

# Travaux Personnels Encadrés

**Thème : Mesure et Société**

Histoire de la mesure :

*Rôle dans la construction des sciences, structuration sociale, performances sportives.*



Problématique : En quoi la prise de produits dopants et la pratique de méthodes illicites modifient-elles les performances sportives ?

Le Louarn Nathan

Garnier Maël

Rasez Nathael

Elèves de 1<sup>ère</sup> S2

# SOMMAIRE

## 3 PARTIES

### Introduction

- Histoire du dopage
- Définition du dopage

### **1<sup>ère</sup> partie : Les produits dopants et leurs effets sur le corps**

- Catégories de produits et leurs effets
- Interaction des produits dopants sur un muscle

### **2<sup>ème</sup> partie : Contrôles anti-dopage et méthodes de tricheries**

- Méthodes
- Passeport biologique du coureur ( suivi longitudinal )
- Test urinaire et sanguin

### **3<sup>ème</sup> partie : Étude des performances à l'aide des watts**

- Présentation des watts
- Analyse des performances spectaculaires de Christopher Froome lors de l'ascension du Mont Ventoux (Vidéo)

### - Conclusion

Impacts sociaux

## INTRODUCTION :

Depuis la naissance de l'humanité, l'homme cherche à améliorer ses performances. Le dopage ne date donc pas d'aujourd'hui et il semblerait que cette pratique soit aussi ancienne que le sport lui-même quand il est pratiqué dans le cadre d'une compétition contre les autres.

Les débuts du dopage viennent de l'Antiquité où les grecs furent les premiers à utiliser des méthodes de type pharmacologique. Les lanceurs et boxeurs ne se nourrissaient plus que de taureaux quelques jours avant les épreuves olympiques. Les sauteurs, quant à eux, avaient recours à la viande de chèvre dans l'espoir de sauter plus haut en imitant l'animal, tandis que les lutteurs préféraient une viande plus grasse comme celle de porc, pour gagner en poids.

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, les feuilles de coca étaient mâchées par les Incas. La cocaïne stimule le système neuromusculaire et procure ainsi une sensation d'euphorie, inhibant celle de la fatigue.

Depuis, les enjeux économiques, financiers et idéologiques n'ont cessé d'augmenter et les performances des sportifs ont perpétuellement évolué sous de telles pressions.

Les moyens pharmacologiques sont devenus de plus en plus ciblés et technologiquement en pointe. La tentation de les utiliser est donc bien réelle dans le monde du sport ; le refus n'est pas toujours facile. Le mot «to dope » apparaît dans la langue anglaise pour la première fois en 1903 et il désigne prendre un excitant.

D'origine néerlandaise, « dop » désigne une boisson alcoolisée à base de peaux de raisin que les guerriers zoulous consommaient pour augmenter leurs prouesses au combat. Son utilisation au début du XX<sup>ème</sup> siècle faisait référence au dopage illicite des chevaux de course.

Le dopage par définition est la pratique consistant à absorber des substances ou à utiliser des méthodes interdites afin d'augmenter ses capacités physiques ou mentales: on peut donc parler de performances.

La tricherie nous entoure, car elle est facile et naturelle chez tout être en compétition avec autrui.

Le dopage est une culture de la tricherie qui est introduite dans au moins 26 disciplines sportives, comme peut le montrer la récente suspension des athlètes russes aux Jeux Olympiques de Rio en 2016. Cependant, le dopage est aussi ancien que le sport de compétition lui-même. Le dopage existe sous différentes formes mais il permet dans tous les cas, grâce aux méthodes, aux produits ainsi qu'à d'autres facteurs, d'améliorer ses performances. Les occasions de se doper sont fréquentes et la tentation est grande.

En discutant avec des sportifs de haut niveau, nous avons pu constater que le dopage n'est pas seulement présent dans le sport professionnel et amateur, mais qu'il est employé par des sportifs cadets, à partir de 16 ans et notamment dans le cyclisme de compétition.

Il existe différents types de contrôles anti-dopage, les contrôles directs qui sont présents sur les grosses compétitions, ou le « suivi longitudinal » présent tout au long de l'année. Mais les performances en termes de puissance peuvent aussi refléter le dopage en cyclisme. Il existe en effet une méthode permettant d'analyser la puissance des coureurs cyclistes à l'aide de calculs aboutissants à des performances mesurées en une unité appelée le « Watt étalon », qui permet d'aboutir à de fortes suspicions.

Notre problématique sera donc de comprendre en quoi la prise de produits dopants et la pratique de méthodes illicites modifient les performances sportives.

Dans un premier temps, nous présenterons les différentes catégories de produits dopants ainsi que leurs effets. En second temps, nous expliquerons les diverses méthodes dopantes que peut utiliser un cycliste. Finalement, nous analyserons des performances du coureur cycliste Christopher Froome à l'aide du calcul des Watts étalons et à l'aide d'une vidéo qui appuiera notre propos.

Nous nous sommes appuyés au niveau expérimental sur des tests réalisés à Plumelec dans le département par Matthieu Boulo, coureur cycliste professionnel, récent 21ème des derniers championnats du monde Cyclo-cross et 1er Français, qui a monté sa célèbre côte de Cadoudal 32 fois depuis 3 ans en enregistrant ses watts chaque fois sur le logiciel Strava dans un segment, afin de posséder des mesures directes de ses performances avec un SRM. Puis, nous avons calculé cette même performance avec cette méthode complexe indirecte pour calculer les marges d'erreurs et la fiabilité de la méthode et comparer lecture directe et calculs indirects.

Nous avons lu un livre écrit par Antoine Vayer et publié aux éditions Hugo Sport qui se nomme « Je suis le cycliste masqué ». Il nous a beaucoup apporté en ce qui concerne le plan psychologique d'un coureur professionnel, sa vie et son environnement, absolument tout. C'est un livre qui révèle et dénonce le dopage dans le cyclisme et ce que peuvent endurer certains athlètes qui baignent dans ce milieu parfois ingrat.

Pour les calculs et l'analyse des performances nous nous sommes appuyés sur le magazine « La preuve par 21 », dans lequel des exemples de calcul sont donnés ainsi que des précisions. 21 coureurs sont ciblés et on se rend bien compte même sans être de ce milieu que la plupart sont dans un monde parallèle, ils sont mutants, mais certainement pas humains.

Le but de cette analyse est de découvrir une autre manière de détecter ou de suspecter le dopage afin de se construire son propre avis sur la question. Mais nous ne sommes pas là pour enquêter sur le cyclisme, même si cela y participe, nous laissons ce travail aux professionnels, nous nous posons seulement des questions. Car il y a une forme d'absurdité si l'on se penche de manière scientifique sur les performances. « Seuls ceux qui tentent l'absurde peuvent réaliser l'impossible » citation d'Albert Einstein, que nous a rapporté Jérôme Chiotti. Il dit que c'est comme cela qu'il résonnait du temps où il était coureur cycliste professionnel (champion du monde de VTT). En résumé, avec le dopage, des portes s'ouvrent, certaines se referment. Celles qui s'ouvrent sont l'accès à un meilleur salaire, gagner des titres, la célébrité... Celles qui se referment sont le fait d'avoir une vie socialement équilibrée, d'être stable, d'être sans remords, car oui tricher provoque des dommages intellectuels.

Mais ils n'y a pas que les athlètes qui sont malhonnêtes, les médecins sont parfois impliqués dans les affaires de dopage comme le docteur Fuentes ou le docteur Ferrari. L'affaire Puerto et l'affaire Festina ont fait scandale en 1998 et en 2006 avec Floyd Landis. **C'est l'Espagnol Alejandro Valverde qui a le « triste » record de notre montée test de Cadoudal en 3mn10 secondes avec 590 watts,** performance réalisée lors de l'arrivée du Tour de France en 2008 à Plumelec quand il a gagné l'étape. Il a été ensuite suspendu pour dopage deux années dans le cadre de l'affaire Puerto. Le meilleur temps de Matthieu Boulo dans Cadoudal est de 4mn23 secondes avec 477 watts. Matthieu Boulo est reconnu comme un athlète professionnel qui n'a jamais triché.



## 1<sup>ère</sup> partie : LES PRODUITS DOPANTS ET LEURS EFFETS SUR LE CORPS

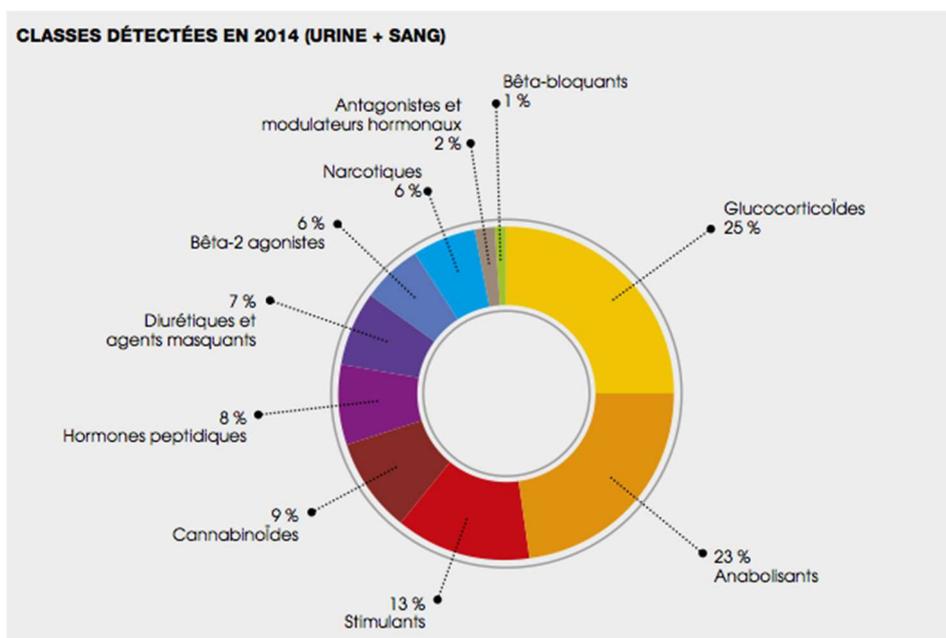
### A) Catégories de produits dopants et leurs effets :

Les produits dopants sont, à la base, des médicaments prescrits en cas de maladies ou de carences chez un individu. Les produits dopants sont donc des médicaments détournés de leur usage thérapeutique pour tricher.

Les médicaments peuvent se trouver en pharmacie, mais il faut l'ordonnance d'un médecin, c'est tout un « business », les plus grands manipulateurs sont les docteurs, ils prennent les consultations pour plusieurs centaines d'euros voire plusieurs milliers, ils sont vus comme des dieux. Nous avons regardé intégralement un reportage réalisé par France 2, un cash investigation qui visait le docteur Bernard Sainz alias Docteur Mabuse, qui n'est en fait même pas médecin.



Il se procure des produits rares et souvent interdits à la vente en France, des produits pour les chevaux de course comme le clenbutérol, sous forme de goutte, qu'il vend des centaines d'euros. Il est très connu et très puissant, il y a des preuves contre lui, mais il n'est toujours pas derrière les barreaux car les policiers veulent plus de preuves.



Les bêtabloquants et les bêta-2-agonistes ainsi que les Antagonistes et modulateurs hormonaux appartiennent à la famille des hormones et des diurétiques, les Stimulants et les Agents Anabolisants forment une grande famille, ils ont néanmoins des propriétés et des actions différentes sur le corps.

