



Concours de recrutement d'un Ingénieur d'Etat 1^{er} grade
Session du 01 Octobre 2016
OPTION : GENIE RURAL / HYDRAULIQUE
..*.*.*

EPREUVE TECHNIQUE (DUREE : 4H)

(Les exercices sont indépendants – Documents non autorisés)

PARTIE 1 : CONNAISSANCES TECHNIQUES (05 POINTS)

- 1- Un projet d'aménagement hydraulique passe par plusieurs phases d'étude dont notamment : Faisabilité, EIE, APS, APD, DCE.
En quoi consiste chaque phase ?
- 2- Développer la démarche et les étapes à suivre lors de l'étude d'un projet de protection contre les inondations.
- 3- Citer quatre principaux ouvrages de protection contre les inondations.
- 4- Quels sont les principaux critères de choix d'un site du barrage ?
- 5- Dans un site, les reconnaissances ont montré l'existence d'une couche de sable de grande épaisseur. Quel phénomène lié au comportement de sable peut-on risquer en cas de séisme ?
- 6- Quels sont les principaux problèmes et défis majeurs du secteur de l'eau au Maroc ? Développer votre réponse.
- 7- Définir le volume régularisé par un barrage.
- 8- Définir les termes suivants :
 - Temps de concentration ;
 - Courbe de tarage.
- 9- Décrire la démarche suivie pour l'évaluation des apports d'eau de surface à l'exutoire d'un grand bassin versant.
- 10- Donner le rôle de chacun des organes suivants d'un barrage en terre : noyau, filtre, drain, appareils d'auscultation et le rip-rap.
- 11- Quelles sont les dispositions à prendre et les travaux à réaliser pour atténuer l'effet d'envasement sur les retenues des barrages ? Détailler votre réponse.
- 12- Décrire la démarche à suivre pour compléter les données manquantes sur période d'une série pluviométrique.

PARTIE II : EXERCICES

EXERCICE 1 : (83 POINTS)

Une ville côtière de 250 000 habitants avec un taux d'accroissement annuel de la population de 1% est alimentée à partir d'une nappe d'eau souterraine et d'un barrage.

La nappe d'eau souterraine est alimentée par l'infiltration des eaux de crues d'une grande rivière. Les données d'infiltration pour la recharge artificielle de la nappe ont montré que la recharge est de l'ordre de 1 mètre/jour. La rivière a une longueur moyenne de 40 km et une largeur moyenne de 15 m. La rivière a connu lors de cette année une crue de 3 jours.

Le besoin moyen actuel à la distribution de cette ville est de 50 000 m³/jour.

Pour assurer l'AEP de cette ville, on pompe chaque jour vers un réservoir de distribution un débit $Q = 600$ l/s pendant 8 heures.

Au cours d'une année très sèche, la réserve d'eau disponible au barrage alimentant cette ville n'est que de 4 250 000 m³. L'apport d'eau enregistré pendant les mois d'été est généralement nul et les pertes moyennes par évaporation s'élèvent à 9000 m³/jour.

On note que le rendement du réseau d'adduction est 0,95 et celui de la distribution atteint 0,83.

- Quel est le débit factuel continu prélevé à partir de la nappe ?
- Quel est le débit d'eau infiltré lors de la crue de 3 jours ?
- Compte tenu de la réserve d'eau disponible au barrage, quelle est la durée d'autonomie de l'alimentation en eau de cette ville ?
- Quelle est la solution envisagée dans ce cas pour assurer l'AEP de cette ville ? Justifier votre réponse.
- Quelles sont les risques liés à l'adoption de cette solution ?

Supposant que la sécheresse persistera dans la ville pendant plusieurs années.

- En quelle année ce système atteindra son état de saturation ?
- Proposer des mesures pour atténuer la demande en eau.
- Quelles sont les solutions à prévoir à long terme ?

EXERCICE 2 : (82 POINTS)

Un canal d'irrigation a une section trapézoïdale dont les parois latérales sont inclinées à 45°. La largeur du fond est de 4 m et la pente est uniforme 1‰.

Le coefficient de Strickler du canal sera pris égal à 85.

Ce canal est alimenté à la cote 25 m NGM par une station de pompage comportant 4 pompes centrifuges identiques de rendement 0,78, aspirant de l'eau d'une rivière dont la surface libre est à la cote 10 m NGM. La conduite d'aspiration de chaque pompe a un diamètre de 500 mm et une longueur de 20 m.

La conduite de refoulement a un diamètre de 500 mm et une longueur de 100 m. Le coefficient de Chézy des conduites est égal à 70.

