BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D’ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2022**

**SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L’INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**Ingénierie, innovation et développement durable**

**Énergies et Environnement**

Durée de l’épreuve : **4 heures**

*Aucun document autorisé.*

*L’usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L’usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu’il est complet.

Ce sujet comporte 34 pages numérotées de 1/34 à 34/34.

**Constitution du sujet :**

|  |  |
| --- | --- |
| **Partie commune (durée indicative 2h30)** | 12 points |
| **Partie spécifique (durée indicative 1h30)** | 8 points |

**Le candidat traite la partie commune et la partie spécifique en suivant les consignes contenues dans le sujet.**

**Ces 2 parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.**

**Dans la partie commune, le candidat doit choisir entre traiter la partie 2 (choix 1)**

**ou la partie 4 (choix 2).**

**Les parties 1, 3 et 5 sont à traiter obligatoirement.**

**Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.**

**PARTIE COMMUNE (12 points)**

**MÉTHANISEUR AGRICOLE**

|  |
| --- |
| **solide**  **liquide** |

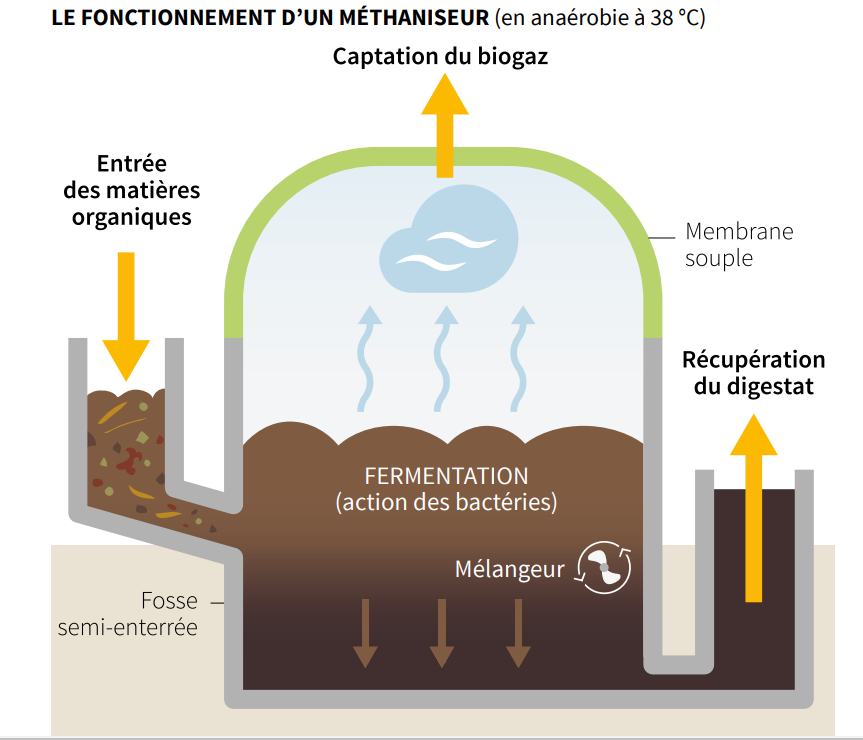
* **Présentation de l’étude et questionnement** pages 3 à 8
  + **Documents techniques** pages 9 à 17
  + **Documents réponses (à rendre avec la copie)** pages 18 à 20

***Mise en situation***

Dans le cadre de la transition énergétique, l’évolution vers la production de gaz d’origine non fossile est indispensable. Les méthaniseurs agricoles sont une solution pour y parvenir ; d’ailleurs le nombre d’installations et de projets en cours est en plein essor…

Le méthaniseur transforme de la matière organique (biomasse) en biogaz (contenant du méthane) et en digestat (matière digérée restante), grâce à des micro-organismes.

C’est un processus biologique naturel. La réaction a lieu en l’absence d’oxygène (décomposition anaérobique) et sous l’effet de la chaleur avec une température comprise entre 38 et 42°C dans une ou deux cuves fermées et mélangées appelées « digesteurs » (sorte de tube digestif).



Les matières organiques appelées aussi « intrants » (par exemple les déjections animales telles que le lisier, les résidus de cultures céréalières…) vont être décomposées par les micro-organismes pendant une durée de 30 à 70 jours généralement.

Cette dégradation génère du biogaz ; ce dernier constitue une énergie renouvelable. Il est essentiellement composé de méthane (CH4) et de dioxyde de carbone (CO2).

Le biogaz peut être valorisé directement dans une chaudière, par exemple, ou encore être épuré pour ne conserver que le méthane : on parle alors de « biométhane ».

Ce gaz est équivalent au gaz de ville, il peut être injecté directement sur le réseau de gaz existant pour chauffer des logements ou bien encore recharger des véhicules fonctionnant au « GNV » (Gaz Naturel pour Véhicules).

Les résidus obtenus, à savoir les digestats, ont des propriétés fertilisantes. Ils peuvent donc être valorisés après séparation de la matière solide (digestat solide) et de la partie liquide (digestat liquide) sous diverses formes : compost, épandage, etc.

Pour information, le processus de méthanisation est un phénomène qui se déroule aussi naturellement dans l’appareil digestif des bovins ou dans les marais.

**Partie 1 – Les méthaniseurs sont-ils une alternative pour permettre un développement durable ?**

Tout le monde ou presque a déjà entendu parler de panneaux photovoltaïques ou d’énergie solaire. Ce n’est pas forcément le cas pour le biogaz produit par les méthaniseurs.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.1 | **Comparer** la part d’énergie renouvelable issue du solaire photovoltaïque à celle provenant du biogaz pour l’année 2018.  **Conclure** si le biogaz est une alternative à prendre au sérieux ou non dans les années à venir. |
| DT1 |

Le biogaz peut être valorisé directement, par exemple en cogénération, ou épuré afin de l’utiliser sous forme de biométhane.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.2 | **Lister** les 4 « variantes » de valorisation finale du biogaz. |
| DT2 |

Bien que la part d’énergie renouvelable issue du biogaz soit faible (quelques pourcents), les quantités énergétiques produites sont toutefois considérables. En effet, avec une production d’environ 4 TWh effective sur l’année 2020, l’énergie produite par le biogaz a tout de même permis de fournir l’intégralité des besoins énergétiques de 350 000 foyers.

Les objectifs de transition énergétique imposaient à horizon 2030 de produire 10 % de gaz d’origine renouvelable (biométhane). Cependant, avec la conjoncture de la Covid survenue en 2020, ces objectifs ont été revus à la baisse par les pouvoirs publics.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.3 | **Relever** quels sont les nouveaux attendus minimum en % et en TWh/an à l’horizon 2030. |
| DT3 |

On dénombrait, en mars 2020, 139 installations en service et plus de 1134 projets en cours (demandes en cours d’étude).

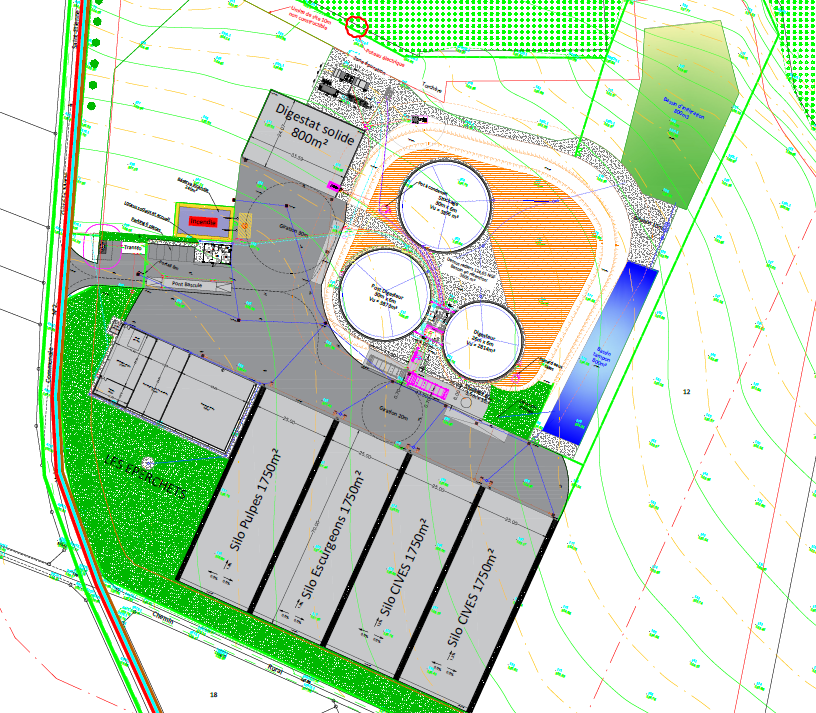
|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.4 | **Relever** la capacité de production totale possible en TWh/an de tous ces projets déclarés.  **Conclure** sur la capacité à atteindre le nouvel objectif fixé si 100 % des projets sont réalisés d’ici 2030. |
| DT4 |

Chaque kWh de gaz vert produit, injecté et consommé permet une économie de 188 g de CO2 / kWh par rapport à une production de gaz conventionnelle.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 1.5 | **Calculer** le nombre de tonnes d’émission de CO2 ainsi évité chaque année en France en considérant une production de gaz équivalente à 21x109 kWh à l’horizon 2030. |
|  |

**Partie 2 – Comment choisir le processus de méthanisation adapté aux ressources disponibles et le mode de production d’énergie finale optimum ?**

L’objectif de cette partie est de valider les choix qui ont été faits au niveau du processus de méthanisation : type de méthaniseur, choix de paramètres liés au process (température, etc.) ainsi que le choix fait pour la valorisation finale du biogaz.



