

**EPREUVE TERMINALE N°2**

**EPREUVE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

(Coefficient : 7 - Durée : 4 heures)

*Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : Calculatrice*

**Rappel** : Au cours de l'épreuve, la calculatrice est autorisée pour réaliser des opérations de calculs, ou bien élaborer une programmation, à partir des données fournies par le sujet.  
Tout autre usage est interdit.

*Une agglomération du Sud-Ouest est alimentée en eau potable à partir du pompage de l'eau d'une rivière.*

*On effectue des analyses en amont de cette station. Ces analyses révèlent des teneurs en nitrates et phosphates, qui peuvent être temporairement élevées.*

*Le syndicat d'alimentation en eau potable envisage :*

- de limiter les prélèvements en eau pour l'irrigation ;*
- de capter une source pour alimenter le réservoir principal de distribution.*

*On se propose d'examiner la faisabilité de ces propositions.*

Le sujet comporte **5 questions qui peuvent toutes être traitées de façon indépendante**

- **Étude de la limitation des prélèvements pour l'irrigation :**
  - **Question A** (6 points)
- **Étude du captage de la source et de l'adduction vers le réservoir de distribution :**
  - **Question B** (4 points) : **Justification du choix de la source**
  - **Question C** (8 points) : **Étude de la qualité de l'eau de la source**
  - **Question D** (8 points) : **Étude de l'adduction entre la source et le réservoir R1.**
  - **Question E** (14 points) : **Étude de l'alimentation du réservoir principal de distribution R2**

**Question A** (6 points)

**Étude de la limitation des prélèvements pour l'irrigation**

Les agriculteurs irriguent en pompant dans la nappe supérieure de la zone agricole (**document n°1**).

Afin de limiter les prélèvements en eau, on étudie les propriétés du sol d'une parcelle cultivée. Pour cela, on utilise la méthode gravimétrique.

Les résultats de l'étude sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Horizon	Masse de terre (en g) au point de ressuyage	Masse de terre (en g) après 24 h à 105°C	Densité apparente
de 0 à 30 cm	245	199	1,4
de 30 à 60 cm	181	153	1,55

**Nota :** Pour estimer la réserve utile (RU) du sol, on admet que l'humidité au point de flétrissement permanent (Hpfp) est égale à la moitié de l'humidité à la capacité au champ (Hcc).

**A.1** Déterminer la RU de ce sol.

Exprimez votre résultat en mm d'eau et en m<sup>3</sup>/ha.

**A.2** Proposer une autre méthode de mesure d'un taux de l'humidité du sol.

**A.3** Compléter l'**annexe n°1 (à rendre avec la copie)** pour établir le bilan hydrique de la parcelle.

Dégager de ce bilan les informations pertinentes pour la conduite de l'irrigation et pour l'identification des périodes de transfert éventuel de polluants vers la nappe.

**Nota :** On considérera que :

- la RU est pleine au 1<sup>er</sup> mai ;
- le ruissellement et l'écoulement hypodermique sont négligeables.

**Question B** (4 points)

**Justification du choix de la source**

Dans le secteur considéré, les sols sont sableux ou argileux. On y distingue une zone agricole cultivée, où la principale culture est le maïs irrigué, et une zone forestière, où l'action de l'être humain est très limitée. Ces deux zones sont repérées sur le **document n°1**.

**B.1** A l'aide des informations contenues dans le document n°1,

Identifier et caractériser les aquifères potentiels correspondant au secteur étudié.

Justifiez votre réponse.

**B.2** Justifier l'existence de la source.

**B.3** Proposer une explication aux variations saisonnières des teneurs en phosphates dans la rivière.

Indiquer les conséquences de ces dernières sur l'écosystème de la rivière.

**B.4** Expliquer pourquoi on capte l'eau de la source plutôt que celle de la rivière pour produire l'eau potable.

**Question C** (8 points)

**Étude de la qualité de l'eau de la source**

**Données préliminaires :**

**Masses molaires atomiques :**

Éléments	H	C	N	O	Na	Mg	S	Cl	K	Ca
Masse molaire atomique (en g.mol <sup>-1</sup> )	1	12	14	16	23	24	32	35,5	39	40

**Potentiers standard d'oxydoréduction :**

Couples oxydant / réducteur	E° en V
Cl <sub>2</sub> / Cl <sup>-</sup>	1,36
Fe <sup>3+</sup> / Fe <sup>2+</sup>	1,05

L'analyse de l'eau de la source captée figure sur le **document n°2**.

**C.1** Vérifier la balance ionique de cette eau de source.

**C.2** Cette eau doit subir une désinfection au dichlore gazeux.

On réalise le dosage du dichlore présent après traitement sur un échantillon de 100 mL d'eau traitée.

La solution dosante est le sel de Mohr de formule FeSO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 6 H<sub>2</sub>O.

Sa concentration en ions Fe<sup>2+</sup> est C<sub>0</sub> = 2,8 mmol.L<sup>-1</sup>.

La chute de burette indique V = 1,5 mL.

**C.2.1** Écrire l'équation de la demi-réaction correspondant à l'oxydation.

**C.2.2** Écrire l'équation de la demi-réaction correspondant à la réduction.

**C.2.3** Écrire l'équation chimique de la réaction d'oxydoréduction.

**C.2.4** Calculer, en mg.L<sup>-1</sup>, la concentration du dichlore restant.

**C.3** Pour pallier une éventuelle pollution accidentelle entraînant une forte hausse de la quantité d'orthophosphates, on se propose de rechercher la nouvelle teneur de cette eau en ions PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> par spectrophotométrie d'absorption.

En présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe de couleur bleue permettant d'effectuer un dosage spectrophotométrique.

L'eau à analyser est diluée 10 fois.

On effectue une gamme étalon dont les résultats figurent ci-dessous.

Absorbance	0,00	0,32	0,65	0,96	1,27	1,60
C (mg.de P.L <sup>-1</sup> )	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

On mesure l'absorbance A de l'échantillon. On trouve A = 0,99.

**C.3.1** Tracer, sur l'**annexe n°2 (à rendre avec la copie)**, la courbe d'étalonnage.

**C.3.2** Citer la loi qui régit l'équation de cette courbe.

**C.3.3** Déterminer la concentration de cette eau en ions PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> exprimée en mg.L<sup>-1</sup>.

