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

BAC STI2D • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Bac STI2D

Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable - Ingénierie, innovation et développement durable - Innovation Technologique et Éco-Conception

Session 2022 • Code sujet : **22-2D2IDITECNC1** • Durée : **4 heures**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Les méthaniseurs et le développement durable** (5 questions) — **Page 3**
2. **Choix du processus de méthanisation et valorisation du biogaz** (4 questions) — **Page 7**
3. **Production de biométhane, dimensionnement et performance énergétique** (8 questions) — **Page 10**
4. **Valorisation et stockage des digestats** (3 questions) — **Page 13**
5. **Intégration du méthaniseur dans son environnement de proximité** (1 question) — **Page 15**
6. **Dosage correct et continu des intrants solides** (4 questions) — **Page 16**
7. **Acheminement sécurisé du gaz dans les conduites** (4 questions) — **Page 18**
8. **Protection du poste d'injection par clapet anti-retour** (2 questions) — **Page 21**
9. **Intérêt des études de composants pour l'installation** (1 question) — **Page 22**
10. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 23**

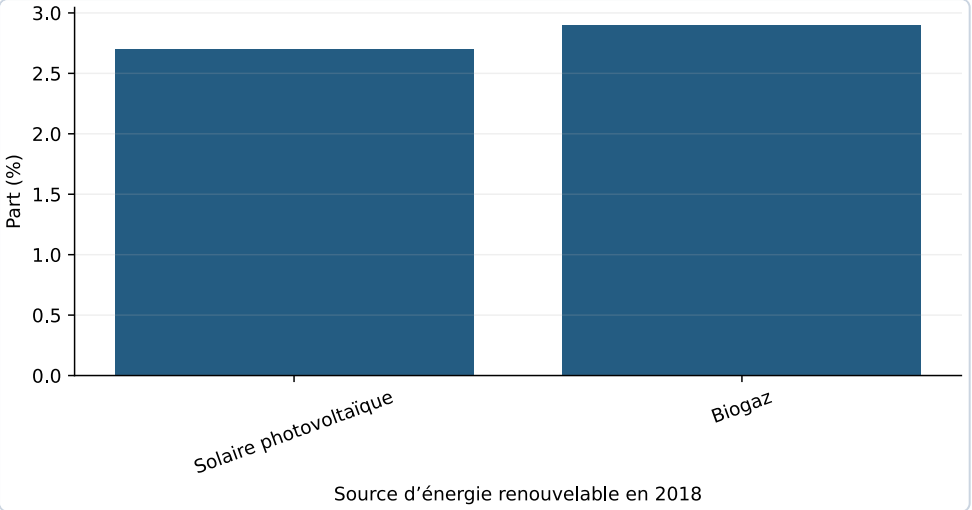
Sujet officiel (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 15-Sujet.pdf

1. Les méthaniseurs et le développement durable

La partie examine la contribution du biogaz à la transition énergétique française et les objectifs de production renouvelable à l'horizon 2030. Les documents présentent les énergies renouvelables, les objectifs de la PPE, les projets déclarés et l'économie de CO_2 associée au gaz vert.

Question 1.1. Comparer, pour 2018, la part d'énergie renouvelable provenant du solaire photovoltaïque à celle provenant du biogaz. Conclure si le biogaz est une alternative à prendre au sérieux dans les années à venir.

Le DT1 indique une contribution de 2,7 % pour le solaire photovoltaïque et de 2,9 % pour le biogaz dans les énergies renouvelables en 2018. Le biogaz dépasse donc légèrement le solaire photovoltaïque. Même si ces parts restent modestes, cette comparaison montre que le biogaz contribue déjà à la production renouvelable et qu'il mérite d'être pris au sérieux pour les années à venir.



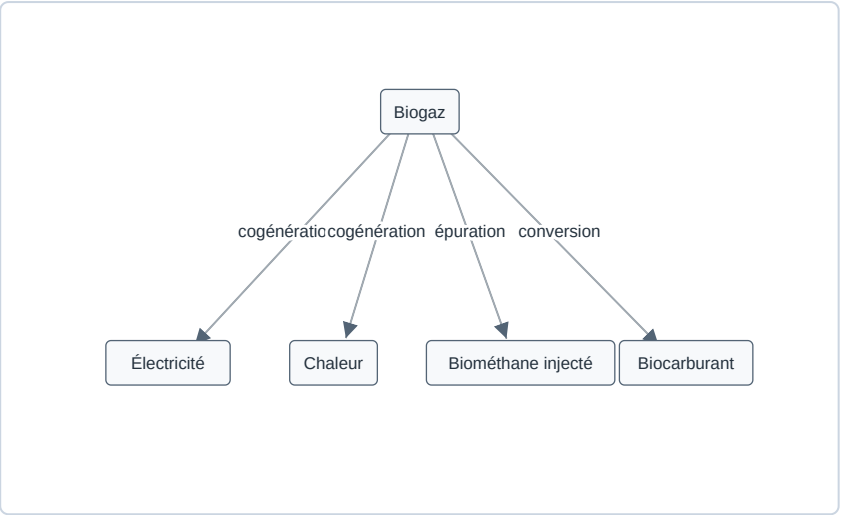
✓ RÉPONSE À RETENIR

Biogaz : 2,9 % ; solaire photovoltaïque : 2,7 %. Le biogaz est une alternative à prendre au sérieux.

Question 1.2. Lister les quatre variantes de valorisation finale du biogaz présentées dans le schéma de principe de la méthanisation.

