



GUIDE DE MISE EN ŒUVRE DE L'HYGIENISATION EN METHANISATION

Septembre 2021

Avec le soutien de



Rédacteurs

Adeline Haumont¹, Martin Debat², Nicolas Julien², Jeanne Lencauchez¹

¹ : **AILE**, 19 B Boulevard Nominoë, 35740 PACE

² : **Utilities Performances**, Allée du Lac Bleu - BP 70102, 49243, AVRILLE

Remerciements

Les auteurs remercient les exploitants qui ont répondu aux enquêtes sans qui ce guide n'aurait pas pu voir le jour :

- Mathieu Laurent, Methavair
- Philippe Collin, Eureka' Alias
- Christophe Rousseau, La grande Panse
- Ollivier Chesnais, Engie Bioz
- Clément Madier, Fonroche Biogaz
- Jean-Yves Gardoni, Gatinais Biogaz
- Nicolas Robert, Robert Forez Energie
- Vincent Bonnet, Baudalet Environnement
- Philippe Meinrad, Agrivalor Energie

Nous remercions également les membres du comité de pilotage pour la relecture et les conseils apportés :

- Laetitia Aubeut Chojnacki, GRDF
- Guillaume Paternostre, GRDF
- Philippe Meinrad, AAMF
- Julien Thual, ADEME
- Isabelle Deportes, ADEME
- Marion Melix, ATEE Club Biogaz
- Marc Schlienger, ATEE Club Biogaz
- Sébastien Bordereau, Chambres d'agriculture Pays de la Loire
- Jérôme Bécot, VEO, représentant du cluster Méthatlantique

Enfin nous remercions également les entreprises qui ont partagés leurs expertises sur ce sujet et nous ont fournis les prescriptions technico-économiques sur les études de cas proposés. Elles figurent dans la partie III de ce guide.

Table des matières

INTRODUCTION	5
1. CADRE RÉGLEMENTAIRE	6
1.1. L'encadrement réglementaire des sous-produits animaux	6
1.2. Les catégories de matières	6
1.3. Définitions utiles	8
1.4. Les obligations de traitement et de mise en œuvre de l'hygiénisation	9
1.5. L'encadrement réglementaire des consommations énergétiques	13
1.5.1. Dans les arrêtés définissant les tarifs d'achat du biométhane	13
1.5.2. Directive RED II	13
2. PARTIE 2 : MISE EN OEUVRE TECHNIQUE	15
2.1. Éléments de contexte	15
2.2. Description des équipements et points de vigilance	16
2.2.1. Le pompage	16
2.2.2. Le broyage	17
2.2.3. La/ les cuves d'hygiénisation	17
2.2.4. Le chauffage	20
2.2.5. La récupération de chaleur	21
2.2.6. Instrumentation	22
2.2.7. Autres équipements : stockages et convoyage	23
2.2.8. Positionnement de la ligne hygiénisation par rapport au digesteur : AMONT ou AVAL ?	24
SYNTHESE DES CHOIX TECHNIQUES A FAIRE	25
2.3. Points de vigilance	26
2.3.1. Pompage de la matière	26
2.3.2. Gestion des indésirables	26
2.3.3. Plage de fonctionnement	26
2.3.4. Fréquence d'approvisionnement / saisonnalité	27
2.3.5. Agitation	27
2.3.6. Gestion des non-conformités	28
2.3.7. Gestion des odeurs et des gaz	28
2.3.8. Moussage	28
3. BENCHMARK - ÉTUDE DE CAS	29
3.1. Méthodologie	29
3.2. Etudes de cas	29
3.2.1. Présentation des cas-types	29
3.2.2. Calcul des besoins thermiques	29
3.2.3. Synthèse des propositions des entreprises	32
3.3. Benchmark	33
CONCLUSION	45
ANNEXES	47
ANNEXE 1 : Fiches REX Exploitants	47
ANNEXE 2 : Descriptif des équipements	53
ANNEXE 3 : Schémas-types	64

GLOSSAIRE

C1 / C2 / C3 :	Sous-produit animal de catégorie 1, 2 ou 3
CAPEX :	CAPital EXpenditure = dépenses d'investissement
DAOA :	Denrées Alimentaires d'Origine Animale
DCT :	Déchets de cuisine et de table
DD(CS)PP :	Direction Départementale (de la Cohésion Sociale et) de la Protection des Population
DGAL	Direction Générale de l'Alimentation
DGEC :	Direction Générale d'Energie et du Climat
DREAL :	Direction Régionale de l'Aménagement et du Logement
E. Coli :	Escherichia coli
ESST :	Encéphalopathies Spongiformes Subaiguës Transmissibles
GES :	Gaz à effet de serre
GMS :	Grandes et Moyennes Surfaces
HACCP :	Hazard Analysis Critical Control Point = méthode d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques
IAA :	Industrie Agro-Alimentaire
LTECV :	Loi pour la Transition Energétique et la Croissance Verte
MRS :	Matériel à Risques Spécifiés
OPEX :	OPerational EXpenditures = dépenses d'exploitation
PCB	Polychlorobiphényles = polluants d'origine chimique toxiques pour les humains et l'environnement.
RED	Renewable Energy Directive
REX :	Retour d'EXpériences
SPAn :	Sous-produit Animal

INTRODUCTION

La méthanisation est en fort développement en France depuis plusieurs années, et parmi les sites en développement, nombreux sont les sites valorisant des sous-produits animaux : lisiers¹, déchets de cuisine et de table, restes d'activités issus d'industries agro-alimentaire...

L'utilisation de ces sous-produits animaux est encadrée par les règlements européens, qui imposent une pasteurisation/hygiénisation² durant la méthanisation et définissent des conditions de dérogations possibles.

En France, concernant l'usage de seuls lisiers/effluents d'élevage, l'arrêté du 9 avril 2018 limite la portée des dérogations si elles sont prévues par le règlement européen. Les dérogations ne sont plus accordées depuis l'instruction technique parue en 2020 pour les sites traitant plus de 30 000 tonnes d'effluents d'élevage et/ou traitant des effluents en provenance de plus d'une dizaine d'exploitations. Depuis cette règle, de nombreux sites doivent réfléchir à la mise en place de systèmes d'hygiénisation, ou vont être amenés à le faire d'ici 2023³.

Par ailleurs, les objectifs d'augmentation du taux de valorisation des biodéchets, inscrits dans la loi de Transition Énergétique et pour la Croissance Verte et repris dans la loi Economie Circulaire et Anti-Gaspillage pousse les collectivités et les producteurs de biodéchets à chercher des exutoires locaux permettant le retour au sol de la matière organique. Des volumes d'intrants plus importants à traiter vont émerger localement et la méthanisation est un des moyens pour assurer leur retour au sol, **à condition de pouvoir les hygiéniser**.

Ce guide vise donc à la fois les sites collectifs agricoles avec un grand volume d'effluents d'élevage à hygiéniser, et les sites à la ferme, territoriaux ou industriels souhaitant incorporer des biodéchets d'origine animale dans leurs intrants. Il s'adresse aux maîtres d'ouvrage, aux exploitants, aux maîtres d'œuvre ou bureaux d'études pour les aider dans leur dimensionnement.

Après avoir rappelé le cadre réglementaire, il comporte des conseils de mise en œuvre technique, en fonction des matières à traiter et donne quelques repères économiques. Les retours d'expériences dans certains cas de figures, notamment l'hygiénisation d'un volume important de fumier, l'hygiénisation en aval, sont encore inexistantes ou balbutiantes. Aussi certaines configurations seront assorties de points de vigilance et mériteraient des investigations complémentaires.

La réalisation de ce guide s'est appuyée sur des entretiens auprès d'exploitants de sites en fonctionnement, de fournisseurs ou assembleurs apportant des solutions de mise en œuvre de l'hygiénisation. Un benchmark des solutions proposées par ces intervenants figure en dernière partie de ce guide.

¹ Dans la réglementation sanitaire, le terme « lisiers » est utilisé pour mentionner l'ensemble des déjections animales

² Le terme approprié dans la réglementation sanitaire est pasteurisation (traitement inférieur à 100°C visant à réduire les germes pathogènes). On utilisera souvent pasteurisation/hygiénisation ou hygiénisation seul, pour faire référence à cette notion.

³ Date de mise aux normes prévue par l'art 22 de l'arrêté, pour les établissements agréés AVANT le 25 avril 2018

1. CADRE RÉGLEMENTAIRE

1.1. L'encadrement réglementaire des sous-produits animaux

L'utilisation de sous-produits animaux (SPAN) en méthanisation est encadrée par les règlements Européens suivants :

- [Règlement \(CE\) n° 1069/2009](#) établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine(...).
- [Règlement \(UE\) n° 142/2011](#) portant application du règlement (CE) n° 1069/2009 du Parlement Européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine.

Ainsi, toute unité de méthanisation valorisant des effluents d'élevage ou tout autre produit animal dans l'UE doit obtenir une autorisation de la part de l'autorité sanitaire compétente pour son Pays. (article 24 du R (CE) 1069/2009 – point 1 – alinéa g). Le demandeur doit notamment appuyer sa demande sur la base d'une méthode HACCP.

En France, les textes suivants ont été publiés en application des règlements Européens :

- [Arrêté du 8 décembre 2011](#) établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés en application du règlement (CE) n°1069/2009 et du règlement (UE) n°142/2011.
- [Arrêté du 9 avril 2018](#) fixant les dispositions techniques nationales relatives à l'utilisation de sous-produits animaux et de produits qui en sont dérivés, dans une unité de production de biogaz, une usine de compostage ou en compostage de proximité, et à l'utilisation du lisier : **c'est ce texte qui décrit les conditions de dérogations à la pasteurisation/hygiénisation.**

L'instruction technique [DGAL/SDSPA/2020-41 du 21/01/2020](#) publiée sur le site du Ministère de l'agriculture vient préciser les conditions de dérogations.

1.2. Les catégories de matières

Les sous-produits animaux sont classés en 3 catégories :

- **Catégorie 1 :**

Produits à haut risque, interdits en méthanisation si le digestat est destiné à une application dans les sols, (en dehors de la glycérine issue de graisse fondue C1). On classera également les produits animaux en catégorie 1 en cas de présence de résidus de certains contaminants (PCB, dioxines...) dépassant les seuils définis dans la directive 96/23/CE, article 15, §3.

Exemples : Matériels à risques spécifiés¹ (tissus et abats à risques par rapport au prion) et cadavres en contenant, cadavres d'animaux familiers, d'animaux issus d'expérimentation, dégrillage des équarrissages C1, déchets de cuisine et tables issus de moyens de transports internationaux...

¹ Le terme « Matériels à Risque Spécifiés (MRS) » désigne les tissus et abats considérés comme représentant un risque au regard des Encéphalopathies Spongiformes Subaiguës Transmissibles (EST) en raison de leur appartenance aux systèmes nerveux et lymphoïde, sites d'accumulation privilégiés du prion chez un animal atteint d'EST. La liste des MRS est définie réglementairement au niveau européen à l'Annexe V du Règlement (CE) n°999/2001 du Parlement européen. Source : <https://agriculture.gouv.fr/materiels-risque-specifiees-mrs>

- **Catégorie 2 :**

Liste ouverte. Cette catégorie comprend notamment les effluents d'élevage (lisiers) et les matières stercoraires (contenu de l'appareil digestif) ;

Exemples : animaux morts autrement que par abattage pour la consommation humaine, poussins morts dans l'œuf, dégrillages des abattoirs de porcs, équidés, volaille, lapins et des équarisseurs C2, Foetus, ovocytes, embryons, lisiers, contenu de l'appareil digestif, colostrum...

Certains produits animaux peuvent être classés en catégorie 2 au motif suivant :

- Pour motifs sanitaires : produits avariés, en état de putréfaction, ou provenant d'animaux présentant des signes de maladies transmissibles à l'homme (tuberculose, listériose, salmonellose, infections à E. Coli, EST...) ;
- Présence de corps étrangers : présence de verre, métal, plastiques.

- **Catégorie 3 :**

Produits à faible risque sanitaire : toutes les parties d'animaux qui ont été considérées propres à la consommation humaine ou aptes à l'abattage ou qui proviennent d'animaux en bonne santé.

Exemples : sous-produits animaux issus des industries des viandes, du lait ou de la fabrication de denrées alimentaires, restes de restauration, sang, lait, ancien petfood...

L'élimination des produits animaux (y compris lait et sang) par le flux des eaux résiduaires est interdite dans les IAA. Les eaux résiduaires issues des IAA ne sont donc pas couvertes par la réglementation sanitaire, mais par la réglementation environnementale. Les usines de transformation des C1 et C2 et les abattoirs ont en plus l'obligation d'être équipées d'un dégrilleur SPAN à maille et filtre inférieur à 6mm. Au-delà de cette grille, les résidus sortent du champ de la réglementation sanitaire : c'est notamment le cas des **graisses de flottation des abattoirs**.

Les denrées alimentaires exclusivement végétale sont exclues du champ de la réglementation SPAN et n'auront donc pas besoin d'être pasteurisées/hygiénisées (ex : restes de pain, de boulangerie, meunerie).

C'est au producteur qu'il incombe la responsabilité de déterminer la catégorie du SPAN qu'il génère. Il doit fournir un Document d'Accompagnement Commercial (DAC) à l'utilisateur qui précise la catégorie du SPAN.