**Question D** (8 points)

**Étude de l'adduction entre la source et le bassin de reprise R1.**

Le **document n°3** représente le schéma de principe de l'adduction entre la source et le bassin de reprise **R1** envisagé pour alimenter le réservoir R2. Il donne les principales caractéristiques de ce système hydraulique.

Le bassin de reprise (R1) est alimenté à partir du bassin de collecte (R0) dont le niveau maximum est de 478,00 m.

La source alimentant ce bassin a un débit constant de  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Un déversoir permet le retour de l'eau au milieu naturel lorsque le robinet à flotteur situé à l'extrémité de la conduite est fermé.

**Formulaire et consignes relatives à la question D :**

• Formule de Manning-Strickler :  $Q = K_s \cdot S \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$

Avec  $Q$  : débit en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ;

$K_s$  : coefficient de rugosité = 75 (unité SI) ;

$S$  : Section mouillée en  $\text{m}^2$  ;

$R_h$  : Rayon hydraulique en m ;

$I$  : Pente de la canalisation ou perte de charge unitaire.

• Formule de Lechapt&Calmon :  $j = 1,1 \cdot Q^{1,89} \cdot D^{-5,01} \cdot L$

Avec  $j$  : perte de charge linéaire en mCE ;

$Q$  : débit en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ;

$D$  : diamètre intérieur en m ;

$L$  : longueur de la canalisation en km.

• Les pertes de charge singulières ( $j_s$ , exprimées mCE) seront négligées sauf pour le robinet à flotteur ; celle-ci sera calculée à partir de l'expression :

$$j_{sRF} = 30 \frac{U^2}{2 \cdot g} ; \text{ avec } U : \text{ vitesse moyenne en } \text{m} \cdot \text{s}^{-1} .$$

• On prendra pour : - l'accélération de la pesanteur ( $g$ ) :  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ;

- la masse volumique de l'eau ( $\rho$ ) :  $1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ;

• Toutes les conduites sont de même nature.

• Toutes les cotes (ex : 124,50) sont rattachées au Niveau Géographique Français.

• Les diamètres indiqués sont des diamètres intérieurs.

**D.1** Calculer la pression relative au point **G**, lorsque le robinet à flotteur est fermé.

Exprimer le résultat en mCE et en bar.

**D.2** Suite à une demande au niveau du réservoir R1, le niveau baisse et le robinet à flotteur se trouve complètement ouvert ; le réservoir R1 est alors alimenté avec un débit de  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Une partie de la conduite GB se trouve en écoulement à section pleine (en charge), l'autre partie en écoulement à surface libre.

**D.2.1** Établir la dimension de  $K_s$ . En déduire son unité dans le système SI.

**D.2.2** Calculer la charge relative au point G.

**D.2.3** Calculer la perte de charge unitaire de la partie pleine de la conduite.

**D.2.4** La mise en charge s'effectue en amont du point **D** (écoulement à section pleine) :

Tracer sur l'**annexe n°3 (à rendre avec la copie)** le point représentatif de la charge relative au point **D**.

En déduire la longueur de conduite 'en charge' à partir du réservoir R1.

**D.2.5** Déterminer le tirant d'eau dans la partie de conduite BC se trouvant en écoulement à surface libre.

**Nota : Utiliser impérativement l'abaque du document n°4.**

**Question E** (14 points)

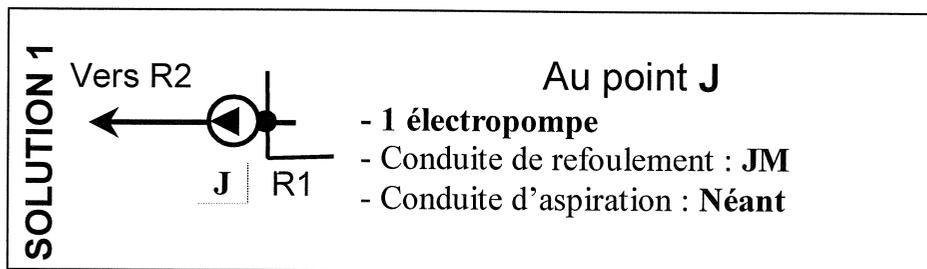
**Étude de l'alimentation du réservoir principal de distribution R2**

**Question E1** (5 points)

**Étude de la solution technique n°1 proposée pour l'alimentation du réservoir R2**

Le document n°3 représente le schéma de principe du système hydraulique et détaille la solution n°1 proposée pour alimenter le réservoir R2 par l'intermédiaire d'un bassin de reprise (R1).

Dans cette proposition (solution 1), une seule électropompe de type NIR 6 x 25 équipée d'un variateur de vitesse est utilisée. Elle est placée au point J.



Les caractéristiques de l'électropompe de type NIR 6 x 25 sont données sur l'**annexe n°4**.

Elle devra fournir à 2900 tr.min<sup>-1</sup> le débit maximum de 100 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> et à vitesse réduite, le débit minimum de 60 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

Le plan d'eau d'aspiration est supposé constant et correspond au niveau d'exploitation moyen (cote 420,54 mNGF).

**Formulaire et consignes relatives à la question E1 :**

- Les pertes de charge régulières seront calculées à partir de la formule de Lechapt&Calmon (Voir le formulaire de la question D)
- Les pertes de charge singulières ( $j_s$  exprimées mCE) seront estimées à 10% des pertes de charge linéaires.
- Formules de similitudes :

$$\text{- Variation de vitesse : } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad ; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\text{- Rognage : } \frac{Q_1}{Q_2} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \quad ; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2$$

- On prendra pour :
  - l'accélération de la pesanteur ( $g$ ) : 9,81 m.s<sup>-2</sup> ;
  - la masse volumique de l'eau ( $\rho$ ) : 1 000 kg.m<sup>-3</sup> ;
  - (pression atmosphérique - pression de vapeur) = 10,1 mCE
- Toutes les conduites sont de même nature.
- Toutes les cotes (ex : 124,50) sont rattachées au Niveau Géographique Français.
- Les diamètres indiqués sont des diamètres intérieurs.