On donne ci-contre un aperçu du schéma d’implantation aérien du site de méthanisation.

Le détail des constituants et les principaux flux d’énergie et de matières sont donnés sur le schéma de principe du DT5.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.1 | **Compléter**,sur le document **DR1**, les principaux constituants du méthaniseur à l’aide des termes suivants :  « chaudière biogaz », « digesteur », « post-digesteur », « poste d’épuration biogaz », « poste d’injection biométhane », « stockage digestat liquide ».  **Tracer** en rouge, sur le document **DR1**, le flux du biogaz depuis sa fabrication dans le digesteur jusqu’au poste d’épuration (d’où ressortira du biométhane après épuration). |
| DT5, DT8  DR1 |

Afin d’assurer la production de biogaz, il est nécessaire de chauffer le digesteur et le post-digesteur à une température adaptée, ce qui favorisera le processus de méthanisation par la décomposition de bactéries de type « mésophile » ou « thermophile ».

Le choix du type de décomposition influencera aussi le temps de séjour du digestat brut. La chauffe est assurée directement à partir du biogaz produit grâce à la chaudière biogaz.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.2 | **Justifier** le choix retenu de s’orienter versune décomposition mésophile en se limitant au point de vue énergétique. |
| DT6 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.3 | **Déterminer par tracé**, sur le document **DR2**, la température optimale permettant le meilleur taux de croissance des méthanogènes en décomposition mésophile et le temps de séjour dans le digesteur correspondant.  **Conclure** quant aux choix qui ont été retenus pour les valeurs de ces 2 paramètres pour notre installation. |
| DT8  DR2 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 2.4 | **Expliquer** le choix retenu de s’orienter vers l’injection de biométhane sur le réseau en valorisation finale, plutôt que la cogénération. |
| DT7 |

**Partie 3 – Comment assurer la production optimale de biométhane au niveau du processus tout en limitant l’impact sur l’environnement ?**

L’objectif de cette partie est de valider que le choix des intrants est judicieux, que le dimensionnement des éléments de stockage est correct et que le rendement de l’installation est optimum.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.1 | **Identifier** le type d’agriculture prépondérante en Picardie (région Hauts-de-France).  **Expliquer** en quoi la Picardie est une terre propice à la méthanisation compte tenu du type d’intrant qu’elle propose. |
| DT9, DT10 |

Le méthaniseur fonctionnant 24h/24 et 7j/7, celui-ci dispose d’un incorporateur automatisé (cuve de stockage tampon) capable de couvrir les besoins journaliers en intrants solides. Ainsi, cela n’oblige pas à avoir une personne sur site en permanence et limite le temps de travail à 1h ou 2h le week-end pour la personne d’astreinte.

La masse volumique des intrants solides est de 700 kg·m-3.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.2 | **Calculer** le tonnage journalier en intrants solides à stocker dans l’incorporateur.  **En déduire** la capacité journalière de stockage nécessaire en m3 en intrants solides.  **Conclure** si l’incorporateur retenu satisfaisait au besoin journalier. |
| DT8, DT11 |

L’installation est dimensionnée pour assurer un débit continu de biogaz de 500 Nm3·h-1 (un normaux mètre cube par heure, noté Nm3·h-1, correspond au débit en mètre cube par heure pour une température et une pression normalisée).

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.3 | **Justifier** le fait que la solution retenue pour l’épuration du biogaz permet de filtrer en continu cette quantité de biogaz.  **En déduire** le débit injectable de biométhane en Nm3·h-1 en sortie du poste d’épuration compte tenu du pourcentage de méthane contenu dans un m3 de biogaz. |
| DT12 |

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.4 | **Calculer** la valeur du débit réellement injecté après épuration en Nm3·h-1 sur le réseau compte tenu des diverses pertes annoncées. |
| DT12 |

On considérera, pour la suite, que le débit de biométhane assuré est de 250 Nm3·h-1 (soit 50 % de la production de biogaz). Chaque Nm3 de biométhane produit est capable de fournir une énergie égale à 10 kWh.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.5 | **Calculer** le volume annuel de biométhane produit en Nm3compte tenu du temps de fonctionnement effectif de l’installation précisé sur le DT8.  **En déduire** l’énergie annuelle produite par le méthaniseur en GWh. |
| DT8 |

Une partie de l’énergie est autoconsommée pour chauffer le digesteur et post-digesteur. Pour une installation, elle est en moyenne de l’ordre de 15 % à 20 % en décomposition mésophile mais bien moindre dans notre cas.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.6 | **Relever** le pourcentage d’autoconsommation pour le chauffage dans notre cas.  **Expliquer** de quelle manière nous pouvons atteindre une telle valeur à l’aide du DT12. |
| DT12 |

Une consommation non négligeable d’électricité est nécessaire pour faire fonctionner notre installation. On peut considérer qu’elle est exclusivement liée à la partie « process » au niveau digesteur et post-digesteur (malaxeur de cuve, incorporateur…) ainsi qu’au niveau du poste d’épuration et d’injection.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.7 | **Déterminer**  respectivement l’énergie annuelle consommée en kWh par la partie process ainsi que l’énergie consommée par la partie épuration et injection compte tenu du temps effectif de fonctionnement de l’installation. |
| DT8 |

Notre méthaniseur doit atteindre un rendement énergétique global supérieur à 90 % pour assurer une rentabilité satisfaisante. Le rendement global de notre installation est tel que :

|  |  |
| --- | --- |
| Question 3.8 | **Déterminer**,à l’aide du DT13, le rendement global de notre installation.  **Conclure** si notre méthaniseur est viable économiquement. |
| DT13 |

**Partie 4 – Comment valoriser au mieux le digestat et minimiser son impact sur l’environnement ?**

L’objectif de cette partie est de vérifier que les capacités de stockage tampon des digestats sont correctement dimensionnées et que les digestats sont valorisés de manière optimale afin de limiter l’impact environnemental.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.1 | **Expliquer** en quoi le digestat est une très bonne alternative pour l’environnement comparé aux engrais chimiques utilisés actuellement. |
| DT14 |

Ce digestat nécessite toutefois des précautions particulières. En effet, l’ammoniac (NH3) qu’il contient peut se volatiliser dans l’air lors de l’épandage (dans le cas du digestat liquide). Le digestat peut aussi générer des gaz à effet de serre, tel que le protoxyde d’azote (N2O) notamment.

|  |  |
| --- | --- |
| 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. |
| DT15 |

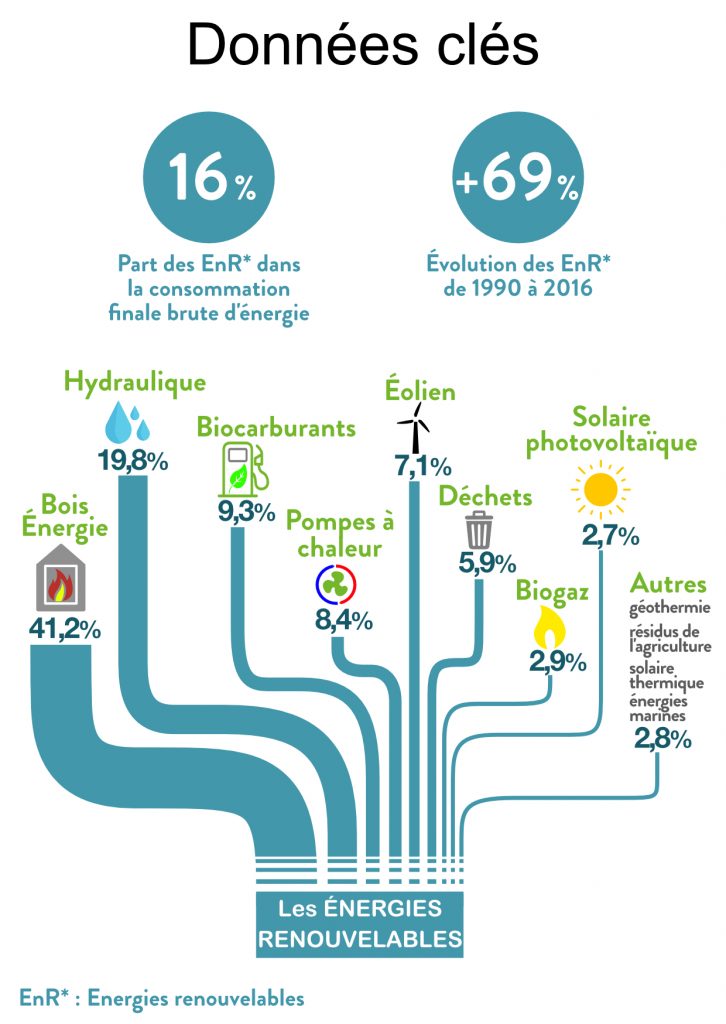
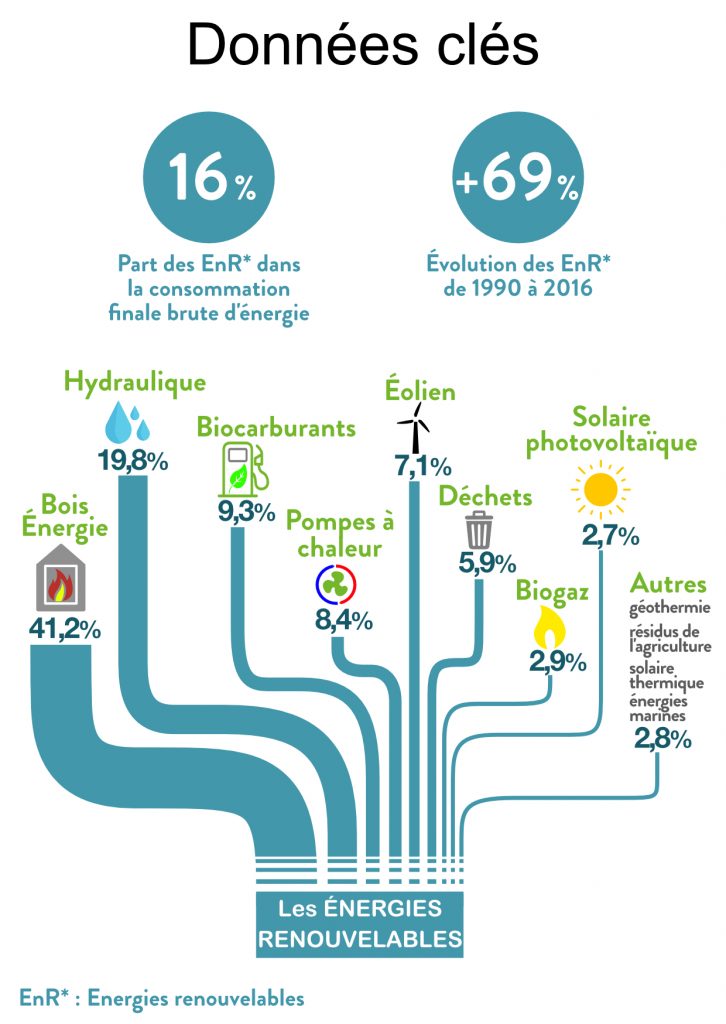
Il faut stocker sur une période plus ou moins longue les digestats solides et liquides sur site ou sur des sites déportés : hangars agricoles pour le digestat solide ou lagunes de stockage pour le digestat liquide.