- Déterminer le débit s'écoulant dans le canal en régime uniforme pour une profondeur de 1 m.
- Déterminer dans ce cas, la hauteur manométrique et la puissance de chaque pompe.
- Neus devons installer les pompes à 2 m au-dessus de la surface libre de la rivière en régime normal. Ce la cavitation apparaît pour ce type de pompe pour une pression absolue à l'aspiration.

$$P_a = 2130 \left(\frac{N \cdot \sqrt{1.36 \cdot P_a}}{H^{\frac{1}{2}}} \right)^3 \cdot H$$

P_a étant la pression exprimée en Pa.
 P_a étant la puissance absorbée exprimée en kW.
 N étant la vitesse de rotation de la pompe en tr/min.

Déterminez la vitesse de rotation maximale admissible des pompes.

EXERCICE 3 : (05 POINTS)

On se propose de définir les caractéristiques d'un barrage collinaire destiné à stocker l'eau pour l'irrigation d'un périmètre de 1 000 ha. Les besoins en eau sont de 8 000 m³/an/ha. Le bassin versant connaît des précipitations très aléatoires. Le débit d'étiage de l'oued est nul.

- 1- En l'absence d'une nappe, préférez-vous l'installation d'une pompe au niveau de l'oued ou la construction d'un barrage de stockage pour satisfaire les besoins des agriculteurs ? Développer votre réponse.
- 2- Citer les rôles socio-économiques des barrages collinaires.
- 3- Expliquer comment rechercher un site de barrage collinaire sur une carte topographique ?
- 4- Comment délimiter le bassin versant d'un site de barrage ?
- 5- Les seuls documents disponibles sont la carte topographique au 1/50 000 et le levé topographique au 1/5000 de l'axe du barrage et de sa retenue.

- Superficie du bassin versant : 520 cm²
- Superficie des plans d'eau aux différentes côtes :

Cote m NGM	95	110	120	130
Superficie en cm ²	0	60	130	250

- a) Calculer la superficie en Km² du bassin versant.
 - b) Calculer les superficies en ha des plans d'eau aux côtes 95, 110, 120 et 130 NGM.
 - c) Estimer en m³ les volumes stockés par le barrage sous les côtes 95, 110, 120 et 130 NGM sachant que le volume stocké entre deux plans d'eau est égal à la demi-somme des surfaces des deux plans d'eau multipliée par la différence de leurs côtes respectives.
 - d) Tracer les courbes Côte/Surface et Côte/Volume.
- 6- Les débits moyens estimés à partir d'une station implantée sur l'oued sont comme suit :

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Débit moyen en l/s	427	500	310	600	530	420	370	340	230

- a) Calculer en m³ l'apport garanti par l'oued qui est égal à 70% de l'apport moyen interannuel.
 - b) Calculer en l/s/km² le débit spécifique de l'oued.
 - c) L'axe du barrage choisi, permet-il d'offrir les besoins du périmètre ? Proposer une côte de la retenue normale du barrage et en déduire le volume stocké et la surface inondée correspondant à cette côte.
 - d) Quelle est la hauteur du barrage sur terrain naturel sachant que la hauteur entre la retenue normale et la crête du barrage est de 2 m ?
- 7- Les matériaux limoneux et alluvionnaires ainsi que les moellons sont disponibles en quantités suffisantes, quel type de barrage proposez-vous pour ce site ? Pourquoi ?
- 8- Proposer une coupe type du barrage à réaliser.
- 9- Expliquer le rôle d'une vidange de fond.
- 10- Expliquer le rôle d'un évacuateur de crues.

EXERCICE 4 : (05 POINTS)

Nappe alluviale de l'oued negro

La surface de la plaine de l'oued Negro est de l'ordre de 10 km^2 , mais la partie côtière est marécageuse. L'oued Negro ne se déverse pas en mer ou difficilement par suite de la présence d'un cordon dunaire. Elle est limitée à l'Est par la méditerranée, au Nord et à l'Ouest par les formations paléozoïques schisto-gréseuses, au Sud par la nappe des grès à faciès Numidien.

Le quaternaire de la plaine de l'oued Negro est formé par des alluvions ; essentiellement des galets, graviers dans une matrice plus ou moins argilo-sableuse. Ces alluvions reposent sur un substratum mameux pliocène renfermant une nappe libre.

L'épaisseur de la nappe est assez variable, verticalement et latéralement. Elle passe de 5 à 20 m dans la zone amont et à proximité du rivage à plus de 50 m dans la zone aval.

L'examen des forages ayant fait l'objet d'essai de pompage a permis d'obtenir des valeurs de transmissivité variantes de $2.6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (puits N°IRE 812/2) à $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Forage N°IRE 1079/2). On constate aussi une augmentation de la transmissivité du Nord au Sud passant de $6 \cdot 10^{-4}$ (Forage 1076/2) à $2.6 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (puits N°IRE 812/2).