**E.1.1** Indiquer le type de roue devant équiper cette pompe.

**E.1.2** Déterminer le diamètre de la roue installée. Effectuer les tracés sur l'**annexe n°4**

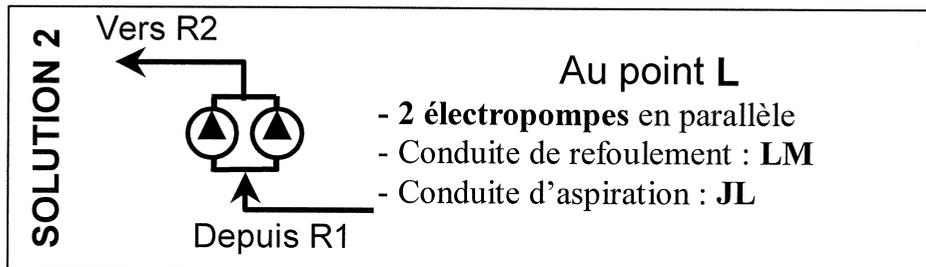
**E.1.3** Déterminer la vitesse de rotation minimum de la pompe. Effectuer les tracés sur l'**annexe n°4** (à rendre avec la copie).

**Question E2** (9 points)

**Étude de la solution technique n°2 proposée pour l'alimentation du réservoir R2**

Le **document n°3** représente le schéma de principe du système hydraulique et détaille la **solution n°2** proposée pour alimenter le réservoir R2 par l'intermédiaire d'un bassin de reprise (R1).

Dans cette proposition (solution 2), 2 électropompes sont associées en parallèle. Elles sont placées au point L.



Le plan d'eau d'aspiration est supposé constant et correspond au niveau d'exploitation moyen (cote 420,54 mNGF).

Sur l'**annexe n°5** (dans un système de coordonnées Charge Hydraulique relative – Débit) sont reportées les courbes caractéristiques (HMT et NPSH) des 2 électropompes identiques.

Les fonctionnements des 2 électropompes et du réservoir de distribution R2 sont associés à un automate programmable.

A l'étape initiale, les deux électropompes sont à l'arrêt ; le niveau haut du réservoir de distribution R2 est atteint.

Un bouton « départ cycle » autorise le fonctionnement.

Lorsque le niveau baisse sous le niveau moyen (*nm*), une électropompe s'enclenche ; si le niveau continue de baisser sous le niveau bas (*nb*), la deuxième électropompe démarre à son tour, la première continuant de fonctionner.

Lorsque le niveau remonte au-dessus du niveau moyen, une des deux électropompes s'arrête. Quand le réservoir est plein (niveau haut *nh* atteint), l'électropompe en service cesse de fonctionner.

Afin de répartir l'usure des électropompes, on alterne les deux électropompes à chaque début de cycle et en cours de cycle ; lorsque 2 électropompes fonctionnent et que l'on doit en arrêter une, on arrête l'électropompe ayant démarré en premier.

Le moteur électrique entraînant la pompe est couplé en triangle et porte les indications suivantes :

400V / 700 V  
18,5 kW      N = 2940 tr/min  
cosφ 0,89      Rendement = 91 %

**Formulaire et consignes relatives à la question E2 :**

- Les pertes de charge régulières seront calculées à partir de la formule de Lechapt&Calmon (voir le formulaire de la question D)
- Les pertes de charge singulières ( $j_s$  exprimées mCE) seront calculées à partir des expressions suivantes :

- conduite d'aspiration de l'électropompe :  $j_{sa} = 60 \frac{U^2}{2.g}$  ; avec  $U$  : vitesse moyenne en  $m.s^{-1}$ .

- conduite de refoulement de l'électropompe :  $j_{sr} = 10\%$  des pertes de charge linéaires.

- Courbes de tendance des caractéristiques :

$$\begin{aligned} HMT &= - 0,0138 Q^2 + 0,2246 Q + 105,93 & \text{Avec : } HMT \text{ ou NPSH en mCE} \\ NPSH &= 0,0007 Q^2 - 0,0327 Q + 2,8071 & Q \text{ en } m^3.h^{-1} \end{aligned}$$

- On prendra pour :

- l'accélération de la pesanteur ( $g$ ) :  $9,81 m.s^{-2}$  ;  
- la masse volumique de l'eau ( $\rho$ ) :  $1\,000 kg.m^{-3}$  ;

- Toutes les conduites sont de même nature.
- Toutes les cotes (ex : 124,50) sont rattachées au Niveau Géographique Français.
- Les diamètres indiqués sont des diamètres intérieurs.

**E.2.1** Démontrer que le débit refoulé, lorsqu'une seule électropompe fonctionne, est de  $60 m^3.h^{-1}$ .

**E.2.2** Déterminer la puissance hydraulique d'une électropompe, lorsqu'elle fonctionne seule.

**E.2.3** Déterminer graphiquement le débit alimentant le réservoir de distribution R2, lorsque les 2 électropompes fonctionnent simultanément.  
Présenter les résultats des calculs sous forme de tableau, en considérant les débits suivants : 90, 100 et  $110 m^3.h^{-1}$ .  
Indiquer, sur le graphique de l'**annexe n°5 (à rendre avec la copie)**, le débit d'alimentation du R2.

