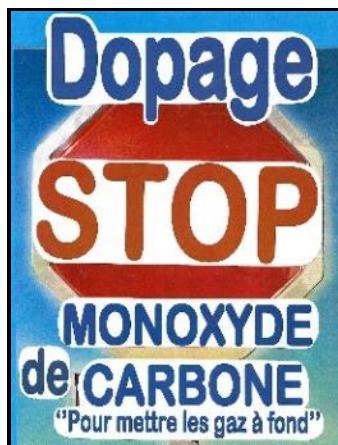


DICTIONNAIRE DU DOPAGE

Substances et méthodes

Monoxyde de carbone (CO)

Pour mettre les gaz à fond



Le dopage au monoxyde de carbone bénéficie de trois bonus attractifs pour les as de la pédale et de tous ceux qui veulent atteindre les podiums grâce à l'inhalation d'un gaz.

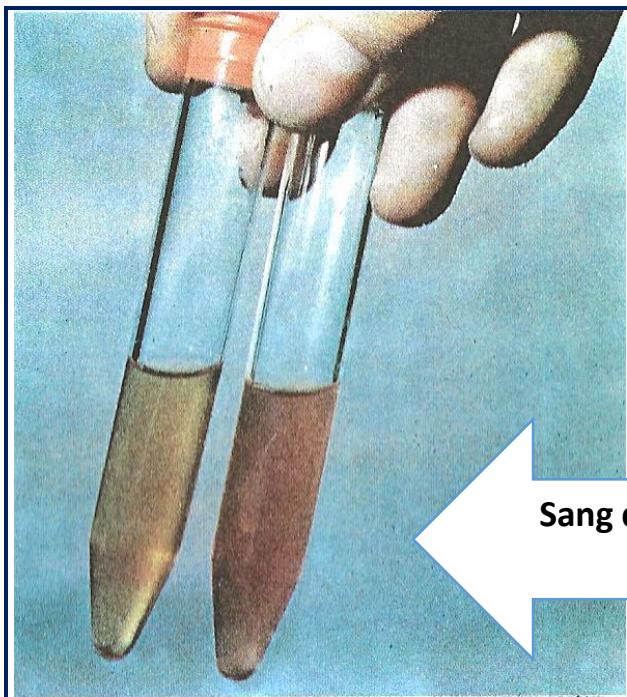
1. Si la méthodologie est bien maîtrisée, l'effet sur la performance est au bout du processus.
2. Le CO ne figure pas dans la liste des substances illicites de l'AMA ni dans le programme de surveillance, donc a priori pas de risque d'un test positif.
3. Sauf que, comme apparenté aux agents activants des facteurs inductibles par l'hypoxie (HIF) tels que Xénon, Argon, cobalt, l'oxyde de carbone doit être rangé à leurs côtés dans la rubrique : S2.1 *Erythropoïétine (EPO) et agents affectant l'érythropoïèse* interdits en permanence (en et hors compétition).

Les candidats à l'utilisation de ce dopant peuvent dormir sur leurs deux oreilles, l'AMA n'est pas prête pour détecter le CO.

Depuis le début des années 1900, tous les adeptes et chercheurs de produits miracles s'intéressent aux ergogènes ayant une action supposée sur le transport sanguin d'oxygène de l'appareil respiratoire aux muscles locomoteurs en particulier.

SPOT : carboxyhémoglobine (HbCO)

Association résultant de la fixation d'oxyde de carbone (CO) par l'hémoglobine (Hb). Il s'agit d'une association très stable (peu réversible) de l'oxyde de carbone avec l'hémoglobine. Lorsque l'hémoglobine est saturée par l'oxyde de carbone, elle devient inapte à accomplir son rôle de pigment respiratoire, qui fixe alternativement l'oxygène (pour l'amener aux tissus) et le gaz carbonique (CO₂) (pour transporter celui-ci jusqu'aux poumons qui en assureront l'élimination). Selon l'importance de la formation de carboxyhémoglobine, le sang se trouve en état d'hypoxie qui active les facteurs inductibles par l'hypoxie (HIF). **Ces derniers favorisent alors la stimulation de la fabrication d'EPO par les reins.**



