

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

14-GE-A2 Hydrogéologie

- 1) **(10 points)** Un lac situé dans une région industrielle est utilisé pour un projet pilote sur le stockage de résidus solides (Figure 1). Le lac a une superficie de 7.8 km² et les résidus solides ont été disposés au fond du lac, sur du roc supposé imperméable, et ils ont ensuite été recouverts d'eau. C'est un lac terminal dans le bassin versant et il est réalimenté par un cours d'eau entrant mais ne possède pas d'exutoire (donc pas de cours d'eau en sortie). On pompe de l'eau dans le lac pour l'utiliser dans des procédés industriels mais on y réinjecte aussi de l'eau provenant d'un autre lac pour éviter l'assèchement. Un bilan hydrique déterminé pour une année entière est montré au Tableau 1, sous forme d'un volume annuel ou d'une hauteur d'eau équivalente pour la superficie du lac.
- Présentez l'équation du bilan hydrologique annuel pour le lac et identifiez clairement chacune des composantes.
 - À partir de l'équation et des valeurs pour chaque composante, calculez la variation (diminution ou augmentation) du niveau d'eau dans le lac pour l'année.

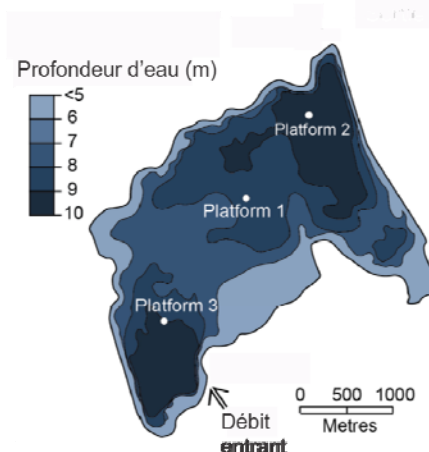


Figure 1. Lac terminal dans une région industrielle.

Tableau 1. Composantes du bilan hydrique annuel pour le lac.

Composante	Hauteur équivalente d'eau (mm)	Volume annuel (m ³)
Pluie	309	
Neige	55	
Écoulement de surface entrant		2.3×10^5
Injection d'eau		6.56×10^6
Pompage d'eau		7.35×10^6
Évaporation	351	

- 2) **(15 points)** L'eau souterraine d'un aquifère de sable réalimente une rivière. La conductivité hydraulique du sable est 6×10^{-5} m/s et sa porosité est 25%. On considère une section de l'aquifère de 2 km le long de la rivière (voir la vue en plan sur la Figure 2 ci-dessous). L'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère est horizontal et du haut vers le bas. Deux piézomètres, A et B, sont installés dans l'aquifère et sont espacés de 2 km dans le sens de l'écoulement. Le tableau ci-dessous montre les mesures faites dans chaque piézomètre.
- Calculez la charge de pression et la charge hydraulique dans les piézomètres A et B.
 - Calculez le débit spécifique (en m/s) et la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine (en m/s) dans l'aquifère.
 - Si l'aquifère a une épaisseur verticale de 30 m, calculez le débit volumétrique Q de l'aquifère vers la rivière pour la longueur de rivière de 2 km montrée sur la figure.

Piézomètre	A	B
Élévation du sommet du piézomètre (m)	200	200
Profondeur du point de mesure (m)	20	60
Profondeur du niveau d'eau (m)	12	44

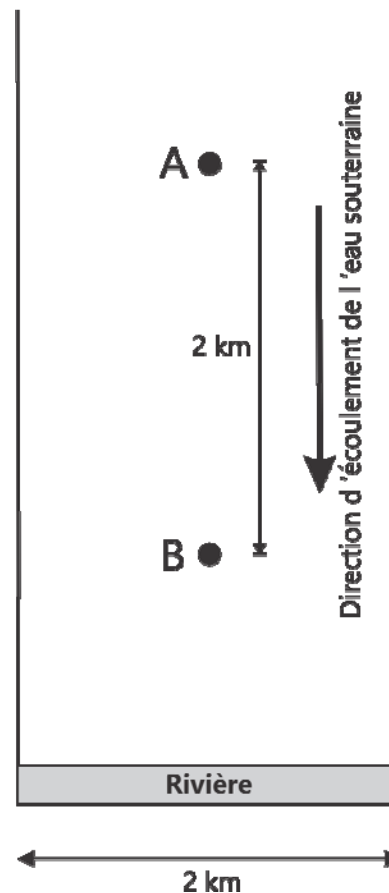


Figure 2. Vue en plan de l'aquifère.