L'essai de pompage réalisé sur le forage 160/2, avec le suivi piézométrique sur les puits 812/2 et 813/2 a donné respectivement les valeurs du coefficient d'emménagement de $2.2 \cdot 10^{-2}$ et $7.5 \cdot 10^{-2}$, valeurs caractéristiques d'une nappe libre.

Les suivi piézométrique des forages, piézomètres et puits a permis de dresser la carte piézométrique suivante:



Carte piézométrique de la nappe de Negro (Waman, Août 2015)

- 1- Définir les mots en gras soulignés.
- 2- Analyser la carte piézométrique, ci-dessus, pour décrire le comportement de la nappe : directions et sens de l'écoulement, zones d'alimentation, évolution du gradient hydraulique (donner quelques valeurs), etc.

La réserve en eau souterraine est définie par le volume d'eau gravitaire stocké, à une date donnée ou, de préférence, au cours d'une durée moyenne, dans une tranche d'aquifère délimitée. Cette quantité d'eau gravitaire est délimitée dans tous les cas à la base par le substratum, et au toit, dans le cas en question, par la surface piézométrique moyenne annuelle.

Le calcul du volume de réservoir saturé est basé sur la combinaison de la carte du substratum et celle de la piézométrie.

La tableau ci-dessous présente les isoépaisseurs de la zone saturée et les surfaces planimétrées correspondantes.

Epaisseur (m)	Surface planimétrée (10^3 m^2)
0-20	6228
20-30	1376
30-40	1397
40-50	483.2
>50	72

- 3- Calculer Le volume total du réservoir, et les réserves moyenne en eau de la nappe en considérant une porosité efficace moyenne de 8% caractéristique des terrains alluvionnaires.

La recharge du système aquifère est assurée

1. L'infiltration pluviales qui sont très favorables dans les zones où les affleurements des roches perméables ;
2. Les apports en amont de la plaine ;
3. Les apports des bordures latéraux provenant de l'abouchement de la nappe avec les grès et pélites de l'Oligocène dans la zone NNE et SSW de la nappe et avec les grès et pélites du Carbonifère au Nord ;
4. Le retour d'eau d'irrigation.

La pluviométrie moyenne calculée sur 42 ans (1970-2013) sur la station hydrologique de Smir est de 738 mm. La surface de l'impluvium étant de 7.5km² (hors Merja). En prenant un coefficient d'infiltration de 15% (établi par Morel dans l'étude du bassin de l'oued Smir, limitrophe au bassin de l'oued Negro, calcul par similitude).

- 4- Dédurre le volume annuel infiltré à la nappe.

Les débits d'entrée à l'amont de la plaine et les apports des bordures latéraux des nappes sont évalués en utilisant la formule de Darcy. Pour ce faire, les paramètres suivants sont retenus :

$$Q = i \cdot v \cdot A$$

Pour les apports en amont de la plaine, la longueur du front est de 1,32 km et le gradient hydraulique est égal à 2% ;

Pour les apports latéraux, la longueur du front est de 8,2 km et le gradient hydraulique est égal à 1% et la transmissivité moyenne considérée est de $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

- 5- Calculer le débit d'entrée en amont de la plaine et celui des apports latéraux, en adoptant une transmissivité moyenne de $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.
- 6- Sachant que le prélèvement d'eau à usage agricole est $1,72 \text{ l/s}$ et que l'irrigation se fait par aspersion, calculer en considérant un coefficient de restitution de 10% , le débit du retour (return-flow) d'irrigation.

En plus de l'irrigation, la nappe est utilisée pour l'approvisionnement en eau potable. Le débit prélevé à cet effet est de $3,69 \text{ l/s}$. le débit déversé en mer est de 20 l/s .

- 7- Etablir et commenter le bilan de la nappe de Negro.
- 8- Quelles peuvent être les principales contraintes qui handicapent une exploitation durable des eaux de la nappe ?
- 9- Proposer et commenter le mode ou les modalités de suivi permettant d'évaluer les risques encourus par cette nappe.

$$I / . \quad \text{Entrée} - \text{Sortie} = \Delta \text{stock}$$

$\begin{array}{l} \text{apports} \checkmark \\ \text{amont + latéraux} \\ \text{retour d'irrigation} \end{array}$

$\begin{array}{l} 1,72 \text{ l/s} \\ 3,69 \text{ l/s} \\ 20 \text{ l/s} \end{array}$

$$T (\text{m}^2/\text{s})$$

$$K (\text{m}/\text{s})$$

$$Q = K \cdot A \cdot i$$

$$= K \cdot b \cdot L \cdot i$$

$$= T \cdot L \cdot i$$

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

$$\textcircled{a} \quad Q = 10^{-4} \times 2\% \times 1,32 \times 10^3$$

$$\textcircled{b} \quad Q = 10^{-4} \times 8,2 \times 10^3 \times 1\%$$