Catégorie 1 (C1) Liste fermée	Catégorie 2 (C2) Liste ouverte	Catégorie 3 (C3) Liste fermée
<ul style="list-style-type: none"> • Cadavres d'animaux familiaux, zoo, cirque... • Abattage d'animaux à risques spécifiés (ex : vache folle, fissus à risque prion) • Dégrillage d'équarrissage • Déchets de cuisine et tables issus de transports internationaux • SPAN contenant des substances dangereuses pour l'environnement (PCB) ou interdites (chloramphenicol...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Lisiers (et fumiers, fientes, crottins...) • Matières stercoraires • Poussins morts dans l'œuf et embryons • C3 altérés ou dépassant les seuils limite • Lait cru issus d'animaux malades (tuberculose...) • denrées alimentaires retirées/rappelées pour présence de corps étrangers, risque sanitaire (salmonelle, ETO, ..) 	<ul style="list-style-type: none"> • Parties d'animaux sains, aptes à l'abattage ou sous-partie issus d'animaux sains • Sous-produits issus de l'IAA ou de la production de denrées alimentaires • Anciennes denrées alimentaires non altérées et sans risque • Sang, placenta, lait cru, sous-produits éclosion, œufs, plumes...issus d'animaux vivants non malades • Déchets de cuisine et de tables • Ancien petfood et aliment pour animaux (bétail)

1.3. Définitions utiles

- Denrées alimentaires : toute substance ou produit, transformé, partiellement transformé ou non transformé, destiné à être ingéré ou raisonnablement susceptible d'être ingéré par l'être humain. On précisera "d'origine animale" pour les denrées issues de produits animaux (acronyme DAOA).
- Anciennes denrées alimentaires : ce sont les denrées alimentaires qui ne sont pas destinées à l'alimentation humaine pour cause de mauvaise présentation, défaut de débouchés économiques, défaut d'emballage, ... Les anciennes DAOA qui ont dépassé la date limite de consommation sont de catégorie 3 si elles ne sont pas avariées.
- Denrées alimentaires transformées : denrées alimentaires ayant subi toute action entraînant une modification importante du produit initial, y compris par **chauffage, fumaison, salaison, maturation, dessiccation, marinage, extraction, extrusion**, ou une combinaison de ces procédés.
- Déchets de cuisine et table (DCT) : déchets issus de la restauration **des foyers et hors domicile (restaurants, cantines...)**.

Il est important de bien faire la distinction entre anciennes denrées alimentaires produites par des industriels, artisans ou collectées dans les circuits de distribution et les déchets de cuisine et de table, qui sont triés à la source, produits dans les cuisines collectives ou chez les particuliers. Les possibilités de dérogation à la pasteurisation/hygiénisation ne sont pas les mêmes pour ces deux catégories de matières.

Le terme "biodéchets" est un terme issu de la réglementation environnementale¹. Il regroupe les anciennes denrées alimentaires, les DCT et d'autres déchets organiques. **Dans la réglementation sanitaire, un mélange de produits se verra toujours appliquer les exigences pour le produit le plus « à risque ».**

Ainsi les sous-produits issus de déconditionneur, communément appelés "soupe de biodéchets", peuvent à la fois contenir des produits « crus » et des déchets de cuisines collectives. Lorsque l'on reçoit ce type de mélange, tous les sous-produits animaux de l'unité de méthanisation doivent être pasteurisés/hygiénisés en amont, y compris les lisiers (voir schémas dans le paragraphe suivant).

Si le producteur peut assurer que la soupe de biodéchets ne contient pas de viande ou de poisson cru, ni de restes de cuisines, il sera possible de demander une dérogation à l'hygiénisation (Cas de figure B dans le paragraphe ci-dessous).

¹ L'article R.541-8 du code de l'environnement définit ainsi le biodéchet : « tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires. »

1.4. Les obligations de traitement et de mise en œuvre de l'hygiénisation

L'[annexe V du règlement 142/2011](#) précise les exigences applicables aux usines de méthanisation traitant des sous-produits animaux : « Une usine de production de biogaz doit être équipée d'une unité de **pasteurisation/d'hygiénisation** incontournable pour les sous-produits animaux ou produits dérivés »

Les paramètres à respecter pour l'unité de **pasteurisation/hygiénisation** sont les suivants :

- La taille des particules doit être inférieure à 12 mm : cette obligation ne s'applique pas aux C2 suivants : lisiers, fumiers, lait, colostrum et dérivés, œufs et dérivés.
- Les matières (SPAN) doivent être tenues à plus de 70°C pendant au moins 60 minutes sans interruption ;
- L'installation doit être équipée d'un moyen de contrôle de la température, et d'enregistrement de celle-ci en continu ;
- L'installation doit être conçue pour prévenir tout problème de montée en température.

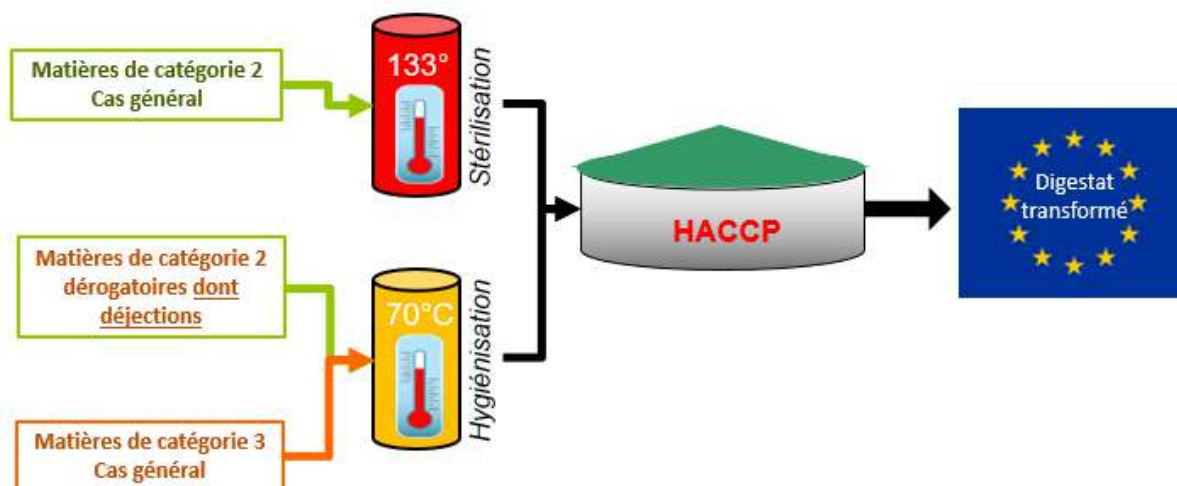
➔ **La méthanisation de sous-produits animaux sans hygiénisation est donc dérogatoire.** Pour obtenir la dérogation, il faut en faire expressément la demande dans le dossier de demande d'agrément sanitaire.

➔ Il est possible (bien que compliqué) de faire valider d'autres paramètres de conversion (un autre couple temps/température par exemple) pour un mélange C2/C3 avant méthanisation. Ce point ne sera pas traité dans le guide.

En outre, le règlement 1069/2009 précise également que les **matières de catégorie 2**, en dehors des lisiers, fumiers, matières stercoraires, colostrum, lait œufs et dérivés, matières aquatiques, doivent subir un traitement par **stérilisation** : chauffage à 133°C, sous une pression de 3 bars pendant 20 minutes et avec marquage et une réduction des particules à moins de 50 mm. L'étape d'hygiénisation n'est alors pas obligatoire pour les matières stérilisées.

Le cadre général est donc le suivant :

CAS DE FIGURE A : Cadre général (Strict respect du règlement sanitaire Européen)

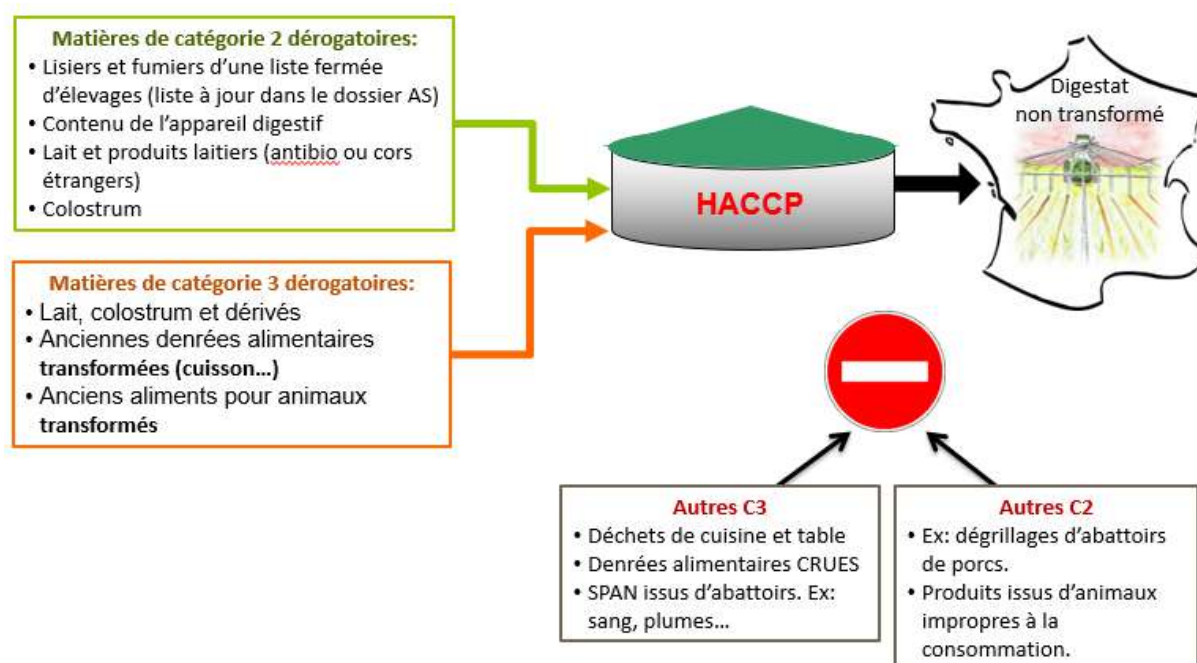


Quelles dérogations possibles à l'hygiénisation ?

En France, l'arrêté du 9 avril 2018 précise les conditions pour lesquelles la DD(CS)PP peut accorder des dérogations à l'obligation de pasteurisation/hygiénisation. Les dérogations permettent uniquement une utilisation du digestat sur le sol national, dans le cadre d'un plan d'épandage.

Différents cas de figure existent en fonction des matières entrantes. Elles sont illustrées ci-après :

Cas de figure B : dérogation à l'hygiénisation (pas d'hygiénisation sur site)



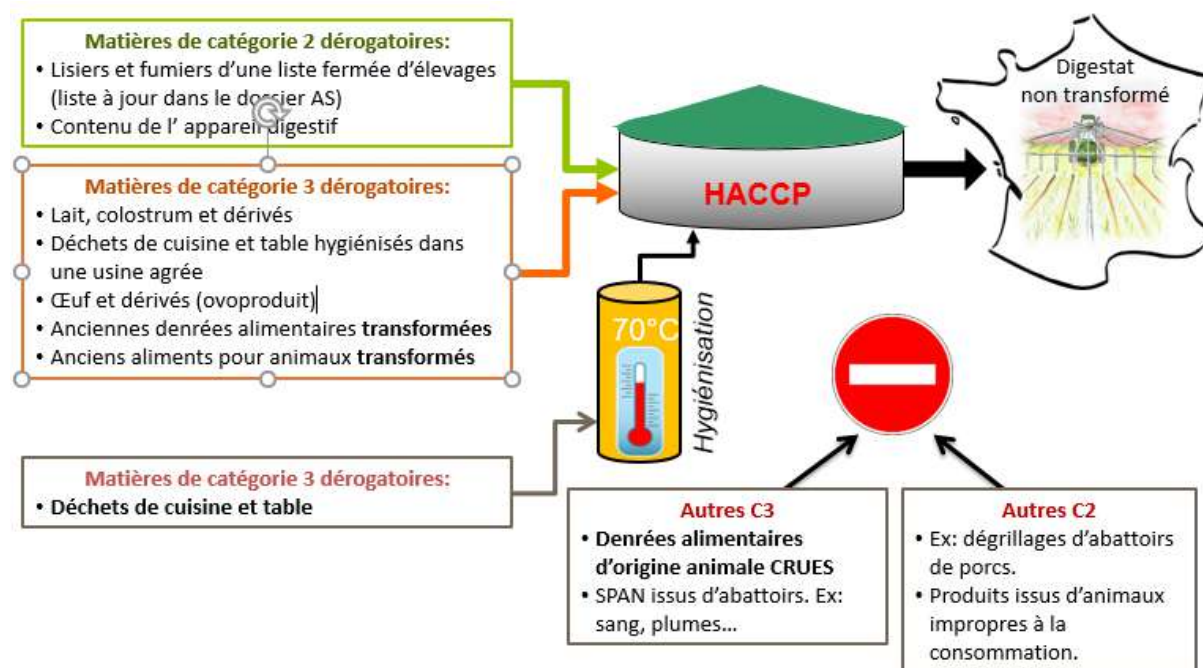
➔ Sans hygiénisation préalable, seuls les intrants cités ci-dessus sont possibles. Les déchets de cuisine et table, les soupes de biodéchets et autres déchets alimentaires d'origine animale ne peuvent être admis sur le site.

