EXERCICE III : VALORISATION DU DIOXYDE DE CARBONE (5 points)

Une usine sidérurgique du sud de la France, située en bordure de mer, produit chaque année 4 millions de tonnes d'acier. Cette production s'accompagne de l'émission de 8 millions de tonnes de dioxyde de carbone.
Un des objectifs de la COP 21 est de réduire de 24 % l'émission de CO_2 dans le secteur de l'industrie.
Pour contribuer à cet objectif, on cherche à capter le CO_2 émis lors de la production d'acier pour le stocker ou à le valoriser afin d'éviter son rejet dans l'atmosphère.



Un site voisin de marais salants en reconversion, de surface disponible 6000 hectares, pourrait être exploité. Le CO_2 émis serait utilisé dans la culture intensive d'une microalgue naturellement présente sur ce site, la *Dunaliella salina*.

Les microalgues sont des microorganismes photosynthétiques qui assurent leur croissance en transformant l'énergie solaire en énergie chimique quand elles sont en présence d'eau, de dioxyde de carbone, d'éléments inorganiques (azote N, phosphore P, potassium K, ...).

Les quantités de nutriments nécessaires à la croissance d'un kilogramme de microalgues sont indiquées dans le tableau suivant.

Nutriments	Masse nécessaire pour 1 kg d'algue	Disponibilité
Dioxyde de carbone	1,83 kg	Fourni par les fumées industrielles en grande quantité.
Azote N	0,07 kg	Apporté sous forme de nitrate NO_3^- en quantité non limitée.
Phosphore P	0,01kg	Apporté sous forme de phosphate PO_4^{3-} en quantité non limitée.
Eau	40 kg (soit 40 L)	Provenant de la mer Méditerranée.

Données :

- 1 hectare = $1{,}00\times10^4$ m^2
- Masses molaires : $M(CO_2)$ = 44,0 $g.mol^{-1}$; $M(NaCl)$ = 58,5 $g.mol^{-1}$

1. Croissance des microalgues

La croissance des microalgues est optimale pour une concentration massique en chlorure de sodium ($Na^+_{(aq)}$ + $Cl^-_{(aq)}$) égale à 106 $g.L^{-1}$. Celle-ci peut être corrigée par ajout de chlorure de sodium NaCl solide ou d'eau.

On cherche à déterminer la teneur en chlorure de sodium de l'eau de mer qui alimente les bassins du marais salant et la masse de chlorure de sodium à ajouter éventuellement.

Protocole de détermination de la teneur en chlorure de sodium de l'eau de mer :

- Diluer 10 fois un échantillon d'eau de mer prélevé à l'entrée du marais salant.
- Introduire un volume V = 10,0 mL de la solution obtenue dans un erlenmeyer de 150 mL et ajouter quelques gouttes d'une solution contenant des ions chromate $CrO_4^{2-}{}_{(aq)}$.
- Verser progressivement, sous agitation, des volumes connus d'une solution de nitrate d'argent ($Ag^+_{(aq)}$ + $NO_3^-{}_{(aq)}$) de concentration molaire C' = $5{,}00\times10^{-2}$ $mol.L^{-1}$.

Les ions argent réagissent prioritairement avec les ions chlorure pour former un précipité blanc de chlorure d'argent. L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :

$$Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}$$

Lorsque pratiquement tous les ions chlorure ont disparu, les ions argent ajoutés réagissent ensuite avec les ions chromate en donnant une coloration rouge.

Cette couleur rouge apparaît lorsqu'on a versé 11,5 mL de solution de nitrate d'argent dans la solution analysée.

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

1.2. Schématiser et légender le dispositif utilisé.

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

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

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

2. Réduction de l'émission de dioxyde de carbone

La croissance des microalgues nécessite en outre un apport d'énergie de 1736 kJ par mole de dioxyde de carbone transformé. Cette énergie, apportée par la lumière, est liée à l'ensoleillement du site.

En un jour, la région du marais salant reçoit une énergie solaire moyenne par mètre carré de $1{,}5\times 10^{7}$ J.m^{-2}. La part de cette énergie disponible pour la croissance des microalgues est égale à 5%.

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

2.2. En déduire la masse de CO2 pouvant être absorbée par l'exploitation du marais salant pour la culture des microalgues en une journée.

2.3. La part des 8 millions de tonnes de CO2 produite par l'aciérie en une année, pouvant être absorbée par cette technique, permet-elle d'atteindre l'objectif fixé par la COP 21 ?
Si ce n'est pas le cas, proposer une solution pour augmenter cette part.

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.