Sang de couleur rosée ayant été au contact d'oxyde de carbone

Ces éprouvettes contiennent deux échantillons de sang dilué : celui de droite, qui a été au contact d'oxyde de carbone, a pris la teinte rosée caractéristique de la formation de carboxyhémoglobine

Inventaire des méthodes plus ou moins efficaces utilisées dans le sport pour améliorer le transport sanguin d'oxygène : la preuve par 12

1. **Inhalation d'oxygène** (le 1^{er} boxeur à avoir utilisé cette méthode exerçait en 1903). Cette méthode n'est pas interdite par l'AMA.
2. **Sang d'animaux** (régénérateurs et transporteurs d'oxygène : cheval, bœuf, veau, années 1920 à 1960). Exemple de publicité parue dans la *Revue médicale d'éducation physique et de sport*, 1924, n° 1 : le Globéol® "Extrait de sang de jeunes chevaux", "Réalise la transformation sanguine", "8 pilules de Globéol® donnent 500 millions de globules rouges nouveaux, soit un verre à liqueur de sang". [Etablissement Chatelain, édition 1924]
3. **Extraits d'organes** (Pancrinol® en 1931, augmente globules rouges et hémoglobine).
4. **Ozonothérapie** en bain ou injectable (fin des années 1950 en milieu cycliste). L'ozonothérapie sanguine avec le propre sang du sujet apparaît au début des années 1990. Depuis 2011, par assimilation, doit figurer à la rubrique *Méthodes interdites M1. Manipulations du sang*. A ce jour, aucun cas positif n'a été détecté.
5. **Stéroïdes anabolisants** (1959) boostent le nombre de globules rouges et le taux d'hémoglobine. Première interdiction par la Fédération internationale d'athlétisme en 1970 malgré l'impossibilité de les détecter. Premiers tests antianabolisants aux JO 1976 à Montréal. Premier cas positif, la Polonaise Danuta Rosani après les essais de qualification au disque. Il faudra attendre 2013 pour mettre en évidence les métabolites de longue durée. En 2014, le passeport stéroïdien fera partie de l'arsenal antianabolisants stéroïdiens.

- 6. Salle, chambre et tente d'altitude** (années 1960 en RDA : les Allemands de l'Est s'entraînent dans des salles souterraines fortement dépressurisées reproduisant les conditions climatiques en haute altitude, diminution de la pression partielle de l'oxygène). A partir des années 2000, Lance Armstrong sera un adepte convaincu des tentes d'altitude : *“J'y allais fréquemment passer des nuits”*. Depuis 2003, les chambres d'altitude sont prohibées par la loi italienne.
- 7. Transfusions sanguines** autologues et homologues. Premières utilisations sportives en 1970 ; Interdiction par le CIO en 1985. Détection : homologue en juillet 2004 ; autologue en 2018 (passeport biologique).
- 8. Grossesse “dopante”** programmée. Rumeur depuis 1970, authentifiée en 1994. Pendant les trois premiers mois, il y a une augmentation du nombre des globules rouges et du taux d'hémoglobine avec un rendement physique accru de 10 à 30%.
- 9. L'érythropoïétine**, la fameuse hormone EPO, produite de façon endogène par le rein favorisant la fabrication des globules rouges par la moelle osseuse, est commercialisée pour la France en 1989. Dès l'année précédente, des rumeurs crédibles faisaient part de son utilisation dopante lors des Jeux olympiques d'hiver à Calgary et d'été à Séoul. Interdite en 1990 par le Comité international olympique (CIO) mais seulement détectable officiellement en 2001
- 10. Perfluocarbones (PFC)** “vecteurs artificiels d'oxygène” : connus dans le sport depuis 1986 ; chez les cyclistes en 1996. Déetectable dans le sang et l'air expiré en 1993. Inscrit en liste rouge nominativement en 2003.
- 11. Les gaz Xénon et Argon** utilisés par les Russes dès 2004, ces deux gaz provoquent l'hypoxie et, par ricochet, la production naturelle d'érythropoïétine et de testostérone. Prohibés depuis fin août 2014. Le Xénon et l'Argon sont interdits en tant qu'activateurs des facteurs inductibles par l'hypoxie HIF alors que le **cobalt** l'est en tant que stabilisateur de l'HIF.
- 12. Depuis peu, certaines équipes cyclistes professionnelles WorldTour utilisent avant et après un stage en altitude le réinspirateur de monoxyde de carbone** permettant ainsi d'évaluer le taux total d'hémoglobine présent dans le sang, avec le gain précis de consommation d'oxygène. Et bien sûr, le monoxyde de carbone peut être utilisé à des fins dopantes en activant les facteurs inductibles par l'hypoxie (HIF) aboutissant à la production endogène d'érythropoïétine (EPO).