- 3) **(15 points)** Le tableau suivant montre les mesures faites dans 3 piézomètres installés dans un aquifère dans lequel l'écoulement de l'eau souterraine est horizontal. La position des piézomètres est montrée à la Figure 3. La conductivité hydraulique de l'aquifère est 3×10^{-5} m/s et sa porosité est égale à 0.25.
- Pour chacun des 3 piézomètres A, B et C, calculez : la charge d'élévation (en mètres), la charge de pression (en mètres), la charge hydraulique (en mètres).
 - Sur la figure, indiquez la direction de l'écoulement de l'eau souterraine dans l'aquifère.
 - Calculez le gradient hydraulique, le débit spécifique et la vitesse d'écoulement.

Piézomètre	A	B	C
Position en plan x,y (m)	(500,800)	(200,500)	(800,200)
Élévation du sommet (m)	105	100	95
Profondeur du point de mesure à partir du sommet (m)	30	15	30
Profondeur du niveau d'eau à partir du sommet (m)	5	8	11

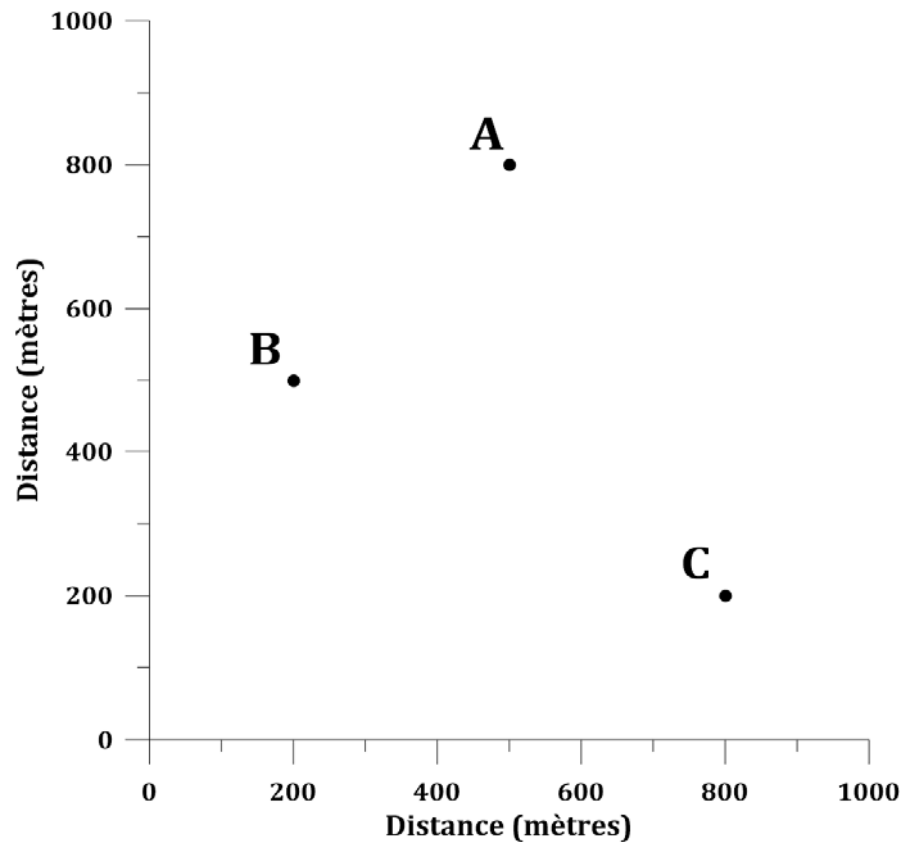


Figure 3. Localisation de 3 piézomètres dans un aquifère.

