Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BTSA GEMEAU

E7-2 Épreuve intégrative - Option GEMEAU

Session 2023 • Code sujet : **2023-BTS136-RPL-ME-RE** • Durée : **150 minutes**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Potentiel hydroélectrique du site (7 questions) **Page 3**

2. Optimisation du fonctionnement de la microcentrale (4 questions) **Page 6**

3. Intérêt économique et durabilité du projet de réhabilitation (2 questions) **Page 8**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 9**

Sujet officiel (PDF) : https://btsagemeau.fr/assets/annales/btsa-gemeau/E7 - Accompagnement des acteurs dans la gestion de l'eau/2023/BTSA GEMEAU - E7 - Accompagnement des acteurs dans la gestion de l'eau - Session 2023 - 1-Sujet.pdf

1. Potentiel hydroélectrique du site

Un producteur étudie la réhabilitation d'une microcentrale sur la Vire, équipée de deux turbines de 600 et 1 000 L/s et soumise à un débit réservé envisagé de 400 L/s. L'étude s'appuie sur les données hydrologiques, les règles relatives au débit réservé, la puissance brute et les caractéristiques des conduites forcées pour confirmer le potentiel du site.

Question 1. Vérifier que le débit réservé de 400 L/s envisagé par le producteur respecte la réglementation, en le comparant au minimum réglementaire établi à partir des trois critères fournis.

Le module est de 2,660 m³/s. Les trois critères donnent : module/10 = 0,266 m³/s ; DMB = 2,660 × 0,15 = 0,399 m³/s ; QMNA quinquennal sec = 0,320 m³/s. Le minimum réglementaire est le plus élevé de ces seuils, soit 0,399 m³/s. Le débit réservé prévu, 0,400 m³/s, est supérieur de 0,001 m³/s à ce minimum.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Conforme : 400 L/s est supérieur au minimum réglementaire de 399 L/s.

Question 2. À partir des données hydrologiques, identifier les mois de l'année pendant lesquels la microcentrale peut fonctionner à sa capacité maximale.

Pour turbiner 1 600 L/s tout en laissant 400 L/s dans la rivière, le débit naturel doit atteindre au moins 2,000 m³/s. Les débits mensuels naturels atteignent ce seuil en janvier (5,680), février (5,560), mars (4,000) et avril (2,410 m³/s). Dès mai, avec 1,760 m³/s, le débit moyen mensuel est inférieur au seuil nécessaire.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Janvier, février, mars et avril.

Question 3. À l'aide de la courbe des débits moyens journaliers, déterminer le nombre de jours pendant lesquels la microcentrale ne peut pas turbiner, peut turbiner au moins 600 L/s, puis peut turbiner au moins 1 600 L/s.

Il faut ajouter le débit réservé aux débits turbinés visés : les seuils naturels à lire sur la courbe sont 0,400 m³/s pour l'arrêt, 1,000 m³/s pour turbiner au moins 600 L/s et 2,000 m³/s pour turbiner au moins 1 600 L/s. La courbe donne des fréquences de dépassement approximatives de 0,93, 0,69 et 0,42. Les jours sans turbinage correspondent au complément de la première fréquence.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Sans turbinage : environ 26 jours ; au moins 600 L/s : environ 252 jours ; au moins 1 600 L/s : environ 153 jours.

Question 4. Vérifier si l'objectif de turbiner un débit de 1 600 L/s pendant plus de 3 500 heures dans l'année peut être atteint.

Pour turbiner 1 600 L/s, le débit naturel doit atteindre 2,000 m³/s, débit dépassé environ 42 % de l'année d'après la courbe. Cela représente environ 153 jours, soit 3 672 heures. Cette durée estimée dépasse l'objectif de 3 500 heures, avec une marge d'environ 172 heures.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Objectif atteignable : environ 3 670 h/an à 1 600 L/s, soit plus de 3 500 h.

