

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2015

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures
Total : 20 points

14-EN-A5 GÉNIE DE LA QUALITÉ DE L'AIR ET DU CONTRÔLE DE LA POLLUTION

Question # 1 **Excavation de matières résiduelles** (5 pts)

Un opérateur de L.E.T (lieu d'enfouissement technique) en milieu rural doit sécuriser le fond d'une cellule d'enfouissement de déchets avec une géomembrane imperméable aux lixiviats. Afin de réaliser les travaux de préparation des parois étanches aux lixiviats, il doit procéder à de l'excavation de déchets déjà en phase méthanogène. Cette opération générera des émissions de gaz dont des odeurs à l'atmosphère. La zone d'excavation des déchets occupera une superficie circulaire de 25 m^2 . Les gaz émis à l'atmosphère sont à la température ambiante et ont une vitesse d'émission nulle. La zone d'excavation se situe à une hauteur de 2 m par rapport au niveau du sol.

Dans un premier temps, on propose de gérer les opérations en fonction des conditions météorologiques. L'objectif est d'effectuer l'excavation lorsque les conditions météorologiques sont favorables à la dispersion des gaz pour obtenir les niveaux de concentration au sol les plus faibles possibles.

- a) En considérant des vents faibles de 7 km/h à la hauteur du rejet, expliquez sous quelle classe de stabilité atmosphérique il est préférable de réaliser ces opérations d'excavation. Appuyer votre réponse par des valeurs numériques entre les classes de stabilité.
- b) Pour que les opérateurs puissent identifier cette classe de stabilité, veuillez décrire qualitativement, en quelques mots, les conditions météorologiques typiques de cette classe de stabilité.

Dans un deuxième temps, on imagine d'utiliser un grand ventilateur posté en bordure du front d'excavation. Ce ventilateur, monté sur pieds à une hauteur de 5 mètres du sol, aspirerait les gaz issus de l'excavation avec une hélice de 2 m de diamètre les gaz ayant une capacité de $26 \text{ m}^3/\text{s}$.

- c) En considérant des vents faibles de 7 km/h à la hauteur du rejet, expliquez sous quelle classe de stabilité atmosphérique il serait alors préférable de réaliser ces opérations d'excavation avec un tel ventilateur. Appuyer votre réponse par des valeurs numériques entre les classes de stabilité.

- d) Pour que les opérateurs puissent identifier cette classe de stabilité, veuillez décrire qualitativement, en quelques mots, les conditions météorologiques typiques de cette classe de stabilité.
- e) Quel est le niveau des concentrations maximales au sol de ce système par rapport à la première solution ? S'agit-il d'une approche souhaitable ?

Question #2 **Production d'aliments pour animaux domestiques** (10 pts)

Une entreprise située en zone urbaine effectue la valorisation d'œufs rejetés des standards pour la consommation humaine en nourriture pour animaux domestiques. La première étape du procédé consiste à éliminer les coquilles par concassage et centrifugation. Par la suite, les œufs sont cuits, refroidis et déshumidifiés pour la fabrication d'une poudre alimentaire pour servir de base dans la production d'aliments pour animaux domestiques. Les gaz issus du procédé les caractéristiques suivantes :

Température de sortie des gaz de la cheminée	40	°C
Diamètre de la cheminée	50	cm
Débit volumique	20 000	Nm ³ /h
Concentration de H ₂ S à l'effluent	0,1	g/m ³
Hauteur de la cheminée	23,5	m
Humidité relative des gaz	98	%
Cp des gaz	1,005	kJ/kgK
Mw	29	kg/kg-mole

La première résidence est à une distance de 550 m et une autoroute passe à 250 mètres de l'usine à une hauteur de 5 mètres.

Pour le relevé de température suivant :

Altitude (m)	0	100	200	300	400	500
Température (°C)	18	19	19	18	17	16

Pression atmosphérique : 1 atm.

- a) Près du sol, quelle est la classe de stabilité (A-F) ? Expliquer par des calculs.
- b) Décrire les conditions météorologiques qui devaient avoir lieu lors de ces relevés.
- c) À quelle valeur moyenne peut-on estimer la vitesse du vent à 10 mètres de hauteur ?
- d) D'après vous, vers quel moment de la journée le relevé météo a-t-il été pris (matin, midi, soir, nuit) ? Expliquer.
- e) Sous ces conditions, quel type de turbulence prédomine au niveau du sol et à 300 mètres de hauteur ? Expliquer.
- f) Déterminer la hauteur maximale de mélange.
- g) Faire un schéma de l'allure probable du panache.
- h) Sous ces conditions, est-ce que la norme est respectée à la résidence la plus proche et au niveau de l'autoroute (Utilisez la valeur trouvée en c) ?

- i) Quelles pouvaient être les conditions météorologiques 6 heures avant ce relevé ? Expliquer.
- j) Faire un schéma de l'allure probable du panache.