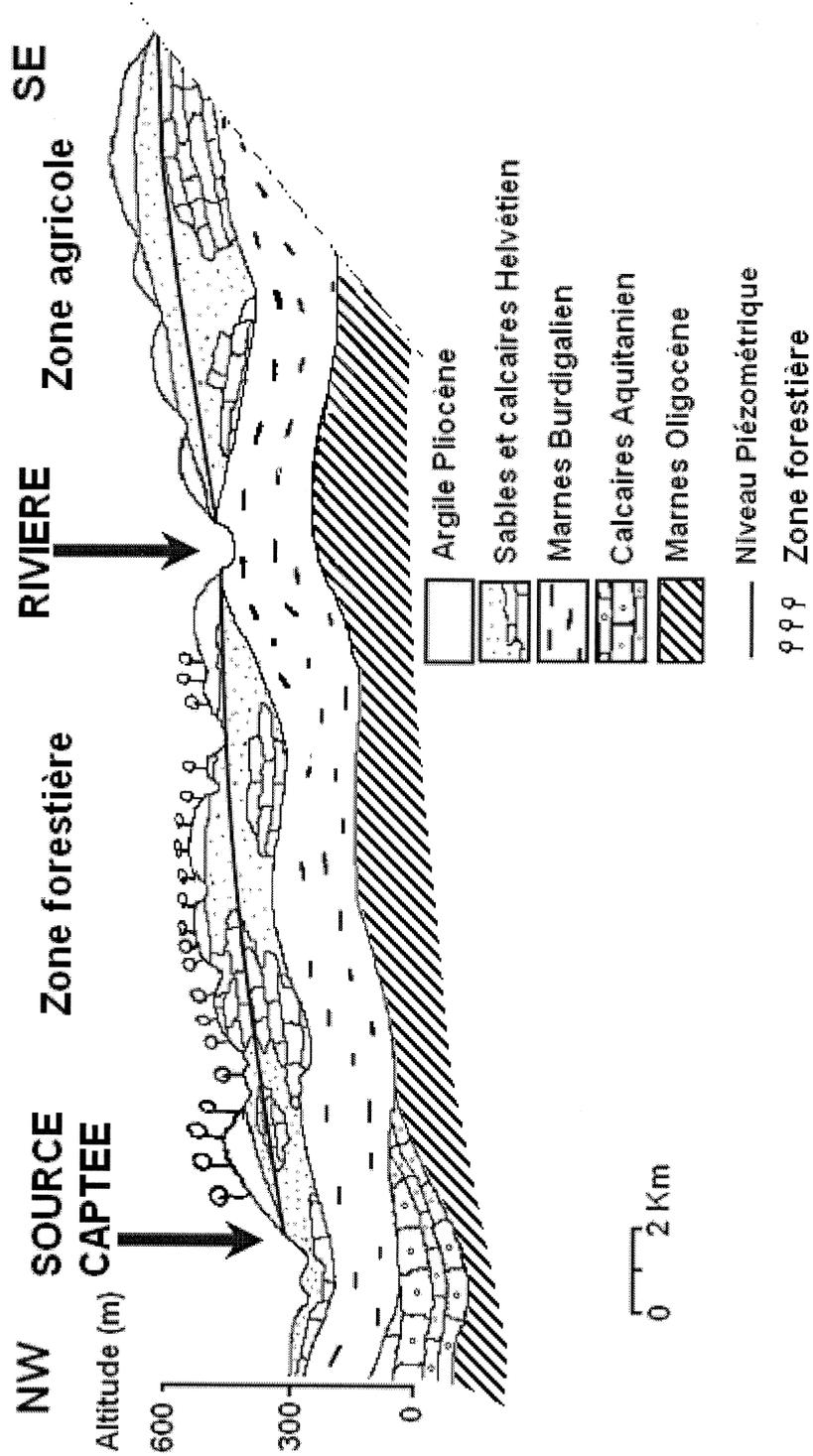
**E.2.4** Vérifier si la marge de sécurité entre le NPSH disponible et le NPSH requis est acceptable dans le cas de fonctionnement le plus défavorable.  
Justifier le choix des conditions limites retenues.

**E.2.5** Compléter le GRAFCET d'un point de vue partie opérative ébauché dans l'**annexe n°6 (à rendre avec la copie)**.

**E.2.6** Déterminer les caractéristiques à spécifier lors de la demande de connexion au réseau EDF : tension, nombre de phases, puissance active, puissance apparente, intensité.

Document n°1

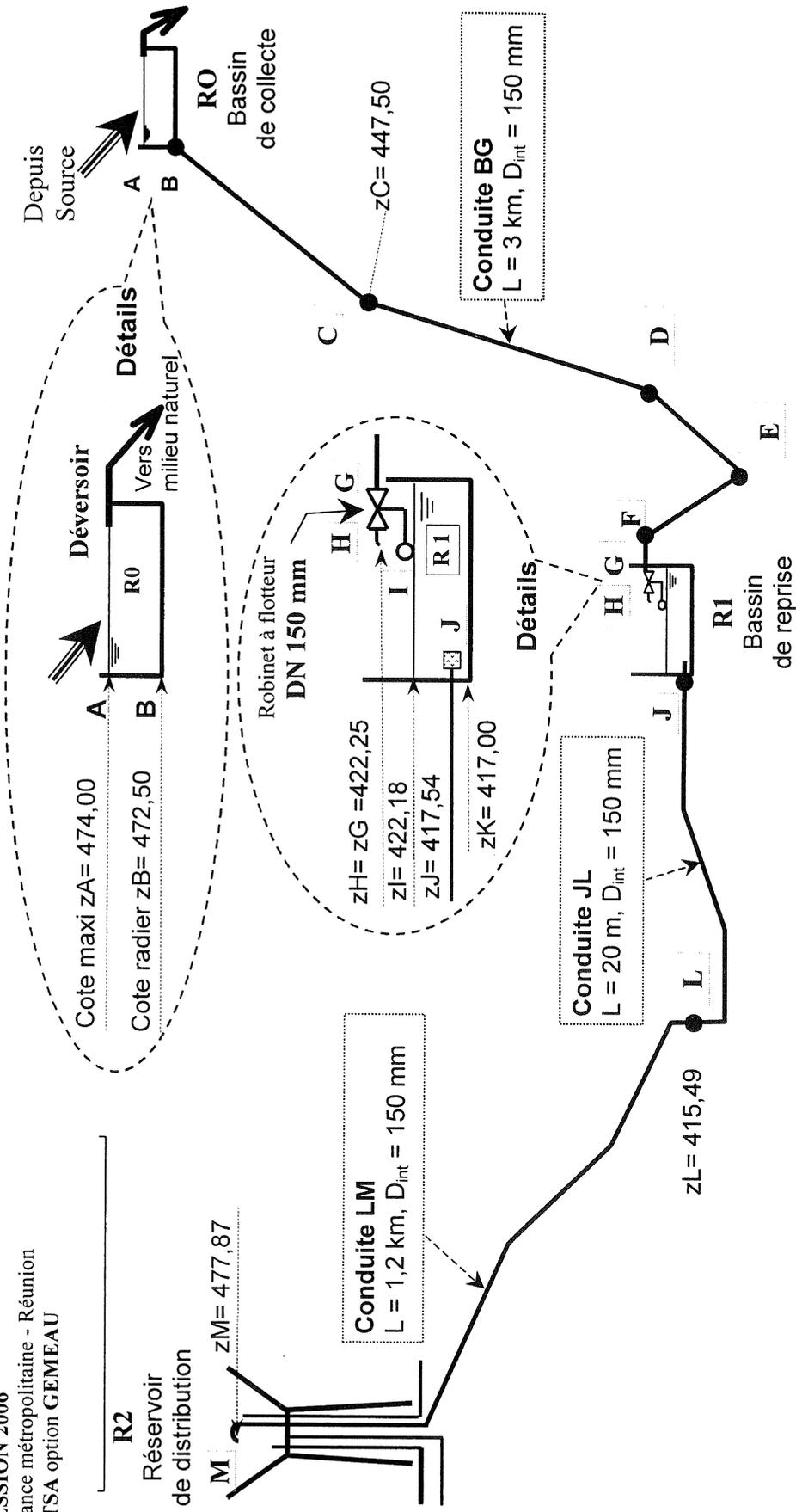
**SCHEMA DE LA COUPE GEOLOGIQUE**  
**de la région étudiée**



