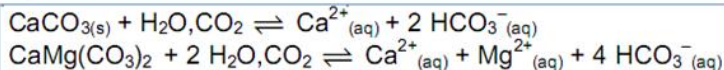


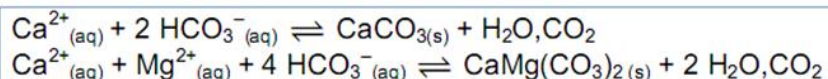
## Document 1 : EROSION ET CONCRETION

La légère acidité de l'eau de pluie due à la dissolution du dioxyde de carbone dans l'atmosphère entraîne la lente érosion de certaines roches carbonatées

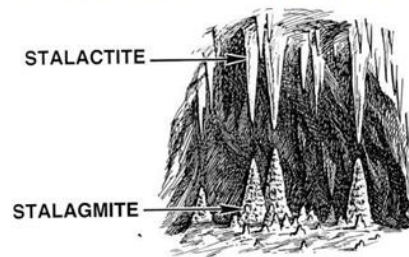
La calcite  $\text{CaCO}_3$  et la dolomite  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , par exemple, se dissolvent dans l'eau en participant aux réactions acido-basiques suivantes :



Lorsque les eaux souterraines chargées en cations  $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$  et  $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$  ruissellent dans une grotte, elles s'évaporent, augmentant ainsi la concentration en minéraux. Les ions  $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$  et  $\text{Mg}^{2+}_{(aq)}$  forment avec les ions hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^{-}_{(aq)}$  des précipités selon les réactions acido-basiques suivantes :



On observe alors des concrétions spectaculaires : stalactites, stalagmites. Cette précipitation s'accompagne d'une libération de dioxyde de carbone. La précipitation de  $\text{CaCO}_3(s)$  a également lieu au fond des océans où sont conduits les ions grâce aux rivières.

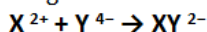


## Document 2 : Dosage par titrage des ions Calcium et magnésium d'une eau de source

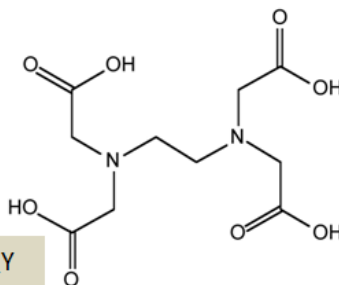
On dose les ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et les ions magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  notés de façon générale  $\text{X}^{2+}$  dans un volume  $V_1 = 10,0 \text{ mL}$  d'eau minérale par une solution d'EDTA (acide éthylène diamine tétra acétique) de concentration molaire  $c_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

L'EDTA est un tétra-acide noté  $\text{H}_4\text{Y}$ .

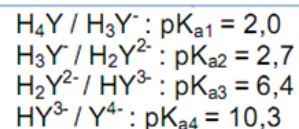
Ce dosage s'effectue en milieu tamponné par l'ajout de 20 mL d'une solution tampon à  $\text{pH} = 10$ . À ce pH, seuls les ions  $\text{Y}^{4-}$  réagissent avec les ions calcium et avec les ions magnésium pour former des complexes incolores selon l'équation :



L'équivalence est repérée par le changement de coloration de solution, grâce à la présence d'un indicateur coloré, le noir d'ériochrome T (NET). Il s'agit d'un solide noir, une pointe de spatule est nécessaire au repérage de l'équivalence.



Couples acide-base de l'EDTA



Formule topologique de l'EDTA noté  $\text{H}_4\text{Y}$

## Partie 1 : questions relatives aux documents 1 et 2

1-1- Que provoque la légère acidité des eaux de pluies ? À quoi est-elle due ?

1-2- Quels sont les cations impliqués dans la formation des concrétions présentes dans les grottes ?

1-3- Quel phénomène est responsable de la présence des minéraux dans l'eau ? Ce phénomène est-il lent ou rapide ?

