Valorisation du dioxyde de carbone

Bac S 2017 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Nommer la méthode de détermination de la teneur en chlorure de sodium de l'eau de mer mise en jeu.

On verse progressivement une solution de concentration connue (ions Ag^+) qui réagit avec l'espèce à doser (ions Cl^-), et la fin de la réaction est repérée par un changement de couleur.

Il s'agit d'un **titrage colorimétrique** (dosage par titrage, avec les ions chromate comme indicateur de fin de réaction).

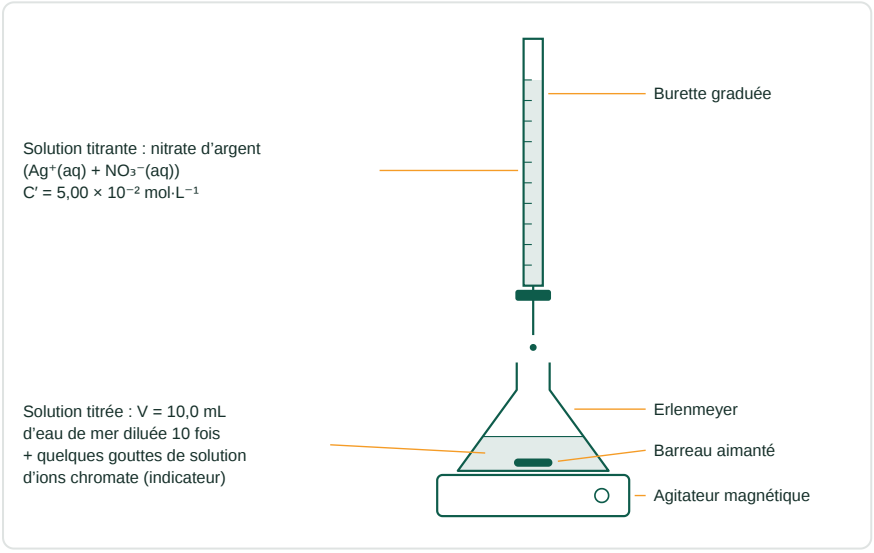
COMPRENDRE
Ce titrage repose sur une réaction de précipitation. Dans le programme actuel de spécialité, on titre surtout par des réactions acide-base ou d'oxydoréduction, mais le principe et l'exploitation de l'équivalence sont identiques.

1.2 Schématiser et légender le dispositif utilisé.

Le schéma comporte la burette graduée contenant la solution titrante, l'erlenmeyer contenant la solution titrée et l'indicateur, le barreau aimanté et l'agitateur magnétique.

Voir le schéma légendé ci-dessous.

PIÈGE
Inverser les deux solutions. La solution de concentration connue (nitrate d'argent) est dans la burette ; la prise d'essai d'eau de mer diluée est dans l'erlenmeyer.



1.2 · Dispositif de titrage de l'eau de mer diluée par le nitrate d'argent

1.3 Justifier que le volume de 11,5 mL peut être assimilé au volume versé à l'équivalence du titrage.

L'équivalence est atteinte quand les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : les ions Cl^- initialement présents sont alors entièrement consommés.

Avant l'équivalence, les ions Ag^+ versés réagissent en priorité avec les ions Cl^-. Dès qu'il n'y a pratiquement plus d'ions chlorure, les ions Ag^+ ajoutés réagissent avec les ions chromate, ce qui fait apparaître la couleur rouge.

L'apparition de la couleur rouge marque la disparition des ions Cl^- : le volume versé à cet instant, 11,5 mL, est le volume équivalent V_E.

COMPRENDRE
Les ions chromate jouent le rôle d'indicateur de fin de réaction : ils ne réagissent qu'une fois le réactif titré épuisé. Quelques gouttes suffisent, pour ne pas consommer une quantité notable d'ions argent.

1.4 Déterminer la concentration massique en chlorure de sodium de l'eau de mer à l'entrée du marais salant.

Données utiles $C' = 5{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 11{,}5$ mL ; $V = 10{,}0$ mL ; dilution au dixième ; $M(\text{NaCl}) = 58{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

À l'équivalence, d'après l'équation $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl}(\text{s})$: $n_0(\text{Cl}^-) = n_E(\text{Ag}^+)$, soit $C \times V = C' \times V_E$.

