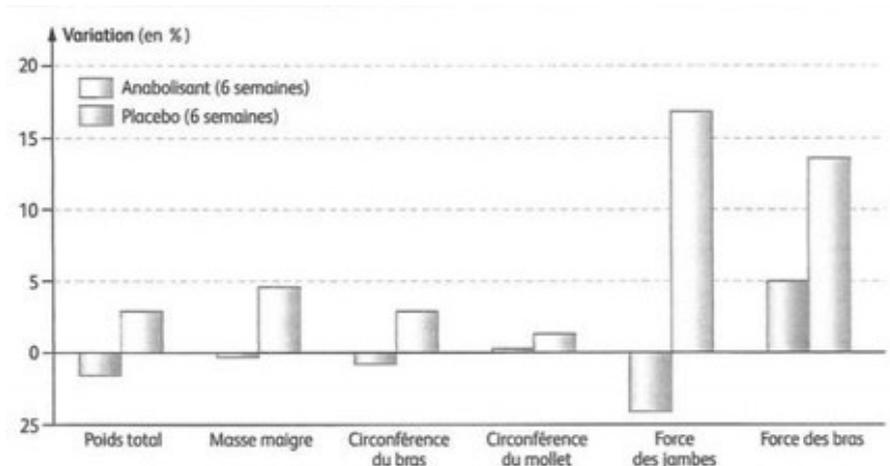
**Document 4 : Muscle et injection de stéroïdes anabolisants**

Evolution durant 20 semaines du volume et de la masse musculaire en fonction de la dose de Nandrolone injectée (**substitut médical de la testostérone**). Réalisée sur 61 hommes de 18 à 34 ans dont la production naturelle de testostérone a été bloquée et dont l'activité sportive était strictement identique.



L'étude ci-contre a été réalisée chez un groupe de 10 haltérophiles masculins.

La moitié du groupe a reçu un traitement d'un anabolisant de synthèse (méthandione) pendant 6 semaines alors que l'autre moitié recevait une molécule placebo.

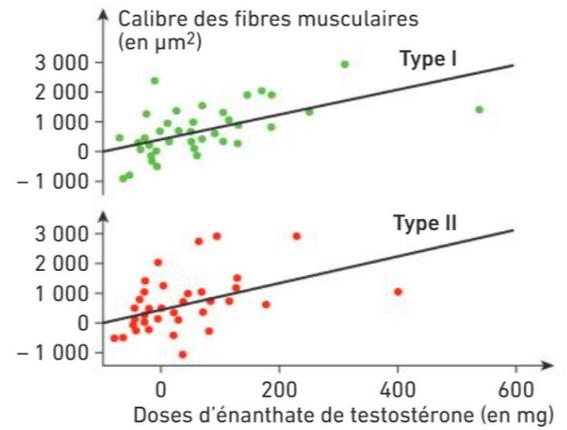
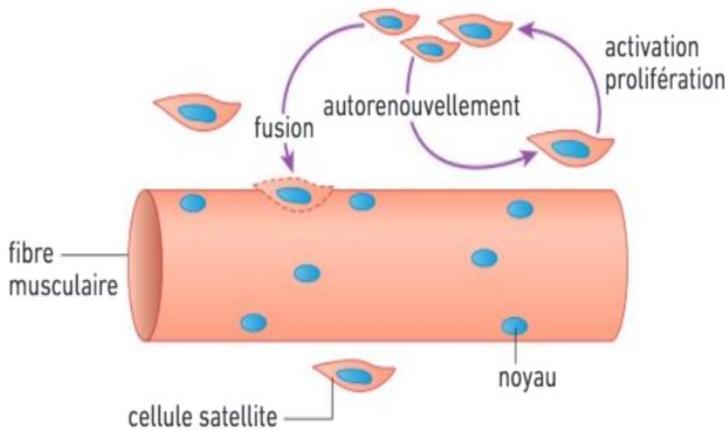


## Document 5 : Calibres des fibres musculaires

Pour comprendre comment les stéroïdes anabolisants augmentent la masse musculaire, plusieurs tests contrôlés en milieu médical ont été réalisés. Des hommes non entraînés ont reçu des doses croissantes de 25 à 600 mg/semaine d'énanthate de testostérone pendant 20 semaines.

