

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2023

Toute documentation permise
Calculatrices programmables : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

16-CI-A3

Génie de l'environnement

QUESTION 1 – Impacts des changements climatiques (15 points)

Les changements climatiques amènent de nouveaux risques ou accentuent certains risques pour les habitations résidentielles. Nommez 3 de ces risques et, pour chacun de ces risques, décrivez une manière durable de le réduire lors de la localisation, de la conception ou de l'occupation d'une habitation résidentielle, en justifiant vos réponses (5 points pour chaque réponse; un court paragraphe pour chaque réponse).

QUESTION 2 – Pollution de l'air (15 points)

Une cheminée d'usine, dont la hauteur est de 250 m, émet 800 g/s de dioxyde de soufre (SO_2). Quelle est la concentration de ce contaminant dans l'air qu'un jeune enfant respire s'il est situé à 2 km de la cheminée sous le vent (voir figure 1)? Le vent est de 4 m/s à la hauteur de la cheminée et l'atmosphère est légèrement instable (« *Slightly unstable* »). En première approximation, on peut considérer qu'il n'y a aucune élévation des fumées au-dessus de la cheminée. La réponse doit être donnée en mg/m^3 .

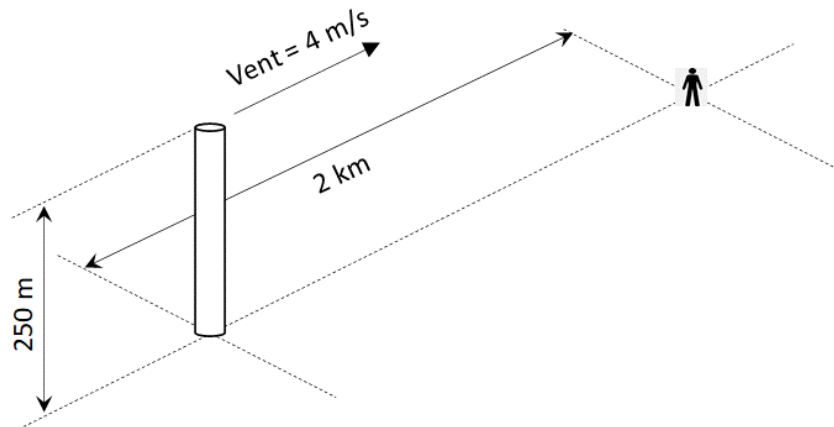


Figure 1 – Dispersion dans l'atmosphère à partir d'une source ponctuelle (dessin n'est pas à l'échelle).

QUESTION 3 – Matières résiduelles (25 points)

La composition de matières résiduelles générées au Québec est montrée au Tableau 1.

Tableau 1 – Composition de matières résiduelles

Composantes	(% massique)
Papiers et cartons	19%
Verre	6%
Plastique	7%
Résidus dangereux	1%
Métal	3%
Matières organiques (déchets de table)	35%
Textile	3%
Autres	26%

- a) À partir de ces données, estimez le pouvoir calorifique supérieur, PCS (« *Higher heat value* ») de ces matières résiduelles ? (8 points)
- b) Donnez deux limites de votre estimation? (5 points)
- c) Si ces matières résiduelles étaient incinérées, est-ce que la chaleur produite correspondrait à leur PCS ? (6 points)
- d) Nommez 2 avantages, en justifiant vos réponses, à remplacer l'incinération des matières organiques résiduelles par leur compostage? (6 points)

Il est possible de répondre aux questions c) et d) sans avoir répondu aux questions a) et b)

QUESTION 4 – Réacteurs (15 points)

Une eau usée contaminée est traitée dans un bassin dont le volume d'eau est de 100 m³. En continu, de l'eau contaminée entre à une extrémité du bassin et de l'eau traitée en sort à l'autre extrémité (voir Figure 2.a). Le débit d'eau traitée est de 10⁻² m³/s. Du point de vue hydraulique, le bassin se comporte comme une série de 2 réacteurs complètement mélangés en continu, RCMC (« *Continuously stirred tank reactor* ») qui sont identiques et dont la somme des 2 volumes est égale au volume du bassin réel (voir Figure 2b). Le contaminant est dégradé suivant une réaction de 1^{er} ordre dont la constante cinétique (« *Decay rate coefficient* ») est 10⁻³ s⁻¹ à 20°C.