### **- Stimulants :**

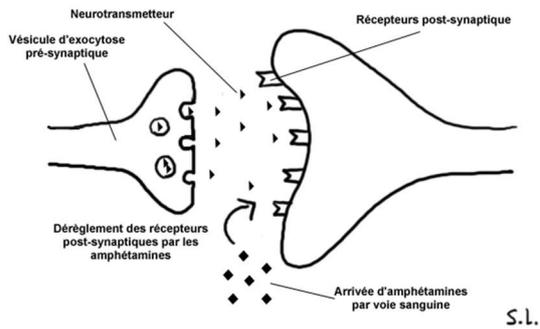
Davantage utilisés en compétition, les stimulants sont consommés car ils permettent d'accroître l'attention et la concentration. Ils réduisent la sensation de fatigue du sportif, lui font perdre du poids (par son effet coupe-faim) et augmentent son agressivité. Selon Dorlan Martinez, fondateur du site Dopage.com : *« Les stimulants sont certainement les dopants les plus utilisés. Leur emploi répond à des buts simples : abaisser le seuil de fatigue, augmenter l'agressivité et la concentration. Tous les stimulants ne sont pas interdits, ainsi la caféine n'est plus recherchée depuis 2004. De plus, les contrôles antidopage de ces produits sont uniquement conduits pendant les compétitions. Leur emploi pendant les entraînements (à l'intersaison par exemple) ne peut pas être sanctionné... »*. Les stimulants interviennent à la fois sur le système cardiovasculaire et neurologique. Les amphétamines (voir ci-dessous), l'adrénaline, l'ecstasy sont des exemples de stimulants.

**Risques :** Hypertension artérielle, trouble du rythme cardiaque, modification du comportement, effet d'accoutumance et de dépendance, état de grande excitation, agressivité.

### **Exemple de stimulant :**

L'amphétamine est une substance de formule chimique  $C_9H_{13}N$

Elle est classée comme stimulant et considérée en France comme un stupéfiant. L'amphétamine est prescrite pour combattre les troubles de l'hyperactivité et la narcolepsie (maladie provoquant des endormissements soudains). Elle peut faire l'objet d'un usage récréatif sous l'appellation speed ou ecstasy. Libérés en permanence dans le cerveau, les amphétamines stimulent le système nerveux central (cerveau et nerfs) en favorisant la libération dans le corps de certains produits chimiques qui permettent une accélération du rythme cardiaque et une hausse de la pression artérielle. La ventoline ou salbutamol, outre ses vertus dopantes, masque les amphétamines.



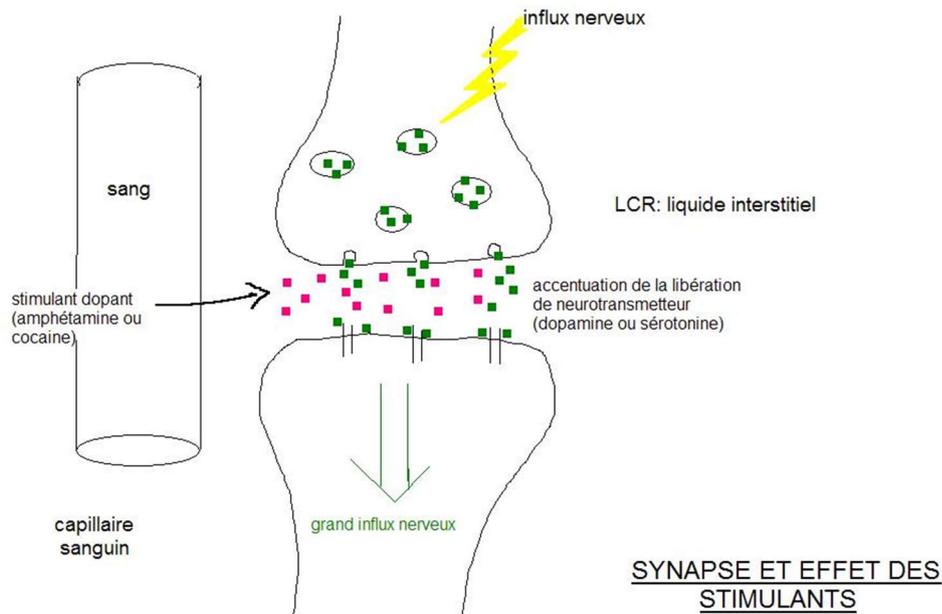
Les amphétamines sont très convoitées par les sportifs ayant à supporter des efforts difficiles et prolongés, comme lors d'une course de vélo ou d'un marathon par exemple. Une grande majorité des athlètes ayant été contrôlés positifs ces 30 dernières années avaient eu recours à cette substance, dans les années 70, 90% du peloton en moyenne en prenait. C'est facile à prendre et il est possible d'en ingérer par micro dose, elles circulaient énormément.

Les cyclistes dopés qui ont avoué disent tous la même chose, Eddy Merckx : « Tout le monde en prenait alors, tu faisais comme les autres ».

Les amphétamines agissent au niveau du système nerveux central. Les cyclistes pensaient qu'elles n'étaient pas nocives car cela n'était pas encore prouvé. Dans le cerveau, des neurotransmetteurs sont libérés en masse en permanence. La noradraline et la dopamine ont une configuration très proche de ces transmetteurs. Elle provoque de l'agressivité, l'éveil, ensuite il y a un sentiment de plaisir et de relâchement. Les amphétamines font augmenter le nombre de transmetteurs disponibles et tout fonctionne en accéléré, les effets sont immédiats. Ensuite se produit un épuisement brutal des neuromédiateurs, vient une phase de fatigue.

Elles étaient libre d'achat en France jusqu'en 1965. Depuis la loi anti-dopage de 1965, ce produit est interdit. Très vite, 1 ou 2 ans plus tard les statistiques montrent clairement que les athlètes et leur famille ont pu trouver des solutions pour ne pas être pris au contrôle.

Plusieurs athlètes terriblement excités après des arrivées de course ont tenu des propos suffisamment extrêmes pour comprendre qu'ils étaient dopés, certains mêmes sont morts du dopage. Nous pouvons citer Tom Simpson, qui a plusieurs fois avoué avoir utilisé des amphétamines, qui, le 13 juillet 1967 sur l'escalade du Mont Ventoux, est décédé.



### - Narcotiques :

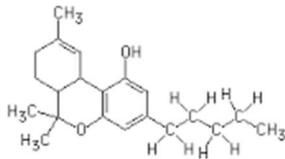
Les narcotiques sont des substances utilisées par les sportifs en compétition et à l'entraînement. Elles provoquent un relâchement musculaire. Leur emploi répond à des buts simples : dépasser ses propres limites en réduisant la sensation de douleur. Dans cette catégorie de produits dopants, nous retrouvons la morphine, l'héroïne, l'opium ou encore le cannabis.

Les narcotiques désignent les substances chimiques administrées par le corps médical afin de provoquer l'endormissement. Ces médicaments sont généralement utilisés pour pratiquer une anesthésie générale chez un patient soit par l'administration d'un gaz, soit par voie intraveineuse. Ils sont associés à un anesthésiant antidouleur puisque leur fonction ne consiste qu'en l'immobilisation du patient. Les narcotiques ont une action directe au niveau de la barrière hémato-encéphalique\* qui assure la filtration des différentes substances véhiculées par le sang.

**Risques :** Accoutumance et dépendance, dépression respiratoire, diminution du rythme cardiaque et des capacités de concentration, nausées, vomissements, constipations, dépendance physique ou psychique. Cette dépendance peut apparaître quelle que soit la dose absorbée, dès la première voire la deuxième semaine d'utilisation. Des cas de dépendance peuvent même être observés pour des périodes plus courtes.

## Exemple de narcotiques :

THC - Tétrahydrocannabinol  
 $C_{21}H_{30}O_2$



C'est l'ingrédient actif des cannabinoïdes  
(marijuana, cannabis, haschisch, ...)



Le chanvre (communément appelé cannabis) est une plante qui contient une molécule psychotrope : la THC (Tétrahydrocannabinol) de formule brute  $C_{21}H_{30}O_2$ . Le cannabis n'a aucun effet sur le physique, il n'agit que sur le mental. Le cannabis était initialement utilisé pour ses vertus euphorisantes et l'envie spontanée de rire provoqués par l'absorption de THC. Comme pour la majorité des produits dopants, son usage a été détourné, et, chez les sportifs, le cannabis sert à évacuer le stress. La cocaïne peut-être soit classée dans la catégorie des narcotiques ou celle des stimulants. Elle provoque des effets de toute-puissance, les sportifs, par exemple les joueurs de football américain l'utilisent pour se sentir invincible, cela leur apporte du courage.

Un célèbre exemple qui illustre l'utilisation intensive des stimulants et des narcotiques dans le cyclisme est celui de Marco Pantani. Le grand coureur italien décède d'une overdose de cocaïne (6 fois la dose mortelle dans le sang). En 2003, ce coureur n'avait que 34 ans.

### - **Hormones :**

Les hormones sont des substances qui régulent différents paramètres de la vie d'un animal ou d'un végétal comme : la croissance, la sexualité, le métabolisme (ensemble des réactions chimiques de l'organisme pour le maintenir en vie), le développement musculaire, le caractère, le sommeil, etc ... Ces hormones sont transportées par le sang et agissent sur leurs cibles (tissus, organes, cellules) à partir de quantité très faible. Les hormones de croissance sont très utilisées chez les cyclistes.

**Risques :** Stérilité, hypertension, agressivité, déchirures musculaires, troubles du foie et des reins, maux de tête, acné, tendinites, dépendance, impuissance et cancer de la prostate chez les hommes, virilisation chez les femmes, troubles cardiaques pouvant entraîner la mort. Fragilisation des tendons et des muscles (ruptures, claquages), fragilisation des os donc risque de fracture, diminution des défenses immunitaires donc risque d'infections, troubles psychiques et agressivité. Dans le cas de l'EPO, le risque est que le sang forme des caillots, car il devient hyper

visqueux, à cause du surnombre de globules rouges présents dans le sang, il peut entraîner des AVC, des arrêts cardiaques, un arrêt de la circulation sanguine et peut entraîner la mort.

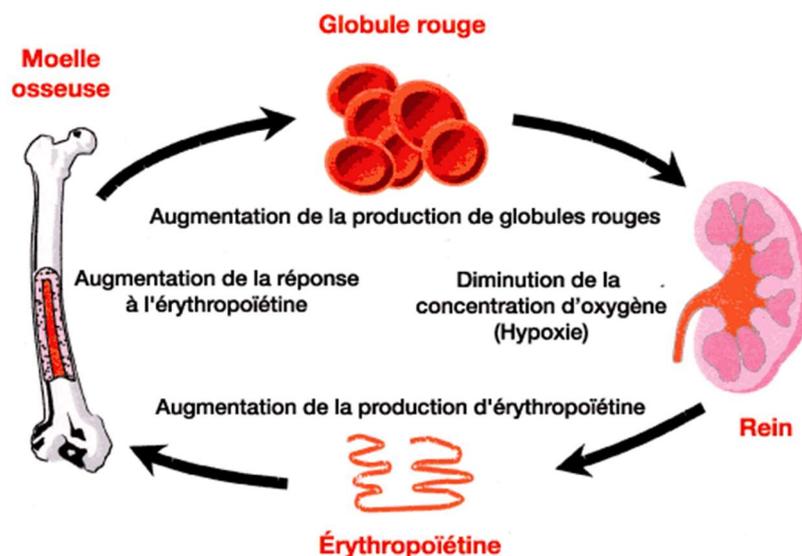
Exemple d'hormone :



Les trois lettres EPO signifient en fait Érythropoïétine. C'est une hormone glycoprotéique (elle comporte un glucide) et peptidique (composée de 265 acides aminés). Dans le corps humain, elle est naturellement sécrétée par les reins (90%), le foie et le cerveau. Sa production augmente lorsqu'il y a une baisse du dioxygène dans l'artère rénale (ainsi, le corps produit plus de globules rouges lorsque le dioxygène se raréfie, d'où l'utilisation de caissons hyperbares ou de l'entraînement en altitude). Dans la moelle osseuse, l'EPO stimule la production de globules rouges, ainsi, elle était initialement utilisée chez les patients souffrant d'anémies. Ce surplus de globules rouges permet un meilleur apport d'oxygène dans les muscles, ainsi, la VO<sub>2</sub>max (aptitude de l'organisme à utiliser le dioxygène lors d'un effort) du sportif augmente. Le sportif peut ainsi s'entraîner plus longtemps et gagner en capacité respiratoire et en endurance. Ce produit est efficace en cyclisme et en course de fond car il permet d'augmenter la respiration et la puissance, donc l'endurance.