Concentration en ions chlorure de la solution diluée :

$$C = \frac{C' \times V_E}{V} = \frac{5{,}00 \times 10^{-2} \times 11{,}5}{10{,}0} = 5{,}75 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Une mole de NaCl dissous libère une mole d'ions Cl^- : la concentration en chlorure de sodium de la solution diluée est aussi C.

L'eau de mer est dix fois plus concentrée que la solution titrée. Sa concentration massique est donc :

$$C_m = 10 \times C \times M(\text{NaCl}) = 10 \times 5{,}75 \times 10^{-2} \times 58{,}5$$

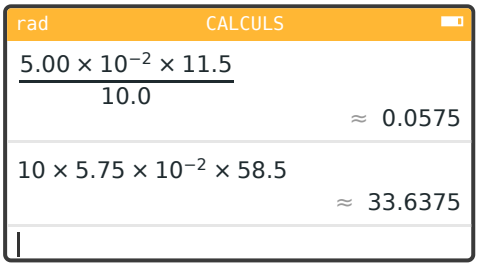
$$\boxed{C_m = 33{,}6\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}}$$

PIÈGE
Oublier la dilution. Le titrage donne la concentration de la solution diluée dix fois, soit $3{,}36\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; la question porte sur l'eau de mer elle-même.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C', V_E, V et $M(\text{NaCl})$. Les volumes peuvent rester en mL dans le quotient V_E/V puisque les unités se simplifient.

MÉTHODE
Pour un titrage : 1) relation à l'équivalence tirée de l'équation ; 2) concentration molaire de la prise d'essai ; 3) facteur de dilution ; 4) passage à la concentration massique par $C_m = C \times M$.

À LA CALCULATRICE



1.5 Déterminer la masse de chlorure de sodium solide à ajouter à chaque litre d'eau de mer introduit lors du premier remplissage, pour assurer une croissance optimale des microalgues.

Données utiles concentration massique optimale : $106\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; $C_m = 33{,}6\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ (1.4)

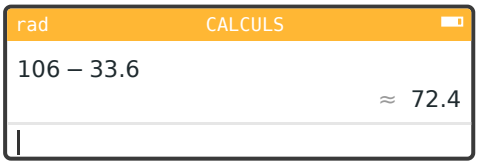
Un litre d'eau de mer contient déjà $33{,}6$ g de chlorure de sodium et doit en contenir 106 g. En supposant que la dissolution du solide ne modifie pas le volume :

$$m = (106 - 33{,}6) \times 1{,}00 = 72{,}4\ \text{g}$$

Il faut ajouter environ 72 g de NaCl solide par litre d'eau de mer.

COMPRENDRE
Pour une différence, on garde la précision du terme le moins précis : 106 est donné à l'unité près, d'où un résultat arrondi au gramme.

À LA CALCULATRICE



2.1 Déterminer l'énergie totale apportée par la lumière sur les marais salants et pouvant servir à la croissance des microalgues en une journée.

Données utiles énergie solaire reçue par jour : $1{,}5 \times 10^7\ \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$; part utilisable : 5 % ; surface : 6000 ha ; $1\ \text{ha} = 1{,}00 \times 10^4\ \text{m}^2$

Surface du site : $S = 6000 \times 1{,}00 \times 10^4 = 6{,}000 \times 10^7\ \text{m}^2$.

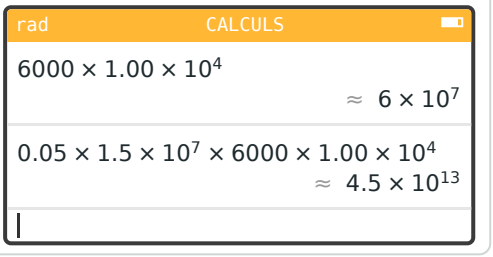
Énergie utile en une journée, avec E_s l'énergie solaire reçue par mètre carré :

$$E = \frac{5}{100} \times E_s \times S = 0{,}05 \times 1{,}5 \times 10^7 \times 6{,}000 \times 10^7$$

$$\boxed{E = 4{,}5 \times 10^{13}\ \text{J}}$$

PIÈGE
Laisser la surface en hectares alors que l'énergie reçue est donnée par mètre carré, ou oublier le facteur 5 % : seule une petite part de l'énergie solaire sert à la croissance.

