

THÈME : LA SANTÉ

Les résidus de médicaments sont-ils dangereux pour notre santé ?

La France est le quatrième consommateur mondial de médicaments. Une fois que ces médicaments ont agi dans l'organisme, ils sont excrétés, essentiellement dans les selles et les urines, puis sont rejetés dans les réseaux d'eaux usées (égouts). Ces résidus de médicaments se retrouvent donc d'une manière ou d'une autre dans l'environnement et potentiellement dans nos sources d'eau potable.

L'objectif de cet exercice est de savoir si ces résidus de médicaments présentent un risque pour notre santé.

Document 1. Des médicaments présents dans les milieux aquatiques

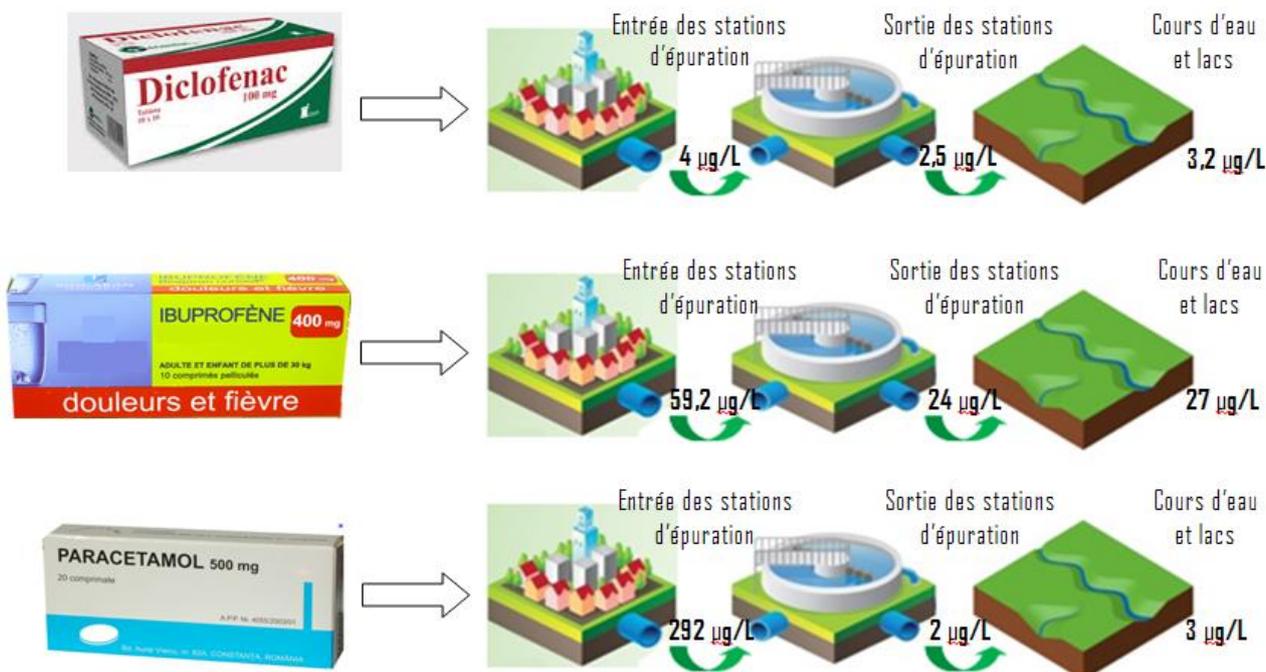
Suite à l'amélioration des soins médicaux et à l'allongement de l'espérance de vie, la quantité de médicaments consommés a augmenté. Parallèlement, grâce aux progrès considérables dans les technologies d'analyses chimiques, il est maintenant possible de mesurer de nombreux résidus de médicaments dans l'eau à des concentrations extrêmement faibles, de l'ordre du nanogramme par litre, souvent plusieurs fois inférieures à celles détectables il y a quelques années. Cela signifie, par exemple, que les traces d'un morceau de sucre dissous dans un réservoir d'une contenance d'environ 2,7 milliards de litres d'eau (environ 19 millions de baignoires remplies) peuvent être mesurées par des méthodes d'analyses modernes !

Ainsi, depuis les années 1980, de nombreuses molécules pharmaceutiques ont été détectées dans l'environnement : leur présence dans les effluents et les boues de stations d'épuration urbaines, le milieu aquatique et les sols, a été établie à l'échelle mondiale. La première mise en évidence de la présence de médicaments dans les eaux remonte à 1976. De nombreux travaux ont, depuis, confirmé l'omniprésence de ces substances dans les rivières et les eaux souterraines : au début des années 2000, plus de 80 substances pharmaceutiques avaient ainsi été mesurées dans des effluents de stations d'épuration et des eaux de surface (voir **Document 2** ci-dessous).