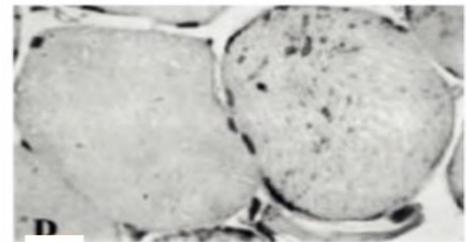
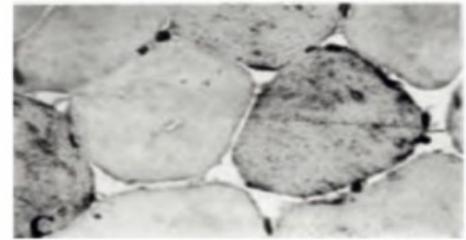
Les graphiques (A) et (B) montrent les effets de ce traitement sur le calibre des fibres musculaires, le nombre de noyaux dans les fibres musculaires et le nombre de cellules satellites.

Les cellules satellites sont des cellules souches présentes autour des fibres musculaires. Lorsqu'elles sont activées, elles peuvent proliférer, se différencier et fusionner avec les cellules musculaires. L'ajout de nouveaux noyaux aux fibres musculaires augmentera en fin de compte la capacité des fibres musculaires à exprimer et à synthétiser leurs protéines musculaires et provoquera leur hypertrophie.

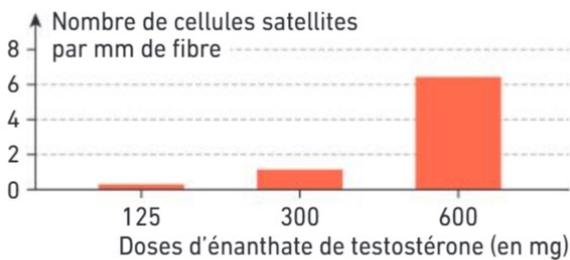


D'après : I. Sinha-Hikim & al.

### A Variation du calibre des fibres.

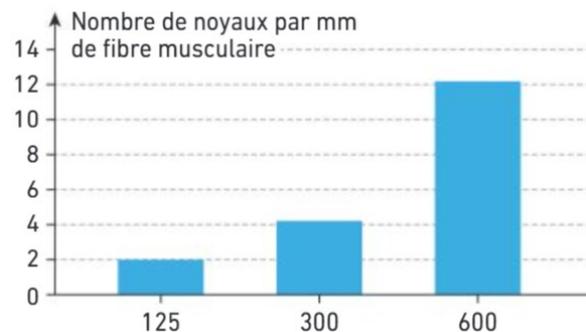


Coupe transversale dans un muscle squelettique d'homme au début de l'expérience (haut) puis après 20 semaines de prise de testostérone (bas) au même grossissement

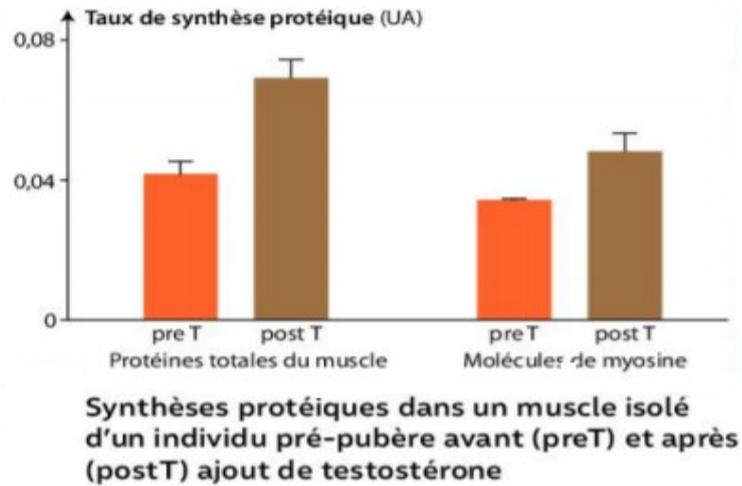


D'après : I. Sinha-Hikim & al.