Le monoxyde de carbone à la une du Tour de France 2024

En plein Tour de France 2024, les médias s'agitent pour dénoncer une nouvelle méthode dopante consistant à respirer le l'oxyde de carbone (CO). Le site [escapecollective.com](https://www.escapecollective.com) révèle le 12 juillet en exclusivité : « Les coureurs du Tour de France inhalaient du monoxyde de carbone afin d'optimiser leur entraînement en altitude ».

Le journaliste Ronan McLaughlin commente son titre :

« Les meilleures équipes *Visma* et *UAE* confirment qu'elles ont accès à des équipements spécialisés pour les tests, mais nient utiliser cette nouvelle méthode potentiellement puissante pour améliorer les performances. *Escape Collective* peut révéler que plusieurs équipes du Tour de France utilisent la pratique controversée et potentiellement dangereuse d'inhaler le monoxyde de carbone, un gaz mortel, pour optimiser l'entraînement en altitude de leurs athlètes. Au moins trois équipes dont les structures *Visma-Lease a Bike* et *UAE Team Emirates* des meilleurs prétendants Jonas Vingegaard et Tadej Pogacar, et *Israel-Premier Tech* ont accès à un appareil coûteux appelé *recycleur de*

monoxyde de carbone, qui permet de doser avec précision le monoxyde de-carbone dans les poumons.

Bien qu'elle soit arrivée récemment dans le cyclisme, la technique elle-même n'est pas nouvelle ; elle est connue depuis des décennies et est utilisée dans les milieux de la recherche médicale et scientifique.

Ces types d'appareils ont deux utilisations potentielles dans le sport d'élite. Le premier est appelé **réinspiration de monoxyde de carbone** (CO), un outil de mesure qui aide les équipes à suivre rapidement et précisément les valeurs sanguines clés et à optimiser les puissants avantages physiologiques de l'entraînement en altitude.

Une deuxième approche, plus agressive, appelée **inhalation de monoxyde de carbone** et utilisant le même

équipement et les mêmes techniques, s'inscrit dans le domaine scientifiquement nouveau et beaucoup plus risqué de l'inhalation du gaz toxique dans le but exprès d'améliorer les performances. »

Pour bien comprendre l'intérêt d'une telle pratique, il faut connaître quelques bases de physiologie sanguine.

L'affinité du monoxyde de carbone pour l'hémoglobine est **230 fois** supérieure à celle de l'oxygène ; inspiré, il passe dans le sang où il se lie à l'hémoglobine aux dépens de l'oxygène ; la carboxyhémoglobine (HbCO) constituée est responsable d'une hypoxie de transport. Les mélanges oxygène / hémoglobine et acide carbonique (CO₂) / hémoglobine sont instables, ce qui **permet à ces gaz d'être captés et libérés facilement par le sang**, il en va tout autrement lorsqu'à la place d'acide carbonique (CO₂) on se trouve en présence d'oxyde de carbone (CO) gaz produit par toute combustion quelle qu'elle soit de l'allumette au grand feu de bois... **sans oublier la cigarette**. L'oxyde de carbone a pour l'hémoglobine une affinité **230 fois** plus forte que celle de l'oxygène et il s'y fixe de façon, STABLE sous forme de carboxyhémoglobine (HbCo). C'est dire qu'une fois dans la place il ne la quitte plus et de ce fait rend impropre à leur fonction un plus ou moins grand nombre de globules rouges : l'hémoglobine qu'ils contiennent, envahie par l'oxyde de carbone devient incapable de fixer l'oxygène, malgré le passage répété de ces globules dans les poumons, au fur et à mesure des circuits automatiques.