Le schéma DT2 distingue quatre produits ou débouchés finaux du biogaz. La cogénération fournit deux produits distincts, l'électricité et la chaleur. Après épuration, le biométhane peut être injecté dans le réseau. Le schéma indique également la production de biocarburant. L'épandage concerne le digestat, résidu de méthanisation, et ne compte donc pas parmi les quatre valorisations du biogaz.

Quatre valorisations finales du biogaz



La cogénération fournit l'électricité et la chaleur.

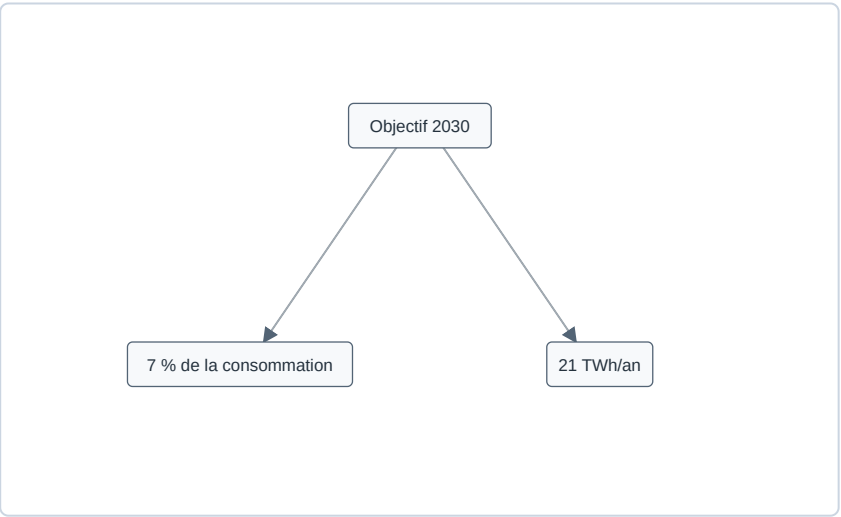
✓ RÉPONSE À RETENIR

Électricité, chaleur, biométhane injecté dans le réseau et biocarburant : les quatre valorisations finales du biogaz.

Question 1.3. Relever les nouveaux objectifs minimums de production de gaz d'origine renouvelable à l'horizon 2030, en pourcentage et en TWh par an.

Sur le DT3, l'objectif révisé pour 2030 est indiqué à 21 TWh/an. La note du graphique précise que 21 TWh correspondent à 7 % de la consommation en 2030. Ces valeurs donnent les nouveaux minima de production de gaz renouvelable, après révision à la baisse de l'objectif initial de 30 TWh/an, soit 10 % de la consommation.

Objectif minimum de gaz renouvelable en 2030



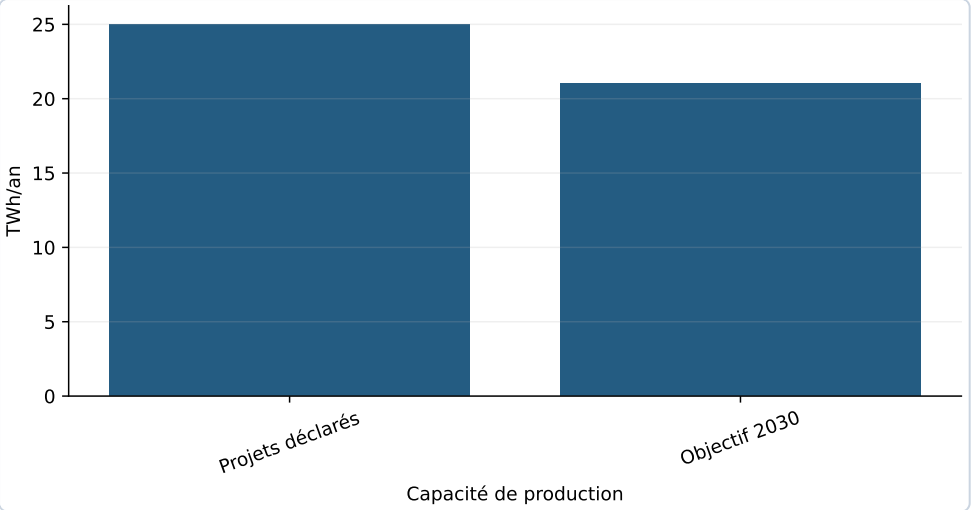
Les deux valeurs indiquent le même objectif minimum.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Minimum en 2030 : 7 % de la consommation, soit une production de gaz renouvelable de 21 TWh/an.

Question 1.4. **Relever la capacité totale de production annuelle possible de l'ensemble des projets déclarés, puis conclure si leur réalisation à 100 % d'ici 2030 permettrait d'atteindre le nouvel objectif fixé.**

Le DT4 montre une capacité cumulée d'environ 25 TWh/an à la dernière période représentée, en 2020. Cette lecture concerne la capacité des projets déclarés, distincte de celle des installations déjà en service. L'objectif révisé pour 2030 étant de 21 TWh/an, la capacité atteindrait un niveau supérieur à l'objectif si l'ensemble des projets déclarés était réalisé et mis en production.