### B Variation du nombre de noyaux et de cellules satellites.

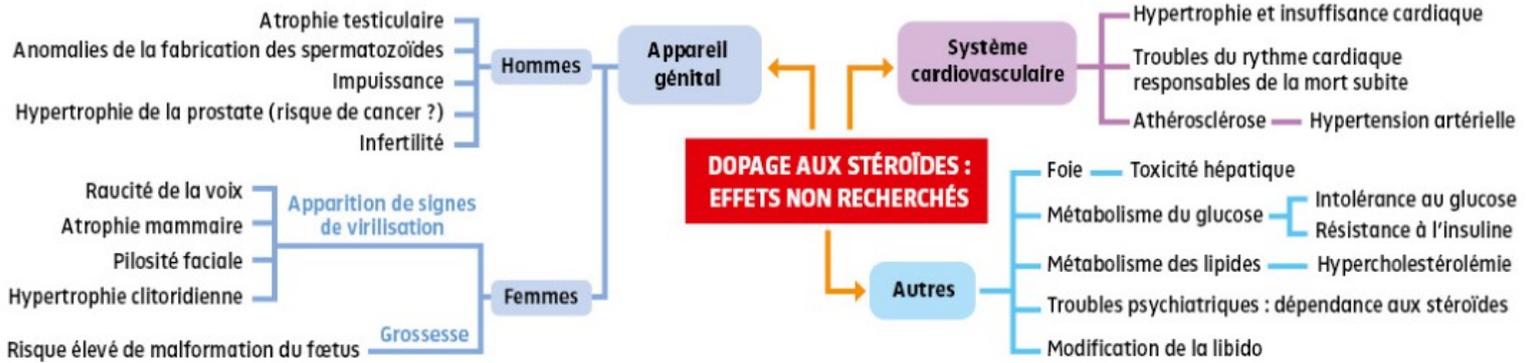


**Document 6 : synthèse de protéines et stéroïdes anabolisants**



**Document 7 : Effets non recherchés du dopage aux stéroïdes.**

L'utilisation de produits dopants, tels que les stéroïdes, n'est pas sans effet sur l'organisme.



## Stéroïdes : un lourd prix à payer

**Source : CIO**

**Patrice Deré**

**Autres risques : troubles psychiatriques et biochimiques**

### Une étude sur des haltérophiles soupçonnés d'utilisation de stéroïdes

Une étude a été réalisée pendant 12 ans sur un groupe d'haltérophiles fortement soupçonnés d'avoir utilisé des stéroïdes anabolisants pendant plusieurs années comme dopant. Le but de l'étude était de déterminer la cause de décès prématurés.

La mortalité a été comparée au reste de la population finlandaise qui était à l'époque de 3,1 %.

Échantillon	Catégories de poids	Classements dans la discipline	Mortalité (en nombre d'individus et en %)	Causes (et nombre)
62 hommes (origine : Finlande)	82,5 kg – 125 kg	Rangs 1 à 5 lors des championnats de Finlande entre 1977 et 1982	8 (12,9 %)	Suicide (3) Infarctus du myocarde (3) Coma hépatique (1) Cancer du système lymphatique (1)

«Mike a acheté sa mort sur internet»

**DOPAGE**

*Une maman jurassienne pleure son fils de 23 ans mort d'une crise cardiaque après avoir absorbé des anabolisants achetés sur le Web*

30.06.2014 à 15:12



Pour donner un sens au décès de son fils, Myriam veut sauver d'autres vies: «N'achetez pas d'anabolisants ou de médicaments sur des sites de vente en ligne!» implore-t-elle.

