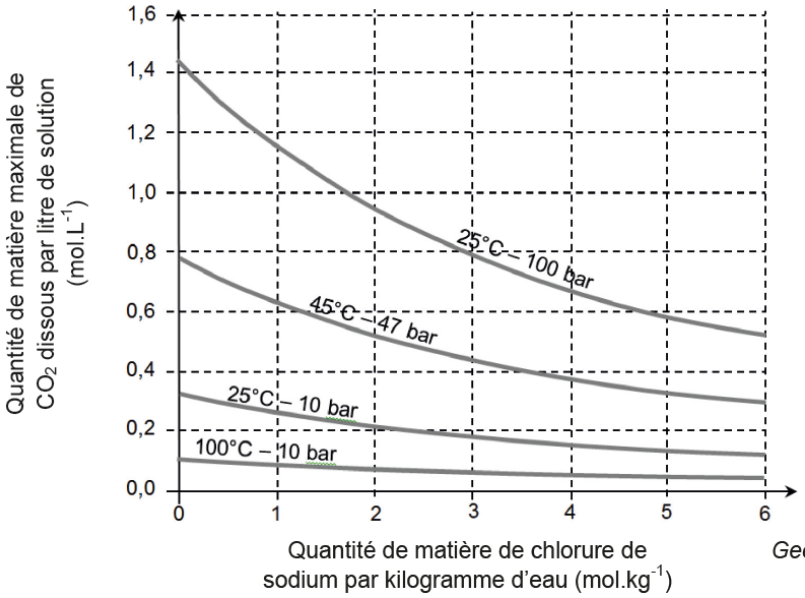
EXERCICE III – PIÉGEAGE DU DIOXYDE DE CARBONE (5 points)

Le développement des technologies de piégeage et stockage du dioxyde de carbone (gaz à effet de serre) est indispensable pour atténuer la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère (rapport complémentaire du GIEC, 2014).
Le projet expérimental Carbfix étudie le piégeage du dioxyde de carbone produit par la centrale électrique de Hellisheidi (Islande). La méthode utilisée par Carbfix consiste à dissoudre le dioxyde de carbone dans de l'eau et à le piéger dans des roches basaltiques.

1. Solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau de mer

Dans le cadre de l'expérience Carbfix, on étudie la possibilité de dissoudre le dioxyde de carbone dans l'eau de mer dans différentes conditions physico-chimiques. L'eau de mer sera considérée ici comme une solution aqueuse de chlorure de sodium à 0,5 mol par kilogramme d'eau.



D'après Benoît Dubacq, et al., Geochimica et Cosmochimica Acta, 2013, 110, 229–252.

Figure 1. Quantité maximale de CO_2 dissous par litre de solution en fonction de la quantité de matière de chlorure de sodium par kilogramme d'eau, pour diverses températures et pressions en dioxyde de carbone.

1.1. À une température de 45°C et sous une pression en CO_2 de 47 bar, déterminer la quantité maximale de dioxyde de carbone que l'on peut dissoudre dans un litre d'eau de mer.

1.2. Dans les mêmes conditions de température et de pression en CO_2, en déduire le volume d'eau de mer nécessaire pour dissoudre 1 mole de dioxyde de carbone.

1.3. À partir des documents fournis, indiquer le sens dans lequel il semble préférable de modifier les paramètres température, pression en CO_2 et teneur en chlorure de sodium de l'eau utilisée pour minimiser le volume d'eau nécessaire pour réaliser cette dissolution. Justifier brièvement.

2. Piégeage dans le cadre du projet CarbFix

Quand le dioxyde de carbone dissous dans l'eau entre en contact avec les roches basaltiques, diverses transformations chimiques interviennent et le consomment. Le piégeage du dioxyde de carbone (CO_2) par ce procédé est prometteur puisqu'il est rapide et sûr. Cependant il consomme encore trop d'eau : un millier de piscines olympiques serait nécessaire pour piéger le CO_2 produit en un an par la centrale de Hellisheidi !
On se propose de vérifier cette information en évaluant la quantité d'eau nécessaire pour ce piégeage. Dans la suite de l'exercice, le dioxyde de carbone dissous dans l'eau sera noté $CO_2(aq)$ pour simplifier l'écriture des équations de réactions.

Processus chimique de minéralisation du dioxyde de carbone dans le projet CarbFix

Le dioxyde de carbone gazeux $CO_2(g)$ est dissous dans un courant d'eau qui est injecté en profondeur dans des roches basaltiques. Le pH de cette solution aqueuse chargée en $CO_2(aq)$ est d'environ 3,5. Le dioxyde de carbone dissous réagit alors avec le basalte formant des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- et des cations métalliques qui réagissent alors avec les ions pour former divers minéraux carbonatés solides.

Données :

- couple acide-base CO_2 (aq) / HCO_3^- (aq) de pKa = 6,35 à 25 °C ;
- masse molaire du dioxyde de carbone CO2 : 44,0 $g.mol^{-1}$;
- dimensions d'une piscine olympique :
  longueur : L = 50 m ; largeur : ℓ = 25 m ; profondeur : h = 3 m ;
- on estimera qu'au moment de son injection dans la roche, la solution aqueuse de dioxyde de carbone a une concentration molaire C en CO_2 (aq) et un pH reliés par la formule suivante :

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C)$$

Déterminer le volume d'eau nécessaire pour minéraliser les 40 000 tonnes de dioxyde de carbone gazeux produit par la centrale électrique en un an. Comparer avec l'estimation donnée dans le texte présentant le procédé Carbfix.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.