|  |  |
| --- | --- |
| Question 4.3 | **Compléter**,sur le document **DR3**, dans le tableau correspondant :  - les quantités de digestat liquide et solide à stocker ;  - les capacités totales estimées de stockage de digestat liquide et solide en tenant compte des coefficients de sécurité ;  - les durées de stockage en mois correspondantes.  **Conclure**, sur le document **DR3**, si les capacités de stockage de digestat liquide et solide sont suffisantes pour assurer la durée minimale de stockage attendue. |
| DT8, DT11  DR3 |

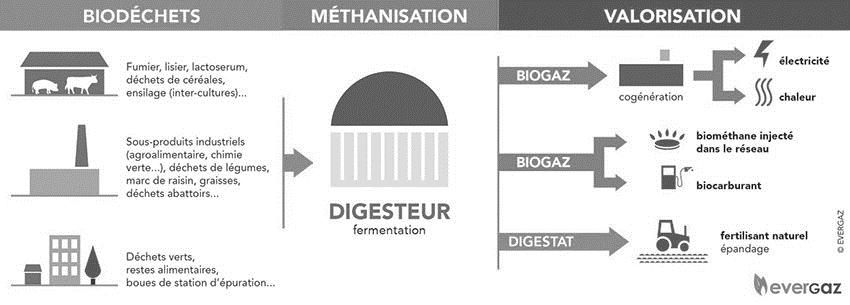
**Partie 5 – Comment intégrer le méthaniseur dans l’environnement de proximité des usagers ?**

|  |  |
| --- | --- |
| Question 5.1 | **Relever**,pour chaque nuisance,un à deux arguments permettant de réduire les risques potentiels de nuisances olfactives, visuelles et auditives que pourrait engendrer le méthaniseur pour la population de proximité. |
| DT16 |

**DT1 – Part des Énergies Renouvelable (EnR) en 2018 en France**

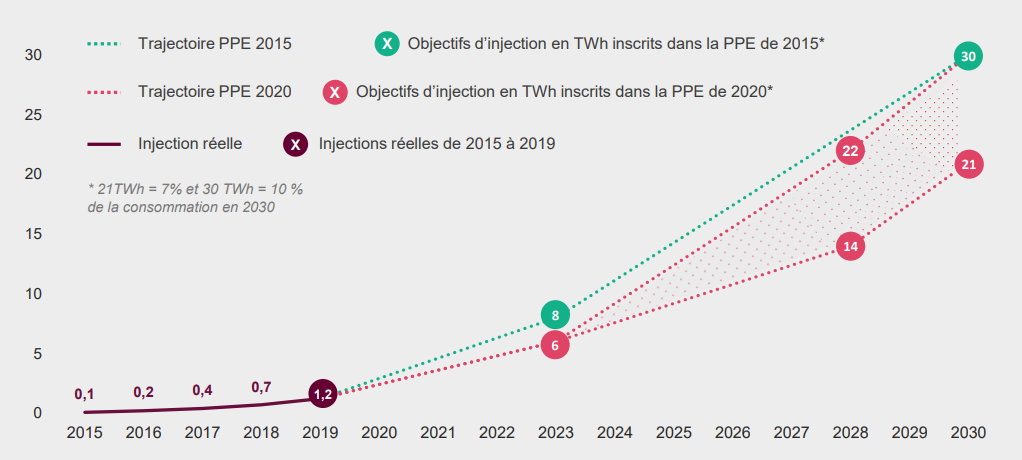


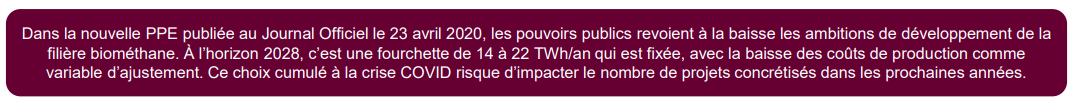
**DT2 – Schéma de principe de la méthanisation**



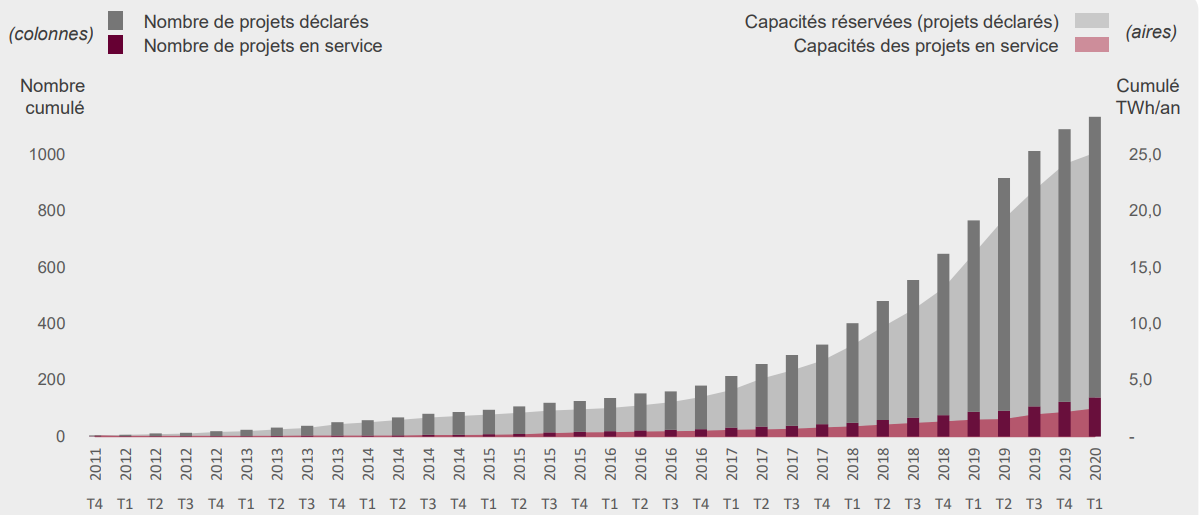
**DT3 – Objectifs révisés issus de la Programmation Pluriannuelle de l’Energie (PPE) publiés en Avril 2020**

TWh / an



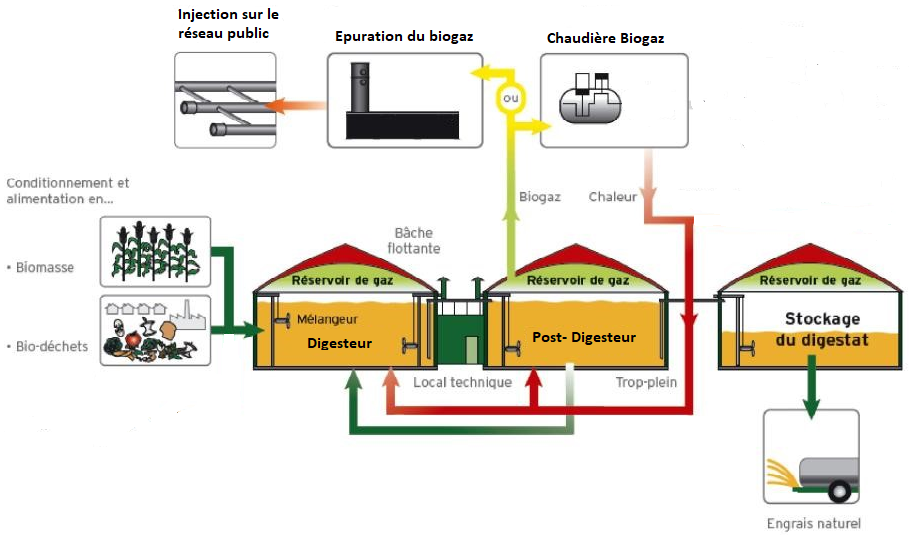


**DT4 – Évolution du nombre et de la capacité des projets inscrits au registre des capacités (projets déclarés et en service)**