Document n°2

Analyse physico-chimique de l'eau de la source captée

Paramètres	Résultats
Température (°C)	12
pH	8,3
Conductivité ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	419
T.A.C (°F)	19,5
Dureté totale (°F)	19,9
Ammonium $\text{NH}_4^+$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	0,36
Calcium $\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	73,20
Magnésium $\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	3,84
Sodium $\text{Na}^+$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	13,80
Potassium $\text{K}^+$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	3,90
Bicarbonate $\text{HCO}_3^-$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	237,90
Nitrate $\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	6,20
Sulfate $\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	12,00
Orthophosphate $\text{PO}_4^{3-}$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	2,00
Chlorure $\text{Cl}^-$ ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	14,20

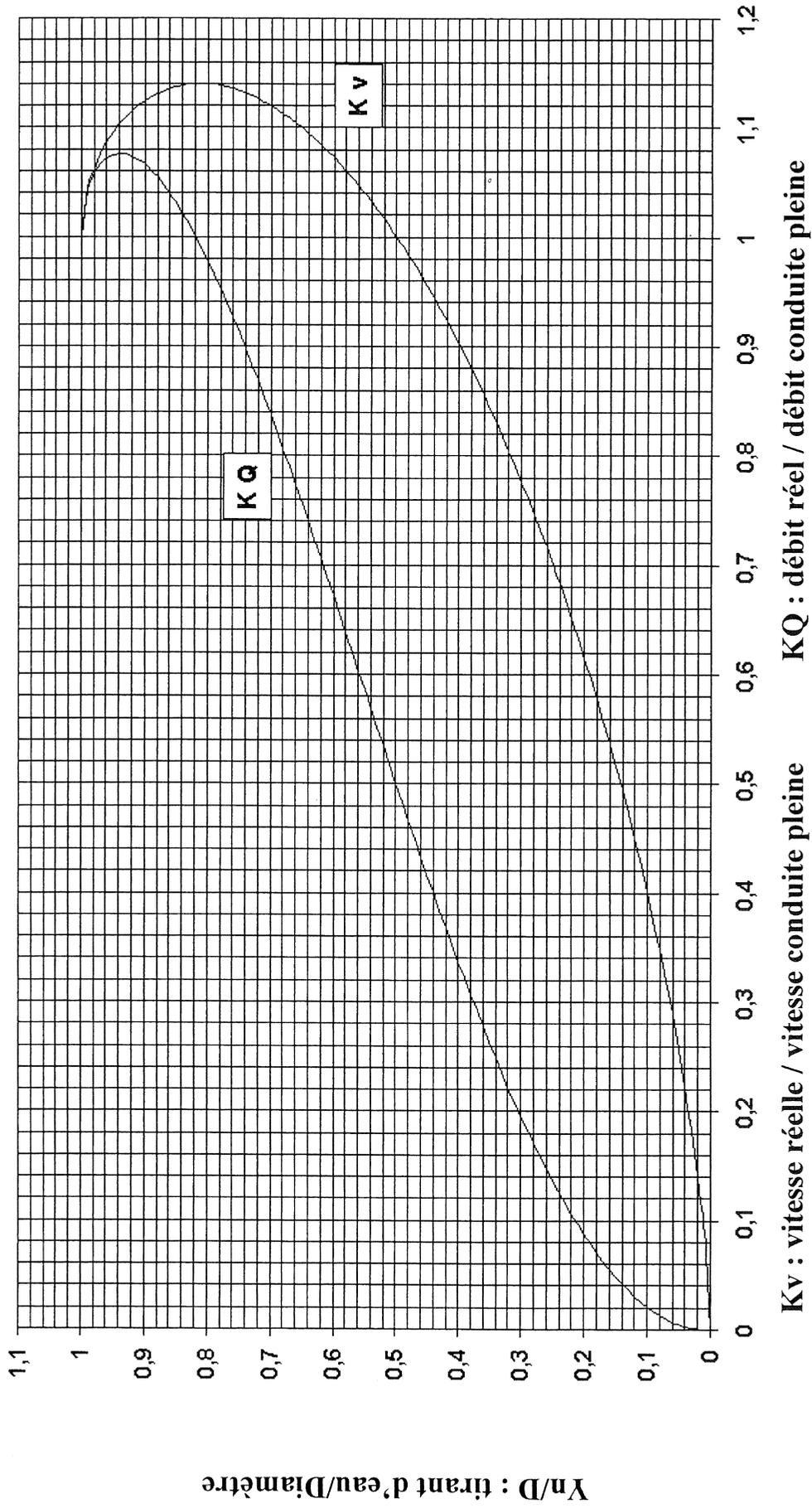


<p><b>SOLUTION 1</b></p> <p>Vers R2</p>	<p><b>Au point J</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 électropompe</li> <li>- Conduite de refoulement : JM</li> <li>- Conduite d'aspiration : Néant</li> <li>- Cote plan d'eau R1 : <b>420,54</b> (niveau d'exploitation moyen)</li> </ul>
<p><b>SOLUTION 2</b></p> <p>Vers R2</p>	<p><b>Au point L</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 électropompes en parallèle</li> <li>- Conduite de refoulement : LM</li> <li>- Conduite d'aspiration : JL</li> <li>- Cote plan d'eau R1 : <b>420,54</b> (niveau d'exploitation moyen)</li> </ul>

