

TD de DCO et COT

Problème : Détermination de la DCO

On se propose d'étudier la pollution d'un échantillon d'eau de mer. Les matières organiques consomment, en se dégradant, le dioxygène dissous dans l'eau. Elles peuvent donc être à l'origine, si elles sont trop abondantes, d'une consommation excessive d'oxygène et provoquer l'asphyxie des organismes aquatiques. La demande chimique en oxygène (DCO) est un indicateur du degré de pollution.

Par définition, la demande chimique en oxygène (DCO) est la concentration massique, exprimée en mg/L en dioxygène, équivalente à la quantité de dichromate de potassium consommée par les matières oxydables de la solution. On classe la qualité d'une eau selon les critères quantitatifs suivants :

Classe de qualité	DCO (mg/L)	Commentaire
Très peu polluée	< 20	Eau pratiquement pure
Peu polluée	20 – 50	Pollution faible
Modérément polluée	50 – 100	Pollution moyenne
Polluée	100 – 500	Pollution significative
Très polluée	500 – 1000	Forte pollution
Extrêmement polluée	1000 – 6000	Pollution très importante

La détermination de la DCO pour un échantillon d'eau de mer à analyser (2 mL) est réalisée selon la méthode dichromate, dans laquelle la matière organique est oxydée par un excès d'ions dichromate en milieu fortement acide.

L'oxydation est réalisée à ébullition, en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4 : catalyseur d'oxydation) et de sulfate de mercure (II), permettant de complexer les ions chlorure et d'éviter leur interférence.

L'excès de dichromate est déterminé à l'aide d'une solution aqueuse S_2 d'ions fer (II) en présence d'une goutte de solution aqueuse de ferroïne ferreuse de formule $[\text{Fe}(\text{o-phen})_3]^{2+}$. On ajoute un volume $V_1 = 2$ mL de solution aqueuse acidifiée S_1 de dichromate de potassium à un volume déterminé de l'échantillon d'eau de mer. Lorsque la réaction d'oxydation est terminée, on dose l'excès de réactif par la solution S_2 de sel de Mohr $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ de concentration $C_2 = 1,25 \times 10^{-2}$ mol/L. On trouve un volume de titrage $V_E = V_2 = 2,75$ mL.

La solution S_1 a la concentration $C_1 = 4,15 \times 10^{-3}$ mol/L.

Questions

1. Écrire les demi-équations électroniques du couple $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$ et la réaction globale.
2. Déterminer l'expression de la quantité de matière de dichromate $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ consommée.
3. Écrire la demi-équation correspondant à la réduction du dioxygène dissous en $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
4. Déterminer l'expression de $n(\text{O}_2)$.
5. Calculer la DCO de l'échantillon.
6. Si cette eau est biodégradable, déduire la DBO_5 .
7. Calculer la matière oxydable.

COT

Exercice 1

On dissout **0,9 g/L de glucose (C₆H₁₂O₆)** dans de l'eau.

1. Déterminer la fraction massique de carbone dans le glucose.
2. Calculer le COT en mg/L.

Exercice 2

Une eau contient 0,25 g/L de matière organique soluble constituée à 70 % de carbone organique.

1. Calculer le COT en mg/L.
2. Si seulement 50 % de ce carbone est biodégradable, déterminer la DBO₅ estimée.

Exercice 3

Une solution contient 225 mg/L de glucose, C₆H₁₂O₆ et 60 mg/L de butanol tertiaire (CH₃)₃C-OH.

Calculer sa DCO théorique. Estimer DBO ultime. Calculer son COT en mg/L.

La solution de DCO

Problème 1 :

1- Ecrire les demi-équations électroniques de Fe²⁺/Fe³⁺ et Cr₂O₇²⁻/Cr³⁺

Oxydation : $6 \times (\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-) \times$

Réduction: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

Globale : $6\text{Fe}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ \rightarrow 6\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

2- Ecrire la demi-équation électronique correspondant à la réduction du dioxygène dissous O₂ en H₂O.