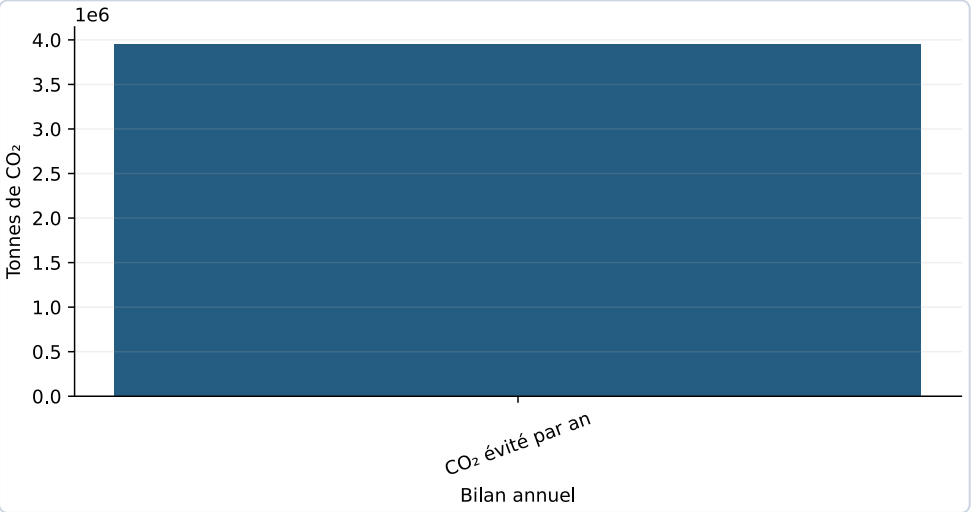


✓ RÉPONSE À RETENIR

Capacité des projets déclarés : environ 25 TWh/an. Leur réalisation à 100 % permettrait de dépasser l'objectif de 21 TWh/an.

Question 1.5. **Calculer le nombre de tonnes de CO_2 évitées chaque année en France à l'horizon 2030, en considérant une production de gaz équivalente à 21×10^9 kWh et une économie de 188 g de CO_2 par kWh.**

L'économie annuelle de CO_2 est le produit de la production de gaz par l'économie par kilowattheure : $21 \times 10^9 \times 188 = 3{,}948 \times 10^{12}$ g. Pour convertir les grammes en tonnes, on divise par 10^6, car une tonne vaut 10^6 g. On obtient ainsi $3{,}948 \times 10^6$ tonnes de CO_2 évitées chaque année.



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

À l'horizon 2030 : 3 948 000 tonnes de CO_2 évitées par an.

2. Choix du processus de méthanisation et valorisation du biogaz

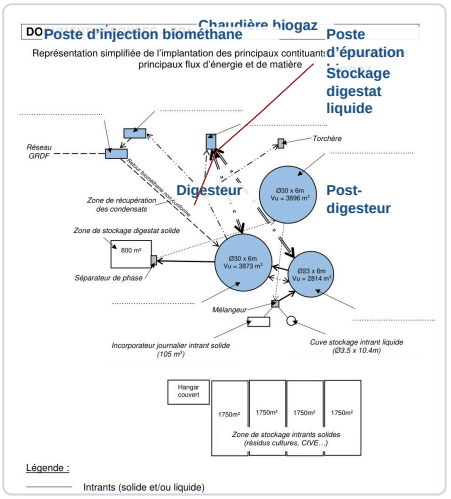
Cette partie vérifie les choix de conception du méthaniseur agricole : équipements, régime biologique, température, temps de séjour et débouché du biogaz. Les documents techniques comparent les procédés mésophile et thermophile ainsi que l'injection et la cogénération.

Question 2.1. Compléter le document DR1 en nommant les principaux constituants du méthaniseur à l'aide des termes « chaudière biogaz », « digesteur », « post-digesteur », « poste d'épuration biogaz », « poste d'injection biométhane » et « stockage digestat liquide ». Tracer en rouge le flux du biogaz depuis le digesteur jusqu'au poste d'épuration, d'où ressort le biométhane après épuration.

1. Nommer les équipements du DR1 : digesteur, post-digesteur, chaudière biogaz, poste d'épuration biogaz, poste d'injection biométhane et stockage digestat liquide.
2. Tracer en rouge le trajet du biogaz depuis le digesteur jusqu'au poste d'épuration. Après épuration, le biométhane part vers le poste d'injection.

Le digesteur et le post-digesteur sont les deux cuves de méthanisation. La chaudière biogaz fournit leur chauffage ; le stockage de digestat liquide est distinct des cuves de méthanisation.

DR1 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

Les six constituants sont identifiés ; le flux biogaz relie le digesteur au poste d'épuration, puis le biométhane au poste d'injection.

Question 2.2. Justifier le choix de s'orienter vers une décomposition mésophile en se limitant au point de vue énergétique.

Le procédé mésophile demande environ 20 % de chaleur autoconsommée, contre environ 35 % pour le procédé thermophile. Cette chaleur est produite à partir du biogaz : une autoconsommation plus faible laisse donc une part plus importante du biogaz disponible pour la valorisation. Le choix mésophile est ainsi le plus avantageux sur le plan énergétique, même si le temps de séjour est plus long.