**DOCUMENT N° 3 Schéma de principe du système hydraulique**

DOCUMENT N°4

KQ & KV



**B E C**

Nom :  
(EN MAJUSCULES)

Prénoms :

Date de naissance : 19

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire

N° ne rien inscrire

SESSION 2006  
France métropolitaine - Réunion  
BTSA option GEMEAU

**ANNEXE N°1**  
**BILAN HYDRIQUE**  
(à compléter et à rendre avec la copie)

Mois	Pluie mm	ETP mm	P-ETP mm										
Mai	101,2	104,6											
Juin	85,5	116,2											
Juillet	60,9	128,9											
Août	71,3	113,5											
Septembre	85,7	78,8											
Octobre	118,5	41,4											
Novembre	118,7	15,4											
Décembre	130,9	10,0											
Janvier	118	11,8											
Février	106,5	22,4											
Mars	89,9	52,7											
Avril	109,6	77,6											

**B E C**

Nom :  
(EN MAJUSCULES)

Prénoms :

Date de naissance : 19

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire

SESSION 2006

France métropolitaine - Réunion

BTSA option GEMEAU

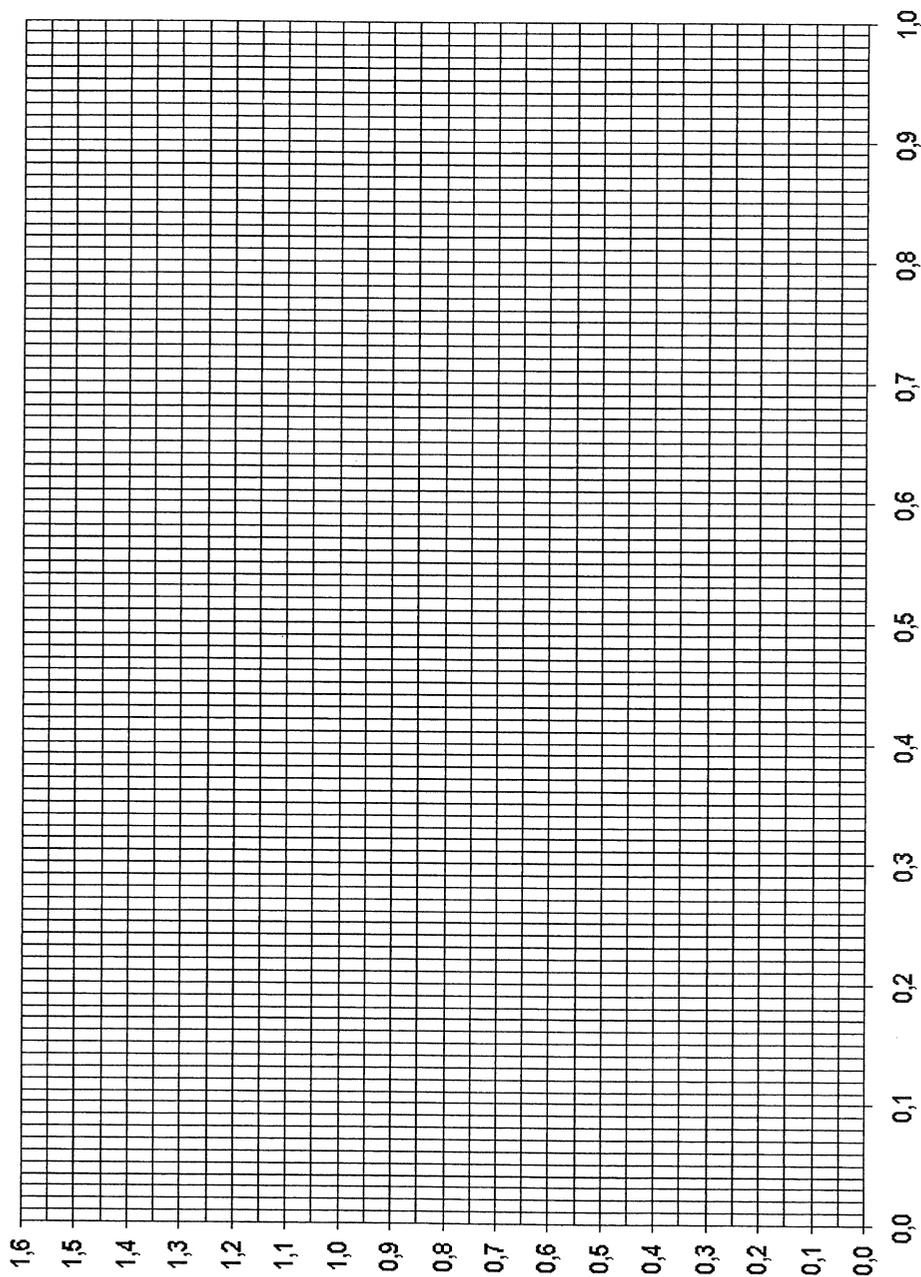
N° ne rien inscrire

(à compléter et à rendre avec la copie)

ANNEXE N°2

Dosage de l'orthophosphate par spectrophotométrie

(à compléter et à rendre avec la copie)



**B E C**

Nom :  
(EN MAJUSCULES)

Prénoms :

Date de naissance : 19

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

Centre d'épreuve :

Date :