On retrouve aussi l'EPO sous une forme synthétisée (EPO exogène ou de synthèse). Ce produit très apprécié dans le cyclisme et très réputé pourrait mériter à lui seul de faire le sujet d'un TPE. Il est aujourd'hui détecté lors de prises de sang ou de contrôles urinaires car l'EPO de synthèse est reconnaissable par rapport à l'EPO générique du fait de leurs structures moléculaires différentes. Ou alors si le pourcentage d'hématocrite dans le sang a un taux supérieur à 50%, l'athlète est suspendu.

Lance Armstrong, qui s'est vu retirer ses titres il y a quelques années, a avoué au monde entier à la télévision avoir consommé de l'EPO, ce produit est depuis devenu le plus célèbre du grand public.



### - Diurétiques :

Normalement utilisés pour traiter l'hypertension artérielle, les diurétiques sont des substances permettant d'augmenter la diurèse (débit urinaire) afin de faire diminuer la concentration de produits dopants dans les urines lors des tests urinaires, et ainsi d'en masquer la consommation, c'est ce que l'on appelle un agent masquant. Le débit urinaire est augmenté par un apport supplémentaire d'eau et de sodium dans le corps. Les diurétiques les plus puissants peuvent faire sécréter 6 litres d'urine par jour. Avant les années 1980, après l'arrivée, les sportifs ingéraient rapidement des diurétiques, puis urinaient tout ce que leurs corps contenait d'eau et de substances illicites, puis se faisaient injecter de l'eau distillée dans la vessie et enfin passaient aux contrôles. Ils sont surtout utilisés dans les sports concernés par les catégories de poids, la boxe et les sports de combat par exemple. Il facilite énormément la perte de poids rapide.

**Risques** : Déshydratation, Insuffisance rénale, Troubles musculaires et digestifs, calculs urinaires, décès.

Exemple de diurétique :



Le furosémide est un diurétique de formule chimique  $C_{12}H_{11}ClN_2O_5S$ . Elle inhibe une substance permettant la réabsorption du sodium au niveau de l'anse de Henle\*, ainsi, l'urine comporte davantage d'eau, de sodium, de potassium, de chlorure, de magnésium et de calcium, ce qui réduit la concentration de produits dopants contenus dans l'urine et fausse les analyses.

Un exemple d'athlète ayant eu recours à ce produit : Frank Schleck, troisième du Tour De France en 2011, il s'est fait retirer de la course après un contrôle positif aux diurétiques, il s'oppose à toutes les accusations à son encontre.

Dr Jean-Pierre Mondenard, qui est dans l'anti-dopage et qui a écrit de nombreux livres sur le cyclisme et le Tour de France explique clairement que si un coureur prend cette substance intentionnellement, alors que le produit est facilement détectable, le coureur sait qu'il s'expose à des sanctions et des mesures disciplinaires.

### **-Les agents anabolisants :**

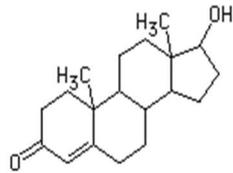
Les agents anabolisants sont des produits qui stimulent l'organisme et qui ont pour but de faire accroître la masse musculaire.

Les stéroïdes anabolisants sont une version synthétique de la testostérone, ces hormones stéroïdiennes agissent par rétrocontrôle sur l'hypophyse et l'hypothalamus. La testostérone est l'hormone sexuelle produite par l'homme qui fait apparaître les caractères sexuels masculins et qui agit sur un grand nombre de fonctions vitales de l'organisme, ce qui explique les effets secondaires.

Ils augmentent la synthèse des protéines dans les cellules, entraînant une augmentation de tissus cellulaires, surtout dans les muscles grâce aux protéines. Les effets dus à cette prise d'agents anabolisants sont :

- d'augmenter la croissance musculaire,
- d'améliorer la capacité de l'entraînement,
- d'améliorer la respiration ( $VO_2 \text{ max}^*$ ),
- d'augmenter la résistance à la douleur,
- de guérir une blessure de manière accélérée.

La testostérone  
 $C_{19}H_{28}NO_2$



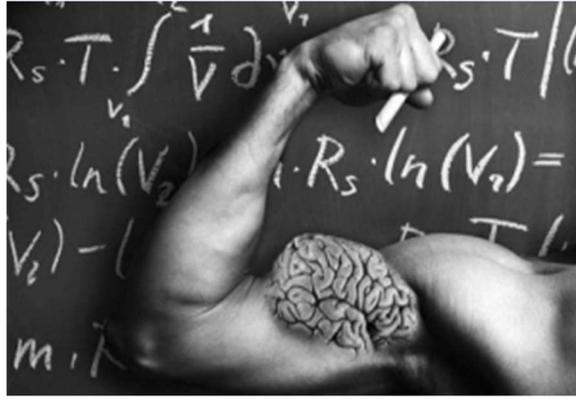
Les stéroïdes anabolisants aussi connus sous le nom de stéroïdes androgéniques anabolisants ont des effets virilisants, ils favorisent la croissance des cordes vocales et de la pilosité. Les sportifs les utilisent afin de sur développer leur masse musculaire, d'accroître leur puissance, notamment en musculation, dans le football Américain et dans le bodybuilding.

Risque : Cancer, suicide, agressivité, arrêts cardiaques, élargissement du ventricule gauche, problème de foie, impuissance, acné, calvitie, réduction des organes génitaux masculins, stérilité.

Pour citer un athlète d'un sport différent, nous avons choisi Ben Johnson, un coureur du 100 mètres canadien qui a pulvérisé à 2 reprises le record du monde avant le célèbre Usain Bolt, il l'avait établi à 9sec 79 !

Vous me direz aujourd'hui c'est bien 9sec 58, c'est bien pour cela que l'athlétisme suscite de nombreuses interrogations. Il paraît évident pour la majeure partie des experts qu'une grande partie de ces sportifs sont sous anabolisants. Ben Johnson l'a été et s'est fait supprimer ses titres, les athlètes russes des derniers Jeux étaient eux aussi en grande partie sous anabolisants. Ainsi que Floyd Landis, vainqueur sous testostérone en 2006 du Tour avec seulement 395 watts étalons de moyenne à son actif sur Marie-Blanque, Pla de Beret, l'Alpe-d'Huez.

B) Interaction des produits sur un muscle :



Lorsque l'on absorbe des dopants, il se produit des interactions électriques dans tout le corps. Le signal nerveux est transporté par les nerfs, et le sang transporte tout ce qui est nécessaire au fonctionnement d'un muscle. Les substances chimiques se diffusent dans le sang tout comme l'oxygène avec les globules rouges.

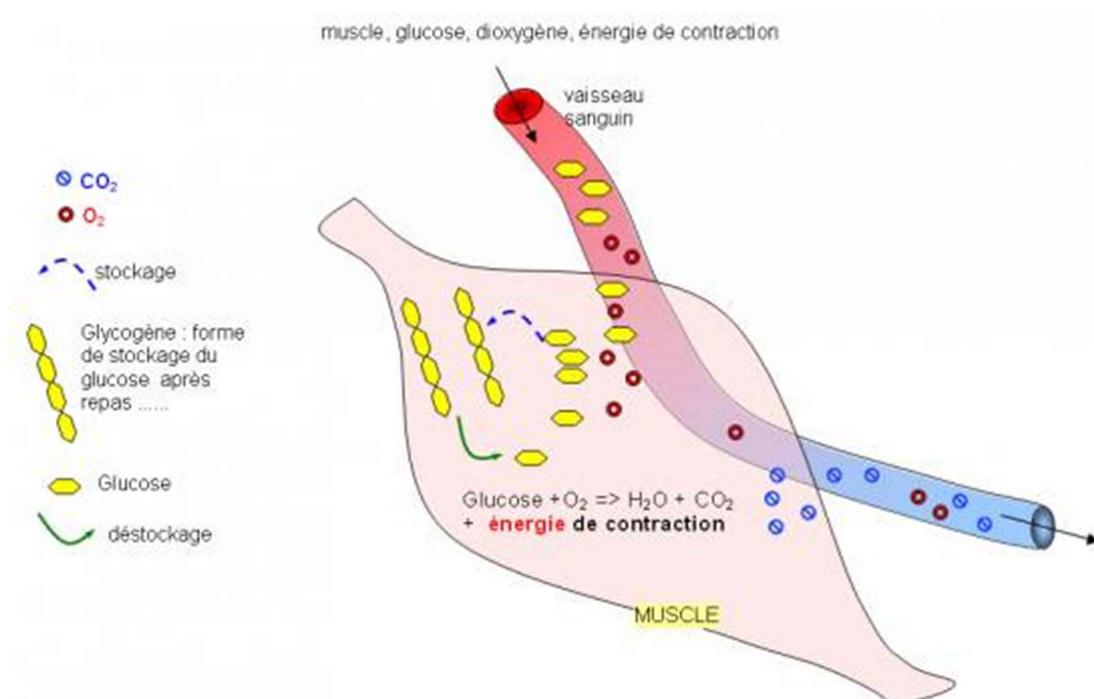
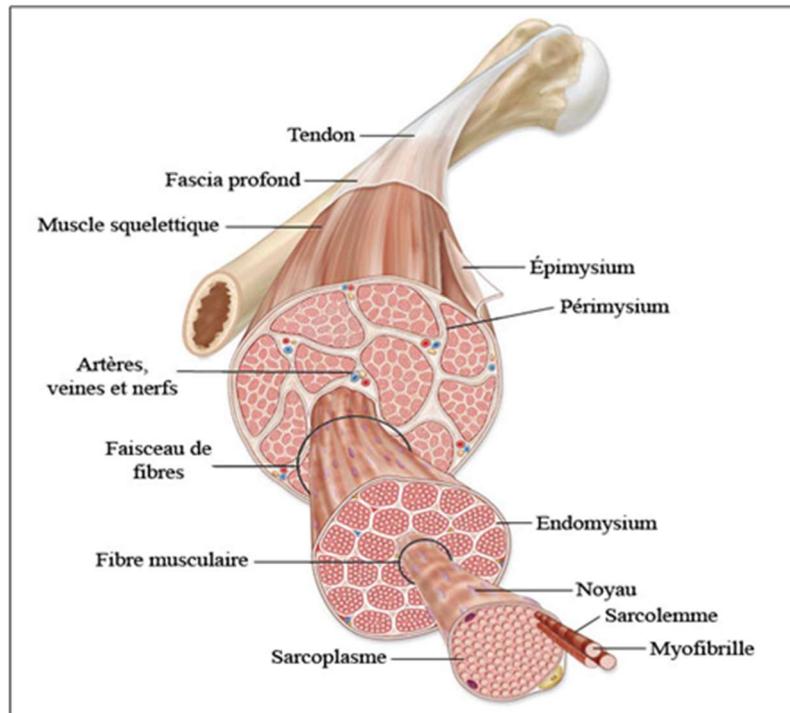
des produits des interactions

Les anabolisants : Les culturistes en utilisent pour gagner en masse musculaire mais la prise d'anabolisants est acceptée dans leur discipline et c'est ce qui en fait l'intérêt.

Les corticoïdes : Ils servent à améliorer la tonicité des muscles, c'est-à-dire à densifier la fibre musculaire afin de perdre en volume et en masse grasse. Ils sont beaucoup utilisés en course à pied et en cyclisme.

Les dopés choisissent le produit qui améliorera le rendement physique du muscle selon leur discipline. Ils ont besoin de prendre en masse ou non, de gagner en tonicité, d'être endurant ou explosif. Pendant leur action, les muscles produisent de l'acide lactique qui reste dans l'organisme et fatigue le corps. Des produits peuvent aider à éliminer ce déchet et ainsi pouvoir faire durer l'effort plus longtemps. Donc moins de courbatures, plus d'endurance et une meilleure efficacité.

Avant de parler des contraintes physiques bien connues chez l'Homme, qui sont des limites naturelles présentes en majeure partie au niveau du système cardiovasculaire et respiratoire. Il faudrait définir ce qu'est un muscle et comment il fonctionne.