- a) À l'état stationnaire (« *Steady state* »), si la température de l'eau est de 20°C et si la concentration de contaminant de l'eau à traiter (C_{IN}) est de 0,1 kg/m³, quelle est la concentration de contaminant à la sortie du bassin réel (C_{OUT})? (10 points)
- b) Si la température de l'eau était de 5°C, et sans que les autres conditions d'opération changent, dans quel sens varierait la concentration de l'eau traitée? Justifiez brièvement votre réponse sans faire de calculs. (5 points)

Il est possible de répondre à la question b) sans avoir répondu à la question a)

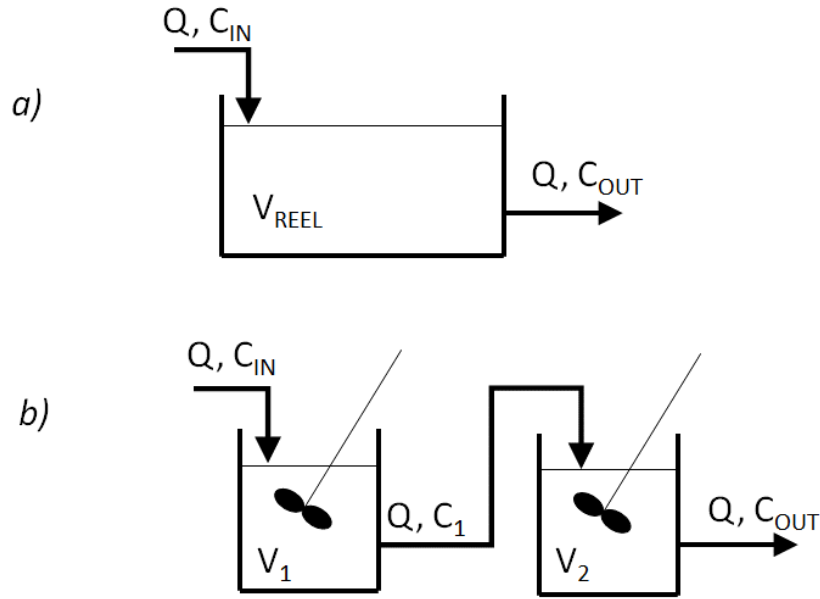


Figure 2 - a) bassin réel; b) modèle : 2 bassins en série

QUESTION 5 – Chimie de l’eau (15 points)

Les concentrations de quelques ions contenus dans une eau naturelle sont montrées au Tableau 2. Le pH de cette eau est de 8.

- a) Quelle est la dureté (« *Hardness* ») de cette eau exprimée en mEq/L? (7 points)
- b) Quelle est son alcalinité (« *Alkalinity* ») exprimée en mol/L? (8 points)

Les 2 questions sont indépendantes.

Tableau 2- Composition partielle d’une eau naturelle

Anion	Concentration (mg/L)	Cation	Concentration (mg/L)
HCO_3^{2-}	90	Ca^{2+}	40
CO_3^{2-}	0,41	Mg^{2+}	8

QUESTION 6 – Décontamination d’une aquifère (« Capture-Zone Curves ») (15 points)

Une eau souterraine d’un aquifère confiné (« *Confined aquifer* ») est contaminée. Le panache de contamination (« *Plume* ») a une largeur de 75 m. En première approximation, on considère que le panache est rectangulaire. On veut capter l’eau contaminée présente grâce à un puits d’extraction (« *Extraction well* »). La capacité de pompage de ce puits est de $15 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Est-ce que ce puits a la capacité d'extraire le contaminant? (6 points)
- À quelle distance minimale du front aval du panache (x_{MIN}) doit être situé ce puits pour extraire toute l'eau contaminée (voir Figure 3)? (9 points)

Autres données : la vitesse régionale de Darcy (« Regional Darcy velocity ») est de $2,2 \times 10^{-6}$ m/s et la hauteur de l'aquifère est de 20m.

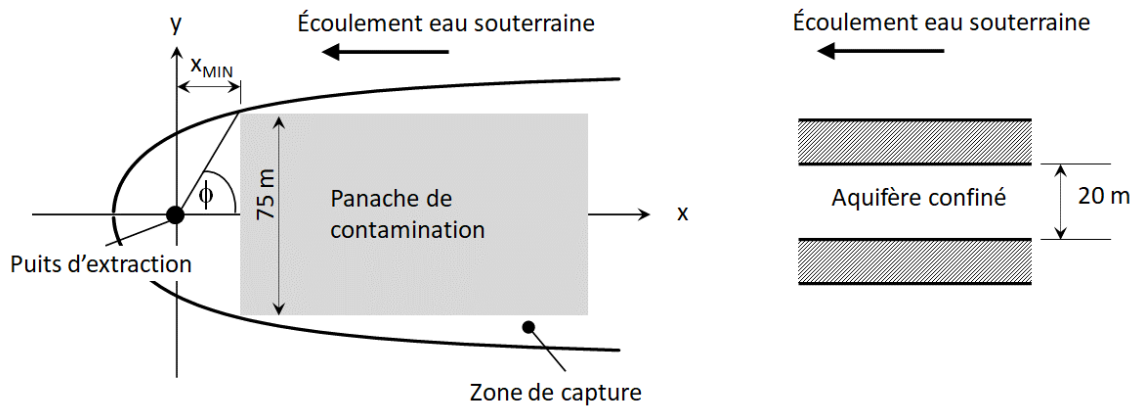


Figure 3 – Contamination d'une eau souterraine