L'instruction technique de janvier 2020 apporte une contrainte supplémentaire, en précisant qu'aucune dérogation à l'hygiénisation ne peut être accordée pour :

- un tonnage annuel d'effluents d'élevage excédant 30 000 tonnes ;
- ou lorsque les effluents d'élevage proviennent de plus d'une dizaine d'élevages.

A noter que la notion de "dizaine" est laissée à l'interprétation des inspecteurs-trices : en fonction du contexte sanitaire local et du plan de maîtrise sanitaire présenté par les porteurs de projets, une demande de dérogation pourrait être refusée à un collectif de huit exploitations, mais accordée à un collectif de quinze fermes.

Cas de figure C : dérogation avec hygiénisation partielle pour les DCT



Dans ce cas de figure, une dérogation à l'hygiénisation est possible pour les SPAn C2 (lisiers, fumiers par exemple) et certains C3, et les déchets de cuisine et table sont hygiénisés.

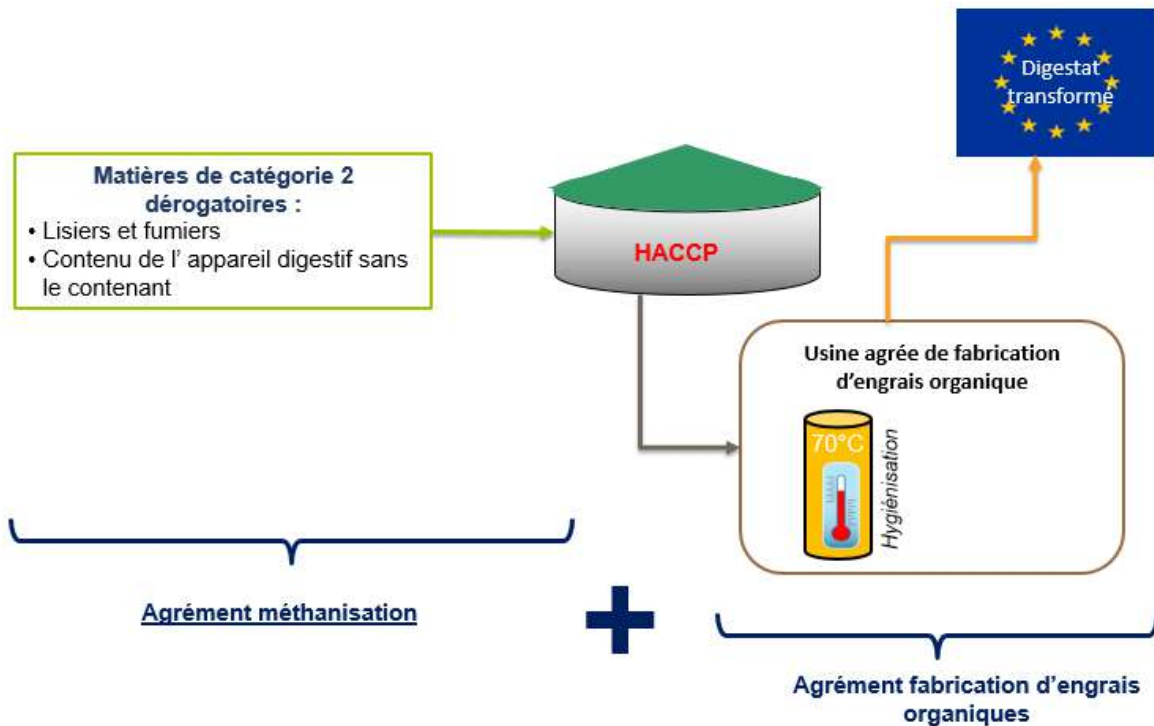
➔ **Les déchets de cuisine et table sont les seuls SPAn C3, que l'on peut hygiéniser sur site, tout en dérogeant à l'obligation de traiter aussi les lisiers et fumiers.** Les denrées alimentaires d'origine animale non transformées¹ (cru) ne peuvent pas être admises sur un site qui souhaite déroger à l'hygiénisation des effluents d'élevage.

Autrement dit, si le site prévoit d'utiliser des SPAn de catégorie 3 tels que : des soupes de biodéchets qui proviennent de GMS par exemple, des déchets d'abattoirs... alors **tous les sous-produits animaux méthanisés devront passer par l'étape d'hygiénisation.** C'est le cas de figure "général" présenté en cas A.

Cas de figure D : hygiénisation de tous les SPAn en aval

Lorsqu'il n'y a que des lisiers, fumiers ou contenu de l'appareil digestif comme SPAn dans les intrants, l'article 8 de l'arrêté de 2018 laisse la possibilité de demander une dérogation à l'hygiénisation en amont, si le digestat subit un traitement ultérieur, dans une usine agréée avec une étape à 70°C/ 1 heure (compostage, fabrication d'engrais organique). Il est donc possible dans ce cas de figure de procéder à l'hygiénisation en aval, à condition que l'unité possède un double agrément sanitaire : l'une pour la méthanisation, l'autre pour l'étape de fabrication de compost ou d'engrais (= transformation par compostage ou pasteurisation/hygiénisation).

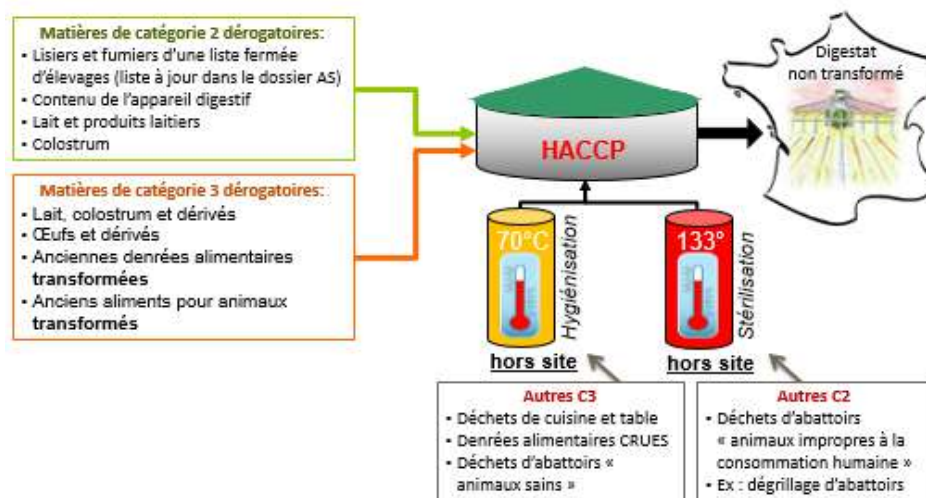
¹ La notion de transformé fait ici référence au règlement 852/2004 relatif à l'hygiène des produits alimentaires : transformation par cuisson, salaison, fumaison, maturation, dessiccation, marinage, extraction, extrusion. Exemple : biscuits, saumon fumé..



➔ C'est ce cas de figure qui sera privilégié pour des raisons techniques dans le cas d'un volume important à hygiéniser de matières fibreuses, difficiles à pomper, comme les fumiers. (Voir paragraphe 2.2.8).

Cas de figure E : hygiénisation hors site

Dans le cas où les SPAn sont hygiénisés en dehors du site, alors il est possible de déroger à l'hygiénisation pour les SPAn suivant :



Ainsi, contrairement au cas de figure C, si l'hygiénisation se réalise sur un site dédié, une plus grande variété d'intrants peuvent être hygiénisés, **tout en conservant** une dérogation à l'hygiénisation des effluents d'élevage **sur le site de méthanisation**. La notion de "hors site" doit s'entendre de la façon suivante : le site d'hygiénisation doit être "au plus près" des producteurs de SPAn (point de départ), et bien distinct du site de méthanisation. La notion

“au plus près” pouvant être difficile à interpréter lorsque le site d'hygiénisation (souvent associé à du déconditionnement) collecte des SPAn de plusieurs producteurs. Ce site de traitement des SPAn doit avoir un agrément sanitaire pour son activité de manipulation et de traitement des SPAn.

1.5. L'encadrement réglementaire des consommations énergétiques

1.5.1. Dans les arrêtés définissant les tarifs d'achat du biométhane

Les consommations énergétiques des sites en injection de biométhane sont encadrées par les décrets définissant les tarifs d'achat :

- [Dans l'arrêté du 23 novembre 2011](#) : pour les contrats signés avant le 24 novembre 2020
- [Dans l'arrêté du 23 novembre 2020](#) : pour les contrats signés à partir du 25 novembre 2020

Dans les deux arrêtés, il est écrit que le chauffage du digesteur doit être satisfait par l'énergie issue du biogaz ou du biométhane.

Concernant la fourniture des besoins en chaleur de l'hygiénisation, l'interprétation actuelle des textes par la DGEC est la suivante :

- En amont de la digestion, la ligne hygiénisation ne ferait pas partie du périmètre de la méthanisation, il n'y aurait alors pas de contraintes sur le type d'énergie utilisée pour le chauffage ;
- En aval de la digestion, l'hygiénisation du digestat ne pourrait être dissociée du périmètre de la méthanisation, il ne serait pas possible d'utiliser une énergie fossile pour les besoins en chaleur de l'hygiénisation.

Il n'est rien précisé quant à la possibilité ou non de récupérer de la thermie issue de l'hygiénisation.

De nouvelles instructions pourraient être données sur l'interprétation des arrêtés postérieurement à la parution de ce guide. Des précisions sont également attendues pour l'arrêté pérenne de rachat du biométhane (post 2021).

Il est conseillé de vérifier la conformité réglementaire de la configuration envisagée au moment de son installation (lors de la demande d'attestation préfectorale auprès de sa DREAL par exemple).

1.5.2. Directive RED II

Une première directive relative aux énergies renouvelables (RED I), adoptée en 2009, a mis en place des exigences de durabilité et de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour les carburants produits à partir de biomasse dont le bioGNV faisait partie. [La deuxième directive \(RED II\)](#) adoptée en décembre 2018 par l'Union Européenne et transposée dans le droit Français par [l'ordonnance du 3 mars 2021](#). Plusieurs arrêtés sont attendus sur la mise en œuvre de cette directive.

Cette directive concerne,

- Pour les obligations de réduction des émissions de gaz à effet de serre, les sites de production de biogaz de plus de 2 MWth (seuil transcrit en droit français par la

consommation annuelle de 19,5 GWh PCS (ce qui correspond aux unités de plus de 225 Nm³ CH₄/h).

- Pour les objectifs de durabilité, les mêmes sites quelques soit l'année de mise en service.

L'ordonnance introduit un potentiel de réduction des émissions de GES par rapport à la production de kWh fossile de 70% pour les sites mis en service jusqu'en 2025 puis 80% pour les installations mises en services à partir de 2026.

=> Il sera donc nécessaire de vérifier le respect de ce critère sur toute l'installation, en prenant en compte les besoins thermiques de l'hygiénisation.

La directive RED II est en cours de révision et le prochain seuil devrait être de 200 Nm³ CH₄/h

2. PARTIE 2 : MISE EN OEUVRE TECHNIQUE

2.1. Éléments de contexte

Le principe général d'une ligne d'hygiénisation peut être décrit par le schéma suivant :



Cependant ce schéma simpliste ne saurait rendre compte de la diversité des configurations possibles liée à la nature potentielle des intrants : ils peuvent être conditionnés ou non, liquides, pâteux, solides, fibreux, hétérogènes, secs ou humides.

La diversité des gisements à hygiéniser induit une complexité dans sa mise en œuvre technique.

La chauffe de la matière est fortement consommatrice d'énergie. Elle induit donc des choix techniques majeurs qui peuvent conduire à des couples OPEX/CAPEX très différents : chauffage interne ou externe, avec ou sans récupération de chaleur.

Les références actuelles sont peu nombreuses et concernent essentiellement des configurations dans lesquelles une faible part des intrants est hygiénisée ou dans lesquelles la chaleur disponible est excédentaire (cogénération).

Une première difficulté naît du manque d'information généralement à disposition des porteurs de projets sur les caractéristiques des intrants à hygiéniser au moment des études de conception.

Une seconde difficulté naît du manque de références de la filière pour des configurations atypiques.

Ce guide a pour objectif de décrire les problématiques potentielles et de représenter les solutions possibles en fonction d'éléments de contexte propres à chaque projet. **Il ne se substitue en aucun cas à l'accompagnement d'un bureau d'études.**



2.2. Description des équipements et points de vigilance

Une présentation des principaux équipements qui composent une ligne d'hygiénisation sont décrits ci-dessous. Les différents modèles de ces équipements qui ont pu être rencontrés lors des entretiens sont détaillés dans les fiches REX en Annexe 1.

2.2.1. Le pompage

Sur une ligne d'hygiénisation standard, les pompes sont utilisées pour récupérer les intrants à hygiéniser depuis leur zone de stockage en direction de l'étape de broyage en amont de la cuve d'hygiénisation, pour refouler la matière hygiénisée vers l'unité de méthanisation (cuve tampon ou digesteur) et parfois pour recirculer la matière en tête des cuves afin d'améliorer le brassage.

Il existe différentes technologies de pompes :

	Pompes volumétriques	Pompes centrifuge
Exemples	<i>les pompes à lobes, péristaltiques, à engrenages, à vis excentrée (hélicoïdales dites « à queue de cochon »), à membranes</i>	<i>les pompes dilacératrices, à volutes</i>
Adapté pour	Intrants visqueux (graisses)	Intrants fibreux ou contenant des particules solides
	 <p><i>Ex de pompe à vis excentrée</i></p>	 <p><i>Ex de pompe dilacératrice</i></p>

Le porteur de projet ou l'exploitant devra être attentif à certains aspects techniques pour le choix de la pompe, à faire confirmer par le fournisseur (voir encadré).