Lors de l'effort, les poumons envoient plus de dioxygène vers les muscles et les organes, le sang est plus oxygéné qu'au repos mais ne peut contenir un taux trop élevé de dioxygène. Un produit tel que l'EPO, entraîne un risque de suroxygénation, le terme scientifiquement correct est l'hyperoxie, elle provoque des spasmes musculaires violents, car la fibre se contracte et le corps tétanise, puis des convulsions et enfin une reprise progressive de la conscience. L'hyperoxie c'est une augmentation anormale de la concentration de dioxygène dans l'organisme, soit plus de 21%. Si la pression artérielle est supérieure à 500

hectopascals à l'inspiration on peut parler d'hyperoxie.

Chaque humain possède une résistance physique à l'effort différente. Mais dans tous les cas la force et la puissance qu'un individu peut développer n'est pas infinie. Le dopage permet une force de contraction et une capacité à contracter presque infinie qui est inhumaine tout comme le fait de diminuer ou d'éliminer les déchets musculaires en très peu de temps. Les seuils et les limites humaines ont été traduits par palier en watts, une puissance qui peut être facilement rattachée à la réalité.

## **2<sup>ème</sup> partie : METHODES DE TRICHERIE ET CONTROLE ANTI-DOPAGE**

### A) Méthodes :

Il existe plusieurs méthodes de dopage :

- 1/ Les manipulations pharmacologiques, chimiques et physiques.
- 2/ Le dopage sanguin
- 3/ Le dopage génétique
- 4/ Le caisson hyperbare
- 5/ Le dopage mécanique
- 6/ L'automutilation

### **1/ Le dopage « classique »**

Les manipulations pharmacologiques, chimiques et physiques consistent en l'utilisation de substances ou de procédés permettant de modifier, ou tenter de modifier, l'intégrité et la validité des échantillons recueillis lors des contrôles anti-dopage. Le cathétérisme\*, la substitution ou l'altération des échantillons sont les manipulations les plus utilisées. C'est très courant mais de plus en plus détectable.

**EFFETS** : - infection de la vessie (cystite)

- inflammation du canal urinaire
- maux de têtes, vertiges, bouffées de chaleur

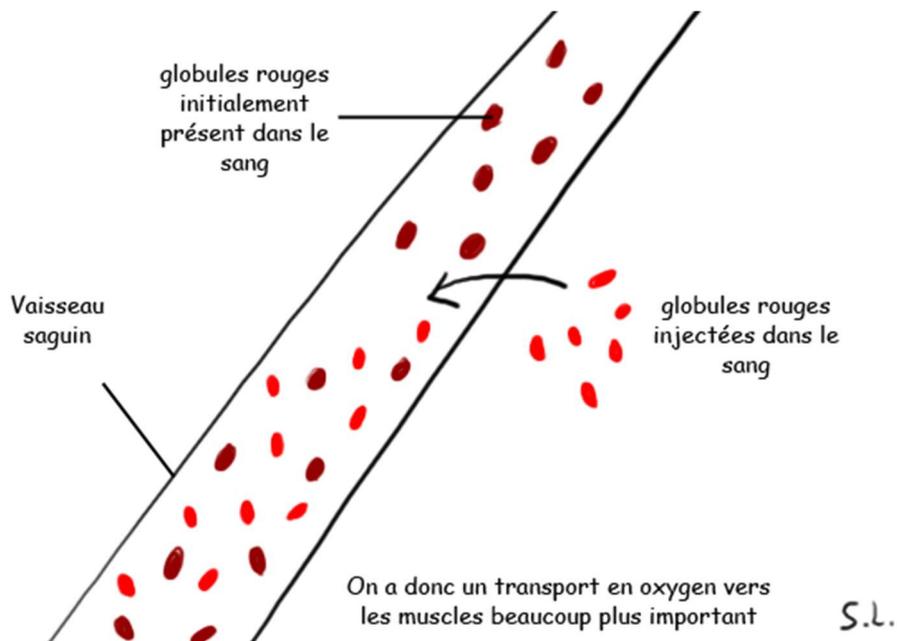
## **2/ Le dopage sanguin**

Il plus connu sous le nom d'autotransfusion, c'est le fait de se faire réinjecter son propre sang ou celui d'un donneur du même groupe sanguin. En apportant des globules rouges, il augmente la capacité d'oxygénation de ses tissus musculaires. Il améliore donc les performances des athlètes. Il fût mis en place par l'armée américaine en 1947 pour soigner des soldats blessés par la guerre. L'autotransfusion pose un réel problème, en effet cette transfusion sanguine autologue est courante et ne peut être détectée car elle n'emploie aucun produit. Le coureur peut prélever son sang, le conserver au frais pendant une durée de plusieurs semaines et ensuite se le réinjecter. Les prélèvements de sang se font surtout durant l'hiver et les périodes creuses. Il faut du temps au coureur pour reconstituer ses réserves de globules rouges. Typiquement on s'auto- prélève 1 litre que l'on se réinjecte en 3 fois sur 3 semaines (voir le cas de Floyd Landis en 2006). Certaines substances comme l'EPO peuvent accélérer le processus de réapprovisionnement.

Juste avant la compétition le sang très concentré en oxygène est réinjecté dans l'organisme pour que le taux d'hématocrite\* soit au maximum avant l'épreuve. La seule manière d'être détecté est de se faire prendre en flagrant délit ou par la découverte de poches de sang. Le passeport biologique qui sera décrit plus loin peut mettre fin à cette pratique. En buvant beaucoup, un coureur peut faire redescendre son taux anormalement élevé d'hématocrite avant de se faire contrôler. Le cyclisme est le seul sport où l'on effectue des prélèvements sanguins. Dans les autres sports, on essaye de faire passer inaperçue cette tricherie pourtant très appréciée et très pratiquée par les athlètes.

### **EFFETS :**

- infections
- obstruction des vaisseaux sanguins
- arrêt cardiaque pouvant entraîner la mort

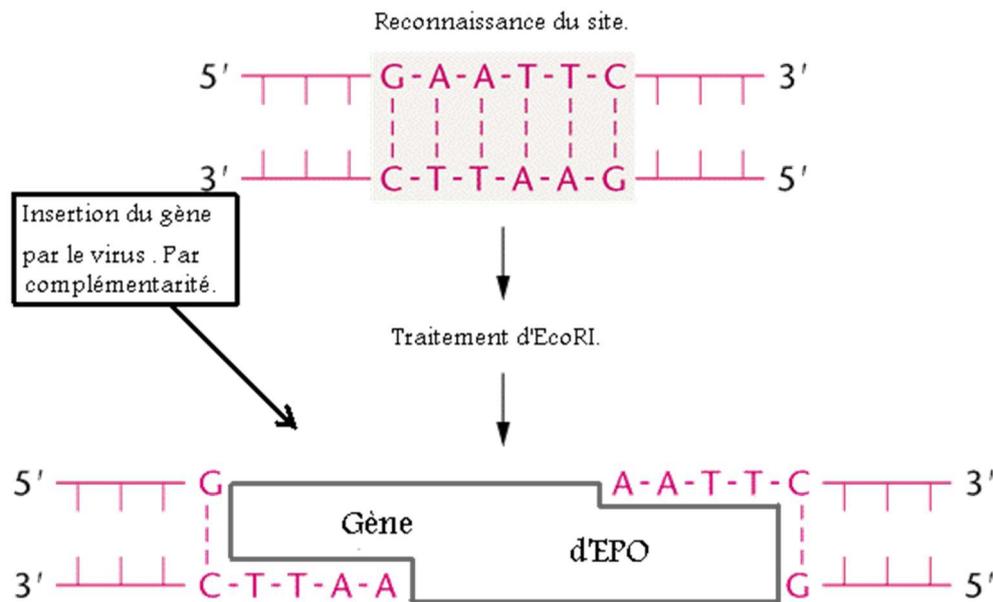


### 3/ Le dopage génétique

Le dopage génétique est également une méthode de tricherie, qui consiste à modifier la structure génétique d'un athlète en vue d'augmenter ses performances. Il s'agit alors de lui injecter ou de lui greffer certains gènes afin d'améliorer la fonction d'une cellule (normale). Des virus inactivés amènent alors les gènes dans les cellules cibles et les gènes peuvent ensuite produire des enzymes et des protéines. Concrètement, la méthode du dopage génétique consiste à l'introduction d'un gène capable de produire de l'EPO, par exemple, dans le muscle, ou un gène de facteur de croissance dans la cellule d'un tendon.

Les méthodes sont presque les mêmes que celles utilisées en médecine générale pour soigner les maladies génétiques. Si, en effet, la prise de produits synthétisés est facilement détectable, la preuve d'une production anormale de facteur de croissance musculaire ou hématopoïétique dans l'organisme ne l'est pas et seules les traces prouvant qu'il y a eu des manipulations génétiques effectuées permettent de détecter cette pratique.

**EFFETS :** - ils sont méconnus aujourd'hui mais certains effets indésirables ont été constatés



Une méthode encore un peu balbutiante mais qui risque de se développer avec les progrès du génie génétique.

#### 4/ Le caisson hyperbare

C'est un compartiment dans lequel le taux d'oxygène contenu dans l'air est diminué. Cette diminution du taux d'oxygène est similaire à celle qui se produit en altitude. Il permet donc de s'entraîner avec un faible taux d'oxygène, ce qui entraînera une multiplication des globules rouges dans l'organisme. Cet apport d'hématies sert à transporter davantage d'oxygène dans les muscles du sportif.

**EFFETS :** - augmentation de la viscosité sanguine pouvant provoquer des problèmes cardiaque.

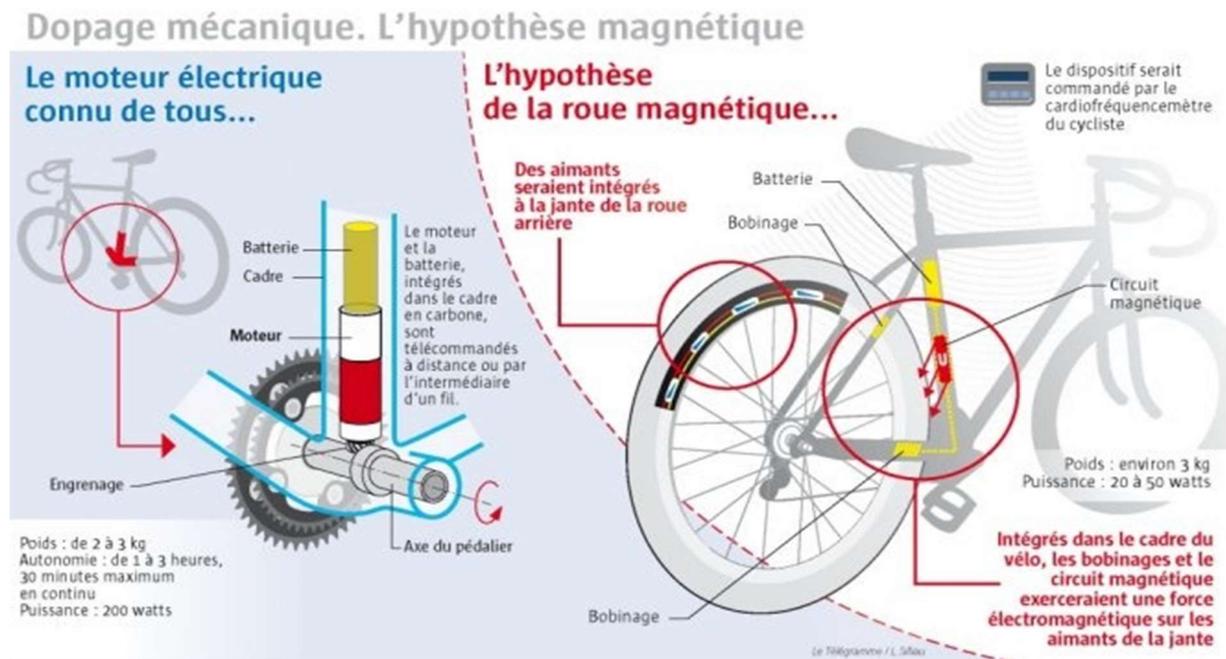


**5/ Il existe une nouvelle forme de dopage appelée « dopage mécanique » aussi appelé fraude technologique.**

Le principe est de placer un moteur électrique ou un mécanisme magnétique dans le cadre d'un vélo.

