

TD1 : Des cellules musculaires spécialisées dans des efforts de nature différente

Après avoir montré que les fibres musculaires présentent une spécialisation, vous expliquerez l'intérêt de cette spécialisation.

Document 1 :

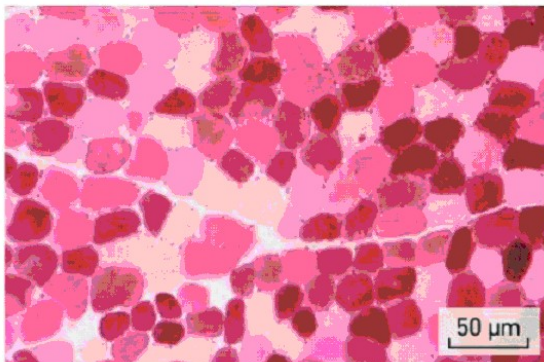
- L'observation microscopique ci-dessous (A) a été réalisée grâce à une coloration particulière : l'intensité de la coloration traduit en effet l'activité d'une enzyme spécifique intervenant dans la production d'ATP par les mitochondries.

On y distingue ainsi deux types principaux de fibres musculaires :

- les fibres de type I, de couleur foncée, à forte activité enzymatique mitochondriale ;
- les fibres de type II, de couleur claire, à faible activité enzymatique mitochondriale.

Il existe cependant des fibres intermédiaires entre ces deux types de fibres musculaires.

D'autres caractéristiques permettent de distinguer le métabolisme de ces fibres (B).



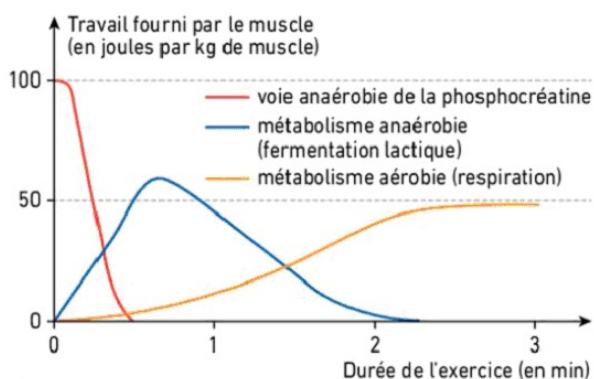
A Coupe transversale des fibres musculaires après coloration (MO).

	Fibre de type I	Fibre de type II
Résistance à la fatigue	forte	faible
Vitesse de contraction	lente	rapide
Richesse en mitochondries	élevée	faible
Teneur en enzymes de la fermentation lactique	faible	moyenne à élevée
Irrigation sanguine	forte	faible
Teneur en glycogène*	faible	élevée

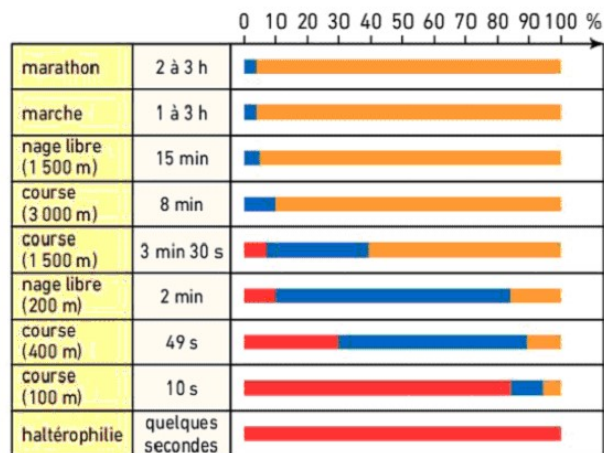
B Quelques caractéristiques biochimiques des deux types de fibres musculaires.

*Le glycogène est une macromolécule glucidique de réserve (polymère de glucose).

- Le graphique ci-dessous (C) montre la succession dans le temps des différentes voies métaboliques utilisées par le muscle pour produire l'ATP nécessaire à la contraction au cours d'un exercice d'intensité moyenne. En fonction du type d'effort à fournir et de sa durée, les parts respectives de ces métabolismes varient (D).



C Intervention des voies métaboliques au cours d'un effort musculaire.