Notons également que pour des intrants peu pompables et/ou avec une granulométrie importante (fumier, etc.), une partie du convoyage peut être réalisée via des vis sans fin, tapis motorisé, etc.


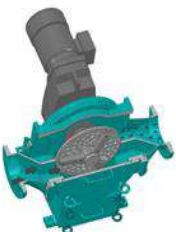
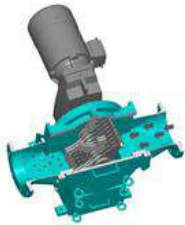
Critères à prendre en compte

- Choix du matériau de la pompe adapté à la corrosivité et à la température des produits
- Possibilité d'y ajouter une trémie, un piège à caillou
- Possibilité d'inverser le flux
- Emprise au sol : certaines pompes sont plus compactes (ex : les pompes péristaltiques plutôt que les pompes à rotor excentré)
- Facilité d'entretien et de maintenance : l'utilisation de pompes hors plage de fonctionnement optimal augmente l'usure de ses pièces métalliques peuvent entraîner des coûts de maintenance élevés
- CAPEX/OPEX

2.2.2. Le broyage

Les broyeurs sont installés directement en aval des équipements de convoyage (pompes, vis sans fin...), dans le sens du liquide.

Il existe différents types de broyeurs :

	Broyeur à couteaux	Broyeur à grille	Broyeur grossier
Adapté pour	Intrants non pompables (gravité), intrants avec forte teneur en solide, intrants corrosifs	Boues, fluides Version ATEX possible	Pour les fluides à broyer avec une forte granulométrie en matières solides
	 <i>Ex de broyeur à couteaux</i>	 <i>Ex de broyeur à grilles</i>	

Le choix du broyeur est à bien valider avec le fournisseur.

Nombre de broyeurs : la réglementation impose un broyage permettant d'atteindre une granulométrie inférieure à 12 mm (broyeur à grille) pour tous les SPAN C3. Selon la dimension et le type d'intrants, il pourra s'avérer nécessaire d'installer un pré-broyage en amont du broyage réglementaire : pour les intrants de type longs os par exemple.

Critères à prendre en compte

- Granulométrie et corrosivité des intrants
- Présence d'indésirables
- Possibilité d'inverser le flux
- Encombrement : il faut arriver à positionner le broyeur dans la ligne de flux
- CAPEX/OPEX : les consommations électriques peuvent être importantes

2.2.3. La/ les cuves d'hygiénisation

La matière à hygiéniser séjourne ensuite pendant à minima 60 minutes dans une cuve.

Il est important de prévoir des moyens d'accès pour la maintenance et la surveillance en toute sécurité pour l'exploitant : échelle à crinoline, plateforme d'accès, trappe d'accès, fond conique pour la sédimentation facilitée des sédiments...

Critères à prendre en compte

- Agitation de puissance suffisante
- Qualité de l'isolation pour optimiser le bilan énergétique global
- Matériau de la cuve : Inox, plastique ou fibre de verre



	Une seule cuve	Plusieurs cuves en parallèle
Adapté pour	Les faibles quantités d'intrants	Les volumes importants Lorsque l'on prévoit de la récupération de chaleur.
Avantages	Solution la moins onéreuse	Permet d'optimiser les cycles : plus de souplesse, plus de capacité de traitement Permet de faciliter la récupération de chaleur.

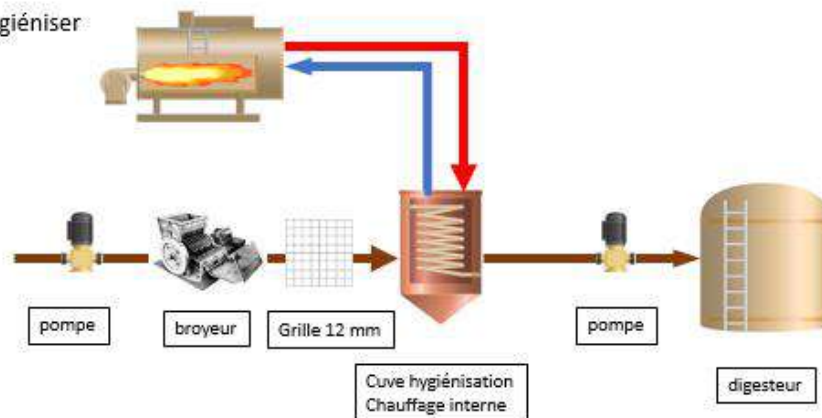


FAUT-IL UNE OU PLUSIEURS CUVES ?

Configuration : une seule cuve

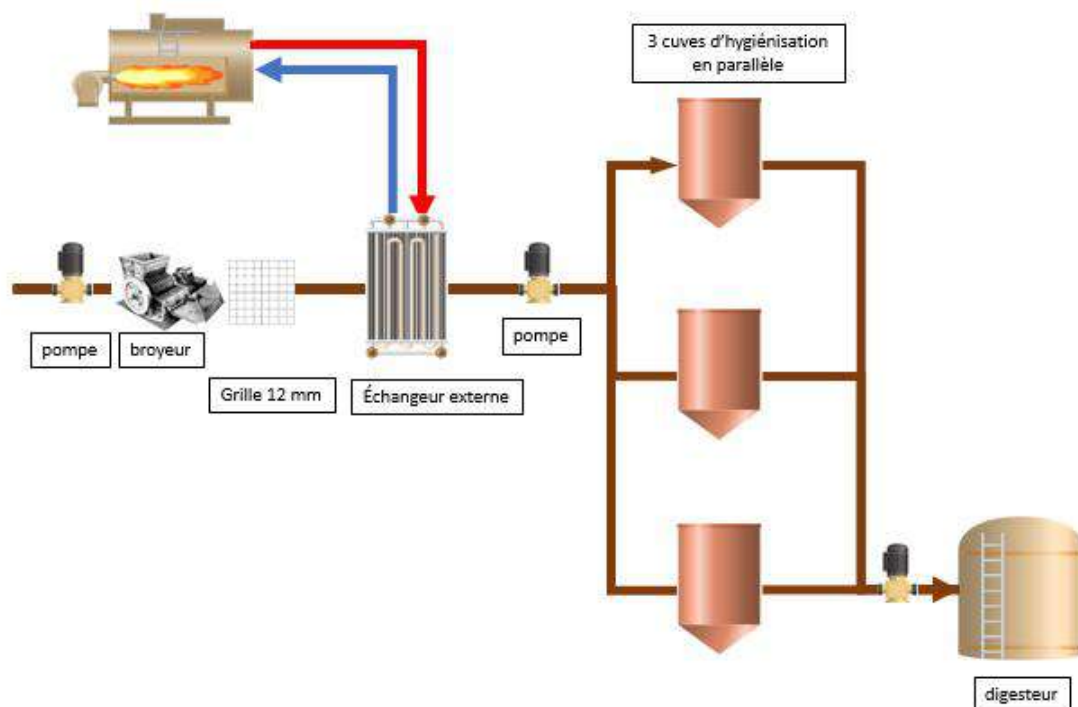
C'est la configuration la plus fréquente et la moins onéreuse.

✓ **Faible** tonnage à hygiéniser



Configuration : plusieurs cuves en parallèles

✓ Fort/très fort tonnage à hygiéniser



En général, pendant qu'une cuve se vide, la seconde peut se remplir et la 3ème peut être en cours de traitement. Les 3 cuves peuvent donc travailler en semi-continu, avec optimisation des temps.

Voici une représentation des cycles (scénarios à 3 cuves).

Cycle à 3 cuves		Heures / jour																							
		0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
module 1	chargement matière	[Barres vertes]																							
	montée à 70°C	[Barres oranges]																							
	hygiénisation à 70°C	[Barres bleues]																							
déchargement matière		[Barres jaunes]																							
module 2	chargement matière	[Barres vertes]																							
	montée à 70°C	[Barres oranges]																							
	hygiénisation à 70°C	[Barres bleues]																							
déchargement matière		[Barres jaunes]																							
module 3	chargement matière	[Barres vertes]																							
	montée à 70°C	[Barres oranges]																							
	hygiénisation à 70°C	[Barres bleues]																							
déchargement matière		[Barres jaunes]																							
TOTAL	montée à 72°C	[Barre orange continue]																							
	Puissance hygiénisation	[Barre bleue continue]																							
	déchargement matière	[Barre jaune continue]																							

Exemple de cycle pour une configuration à 3 cuves en parallèles – fonctionnement 12 h

Une configuration à 2 cuves est également possible, les cycles étant moins optimisés, mais dans certains cas, ce type de configuration peut être pertinent (moins onéreux notamment).

2.2.4. Le chauffage

Le chauffage peut être réalisé en interne (cuve isolée avec serpentin interne, ou cuve double peau) et/ou en externe (échangeurs thermiques en amont de la cuve). Les deux configurations ont été rencontrées lors des entretiens.

Il existe plusieurs types d'échangeurs de chaleur. Le choix va dépendre de nombreux paramètres tels que : les propriétés physiques des fluides, leur agressivité, les températures ainsi que les pressions de service de ces fluides. Les contraintes d'encombrement et de maintenance doivent aussi être prises en compte, ainsi que les coûts d'investissement.

QUEL MODE DE CHAUFFAGE PRIVILEGIER ?

	Chauffage interne	Echangeur externe
Exemples	Serpentins, paroi double peau (bain marie)	Echangeur tubulaire, échangeur spiralé
Adapté pour	Faibles volumes. Exemple : traitement des déchets de cuisine et table	Volumes plus importants
Avantages	<p>Système moins onéreux Système moins sensible à la viscosité des matières</p> <p>Les serpentins internes peuvent parfois entraîner des difficultés de nettoyage des cuves (certains solides peuvent rester figés aux serpentins et difficiles d'accès).</p>	Temps de chauffe courts grâce à la surface d'échange importante
Inconvénients	Temps de montée en température longs (la surface d'échange étant faible)	<p>Coût d'investissement Encrassement à surveiller Risque de perte de charges : attention à la viscosité des matières Emprise au sol plus importante pour les échangeurs tubulaires</p>
	 <p>Ex de serpentins interne</p>	 <p>Ex d'échangeur tubulaire</p>

La liste des principaux échangeurs de chaleur utilisés ainsi que leurs spécificités sont précisées en [Annexe 2](#).

2.2.5. La récupération de chaleur

FAUT-IL PREVOIR UNE RECUPERATION DE LA CHALEUR ?

Dans le cas d'une **hygiénisation amont**, la matière chauffée à 70°C peut être directement intégrée aux digesteurs jusqu'à une certaine limite, il n'est alors pas nécessaire de refroidir la matière hygiénisée avant son introduction. Cette limite se situe environ à un tiers du mélange. (s'il n'y a pas de stockage tampon). Une récupération de chaleur ne sera alors pas envisagée.

Si la proportion d'intrants à hygiéniser est élevée (> 35 % de la ration totale) alors on peut se trouver en excès de chaleur, ce qui risque d'élever la température du digesteur et compromettre le fonctionnement de la biologie. Il est alors nécessaire de refroidir la matière hygiénisée. Deux solutions à cela :

- refroidir le mélange : la chaleur est alors perdue, mais l'investissement supplémentaire est faible.
- récupérer une partie de la chaleur pour préchauffer les intrants avant leur hygiénisation : l'investissement est plus élevé mais peut facilement être compensé par les gains sur la consommation d'énergie.

Dans un projet en injection, la récupération de chaleur va permettre de moins consommer de biogaz/biométhane et donc d'améliorer les recettes du projet.

Dans le cas d'une hygiénisation AVAL, le refroidissement des digestats hygiénisés n'est pas nécessaire pour la biologie mais peut s'avérer préférable pour des questions énergétiques et d'odeurs (un digestat chaud est plus susceptible d'émettre des odeurs notamment par re fermentation). Si aucun système de récupération n'est prévu, la totalité de l'énergie consommée pour l'hygiénisation est perdue, l'efficacité énergétique est mauvaise.