*Source : Open Data Réseaux Energies*

**DT5 – Principaux constituants du processus de méthanisation et flux d’énergies / matières associées**



**DT6 – Comparaison méthanisation mésophile et thermophile**

Le tableau ci-dessous compare la méthanisation mésophile et la méthanisation thermophile

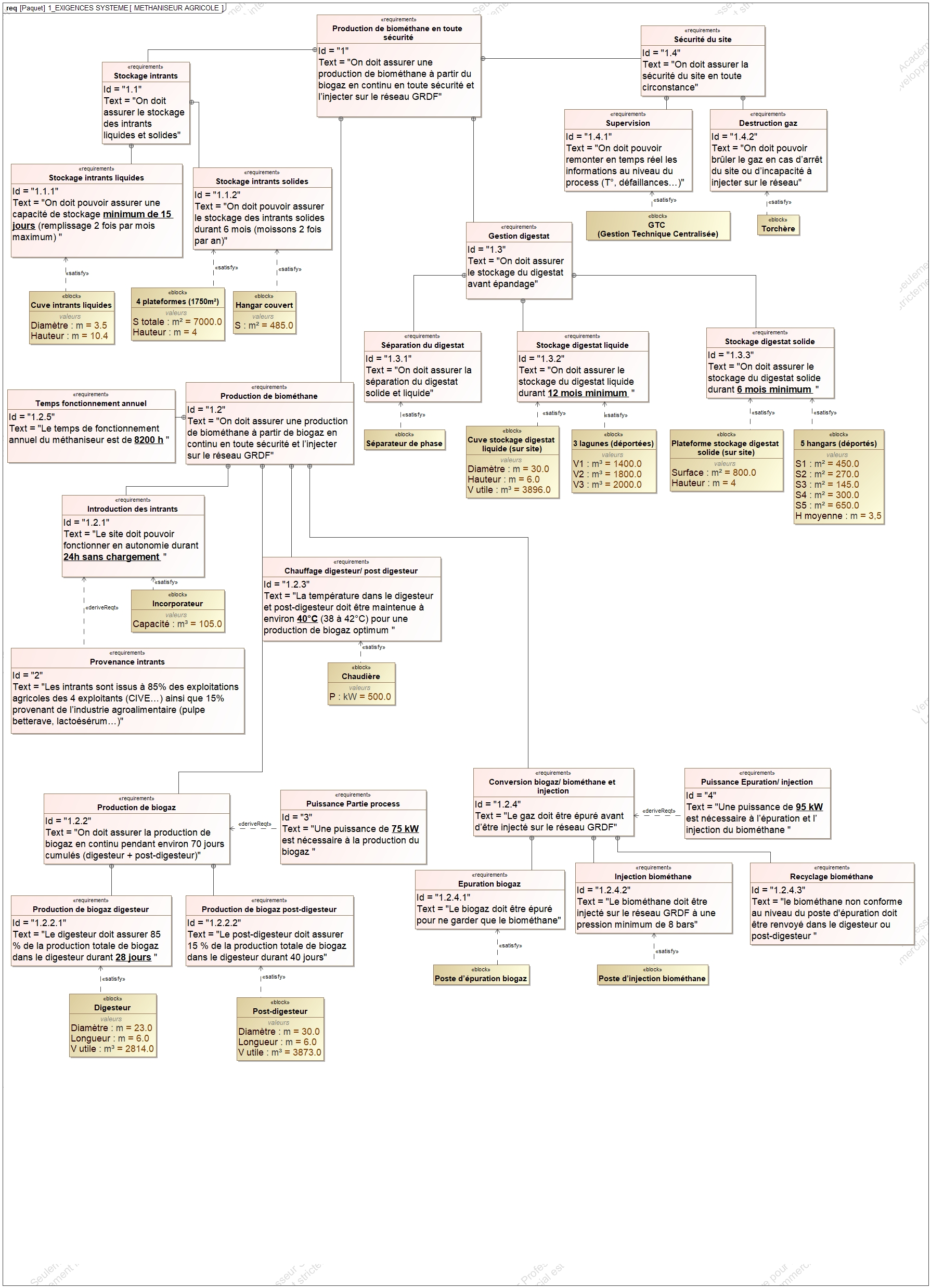
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **méthanisation mésophile** | **méthanisation thermophile** |
| **Température** | **35-40°C** | **50-65°C** |
| **spécificités** | Environ 20 % de chaleur autoconsommée  Le plus couramment utilisé  Biologie plus stable donc plus facile à maîtriser | Environ 35 % de chaleur autoconsommée  Hygiénisation plus poussée des germes pathogènes (présente un intérêt lors de l’utilisation de biodéchets)  Temps de séjour plus court  Meilleure dégradation des chaînes carbonées  Biologie plus difficile à maîtriser  Risque d’inhibition à l’ammonium plus forte |

**DT7 – Comparatif des solutions de valorisation du biogaz**

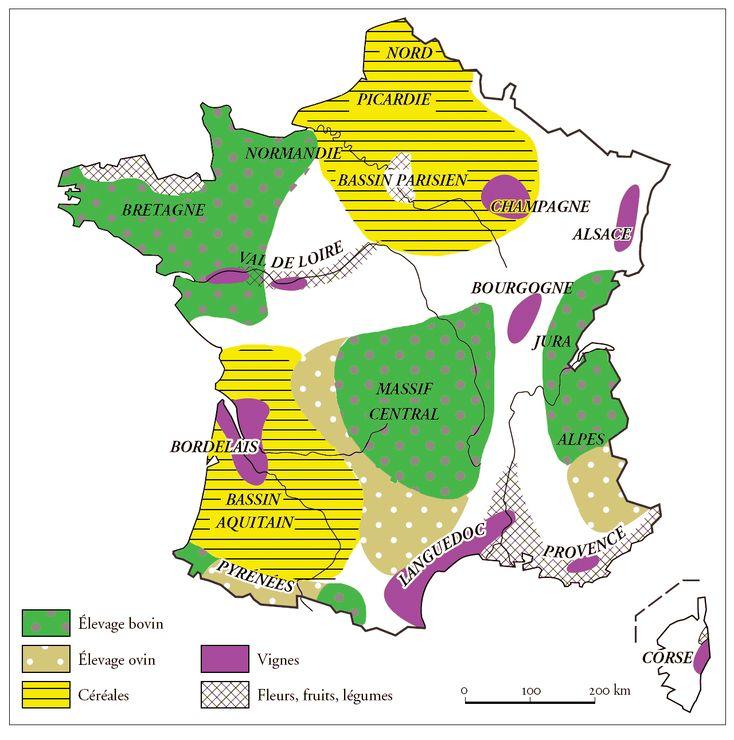
Quelle efficacité énergétique ?

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Valorisation par injection** | **Valorisation par cogénération** |
| ***Rendement énergétique de l’installation***   * Rendement épuration : 98 % * Rendement injection : 100 %   ***Rendement brut global : 98 %***  (avec chauffage du méthaniseur) | ***Rendement énergétique de l’installation***   * Rendement électrique moyen  : 40 % * Rendement thermique moyen : 42 %   ***Rendement brut global : 82 %***  (avec chauffage du méthaniseur) |

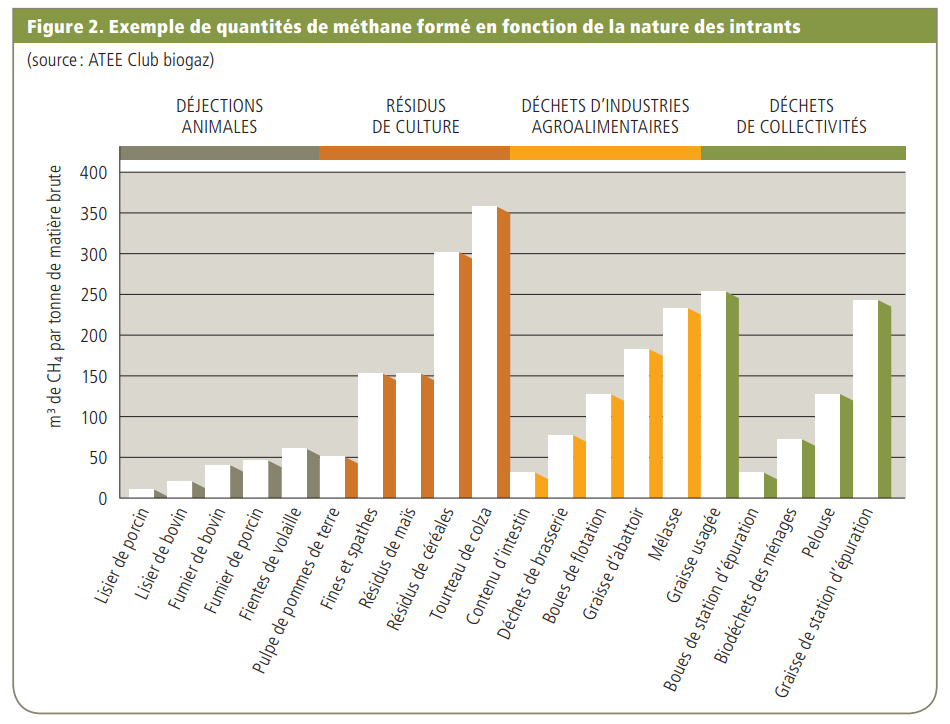
**DT8 – Diagramme d’exigences du méthaniseur agricole**