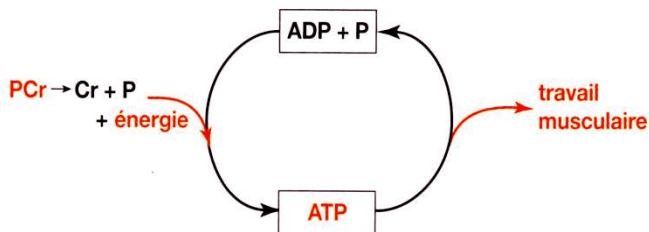
■ voie anaérobie de la phosphocréatine
■ métabolisme anaérobie (fermentation lactique)
■ métabolisme aérobie (respiration)

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

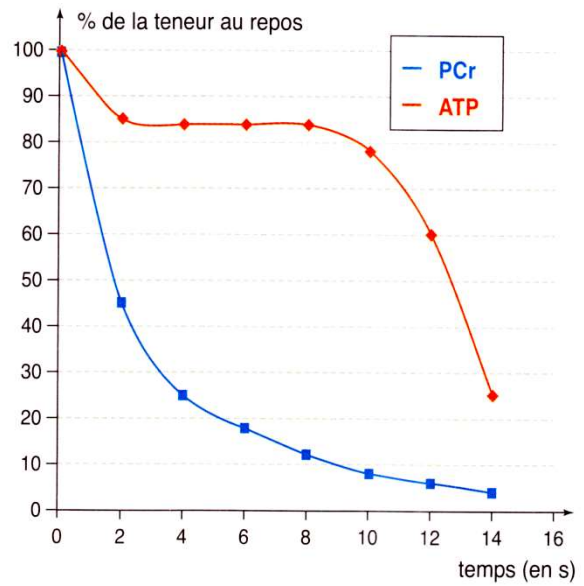
Document 2 : Des stocks d'ATP immédiatement disponibles mais très limités

Lors d'un exercice bref et intense (haltérophilie, sprint), la puissance musculaire développée est très importante. Dans cette situation, les cellules musculaires utilisent les réserves d'ATP immédiatement disponibles.

Les réserves d'ATP dans une cellule musculaire sont infimes. Il existe cependant dans les cellules une autre molécule, la **phosphocréatine** (PCr), possédant une liaison phosphate à haut potentiel énergétique. L'énergie libérée par l'hydrolyse de la phosphocréatine n'est pas directement utilisée par le muscle mais permet de reconstituer de l'ATP :



Ce système est instantané et ne nécessite aucune structure cellulaire particulière. Il permet de subvenir aux besoins immédiats, mais, très rapidement, les stocks d'ATP et de phosphocréatine s'épuisent.



Variation des taux d'ATP et de phosphocréatine (PCr) dans les muscles au cours d'un sprint.

TD2 : le dopage aux stéroïdes anabolisants : une pratique à risque.

A partir de l'étude des documents ci-dessous vous présenterez, d'une part le mode d'action et les effets des stéroïdes dans le cadre d'une pratique sportive, d'autre part les risques de cette consommation pour la santé.

Vous répondrez à la question sous forme de présentation orale.

Groupe de substance	Occurrence	Constatations
Agents anabolisants	1728	50 %
Stimulants	528	15 %
Diurétiques et autres agents masquants	428	12 %
Glucocorticostéroïdes	215	6 %



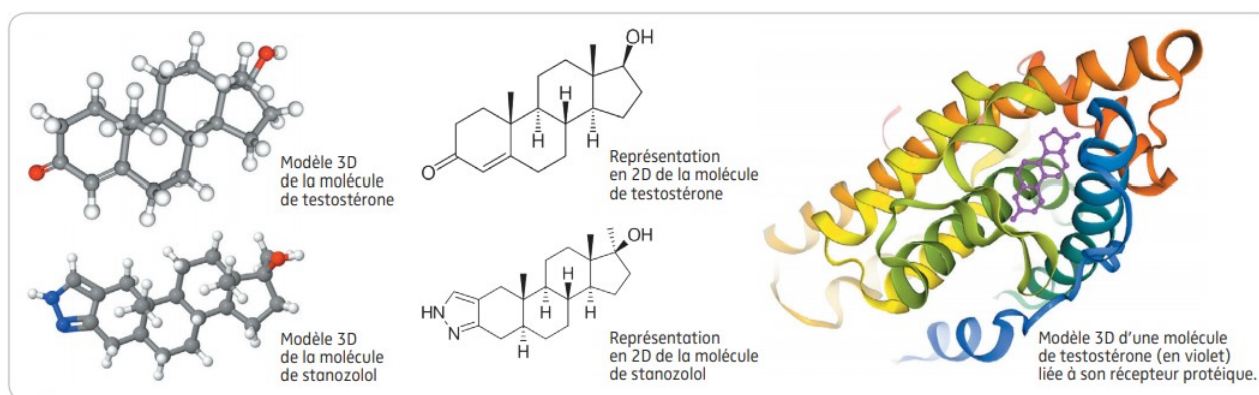
Agents anabolisants	Occurrence	Constatations
Stanozolol	296	22 %
Nandrolone	176	13 %
Metandiedone	143	10 %
Drostanolone	124	9 %

Source : Agence mondiale anti-dopage, 2015.