POST-IT

- ♦ L'oxyde de carbone permet de tester le gain en hémoglobine après un stage en altitude, pour l'instant licite.
- ♦ L'inhalation de monoxyde de carbone asphyxiant l'hémoglobine, le transporteur d'oxygène, booste les facteurs inductibles par l'hypoxie HIF, provoquant la sécrétion d'EPO, l'activité mitochondriale et la fréquence respiratoire.

C'est ainsi qu'un sujet confiné dans une atmosphère ne contenant qu'un centième d'oxyde de carbone voit 70% de son hémoglobine devenir indisponible et, ne gardant plus pour respirer que **30%** de cette hémoglobine, s'asphyxie rapidement. Le danger de ce gaz est accru par le fait qu'il est inodore et incolore.

Comme signalé plus haut, les équipes cyclistes questionnées ont admis la pratique du test de la réinspiration du CO afin de déterminer, après un stage en altitude, quelle est la quantification du gain d'hémoglobine dans le sang.

Un spécialiste de l'utilisation du recycleur de CO, Raphaël Faiss, directeur de recherche à Lausanne, explique dans *Libération* le principe de la méthode : « *Le monoxyde de carbone est un gaz toxique mais il a surtout la propriété d'avoir une affinité nettement plus grande pour l'hémoglobine que l'oxygène. Toutes les molécules inspirées vont donc se fixer à l'hémoglobine et être diluées dans le sang. En mesurant la concentration d'hémoglobine liée au monoxyde de carbone avant et après sa respiration, on peut déterminer très précisément la quantité totale d'hémoglobine présente dans le sang de l'athlète. Imaginons qu'un coureur possède 1022 grammes d'hémoglobine avant un entraînement d'altitude. Après trois semaines d'entraînement, ce coureur en possédera peut-être 1050 ou 1060 grammes. Cela sera quantifié de façon extrêmement précise, et on pourra connaître la qualité et les effets de l'entraînement en altitude. Chaque gramme d'hémoglobine gagné va correspondre à un gain de consommation d'oxygène pour fournir un effort.* »

Ce même spécialiste helvétique estime que l'inhalation d'oxyde de carbone avant l'effort n'est pas actuellement utilisée dans un but de dopage. Il s'en explique dans la même interview :

Exclusif – Le Télégramme du 20 juillet 2024 :

« *On va saisir l'Agence mondiale antidopage au sujet du monoxyde de carbone* » annonce David Lappartient, patron de l'Union cycliste internationale (UCI).

Le président en continu de la Fédération française de cyclisme de **2009 à 2017**, puis de l'UCI depuis 2017, n'étant pas biologiste de formation, ignore totalement que les stabilisateurs et activateurs de facteurs inductibles par l'hypoxie (HIF) (par assimilation, l'oxyde de carbone, gaz asphyxiant, l'est aussi) sont interdits **depuis... 2015** ! Problème : comment distinguer les fumeurs des tricheurs au CO ?

L'inhalation de monoxyde de carbone procure-t-elle un bénéfice ?

« *Comme le monoxyde de carbone a une grande affinité pour l'hémoglobine, au moment où vous allez le respirer, il va prendre la place de l'oxygène. Le monoxyde de carbone reste fixé à l'hémoglobine, ce qui peut durer quelques heures avant que votre système ne s'en débarrasse, parce que c'est un gaz toxique. Pendant ces quelques heures, c'est comme si vous étiez en altitude.*

C'est le seul bénéfice de ce gaz. De là à l'utiliser à des fins de dopage, je pense qu'on en est loin. Je ne pense pas que ce serait un choix judicieux : le monoxyde de carbone reste un gaz qui a une toxicité systémique parce qu'il prend la place de l'oxygène, et peut entraîner des troubles si les doses sont importantes. »

Afin d'accroître son argumentation sur l'effet négatif du CO, il ajoute : « *Ça n'a aucun effet positif sur la performance, non. Et même, ça les diminue immédiatement. Imaginez que vous avez 5% de votre hémoglobine qui est saturée avec du monoxyde de carbone, vous baissez votre performance de transport d'oxygène de 5% immédiatement.* »

Effectivement, inspirer du CO avant l'effort va limiter le transport d'oxygène aux muscles. En revanche, après, visiblement cela peut être efficace. Par exemple, un chercheur allemand a découvert que la répétition pendant plusieurs semaines du test de détection de l'hémoglobine totale grâce au test de la *réinspiration du monoxyde de carbone*, provoque une hypoxie qui, à l'instar d'un stage en altitude, entraîne une stimulation de la production d'EPO avec augmentation des globules rouges. D'ailleurs, ce mécanisme type gaz asphyxiant activant les facteurs inductibles par l'hypoxie (HIF) est prohibé par l'Agence mondiale antidopage depuis 2015 pour les gaz Xénon et Argon mais aussi pour le cobalt.