Question 5. À partir de la formule de puissance maximale brute et de la hauteur de chute brute de 16 m, identifier la nature du rapport d'incidence que le producteur doit fournir au regard du seuil réglementaire de 500 kW.

Le débit maximal turbiné est de 1,600 m³/s. Avec une masse volumique de l'eau de 1 000 kg/m³, g = 9,81 m/s² et une chute brute de 16 m, la puissance maximale brute vaut 1 000 × 9,81 × 16 × 1,600 = 251 136 W, soit 251,136 kW. Elle est inférieure au seuil de 500 kW.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> PMB = 251,136 kW : un simple document d'incidence est requis.

Question 6. À l'aide de la formule de Manning-Strickler, calculer le débit maximal de la conduite forcée en acier de diamètre 1 100 mm, avec un coefficient de Strickler de 40 $m^{1/3}/s$ et une perte de charge unitaire de 0,0065 m/m. Argumenter sur la nécessité de remplacer cette conduite vétuste et fortement corrodée.

Pour une conduite circulaire, la section vaut S = πD²/4. Avec D = 1,100 m, KS = 40 et I = 0,0065, la formule de Manning-Strickler donne Q = 40 × (1,100/4)^(2/3) × (π × 1,100²/4) × √0,0065 ≈ 1,295 m³/s. Cette capacité est inférieure aux 1,600 m³/s à turbiner. La vétusté et la corrosion justifient aussi le remplacement ou le chemisage pour assurer la fiabilité de l'installation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit maximal de la conduite acier : environ 1,30 m³/s, soit 1 295 L/s.

Question 7. Argumenter la pertinence de la proposition de chemiser l'ancienne conduite forcée avec une conduite en PRV de diamètre intérieur 800 mm, de coefficient de Strickler 120 $m^{1/3}/s$ et présentant la même perte de charge unitaire.

Pour le chemisage PRV, D = 0,800 m, KS = 120 et I = 0,0065. La section vaut π × 0,800²/4 et la formule donne Q ≈ 1,663 m³/s, soit 1 663 L/s. Malgré son diamètre intérieur plus faible, le PRV offre une capacité supérieure à celle de la conduite acier grâce à sa rugosité moindre. Elle couvre le débit turbiné visé de 1 600 L/s, mais avec une marge limitée à vérifier dans l'étude détaillée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le chemisage PRV est pertinent : capacité d’environ 1 663 L/s pour un débit visé de 1 600 L/s.

2. Optimisation du fonctionnement de la microcentrale

Les deux turbines peuvent fonctionner seules ou simultanément, soit uniquement à leur débit maximal, soit sur une plage allant de 20 % à 100 % de ce débit. Les rendements de la turbine Francis et la formule de puissance nette servent à comparer trois configurations pour un débit total turbiné de 1 200 L/s.

Question 8. Formuler un avis sur le fonctionnement en mode 1, où les turbines fonctionnent uniquement à leur débit maximal, en prenant en compte la réglementation relative au débit réservé et la volonté du producteur de maximiser la production d'énergie électrique.

Le débit réservé de 400 L/s doit rester dans la rivière : seul le débit excédentaire peut être turbiné. En mode 1, les turbines ne fonctionnent qu'à 600 L/s, 1 000 L/s ou 1 600 L/s ensemble. Si le débit disponible ne permet pas d'atteindre l'un de ces paliers, une partie de l'eau exploitable est inutilisée, voire le turbinage s'arrête. Ce mode respecte la réglementation à condition de maintenir le débit réservé, mais sa rigidité ne favorise pas la production maximale. Le mode 2 s'adapte mieux aux variations du débit disponible.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Mode 1 : conforme si les 400 L/s sont réservés, mais trop rigide pour maximiser la production. Le mode 2 est préférable.

Question 9. À partir de la courbe de rendement de la turbine Francis, déterminer le rendement de la turbine T-1 000 pour un débit turbiné de 600 L/s.