1-4- Quelles sont les groupements fonctionnels présents sur la molécule d'EDTA  $\text{H}_4\text{Y}$  ? Ecrire la formule topologique de l'ion  $\text{Y}^{4-}$ .

1-5- placer sur un axe de  $\text{pK}_a$  les zones de prédominance des différentes espèces chimiques des 4 couples acide-base de l'EDTA.

## Partie 2 : dosage d'une eau de source

## 1- expérience

→ Indiquer le numéro de l'eau dosée sur le compte-rendu. Le but est d'identifier cette eau : Contrex ou Hepar

→ La solution tampon est une solution d'ammoniac qui permet de mettre l'eau de source à  $\text{pH} = 10$

→ Au lieu de mettre une spatule de noir d'ériochrome, verser quelques gouttes de ce colorant pour obtenir une coloration mauve.

→ Réaliser deux dosages concordants et noter la moyenne des volumes à l'équivalence

→ Faire un schéma annoté du montage

## 2- Calculs

1- Ecrire l'équation-bilan du dosage. Quelle est la concentration  $c_1$  en  $\text{X}^{2+}$  ( $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  ensemble) en déduire la quantité de matière de  $\text{X}^{2+}$  dans l'échantillon dosé puis dans 1 L d'eau.

2- A l'aide des renseignements indiqués sur les étiquettes d'eau minérales page suivante, calculer la quantité de matière en ion calcium et magnésium dissoute dans 1 L de chaque eau minérale.

3- Identifier l'eau minérale dosée.

**Document3 : étiquettes d'eaux minérales : concentrations en mg/L**

<p>Minéralisation caractéristique en mg/l.                  Calcium : 555 - Magnésium : 110                  Sodium : 14 - Sulfate : 1479 - Nitrate : 3,9                  Hydrogénocarbonate : 403 - pH = 7,0                  Résidu sec à 180°C. = 2580mg/l                  Embouteillée à Vittel - Emb. 88516</p> <p>Service consommateurs : HÉPAR                  PVF - TSA 40001                  92793 ISSY MOULINEAUX Cedex 9</p> <p>A conserver à l'abri du soleil,                  dans un endroit propre, sec, frais et sans odeur.</p>		<p>Minéralisation caractéristique (mg/l)</p> <table border="1"> <tr> <td>CALCIUM : 486</td> <td>MAGNESIUM : 84</td> <td>Sodium : 9,1</td> <td>Potassium : 3,2</td> </tr> <tr> <td>Sulfate : 1187</td> <td>Hydrogéné-carbonate : 403</td> <td>Nitrate : 2,7</td> <td>Chlorure : 10</td> </tr> </table> <p>Source Contrex. Résidu sec à 180 °C : 2125 mg/l.                  A consommer de préférence : voir date indiquée sur la bouteille et dans les 48 heures après ouverture.</p>	CALCIUM : 486	MAGNESIUM : 84	Sodium : 9,1	Potassium : 3,2	Sulfate : 1187	Hydrogéné-carbonate : 403	Nitrate : 2,7	Chlorure : 10	<p>Masses molaires :</p> <p><math>M_{Ca} = 40.1 \text{ g/mol}</math>  <math>M_{Mg} = 24.3 \text{ g/mol}</math></p>
CALCIUM : 486	MAGNESIUM : 84	Sodium : 9,1	Potassium : 3,2								
Sulfate : 1187	Hydrogéné-carbonate : 403	Nitrate : 2,7	Chlorure : 10								