✓ RÉPONSE À RETENIR

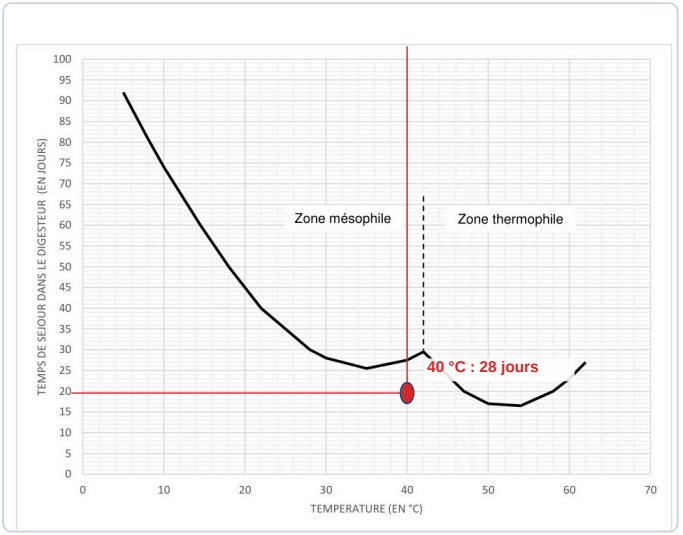
Le régime mésophile consomme environ 20 % de chaleur, contre 35 % en thermophile : il préserve davantage d'énergie pour la valorisation.

Question 2.3. Déterminer par tracé, sur le document DR2, la température optimale permettant le meilleur taux de croissance des méthanogènes en décomposition mésophile ainsi que le temps de séjour correspondant dans le digesteur. Conclure sur les valeurs de ces deux paramètres retenues pour l'installation.

1. Sur la courbe de croissance mésophile du DR2, repérer le maximum, situé autour de 40 °C.
2. À cette température, lire sur le graphique de temps de séjour environ 28 jours.
3. Comparer avec le DT8 : l'installation prévoit 40 °C et 28 jours dans le digesteur.

Les paramètres prévus sont donc cohérents avec l'optimum de croissance mésophile et avec le temps de séjour retenu pour le digesteur.

DR2 : optimum mésophile



✓ RÉPONSE À RETENIR

Optimum mésophile : environ 40 °C et 28 jours. Les paramètres retenus pour l'installation sont adaptés.

Question 2.4. Expliquer le choix de valoriser le biogaz par injection de biométhane sur le réseau plutôt que par cogénération.

Valorisation	Rendement brut global
Injection de biométhane	98 %
Cogénération	82 %

L’injection épure le biogaz pour produire du biométhane destiné au réseau. Son rendement global, chauffage du méthaniseur compris, dépasse celui de la cogénération de 16 points. Elle permet donc de valoriser une part supérieure de l’énergie produite et justifie le choix retenu pour l’installation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L’injection est retenue : son rendement brut global est de 98 %, contre 82 % pour la cogénération.

3. Production de biométhane, dimensionnement et performance énergétique

Cette partie vérifie l'adéquation des intrants, des stockages et des équipements de production et d'épuration du méthaniseur. Les calculs portent sur les débits, les productions et consommations annuelles ainsi que le rendement global, afin d'évaluer la performance de l'installation.

Question 3.1. Identifier le type d'agriculture prépondérante en Picardie, dans la région Hauts-de-France, puis expliquer en quoi les intrants disponibles rendent cette région propice à la méthanisation.

La carte DT9 montre que les **grandes cultures céréalières** prédominent en Picardie. Elles fournissent des résidus de culture et des CIVE, utilisables comme intrants solides. La région bénéficie aussi de coproduits d'industries agroalimentaires, comme la pulpe de betterave ou le lactosérum. DT10 montre que ces différentes matières présentent un potentiel méthanogène : leur disponibilité rend la région propice à la méthanisation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La Picardie est une région de grandes cultures, riche en résidus agricoles, CIVE et coproduits agroalimentaires méthanisables.

Question 3.2. Calculer le tonnage journalier d'intrants solides à stocker dans l'incorporateur. En déduire le volume journalier de stockage nécessaire en utilisant la masse volumique donnée, puis conclure si l'incorporateur retenu répond au besoin.

Les intrants solides représentent 26 400 - 1 000 = 25 400 t/an. Répartie sur 365 jours, cette quantité correspond à 25 400 / 365 = 69,59 t/j, soit 69 589 kg/j. Avec une masse volumique de 700 kg/m³, le volume nécessaire est 69 589 / 700 = 99,4 m³/j. L'incorporateur de 105 m³ couvre donc le besoin journalier.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Besoin : 69,6 t/j, soit 99,4 m³/j. L'incorporateur de 105 m³ est suffisant.

Question 3.3. Justifier que la solution d'épuration permet de traiter en continu le débit de biogaz de l'installation. En déduire le débit injectable de biométhane en sortie du poste d'épuration compte tenu du pourcentage de méthane dans le biogaz.

Le débit de biogaz à traiter est de 500 Nm³/h. Les membranes ont une capacité de 604 Nm³/h, supérieure au débit requis : elles peuvent donc assurer l'épuration en continu. Le biogaz contient 60 % de méthane. Le débit de méthane correspondant est 500 × 60 / 100 = 300 Nm³/h. Ce calcul donne le débit en sortie d'épuration avant les pertes de valorisation prises en compte à la question suivante.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Capacité des membranes : 604 Nm³/h, pour 500 Nm³/h requis. Débit de méthane : 300 Nm³/h.

Question 3.4. Calculer le débit réellement injecté sur le réseau après épuration en tenant compte des différentes pertes annoncées.

Le bilan DT12 indique que 90 % du volume produit est valorisé par injection. Les autres fractions sont utilisées par la chaudière, détruites en torchère ou perdues dans l'off-gaz. On applique donc la part injectée de 90 % au débit de biométhane de 300 Nm³/h obtenu à la question 3.3 : 300 × 90 / 100 = 270 Nm³/h. Il s'agit du débit réellement injecté sur le réseau.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit réellement injecté : 270 Nm³/h.

