EXERCICE III – CHOIX D'UN ADOUCISSEUR D'EAU (5 points)

Une eau dite « dure » présente de nombreux inconvénients pour un usage domestique en favorisant la formation de dépôts de tartre qui endommagent les appareils électroménagers et diminuent leurs performances.

Il est possible de réduire la dureté de l'eau en installant un adoucisseur d'eau sur la canalisation d'alimentation en eau froide. Ces appareils diminuent la concentration en ions calcium et magnésium responsables de l'entartrage. Dans l'adoucisseur l'eau du réseau (non adoucie) circule à travers des résines échangeuses d'ions qui captent les ions calcium et magnésium et les échangent contre des ions sodium.
À la sortie de l'appareil, l'eau n'est plus « dure », elle est devenue « douce ».

Au fur et à mesure du passage de l'eau du réseau, les résines se saturent en ions calcium et magnésium ; il est alors nécessaire de procéder à une régénération. La régénération est déclenchée par un automatisme inclus dans la tête hydraulique de l'adoucisseur.

D'après http://www.comapwt.com

L'objectif de cet exercice est de choisir un adoucisseur d'eau adapté à une consommation et une dureté de l'eau données.

Document n°1 : Dureté d'une eau

La dureté d'une eau – ou titre hydrotimétrique (TH) – correspond à la concentration molaire totale en ions calcium et magnésium. Elle s'exprime en degré hydrotimétrique français (*symbole* : °f) :

$$TH\ (°f) = 10 \times ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$$ avec les concentrations molaires exprimées en $mmol.L^{-1}$

Les eaux peuvent être classées selon leur degré hydrotimétrique. Celui-ci n'est pas un critère de potabilité d'une eau.

Document n°2 : Titrage des ions calcium et magnésium

Le titre hydrotimétrique (TH) d'une eau peut être déterminé à partir du titrage simultané des ions magnésium et calcium par une solution d'EDTA, noté par la suite $Y^{4-}_{(aq)}$.
Les réactions, supports du titrage des ions calcium et magnésium, peuvent être modélisées à l'aide des équations suivantes :

$$Ca^{2+}_{(aq)} + Y^{4-}_{(aq)} \rightarrow [CaY]^{2-}_{(aq)}$$

et

$$Mg^{2+}_{(aq)} + Y^{4-}_{(aq)} \rightarrow [MgY]^{2-}_{(aq)}$$

Le repérage de l'équivalence nécessite l'utilisation d'un indicateur coloré, le noir ériochrome T (NET), et le contrôle du *pH* à l'aide d'une solution tampon de *pH* = 10.

Document n°3 : Protocole pour déterminer la dureté de l'eau arrivant au foyer

Un technicien réalise le titrage de 20,0 mL de l'eau d'un réseau d'alimentation par une solution d'EDTA de concentration molaire $c = 5{,}00 \times 10^{-3}$ mol.L^{-1} après avoir ajouté 50 mL d'une solution tampon *pH* 10 et quelques gouttes de solution de noir ériochrome T dans le milieu réactionnel. Il obtient un volume équivalent $V_E = 12{,}1$ mL.

Document n°4 : Dimensionnement des adoucisseurs

Volume de la résine, exprimée en litre, en fonction du type d'eau et du nombre de personnes

Nombre de personnes dans le foyer / Type d'eau	1 à 2	3	4	5	6 à 8
Eau faiblement dure < 18°f	8 L	8 L	8 L	18 L	18 L
Eau moyennement dure 18 à 27 °f	8 L	8 L	18 L	18 L	26 L
Eau dure 27 à 36 °f	8 L	18 L	18 L	26 L	
Eau très dure 36 à 45 °f	18 L	18 L	26 L		
Eau extrêmement dure 45 à 50 °f	18 L	26 L			

Source : http://www.comapwt.com

Document n°5 : Adoucisseurs commerciaux

Modèle de l'adoucisseur	Volume de résine (L)	Pouvoir d'échange (m^3.°f)
01	8	44
02	18	99
03	26	138

Le « cycle » d'un adoucisseur est le volume d'eau adoucie qu'il est possible d'obtenir entre deux régénérations. Ce cycle, exprimé en m^3, se calcule par la formule simple suivante :

Cycle = pouvoir d'échange de l'appareil / Dureté de l'eau

Une famille de quatre personnes qui consomme en moyenne 500 L d'eau par jour fait appel à un technicien pour l'aider à choisir l'adoucisseur le plus adapté à sa situation.

Question préliminaire

Effectuer un schéma légendé du montage utilisé lors du titrage effectué par le technicien en précisant les solutions présentes.

Problème

Rédiger un rapport détaillé concernant l'installation d'un adoucisseur dans ce foyer de quatre personnes en :

- déterminant la dureté de l'eau analysée ;
- justifiant le choix de l'adoucisseur le plus adapté au foyer ;
- indiquant le nombre moyen de jours entre deux cycles de régénérations pour l'adoucisseur choisi.

La démarche suivie et les calculs nécessaires nécessitent d'être correctement présentés. Les calculs numériques seront menés avec rigueur.
Toutes prises d'initiative et toutes tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.