****

**DT9 – Cartographie des régions agricoles françaises**

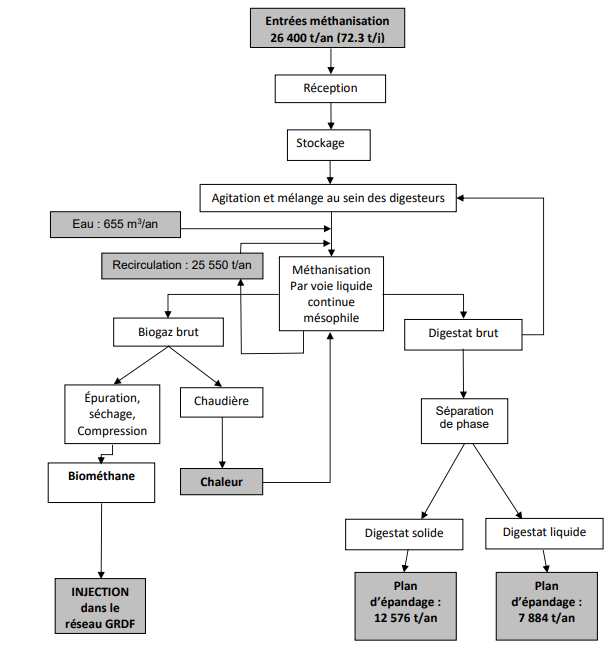


**DT10 – Potentiel méthanogène en fonction du type d’intrant**



**DT11 – Synoptique de l’installation chiffrée**

***Entrées méthanisation 26 400 t/an dont 1000 tonnes d’intrants liquides (lactosérum) 🡪 1000 m3***



***Plan d’épandage : 7884 t/an soit 7884*m3/an**

(avec ρ DL = 1)

***Plan d’épandage : 12 576 t/an soit 16107*m3/an**

(avec ρ DS= 0.78)

**DT12 – Extrait de données issues du dossier ICPE** (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement)

**1.8.6.4 Compression**

Le biogaz prétraité et purifié pénètrera au cœur même du système d’épuration, où il sera comprimé à 9 bars. Il passera à travers un système comprenant plusieurs étages de membranes qui séparent le CO2 du CH4.

Le système est composé d’un compresseur principal travaillant à 9 bars servant principalement à produire le biométhane.

Un compresseur intermédiaire travaillant à 3 bars permettra de réguler le taux de CH4 dans le Off-Gaz et de respecter la règlementation.

**1.8.6.5 Séchage, chauffage du biogaz**

Afin de chauffer les digesteurs, une première partie de l’eau chaude provient de la chaleur récupérée sur les compresseurs (échangeur huile-eau). Une chaudière permet de répondre aux compléments de chauffage.

**1.8.6.6 L’épuration**

Ces étapes ont lieu dans un conteneur métallique dédié.

Les membranes présentent une capacité de 604 Nm3·h-1 de biogaz.

Le module d’épuration a pour objectif de convertir le biogaz (60 % de méthane, 40 % de CO2 et quelques impuretés) en biométhane injectable dans le réseau GRTgaz.

**1.8.6.8 Bilan de la valorisation du méthane**

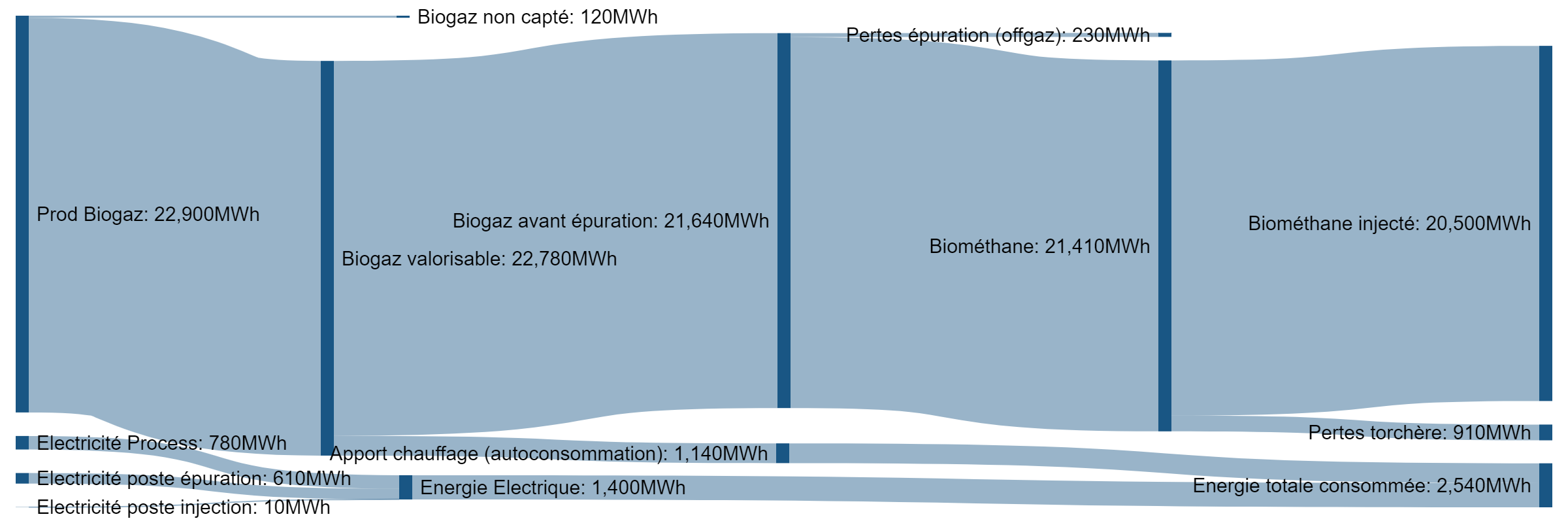
***L’étude de faisabilité réalisée par GRDF a montré que la totalité du biométhane peut être injectée sur le réseau. En effet il existe une consommation importante de gaz dans la région, même en été.***

Le bilan de valorisation du méthane est (en % du volume produit) de manière générale le suivant :

* 90 % valorisé en injection ;
* < 5 % valorisé en interne (chaudière) ;
* < 4 % détruit en torchère ;
* < 1 % perdu par le offgaz.

Le rendement épuratoire de CH4 est supérieur à 99,3 %.

**DT13 – Bilan énergétique méthaniseur agricole (diagramme Sankey)**



22,900 GWh

20,500 GWh

21,410 GWh

21,640 GWh

22,780 GWh

*\*Biogaz non capté lors des opérations de maintenance (ouverture du digesteur ou post-digesteur à l’air libre).*

**DT14 – Les avantages du digestat (extrait article « Le-gaz.fr » Avril 2018)**

# LE DIGESTAT, CE FERTILISANT ISSU DE LA MÉTHANISATION IDÉAL POUR L'AGRICULTURE

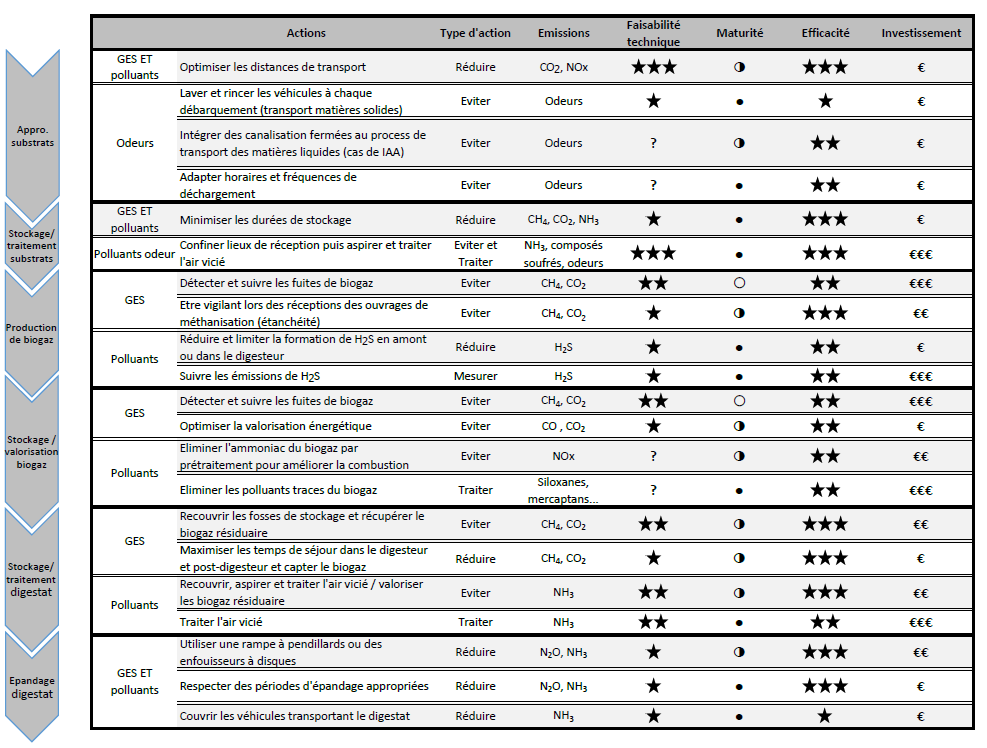
*Le digestat c'est quoi ? C'est le nom donné à la matière organique résiduaire provenant du process de méthanisation. Lorsque des résidus d'élevages bovins, ovins ou d'agriculture sont valorisés pour être transformés en biométhane, la partie restante est donc le digestat. Toute la question est de savoir quoi en faire ?*