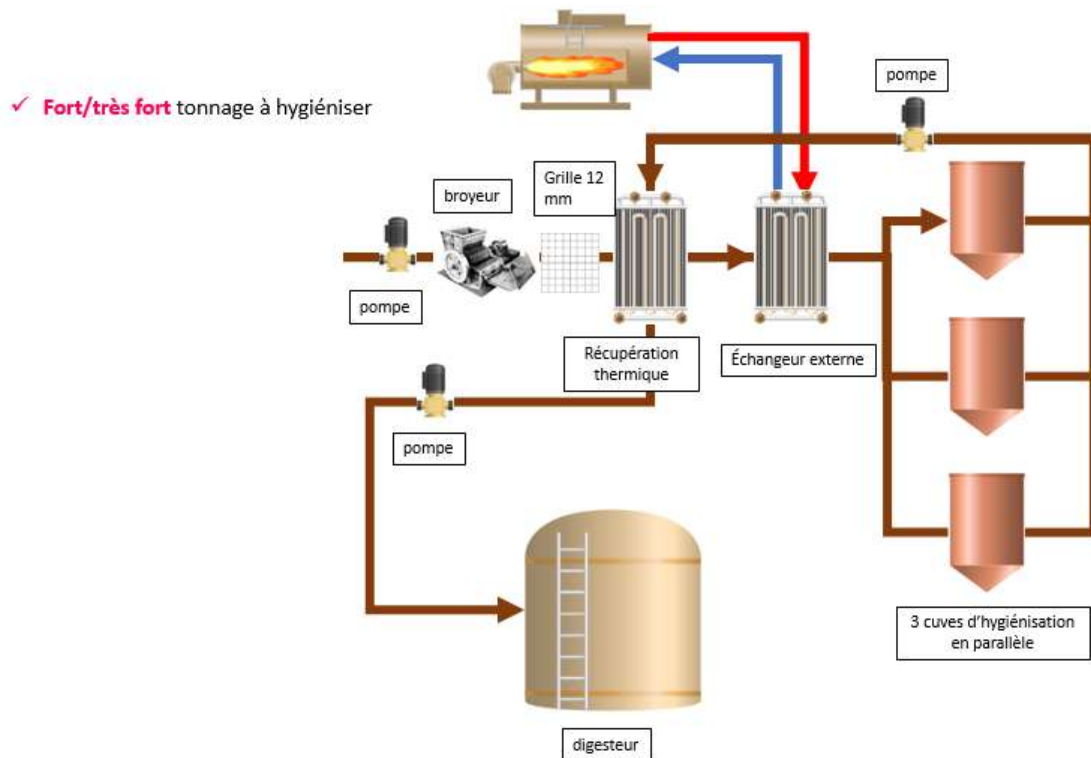
Configurations possibles :

Système	Sans récupération thermique	Dissipation par aéroréfrigérant	Récupération directe "boue-boue"	Récupération indirecte via une pompe à chaleur
Avantages	Pas d'investissement supplémentaire		Système relativement simple	Chaleur récupérée potentiellement élevée (jusqu'à 80%) peut être utilisée pour la chauffe du digesteur et/ou de l'hygiénisation
Inconvénients	Volume à hygiéniser limité Pilotage de l'introduction dans le digesteur	Peu recommandé : investissement significatif et aucune récupération de chaleur	La récupération de chaleur est partielle : 40% maximum de la chaleur consommée	Pas de références Investissement élevé

La récupération thermique est plus aisément et plus logiquement mise en place dans le fonctionnement à plusieurs cuves en parallèle en couplant judicieusement les temps de vidanges et de remplissages des cuves d'hygiénisation.

Pour le porteur de projet ou l'exploitant, il est recommandé de se faire accompagner par un bureau d'étude afin d'évaluer la pertinence de cette option sur le projet et d'en assurer le bon dimensionnement.

Configuration : AVEC récupération de chaleur



2.2.6. Instrumentation

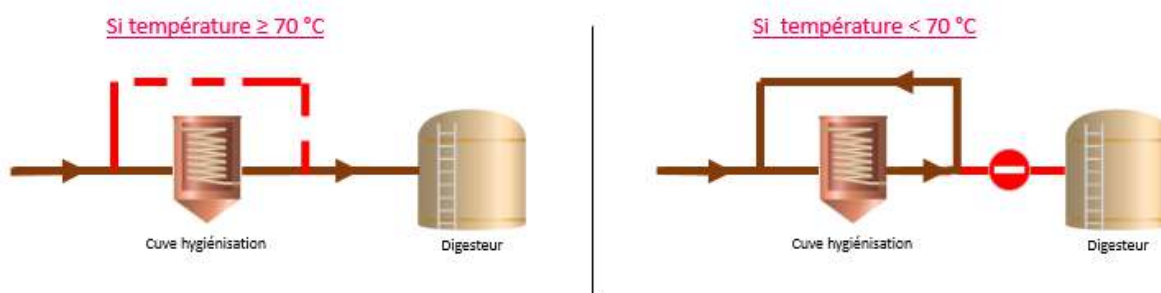
La liste ci-dessous n'est pas exhaustive, et ne concerne que les équipements qui semblent indispensables.

Il reste à l'appréciation du porteur de projet, AMO, MOE et/ou concepteur de définir les équipements d'instrumentation qui semblent indispensables.

L'unité de pasteurisation/hygiénisation doit être munie:

- a) d'installations permettant de contrôler que la température de 70 °C est atteinte dans le laps de temps d'une heure;
- b) d'enregistreurs permettant d'enregistrer en permanence les résultats des mesures de contrôle visées au point a); et
- c) d'un système adéquat permettant de prévenir tout problème de montée en température insuffisante.

Pour ce dernier point, si les 70°C n'ont pas été atteints pendant 60 minutes de façon continue, la solution la plus fréquemment rencontrée est la vidange complète pour réintégration en tête (ou dans une cuve tampon amont) de la matière contenue dans la cuve d'hygiénisation (voir représentation ci-dessous). Ce fonctionnement doit être totalement automatisé.



Afin notamment de détecter des arrêts/blocages involontaires ou d'éventuelles fuites, il est également conseillé d'installer des sondes de pression amont/aval à minima sur les équipements suivants :

- système de pompage ;
- système de broyage ;
- échangeur à boue.

Pour les sondes de niveau des cuves d'hygiénisation, il peut être conseillé d'installer en partie "très haute" une sonde de niveau capable de détecter la présence de mousse.

2.2.7. Autres équipements : stockages et convoyage

Selon les spécificités du projet, à l'unité standard de pasteurisation/hygiénisation, peut nécessiter l'intégration d'équipements supplémentaires, notamment pour la gestion et le stockage (amont/aval).

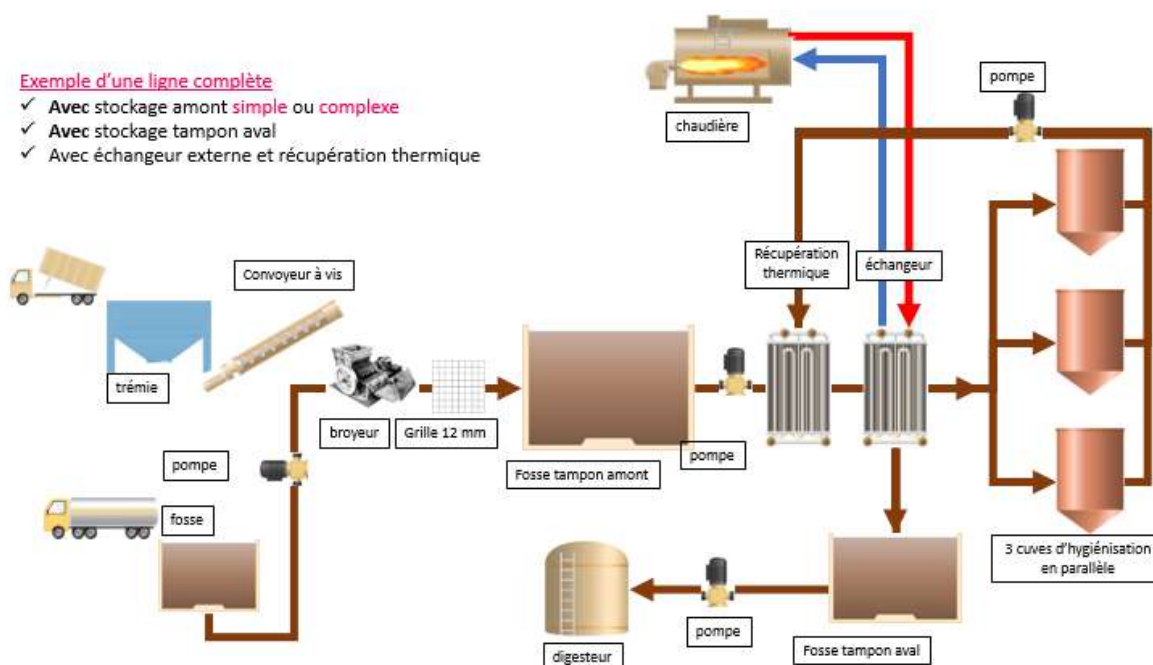


Schéma d'une unité d'hygiénisation complète

Les équipements de stockage et convoyage peuvent représenter des coûts d'investissements importants. C'est pourquoi, lors de la conception, il est nécessaire d'avoir une maîtrise fine des

besoins et de la manière dont seront gérés les intrants (fréquence d'approvisionnement, type d'intrants, besoin de stockage, contrainte réglementaire particulière, etc.). L'intégration de ces équipements dans le lot "hygiénisation" peut expliquer des écarts importants de coûts dans les offres proposées par les fournisseurs. C'est un des facteurs qui explique les grands écarts sur les CAPEX proposés par les entreprises qui ont répondu au Benchmark (voir § 3).

2.2.8. Positionnement de la ligne hygiénisation par rapport au digesteur : AMONT ou AVAL ?

Dans la réglementation sanitaire, le principe général est d'hygiéniser en AMONT de la digestion (voir § 1). Il est néanmoins possible dans certains cas de demander une dérogation pour hygiéniser les SPAn en sortie de digestion (voir § 1.4, cas type D).

Lorsque la proportion d'intrants fibreux et difficiles à préparer est élevée alors préférable de positionner la ligne hygiénisation en AVAL.

C'est le cas des projets agricoles avec un fort tonnage de fumiers. Un positionnement AMONT engendrerait une dilution importante de la soupe à hygiéniser et donc des consommations énergétiques bien plus importantes.

En AVAL, les fibres sont alors digérées, les indésirables ont été piégés en amont et la soupe est plus facilement pompable, le passage de 40 à 70°C sera plus rapide. Il est alors conseillé de mettre en place une récupération thermique : les surcoûts étant largement compensés par les économies d'énergie.

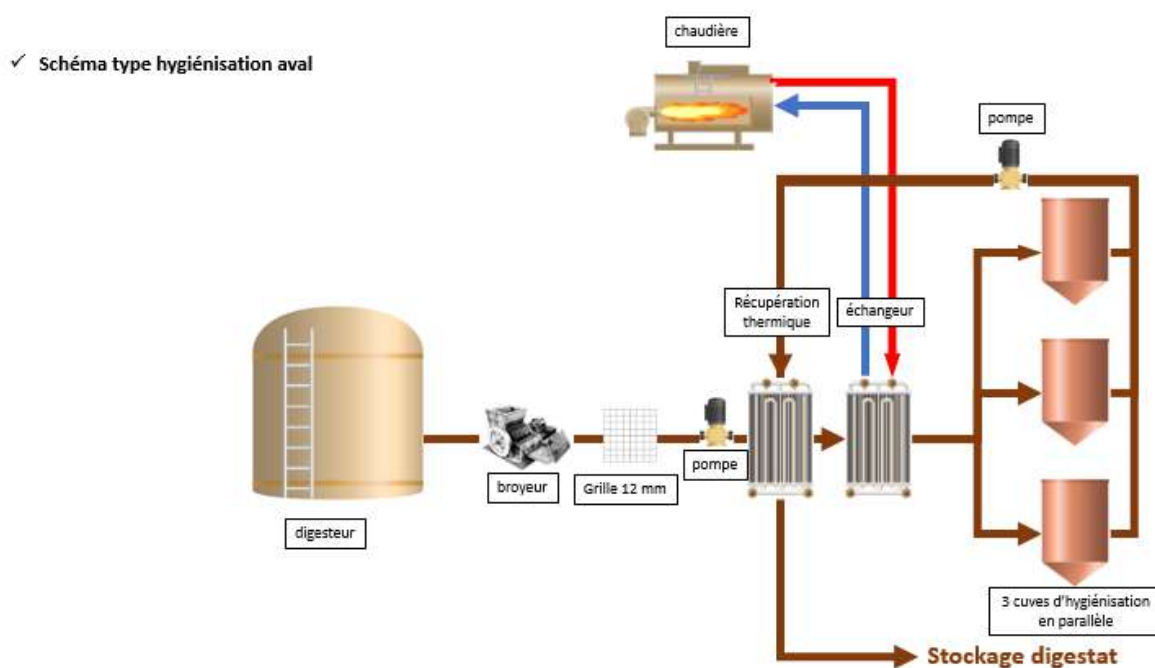


Schéma d'une unité de pasteurisation/ hygiénisation positionnée en aval, avec récupération de chaleur

Pour rappel, aucun C3, ou C2 autre que lisier (effluents d'élevage), contenu du tube digestif, n'est autorisé dans cette configuration.

SYNTHESE DES CHOIX TECHNIQUES A FAIRE

- Le choix du nombre de cuve : 1 ou plusieurs en parallèles
- Le choix du mode de chauffage : interne ou échangeur externe
- La récupération ou non de la chaleur
- Le positionnement de l'hygiénisation en amont ou en aval de la digestion

Le tableau ci-dessous résume les avantages et inconvénients des choix à faire sur ces briques technologiques. Des schémas-types représentant les principales combinaisons possibles figurent en Annexe 3.

	Chauffage interne Schémas-types n°1, 3, 4, 6	Echangeur externe Schémas-types n° 2,5,7,8, 9	Plusieurs cuves en parallèle Schémas-types n° 4 à 9	Avec récupération thermique Schémas-types n° 3, 6, 8, 9	Positionnement AVAL Schémas-types n° 8
Capacité	Faible	Modérée	Très forte		
Type intrants	Peu fibreux	Faible siccité, très peu fibreux			Tout type, donc fibreux (Fumiers)
Références	Nombreuses	Faibles	Très faibles	Très faibles	Très faibles
Investissement	Faible	Modéré	Fort	Très fort	Fort
Facilité d'exploitation	Simple	Modéré		Complexe	
Adaptabilité	Faible	Modérée	Modérée	Souplesse sur le volume du gisement (refroidissement)	Plus de souplesse : la nature des gisements n'impacte pas

2.3. Points de vigilance

2.3.1. Pompage de la matière

Une ligne d'hygiénisation fonctionne en voie liquide, c'est-à-dire que la matière doit être pompable et exempte d'éléments grossiers. Le pompage dépend de la viscosité de la matière, or il est très difficile de prédire la viscosité d'un mélange sans mesure en laboratoire.