Les valeurs les plus importantes sont observées pour les anti-inflammatoires, les hypolipémiants (médicaments agissant contre le cholestérol) et le paracétamol, ce qui semble corrélé avec les fortes consommations de ces médicaments.

D'après ecotoxicologie.fr

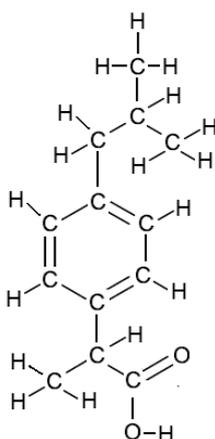
Document 2. Des médicaments retrouvés à des faibles concentrations dans les milieux aquatiques



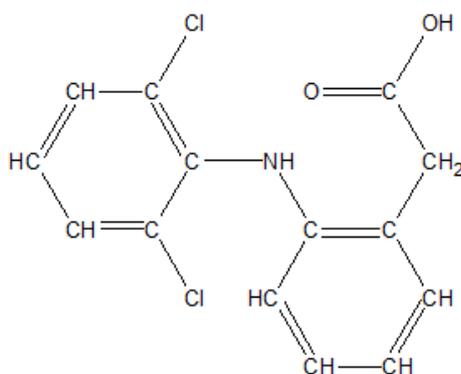
D'après ecotoxicologie.fr

Document 3. Trois principes actifs de médicaments

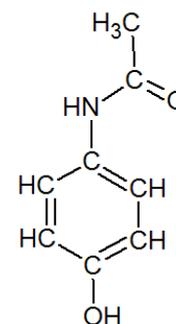
Ibuprofène



Diclofénac



Paracétamol

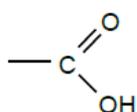


Donnée :

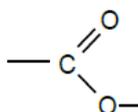
✓ Quelques groupes caractéristiques :



Hydroxyle



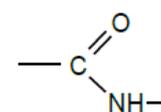
Carboxyle



Ester



Amine



Amide

✓ Multiples et sous multiples

picogramme	nanogramme	microgramme	milligramme	kilogramme
pg	ng	µg	mg	kg
10^{-12} g	10^{-9} g	10^{-6} g	10^{-3} g	10^3 g

Questions

Médicaments, principes actifs

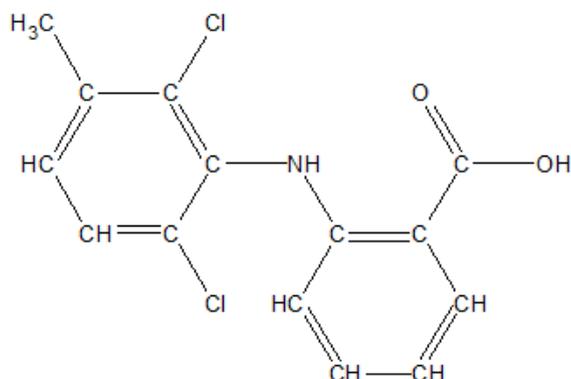
Q1. (2 points) Cocher les bonnes réponses (une seule réponse juste pour chaque question) :

- a) Le principe actif d'un médicament...
- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> sert à une meilleure assimilation des excipients | <input type="checkbox"/> est la molécule possédant des propriétés thérapeutiques dans un médicament |
| <input type="checkbox"/> est nécessairement d'origine naturelle | <input type="checkbox"/> ne sert à rien |
- b) La formule brute du paracétamol est :
- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> C_7H_9ON | <input type="checkbox"/> $C_8H_{10}O_2N$ |
| <input type="checkbox"/> $C_7H_{10}ON$ | <input type="checkbox"/> $C_8H_9O_2N$ |
- c) La molécule de diclofénac comporte un groupe caractéristique :
- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ester | <input type="checkbox"/> hydroxyle |
| <input type="checkbox"/> carboxyle | <input type="checkbox"/> amide |
- d) À la sortie des stations d'épuration, la concentration de diclofénac est :
- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> plus élevée que celle de l'ibuprofène | <input type="checkbox"/> plus élevée que celle du paracétamol |
| <input type="checkbox"/> plus élevée qu'à l'entrée des stations d'épuration | <input type="checkbox"/> plus élevée que dans les cours d'eau et les lacs |

Q2. (0,5 point) Écrire la formule semi-développée de la molécule de l'ibuprofène.

Q3. (1,5 points) Le diclofénac est un anti-inflammatoire non stéroïdien (AINS). Il réduit la douleur, la fièvre et l'inflammation.

Un autre AINS est l'acide méclofénamique de formule semi-développée :



Indiquer si l'acide méclofénamique est un isomère du diclofénac. Justifier.

Mesures de concentrations faibles

Q4. (3 points) Sachant qu'une boîte de 1 kg de sucre contient 225 morceaux de sucre, indiquer si les affirmations correspondant à la partie soulignée du **Document 1** sont cohérentes. Justifier.

Risques pour la santé ?