*Le monde agricole trouve par là un formidable fertilisant. Un fertilisant naturel produit sur place et à moindre coût qui plus est. Utilisé en France mais aussi en Belgique et en Suisse, il affiche des qualités d'un point de vue du rendement toutes aussi intéressantes que les engrais chimiques comme l'explique cet exploitant : "J'ai choisi le digestat pour une raison économique. C'est un aussi bon engrais qu'un chimique. Il apporte les mêmes éléments fertilisants « NPK », soit de l'azote, du phosphore et du potassium et il est nettement moins cher que le chimique".*

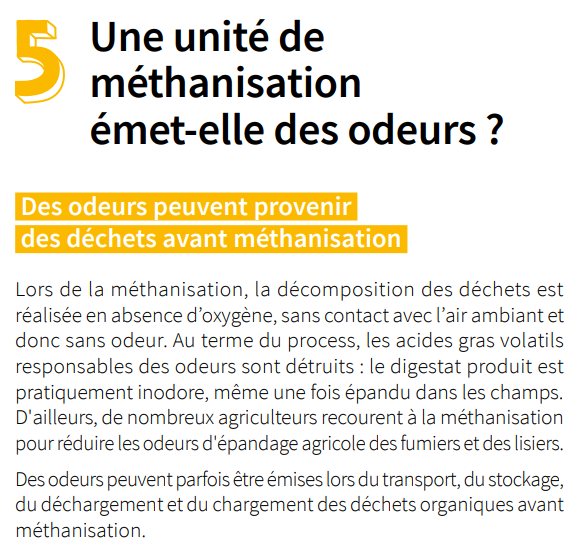
*Le digestat est de la matière organique digérée, d'où son nom. Il permet de booster les cultures à moindre coût lorsque le méthaniseur est implanté au sein même de l'exploitation agricole. Un exemple d'économie circulaire sobre du point de vue de l'environnement. L'agriculteur transforme le résidu de sa culture en biométhane qu'il revend et utilise le digestat pour fertiliser les prochaines cultures.*

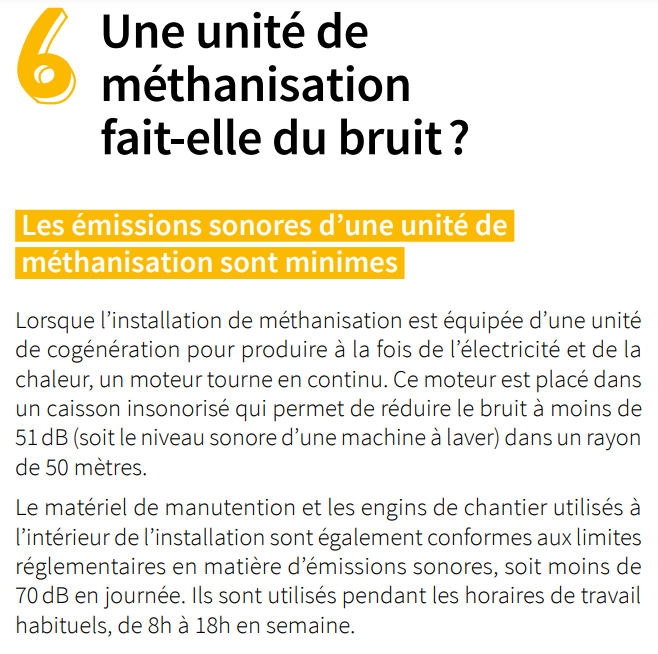
*La boucle est bouclée. Chez nos voisins belges, il est même de plus en plus recherché, la demande ayant dans certains cas été multipliée par 5 en une année à peine. Disponible, performant, économique, le digestat affiche de nombreux avantages. Il est bien plus propre pour les sols que les engrais chimiques.*

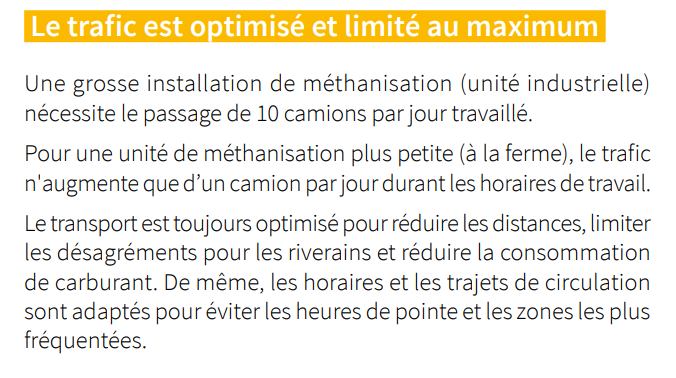
**DT15 – Tableau récapitulatif des actions à mener pour réduire les impacts environnementaux liés au processus de méthanisation**



**DT16 – Extrait « La méthanisation en 10 questions » Octobre 2019**





**DOCUMENT RÉPONSES – DR1**

Représentation simplifiée de l’implantation des principaux contituants du méthaniseur et principaux flux d’énergie et de matière

*……………………………..*

*……………………………..*

*Torchère*

*……………………………..*

*……………………………..*

*Réseau GRDF*

*Retour biométhane non conforme*

Ø30 x 6m

Vu = 3896 m3

*Zone de récupération des condensats*

*Zone de stockage digestat solide*

800 m²

Ø30 x 6m

Vu = 3873 m3

*Séparateur de phase*

Ø23 x 6m

Vu = 2814 m3

*……………………………..*

*Mélangeur*

*……………………………..*

*Cuve stockage intrant liquide*

*(Ø3.5 x 10.4m)*

*Incorporateur journalier intrant solide (105 m3)*

1750m²

1750m²

Hangar couvert

1750m²

1750m²

*Zone de stockage intrants solides (résidus cultures, CIVE…)*

Légende :

Intrants (solide et/ou liquide)

Digestat brut

Digestat liquide

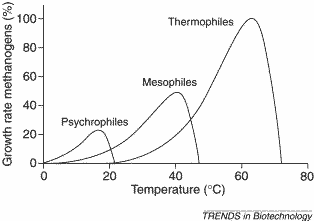
Réseau chaleur

Réseau biogaz

Réseau biométhane

**DOCUMENT RÉPONSES – DR2**

Courbes de temps de séjour et de température en fonction des différents types de décomposition possibles



Thermophiles

Mésophiles

Psychrophiles

Taux de croissance des méthanogènes (%)

Température (°C)

Zone thermophile

Zone mésophile

**DOCUMENT RÉPONSES – DR3**

Tableau récapitulatif des capacités des stockages des digestats solides et liquides

**STOCKAGE DIGESTAT LIQUIDE :**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type de stockage | Lieu de stockage | Capacité de stockage en m3 |  | Volume digestat liquide annuel à stocker (en m3) |  | Durée de stockage possible en mois |
| Cuve stockage digestat liquide | sur site | ………………... |  | …………………... |  | ……………………… |
| Lagune N°1 | déporté | 1400 |  |  |
| Lagune N°2 | déporté | 1800 |  |  |
| Lagune N°3 | déporté | 2000 |  |  |
| **capacité totale de stockage** | | ……………... |  |  |

**STOCKAGE DIGESTAT SOLIDE :**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Type de stockage | Lieu de stockage | Surface (m²) | Hauteur moyenne stockage prévue (m) | Coef. de sécurité | Capacité de stockage en m3 |  | Volume digestat solide annuel à stocker (en m3) |  | Durée de stockage possible en mois |
| plateforme de stockage | sur site | ……… | ……… | 1 | ……… |  | ………………... |  | ……………... |
| Hangar N°1 | déporté | 450 | 3.5 | 0.8 |  |  |  |
| Hangar N°2 | déporté | 145 | 406 |  |  |
| Hangar N°3 | déporté | 300 | 840 |  |  |
| Hangar N°4 | déporté | 270 | 756 |  |  |
| Hangar N°5 | déporté | 650 | 1820 |  |  |
| **capacité totale de stockage** | | | | | ……… |  |  |

**CONCLUSION :**

**PARTIE SPÉCIFIQUE (8 points)**

**Énergies et Environnement**

**Méthaniseur Agricole**

******

**Constitution du sujet :**

* **Dossier sujet et questionnement** Pages 22 à 25
* **Dossier technique** Pages 26 à 31
* **Documents réponses (à rendre avec la copie)** Pages 32 à 34

***Mise en situation***

Le méthaniseur agricole est un système qui s’inscrit directement comme un acteur de la transition énergétique. En effet, transformer une partie des résidus agricoles en méthane (gaz injectable sur le réseau de distribution) permet de préserver les ressources en énergie.