Question 3.5. Calculer le volume annuel de biométhane produit en Nm³ en tenant compte du temps de fonctionnement effectif précisé dans le DT8. En déduire l'énergie annuelle produite par le méthaniseur en GWh.

Le débit de biométhane retenu pour la suite est de 250 Nm³/h et le temps de fonctionnement annuel est de 8 200 h. Le volume annuel produit vaut 250 × 8 200 = 2 050 000 Nm³. Chaque Nm³ fournit 10 kWh : l'énergie annuelle est donc 2 050 000 × 10 = 20 500 000 kWh, soit 20,5 GWh.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Production annuelle : 2 050 000 Nm³, soit 20,5 GWh.

Question 3.6. Relever le pourcentage d'autoconsommation pour le chauffage dans cette installation, puis expliquer à l'aide du DT12 comment une telle valeur peut être atteinte.

Le DT13 indique 1,140 GWh utilisés pour le chauffage, pour 22,900 GWh de biogaz produit. La part autoconsommée vaut 1,140 / 22,900 × 100 ≈ 5 %. Selon le DT12, une partie de l'eau chaude nécessaire au chauffage est produite en récupérant la chaleur des compresseurs grâce à un échangeur huile-eau. La chaudière biogaz complète cet apport.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Autoconsommation pour le chauffage : environ 5 %, notamment grâce à la récupération de chaleur sur les compresseurs.

Question 3.7. Déterminer les énergies annuelles consommées, en kWh, par la partie process et par la partie épuration et injection, compte tenu du temps effectif de fonctionnement de l'installation.

Le DT8 indique une puissance de 75 kW pour le process et de 95 kW pour l'épuration et l'injection. L'énergie annuelle consommée se calcule par la relation énergie = puissance × durée, avec une durée de fonctionnement de 8 200 h/an. Ainsi, le process consomme 75 × 8 200 = 615 000 kWh/an, et l'épuration-injection consomme 95 ×

8 200 = 779 000 kWh/an.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Process : 615 000 kWh/an. Épuration et injection : 779 000 kWh/an.

Question 3.8. À l’aide du DT13 et de la formule fournie, déterminer le rendement énergétique global de l’installation. Conclure si le méthaniseur est économiquement viable au regard du seuil indiqué.

Le DT13 donne 20,500 GWh de biométhane injecté et 1,400 GWh d’électricité consommée. La consommation électrique correspond aux 780 MWh du process, 610 MWh de l’épuration et 10 MWh de l’injection. En appliquant la formule, le rendement global vaut 20,500 / (20,500 + 1,400) × 100 = 93,6 %. Il dépasse le seuil de 90 % : le critère énergétique de viabilité est satisfait.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Rendement global : 93,6 %. Le seuil de 90 % est dépassé.

4. Valorisation et stockage des digestats

Cette partie porte sur l'intérêt agronomique et environnemental du digestat ainsi que sur les précautions à prendre lors de son épandage. Elle demande aussi de vérifier les capacités de stockage des digestats liquides et solides à partir des données de l'installation et du document réponse.

Question 4.1. Expliquer en quoi le digestat constitue une bonne alternative pour l'environnement comparé aux engrais chimiques utilisés actuellement.

Le digestat est un fertilisant naturel issu de la matière organique résiduelle de la méthanisation. Il apporte aux cultures les mêmes éléments fertilisants NPK que les engrais chimiques, mais à moindre coût. Son utilisation sur l'exploitation valorise les résidus agricoles : ceux-ci produisent du biométhane, puis le digestat fertilise les cultures suivantes. Cette boucle locale limite le recours aux engrais chimiques et le digestat est présenté comme plus propre pour les sols.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le digestat fertilise les cultures à moindre coût, valorise les résidus et limite le recours aux engrais chimiques.

Question 4.2. Relever les deux préconisations les plus efficaces permettant de réduire la formation d'ammoniac et de protoxyde d'azote lors de la phase d'épandage du digestat.

Le tableau DT15 indique deux pratiques efficaces lors de l'épandage pour réduire les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote. La première consiste à épandre avec une rampe à pendillards ou des enfouisseurs à disques. La seconde est de respecter les périodes d'épandage appropriées. Le tableau attribue à ces deux actions une efficacité élevée pour limiter les émissions concernées.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Épandre avec une rampe à pendillards ou des enfouisseurs à disques, et respecter les périodes d'épandage appropriées.

Question 4.3. Compléter le document DR3 avec les quantités de digestats liquide et solide à stocker, les capacités totales de stockage en tenant compte des coefficients de sécurité et les durées de stockage correspondantes en mois. Conclure si les capacités de stockage permettent d'assurer la durée minimale attendue.

Les volumes annuels à stocker sont de 7 884 m³ de digestat liquide et de 16 107 m³ de digestat solide. La durée de stockage se calcule par le rapport capacité totale sur volume annuel, multiplié par 12.

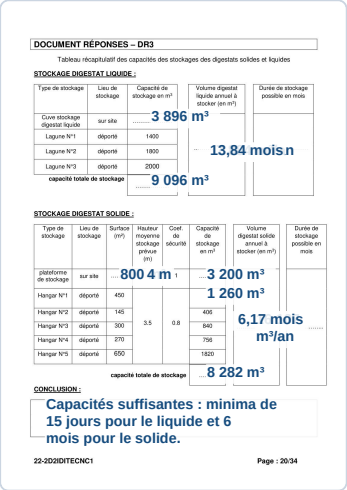
Stockage liquide	Capacité
Cuve sur site	3 896 m³
Lagune 1	1 400 m³
Lagune 2	1 800 m³
Lagune 3	2 000 m³
Total	9 096 m³

Durée liquide : 9 096 / 7 884 × 12 = 13,84 mois.