Ce dopage électrique permet au coureur d'aller plus vite tout en préservant son organisme intact et avec cette méthode les résultats sont encore plus probants qu'avec les produits. Ce type de dopage est récent et très onéreux, les premiers systèmes de ce genre ont été inventés par les célèbres fabricants de cycles italiens et coûtaient en moyenne 100 000 euros. Depuis le prix s'est démocratisé. Le montage magnétique dans la roue n'est pas détectable car il ne laisse aucune signature thermique contrairement aux moteurs électriques. C'est donc très discret, du moins quand le coureur ne se repose pas durant l'ascension d'un col au bout de 200 kilomètres de course ou que son cœur ne bat pas plus vite alors que son corps est censé produire un effort considérable. Pour le moment l'Union Cycliste International (UCI) vérifie avec une tablette les vélos mais ne pèse pas les roues arrière des vélos, or certains systèmes sont logés dans les roues arrière et le surpoids des roues est la seule manière de détecter les systèmes (+ 800 grammes). En rencontrant un chercheur allemand, il a été évoqué la possibilité de mettre des caméras thermique au bord des routes par l'avenir. Des tests ont été réalisés et cela fonctionne bien, d'ici les prochaines années il faut s'attendre à ce que la fraude technologique se développe, « tant que les contrôles anti-dopage ne seront pas plus précis et réguliers, les tricheurs n'auront pas de bâton dans les roues et continueront de survoler les courses sans aucune difficulté. » nous a dit Mathieu Boulo, cycliste professionnel.

**EFFETS :** - aucuns effets connus à ce jour sauf lorsque le coureur tombe et que ça roue continue de tourner alors qu'il est arrêté.



Et enfin la méthode la plus étonnante que nous ayons découverte est l'automutilation, il fallait y penser tout de même !

## **6/ L'automutilation :**

Un nouveau phénomène qui sera suivi de près très certainement à partir de maintenant, l'automutilation met la santé des athlètes en danger et augmente de manière purement naturelle les performances d'un sportif qu'il soit handicapé ou non.



C'est le fait de se fracturer volontairement un orteil, blesser ses membres infirmes pour stimuler la pression sanguine. L'automutilation est une forme de dopage spécifique aux handicapés qui a été surveillée de près aux Jeux paralympiques de Rio 2016. Cette pratique concerne les sportifs atteints d'une lésion de la moelle épinière. Outre la paralysie et la perte des sensations dans leurs membres infirmes, ils souffrent également souvent de problèmes de pression sanguine et de rythme cardiaque. En conséquence, lors d'un effort violent, les personnes en fauteuil ne voient pas leur fréquence cardiaque augmenter à la hauteur des demandes générées par leur corps. D'où des performances en berne, une fatigue liée à de trop faibles pressions sanguines et un manque d'endurance.

Dès lors, certains compensent ces faiblesses par de l'automutilation sur leurs membres insensibilisés, qui ne ressentent pas la douleur. Avec pour effet d'augmenter la pression sanguine, d'améliorer l'afflux de sang dans les muscles et donc, in fine, d'obtenir de meilleures performances. Chocs électriques, saignées, blocage de la sonde urinaire pour distendre la vessie, cuissardes trop serrées sur les membres inférieurs, torsion ou écrasement des testicules, fracture du gros orteil...

## B) Passeport biologique d'un coureur (suivi longitudinal) :

Pour lutter contre le dopage dans le sport et plus précisément parmi les adeptes du cyclisme, un « passeport biologique de l'athlète » a été mis en place dans l'Hexagone en 2008, à l'occasion du Tour de France. Objectif : suivre les marqueurs

sanguins de chaque cycliste de haut niveau tout au long de son parcours.

Le principe consistant à détecter la présence d'une substance dopante à partir de ses effets à long terme sur l'organisme, il nécessite des prélèvements sanguins et d'urine répétés tout au long de l'année. Et ce sont leurs résultats qui sont reportés sur le passeport, permettant de détecter toute irrégularité.

Il s'agit d'une alternative aux contrôles aléatoires qui étaient jusque là pratiqués. Son avantage principal réside dans la plus grande fiabilité de ce suivi, par rapport aux tests classiques centrés sur la recherche de traces de produits interdits. Expérience apparemment concluante, puisque le nouvel outil a été étendu à l'athlétisme en 2009.

Le passeport biologique d'un cycliste est un document électronique qui contient tous les contrôles que le coureur a pu subir durant sa carrière. Il permet de déceler des violations de la réglementation antidopage en détectant des variations anormales des marqueurs biologiques observés, plutôt que par la seule détection de substances interdites.

Le passeport contient deux sous-parties : le passeport hématologique\* et le passeport endocrinologie\*, comprenant lui-même le passeport stéroïdien\*.

Le programme du passeport biologique dans le cyclisme commence au début de l'année 2008 avec les premiers prélèvements sanguins et urinaires servant à établir les profils des coureurs.

En 2008, le passeport concerne tous les coureurs membres d'une équipe « Protour », d'une équipe continentale professionnelle titulaire du label Wild Card, ou de « toute autre équipe désignée par un groupe de travail ». En 2009, 36 équipes participent au passeport biologique : les 18 équipes « Protour » et 18 des 21 équipes continentales professionnelles. En 2010, la participation au passeport biologique est une condition pour prendre le départ d'une course du calendrier mondial et concerne 850 coureurs. Sur les bases des données de leur passeport biologique, l'UCI a demandé l'ouverture de procédures disciplinaires à l'encontre de huit coureurs, cinq en 2009 et trois en 2010. La première sanction basée sur le passeport biologique est prononcée en mai 2010 par le tribunal national antidopage du comité olympique national olympique (CONI) à l'encontre de Francisco De Bonis, suspendu deux ans et condamné au paiement d'une amende de 13 000 euros.

### C) Test urinaire et sanguin :

Avant de voir comment fonctionne un contrôle anti-dopage classique il faudrait connaître sa fiabilité, son efficacité et quelle est son importance au sein du cyclisme.

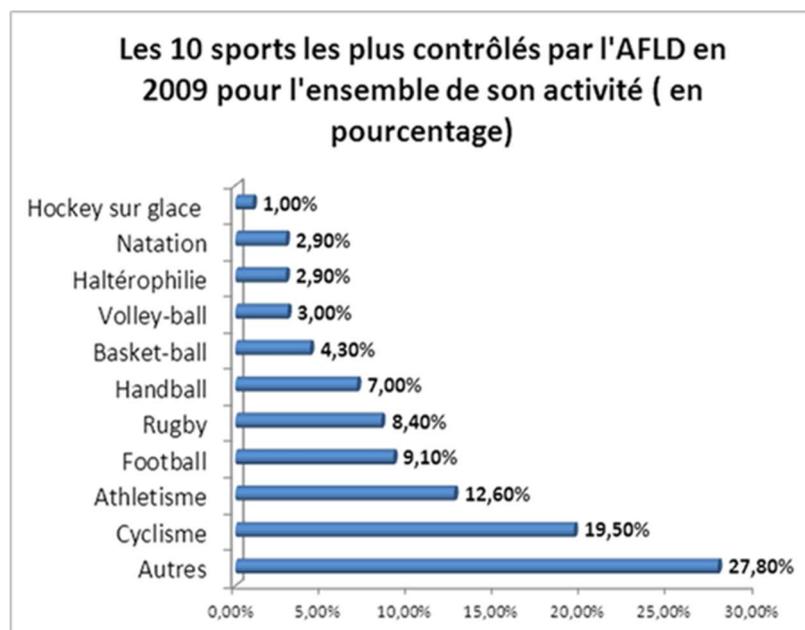
Les contrôles sont inefficaces car ils sont facilement contournables, nous ont dit des cyclistes dans des vidéos ou dans des interviews. Jérôme Chiotti qui s'est retiré du milieu du cyclisme mais qui nous dit que la philosophie reste la même au fond aujourd'hui, nous a expliqué que les contrôles anti-dopage veulent faire croire que le cyclisme est propre alors qu'ils ne contrôlent qu'une maigre partie de la zone visible de l'iceberg.

En 2014, selon l'Agence Mondiale Anti-dopage, 283 304 contrôles ont été effectués tous sports confondus. 3 154 contrôles se sont révélés positifs, soit un recul de 10% par rapport à 2013. Les produits anabolisants représentent 48% des substances interdites détectées, devant les stimulants (15%) et les diurétiques et autres agents masquant (13%). Le football a été le sport le plus contrôlé (31 242 contrôles dont 144 se sont révélés positifs), devant l'athlétisme (25 830 contrôles dont 261 positifs) et le cyclisme (22 471 contrôles dont 221 positifs).

En résumé, seulement 1,1% des athlètes ont été contrôlés positifs en moyenne.

Alors qu'en 1998, l'année des plus gros scandales en terme de dopage, le nombre de dopés restait inférieur aussi à 2%, sur 7113 contrôlés dans le cyclisme, seulement 132 ont été positifs.

L'effet loupe des médias est là significatif puisque la grande majorité des athlètes ne se dopent pas.



Dans le monde, 35 laboratoires sont accrédités par l'A.M.A (Agence Mondiale Antidopage) pour analyser les prélèvements. En France, le seul laboratoire accrédité est celui de l'AFLD (Agence Française de Lutte contre le Dopage). Son rôle

est de détecter la prise de substances dopantes chez un sportif, en ou hors compétition. Les personnes chargées des contrôles sont appelées « préleveurs », elles sont agréées par l'AFLD et assermentées par le procureur de la République.

En pratique, le sportif est tiré au sort en fonction de ses résultats en compétition ou sur libre choix du préleveur. Le sportif reçoit alors une convocation lui indiquant les modalités du contrôle. Lors de son arrivée au local antidopage, le préleveur s'entretient avec le sportif, relève le nom des médicaments pris par celui-ci et vérifie la présentation d'une éventuelle autorisation d'usage à des fins thérapeutiques (AUT). Le sportif passe ensuite par la phase de prélèvement. Il est possible de prélever des cheveux, de la salive et du sang, mais les principaux prélèvements sont ceux de l'urine, car ils sont plus faciles à réaliser.

Une fois le prélèvement réalisé, l'échantillon est acheminé au laboratoire. Après une première analyse rapide, appelée le screening, permettant de détecter la présence ou non d'un dopant, une deuxième étape plus approfondie permet de détecter de quelle substance il s'agit.

Les scientifiques utilisent des appareils de mesure pour révéler la présence de produits dopants. Ils ont recours à la spectrométrie et à la chromatographie.

#### - Par spectromètre :

Cette technique est employée pour détecter les anabolisants, présents en trop forte quantité. Pour réaliser une spectrométrie, il faut donc utiliser un spectromètre à déflexion magnétique.

Ce dispositif est très précis et utile pour analyser l'urine d'un athlète. On peut trouver des substances dopantes dans l'urine et vérifier si elles sont produites naturellement par l'homme.

A partir de l'échantillon d'urine, les substances qui y sont contenues sont ionisées. Ces ions sont accélérés par un champ électrostatique. Puis un champ magnétique se crée, provoquant la déviation de la trajectoire de ces ions. Il est possible de faire varier l'intensité de ce champ magnétique, pour alors détecter et mesurer les proportions de tous les constituants de l'échantillon. Il faut donc régler le détecteur grâce à l'ordinateur pour qu'il traite les données transmises par l'appareil.