Donc, par assimilation, l'oxyde de carbone, en raison de son impact sur l'HIT, doit *ipso facto* faire partie de cette interdiction.

L'essentiel à savoir : le principe de la méthode du CO

L'oxyde de carbone inhalé a une affinité marquée pour l'hémoglobine et sa liaison préférentielle à cette molécule ne remplace pas seulement l'oxygène, mais encore trouble la dissociation de l'oxygène déjà fixé d'une manière telle que celui-ci est libéré moins facilement au niveau des muscles. Ainsi, une exposition calibrée au CO produit une hypoxémie qui peut, à son tour, provoquer - en activant les facteurs inductibles par l'hypoxie (HIF) - une polyglobulie d'hématies.

Des études ont montré que le CO dans l'air expiré diminue lors de l'exercice physique et de l'hyperventilation, ce qui est un argument supplémentaire pour ne pas inspirer du CO avant l'effort ni de griller une cigarette.

Inversement, le CO pendant le repos et le sommeil voit son élimination augmenter par voie respiratoire.

Et les adeptes de la cigarette en récupération, tirent-ils un avantage du CO inhalé ?

La combinaison d'oxyde de carbone (CO) (fumée de cigarette inhalée) avec l'hémoglobine (Hb) sanguine est responsable d'une hypoxie de transport. Chez les non-fumeurs, dans le sang, le taux d'HbCO est inférieur à 1,6% ; en revanche chez le fumeur, le taux dépasse 5% et peut atteindre 10%. Compte tenu que les adeptes de l'herbe à Nicot présentent souvent une polyglobulie

(augmentation du nombre de globules rouges) avec un taux d'hémoglobine plus élevé qui survient en raison de l'hypoxie tissulaire (diminution de la capacité de distribution d'oxygène pendant quelques heures après avoir grillé des cigarettes) due à l'élévation sanguine en carboxyhémoglobine, on comprend pourquoi de nombreux sportifs ont battu leur record alors qu'ils fumaient entre 10 et 30 cigarettes par jour, probablement après l'entraînement et / ou la compétition. Le fichier joint consacré aux sportifs fumeurs performants, confortent le sens de l'axiome « Pas de fumée sans feu ».

Par ailleurs, nous ne recommandons pas aux adeptes de l'effort musculaire de fumer pour améliorer leurs performances car les effets secondaires du tabagisme chronique sont suffisamment délétères au plan santé (cancer des poumons, affections cardiorespiratoires, troubles de la sexualité, etc.) pour adopter une hygiène de vie sans CO ni tabac.

8 acronymes biologiques

Carboxyhémoglobine	HbCO
Erythropoïétine	EPO
Facteurs inductibles par l'hypoxie	HIFs
Gaz carbonique	CO ₂
Hémoglobine	Hb
Monoxyde de carbone	CO
Oxygène	O ₂

POUR EN SAVOIR PLUS – **BLOG JPDM** – Autres liens sur les méthodes plus ou moins efficaces utilisées par les sportifs afin de booster le transport d'oxygène des poumons aux tissus cibles, notamment musculaires.

OXYGENE (O₂)

- Football – Le scoop des masques à oxygène est particulièrement éculé. Pour faire court, c'est du... vent ! – **publié le 11 octobre 2017**
- Dopage – Tout savoir sur l'inhalation artificielle d'oxygène comme méthode boostant les performances sportives. Revue depuis un siècle des différentes affaires impliquant des champions – **publié le 13 décembre 2018**
- Dopage – Tout comme l'oxygène inhalé par masque et bouteille, l'oxygénothérapie hyperbare (OHB) en caisson est autorisée par l'AMA depuis 2010. De son côté, depuis 2016, la Fédération internationale du ski (FIS) la range dans les méthodes illicites – **publié le 15 décembre 2015**
- Football – Récupération ou gains marginaux "limites" ? Quand le monde du ballon rond peut être comparé aux cyclistes de la Sky. L'oxygénothérapie hyperbare : une méthode de récup. connue depuis... les années 1960 ! – **publié le 13 mars 2021**