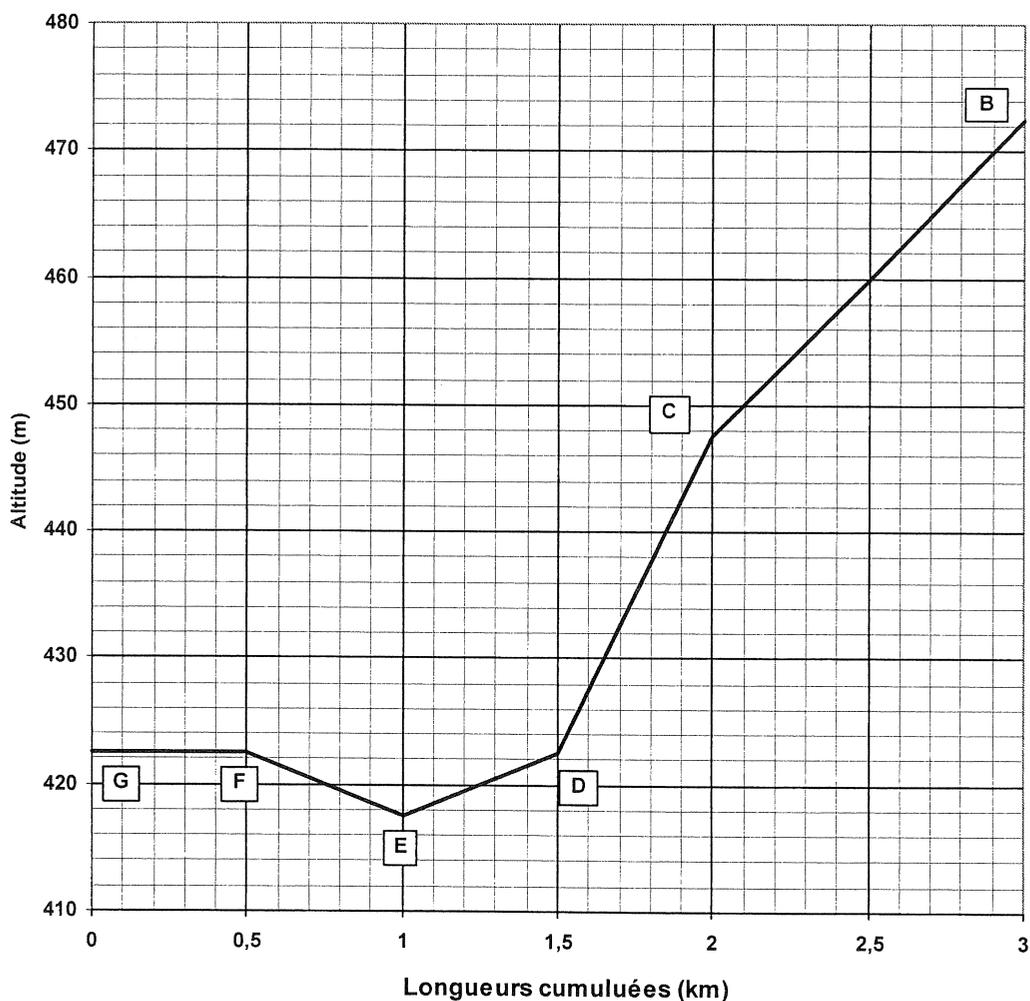
N° ne rien inscrire

SESSION 2006  
France métropolitaine - Réunion  
BTSA option GEMEAU

N° ne rien inscrire

(à compléter et à rendre avec la copie)

**ANNEXE N°3**  
**PROFIL EN LONG DE LA CONDUITE**  
(à compléter et à rendre avec la copie)



**B E C**

Nom :  
(EN MAJUSCULES)

Prénoms :

Date de naissance : 19

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

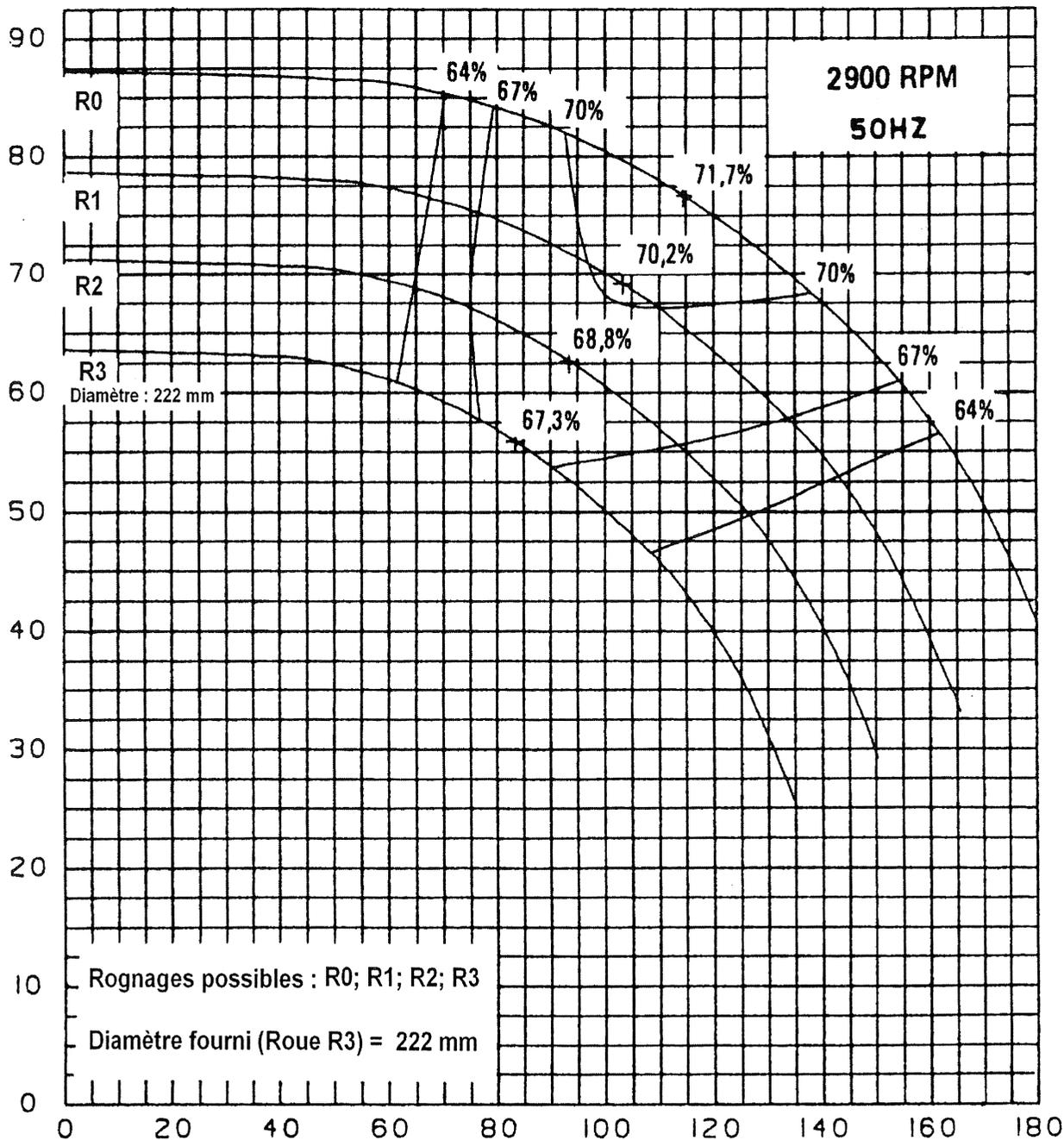
Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire
N° ne rien inscrire

