

Travaux Dirigés - énoncé

Reproduction de l'examen du 30 janvier 2007 de Delphine PATRIARCHE et Éric PILI.

Vous établirez tout d'abord les formules sous forme littérale avant de passer aux applications numériques. Une attention égale doit être apportée aux explications et aux calculs. Toutes les questions peuvent être traitées indépendamment.

1/ Analysez en termes de risques pour l'homme, les situations décrites ci-après. Vous mènerez une réflexion méthodique sans chercher à entrer dans la réalité détaillée de ces situations, que les intitulés donnés ici suffisent à caractériser pour notre propos.

- 1.1/ Essais nucléaires aériens français dans le désert du sud de l'Algérie.
- 1.2/ Essais nucléaires souterrains français dans les basaltes de l'atoll de Mururoa (Polynésie Française).
- 1.3/ Programme de recherche du Laboratoire souterrain de Meuse-Haute Marne (Site de Bure).
- 1.4/ Incinérations des ordures ménagères dans les installations de la banlieue parisienne (Issy-les-Moulineaux, Ivry-sur-Seine, Villejust ...) dont vous avez très probablement déjà pu observer les panaches blancs qui s'échappent de leurs grandes cheminées.

2/ Quantification des écoulements de l'eau et du transport des contaminants dans les aquifères :

2.1/ Donnez la loi qui permet d'obtenir la vitesse de filtration de l'eau à travers un milieu poreux de porosité ω , de conductivité hydraulique K , de longueur l , sachant que les charges hydrauliques en entrée et sortie du système sont h_e et h_s ?
Qu'elle est le nom de cette loi ?

2.2/ Par quels principaux processus une espèce dissoute dans l'eau peut-elle migrer ? Dans l'équation suivante, qui permet de quantifier le transport d'une espèce en une dimension, identifiez les différents termes et précisez quels processus ils décrivent.

$$\omega \frac{\partial \mathcal{C}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D' \frac{\partial \mathcal{C}}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (UC) + qC_{aj} + J_{réactions}$$

2.3/ Si l'on s'intéresse à la migration d'un radionucléide à constante de décroissance λ et dont on considère qu'il est sujet à une réaction d'adsorption-désorption linéaire à l'équilibre, l'équation de transport peut s'écrire :

$$R \frac{\partial \mathcal{C}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{D'}{\omega} \frac{\partial \mathcal{C}}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{U}{\omega} C \right) + \frac{qC_{aj}}{\omega} - \lambda RC$$

Qu'est-ce que R ? Donnez la formulation de R . De quels paramètres R est-il dépendant ? En quoi ce terme est-il utile ?

3/ Une installation de traitement de combustibles radioactifs usés, située en surface, émet dans la nappe phréatique sous-jacente (aquifère sableux) un flux de 1 g de tritium par an. La période radioactive du tritium est de 12,4 ans. La nappe a une porosité de 30 % et une épaisseur de 10 m. Compte-tenu de l'existence d'une ligne de partage des eaux et de la proximité de deux rivières, la zone concernée par la contamination en tritium a une superficie de 10 km².

3.1/ Quelle activité, exprimée en Bq, représente une quantité de 1g de tritium ?

3.2/ Combien de temps faut-il pour que la radioactivité causée par le tritium diminue de 5 % ? de 99 % ?

3.3/ Quelle est l'activité volumique en tritium de l'eau contenue dans la nappe dans la zone concernée par la contamination en tritium au bout de 1 an ?

4/ Les investigations géologiques ont montré que la couche d'argile sous-jacente à l'aquifère sableux décrit dans le paragraphe précédent est une couche compacte, non fracturée, et d'épaisseur 200 m (voir Figure 1). Elle constitue le toit d'un autre aquifère plus profond qui alimente pour sa part une source d'eau potable située à

quelques dizaines de kilomètres de là. On cherche dans cette partie à évaluer le risque potentiel de contamination de cet aquifère et de cette source. Deux carottages réalisés à 10 ans d'intervalle ont permis de remonter des échantillons de roche de la couche argileuse de différentes profondeurs et de mesurer les teneurs en tritium de leur porosité (voir Figure 2). Enfin, les charges hydrauliques ont été mesurées dans l'aquifère profond dans différents forages (voir Figure 3) et ne présentent pas de variations significatives au cours du temps. La perméabilité mesurée sur cette formation est de $K=10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ et la porosité cinématique est $\omega_c = 5 \%$.