À LA CALCULATRICE



2.2 En déduire la masse de CO_2 pouvant être absorbée en une journée par la culture des microalgues sur le marais salant.

Données utiles $E = 4{,}5 \times 10^{13}$ J (2.1) ; énergie nécessaire : 1736 kJ par mole de CO_2 ; $M(CO_2) = 44{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

La transformation d'une mole de CO_2 demande $E_m = 1736\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = 1{,}736 \times 10^6\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$. Quantité de CO_2 transformée en un jour :

$$n(CO_2) = \frac{E}{E_m} = \frac{4{,}5 \times 10^{13}}{1{,}736 \times 10^6} = 2{,}6 \times 10^7\ \text{mol}$$

Masse correspondante :

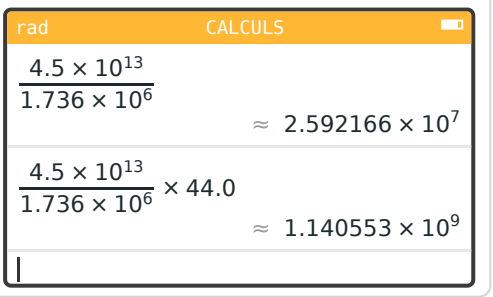
$$m(CO_2) = n(CO_2) \times M(CO_2) = \frac{4{,}5 \times 10^{13}}{1{,}736 \times 10^6} \times 44{,}0 = 1{,}1 \times 10^9\ \text{g}$$

$$\boxed{m(CO_2) = 1{,}1 \times 10^9\ \text{g}, \text{ soit environ } 1{,}1 \times 10^3 \text{ tonnes par jour.}}$$

PIÈGE
Diviser des joules par des kilojoules : il faut convertir 1736 kJ en joules avant le calcul, sinon le résultat est faux d'un facteur mille.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, car E n'en a que deux. On garde la valeur non arrondie de $n(CO_2)$ en mémoire pour la suite du calcul.

À LA CALCULATRICE



2.3 La part des 8 millions de tonnes de CO_2 émises par l'aciérie en un an et absorbable par cette technique permet-elle d'atteindre l'objectif de la COP 21 ? Sinon, proposer une solution pour augmenter cette part.

Données utiles $m(CO_2) = 1{,}14 \times 10^9$ g par jour (2.2, valeur non arrondie) ; émission annuelle : 8×10^6 t ; objectif : réduction de 24 %

Masse absorbée en un an (365 jours), avec $1\text{ t} = 10^6\text{ g}$:

$$m_{an} = 365 \times 1{,}14 \times 10^9 = 4{,}2 \times 10^{11}\text{ g} = 4{,}2 \times 10^5\text{ t}$$

Part de l'émission annuelle de l'usine :

$$p = \frac{m_{an}}{m_{\text{émise}}} = \frac{4{,}2 \times 10^5}{8 \times 10^6} = 0{,}052 \text{ soit environ } 5\ \%$$

Cette part est très inférieure aux 24 % visés : l'objectif n'est pas atteint.

Solution : la masse absorbée est proportionnelle à l'énergie lumineuse captée, donc à la surface cultivée. Il faudrait une surface $\frac{24}{5{,}2} \approx 4{,}6$ fois plus grande, soit environ $2{,}8 \times 10^4$ ha, ou compléter par d'autres procédés de captage et de stockage.

Environ 5 % du CO_2 émis est absorbé, loin des 24 % : objectif non atteint ; il faudrait cultiver une surface près de 5 fois plus grande.

PIÈGE

Comparer une masse journalière à une émission annuelle, ou mélanger grammes et tonnes. Tout ramener à la même durée (un an) et à la même unité avant de calculer le pourcentage.

MÉTHODE

Question ouverte : annoncer la grandeur à comparer (ici un pourcentage), la calculer, la confronter à l'objectif, conclure par une phrase, puis proposer une piste chiffrée quand c'est possible.

À LA CALCULATRICE

