

Correction Activité documentaire n°1.1 : Contrôle qualité de l'eau du robinet. (Inspirée du livre de 1ère NATHAN)

DOCUMENT **Seuil d'alerte**

Vingt-mille habitants de deux agglomérations de Seine-Maritime sont invités le 26 juillet 2012, « par précaution », par la préfecture à ne plus consommer l'eau du robinet pour les usages alimentaires, en raison d'une présence anormale d'une substance, la N-nitrosomorpholine (NMOR).

Elle proviendrait de l'usine pharmaceutique Oril, implantée à Bolbec. Cette molécule, qui n'était pas jusqu'alors recherchée dans les analyses de l'eau, a été détectée « en très petite quantité ».

L'Agence régionale de santé de Haute-Normandie indique qu'il n'existe actuellement sur cette substance qu'une seule norme dite « inacceptable », selon laquelle une personne sur 100 000 pourrait développer un cancer en ayant bu durant sa vie entière deux litres d'eau contaminée par jour.

D'après Le Monde, 27 juillet 2012.

L'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) saisie en juillet 2012 a estimé, sur la base des données toxicologiques actuelles, que la consommation journalière d'eau présentant une concentration en NMOR inférieure à $100 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ n'entraîne pas un excès de risque pour la santé des consommateurs.

DONNÉES

■ Quelques polluants de l'eau

Nom du polluant	Perchlorate	NMOR	Plomb
Formule brute	ClO_4^-	$\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_2\text{O}_2$	Pb
Concentration en masse limite autorisée dans l'eau du robinet	$15 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$0,1 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$10 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$

■ Masse et abondance relative de quelques atomes

Élément	Nombre de nucléons	Abondance (en %)	Masse (en g)
Chlore	35	75,760	$5,807 \times 10^{-23}$
	37	24,240	$6,138 \times 10^{-23}$
Carbone	12	98,940	$1,993 \times 10^{-23}$
Hydrogène	1	99,986	$1,674 \times 10^{-24}$
Oxygène	16	99,757	$2,656 \times 10^{-23}$
	17	0,039	$2,823 \times 10^{-23}$
	18	0,205	$2,989 \times 10^{-23}$
Azote	14	99,621	$2,325 \times 10^{-23}$

■ Extraits du tableau périodique des éléments. La grandeur en bleu s'exprime en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1 H hydrogène 1,0	6 C carbone 12,0	7 N azote 14,0
8 O oxygène 16,0	17 Cl chlore 35,5	82 Pb plomb 207,2

■ Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Le contrôle qualité de l'eau du robinet en France est une préoccupation majeure du ministère de la Santé. Un très grand nombre de polluants, dont des résidus de pesticides ou de médicaments, sont analysés.

Quelle quantité maximale de polluant peut-on ingérer sans risque ?

Questions :

S'approprier :

1.a) A l'aide du tableau (données), **calculer** la masse d'une mole d'atomes d'oxygène, puis d'une mole d'atomes de chlore.

Remarque : La masse d'un corps formé de parties est la somme des masses de ces parties.

Déterminons la masse d'une mole d'atomes d'oxygène, $m_{\text{mole de O}}$:

Expression littérale :

$$m_{\text{mole de O}} = N_A \times m_{\text{atome d'oxygène}}$$

Données :

$$m_{\text{atome d'oxygène}} = 0,99757 \times m_{\text{isotope 16}} + 0,00039 \times m_{\text{isotope 17}} + 0,00205 \times m_{\text{isotope 18}}$$

Application numérique :

$$\begin{aligned} m_{\text{mole de O}} &= N_A \times m_{\text{atome d'oxygène}} \\ &= N_A \times (0,99757 \times m_{\text{isotope 16}} + 0,00039 \times m_{\text{isotope 17}} + 0,00205 \times m_{\text{isotope 18}}) \\ &= 6,02 \times 10^{23} \times (0,99757 \times 2,656 \times 10^{-23} + 0,00039 \times 2,823 \times 10^{-23} + 0,00205 \times 2,989 \times 10^{-23}) \\ &= 16,0 \text{ g} \end{aligned}$$

Déterminons la masse d'une mole d'atomes de chlore, $m_{\text{mole de Cl}}$:

Expression littérale :

$$m_{\text{mole de Cl}} = N_A \times m_{\text{atome de chlore}}$$

Données :

$$m_{\text{atome de chlore}} = 0,75760 \times m_{\text{isotope 35}} + 0,24240 \times m_{\text{isotope 37}}$$

Application numérique :

$$\begin{aligned} m_{\text{mole de chlore}} &= N_A \times m_{\text{atome de chlore}} \\ &= N_A \times (0,75760 \times m_{\text{isotope 35}} + 0,24240 \times m_{\text{isotope 37}}) \\ &= 6,02 \times 10^{23} \times (0,75760 \times 5,807 \times 10^{-23} + 0,24240 \times 6,138 \times 10^{-23}) \\ &= 35,4 \text{ g} \end{aligned}$$

1.b) **Comparer** les résultats obtenus avec l'extrait du tableau périodique (données).