Oxydation : $3 \times (2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 e^-)$

Réduction: $2 \times (\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 e^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O})$

Globale : $2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 16 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{O}_2 + 4 \text{Cr}^{3+} + 8 \text{H}_2\text{O}$

3- Détermine l'expression de n_{Cr₂O₇²⁻} consommé

$$n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ initial}} = C_1 V_1 = 4,15 \cdot 10^{-3} \times 2 \cdot 10^{-3} = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

$$n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ consommé}} = n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ initial}} - n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ résiduel}}$$

4- Détermine de l'expression de n_{O₂}

A partir de l'oxydation de l'eau

$$\frac{1}{3} n_{\text{O}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ consommé}}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{3}{2} n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ consommé}}$$

$$n_{\text{O}_2} = \frac{3}{2} (n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ initial}} - n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ résiduel}})$$

n_{Cr₂O₇²⁻} résiduel

$$n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ résiduel}} = \frac{1}{6} n_{\text{sel de Mohrs}} = \frac{1}{6} (C_2 V_E), \text{ puis on remplace dans } n_{\text{O}_2}.$$

$$n_{O_2} = \frac{3}{2} \left(C_1 V_1 - \frac{1}{6} (C_2 V_E) \right)$$

5- Calcul de la DCO :

$$DCO = \frac{n_{O_2}}{V_{\text{eau à analyser}}} = \frac{\frac{3}{2} \left(C_1 V_1 - \frac{1}{6} (C_2 V_E) \right)}{V_{\text{eau à analyser}}}$$

$$DCO = \frac{3}{2} \frac{\left(8,3 \cdot 10^{-6} - \frac{1}{6} (1,25 \cdot 10^{-2} * 2,75 \cdot 10^{-3}) \right)}{2 \cdot 10^{-3}}$$

$$DCO = 1,9210^{-3} \text{ mole} / L$$

La DCO en mg d'O₂/L

$$DCO = 1,9210^{-3} \text{ mole} / L * 32 \cdot 10^3 \text{ mg} / \text{mole}$$

$$DCO = 61,7 \text{ mg d'O}_2 / \text{mole}$$

Donc, cette eau moyennement polluée

6- Déduire la DBO₅

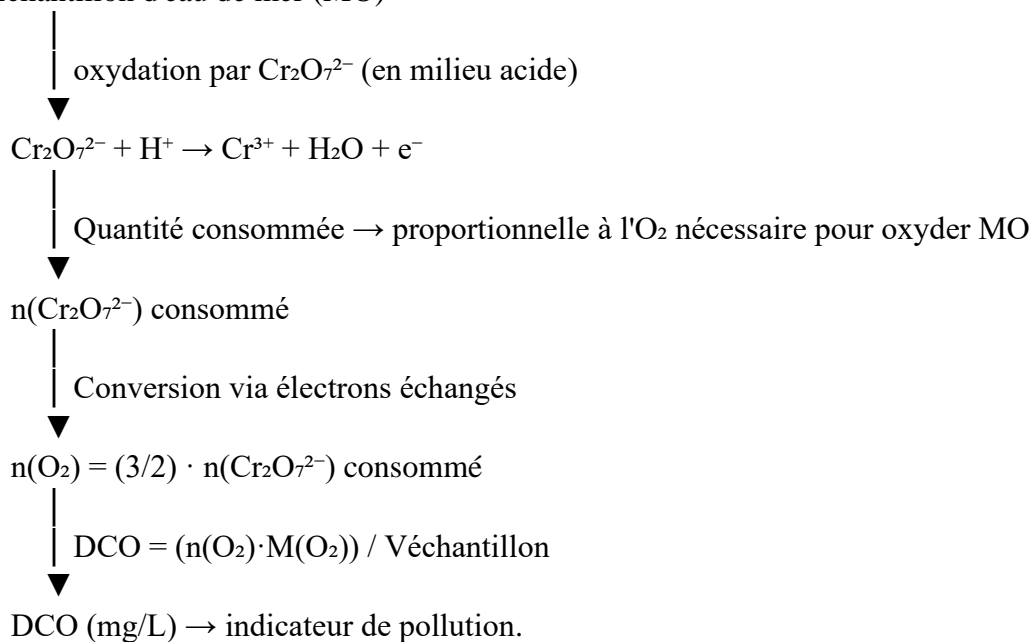
$$\frac{DCO}{DBO_5} = 2 \Rightarrow DBO_5 = \frac{DCO}{2} = \frac{61,7}{2} = 30,72 \text{ mg} / L$$