Stockage solide	Surface	Hauteur	Coefficient	Capacité
Plateforme sur site	800 m²	4 m	1	3 200 m³
Hangar 1	450 m²	3,5 m	0,8	1 260 m³
Hangar 2	145 m²	3,5 m	0,8	406 m³
Hangar 3	300 m²	3,5 m	0,8	840 m³
Hangar 4	270 m²	3,5 m	0,8	756 m³
Hangar 5	650 m²	3,5 m	0,8	1 820 m³
Total				8 282 m³

La durée solide est de 8 282 / 16 107 × 12 = 6,17 mois. Le DT8 exige au minimum 15 jours pour le liquide et 6 mois pour le solide : les deux capacités sont suffisantes.

DR3 complété : capacités et durées de stockage



✓ RÉPONSE À RETENIR

Liquide : 9 096 m³, soit 13,84 mois. Solide : 8 282 m³, soit 6,17 mois. Les minima de 15 jours et 6 mois sont respectés.

5. Intégration du méthaniseur dans son environnement de proximité

Cette partie évalue les moyens de limiter les nuisances potentielles du méthaniseur pour les riverains. Le document support présente des mesures relatives aux odeurs, au bruit, au trafic et à l'intégration paysagère de l'installation.

Question 5.1. Pour chacune des nuisances olfactives, visuelles et auditives, relever un ou deux arguments permettant de réduire les risques potentiels pour la population de proximité.

Odeurs : la décomposition se fait sans contact avec l'air ambiant et détruit les acides gras volatils responsables des odeurs ; le digestat obtenu est presque inodore. **Impact visuel :** des teintes adaptées au paysage, l'enfouissement partiel des cuves et des haies rendent l'installation moins visible. **Bruit :** le moteur de cogénération est placé dans un caisson insonorisé ; les engins respectent les limites sonores et sont utilisés en journée, de 8 h à 18 h.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Odeurs réduites par le process fermé ; intégration paysagère par les teintes, l'enfouissement partiel et les haies ; bruit limité par le caisson insonorisé et les horaires de jour.

6. Dosage correct et continu des intrants solides

La partie spécifique étudie l'alimentation du digesteur en intrants solides depuis un incorporateur servant de stockage tampon journalier. Le dosage continu est assuré par une vis sans fin entraînée par un motoréducteur, avec une vitesse réglée par variateur de fréquence.

Question A.1. Déterminer la quantité horaire d'intrants à injecter dans le digesteur, exprimée en $m^3 \cdot h^{-1}$.

L'incorporateur contient 105 m^3 pour les besoins d'une journée. Le dosage étant continu sur 24 heures, le débit moyen nécessaire est le volume journalier divisé par la durée : 105 / 24 = 4,375 $m^3 \cdot h^{-1}$. C'est le débit que la vis doit fournir au digesteur.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit horaire attendu : 4,375 $m^3 \cdot h^{-1}$.

Question A.2. À partir de la chaîne de puissance du document DTS1, calculer la vitesse de rotation maximale de la vis sans fin, exprimée en $tr \cdot min^{-1}$.

1. La vitesse maximale retenue pour la vis est de 0,35 $tr \cdot s^{-1}$.
2. Pour la convertir en tours par minute, on multiplie par 60 : 0,35 × 60 = 21 $tr \cdot min^{-1}$.

La vitesse maximale de rotation de la vis est donc de 21 $tr \cdot min^{-1}$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Vitesse maximale : 21 $tr \cdot min^{-1}$.

Question A.3. À partir des caractéristiques géométriques et de la formule fournie, calculer le volume dosé par tour de la vis sans fin, en $m^3 \cdot tr^{-1}$ ou en $mm^3 \cdot tr^{-1}$.

Le volume dosé par tour est le produit de la surface libre de l'hélice par son pas : $V = \pi \times (R_{extérieur}^2 - R_{intérieur}^2) \times p$. En remplaçant par les dimensions indiquées sur DTS2, le calcul donne environ 9×10^{-3} $m^3 \cdot tr^{-1}$, soit 9 000 000 $mm^3 \cdot tr^{-1}$. Cette valeur est également celle retenue dans l'énoncé pour la suite.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Volume dosé : 9×10^{-3} $m^3 \cdot tr^{-1}$, soit 9 000 000 $mm^3 \cdot tr^{-1}$.

Question A.4. Avec les valeurs données pour la vitesse maximale de la vis et le volume dosé par tour, calculer le débit horaire maximal de la vis sans fin. Conclure si elle peut doser le volume horaire attendu.

Avec 0,35 tour par seconde et un volume de 9×10^{-3} m^3 par tour, le débit maximal horaire est : 0,35 × 3 600 × 9×10^{-3} = 11,34 $m^3 \cdot h^{-1}$.

- Besoin attendu : 4,375 $m^3 \cdot h^{-1}$.
- Le débit maximal étant supérieur au besoin, la vis peut assurer le dosage demandé.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Débit maximal : 11,34 $m^3 \cdot h^{-1}$. La vis est suffisamment dimensionnée.

7. Acheminement sécurisé du gaz dans les conduites

Cette partie étudie les matériaux, les assemblages et le dimensionnement des conduites de biogaz et de biométhane. Les critères abordés comprennent la résistance à la corrosion, le prix, l'étanchéité, la résistance à la pression et le débit à acheminer.