**Partie 3 : l'âge des océans**

**Document 4 : Le principe de la méthode de John Joly**



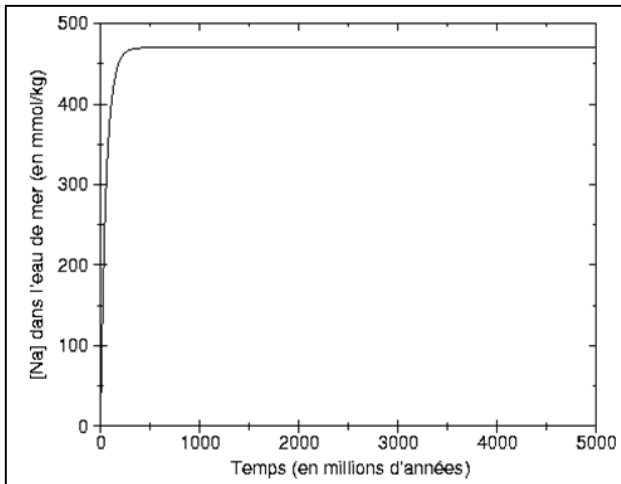
Le physicien irlandais John Joly (1857-1933) est connu pour avoir proposé une méthode de datation des océans à partir de la salinité.

**Le 7 mai 1899, il en fit l'exposé à l'Académie Royale de Dublin. Son raisonnement était le suivant : au départ l'océan n'était pas salé ; sa salinité est due à un apport régulier de sel par les rivières. En mesurant la salinité actuelle de l'océan on peut donc en déduire le temps écoulé depuis sa formation.**

John Joly a fait l'hypothèse que le sodium des océans ne provenait que des rivières. Il a estimé qu'elles apportaient  **$1,43 \cdot 10^{11} \text{ kg}$  de sodium chaque année** aux océans.

**La salinité** est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 L d'eau. Elle s'exprime en g par kg d'eau. L'eau de mer contient en moyenne **35 g de sels par kg d'eau de mer**. On rappelle qu'un composé ionique est une espèce chimique électriquement neutre constituée de cations (ions chargés +) et d'anions (ions chargés -). Le **chlorure de sodium**  $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ , appelé couramment "sel", est un composé ionique responsable à **77,8 % de la salinité de l'eau de mer**. Les autres ions responsables de la salinité sont essentiellement les ions sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$ , hydrogénocarbonate (ou bicarbonate)  $\text{HCO}_3^-$ , fluorure  $\text{F}^-$ , magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ , calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et potassium  $\text{K}^+$  etc..

- 1- En utilisant vos connaissances sur le cycle de l'eau, expliquer comment l'eau douce des rivières peut saler les océans.
- 2- La masse des océans est de  $1,33 \cdot 10^{21} \text{ kg}$ . En déduire la masse totale de chlorure de sodium contenue dans les océans (en kg).
- 3- On donne  $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  et  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Calculer la masse molaire du chlorure de sodium. En déduire le pourcentage de sodium dans une mole de chlorure de sodium.
- 4- En déduire la masse de sodium contenue dans les océans.
- 5- En appliquant l'hypothèse de John Joly, montrer que l'âge des océans et donc de la Terre est ainsi estimé à environ 100 millions d'années.
- 6- Réalité :



L'âge de la Terre est aujourd'hui bien connu et notablement plus vieux (4500 Ma) que les idées de Jolly (et de Kelvin) ne le suggéraient... Quelque chose dans les hypothèses de Jolly doit donc être incorrect.

- ✓ La masse de l'océan ( $M_o$ ) est considérée comme fixe : la stratigraphie nous indique que le niveau des mers n'a guère varié de plus de quelques centaines de mètres Cette hypothèse n'est pas donc pas déraisonnable.
- ✓ L'apport d'eau des rivières n'a pas varié. Ceci n'est probablement pas très faux si l'on tient compte de l'hypothèse précédente.
- ✓ L'océan ne perd pas de sodium (Na constant), ce que l'on sait être faux puisque du sel évaporitique se forme en diverses régions littorales arides et que cet élément est échangé pour du calcium lors de l'altération sous-marine des basaltes du plancher océanique.

6-1- Commenter le graphe ci-dessus donnant la quantité de matière de sodium (mmol/kg d'eau de mer) dans les océans au cours des millions d'années depuis la naissance de la Terre. Infirme-t-il l'hypothèse de John Joly ?

6-2- Calculer la salinité moyenne des océans à l'aide de ce graphe .