8. Calcul de la Matière Oxydable (MO).

$$MO = \frac{DCO + 2DBO_5}{3} = \frac{61,7 + 2 * 30,72}{3} = 61,7 \text{ mg} / L$$

Résumé :

Échantillon d'eau de mer (MO)



La solution de COT

Exercice 2 : Glucose (C₆H₁₂O₆)

Donnée : 0,9 g/L de Glucose

1. **Masse molaire** : M=180 g/mol
2. **Masse de carbone par mol** : $6 \times 12 = 72$ g

$$TOC \text{ (mg C / L)} = \text{Concentration du composé (mg / L)} \times \frac{\text{masse de C dans la molécule (g / mol)}}{\text{masse molaire de la molécule (g / mol)}}$$

3. **Fraction massique de C** : $f_C = 72/180 = 0,4$

Masse de C = $0,9 \times 0,4 = 0,36$ g/L

COT = 360 mg/L

Exercice 2

Donnée : 0,25 g/L de matière organique, 70% de C

1. **COT** :

COT = $0,25 \times 0,7 = 0,175$ g/L

2. **DBO₅** (50% de ce carbone est biodégradable) :

DBO₅ = $0,175 \times 0,5 = 0,0875$ g/L = 87,5 mg/L

COT = 175 mg/L, DBO₅ = 87,5 mg/L

Exercice 3

1) Formules et données

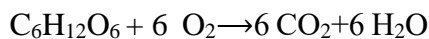
- Glucose : C₆H₁₂O₆ ; concentration = **225 mg/L**
- Tert-butanol : (CH₃)₃C-OH → formule brute **C₄H₁₀O** ; concentration = **60 mg/L**

Constantes atomiques utilisées : C = 12. g·mol⁻¹, H = 1 g·mol⁻¹, O = 16 g·mol⁻¹.

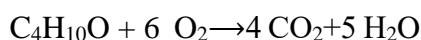
Masse molaire O₂ = $2 \cdot 16 = 32$ g·mol⁻¹.

2) Oxydation stœchiométrique (équations équilibrées)

- Glucose :



Tert-butanol :



Dans les deux cas la réaction complète nécessite **6 mol O₂** par mole de composé.

3) masses molaires

- $M_{\text{glu}}=180 \text{ g/mol}$
- $M_{\text{but}}=74,1224 \text{ g/mol}$
- Masse O_2 requise par mol = $6 \times 32=192 \text{ g O}_2/\text{mol}$

Donc demande en O_2 par gramme de composé :

- Glucose : $192/180=1,067 \text{ g O}_2/\text{g glucose}$
- Tert-butanol : $192/74=2,59 \text{ g O}_2/\text{g butanol}$

4) Calcul de la DCO théorique ($\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)

- Contribution glucose = $225 \text{ mg/L} \times 1,067 = 240,075 \text{ mg O}_2/\text{L}$
- Contribution tert-butanol = $60 \text{ mg/L} \times 2,59 = 155,5 \text{ mg O}_2/\text{L}$

DCO theorique= $240,075 + 155,4 = 395,475 \text{ mg O}_2/\text{L}$

5) Estimation de la DBO ultime (BODu)

Glucose et tert-butanol sont **hautement biodégradables**. En supposant biodégradabilité complète :

DBO ultime \approx DCO théorique $\approx 395,475 \text{ mg O}_2/\text{L}$

6) Calcul du COT en mg C/L

▪ Glucose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

Fraction massique de C = $(6 \times 12) / 180 = 72 / 180 = 0.40$

Contribution en carbone = $225 \text{ mg/L} \times 0.40 = \mathbf{90.00 \text{ mg C/L}}$

▪ Tert-butanol, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

Fraction massique de C = $(4 \times 12) / 74 = 48 / 74 \approx 0.649$

Contribution en carbone = $60 \text{ mg/L} \times 0.649 \approx \mathbf{38.94 \text{ mg C/L}}$

COT total = $90 + 38.94 = \mathbf{128.94 \text{ mg C/L}}$