#### - Par chromatographie :

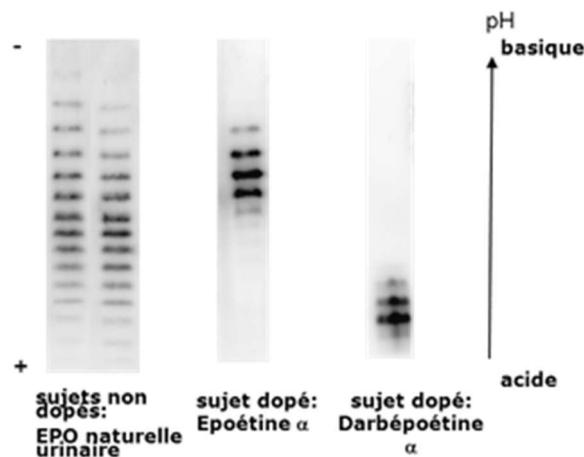
Cette technique est basée sur la différence de solubilité d'une substance dans deux phases, l'une stationnaire liée au support, et l'autre mobile, liée au solvant. Grâce

à la chromatographie il est possible d'analyser un mélange, de vérifier si une substance est pure et de reconnaître les constituants d'un mélange par comparaison. Les substances solubles migrent plus vite et plus haut que les substances moins solubles. Le solvant s'élève par capillarité le long du support et entraîne avec lui les différents constituants du mélange analysé.

Exemple : Méthode de dépistage de l'EPO par analyse de l'urine par chromatographie.

Il y a très peu d'EPO dans l'urine. Il faut donc tout d'abord concentrer l'urine pour ramener l'EPO à un taux analysable (par évaporation), puis, différencier les deux formes d'EPO grâce à leurs charges électriques. Elles vont être séparées par un champ électrique et ne migreront donc pas au même endroit. On obtient alors une image chromatographique qui nous montre la position de l'EPO après sa séparation dans le champ électrique. Le danger de travailler sur un concentré d'urine est qu'il y a beaucoup d'autres protéines n'ayant rien à voir avec l'EPO et qui sont parfois un million de fois plus concentrées que l'EPO.

Voici l'image d'un test de dépistage de l'EPO dans l'urine d'un individu :



Dans le cas d'une analyse positive, la fédération ou l'AFLD informe le sportif de manière confidentielle de la positivité de son contrôle. Une procédure disciplinaire est alors mise en œuvre. Le sportif est informé qu'il peut dans un délai de cinq jours demander, à ses frais, une seconde analyse. Il peut alors désigner un expert qu'il souhaite voir assister à cette analyse de contrôle. Le sportif peut être présent dans les locaux du laboratoire, assisté s'il le souhaite d'un avocat.

### **3<sup>ème</sup> partie : ETUDE DES PERFORMANCES A L'AIDE DES WATTS**

Le watt est une unité de mesure de puissance avec laquelle travaillent les cyclistes. Ils ne sont pas une preuve légale mais offrent un bon ordre d'idée.

Les calculs de puissance en watts prennent en compte de nombreux paramètres mais certains facteurs sont remis en question pour leur précision. Ils ont donc une marge d'erreur qui pourrait disqualifier la méthode. Mais depuis les années 1990, Frédéric Portoleau établit ses mesures et ses calculs avec minutie et la marge est très faible. De ce fait, ce système indirect n'est pas validé comme étant un contrôle fiable permettant d'affirmer qu'un cycliste est dopé. Néanmoins, on peut avoir de fortes suspicions à l'égard de performances très douteuses, qui font bondir. Certaines sont qualifiées de mutantes : c'est-à-dire qu'un humain normal ne pourrait atteindre ces performances. Nous nous poserons donc la question suivante : Pouvons-nous oui ou non établir un lien entre ces performances miraculeuses et la prise de produits dopants ?

« Depuis les années 1990, les produits ou méthodes qui oxygènent le sang permettent aux leaders de produire une puissance, exprimée en watts, presque double de celle d'un âne du début du siècle tirant une charge ».

Plutôt que de se fier à des contrôles anti-dopage facilement contournables. Nous nous sommes penchés sur une méthode plus objective. Le « je n'ai jamais été contrôlé positif » doit faire place à « je n'ai jamais été flashé au radar 430 watts étalon dans le derniers col d'une longue étape de montagne » dit Antoine Vayer qui a popularisé cette méthode en écrivant notamment « Tous dopés, La preuve par 21 ».

Imaginez qu'un Christophe Lemaitre, premier homme blanc à être passé en dessous de la barre du 10 secondes au 100 mètres en athlétisme se mette subitement à faire un 9 sec 60 ! Vous feriez des bonds !

On peut aussi énoncer le cas de Froome, qui, en 2013, sur le Mont Ventoux est passé de 19 km/h à 31 km/h en 5 secondes, alors que la pente était grosse. Soit une puissance instantanée de 1028 watts.

Une autre unité a été définie, c'est le cyclopower, soit 410 watts, cela équivaut à un 9 secondes et 7 dixièmes sur un 100 mètres en athlétisme. La performance de Ben Johnson, pour les amateurs d'athlétisme. On peut dire qu'il y a toujours de nombreux Ben Johnson dans un peloton de cyclisme mais avec des taux de graisse inférieurs à 8% grâce à l'usage de corticoïdes. En cyclisme, nous pouvons mesurer les « Ben Johnson » grâce à une unité de puissance : le watt à la place des secondes.

Après la période de Miguel Indurain et de sa concurrence qui ont fait exploser les records puissances en dépassant largement la barre du cyclopower dans les cols finaux ciblés pour la mesure. 1998 marque une parenthèse avec Marco Pantani, qui a dépassé les doses prescrites et qui n'est plus là malheureusement pour nous faire part de ses incroyables performances.

### **Mais comment procède-t-on pour réaliser ces mesures ?**

On peut le faire de devant sa télévision assis dans son canapé : on enclenche un

chronomètre au point de départ précis référencé pour les principales difficultés du Tour de France par exemple, puis on l'arrête au sommet. C'est-à-dire que l'on connaît l'altitude, le pourcentage de la pente, la densité de l'air, et il faut connaître d'autres paramètres comme, entre autres, la surface frontale, les coefficients de roulement, le poids, la taille, et le profil aérodynamique du coureur ainsi que d'autres calculs scientifiques comme la VO2 max, l'index d'endurance, la biologie...

Vous pourrez ainsi dire comme un professionnel en la matière que vous avez vu, de vos propres yeux, le dopage.

-Explication simplifiée du calcul de la puissance :

Poids : 68 kg

Poids vélo + équipement : 76 kg

Surface frontale : 0,45 m<sup>2</sup>

Cx (coefficient de traînée, mesurant la pénétration dans l'air) : 0,825

Coefficient de roulement : 0,004

Vitesse moyenne : 21,74 km/h

Pourcentage moyen : 8,28 %

Densité de l'air 1000 m, 25 °C : 1,11

Rendement du vélo : 97,5 %

Plus de détails :

Puissance nécessaire pour combattre les frottements de l'air =

$$1,1/2 \times 0,45 \times 0,825 \times (21,74/3,6)^3 = 45 \text{ watts}$$

$$\text{Puissance/roulements} \quad 0,004 \times 9,81 \times 76 \times (21,74/3,6) = 18 \text{ watts}$$

$$\text{Puissance/gravité (poids)} \quad 76 \times 9,81 \times (21,74/3,6) \times 8,28/100 = 373 \text{ watts}$$

$$\text{Puissance totale (P/air + P/roulements + P/gravité)} \times 100/97,5 = 436 \text{ watts}$$

Il faut ajouter à ces 436 watts la perte de puissance due à la transmission entre le pédalier et la roue arrière, 2,5 %. Le coureur devra en réalité produire 2,5 % de puissance supplémentaire au niveau du pédalier, soit  $436 \times 1,025 = 447 \text{ watts}$ .

Il faut également prendre en considération l'aspiration, qui apporte un gain de puissance de 2 % pour le coureur. Christopher Froome est resté abrité pendant les deux tiers de la montée avant son attaque. On suppose un gain de 30 % des forces aérodynamiques pendant cette période donc  $0,66 \times 43/3 = 9 \text{ watts}$ , quand il est resté dans la roue de Richie Porte. La puissance réelle estimée est finalement

ramenée à 436 watts soit : (447-2-9), ou encore 6,4 W/kg.

Comparaison entre la méthode directe (grâce à un SRM avec calcul direct), et la méthode de Frédéric Portoleau dite indirecte :

« Dans notre radar n° 2 du Tour 2013 de Hourquette Ancizan, une montée de 10,4 km effectuée en 31 min 51 s, nous avons eu accès au fichier SRM d'Alejandro Valverde, qui mesure sa puissance en direct. Il a développé 323 watts et nous lui avons trouvé par méthode indirecte une puissance de 329 watts, soit 2 % de différence ». (Extrait d'un article du journal Le Monde d'Antoine Vayer).

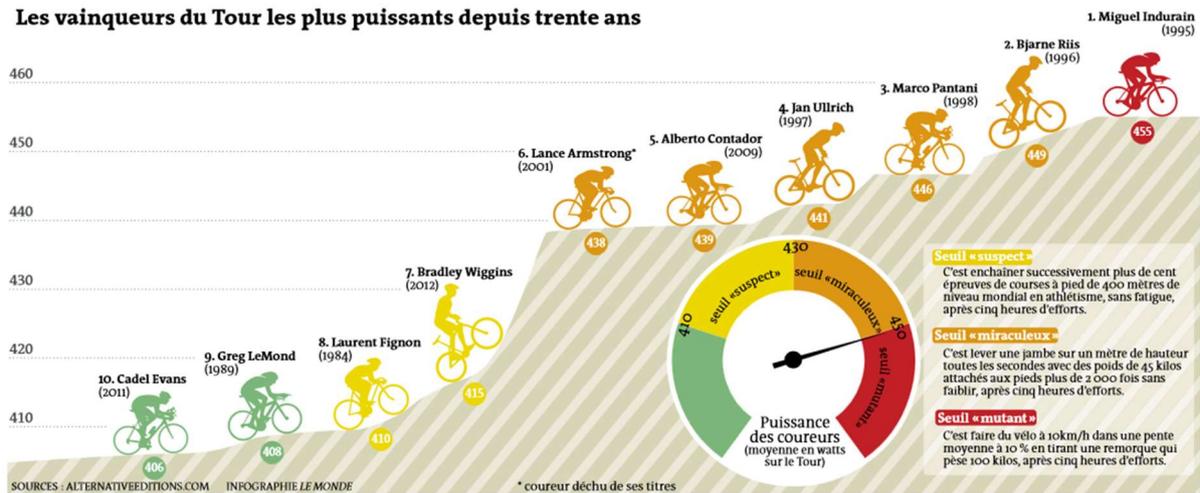
Le rapport W/kg obtenu est de 5,4. Sa puissance étalon est de 370 watts (coureur de 78 kg avec vélo).

**Un gain de puissance de 2 % a été utilisé pour l'effet d'aspiration (drafting). En effet les watts sont contestés mais la marge d'erreur des calculs s'est bien améliorée avec le temps et les calculs de Frédéric Portoleau comporte une marge d'erreur allant de +/- 2 % à +/- 5%, car on ne connaît pas le poids exact d'un coureur le jour même. Ce qui est très peu en réalité sur le résultat final.**

Quintana en a sous la pédale en 2013. Il établit le record de Semnoz, avec 444 watts de moyenne et 31 min 17 s pour grimper 11 km de Quintal de 738 au crêt de Châtillon (1 655 m), avec une pente moyenne de 8,34 %, c'est hors catégorie. « Nous avons pris les devants et avons, hélas, prédit son temps en nous trompant de 20 secondes sur les prévisions les plus "optimistes". C'est ce qui nous rend pessimiste. »

(Extrait d'un article d'Antoine Vayer dans le journal Le Monde).

## Les vainqueurs du Tour les plus puissants depuis trente ans



La couleur verte symbolise ce qui est « humainement acceptable au niveau des performances ». La couleur jaune c'est le seuil suspect, l'orange c'est le seuil miraculeux et au-delà de l'impossible il y a le rouge qui désigne le seuil mutant.

