

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION D'OCTOBRE 2011

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

Examen 04-ENV-A6 : Génie et gestion des déchets solides

1. Concepts fondamentaux (20 points)

- 1.1. (10 points) Pour un écoulement d'effluent aqueux non-réactif ayant les propriétés physiques de l'eau à 20°C dans un conduit en acier :
 - 1.1.1. (2 points) Exprimez mathématiquement la 1^{ère} loi thermodynamique (conservation d'énergie) en définissant chaque terme de l'équation.
 - 1.1.2. (3 points) Utilisez cette équation pour trouver la vitesse d'un écoulement d'eau à un point A d'un conduit de diamètre hydraulique de 15cm si celle à un autre point B est de 2m/s; vous connaissez qu'entre B et A il y a une perte de pression hydraulique de 0.04atm et une distance de 10m. Note : Négligez l'énergie potentielle.
 - 1.1.3. (2 points) Ensuite calculez le débit volumique aux deux points.
 - 1.1.4. (3 points) Appliquez l'équation *Hazen-Williams* pour répondre à la question du point 1.1.2. Pour de l'acier le coefficient $C=120$. Comparez les 2 réponses et, si elles sont différentes, expliquez les raisons les plus probables de cette différence.
- 1.2. (4 points) Donnez quatre types de sols qui constituent la base de classification de sols qu'on rencontre aux sites d'enfouissement. Qu'est-ce que la « porosité » et la « perméabilité » d'un sol?
- 1.3. (6 points) Dans un échantillon de lixiviats provenant d'un site d'enfouissement sanitaire nous avons mesuré que demande biologique d'oxygène pour l'analyse de 5 jours (BOD_5) est de 8,000mg/L tandis que la BOD_U (ultime) est de 12,000mg/L.
 - 1.3.1. (3 points) Calculez la constante (taux spécifique) de la réaction de BOD en d^{-1} .
 - 1.3.2. (3 points) Quelle conclusion vous pouvez tirer concernant l'âge et/ou l'opération de ce site d'enfouissement?

2. Valorisation énergétique des déchets solides (40 points)

Une ville a une population de 1,000,000 habitants. Chaque habitant produit quotidiennement 1.5kg de matières résiduelles (moyenne annuelle). 50% de la masse de ces dernières est recyclé, 30% est valorisé énergétiquement par gazéification, 15% est envoyé dans un lieu d'enfouissement sanitaire et 5% est composté. La composition moyenne des matières valorisées énergétiquement par incinération est : 70% matières combustibles (carbone volatile), 12% matières inorganiques inertes et 18% d'humidité.

L'incinération est effectuée avec 115% de la quantité stœchiométrique d'air. Voici quelques données et hypothèses additionnelles :

- On peut approximer la composition des matières gazéifiables sèches par la formule $C_{12}H_{25}O_{11}N_{0.15}S_{0.02}$.
- Le soufre se transforme en SO_2 et l'azote en N_2 .
- L'incinération a les caractéristiques suivantes :
 - Les matières inorganiques inertes donnent un résidu solide contenant 8% de carbone (carbone non-brûlé).
 - Le reste du carbone et l'hydrogène sont oxydés parfaitement (CO négligeable).

2.1. (4 points) Estimez la quantité annuelle des résidus solides.

2.2. (12 points) Donnez l'équation de la combustion ainsi que la composition du gaz incluant l'azote, l'excès d'oxygène et l'humidité.

2.3. (8 points) Quelle est la quantité de gaz à effet de serre (exprimée en CO_2 équivalent) émise par année ?

2.4. (6 points) Estimez le pouvoir calorifique supérieur et inférieur de la partie incinérée.

2.5. (10 points) Si l'efficacité énergétique de la conversion de l'énergie contenue dans la partie incinérée en électricité est de 20%, calculez le potentiel de puissance électrique.

3. Pollution atmosphérique (15 points)

3.1. (9 points) Quels problèmes de pollution atmosphérique sont associés avec l'opération d'incinérateurs? Quelles sont les technologies appliquées pour minimiser ces problèmes? Note : Donnez au moins 5 tels problèmes.

3.2. (4 points) Quelles sont les technologies d'incinération les plus utilisées? Donnez au moins 2 et décrivez les points techniques les caractérisant.

3.3. (2 points) Comment nous pouvons éliminer le SO_2 du courant gazeux d'un incinérateur?

4. Enfouissement sanitaire (15 points)

4.1. (4 points) Décrivez brièvement (10 lignes max) une méthode utilisée pour la captation des lixiviats d'un site d'enfouissement sanitaire.

4.2. (4 points) Décrivez le réacteur aérobique rotatif (RBC) utilisé comme technologie de traitement biologique des lixiviats.

4.3. (3 points) Pour quel type de lixiviat le traitement aérobique fonctionne efficacement et dans quels cas non?

4.4. (4 points) Décrivez la méthode de nettoyage de lixiviats par de la vapeur (steam stripping).

5. Déchets dangereux et sites contaminés (10 points)

5.1. (5 points) Décrivez la méthode de biorémediation (bioreclamation). Quels sont les facteurs qui influencent plus l'efficacité de cette méthode?

5.2. (5 points) Décrivez la méthode de coagulation/flocculation/précipitation pour le traitement d'effluent dangereux. Donnez un exemple d'une industrie qui produit de tels effluents.