Le débit maximal de T-1 000 est de 1 000 L/s. Pour un débit turbiné de 600 L/s, la fraction du débit maximal vaut :

$600/1\,000 = 0{,}60$.

À l'abscisse 0,60 sur la courbe du document 6, le rendement est d'environ 80 %. Cette valeur est une lecture graphique approchée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rendement de T-1 000 à 600 L/s : environ 80 %.

Question 10. Compléter le tableau de l'annexe A pour les trois configurations de turbinage d'un débit total de 1 200 L/s, en déterminant les rendements et les puissances nettes par turbine ainsi que la puissance nette de la microcentrale, à l'aide des documents 5 et 6.

Les rendements sont lus sur la courbe en fonction du rapport débit turbiné/débit maximal. La puissance nette se calcule avec $PN = 117 \times Q \times \eta$, en prenant le débit en m³/s et le rendement en valeur décimale. Les lectures de rendement sont approximatives.

Configuration	Turbine	Débit (L/s)	Rendement (%)	PN par turbine (kW)	PN centrale (kW)
1	T-600	600	90	63,2	119,4
1	T-1 000	600	80	56,2	119,4
2	T-600	400	85	39,8	124,0
2	T-1 000	800	90	84,2	124,0
3	T-600	200	47	11,0	116,3
3	T-1 000	1 000	90	105,3	116,3

La puissance nette de chaque configuration est la somme des puissances des deux turbines.

Annexe A complétée, question 10

uestion 10

Caractérisation des configurations de turbinage pour un débit total turbiné de 1 200 L/s

	Turbine	Débit turbiné (L/s)	Rendement de la turbine (%)	Puissance nette (kW) par turbine	Puissance nette de la microcentrale (kW)
Configuration 1	T-600	600	90	63,2	119,4
	T-1 000	600	80 %	56,2	
Configuration 2	T-600	400	85 %	39,8	124,0
	T-1 000	800	90 %	84,2	
Configuration 3	T-600	200	47 %	11,0	116,3
	T-1 000	1000	90 %	105,3	

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissances nettes centrales : configuration 1, 119,4 kW ; configuration 2, 124,0 kW ; configuration 3, 116,3 kW.

Question 11. Présenter au producteur la configuration de turbinage qui permet d'optimiser le fonctionnement de la microcentrale pour un débit total de 1 200 L/s.

La configuration 2 donne la puissance nette totale la plus élevée pour 1 200 L/s : environ 124,0 kW, contre 119,4 kW en configuration 1 et 116,3 kW en configuration 3. Il est donc préférable de répartir le débit entre T-600 à 400 L/s et T-1 000 à 800 L/s. Ces réglages restent dans la plage de fonctionnement prévue pour les turbines.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Configuration 2 : T-600 à 400 L/s et T-1 000 à 800 L/s, pour environ 124,0 kW.

3. Intérêt économique et durabilité du projet de réhabilitation

L'étude économique repose sur trois régimes simplifiés de turbinage, définis par leur débit, leur durée annuelle et leur puissance nette. L'investissement estimé, le prix moyen d'achat du kWh et la consommation moyenne d'un abonné servent à évaluer la production électrique et à argumenter l'intérêt économique et la durabilité du projet.

Question 12. Calculer la production annuelle d'énergie électrique de la microcentrale à partir des trois régimes de turbinage indiqués, avec leurs durées et puissances nettes respectives.

La production de chaque régime est égale à la puissance nette multipliée par le nombre d'heures de fonctionnement. En considérant chaque journée complète, on convertit les jours en heures avec 24 h/j : 70 × 40 × 24 = 67 200 kWh, 110 × 50 × 24 = 132 000 kWh et 150 × 160 × 24 = 576 000 kWh. On additionne ensuite les trois productions annuelles pour obtenir l'énergie totale de la microcentrale.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **Production annuelle : 775 200 kWh, soit 775,2 MWh.**

Question 13. Formuler un avis argumenté sur la durabilité du projet de réhabilitation de la microcentrale et sur son intérêt économique pour le producteur, en tenant compte des données fournies.