Pour aller plus loin :

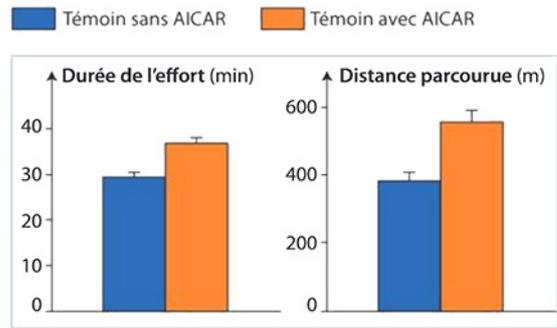
### Autres molécules dopantes

	effets recherchés	effets indésirables
<b>Agents anabolisants:</b> stéroïdes anabolisants androgènes (SAA)	augmentation de la masse musculaire et de la force	trouble du comportement, agressivité, rupture tendineuse, cancer du foie et de la prostate, arrêt de la croissance, infertilité (pour les femmes), atrophie des testicules, impuissance et infertilité (pour les hommes)
<b>Hormones peptidiques, facteurs de croissance et substances apparentées</b> (l'EPO, l'insuline, la somatropine...)	augmentation de la masse musculaire, gain en endurance en améliorant le transfert de l'oxygène vers le muscle.	hypertrophie osseuse, diabète, augmentation de la viscosité sanguine, embolie pulmonaire, arrêt cardiaque
<b>Stimulants</b> (amphétamines, cocaïne...)	accroissement de la concentration, l'attention et diminution artificielle de la sensation de fatigue.	Agressivité, accoutumance et dépendance, Trouble du rythme cardiaque, Hypertension artérielle.

## L'acadésine, une nouvelle substance dopante

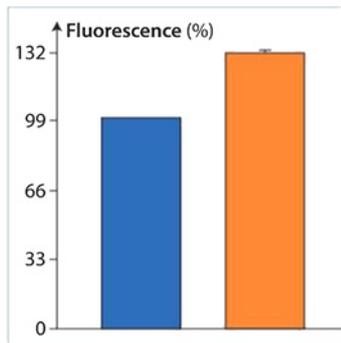
Depuis les Jeux Olympiques de Pékin en 2008, un nouveau produit est recherché lors des dépistages anti-dopages : l'acadésine ou AICAR. Les médecins ont repéré les sportifs dopés parce qu'ils présentaient un amaigrissement anormalement rapide. La prise de cette molécule dopante n'est pas sans risque sur l'organisme : l'acadésine est responsable de graves problèmes hépatiques et de tumeurs cérébrales ou cardiaques.

Afin de comprendre l'influence de l'acadésine, des expériences sont réalisées : on administre pendant 14 jours cette molécule à des rats mâles et on note les conséquences observées sur leurs performances. Un groupe de rats sans traitement sert de témoin.



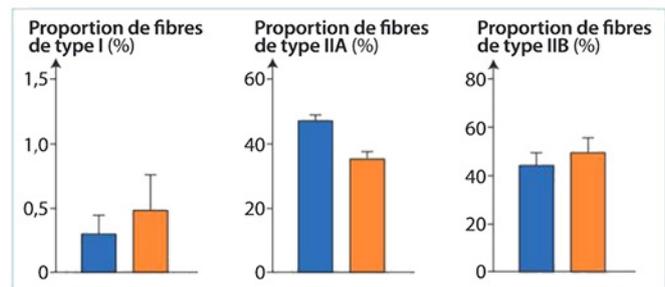
a Conséquences sur la performance

Source : Vihang A Narkar et al., Cell (2008)



b Conséquence sur le nombre de mitochondries. Les mitochondries sont repérées par un traceur fluorescent.

Source : Chunying Li et al., Nitric Oxide (2016)



c Conséquences sur les fibres musculaires

Source : C. Cervero et al., Neurotherapeutics (2016)

Les fibres de type I sont présentes chez les sportifs endurants, elles sont résistantes à l'effort long alors que les fibres de type II sont davantage présentes chez les sportifs de type sprinter, haltérophiles....

Vidéo :

[https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2017/08/05/mondiaux-d-athletisme-cent-ans-de-records-du-100-metres-en-42-performances\\_5169143\\_4355770.html](https://www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2017/08/05/mondiaux-d-athletisme-cent-ans-de-records-du-100-metres-en-42-performances_5169143_4355770.html)

Sensibilisation dans le rugby : <https://api.ligueidf.ffr.fr/wp-content/uploads/2019/03/Dossier-Antidopage-n1-Les-produits-qui-augmentent-la-masse-musculaire-MODIF-040319.pdf>