Question B.1. Justifier le choix de l'acier inoxydable pour les tubulures apparentes en s'appuyant uniquement sur le critère de corrosion. Justifier le choix du matériau des tubulures enterrées en considérant à la fois la corrosion et le prix.

Le biogaz contient du H_2S ; avec l'eau de condensation, il peut former un composé corrosif. Sur le DTS3, l'acier inoxydable présente une résistance acceptable à l'acide sulfhydrique : c'est le choix demandé pour les conduites apparentes. Pour les conduites enterrées, le PEHD offre une excellente résistance à cet acide. Le graphique des prix le situe aussi bien en dessous de l'acier inoxydable. Il répond donc aux deux critères imposés pour ces conduites : résistance à la corrosion et coût réduit.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Apparentes : acier inoxydable. Enterrées : PEHD, très résistant à la corrosion et moins coûteux.

Question B.2. Justifier, en argumentant à partir du comparatif DTS4, le choix d'assembler par électrosoudage les tubulures enterrées en PEHD.

Le DTS4 indique que l'électrosoudage convient aux plastiques et donc aux conduites en PEHD. Il crée un assemblage permanent, adapté à une canalisation enterrée, pour laquelle une intervention ultérieure nécessiterait un accès au raccord. Contrairement à la pâte à joint ou au joint d'étanchéité, démontables et dont l'étanchéité peut se dégrader, la soudure garantit une étanchéité durable pendant plusieurs dizaines d'années. Elle demande un outillage spécifique et coûte davantage, mais limite le risque de fuite et les interventions sur les conduites enterrées.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'électrosoudage du PEHD fournit un assemblage permanent et une étanchéité durable, adaptés aux conduites enterrées.

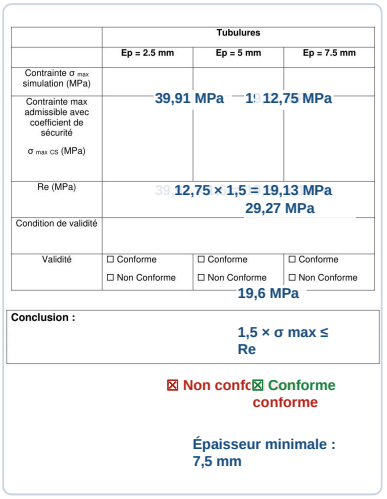
Question B.3. Compléter le document DRS1 avec les contraintes maximales des trois simulations du DTS5, les contraintes maximales admissibles tenant compte du coefficient de sécurité et la limite élastique en MPa. Indiquer la condition de validité, préciser la conformité de chaque épaisseur et conclure sur l'épaisseur minimale de la tubulure.

Les contraintes maximales se lisent sur les échelles des simulations du DTS5. Avec le coefficient de sécurité 1,5, on vérifie que la contrainte maximale multipliée par 1,5 reste inférieure ou égale à la limite élastique du PE100. Celle-ci vaut 19,6 MPa, car $19{,}6 \times 10^6$ Pa = 19,6 MPa.

Épaisseur	2,5 mm	5 mm	7,5 mm
σ max (MPa)	39,91	19,51	12,75
σ max × 1,5 (MPa)	59,87	29,27	19,13
Conformité à Re = 19,6 MPa	Non	Non	Oui

Seule l’épaisseur de 7,5 mm satisfait le critère de résistance.

DRS1 complété

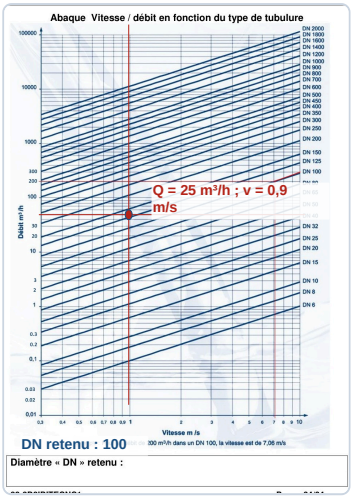


> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Condition : 1,5 × σ max ≤ 19,6 MPa. Épaisseur minimale conforme : 7,5 mm.

Question B.4. Déterminer par tracé sur le document DRS2 le diamètre nominal minimal de la tubulure nécessaire au poste d’injection. À l’aide du DTS6, choisir et justifier la référence de tube adaptée, compte tenu de l’épaisseur minimale retenue et de la valeur de SDR indiquée.

Le débit réel à 9 bars vaut 250 ÷ (9 + 1) = 25 $m^3 \cdot h^{-1}$. Sur l’abaque, le croisement de ce débit avec la vitesse de 0,9 $m \cdot s^{-1}$ indique un diamètre minimal DN 100. Le catalogue donne, en SDR 11, un tube PE100 de diamètre extérieur 125 mm et d’épaisseur 11,4 mm. Son diamètre intérieur vaut 125 − 2 × 11,4 = 102,2 mm : il répond au besoin de diamètre et dépasse l’épaisseur minimale requise de 8 mm.

DRS2 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

DN minimal : 100. Tube adapté : PE100 SDR 11, 125 × 11,4 mm, diamètre intérieur 102,2 mm, référence 010000360.

8. Protection du poste d’injection par clapet anti-retour

Cette partie vérifie que le poste d’injection peut isoler le réseau GRDF en cas d’arrêt de production. L’étude porte sur l’effort exercé par la pression sur le clapet et sur le choix d’un ressort de compression permettant son ouverture complète.

Question C.1. Calculer l’effort généré par la pression d’injection sur la surface du piston du clapet anti-retour.