- 4) **(15 points)** Un aquifère de sable superficiel a une porosité de 0.30, une porosité de drainage de 0.25 et le coefficient de flétrissement pour les plantes dans la zone racinaire est 0.03. La surface libre est à une profondeur de 1.0 m. La hauteur de la frange capillaire au-dessus de la surface libre est très faible et on la considère comme négligeable. La zone racinaire, située dans la partie supérieure de l'aquifère, a une profondeur de 30 cm à partir de la surface du sol. Après une période sèche, l'aquifère s'est drainé et la teneur en eau dans la zone non saturée a atteint le coefficient de rétention. Dans la zone racinaire, la teneur en eau a diminué encore plus et a atteint le coefficient de flétrissement. Calculez la lame d'eau équivalente (en mm) requise pour saturer complètement en eau l'aquifère jusqu'à la surface du sol.
- 5) **(15 points)** La Figure 4 montre une vue en plan d'un aquifère confiné situé dans une vallée. L'aquifère est borné par deux cours d'eau (segments AB et CD) et par deux limites imperméables (segments BC et AD). La transmissivité de l'aquifère est $1500 \text{ m}^2/\text{s}$.
- Tracez un réseau d'écoulement pour l'aquifère.
 - Calculez le débit volumétrique (en m^3/s) d'écoulement souterrain dans l'aquifère entre le cours d'eau AB et le cours d'eau CD.

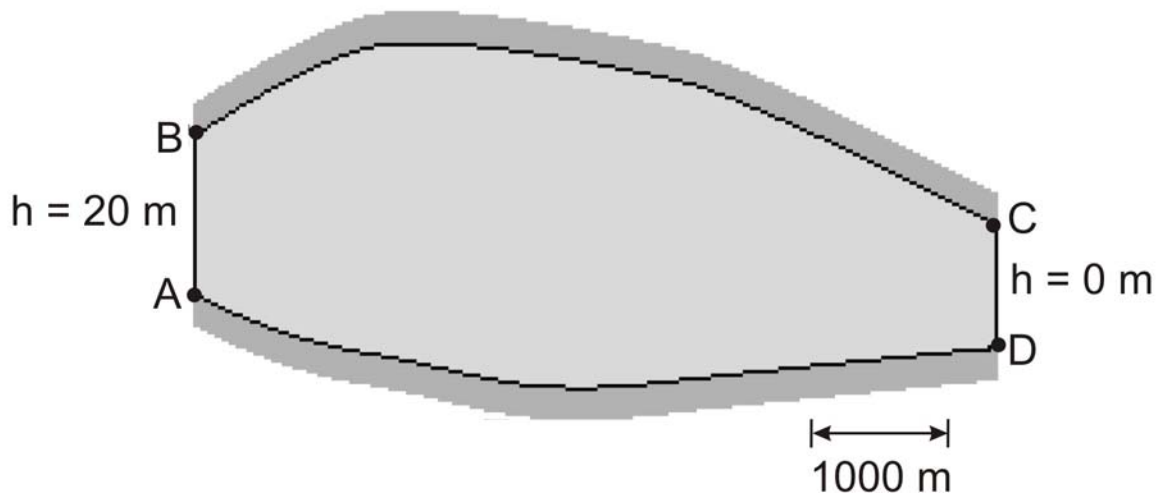


Figure 4. Vue en plan d'un aquifère confiné. Les segments AB et CD sont des cours d'eau, pour lesquels la valeur h indiquée représente la charge hydraulique dans l'aquifère, et les segments BC et AD sont des limites imperméables.

- 6) **(15 points)** Un puits de pompage est installé dans un aquifère à nappe libre dont l'épaisseur totale est 50 m et où, initialement, la surface libre est partout située au sommet de l'aquifère (donc à la surface du sol). Un pompage en régime permanent est établi dans l'aquifère. Pour un débit de pompage de 10 L/min, on observe un rabattement de 5 m à une distance radiale de 3 m du puits de pompage et un rabattement de 1 m à une distance radiale de 20 m. Calculez la conductivité hydraulique de l'aquifère.

- 7) **(15 points)** Une ville planifie la construction d'un puits de pompage municipal. Le puits de pompage sera localisé dans un aquifère confiné d'une épaisseur de 10 m dont la transmissivité est $275 \text{ m}^2/\text{jour}$ et le coefficient d'emmagasinement est 2.5×10^{-4} . Le débit de pompage prévu est $3.5 \text{ m}^3/\text{min}$. Le puits de pompage sera à une distance de 500 m de résidences où des puits domestiques individuels sont utilisés pour l'approvisionnement en eau. Supposez que le débit de pompage des puits résidentiels peut être négligé dans les calculs car il est très petit par rapport au débit du puits municipal. Calculez le rabattement dans les puits résidentiels créé par le puits de pompage après 120 jours.