Doc.1 **Chiffres sur le dopage.** Principales classes de substances identifiées dans des résultats d'analyse anti-dopage anormaux (tableau de gauche) et principales molécules pour la classe des stéroïdes, tous sports confondus (à droite). Les agents anabolisants augmentent la synthèse des protéines au sein des cellules. Le stanozolol est interdit en compétition sportive comme hors compétition.

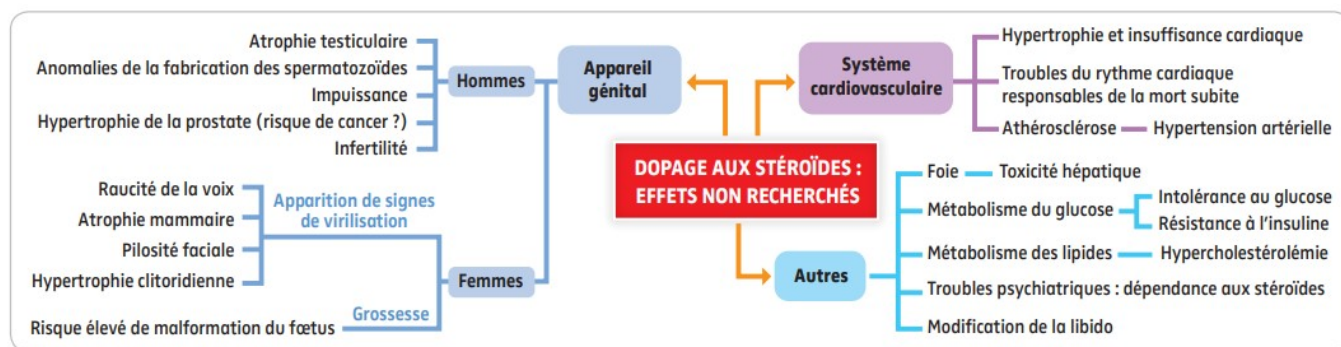
Occurrence : nombre de tests positifs parmi les tests anormaux.

Constatations : pourcentage de tests positifs par rapport au nombre total d'échantillon anormaux.



Doc.2 **Modèles moléculaires de la testostérone et du stanozolol, un dérivé de synthèse.**

Chez l'homme, la testostérone, produite essentiellement par les testicules, se lie à des récepteurs spécifiques grâce à la complémentarité de leurs structures tridimensionnelles. Ce genre de récepteur est notamment présent dans les cellules musculaires. Le stanozolol est utilisé dans le cadre de la médecine vétérinaire, notamment pour stimuler le développement musculaire chez l'animal affaibli.



Doc.3 **Effets non recherchés du dopage aux stéroïdes.** Cette liste d'effets compile des résultats de recherches scientifiques.

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)

Doc.4 **Étude sur des haltérophiles soupçonnés d'utilisation de stéroïdes.** L'étude menée sur 12 ans a déterminé la cause des décès prématurés parmi un groupe de sujets fortement soupçonnés d'avoir utilisé des stéroïdes anabolisants pendant plusieurs années à des fins non médicales. La mortalité a été comparée au reste de la population finlandaise, qui était de 3,1 % à l'époque.