Q5. (3 points) Un exemple de substance pharmaceutique active pouvant être détectée dans l'eau est le diclofénac. La masse de la substance active dans un comprimé est de 100 mg.

Pour consommer l'équivalent d'un comprimé, combien de litres d'eau issue des cours d'eau et des lacs une personne devrait-elle boire ? Vous êtes un scientifique spécialisé dans l'étude des eaux polluées. Pensez-vous que les résidus de diclofénac présentent un risque pour la santé ?

Vous êtes invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie et les étapes de résolution sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées. Des calculs sont nécessaires.

Question	Tâche	Niveau de difficulté	Compétence évaluée	Réponse attendue	Évaluation- Notation			
Q1	Simple	1	S'APPROPRIER	<p>a : Le principe actif d'un médicament est la molécule possédant des propriétés thérapeutiques dans un médicament.</p> <p>b : La formule brute du paracétamol est $C_8H_9O_2N$.</p> <p>c : La molécule de diclofénac comporte un groupe carboxyle.</p> <p>d : À la sortie des stations d'épuration, le diclofénac est détecté à des concentrations plus élevées que le paracétamol.</p>	2			
Q2	Simple	1	RÉALISER		0,5			
Q3	Simple	2	ANALYSER	Formule brute du diclofénac et de l'acide méclofénamique : $C_{14}H_{11}O_2NCl_2$. Même formule brute mais formules semi-développées différentes : diclofénac et acide méclofénamique isomères.	1,5			
Q4	Complexe	3		<p style="text-align: right;">Évaluation des compétences</p> <p>A : Les critères choisis apparaissent dans leur totalité.</p> <p>B : Les critères choisis apparaissent partiellement.</p> <p>C : Les critères choisis apparaissent de manière insuffisante.</p> <p>D : Les critères choisis ne sont pas présents.</p>	Niveau de maîtrise			
			S'APPROPRIER	L'élève extrait l'information relative au volume de 2,7 milliards de litres d'eau dans lequel serait dissous le morceau de sucre.	A	B	C	D
			RÉALISER	L'élève fait le calcul de la masse d'un morceau de sucre à partir des données de l'énoncé.				
				L'élève calcule la concentration massique que donnerait le morceau de sucre dissout dans le volume $V = 2,7 \cdot 10^9$ L				
			VALIDER	L'élève compare l'ordre de grandeur de la valeur trouvée avec l'ordre de grandeur de la phrase soulignée et conclut.				
				<p style="text-align: right;">Notation :</p> <p style="text-align: center;"><i>Le regard porté sur la grille de compétences de manière globale aboutit, en fonction de la position des croix, à la note évaluant la production de l'élève.</i></p> <p style="text-align: center;">Majorité de A →3 Majorité de B →2 Majorité de C →1 Majorité de D → 0</p>	3			
				4/3	Niveau de maîtrise			

Q5	Complexe	4			A	B	C	D
			ANALYSER	L'élève extrait la valeur de la concentration massique de diclofénac dans l'eau des cours d'eau et des lacs (doc. 2)				
			RÉALISER	En utilisant la concentration massique précédente et la valeur de la masse de principe actif donnée dans l'énoncé, l'élève calcule le volume d'eau correspondant.				
			COMMUNIQUER	L'élève commente cette valeur en utilisant des arguments cohérents.				
				3				

Exemple de réponse à la tâche complexe (Q4)

- Un morceau de sucre a une masse $m = 1000 \text{ g} / 225 = 4,44 \text{ g}$.
- Dans le texte, on considère que le morceau de sucre est dissous dans un volume $V = 2,7 \times 10^9 \text{ L}$ d'eau.
- La concentration massique correspondante est : $C_m = m / V = 4,44 \text{ g} / (2,7 \cdot 10^9 \text{ L}) = 1,65 \cdot 10^{-9} \text{ g/L}$ soit un ordre de grandeur de 1 ng/L .
- La valeur trouvée a le même ordre de grandeur que l'ordre de grandeur donné dans le document 1. La démarche suivie vient confirmer la phrase du document 1.

Exemple de réponse à la tâche complexe (Q5)

- Dans le document 2, la concentration massique du diclofénac dans l'eau des cours d'eau et des lacs vaut $C_m = 3,2 \text{ } \mu\text{g/L}$.
- Le volume d'eau nécessaire pour ingurgiter une masse $m = 100 \text{ mg}$ de principe actif est donc $V = m / C_m = 0,100 \text{ g} / (3,2 \cdot 10^{-6} \text{ g/L}) = 3,2 \times 10^4 \text{ L}$.
- La valeur est très grande : le titre de l'article est peut-être un peu alarmiste par rapport au danger réel que cela représente. Il y a peu de chance qu'on boive cette quantité d'eau. Mais si cette eau contient une grande variété de principes actifs, même en faible quantité, cela pourrait tout de même représenter un danger.