Toutefois, le processus permettant cette transformation est énergivore. Pour fonctionner en toute sécurité, un méthaniseur agricole doit être raccordé au réseau électrique, ainsi qu’à une alimentation secourue, pour alimenter l’ensemble du processus de fabrication : les moteurs, les pompes, le système de chauffage avec le régulateur de température, les systèmes de surveillance et de sécurité entre autres.

L’étude qui suit va nous permettre:

* d’étudier l’amélioration de l’efficacité énergétique d’un méthaniseur (Partie A) ;
* d’étudier les solutions d’alimentation électrique de sécurité (Partie B) ;
* d’étudier le fonctionnement de la régulation de température dans le digesteur (Partie C).

***Travail demandé***

**Partie A – Comment améliorer l’efficacité énergétique du méthaniseur ?**

L’énergie électrique est nécessaire à l’alimentation des équipements du méthaniseur agricole. Nous allons étudier la possibilité d’améliorer l’efficacité énergétique de ce système.

Les quatre bâtiments sont équipés d’une toiture ; elles ont respectivement les surfaces suivantes ( ) : 70 m², 215 m², 275 m² et 585 m². Pour des questions d’exposition au soleil (ombrage), d’orientation au sud et d’inclinaison optimale à 35°, seule 90 % de cette surface totale peut être équipée de panneaux solaires photovoltaïques.

|  |  |
| --- | --- |
| Question A.1  DTS1  DRS1 | **Déterminer** la surface photovoltaïque utile ( ) que l’on peut exploiter sur l’ensemble des quatre bâtiments équipés d’une toiture.  **Calculer** le nombre maximum de panneaux ( ) que l’on peut installer sur l’ensemble des bâtiments. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question A.2  DTS1 | **Identifier** la référence du module (panneau) photovoltaïque produisant la plus grande puissance électrique (puissance nominale).  **Calculer** la puissance nominale maximale ( ) de la centrale installée en toiture des quatre bâtiments dans ces conditions, si ces quatre bâtiments sont équipés de panneaux solaires. |

La consommation annuelle d’énergie électrique du méthaniseur est estimée à 1 400 MWh.

Le constructeur fait le choix d’installer une centrale photovoltaïque d’une puissance nominale 200 kWc (kilowatt-crête). Le contrat signé avec le fournisseur d’électricité permettra dans ce cas une autoconsommation et de vendre le surplus d’électricité éventuellement produite.

|  |  |
| --- | --- |
| Question A.3  DTS2 | **Calculer** la production annuelle d’électricité () de la centrale photovoltaïque, puis comparer son résultat avec la simulation de production annuelle.  **Déduire** la consommation d’énergie électrique du méthaniseur qui sera facturée par le fournisseur d’électricité, puis exprimer le pourcentage d’économie réalisée sur la facture d’énergie grâce aux panneaux solaires. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question A.4 | **Expliquer** en quoi l’installation d’une toiture photovoltaïque sur les toitures des bâtiments permet d’améliorer l’efficacité énergétique du méthaniseur agricole. |

**Partie B – Comment assurer l’alimentation de sécurité ?**

Lorsque l’alimentation générale électrique est coupée, soit accidentellement, soit pour maintenance par le fournisseur d’énergie, la production de gaz par le méthaniseur ne peut pas s’interrompre instantanément. Il est nécessaire, dans ces conditions, de mettre en place une alimentation de secours pour assurer le fonctionnement de l’installation du site de production.

Chaque unité du processus du méthaniseur agricole est équipée d’une alimentation de secours adaptée permettant une alimentation pendant 36 h.

Nous allons étudier l’alimentation électrique de secours du poste d’injection du gaz sur le réseau.

|  |  |
| --- | --- |
| Question B.1  DTS3 | **Citer** les équipements alimentés par le réseau secouru.  **Calculer** la puissance () nécessaire au fonctionnement du poste d’injection en mode secouru. |

L’énergie électrique nécessaire au fonctionnement en mode secouru est produite à partir de l’énergie solaire. Un groupe de batteries, rechargé par les panneaux solaires, un onduleur 230 V AC, fournissent l’énergie nécessaire en mode secouru. Ce groupe de batteries fournit une tension de (U\_bat) de 24 V DC.

|  |  |
| --- | --- |
| Question B.2  DTS3 | **Calculer** le courant ( ) que doit délivrer le groupe batteries en supposant que le rendement de l’onduleur est de 1.  **Déterminer** la capacité (Ah) de l’ensemble du groupe de batteries. |

On prendra par la suite une capacité de l’ensemble groupe batterie de 1 725 Ah.

Les panneaux photovoltaïques alimentant les batteries sont identiques à ceux de la centrale solaire, la tension de sortie d’un panneau est de 24 V DC.

|  |  |
| --- | --- |
| Question B.3  DTS4  DRS2 | **Déterminer** les caractéristiques et le nombre de batteries nécessaires à l’alimentation secourue du poste d’injection. On privilégiera un nombre minimal de batteries pour des raisons de maintenance.  **Réaliser** le câblage de principe des batteries. |

|  |  |
| --- | --- |
| Question B.4  DTS5  DRS2 | **Déterminer** la référence de l’onduleur permettant l’alimentation du poste d’injection en mode secouru. **Justifier** la réponse.  **Réaliser** le câblage de principe de l’ensemble du système d’alimentation secourue. |

D’une façon générale, l’ensemble du processus de méthanisation nécessite une alimentation secourue pour assurer la sécurité des biens et des personnes.

|  |  |
| --- | --- |
| Question B.5 | **Conclure** surla nécessité d’un mode secouru dans le fonctionnement du méthaniseur agricole. |

**Partie C – Comment contrôler la température dans le digesteur ?**

Le digesteur est la partie du processus qui permet la décomposition des matières agricoles. Cette décomposition naturelle n’est possible qu’en atteignant une température comprise entre 35 °C et 45 °C. La chaudière à gaz permet de générer de la chaleur dans le digesteur. Elle est pilotée par un régulateur en mode TOR (Tout Ou Rien). Le régulateur permet de maintenir la température dans le digesteur entre 35°C et 45°C pour une valeur de consigne de 40 °C.

La sonde Pt100 mesure la température dans le digesteur. Le transmetteur convertit cette mesure en une tension () image de la température.

Nous allons étudier le fonctionnement du transmetteur Sonde-Régulateur.

|  |  |
| --- | --- |
| Question C.1  DTS6 | **Justifier** que la sonde choisie permette d’assurer la mesure de la température dans le digesteur. |

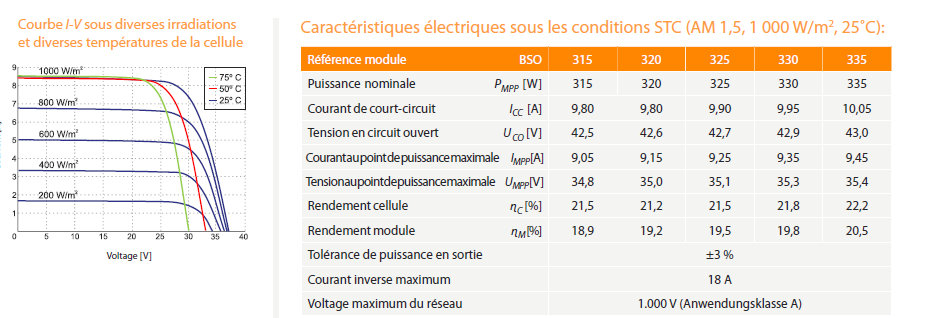
|  |  |
| --- | --- |
| Question C.2  DRS3 | **Tracer puis relever** les valeurs en sortie de la sonde Pt100 pour les températures suivantes de 35 °C, 40 °Cet 45 °C  **Vérifier** par le calcul la valeur de la résistance à la température de consigne de 40 °C. |

Pour la suite, nous considérons une résistance de 200 Ω à T = 40 °C.

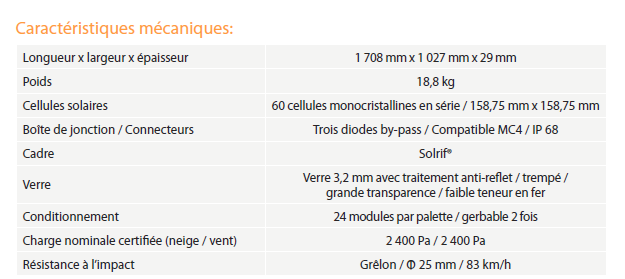
|  |  |
| --- | --- |
| Question C.3  DTS6  DRS3 | **Calculer** la valeur du courant () pour la consigne de température de 40 °C.  **Déduire** la valeur de la tension () pour cette consigne de température. |

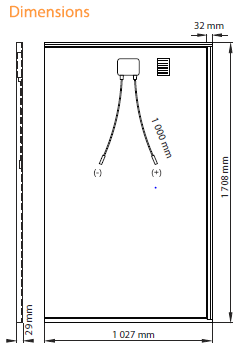
|  |  |
| --- | --- |
| Question C.4 | **Conclure**  sur la nécessité de contrôler la température dans le digesteur pour assurer le fonctionnement du processus de méthanisation. |

**DTS1 – Caractéristiques des panneaux solaires**

****

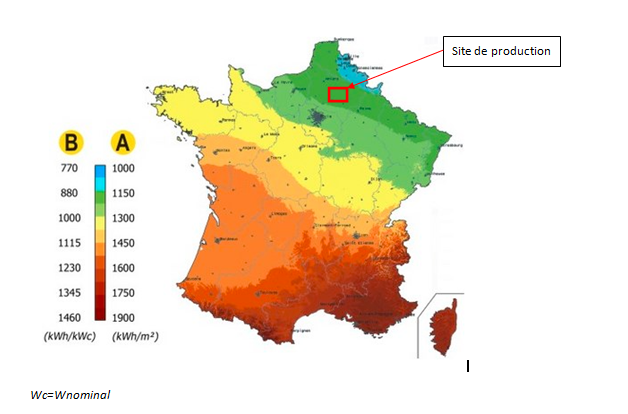
Tension de sortie 24 V DC

****

****

**DTS2 – Carte de production annuelle photovoltaïque en France**

**Panneaux orientation sud avec un angle de 35°**

* 

1230 kWh/kWc

1460 kWh/kWc

1115 kWh/kWc

1050 kWh/kWc

1000 kWh/kWc

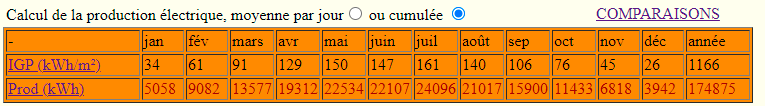
950 kWh/kWc

880 kWh/kWc

La valeur donnée en *kWh* est la production d’énergie annuelle par *kWc* installé en panneau solaire.