Les constructeurs ne peuvent pas prendre d'engagements sur le pompage d'un mélange brut s'il n'est pas clairement liquide (exemple : lactosérum). Afin de liquéfier le mélange et de le rendre pompable, une dilution à l'eau ou une recirculation est parfois nécessaire et peut considérablement augmenter le volume à hygiéniser et donc les OPEX et CAPEX.

La siccité, souvent utilisée comme référence pour qualifier la pompabilité, n'est pas un indicateur suffisant. En effet, certains produits ont une viscosité très variable pour une même siccité. A titre d'exemple, la siccité classiquement considérée comme limite de pompabilité pour les effluents d'élevage est de 15%, or certains intrants sont pompables à des siccités bien supérieur (sang non coagulé, matières grasses à température ambiante). Une soupe de déconditionnement de déchets de GMS est pompable à une siccité de 18 à 20% environ.

Les seuils de siccité appliqués aujourd'hui par la filière sont parfois trop sécuritaires, autour de 10-15 % de matières sèches. Cette phase de qualification du mélange à hygiéniser est complexe, mais elle représente un fort enjeu pour affiner le dimensionnement de l'unité.

La pompabilité dépend également des pompes et échangeurs thermiques utilisés, de la température du mélange et de la finesse du broyage. Il est recommandé, si le mix d'intrant est complexe, de procéder à des mesures spécifiques de viscosité.

2.3.2. Gestion des indésirables

La gestion des indésirables est cruciale pour protéger les équipements et maîtriser les coûts de maintenance. Les biodéchets à déconditionner, les fumiers sont des matières pour lesquelles la présence d'indésirables est fréquente : plastique et verre pour les biodéchets, cailloux et ficelles pour les fumiers.

2.3.3. Plage de fonctionnement

Un des paramètres fondamentaux dans le dimensionnement est de bien identifier les plages de fonctionnement.

Les plages de fonctionnement sont souvent définies en temps de fonctionnement journalier (heures/jour) et/ou hebdomadaire (jour/semaine) et/ou annuel.

Il est tout à fait cohérent de vouloir avoir de la souplesse, d'autant plus qu'en exploitation, le gisement à hygiéniser est souvent amené à évoluer. Toutefois ce besoin de souplesse entraîne indubitablement des coûts d'investissements plus élevés.

A titre d'exemple, pour une unité devant hygiéniser un certain volume, considérer une plage de fonctionnement de 10 h/j, 5j/7 peut entraîner un surdimensionnement par 2 ou 3, par rapport à un fonctionnement continu (24h/24, 7j/7).

Les porteurs de projets doivent bien appréhender ce sujet, et ne pas hésiter à se faire accompagner par des sachants (bureau d'étude, concepteur, développeur), afin de sécuriser les enjeux économiques et techniques.

2.3.4. Fréquence d'approvisionnement / saisonnalité

La saisonnalité du gisement est un paramètre qui se regarde à une échelle longue (plusieurs mois), tandis que la fréquence d'approvisionnement est un paramètre court-terme. Toutefois, ces 2 paramètres ont un impact semblable. En y intégrant également le paramètre plage de fonctionnement (expliqué ci-dessus), ils conditionnent le dimensionnement de la ligne d'hygiénisation.

Mal appréhendés, ils peuvent entraîner un surdimensionnement fort de la ligne d'hygiénisation et donc des coûts d'investissement associés.

Ils doivent donc être définis et réfléchis minutieusement, dès le commencement, et en concertation avec l'administration locale garantissant le respect des exigences réglementaires.

In fine, pour assurer la rentabilité du projet, des modifications fortes sur le gisement sont parfois nécessaires.

La maîtrise de la fréquence d'approvisionnement des matières à hygiéniser est d'autant plus importante s'il y a des exigences réglementaires et/ou sanitaires d'hygiéniser la matière dans un laps de temps court. Certains projets ont pu être fortement impactés par cette contrainte, mettant parfois en péril la rentabilité même du projet.

Le dimensionnement du stockage tampon amont, permettant de lisser cette saisonnalité, doit également être réfléchi. Un temps trop court pourrait amener à un surdimensionnement de l'unité, tandis qu'un temps trop long risquerait d'entraîner une perte du pouvoir méthanogène et un risque de développement microbien trop important.

Le stockage en aval de l'hygiénisation peut parfois être nécessaire, afin de tamponner l'alimentation du digesteur en intrants souvent très méthanogènes (risques acidose, moussage, etc.).

Si la durée de stockage amont et aval est longue, il peut être envisagé d'y collecter le biogaz produit.

2.3.5. Agitation

Des enquêtes réalisées auprès d'exploitants et de concepteurs d'unité d'hygiénisation ont fait ressortir que l'agitation de la cuve est un paramètre fort et sensible.

En effet, pour les systèmes disposant d'échangeur de chaleur interne surfacique, la qualité de l'agitation (dimensionnement, type, nombre de pâles, nombre de niveaux, durée, etc.) a permis, dans plusieurs cas, d'améliorer la durée de montée en température. Le choix de l'agitateur semble donc être un paramètre impactant le dimensionnement de la ligne d'hygiénisation.

L'arbre de(s) agitateur(s) est généralement situé à l'intérieur des cuves, au sein d'un milieu composé de liquide à pH plus ou moins variable ou d'une partie gazeuse qui contient notamment de l'H₂S et du NH₃. Il est donc soumis à des agressions chimiques fortes (corrosion).

Pour limiter ce phénomène, la partie de l'agitation ainsi que les vis de fixations situées à l'intérieur des cuves d'hygiénisation doivent être réalisées en acier inoxydable (grade inox à définir selon les risques).

Certaines entreprises ont fait le choix d'agiter les cuves via un système de recirculation, mais ce cas particulier semble plutôt adapté à des volumes de cuves faibles.

Enfin le graissage automatique des parties mobiles de l'agitation permet d'éviter les maintenances préventives ou curatives récurrentes.

2.3.6. Gestion des non-conformités

La gestion des non-conformités de l'étape d'hygiénisation est aussi un point important à prévoir dans la conception. Les non-conformités pouvant être de deux ordres :

- La température minimale de 70 °C n'a pas été atteinte pendant 60 minutes consécutives ;
- La granulométrie de 12 mm maximum n'est pas respectée (les effluents d'élevage n'étant pas concernés).

Pour le couple temps-température, soit le mélange repart en tête (dans la fosse tampon amont) soit le liquide est maintenu plus longtemps jusqu'à obtention du couple 70°C/1 heure.

Dans le cas d'un chauffage par échangeur externe, où la cuve n'est pas chauffée, les intrants sont en général montés à 75-76 °C afin d'assurer une marge de sécurité pour qu'au bout de 60 minutes, le mélange ne descende pas en dessous de 70 °C.

Dans la configuration avec une seule cuve, un manque de thermie (puissance de chauffe insuffisante en hiver par exemple) peut entraîner un temps de présence beaucoup plus important dans la cuve et provoquer une difficulté dans la gestion de la réception des intrants (manque de stockage amont - "bouchon" en amont de la digestion).

Dans le cas d'une difficulté de broyage, le résultat sera le même : le temps des réparations/maintenance du broyeur, fait que la matière ne pourra pas être ingérée dans le digesteur.

Les stockages amont doivent prévoir ces aléas. Plusieurs exploitants ont fait remonter un manque de souplesse dans la gestion de leurs lots du fait de manque de stockage ou d'absence de dérivations.

2.3.7. Gestion des odeurs et des gaz

La soupe hygiénisée, chaude et homogène, part en fermentation très rapidement. Si elle doit être stockée de façon prolongée (plus d'une dizaine d'heures), sans système de refroidissement, avant son introduction dans le digesteur, le stockage devra être couvert et équipé de façon adéquate pour gérer la présence de gaz : matériaux adaptés, équipements de sécurité, envoi du gaz vers un équipement de valorisation ou de torchage.

2.3.8. Moussage

Certains exploitants nous ont fait remonter des cas de moussage, heureusement assez rares, dans leurs cuves d'hygiénisation. Ces exploitants disposaient d'huile pour arrêter le phénomène de moussage.

3. BENCHMARK - ÉTUDE DE CAS

3.1. Méthodologie

Le benchmark s'est déroulé en plusieurs étapes : les constructeurs/ fournisseurs ont été sollicités via le club biogaz et le cluster Méthatlantique. Des entretiens téléphoniques ont été réalisés avec chacune des entreprises souhaitant apparaître dans ce guide.

Trois cas-types leur ont été proposés représentant trois configurations potentiellement très différentes (voir paragraphe suivant).

Des enquêtes complémentaires auprès d'exploitants ont permis de confirmer les données. Les résultats sont une synthèse de ces enquêtes et ne représentent que des situations standards.

3.2. Etudes de cas

3.2.1. Présentation des cas-types

Les trois cas-types sont analysés d'un point de vue technique (dimensionnement), énergétique et économique (CAPEX/OPEX).

Les 3 études de cas se veulent d'être le plus représentatif des unités existantes et futures :

Cas	1	1bis	2	3	3bis
Tonnage à hygiéniser	2 000 t/an		17 000 t/an	50 000 t/an	
Type d'intrants à hygiéniser	Déchets de cuisine et de table		Biodéchets C3/fumiers/lisiers	Fumiers/lisiers	
Part d'intrant à hygiéniser	20%		75 %	100%	
Positionnement de l'hygiénisation	Amont		Amont	Aval	
Valorisation du biogaz	Cogénération	Injection	Injection	Injection	
Récupération de chaleur	NON		OUI	NON	OUI

3.2.2. Calcul des besoins thermiques

Par la variabilité des projets rencontrés, l'évolution de la réglementation, et les seuils de rentabilité parfois difficilement atteignable pour certains projets de méthanisation, **l'optimisation thermique de la filière hygiénisation devient de plus en plus cruciale.**

Pour chauffer la soupe à 70°C, différentes sources d'énergie peuvent être utilisées. Comme évoqué au § 1.5, la source d'énergie est néanmoins encadrée par les arrêtés tarifaires dans le cas de l'injection.

- **En cogénération**, la chaleur disponible issue du moteur est alors généralement suffisante pour les besoins de chaleur quelle que soit la configuration retenue. Les besoins sont à bien calculer en cas de vente de chaleur importante à des tiers.
- **En injection**, l'utilisation d'une autre source d'énergie que le biogaz ne serait laissée possible que lorsque l'hygiénisation est en **amont**. Le gaz naturel est la

solution la plus rentable économiquement (lorsque le site est situé sur une zone desservie en gaz et peut bénéficier d'un contrat de fourniture). Le fioul est à proscrire pour des raisons de coût énergétique et de bilan carbone plus médiocre que pour le gaz naturel.

- **En injection**, lorsque l'hygiénisation est positionnée en **aval**, l'interprétation actuelle laisse à penser que l'utilisation d'énergie fossile n'est pas possible.

Lorsque la configuration du site le permet, la récupération de chaleur fatale (une usine à proximité, un site de traitement de déchets.) est à privilégier. De même, l'utilisation d'une chaudière à biomasse pour remplacer le gaz naturel permettra d'améliorer le bilan carbone global de l'unité.

Enfin, la récupération de chaleur sur le produit chaud, comme évoqué au paragraphe précédent, est un facteur important dans le calcul des consommations énergétiques. Elle peut être réalisée directement sur le produit chaud ou par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur, cette dernière peut alors améliorer le potentiel de récupération. Un mix est possible (exemple : préchauffage par récupération de chaleur puis chauffage terminal ou maintien en température de la cuve au gaz naturel).

L'impact économique de l'autoconsommation de biogaz dans les projets en injection est calculé dans le tableau ci-après.

Dans le cas d'une hygiénisation amont sans recirculation, la température moyenne du mélange est comprise entre 12 et 16°C selon le type d'intrants. Dans le cas d'une hygiénisation aval, la température du mélange est celle du digesteur.

- Dans le cas d'une **hygiénisation amont** sans refroidissement (faible proportion d'intrant à hygiéniser), la totalité de l'énergie consommée est valorisée pour la chauffe du digesteur. En pratique, dans le cas d'une injection du biométhane, le gaz naturel consommé pour chauffer l'hygiénisation vient se substituer au biogaz qui aurait été consommé pour satisfaire ce besoin : la quantité de biométhane injectée sur le réseau est donc augmentée.
- Dans le cas d'une **hygiénisation amont** d'une importante partie des intrants **ou d'un positionnement aval**, en absence de récupération de chaleur, l'énergie consommée est une charge supplémentaire très significative.