SESSION 2006  
France métropolitaine - Réunion  
BTSA option GEMEAU

(à compléter et à rendre avec la copie)  
**ANNEXE N°4**  
**POMPES NIR 6\*25**



**B E C**

Nom :  
(EN MAJUSCULES)

Prénoms :

Date de naissance : 19

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire

SESSION 2006

France métropolitaine - Réunion  
BTSA option GEMEAU

N° ne rien inscrire

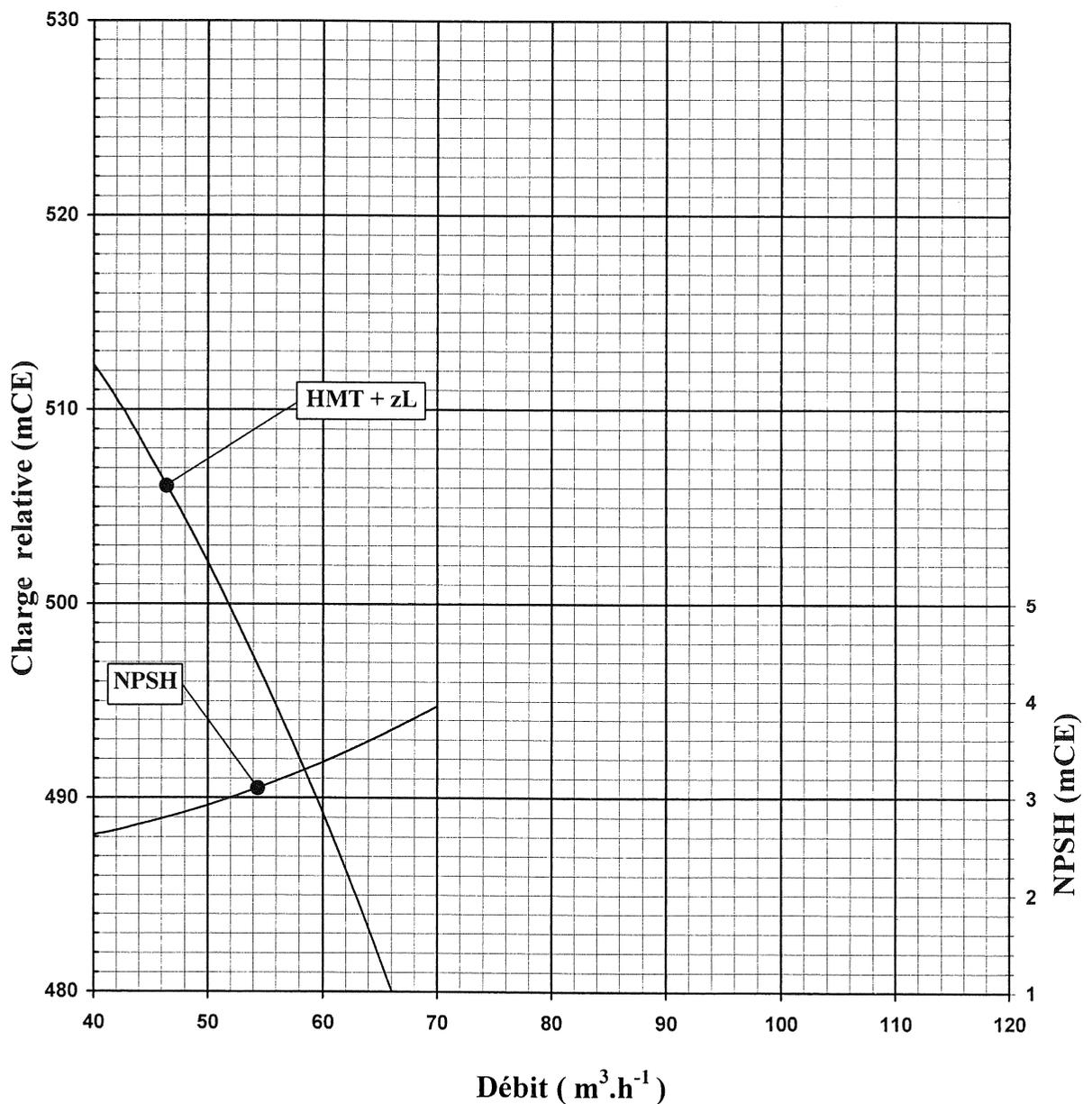
(à compléter et à rendre avec la copie)

**ANNEXE N°5**

**COURBES CARACTÉRISTIQUES**

Courbes de tendances :  $HMT = -0,0138 Q^2 + 0,2246 Q + 105,93$

$NPSH = 0,0007 Q^2 - 0,0327 Q + 2,8071$



**B E C**

Nom :  
(EN MAJUSCULES)

Prénoms :

Date de naissance : 19

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire
N° ne rien inscrire

SESSION 2006  
France métropolitaine - Réunion  
BTSA option GEMEAU

(à compléter et à rendre avec la copie)

**ANNEXE N°6**  
GRAF CET d'un point de vue partie opérative