La pression minimale d’injection est de 8 bars. Avec la conversion donnée, cela correspond à $8 \times 0,1 = 0,8$ N·mm^{-2}. Le diamètre du piston est de 100 mm, donc sa surface vaut $S = \pi D^2/4$. L’effort de pression se calcule par $F = pS$, soit $0,8 \times \pi \times 100 \times 100/4$. Les unités sont cohérentes : N·mm^{-2} multipliés par mm^2 donnent des newtons.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $F_{pression} \approx 6,28$ kN.

Question C.2. À partir des simulations du DTS7 et en considérant un effort lié à la pression de 6 kN, déterminer et justifier les dimensions du ressort le plus adapté : diamètre du fil, nombre de spires et constante de raideur. Vérifier que le ressort permet l’ouverture complète du clapet.

La course requise est de 30 mm. Une raideur d’au moins $6000/30 = 200$ N·mm^{-1} est donc nécessaire. D’après le DTS7, seule la simulation n°6 dépasse l’effort demandé : elle fournit 6 113,501 N. Ses caractéristiques sont un fil de 13 mm, 7 spires et une raideur de 207,557 N·mm^{-1}. Son diamètre intérieur de 50 mm dépasse le minimum requis de 45 mm, et sa course maximale de 30 mm permet l’ouverture complète.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ressort n°6 : fil de 13 mm, 7 spires, raideur de 207,557 N·mm^{-1}. Effort maximal : 6 113,501 N pour une course de 30 mm.

9. Intérêt des études de composants pour l’installation

Cette dernière partie demande de synthétiser l’intérêt des études conduites sur le dosage des intrants, les conduites de gaz et la protection du poste d’injection. Il s’agit de relier ces choix au bon fonctionnement global du méthaniseur.

Question D.1. Conclure sur l’intérêt d’avoir conduit les trois études précédentes pour assurer le bon fonctionnement du méthaniseur.

Les trois études vérifient des fonctions complémentaires indispensables au fonctionnement fiable du méthaniseur :

- Le dosage régulier des intrants alimente le digesteur au débit nécessaire à une production continue.
- Le choix et le dimensionnement des conduites assurent l’acheminement du gaz sans corrosion ni fuite, malgré les pressions de service.
- Le clapet anti-retour protège le réseau GRDF en isolant l’installation si la production ou l’injection s’interrompt.

Ces vérifications contribuent à la continuité de production, à la sécurité des personnes et des équipements, ainsi qu’à la protection du réseau.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Les études valident le dosage continu, le transport sûr du gaz et l’isolement du réseau en cas de défaillance.

SYNTHÈSE DE L'ÉPREUVE & RÉFÉRENTIEL • BAC STI2D

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2022)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de spécialité STI2D, Innovation Technologique et Éco-Conception, session 2022, code 22-2D2IDITECNC1, d'une durée de 4 heures, sans coefficient imprimé. Le sujet étudie un méthaniseur agricole : choix du procédé, production et valorisation du biométhane, gestion du digestat, impacts de proximité et dimensionnement technique. Il évalue l'analyse de documents, les calculs et la justification de solutions.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La méthanisation mésophile fonctionne dans la plage de 35 à 40 °C et consomme environ 20 % de chaleur selon le DT6.
- Le débit d'une vis sans fin se calcule à partir du volume dosé par tour multiplié par le nombre de tours effectués par unité de temps.
- La contrainte admissible avec coefficient de sécurité se calcule par σadm = Re / CS ; la résistance est vérifiée si σmax ≤ σadm.
- Pour un tube, SDR = diamètre extérieur / épaisseur et Øint = d - 2e.

Points de vigilance & attentes du jury

- Dans la partie commune, traiter obligatoirement les parties 1, 3 et 5, puis choisir la partie 2 ou la partie 4.
- Convertir les unités et utiliser le temps annuel effectif de fonctionnement donné dans le sujet pour les bilans de débit et d'énergie.
- Sur les graphiques et abaques, tracer clairement les valeurs demandées et préciser les grandeurs et unités lues.
- Justifier chaque choix selon les critères explicitement demandés, sans confondre corrosion, prix, pression et étanchéité.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer le volume annuel de biométhane produit ?

Multipliez le débit en $Nm^3 \cdot h^{-1}$ par le nombre d'heures effectives de fonctionnement annuel indiqué dans le sujet. Pour obtenir l'énergie annuelle, multipliez ensuite ce volume par l'énergie fournie par Nm^3 et convertissez le résultat dans l'unité demandée.

Q : Comment vérifier si une épaisseur de conduite résiste à la pression ?

Relevez la contrainte maximale de la simulation et calculez la contrainte admissible en divisant la limite élastique par le coefficient de sécurité. L'épaisseur est conforme si la contrainte maximale reste inférieure ou égale à cette contrainte admissible.

Q : Comment organiser le temps et les choix de parties ?

La durée totale est de quatre heures, avec 2 h 30 indicatives pour la partie commune et 1 h 30 pour la partie spécifique. Dans la partie commune, les parties 1, 3 et 5 sont obligatoires, ainsi qu'un choix entre la partie 2 et la partie 4.

Q : Le sujet précise-t-il le barème de chaque question ?

Le sujet attribue 12 points à la partie commune et 8 points à la partie spécifique, sans détailler de répartition par partie ou par question. Il faut respecter le choix imposé et rendre les documents réponses demandés avec la copie.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 15-Sujet.pdf
Ressources Bac STI2D : 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.