CALCUL DES BESOINS THERMIQUES

Consommation énergétique pour la chauffe d'une soupe d'intrants ou de digestat à une siccité de 15% :

$$[\text{tonnage de MB annuel à hygiéniser}] \times [1.07] \times (70^\circ\text{C} - [\text{température du mélange}]) / 0.9$$

Le dénominateur 0.9 permet d'obtenir un résultat en **kWh PCS**

IMPACT DES CONSOMMATIONS THERMIQUES SUR LES 3 CAS EN INJECTION

Cas	1 bis	2	3	3 bis
Biométhane injecté (Nm ³ /h)	80	175	350	
Biométhane injecté (MWh PCS/an)	7 639	16 710	33 419	
Proportion de chaleur récupérée	0%	40%	0%	35%
T° de la matière entrée hygiénisation	14°C	14°C	39°C	
Besoin thermique de l'hygiénisation (MWh/an)	120	1020	1660	
Consommation associée ¹ (MWh/an)	133	680	1 843	1 200
Type d'énergie	Gaz naturel	Gaz naturel	Biogaz	Biogaz
Economie de biogaz ² (MWh PCS/an)	108	550	0	0
Impact sur la quantité de biométhane injecté	↗ +1.4%	↗ +3.3%	↘ -5.5%	↘ -3.6%
OPEX énergie hygiénisation³	- 3000 €/an	- 15 600 €/an	+ 166 000€/an	+ 108 000 €/an
OPEX énergie si utilisation de gaz naturel à la place du biogaz			+ 92 100€/an	+ 60 000 €/an

L'utilisation de gaz naturel permet des recettes supplémentaires par la vente de biométhane qui n'est pas autoconsommé.

Néanmoins, quelle que soit l'énergie utilisée, **l'unité de pasteurisation/hygiénisation est toujours un poste de dépenses supplémentaires** : investissements supplémentaires et dépenses de fonctionnement (suivi, maintenance, consommations électriques, main d'œuvre supplémentaire).

Des ratios, élaborés à partir de l'étude de cas proposé aux entreprises, figurent dans le tableau page suivante.

¹ Consommation par une chaudière

² En considérant que la chaleur de la soupe hygiénisée préchauffe le digesteur et limite les besoins thermiques pour le chauffage du digesteur

³ Gaz Naturel = 50€/MWh, Prix du biogaz = 90€/MWh

3.2.3. Synthèse des propositions des entreprises

Le résultat de la consultation des entreprises est résumé dans le tableau ci-dessous :

Cas	1	2	3 et 3bis
Type hygiénisation	échangeur interne	échangeur interne ou externe	échangeur interne ou externe
Durée chauffe	2 - 4 heures	2 - 4 heures	1 - 4 heures
Durée cycle complet	3 - 5 heures	4 - 5 heures	3 - 7 heures
Plage fonctionnement	10 - 24 h/j 5 - 7j/7	10 - 24 h/j 5 - 7j/7	15 - 24 h/j 5 - 7j/7
Encombrement	20 - 50 m ²	100 m ²	150 - 200 m ²
CAPEX	80 - 150 k€	150 - 500 k€	500 - 1 000 k€
Nb et volume cuve	1 cuve 2,5 - 5 m ³	2 cuves 10-15 m ³	2 ou 3 cuves 10 - 15 m ³
Consommations électriques	7 - 12 kWh/t MB	6 - 10 kWh/t MB	4 - 7 kWh/t MB
Conso thermique ¹	65 - 75 kWh/t MB entièrement assouvie par la cogénération	65 - 75 kWh/t MB sans récupération chaleur 40 - 50 kWh/t MB avec récupération de chaleur	40 - 50 kWh/t MB sans récupération chaleur 25 - 35 kWh/t MB avec récupération de chaleur
Puissance électrique	20 - 40 kW	20 - 40 kW	30 - 60 kW
Puissance thermique	100 - 200 kW	200 - 400 kW	400 - 700 kW récup chaleur 200 - 400 kW appoint
Coût maintenance	5 000 €/an	5 000 - 10 000 €/an	5 000 - 10 000 €/an
Temps homme	50 - 150 h/an	100 - 150 h/an	100 - 250 h/an
Limites de fournitures	hors trémie stockage amont - broyeur spécifique déconditionnement		

Les paramètres influant fortement sur les prix proposés par les entreprises sont les limites de fournitures/prestations et les plages de fonctionnement.

En effet, l'investissement peut être quasiment doublé en partant d'une configuration simplifiée (sans fourniture du broyeur ou des stockages par exemple) à une configuration complète, voire plus si l'unité se trouve sur un site dédié (aménagement du site, VRD.)

Enfin, les durées de fonctionnement, plus ou moins longues, induisent potentiellement un surdimensionnement (cf. § 2.3.3) et donc des coûts d'investissement plus importants.

¹ Paramètre dépendant principalement de la température des intrants et dans une moindre mesure du type d'intrants (capacité calorifique)

3.3. Benchmark

Ci-après figurent les entreprises ayant participé à l'enquête, par ordre alphabétique. Un tableau de synthèse figure en Annexe 4.

Agrogaz France	
	<p>« AGROGAZ France est un constructeur d'installations de méthanisation qui conçoit des équipements adaptés aux besoins des exploitants. Nous travaillons avec des agriculteurs, des développeurs ou des industriels et proposons des solutions techniques pour tout type d'intrants.</p> <p>Des modules d'hygiénisation (et de déconditionnement) complètent certaines installations. Forte d'une équipe d'une cinquantaine de collaborateurs en France, l'entreprise est renforcée par la maison mère OKOBIT, qui présente plus de 20 ans d'expériences dans le biogaz principalement en Europe avec plus de 300 sites en activités.</p> <p>En 2020, l'activité s'est accélérée en France et nous comptons à présent près de 50 sites en fonctionnement toutes valorisations énergétiques confondues. »</p>
Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et construction unité méthanisation • Mise en service, suivi maintenance et suivi biologique
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	60 (10)
CA 2020 (dont hygiénisation)	32 000 000 € (1 000 000 €)
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Sur-mesure • Déconditionnement • Valorisation du biogaz • Valorisation du digestat
Date démarrage filière hygiénisation	2 000
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Technologie la plus économique et adaptée pour chaque projet
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Déconditionnement • Broyage simple ou redondant • Hygiénisation en cuves parallèles ou en série • Process complet livré en Plug & Pay
Références	<ul style="list-style-type: none"> • France, Belgique, Suisse, Allemagne • Amont, aval • 2 000 t/an à 70 000 t/an



Atlantique Industrie

	<p>« Atlantique industrie est une entreprise spécialisée dans le traitement des eaux et la valorisation matière et la méthanisation.</p> <p>Elle compte 3 réalisations complètes d'unités de méthanisation dont 1 en construction et de nombreuses interventions d'optimisation de process sur tout le territoire français, en particulier le grand ouest.</p> <p>La société dispose des services liés à la conception et la construction : ingénierie pour le dimensionnement, suivi commercial et technique, service après-vente, distribution de matériel et pièces détachées et prestation de location, pour répondre aux problématiques de préparation matière, hygiénisation, séparation de phase, suivi biologique et automatisme. »</p>
Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement des eaux • Valorisation matières • Méthanisation / hygiénisation
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	26 (4)
CA 2020 (dont hygiénisation)	8 300 000 € (350 000 €)
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Pompe dilacératrice en recirculation
Date démarrage filière hygiénisation	2013
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Amont : adaptation pompage pour recirculation et transfert pour matière > 12% MS avec pompe volumétrique en remplacement de la pompe centrifuge. • Aval : solution récupération de chaleur en étude • Optimisation thermique
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation matière : fosse avec pompe et agitateur • Amont : batch 1 ou plusieurs cuves parallèle (5-20 m³) • Broyeur amont • Pompage
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 6 en service + 2 à venir • 600 t/an à 15 000 t/an

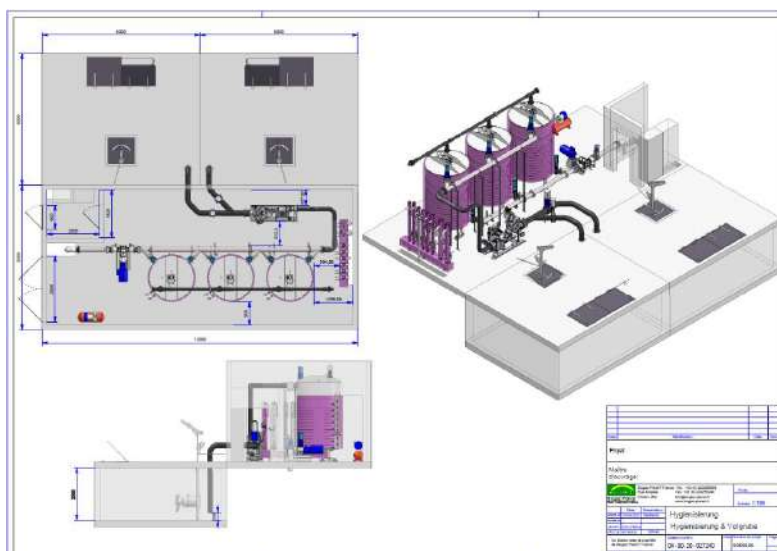


Biogaz Planet



« PlanET étudie, construit et optimise des installations de méthanisation en cogénération et en injection biométhane. Forte de ses 20 années d'expérience avec plus de 550 installations dans le monde dont plus de 100 en France et de ses équipes techniques toujours à la recherche de solutions innovantes, PlanET propose un accompagnement global aux agriculteurs pour la réalisation d'installations fiables, robustes et performantes. »

Activité principale	• Constructeur d'installation de méthanisation
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	42 (6)
CA 2020 (dont hygiénisation)	(250 000 €)
Date démarrage filière hygiénisation	2012
Evolutions / Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Passage d'une solution en container vers une solution bâtiment • Objectifs : CA : 2 M€/an
Configurations types proposées	• Hygiénisation amont en container
Références	• 4 en France



BTA International



« BTA International GmbH est leader du déconditionnement de biodéchets par pulpage, ainsi que de la méthanisation anaérobie de la pulpe ainsi produite.


Les biodéchets ménagers, d'IAA ou de GMS, ont une forte teneur en matière organique, mais aussi une teneur non négligeable en indésirables (plastiques, inertes, etc.). Le Procédé de déconditionnement BTA (BTA® Process) utilise une technologie brevetée permettant l'extraction efficace et complète des indésirables, afin de ne garder que la fraction organique pour la digestion anaérobie.

Le procédé de pulpage de BTA se caractérise par sa flexibilité au regard des déchets entrants, et par sa haute efficacité de séparation des impuretés de la fraction organique. Cela a pour conséquence une haute fiabilité de fonctionnement, des coûts de mise en décharge minimisés, un rendement de production de biogaz maximal et une excellente qualité de compost.

En France, BTA International est représenté par l'entreprise AR-VAL. »


Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et construction unité méthanisation et de valorisation du biogaz
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	48 (6)
CA 2020 (dont hygiénisation)	7 500 000 €
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Déconditionnement /pulpage (breveté) • Extraction indésirables • Références en aval (hors France) • Adapté biodéchets
Date démarrage filière hygiénisation	1988
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Seconde boucle de récupération de chaleur en sortie hygiénisation • Brevets pour hygiénisation faible tonnage (compact, simple et robuste), différent des technologies disponibles actuellement
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Déconditionnement/pulpage (système breveté) • Hydrocyclone (système breveté) • Echangeur externe • Cuves en parallèle
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 0 France • 6 à l'étranger dont 1 en amont et 5 en aval • 20 000 t/an à 35 000 t/an



 <p>ENERGY &+ EMPOWERING BY BIOMASS</p>	<p>« Energy&+ est une PME créée en 2006 par Adrien HALLER à Saint Nolff (56) spécialisée dans la conception et la réalisation de solution énergétique clé en main. Nous intervenons dans toute la France et ailleurs dans le monde pour des projets de méthanisation, de chaufferie biomasse et de gazéification, à destination de nos clients agriculteurs, industriels et collectivités. Nous maîtrisons l'ensemble de la chaine de production avec notre bureau d'étude interne et nos techniciens expérimentés sur le terrain.</p> <p>Notre savoir-faire dans la thermique et le traitement de bio-déchets nous amène à développer nos propres unités d'hygiénisation, conçues sur-mesure et adaptées à vos besoins, avec la possibilité de containeriser le process et de chauffer au gaz ou au bois. Venez nous rencontrer sur nos unités en fonctionnement. »</p>
<p>Activité principale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conception, réalisation, maintenance et exploitation de solutions énergétiques valorisant la biomasse
<p>Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)</p>	<p>20</p>
<p>CA 2020 (dont hygiénisation)</p>	<p>(500 000 € : hygiénisation uniquement)</p>
<p>Particularités</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sur-mesure et réactivité • Clé en main • Chaleur : gaz, bois ou cogénération • Intervention France entière • Conception & réalisation interne
<p>Date démarrage filière hygiénisation</p>	<p>2019</p>
<p>Evolutions /Ambitions futures</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Être un acteur référent de l'hygiénisation clé en main dans la méthanisation agricole • Développer les projets en cours sur des unités fort tonnage en aval du process méthanisation
<p>Configurations types proposées</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuve de réception • Cuve d'hygiénisation double peau • Cuve de stockage • Automate couplé à la méthanisation • Enregistrement en continu du cycle
<p>Références</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 en exploitation – amont - 3 500 t/an • 3 en construction / 2 à venir




Envitec Biogas France

	EnviTec Biogas couvre toute la chaîne de production et de valorisation du Biogaz (en cogénération, en biométhane, en GNV)
Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et construction unité méthanisation et de valorisation du biogaz
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	40 (groupe)
CA 2020 (dont hygiénisation)	213 600 000 € (groupe)
Particularités	2 cuves d'hygiénisation en parallèle
Date démarrage filière hygiénisation	2012
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction du volume des cuves d'hygiénisation pour une meilleure exploitation
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Réception SPAN dans fosses. Envoi dans procédé hygiénisation puis digestion
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 7 en exploitation • 5 000 à 20 000 t/an (possible plus)