On remarque que les masses obtenues correspondent à la grandeur notée en bleu dans le tableau périodique, appelée masse molaire. L'unité de cette grandeur est $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ parce qu'il s'agit d'une masse pour une mole.

Remarques :

En chimie, il est d'usage d'utiliser le gramme pour les masses plutôt que l'unité du SI.

La masse molaire d'un élément n'est pas un nombre entier, contrairement au numéro atomique Z ou au nombre de nucléons.

En effet, pour l'exemple du chlore, aucun isotope n'est en proportion négligeable dans l'élément.

Réaliser :

2.a) **Déterminer** la masse d'une mole d'ion perchlorate.

Une mole d'ion perchlorate contient une mole d'atomes de chlore et quatre moles d'atomes d'oxygène.

$$m_{\text{mole de ion perchlorate}} = m_{\text{mole de Cl}} + 4 \times m_{\text{mole d'O}} = 35,5 + 4 \times 16,0 = 99,5 \text{ g}$$

2.b) **Déterminer** la masse d'une mole de chacun des polluants cités dans les données.

Une mole de NMOR contient 4 moles d'atomes de carbone et 8 moles d'atomes d'hydrogène, 2 moles d'atomes d'azote et 2 moles d'atomes d'oxygène.

$$m_{\text{mole de MNOR}} = 4 \times m_{\text{mole de C}} + 8 \times m_{\text{mole d'H}} + 2 \times m_{\text{mole d'N}} + 2 \times m_{\text{mole d'O}} = 116,0 \text{ g}$$

Une mole de Plomb a une masse de 207 g d'après les données.

Remarque : *On observe que la masse molaire est une grandeur intensive (c'est-à-dire qui ne dépend pas de la quantité de matière).*

2.c) **Déterminer** la quantité maximale de NMOR que l'on peut consommer sans risque au cours d'une vie.

D'après le document, la concentration maximale de NMOR est $C_{\text{NMOR}} = 100 \text{ ng.L}^{-1}$

Ordres de grandeurs : Durée d'une vie : 80 ans / Volume d'eau absorbé quotidiennement, $V = 2 \text{ L.j}^{-1}$

Soit m_{NMOR} la masse maximale que l'on peut consommer sans risque au cours d'une vie :

$$m_{\text{NMOR}} = C_{\text{NMOR}} \times d_{\text{vie}} \times V$$

Connaissant la masse totale et la masse d'une mole, on peut déterminer la quantité maximale de NMOR que l'on peut consommer sans risque au cours d'une vie :

$$n_{\text{NMOR}} = \frac{m_{\text{NMOR}}}{m_{\text{mole de NMOR}}} = \frac{C_{\text{NMOR}} \times d_{\text{vie}} \times V}{m_{\text{mole de NMOR}}} = \frac{100 \times 10^{-9} \times 29220 \times 2}{116} = 5,04 \times 10^{-5} \text{ mol} = 50,4 \mu\text{mol}.$$

Valider :

3.a) **Proposer** une expression littérale permettant de relier la masse m d'un échantillon à la quantité de matière n qu'il contient et à sa masse molaire M , c'est-à-dire la masse d'une mole d'entités dont est constitué l'échantillon.

Notons n la quantité de matière d'une espèce chimique dans un échantillon, M la masse molaire de cette espèce chimique et m la masse de l'échantillon : $m = n \times M$

Remarque : Dans le cas d'un mélange, m est la masse de cette espèce chimique dans l'échantillon.

3.b) **Déterminer** quel polluant doit être consommé en quantité minimale.

On calcule les quantités de matière limite autorisées dans 1 L d'eau du robinet : $n = \frac{m}{M}$

Polluant	ClO_4^-	NMOR	Pb
Masse molaire (en g.mol^{-1})	99,5	116	207,2
Masse limite dans 1L (μg)	15	0,1	10
Quantité de matière (en mol)	$1,5 \times 10^{-7}$	$8,6 \times 10^{-10}$	$4,8 \times 10^{-8}$

C'est le NMOR qui doit être consommé en quantité minimale.