**Simulation de production d’énergie solaire pour une centrale de 200 kWc**

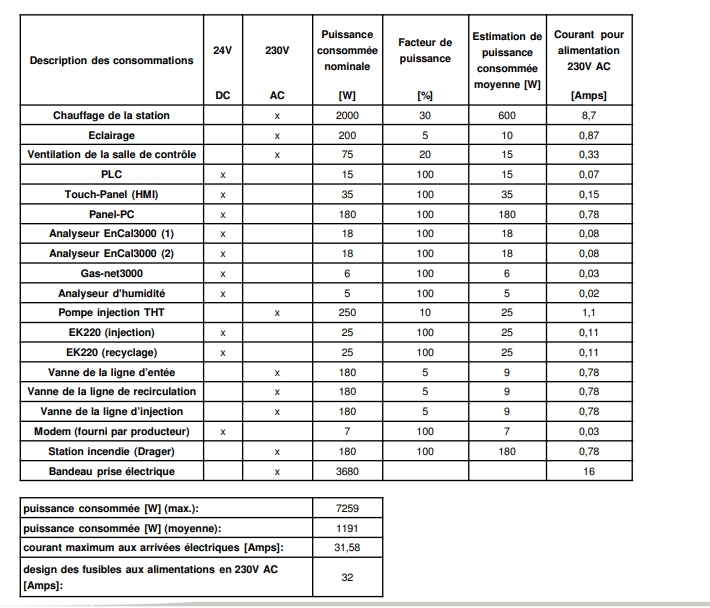




**DTS3 – Liste des consommateurs électriques du poste d’injection**

**Légende :**

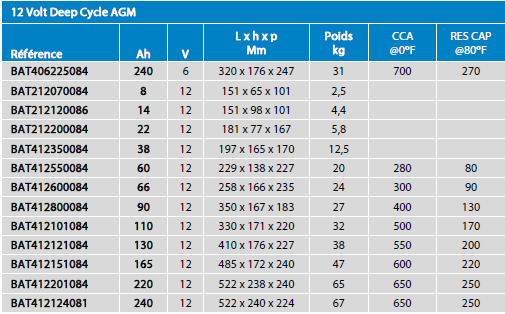
Consommateurs alimentés en mode secouru

****

**DTS4 – Caractéristiques des batteries de l’alimentation secourue**

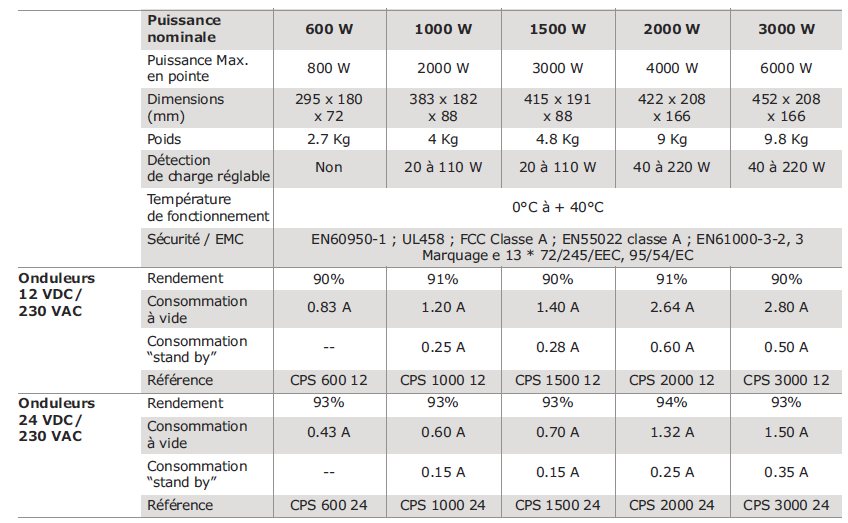






**DTS5 – Caractéristiques de l’onduleur de l’alimentation secourue**



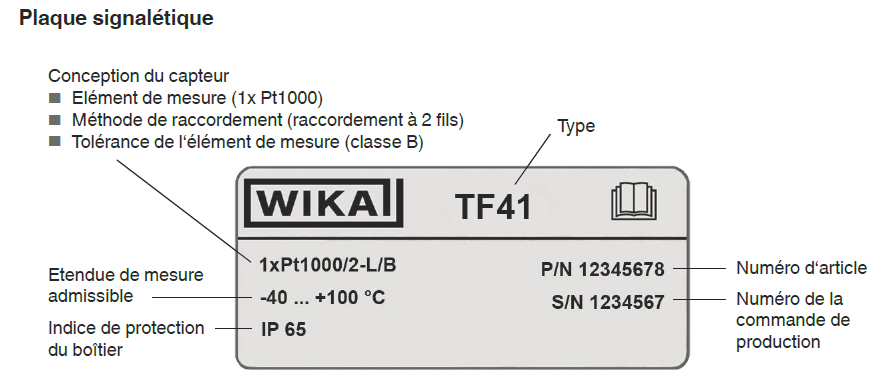


**DTS6 – Caractéristiques de la sonde PT100**

**DTS6 – Caractéristiques de la sonde Pt100.**

**DTS6 – Caractéristiques de la sonde de température**





Sonde PT100 2fils

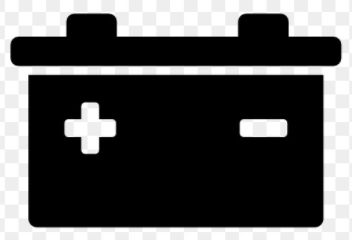
**DOCUMENT RÉPONSES – DRS1**

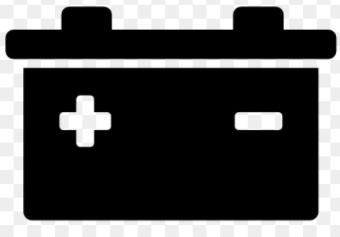
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Bâtiments |  |  |  |  |
| Bâtiment 1 |  |  |  |  |
| Bâtiment 2 |  |  |  |  |
| Bâtiment 3 |  |  |  |  |
| Bâtiment 4 |  |  |  |  |
| Total |  |  |  |  |

**DOCUMENT RÉPONSES – DRS2**

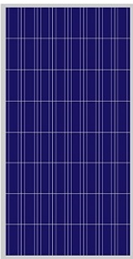
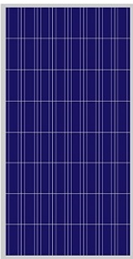
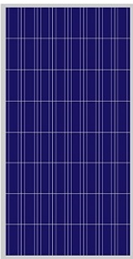
X …..

Câblage de principe : alimentation secourue





groupe panneaux solaires

****

**+**

**-**



**+ -**

**+ -**

Régulateur 24 V DC

**+ -**



Input 24 V DC

Onduleur 24 V DC / 230 V AC

Output 230 V AC

Ph N

Ph N

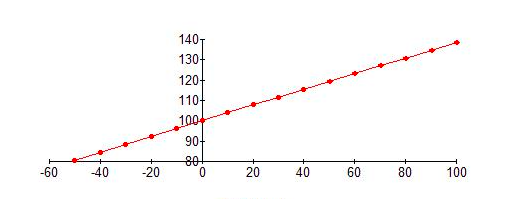
****

Consommateurs230 V AC

Consommateurs 24 V DC

**DOCUMENT RÉPONSES – DRS3**

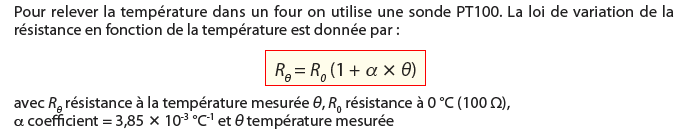
**Courbe sonde Pt100**

****

**R sonde en Ω**

**T en °C**

**Formule Pt100**

****

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Température de mesure** | | |
| **t = 35°C** | **t = 40°C** | **t = 45°C** |
| Valeurs relevées sur le tracé en Ω |  |  |  |
| Valeurs par le calcul Ω |  |  |  |
| *Usonde* en V |  |  |  |