Le projet valorise une ressource renouvelable et réhabilite une installation existante. Sa production correspond à environ 199 consommations annuelles d'abonnés, hors chauffage. Au prix indiqué, la recette brute théorique atteint 100 776 € par an ; le retour simple sur l'investissement de 650 000 € serait d'environ 6,4 ans.

L'intérêt paraît favorable en première approche, mais ce délai ne tient compte ni des frais d'exploitation, d'entretien et de financement, ni des arrêts de production. La durabilité dépend aussi du respect du débit réservé et de la maîtrise des effets sur les milieux aquatiques. Une étude financière et un suivi environnemental sont donc nécessaires pour confirmer la viabilité du projet.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> **Avis favorable en première approche : 100 776 € de recette brute annuelle et un retour simple d'environ 6,4 ans, sous réserve des charges et des impacts environnementaux.**

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2023)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve intégrative E7-2 du BTSA GEMEAU, session de remplacement 2023, porte le code 2023-BTS136-RPL-ME-RE et dure 150 minutes ; aucun coefficient n'est imprimé. Elle étudie la réhabilitation d'une microcentrale hydroélectrique sur la Vire. Les compétences évaluées couvrent l'analyse hydrologique et réglementaire, les calculs hydrauliques et énergétiques, l'optimisation du turbinage et l'évaluation économique et de la durabilité du projet.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le débit réservé minimal est la plus grande valeur entre le dixième du module, le débit minimum biologique et le QMNA quinquennal sec.
- En conduite circulaire en charge, Manning-Strickler donne $Q = KS \times (D/4)^{2/3} \times S \times I^{1/2}$.
- La puissance maximale brute se calcule avec $PMB = \rho \times g \times Hb \times Qmax$ turbiné, en utilisant des unités cohérentes.
- La puissance nette se calcule avec $PN = 117 \times Q \times \eta$, avec Q en m^3/s et η comme fraction décimale.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir les débits de L/s en m^3/s avant les calculs de puissance et vérifier les unités.
- Pour le débit réservé, comparer les trois critères réglementaires et retenir leur valeur maximale.
- Lire les fréquences de dépassement et les rendements sur les courbes en contrôlant les axes et les unités.
- Pour l'énergie annuelle, convertir les durées en heures et exprimer le résultat en kWh avant l'analyse économique.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer le débit réservé réglementaire à comparer aux 400 L/s prévus ?

Calculez le dixième du module et le débit minimum biologique, puis relevez le QMNA quinquennal sec dans les données. La réglementation retient le plus élevé de ces trois débits comme valeur minimale du débit réservé.

Q : Comment estimer le nombre de jours à partir de la courbe des débits classés ?

Repérez le débit seuil sur l'axe vertical, puis lisez la fréquence de dépassement correspondante sur l'axe horizontal. Multipliez cette fréquence par le nombre de jours de l'année pour estimer les jours où le débit atteint ou dépasse le seuil.

Q : Comment organiser les 150 minutes et que sait-on du barème ?

Le sujet répartit les 20 points entre le potentiel hydroélectrique sur 10 points, l'optimisation sur 6 points et l'évaluation économique et la durabilité sur 4 points. Réservez du temps aux calculs, aux justifications et aux avis argumentés.

Q : Quels éléments rendre explicites dans un calcul ou un avis argumenté ?

Présentez la formule, les conversions d'unités, les données substituées et un résultat avec son unité. Pour les avis, reliez explicitement les résultats aux contraintes réglementaires, aux rendements, à la production ou aux coûts fournis.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsagemeau.fr/assets/annales/btsa-gemeau/E7 - Accompagnement des acteurs dans la gestion de l'eau/2023/BTSA GEMEAU - E7 - Accompagnement des acteurs dans la gestion de l'eau - Session 2023 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTSA Gestion et Maîtrise de l\ : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.