### QUATRE ASCENSIONS À CHRONOMÉTRER

En watts, la puissance développée pendant la montée

**10 juillet - 7<sup>e</sup> étape**

El Serrat > col de l'Arcalis  
10 km à 6,7 %

Durée de l'ascension ▶

dopage  
avéré  
410 W

dopage  
«miraculeux»  
430 W

dopage  
«mutant»  
450 W

**Jan Ullrich**  
Tour 1997,  
480 W

25' 54"

24' 58"

24' 05"

22' 55"

**19 juillet - 15<sup>e</sup> étape**

Le Châble > col du Verbier  
8,8 km à 7,48 %

Durée de l'ascension ▶

**Kim Kirchen**  
Tour de Suisse 2008,  
445 W

24' 46"

23' 48"

23'

**22 juillet - 17<sup>e</sup> étape**

Entrée du Reposoir > col de la Colombière  
8 km à 8 %

Durée de l'ascension ▶

**Juan Mauricio Soler**  
Tour 2007,  
450 W

23' 47"

22' 51"

22' 00"

**25 juillet - 20<sup>e</sup> étape**

Saint-Estève > Mont Ventoux  
15,9 km à 8,58 %

Durée de l'ascension ▶

**Marco Pantani**  
Tour 1994,  
445 W

49' 25"

47' 25"

46' 45' 35"

## 410 watts

Le dopage avéré, c'est par exemple enchaîner successivement plus de cent 400 mètres de niveau mondial en athlétisme, sans fatigue, après cinq heures d'effort.

## 430 watts

Le dopage «miraculeux», c'est lever une jambe sur un mètre de hauteur toutes les secondes avec des poids de 45 kilos attachés aux pieds plus de 2 000 fois sans faiblir, après cinq heures d'effort.

## 450 watts

Le dopage «mutant», c'est par exemple faire du vélo à 10 km/h dans une pente moyenne à 10% (n'existe pas en France) en tirant une remorque qui pèse 100 kilos, toujours après cinq heures d'effort.

## EXPERIMENTATION du calcul :

**Rappel :** Nous nous sommes appuyés au niveau expérimental sur des tests réalisés à Plumelec dans le département par Matthieu Boulo, coureur cycliste professionnel, récent 21ème des derniers championnats du monde Cyclo-cross et 1er Français, qui a monté sa célèbre côte de Cadoudal 32 fois depuis 3 ans en enregistrant ses watts chaque fois sur le logiciel Strava dans un segment, afin de posséder des mesures directes de ses performances avec un SRM. Puis, nous avons calculé cette même performance avec cette méthode complexe indirecte pour calculer les marges d'erreurs et la fiabilité de la méthode et comparer lecture directe et calculs indirects. C'est l'Espagnol Alejandro Valverde qui a le « triste » record de notre montée test de Cadoudal en 3mn10 secondes avec 590 watts, performance réalisée lors de l'arrivée du Tour de France en 2008 à Plumelec quand il a gagné l'étape. Il a été ensuite suspendu pour dopage deux années dans le cadre de l'affaire Puerto. Le meilleur temps de Matthieu Boulo dans Cadoudal est de 4mn23 secondes avec 477 watts. Matthieu Boulo est reconnu comme un athlète professionnel qui n'a jamais triché.

**Lieu côte Cadoudal à Plumelec : Pente de 6% de dénivelée, segment de 1,84 km, passage de 43m d'altitude à 154m**

### Détails du calcul indirect des watts de Matthieu BOULO selon sa morphologie et les conditions

CADOUDAL Matthieu BOULO pour 64 KG												bas	haut	température	vent (km/h)						
Calcul des watts par la méthode indirecte :												43	154	25	0						
modélisation qui a servi au calcul des 32 montées depuis 2014 pour comparaison avec calcul direct SRM												184	<-D horizontale								
x												km	°	1,225	<-densité 0m						
(R002 DRoute->)												184	121828367								
coureurs	taille-cm	poids-kg	Vélo	S	Cx	Scx	% de temps en peloton	réduction de Cx	% de temps en petit groupe	réduction de Cx	Scx draft	Scx etalon	temps	ecart	vitesse	watts	watts air	watts pesanteur	ratio air/pesanteur	watts/kg	watts/kg velo
BOULO	175	64	9	0,425	0,825	0,351	0,000	0,700	0,000	0,750	0,351	0,371	00:04:30	00:00:00	24,53	<b>381</b>	67	294	22,88%	<b>5,96</b>	5,22
BOULO	175	64	9	0,425	0,825	0,351	0,000	0,700	0,000	0,750	0,351	0,371	00:04:45	00:00:05	23,24	<b>355</b>	57	279	20,52%	<b>5,54</b>	4,86
BOULO	175	64	9	0,425	0,825	0,351	0,000	0,700	0,000	0,800	0,351	0,371	00:05:00	00:00:30	22,08	<b>332</b>	49	268	18,57%	<b>5,18</b>	4,54
BOULO	175	64	9	0,425	0,825	0,351	0,000	0,700	0,000	0,800	0,351	0,371	00:05:05	00:00:45	21,03	<b>311</b>	42	262	16,82%	<b>4,87</b>	4,29
BOULO	175	64	9	0,425	0,825	0,351	0,000	0,700	0,000	0,800	0,351	0,371	00:05:30	00:01:00	20,07	<b>294</b>	37	241	15,32%	<b>4,59</b>	4,02
													00:04:30								

### Après calcul indirect, tableau de comparaison avec les chiffres mesurés depuis 2014 ( 32 mesures) pour évaluer la marge de différence et fiabilité entre les calculs directs/indirects

DATE	15/05/13	15/05/13	15/05/13	18/12/13	21/01/14	05/08/14	08/09/15	14/11/15	14/11/15	05/12/15	04/03/16	18/03/16	18/03/16	31/03/16	31/03/16	22/04/16	22/04/16	14/06/16	14/06/16
<b>Temps</b>	03:58	04:00	04:32	06:27	06:13	04:23	04:40	04:24	04:41	03:53	05:56	06:18	05:03	5:54	4:39	5:10	4:49	6:16	4:35
Route Test						Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
FC						162	169	167	164	169	151	151	171	150	168	163	161	145	173
FC Max						170	176	179	173	174	158	163	176	158	174	167	166	151	178
Cadence						78	78			78	79	73	75	74	76	72	68		
Vitesse km/h	27,8	27,5	24,3	17,1	17,7	25,1	23,6	25	23,5	28,4	18,6	17,5	21,8	18,7	23,7	21,3	22,9	17,6	24
Watts				282w	285w	477w	331	375	342	469	284	251	366	306	395	329	353		est 340
Puissance Max										937	608	487	751	554	660	652	588		
Zone						V3	V4	V4	V4	V4	V2	V2	V4	V2	V3	V4	V4	V2	V4 bloc
Vent						Dos					Côté	face	face droite	face	face	gauche	gauche	Dos	Dos
Type Vélo						CLM					Route	route	route	route	route	route	route	route	route
Calcul indirect				243	254		365	395	363	471	269	250	329	271	367	320	350		
Watts ?				282	285		331	375	342	469	284	251	366	306	395	329	353		
Marge erreur %				13,8298	10,8772		10,2719	5,33333	6,14035	0,42644	5,28169	0,39841	10,10929	11,4379	7,08861	2,73556	0,84986		
DATE	14/08/16	24/08/16	12/10/16	26/10/16	26/10/16	26/10/16	26/10/16	09/11/16	09/11/16	09/11/16	06/12/16	06/12/16	06/12/16	08/12/16	17/12/16	04/01/17	04/01/17	04/01/17	04/01/17
<b>Temps</b>	5:15	5:04	7	5:16	4:43	5:06	6:03	5:26	5:21	5:26	5:37	4:28	4:52	5:19	4:54	5:36	4:57	4:2	4:57
Route Test	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non									
FC	145	156	127	152	159	154	137	145	143	144	145	158	154	146	159	144	152	163	154
FC Max	161	164	135	160	164	159	148	160	158	158	152	167	159	155	165				
Cadence	66	73	60	84	84	82	71	71	68	67	70	81	76	68	78				
Vitesse km/h	21	21,7	15,7	20,9	23,3	21,6	18,2	20,3	20,6	20,3	19,6	24,7	22,6	20,7	22,5	19,6	22,4	25,3	22,4
Watts	341	368	246	329	388	354	279	349	352	333	321	409	368	341	370	325	376	438	371
Puissance Max	666	967	406	623	615	566	448	943	973	960	575	728	765	712	716				
Zone	Cool	V3	V2	V2	V4	V3	cool	3 sprint	3 sprint	3 sprint	V2	V4	V3	30/30	V3	V2	V3	V4	V3
Vent																gauche	gauche	gauche	gauche
Type Vélo	route	route	route	route	route	route	route												
Calcul indirect	313	328	221	312	360	325	263	300	306	300	288	387	346	308	342	289	338	404	338
Watts ?	341	368	246	329	388	354	279	349	352	333	321	409	368	341	370	325	376	438	371
Marge erreur %	8,21114	10,8698	10,1626	5,16717	7,21649	8,1921	5,73477	14,0401	13,0682	9,90991	10,2804	5,37897	5,9782608	9,67742	7,56757	11,0769	10,1064	7,76256	8,89488
Moyenne marge erreur sur 32 mesures différentes depuis le 05/08/2014 :														<b>7,94 %</b>					
L'utilisation d'un Powertap, moins précis qu'un SRM et les conditions moyennes de description relatives au vent ont influé sur cette marge de différence direct/indirect																			

Note : Les conditions météorologiques (rafales de vent et pluie) du jour où nous voulions tester nous même le calcul direct-indirect en pédalant avec nos morphologies et avec un vélo équipé d'un compteur capteur SRM que nous aurait prêté Matthieu Boulo ne nous ont pas permis de compléter cette expérience.

Tout au long de ce TPE nous n'avons cessé d'être surpris car comme beaucoup de personnes nous regardons le Tour de France voire même le Giro d'Italie à la télévision, et cette face cachée du cyclisme nous a fascinée. Le fait de pouvoir faire des calculs savants pour mener sa petite enquête sur un coureur est très amusant, même si aujourd'hui ce ne sont que des suspicions. Peut être qu'un jour le travail de ces scientifiques sera validé, au détriment de cet immense spectacle et de tous ces records et de ce business sulfureux et de cette corruption. On s'est tout de même interrogé là-dessus aussi car vous pensez bien que les records établis précédemment, si prouvé qu'ils aient été réalisés sous usage du dopage, seront imbattables dans les années à venir, tant que l'utilisation d'aides électriques n'est pas autorisée.