Notes : Température maximale moyenne à la surface du sol pour le mois considéré : 21°C
 La concentration maximale horaire autorisée en air ambiant est de 6 µg/m³ pour le H₂S

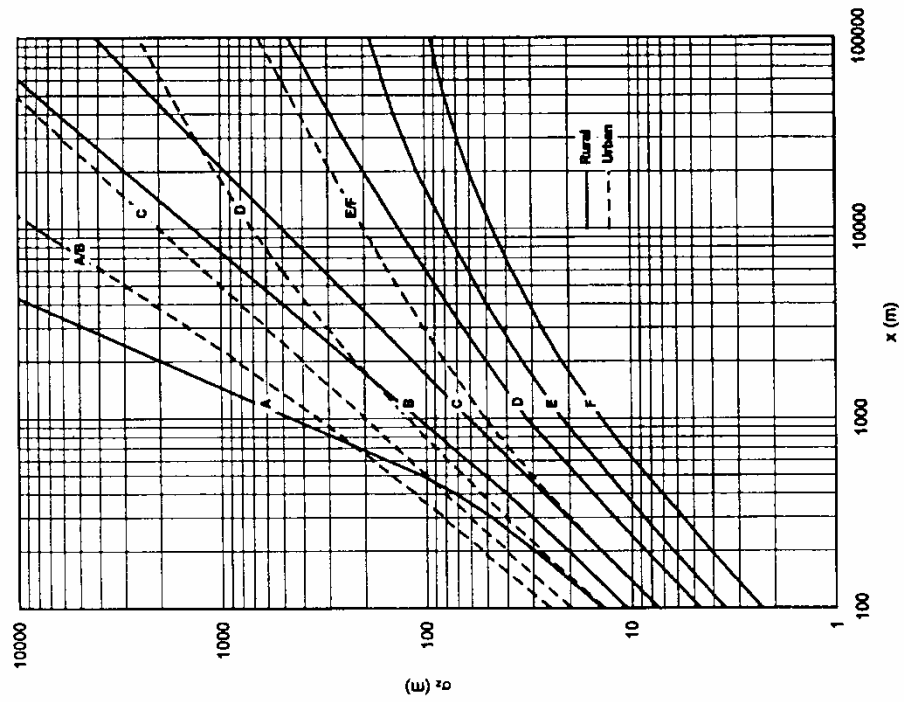
Question #3 **Atelier d'application de fibre de verre** (5 pts)

Une PME qui effectue l'application de fibre de verre vous contacte, car elle doit obtenir une certification d'autorisation auprès du MDDELCC. Les rejets atmosphériques sont essentiellement composés de styrène. Ce solvant est évaporé lors du séchage et la polymérisation des résines. L'atelier est situé en zone rurale et la limite de propriété la plus proche est à 200 mètres de la cheminée. La concentration maximale, hors des limites du terrain, permise en air ambiant est de 163 µg/m³ pour toutes conditions de vent supérieure à 3,6 km/h. Le tableau suivant donne les conditions d'opération à l'atelier :

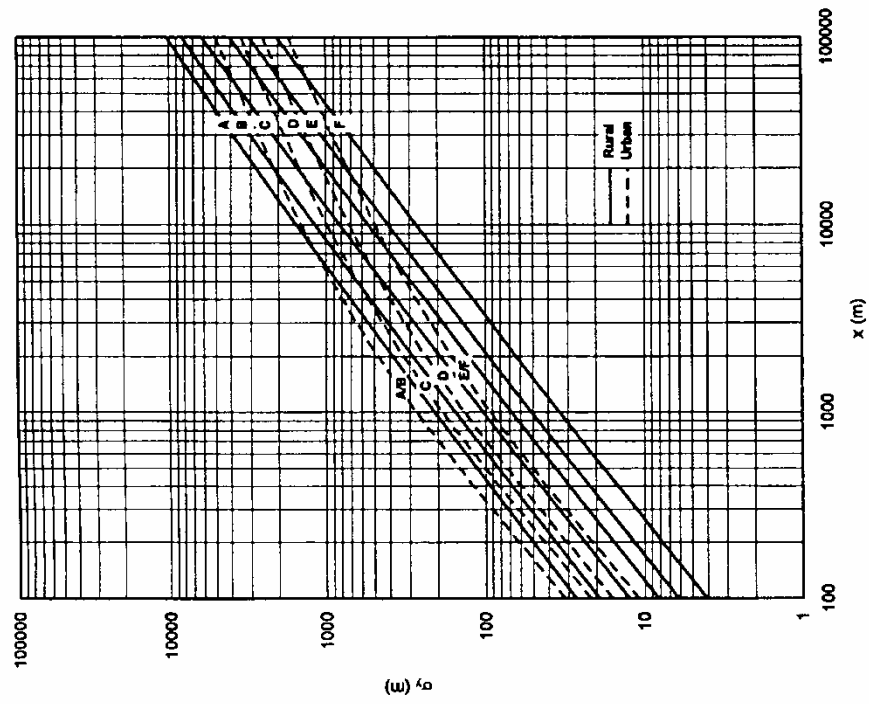
Température des gaz à la sortie de la cheminée	25	°C
Débit volumique à la cheminée	2,6	m ³ /s
Hauteur de la cheminée	17	m
Hauteur du bâtiment de l'atelier	6	m
Diamètre de la cheminée	40	cm
Débit massique de styrène	30	kg/h
Cp des gaz	1,005	kJ/kgK
Mw	29	kg/kg-mole

L'atelier fonctionne du mois d'avril au mois de septembre et n'est en opération que de 7h00 à 17h00. L'usine ne fonctionne que le jour. Les gaz de sortie sont à une humidité variable de 50 % à 100 % selon la météo extérieure. Le propriétaire vous mentionne qu'il ne veut pas générer d'autres rejets, car il devra demander des certificats d'autorisation pour les autres types de rejets.

