

## LA CHIMIE DU DOPAGE

Le dopage est la pratique consistant à absorber des substances ou à utiliser des actes médicaux afin d'augmenter artificiellement ses capacités physiques ou mentales. Le dopage n'existe pas qu'au niveau sportif. La prise de substances variées, dans le but d'accroître les performances est une pratique de plus en plus courante dans le milieu étudiant ou professionnel.

Les effets recherchés sont multiples. Les techniques dopantes visent par exemple à modifier la morphologie ou à augmenter la force et la puissance musculaire ou à améliorer l'oxygénation ou encore à augmenter la capacité à se dépasser par oubli de la douleur ou de la fatigue.

L'érythropoïétine (EPO) est une hormone naturelle stimulant la production de globules rouges, qui sont produits par la moelle osseuse. Une quantité élevée de transporteurs d'oxygène permet d'augmenter l'apport en  $O_2$  aux tissus. Elle a été intensivement utilisée dans le cyclisme et probablement l'ensemble des sports d'endurance dans les années 1990.

Le dopage met en danger la santé du dopé. Plusieurs coureurs cyclistes qui ont avoué avoir pris de l'EPO, ont raconté que leurs soigneurs les réveillaient la nuit pour leur faire faire de l'exercice afin d'éviter un arrêt cardiaque. En effet, l'amélioration de l'oxygénation des muscles s'obtient grâce à une augmentation du nombre des globules rouges, ce qui épaisit le sang. Quand le cœur, au repos, ralentit, le sang devient de moins en moins fluide, et peut arrêter le cœur.

Des études ont montré que l'espérance de vie d'un joueur professionnel de football américain ne dépassait pas 55 ans dans les années 1990 et que pour les coureurs participants du tour de France, le risque de décès cardiaque avant 45 ans est cinq fois supérieur à la moyenne.

La lutte antidopage s'appuie notamment sur des prélèvements de sang ou d'urine. Nous allons étudier comment les laboratoires d'analyse de ces échantillons expriment leurs résultats et introduire une nouvelle unité de comptage très utilisée en chimie : la mole.

Clara pratique le cyclisme féminin en compétition. Après un contrôle, peut-on affirmer qu'elle s'est dopée ?

### 1. Quelques données

**Document 1 :** Voici les résultats de l'analyse d'un échantillon de sang prélevé sur Clara :

HÉMOGRAMME	
<b>Numération des globules rouges</b>	
Hématies .....	5,35 millions/ $mm^3$
Hémoglobines .....	16,7 g/100mL
Hématocrites .....	49,5%
Volume Globulaire Moyen (VGM) .....	32 $\mu m^3$
Teneur Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (TCMH) .....	33 $\mu g$
Concentration Corpusculaire Moyenne en Hémoglobine (CCMH) .....	34 g/100mL
Coefficient de Variation du volume des Globules Rouges (CVGR) .....	14%
<b>Numération des globules blancs</b>	
Leucocytes totaux .....	6100/ $mm^3$
Polynucléaires neutrophiles .....	4400/ $mm^3$
Polynucléaires éosinophiles .....	300/ $mm^3$
Polynucléaires basophiles .....	0/ $mm^3$
Lymphocytes .....	2700/ $mm^3$
Monocytes .....	700/ $mm^3$
<b>Numération des plaquettes</b> .....	250G/L
<b>BIOCHIMIE</b>	
Glycémie à jeun .....	1,2 g/L (6,67 mmol/L)
Cholestérol total .....	1,86 g/l (4,81 mmol/L)

Donnée : 1 mole d'hémoglobine pèse :  $1,6 \times 10^4$  g

## Document 2 : les normes fixées par l'UCI

On peut dépister le dopage à l'EPO par une élévation du taux d'hémoglobine et de l'hématocrite dans le sang. Le taux d'hématocrite est le pourcentage du volume des globules rouges par rapport au volume sanguin total de l'individu, on peut le comparer à un taux d'hématocrite normal qui ne doit pas excéder 50%. Néanmoins, la fraude est possible lors de ce test si l'on dilue le sang car cela permet une augmentation du volume de sang sans augmenter le volume d'hématies et donc de diminuer le taux d'hématocrite. Il faut également préciser que certaines personnes non dopées présentent un taux d'hématocrite supérieur à 50%.

L'Union Cycliste Internationale (UCI) a fixé des **valeurs anormales** pour conclure à un test positif à l'EPO :

- Hématocrite : supérieure à 50% pour les hommes et supérieure à 47% pour les femmes
- Hémoglobine : supérieure à 10,5mmol/L pour les hommes et supérieure à 10,0 mmol/L pour les femmes
- Réticulocytes : inférieurs à 0,4% ou supérieurs à 2,4%

## 2. La façon de compter des chimistes

### A. Un litre de sang prélevé contient-il plus de molécules de glucose que de molécules de cholestérol ?

Quelques informations :



Formules	glucose	$C_6H_{12}O_6$
	cholestérol	$C_{27}H_{46}O$
Masses atomiques	carbone	$1,99 \times 10^{-23}$ g
	hydrogène	$1,66 \times 10^{-24}$ g
	oxygène	$2,65 \times 10^{-23}$ g

Questions :

1. Quel est le nombre de molécules de glucose et de cholestérol contenues dans un litre de sang de Clara ?
2. La concentration massique est-elle un bon indicateur du nombre de molécules dans une solution ?

### B. Que représente une mole ?

Les analyses sanguines mentionnent souvent deux concentrations différentes pour une espèce donnée : la concentration massique, qui s'exprime en g/L, et la concentration molaire, en mmol/L.

L'unité « mmol/L » se lit « millimole par litre » et représente un millième de mole par litre.

Quelques idées (hypothèses) :

Voici une discussion entre quelques élèves : « Mole, c'est le diminutif de molécules. » ..... « C'est forcément un paquet de molécules. ».....« Je pense que c'est une certaine masse... »

Questions :

3. Déterminer la masse d'une mole de glucose et celle d'une mole de cholestérol.
4. En utilisant les résultats de la première partie, déduire le nombre de molécules dans une mole de glucose puis le nombre de molécules dans une mole de cholestérol.
5. Commenter le résultat obtenu.
6. La concentration molaire constitue-t-elle un bon indicateur du nombre de molécules dans une solution ?

### C. Pour conclure

Dans la vie de tous les jours, il est d'usage de compter les objets en les regroupant par paquets (boîtes de 6 ou 12 oeufs, lots de 4 ou 12 yaourts...). Le chimiste procède de la même façon en regroupant les entités d'une même espèce chimique.

7. Quelle définition peut-on donner à la mole ? Quel nombre d'entités une mole contient-elle ? Que représente la concentration molaire en espèce chimique d'une solution ?

## 3. Dopée ou non ?

En utilisant les documents fournis, vous devez rédiger un rapport argumenté à l'UCI sur le cas de Clara.

Il vous est demandé d'étudier deux indicateurs pour éviter toute contestation de votre rapport.