Variables	Injections intramusculaires : 600 mg / semaine	Pas d'entraînement		Entraînement (exercices de musculation standardisés trois fois par semaine)	
		Placébo	Testostérone	Placébo	Testostérone
Masse corporelle (kg)	Au départ	79,5 + ou - 4,3	82,2 + ou - 1,9	85,5 + ou - 3,3	76,0 + ou - 3,0
	Après 10 semaines	80,8 + ou - 4,4	85,7 + ou - 1,5	86,4 + ou - 2,9	82,0 + ou - 2,8
Masse sans graisse (kg)	Au départ	65,1 + ou - 2,5	69,9 + ou - 1,3	72,1 + ou - 2,3	65,3 + ou - 1,3
	Après 10 semaines	65,9 + ou - 2,7	73,1 + ou - 2,2	74,1 + ou - 2,2	71,4 + ou - 1,8
Surface du triceps (mm ²)	Au départ	3 621 + ou - 213	3 579 + ou - 260	4 052 + ou - 262	3 488 + ou - 217
	Après 10 semaines	3 539 + ou - 226	4 003 + ou - 229	4109 + ou - 230	3 984 + ou - 239
Surface du quadriceps (mm ²)	Au départ	8 796 + ou - 561	9 067 + ou - 398	9 920 + ou - 569	8 550 + ou - 353
	Après 10 semaines	8 665 + ou - 481	9 674 + ou - 472	10 454 + ou - 474	9 724 + ou - 348
Développé couché (kg soulevés)	Au départ	88 ou - 5	96 ou - 8	109 ou - 12	97 ou - 6
	Après 10 semaines	88 + ou - 5	105 + ou - 8	119 + ou - 11	119 + ou - 6
Squat (kg soulevés)	Au départ	102 + ou - 5	103 + ou - 8	126 + ou - 13	102 + ou - 5
	Après 10 semaines	105 + ou - 6	116 + ou - 5	151 + ou - 13	140 + ou - 5

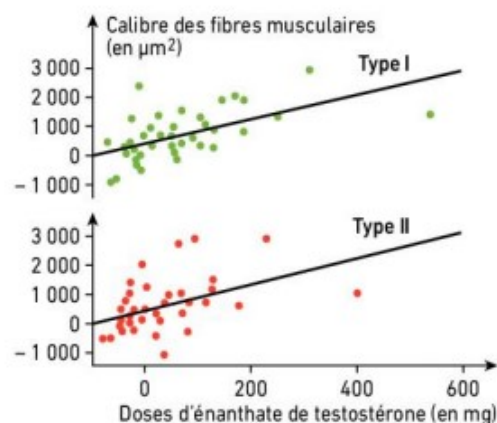
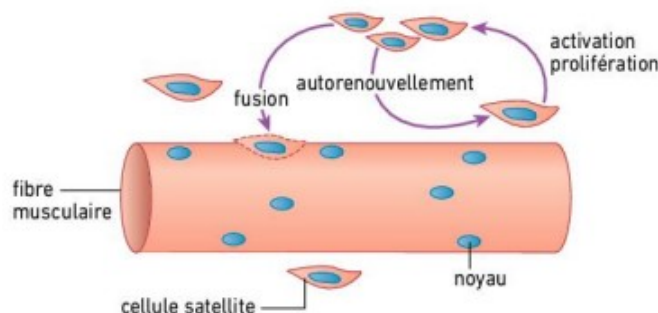
Doc.5 Effets de doses massives de testostérone chez l'homme. Dans cette expérience, une quarantaine d'hommes volontaires a été répartie dans quatre groupes similaires en âge, taille et masse corporelle. Les valeurs indiquées sont les moyennes des mesures.

Les stéroïdes anabolisants* sont des hormones de synthèse qui dérivent toutes de la testostérone. Cette hormone est produite principalement chez l'homme, et assure différentes fonctions, dont la masculinisation de l'individu, en particulier par augmentation de la masse musculaire. Chez l'homme, un taux de testostérone insuffisant est préjudiciable à la fonction de procréation (production de 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 des sportifs désireux d'augmenter leur masse musculaire afin d'améliorer leurs performances. Cette pratique est interdite car déloyale et très néfaste pour la santé.

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'éнанthate de testostérone pendant 20 semaines.

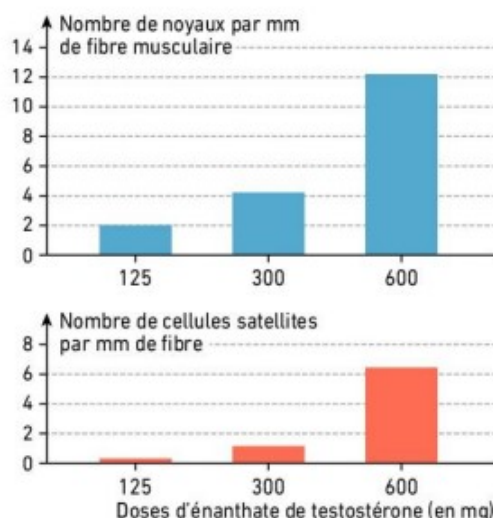
Les graphiques (A) et (B) montrent les effets de ce traitement sur le calibre des fibres musculaires, le nombre de noyaux dans les fibres musculaires et le nombre de cellules satellites.

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.



D'après : I. Sinha-Hikim & al.

B Variation du nombre de noyaux et de cellules satellites.

Doc.6: Dopage aux stéroïdes anabolisants et masse musculaire.