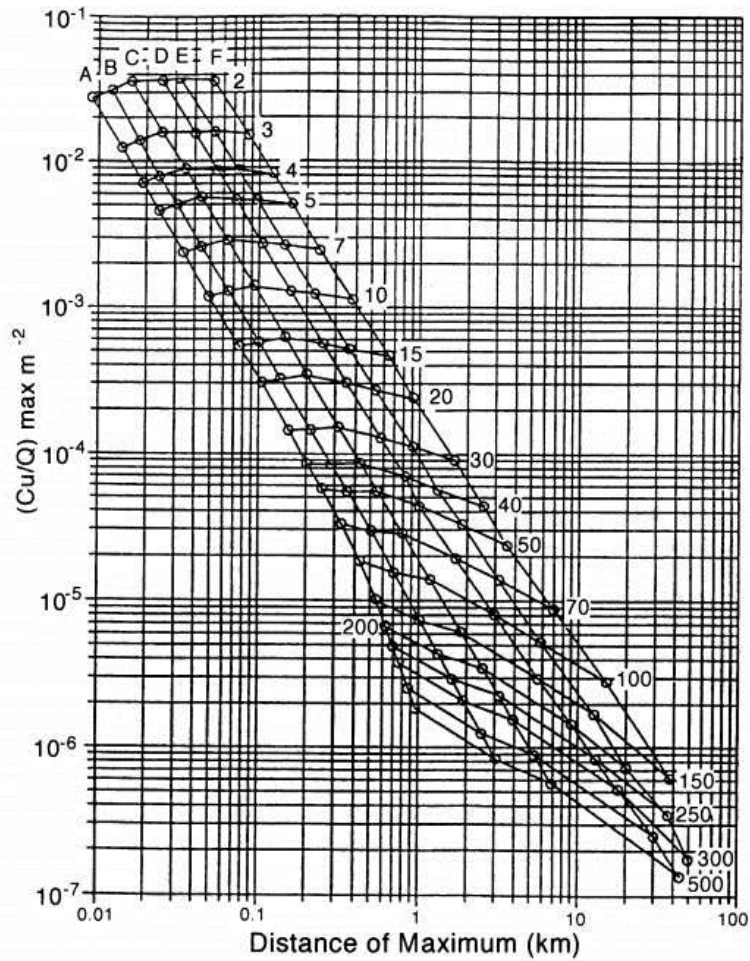
Compte tenu des caractéristiques des émissions, des contraintes techniques et du procédé, on vous demande d'émettre vos recommandations sur le choix d'une technologie ou d'une combinaison de technologies qui réduirait les émissions au niveau requis. Appuyer vos recommandations sur 6 arguments relativement aux caractéristiques du problème.



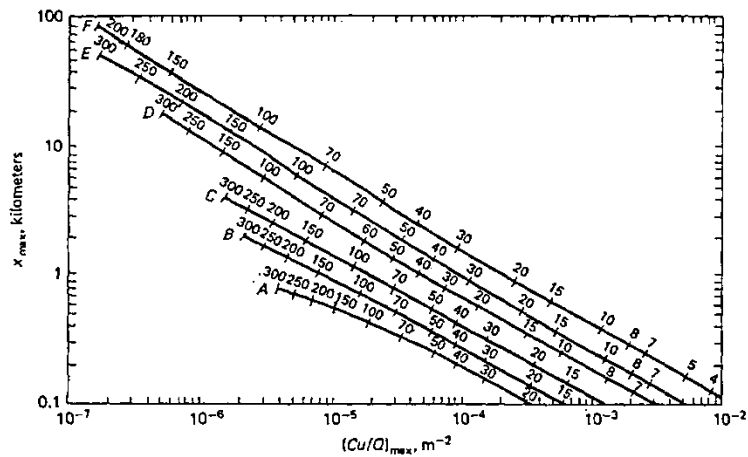
Rural and urban vertical dispersion coefficients (σ_z) as a function of stability category. (Graph prepared by S.M. Claggett [20].)



Rural and urban horizontal dispersion coefficients (σ_y) as a function of stability category. (Graph prepared by S.M. Claggett [20].)



Maximum Cu/Q value as a function of stability class and effective stack height in meters. (Source: D. B. Turner. *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*, 2nd Ed., Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1994.)



Distance of maximum downwind concentration and maximum downwind Cu/Q value as a function of stability class and effective height in meters. (SOURCE: D. B. Turner. *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*. Washington, D.C.: HEW, 1969.)