4.1/ Evaluer, en expliquant comment, le temps caractéristique que mettra le tritium pour migrer à travers la couche d'argile et arriver dans l'aquifère profond.

4.2/ Calculer la vitesse de Darcy moyenne dans l'aquifère inférieur entre le point d'injection du tritium et la source d'eau potable. Combien de temps faudra-t-il au tritium pour atteindre la source d'eau potable à partir du moment où il aura rejoint l'aquifère inférieur ?

4.3/ Que pensez-vous du risque de contamination en tritium de cette source ? Qu'en est-il pour le chlore, élément chimique utilisé en grande quantité dans le processus de retraitement et associé au tritium dans les rejets de l'installation ?

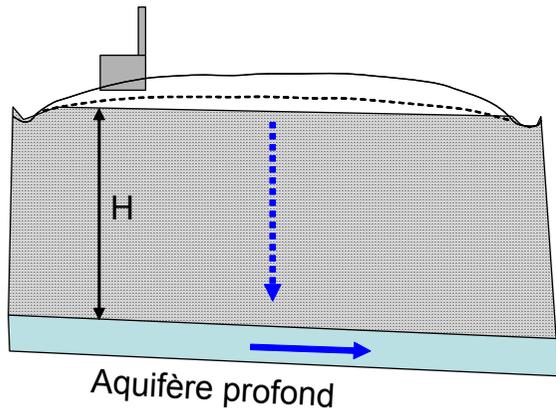


Figure 1 : Coupe hydrogéologique au droit de l'installation de traitement de combustibles usés. La couche argileuse à une épaisseur $H=200\text{m}$.

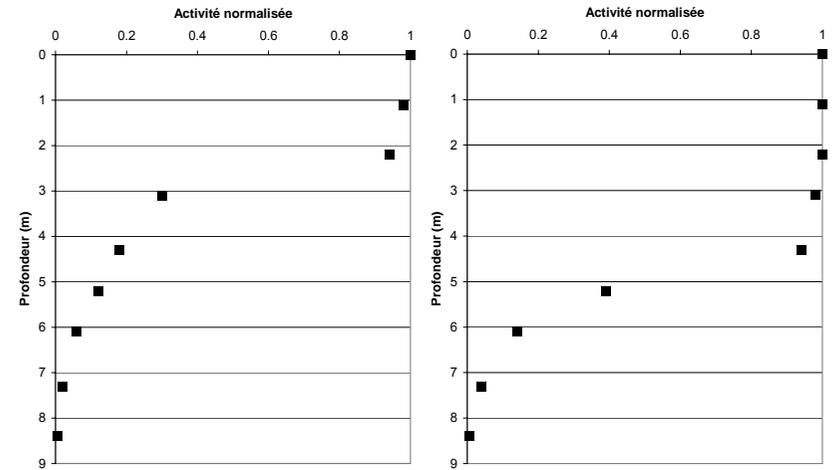


Figure 2 : Profils des activités en tritium normalisées leur valeur maximale pour deux carottages effectués dans la couche argileuse à 10 années d'intervalle.

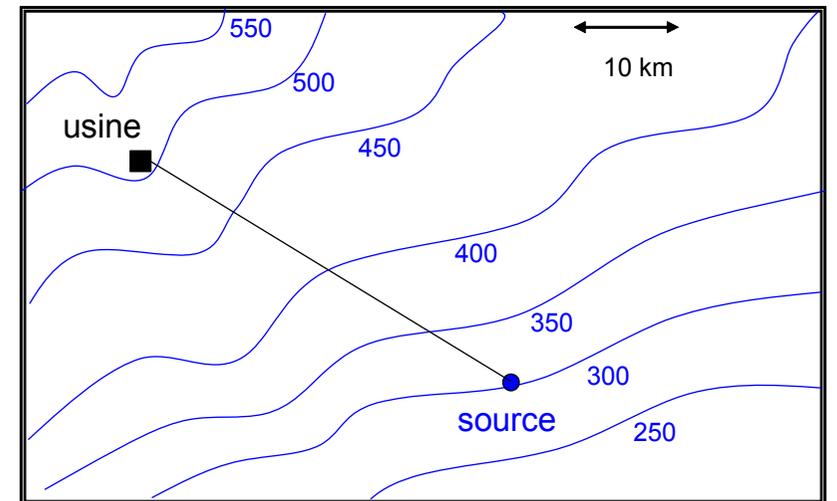


Figure 3 : Charges hydrauliques au sein de l'aquifère profond.