Tour	Participants			Top 10		Podium		Maillot jaune
	Partants	Epinglés	%	Epinglés	%	Epinglés	%	Epinglés
1968	110	38	34,5	6	60	3	100	1
1969	130	63	48,5	9	90	3	100	1
1970	150	57	38	5	50	2	66,7	1
1971	130	56	43,1	9	90	3	100	1
1972	132	65	49,2	9	90	3	100	1
1973	132	62	47	7	70	2	66,7	1
1974	130	58	44,6	7	70	2	66,7	1
1975	140	60	42,9	6	60	3	100	1
1976	130	54	41,5	6	60	3	100	1
1977	100	52	52	7	70	2	66,7	1

1978	110	59	53,6	8	80	3	100	1
1979	150	60	40	9	90	3	100	1
1980	130	58	44,6	5	50	2	66,7	1
1981	150	66	44	8	80	3	100	1
1982	170	70	41,2	8	80	3	100	1
1983	140	61	43,6	9	90	3	100	1
1984	170	73	42,9	9	90	2	66,7	1
1985	180	60	33,3	4	40	1	33,3	1
1986	210	65	31	3	30	1	33,3	0
1987	207	65	31,4	4	40	1	33,3	0
1988	198	65	32,8	4	40	2	66,7	1
1989	198	62	31,3	8	80	2	66,7	0
1990	198	74	37,4	6	60	1	33,3	0
1991	198	60	30,3	7	70	3	100	1
1992	198	74	37,4	7	70	3	100	1
1993	198	87	43,9	9	90	3	100	1
1994	189	89	47,1	10	100	3	100	1
1995	189	94	49,7	8	80	3	100	1
1996	198	94	47,5	8	80	3	100	1
1997	198	99	50	9	90	3	100	1
1998	189	100	52,9	8	80	3	100	1
1999	180	87	48,3	7	70	2	66,7	1
2000	180	93	51,7	6	60	2	66,7	1

2001	189	78	41,3	7	70	2	66,7	1
2002	189	83	43,9	6	60	2	66,7	1
2003	198	82	41,4	7	70	3	100	1
2004	189	81	42,9	5	50	2	66,7	1
2005	189	70	37	7	70	3	100	1
2006	176	63	35,8	3	30	1	33,3	1
2007	189	58	30,7	4	40	2	66,7	1
2008	180	41	22,8	6	60	1	33,3	0
2009	180	37	20,6	5	50	2	66,7	1
2010	198	43	21,7	4	40	2	66,7	1
2011	198	37	18,7	5	50	1	33,3	0
2012	198	33	16,7	0	0	0	0	0
2013	198	21	10,6	3	30	0	0	0
2014	198	18	9,1	1	10	0	0	0
2015	198	15	7,6	2	20	1	33,3	0
2016	198	15	7,6		0		0	
Moyennes	8081	3025	37,4	300	62,5%	103	64,4%	38

Pour conclure sur cette partie, qui fait en partie l'intérêt de ce TPE, nous constatons comme vous que le nombre de présumés dopés et d'épinglés diminue d'années en années, et c'est positif. On ne peut pas dire qu'il ait disparu, mais il a fortement chuté et le cyclisme en tout cas est de plus en plus propre. Pour ce qui est des autres sports que le cyclisme, il y en a certainement toujours eut et nous ne sommes pas au bout de nos surprises. Car le jour où il y aura des contrôles chez les footballeurs et les rugby-mans par exemple, il y aura sans doute de grands étonnements de la part du public qui souhaite assister à du spectacle, et non plus du sport. Les scandales de l'athlétisme ne sont qu'une mise en bouche de la part que représente le dopage dans le sport en général. Les watts sont la manière de mesurer et de comparer les performances des cyclistes. Certaines de celles-ci au-delà d'un certain nombre de watts sont suspectes, remises en question et les contrôles antidopage ont rattrapé une bonne partie des coureurs ayant fait ces performances douteuses. Plus de 60% des coureurs suspectés par cette méthode indirecte de «trop puissant pour être honnête», ont eu une histoire de dopage avérée dans leur carrière. Cette statistique ne cesse de s'améliorer avec les années grâce notamment aux témoignages des coureurs ayant arrêté leur carrière et avouant que même s'ils n'ont pas été inquiétés par la lutte antidopage ils se sont effectivement bien dopés pour atteindre de tels niveaux de performances mesurés.

Chez les «mutants» la réussite est de 100%. Bjarne Riis, Marco Pantani et Miguel Indurain, sont tous tombés.

Pour les «miraculeux», c'est 73% de réussite, par ordre décroissant on a : Armstrong, Contador, Ullrich, Leblanc, Rominger, Virenque, Olano, Zulle, Basso, Vinokourov, Frank Schleck, Gotti.

Et enfin pour le club des «suspects» on a 50% de réussite avec des coureurs comme Rasmussen, tous sortis par le biais des contrôles.

## CONCLUSION :

Depuis des décennies, mais surtout depuis les premières lois interdisant le dopage en 1965, les sportifs n'ont cessé de se doper. Ils ont cependant toujours utilisé des méthodes de tricherie qui se sont améliorées avec le temps. Ces sportifs et plus précisément les cyclistes, ont pris l'habitude de prendre des produits dopants. Ce phénomène s'est tellement démocratisé que 99 % du peloton était dopé des années 60 aux années 90. Les soigneurs et les docteurs des équipes comme Michel Ferrari ou Bernard Sainz étaient eux aussi impliqués. Peu de coureurs étaient en dehors de ce dopage de masse. Le plus souvent, c'est par manque de prévention et par effet de groupe qu'ils se dopaient. On constate que peu d'entre eux se sont dénoncés. Certains médecins arrivent encore à échapper aux contrôles et les autorités ont du mal à les interpeller car ils ont peu de preuves concrètes. Le dopage, dans ses années les plus folles ou les plus glorieuses était utilisé à forte dose mais c'était considéré comme normal. Aujourd'hui, il est dénoncé depuis les scandales des années 90. En particulier, l'affaire Festina a prouvé que les meilleures équipes trichaient et se dopaient. Tout cela générait bien-sûr beaucoup d'argent et offrait du spectacle. L'année 1998 marque un virage dans l'histoire du dopage. Elle dénonce un cyclisme irréal. La prise de conscience sur ce sujet est évidemment de plus en plus forte.

Mais le dopage évolue et progresse avec le temps et la technologie. On peut dire que les méthodes et les produits progressent avec la médecine. Celui qui veut tricher en 2017 dans n'importe quel sport peut le faire : il lui suffit de connaître la fenêtre de détection d'un produit et de le prendre sous forme de micro-doses. C'est indétectable et très efficace, surtout à court terme. Les contrôles classiques ne permettent pas en effet de détecter ce dopage. Par exemple une Belge s'est fait interpellée au championnat du monde de cyclo-cross en 2015, elle avait un moteur dans le cadre de son vélo. Les spécialistes affirment que les petits moteurs peuvent développer jusqu'à 500 watts voire même plus, ce qui est considérable au vu de leur taille minuscule.

Il s'agit d'une course permanente entre ceux qui traquent les dopés et les dopés eux-mêmes.

Chacun prend alternativement l'avantage sur l'autre et les méthodes ne cessent d'évoluer.

Jérôme Chiotti, le cycliste que nous avons interviewé nous a dit qu'avec le dopage, à son époque, les cyclistes se disaient « les autres le font alors pourquoi ne

pas le faire aussi ». Un effet de groupe indéniable qui provoquait le dopage de masse, presque personne n'était pas dopé (avant 1998), et il était presque impossible de gagner sans se doper. A l'exception d'un certain Greg Lemond qui a gagné 3 tours de France entre 1986 et 1990 sans que ses performances n'atteignent le seuil miraculeux, c'est l'homme le moins suspect de tous les temps à avoir gagné le Tour ces 30 dernières années. Jérôme Chiotti nous a dit qu'il était de plus en plus facile de savoir comment se doper et où acheter les produits et tout cela en partie grâce à internet.

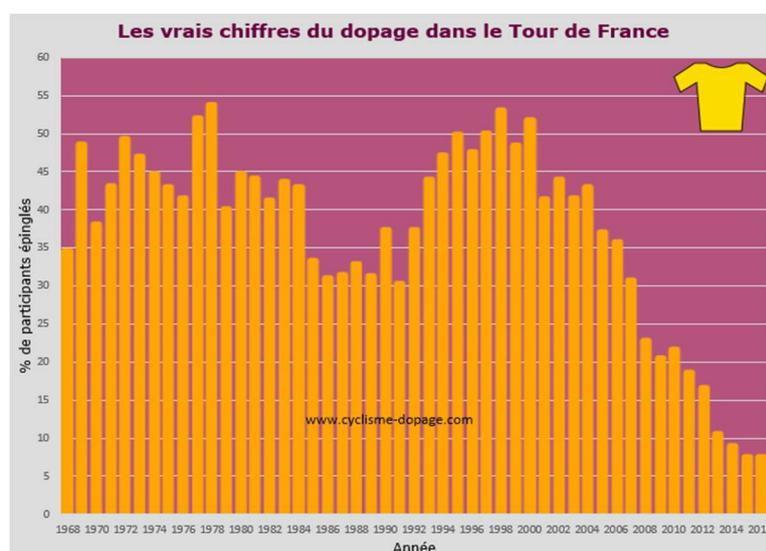
Il y a actuellement dans le cyclisme une prise de conscience, depuis quelques années, les coureurs mettent l'accent sur de très bons régimes et de très bons programmes d'entraînement, leur préparation leur permet d'arriver à un niveau déjà excellent sur les épreuves, mais malheureusement cela ne fait pas tout.

Les performances ont tendance à s'homogénéiser avec le temps et il y a moins de coureurs présumés dopés qu'auparavant. Le cyclisme est de plus en plus propre, en partie grâce à toutes ces organisations du milieu anti-dopage qui traquent sans relâche les tricheurs et essayent de démasquer les plus grands.

D'un point de vue social, les coureurs cyclistes professionnels sont soumis à une pression épouvantable de la part de leur manager et de leur directeur sportif.

Ils ont des rôles précis à tenir afin que l'équipe tourne au mieux, comme le rôle de poisson pilote ou de leader par exemple. Pour devenir leader ils doivent faire leur preuve et c'est là que certains prennent l'option dopage, pour gagner plus de courses, se faire reconnaître par les équipes professionnelles et gagner toujours plus d'argent.

**Ce qui est une des raisons majeures du fait de se doper, de tricher, d'être plus puissant que les autres, au sens propre comme au sens figuré.**



## Lexique :

*Barrière hémato-encéphalique* : c'est une membrane qui sépare la circulation sanguine du liquide céphalo-rachidien, c'est un fluide dans lequel baigne le cerveau et la moelle épinière. Cette membrane permet d'éviter le passage de molécules toxiques au niveau du système nerveux central (bactéries, toxines, etc.).

*Psychotrope* : c'est une substance qui agit principalement sur l'état du système nerveux central et y modifie des processus biochimiques et physiologiques cérébraux.

*Exogène* : c'est ce qui est extérieur à un système.

*L'anse de Henle* : c'est un tube en forme de U avec une branche descendante et une ascendante, qui est responsable du transport de l'urine.

*La VO<sub>2</sub>max* : cette mesure correspond à la quantité maximale d'oxygène consommée par un athlète en une minute pour produire de l'énergie lors d'un effort.

*Passeport endocrinologique* : c'est le contrôle de la sécrétion interne d'hormones.

*Passeport stéroïdien* : c'est un nouveau module qui sera installé en janvier prochain et qui, grâce à des échantillons réguliers, permettra de déceler le dopage aux anabolisants.

**Sources** : *Pour ce TPE nous avons essayé de ne pas prendre nos sources exclusivement sur internet. Nous avons lu « Je suis le cycliste masqué », pour pouvoir répondre au thème « société » et pour en apprendre d'avantage sur la carrière d'un coureur cycliste professionnel. Nous avons lu et extrait des informations concernant la théorie des watts à partir du magazine « la preuve par 21 ». Comme autres sources papier, nous avons utilisé les archives du journal Le Monde et de ses chroniques intéressantes sur le dopage. Puis, pour comprendre le système et le business au sein du cyclisme nous avons regardé l'émission de France 2 nommée cash investigation et des vidéos de Jean-Pierre de Mondenard exprimant ses théories sur le dopage, avec celles d'Antoine Vayer et de Frédéric Portoleau. Nous avons épluché des vidéos sur youtube . Nous avons, par téléphone ou en rendez-vous interviewé Jérôme Chiotti, Frédéric Portoleau, Antoine Vayer, Stéphane Huby et Matthieu Boulo. Les images ont été trouvées sur internet tout comme les tableaux statistiques, en partie sur le site cyclisme dopage.*

## **Remerciements** :

Nous tenons tout d'abord à remercier nos professeurs qui nous ont suivi et aidé tout au long de ces séances de travail.

Ce TPE n'aurait pas pu être réalisable sans les conseils d'Antoine Vayer (chroniqueur et entraîneur), l'aide précieuse de Frédéric Portoleau, ingénieur, qui nous a aidé à comprendre et faire les calculs de puissance en watts.

Nous souhaitons remercier également chaleureusement Matthieu Boulo qui nous a transmis ses fichiers pour l'expérience, coureur professionnel comme l'a été également Jérôme Chiotti qui nous a accordé du temps pour discuter du dopage dans le cyclisme.

Merci aussi à Stéphane Huby, journaliste qui alimente le site cyclisme-dopage.

Enfin, merci à nos parents.