OZONE (O₃)

- Football – Le dopage à l'ozone revient dans l'actualité avec les révélations fin novembre par les *Football Leaks* des insufflations rectales pratiquées par le Steau Bucarest en 2016. L'ozone, prohibée par voie sanguine, ne l'est pas par insufflation rectale, sauf que l'ozonothérapie -quel que soit le lieu de pénétration- est indécelable – **publié le 14 décembre 2018**

ERYTHROPOIÉTINE (EPO)

- Erythropoïétine – 24 mars 1990 : première alerte sur les effets collatéraux majeurs de l'EPO – **publié le 05 juillet 2016**
- Efficacité des drogues de la performance : la preuve par les études de terrain – **publié le 29 septembre 2016**
- Les corticos sont-ils des masquants de l'EPO ? – **publié le 19 novembre 2017**
- Erythropoïétine mars 1990 – Le premier lanceur d'alerte sur les dégâts de l'EPO... **publié le 15 avril 2017**
- Dopage – Selon les scientifiques néerlandais, l'EPO serait inefficace sur le Ventoux ! Le protocole de l'étude est trop bidon pour être crédible. Une fois de plus, l'efficacité des médocs des podiums, ici l'EPO, mais aussi le passé amphets et anabos, est la cible de critiques effectuées par des scientifiques pas encore au point pour mener à bien de telles recherches. Résultats des courses : le public et la presse sont complètement désinformés ! En revanche, les preuves par les témoignages et les études à la fois sur le terrain comme en compétition confirment que ces trois substances sont réellement efficaces – **publié le 29 juin 2018**
- Dopage – Dictionnaire des *fake news* – 3^e idée reçue : Tour de France 1991 : en raison d'une intoxication alimentaire, abandon groupé de l'équipe PDM avec à sa tête deux cadors. En réalité, les effets collatéraux d'un dopage à l'EPO – nouvelle molécule présente dans une partie du peloton – semblent, selon les témoignages a posteriori de certains membres de la formation néerlandaise – être les vrais responsables de cette déroute subite, inattendue et groupée dès la 11^e étape – **publié le 19 janvier 2019**
- Cyclisme – Dopage : Rudy Pevenage, l'ancien mentor de Jan Ullrich, passe à table avec des plats réchauffés. Décryptage d'un pseudo-scoop du maillot vert 1980 confirmant ce que l'on sait depuis 20 ans : le programme de dopage d'Ullrich était aussi sophistiqué que celui de Lance Armstrong – **publié le 28 janvier 2020**

SANG D'ANIMAUX

- Dopage ton histoire - Avant l'apparition des transfusions sanguines et de l'EPO, la voie du sang était parfaitement connue et utilisée par les sportifs. En effet dans le peloton cycliste mais aussi dans de nombreuses autres spécialités sportives, les stimulants de la lignée rouge étaient omniprésents dans la pharmacopée haute performance. C'était avant...Les preuves par les réclames – **publié le 27 novembre 2021**

<https://dopagedemondenard.com/2021/11/27/dopage-ton-histoire-avant-lapparition-des-transfusions-sanguines-et-de-lepo-la-voie-du-sang-était-parfaitement-connue-et-utilisée-par-les-sportifs/>

- Dopage – Sang d'animaux : une technique médicale datant de plus d'un siècle. destinée, à renforcer la résistance de l'organisme tout en prolongeant la durée de vie alors qu'aucune étude scientifique n'a démontré le moindre effet boostant les

performances du corps. Méthode prisée à la fois par les sportifs et les hommes de pouvoir. Vladimir Poutine serait le dernier en date à croire aux bains de sang extrait de bois de cerfs coupés. C'est en tout cas ce que révèle *Proekt*, un média d'investigation indépendant russe – **publié le 07 avril 2022**

<https://dopagedemondenard.com/2022/04/07/dopage-sang-d'animaux-une-technique-medicale-datant-de-plus-d'un-siecle/>