K-Revert


	<p>« K-REVERT conçoit, construit et installe des unités de concentration de digestat applicable en version cogénération ou injection.</p> <p>K-REVERT dispose d'ateliers capables de construire des cuves chauffées, agitées et contrôlées.</p> <p>Nous maîtrisons les procédés thermiques comme l'évaporation multiple effet.</p> <p>Les cuves d'hygiénisation sont fabriquées sur cahier des charges et en définissant le besoin avec l'utilisateur. »</p>
Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Constructeur de filière de concentration de digestat et de traitement d'hygiénisation
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	6 (3) [+15]
CA 2020 (dont hygiénisation)	250 000 €
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Construction à façon • Double enveloppe avec échangeur serpentin ou racle ou à faisceau tubulaire externe
Date démarrage filière hygiénisation	2020
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation énergétique par pompe à chaleur (plutôt que thermique) • Dédier un de leurs ateliers à cette activité
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Cuve double enveloppe • Agitation à hélice • Echangeur à faisceau tubulaire à recirculation forcée
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 1 • 7 000 t/an



Lessine

	<p>Lessine est une entreprise qui dispose de plus de 125 ans de savoir-faire dans la conception et la fabrication de machines pour le traitement et la manutention de tous types de produits, dans les domaines de l'environnement, l'industrie, l'agroalimentaire, la chimie...</p>
<p>Activité principale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Solutions de broyage, mélange, séchage, séparation de produits solides et boues • Unité hygiénisation
<p>Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)</p>	<p>20 (20)</p>
<p>CA 2020 (dont hygiénisation)</p>	<p>3 200 000</p>
<p>Particularités</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sur-mesure • Fabricants : pompe, broyeur, déconditionneur
<p>Date démarrage filière hygiénisation</p>	<p>2017</p>
<p>Evolutions /Ambitions futures</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Démarrage hygiénisation produits solides • Depuis 2 ans, hygiénisation soupes et boues • Développement 2 gammes - 1 gamme petit flux en discontinu - 1 gamme grandes installations, en continu • optimisation thermique
<p>Configurations types proposées</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation matière : fosse avec pompe et agitateur • Batch 1 ou plusieurs cuves en parallèle • Broyeur amont • Pompage
<p>Références</p>	<p>Plusieurs références à façon pour des constructeurs de méthanisation</p>

Magma Energy

	<p>« MAGMA Energy® est la Première Centrale d'Achats dédiée aux producteurs d'Énergies Renouvelables, reconnue par les organismes publics grâce à nos participations aux différents concours organisés par les Chambres d'Agriculture. Nous pouvons vous accompagner dans vos projets de la phase de réflexion (ou étude) à la phase d'exploitation. Notre objectif est de réduire les coûts de production et de vous garantir les meilleures conditions d'acquisition de vos équipements et services. »</p>
---	--

Méthalac



« Entreprise familiale française, Methalac est experte depuis 10 ans dans la conception, la construction, la maintenance et le suivi biologique d'unités de méthanisation agricoles. Acteur majeur de la construction d'unités de méthanisation, Methalac recense près de 50 unités en fonctionnement et réalise environ 12 nouvelles unités par an dans toute la France et en Suisse.

Nos références vont d'unités de puissances allant de 100 kW en cogénération à 350Nm³/h en injection sur le réseau GRT ou GrDF.

Methalac est également spécialiste de l'hygiénisation avec une douzaine d'unités en fonctionnement. En pleine expansion la société, constituée de 50 salariés, a pour projet de continuer à se développer sur le marché français et à l'international. »

Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et construction unité méthanisation • Mise en service, suivi maintenance et suivi biologique
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	48
CA 2020 (dont hygiénisation)	15 000 000 € (800 000 €)
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication 100 % française • Gestion à 100 % chaine valeur
Date démarrage filière hygiénisation	2013
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Solutions plus compactes avec échange chaleur intégré • Optimisation process agitation • Optimisation échangeur de chaleur • Développement solutions container • Développement solutions plug & play
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Broyage en 2 temps • Hygiénisation cuve inox double peau • Supervision (développement interne)
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 12 en exploitation • 1 500 à 4 000 t/an • 40 000 t/an en étude




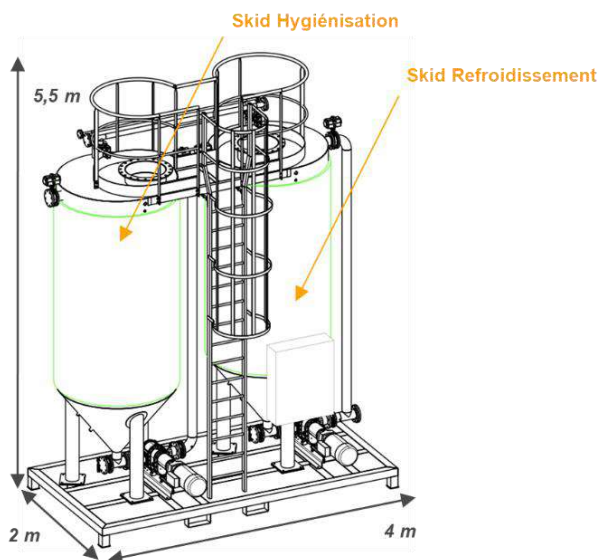
Naskeo Environnement

	<p>« Naskeo Environnement, filiale du groupe Keon et créée en 2005, conçoit, construit et met en service des installations de méthanisation en France et à l'International. Avec une soixantaine de références à son actif, Naskeo Environnement accompagne les agriculteurs, les industriels et les collectivités dans le développement et la construction d'unités allant de 5 000 à 120 000 t de déchets traités chaque année.</p> <p>Naskeo propose des solutions complètes et adaptées à la diversité des gisements organiques méthanisables : hygiénisation amont et aval, préparation des intrants complexes, hydrolyse, digestion, traitement du digestat, ...</p> <p>Deux sociétés sœurs ont été créées en 2014 et en 2018 afin de proposer des solutions sur toute la chaîne de valeur du biogaz de la genèse des projets jusqu'à l'exploitation des sites :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sycomore : exploitation, maintenance, assistance, gestion déléguée • Ter'Green : développement et investissement dans les projets biométhane. »
Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et construction unité méthanisation • Mise en service, suivi maintenance et suivi biologique
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	50 (8)
CA 2020 (dont hygiénisation)	16 000 000 € (1 500 000 €)
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Solutions en interne • Equipe pluridisciplinaire • Equipes françaises • Service de maintenance via la société Sycomore
Date démarrage filière hygiénisation	2008
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Amont biodéchets • Solution aval avec effluents élevage • Solution optimisation énergétique • Plug and play sur site existant • Optimisation thermique et électrique • Plug and play • Ergonomie, maintenance facilitée
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Système complet pour : <ul style="list-style-type: none"> - Amont biodéchets - Amont effluents - Aval effluents
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 12 en exploitation • Amont/Aval • 2 000 t/an à 80 000 t/an



Tryon Environnement


	<p>« Tryon est constructeur-ensemblier d'unités de micro-méthanisation conteneurisées fabriquées en France. Acteur de la transition écologique, Tryon propose une solution fiable aux producteurs de biodéchets obligés par la réglementation à mettre en place un schéma vertueux de valorisation des biodéchets. »</p>
Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Conception, construction et exploitation d'unités de méthanisation de petite échelle
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	9 (3)
CA 2020 (dont hygiénisation)	797 947 € (79 000 €)
Particularités	<ul style="list-style-type: none"> • Installation modulaires, constituées de plusieurs briques fonctionnelles • Développement d'une solution fabriquée en interne
Date démarrage filière hygiénisation	2016
Evolutions /Ambitions futures	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation capacité (jusqu'à 16 000 t/an) • Commercialiser un système modulaire : réception-déconditionnement-stock tampon
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation matière : trémie, déconditionneur, stockage tampon • Skid hygiénisation • Skid récupération de chaleur
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 1 en construction - 8 000 t/an

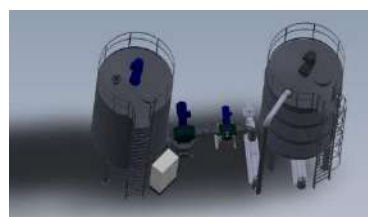


Utilities Performance

	<p>« Nous explorons avec curiosité, ingéniosité et fiabilité tous les leviers d'optimisation possibles pour accroître la compétitivité de nos clients en économisant les ressources naturelles. UP, société du groupe E'nergys, emploie 90 collaborateurs répartis dans 6 agences et réalise un chiffre d'affaires de 12M€. <i>Pour en savoir plus</i> www.utilities-performance.com</p> <p>En particulier nos équipes travaillent à la conception et à la maîtrise d'œuvre d'unité complète de méthanisation. Elles proposent également des solutions clés en main d'hygiénisation aval. La recherche systématique d'économies d'énergie et d'eau fait partie intégrante de notre approche. »</p>
Activité principale	<ul style="list-style-type: none"> • Bureau d'étude spécialisé en efficacité énergétique et hydrique • Conception et maîtrise d'œuvre de projet de méthanisation • Solution clé en main d'hygiénisation aval
Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)	90 (7)
CA 2020	12 000 000
Particularités	Solutions sur mesure à haute performance énergétique.
Date démarrage filière hygiénisation	2019
Evolutions /Ambitions futures	Optimisation et valorisation de chaleur fatale vers des consommateurs spécifiques.
Configurations types proposées	<ul style="list-style-type: none"> • Broyage fin, • Echange thermique, • Fonctionnement par batch ou continu, • Récupération de chaleur par pompe à chaleur et valorisation en tête de ligne ou vers des procédés connexes.
Références	<ul style="list-style-type: none"> • 3 en cours (clés en main) – entre 40 000 et 120 000 t/an - aval • 4 réalisées (maîtrise d'œuvre) – entre 1 500 et 8 000 t/an - amont

Viwade

	<p>« La Société Viwade, est une société d'ingénierie implantée en Alsace qui installe ses équipements sur toute la France. Nos principales activités sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La réalisation d'études techniques relatives aux installations de traitement de déchets, de traitement d'air, d'équipements industriels dans le domaine de l'énergie et de l'environnement ; • La fourniture, le montage et la mise en service d'équipements dans le domaine de l'énergie et de l'environnement et particulièrement ces dernières années la fourniture d'unités d'hygiénisation sur mesure, clé en main, pour les unités de méthanisation. <p>Viwade dispose de références chez les grands groupes (Engie, Véolia, Suez, ...), chez des industriels et chez des agriculteurs. »</p>
<p>Activité principale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Etude et fourniture équipements - domaine environnement et énergie • Unité hygiénisation • Travaux optimisation sur incinérateur ordures ménagères
<p>Nombre de collaborateurs total (dont hygiénisation)</p>	<p>4 (3)</p>
<p>CA 2020 (dont hygiénisation)</p>	<p>525 000 € (375 000 €)</p>
<p>Particularités</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de serpentin interne • Sur-mesure et complet • Développement interne agitateur spécifique suite REX • Unité en location ou crédit-bail
<p>Date démarrage filière hygiénisation</p>	<p>2017</p>
<p>Evolutions /Ambitions futures</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuves livrées calorifugées (avant calorifugeage sur site) • Optimisation thermique • Optimisation temps montée T°C • Augmenter préfabrication atelier pour diminuer temps de montage • Amélioration récupération chaleur pour hygiénisation aval
<p>Configurations types proposées</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cuves de 3 à 20 m³ • Pompe lobes • Broyeur • Chauffage par circuit eau chaude • Chaudière en container • Cuve stockage
<p>Références</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 5 en exploitation • 2 000 t/an à 16 000 t/an • 3 unités en carnet de commande pour 2021 • 4 en étude dont 3 en aval



CONCLUSION

L'hygiénisation est une contrainte supplémentaire pour les porteurs de projet. Elle induit des investissements, des charges et une complexification de l'exploitation de l'unité de méthanisation. Qu'il s'agisse d'une obligation réglementaire liée au volume d'effluents d'élevage ou d'une opportunité pour capter des nouveaux gisements de biodéchets, il est nécessaire de bien identifier les besoins (nature des intrants, saisonnalité, plages de fonctionnement...) pour dimensionner correctement la ligne hygiénisation et faire les meilleurs choix techniques. Ce guide donne des éléments pour faire ces choix, mais ne se substitue pas à l'accompagnement d'un bureau d'études qui reste indispensable.

Plusieurs voies d'optimisation de l'hygiénisation ont été identifiées et plusieurs sujets restent à creuser.

Tout d'abord, **le développement de systèmes standardisés** et éventuellement conteneurisés peut être une voie de réduction des CAPEX. Ce pourrait être une solution pour les configurations simples : un volume restreint de biodéchets type déchets de cuisine par exemple.

D'autre part, **l'optimisation énergétique** des systèmes reste la voie la plus importante pour maîtriser l'équilibre économique. Bien que peu développée, la récupération de chaleur paraît incontournable pour les situations où la proportion d'intrants à hygiéniser sur le volume total d'intrants est importante. La recherche de sites disposant de chaleur fatale à proximité, la récupération associée à une pompe à chaleur sont également des pistes à étudier.

Par ailleurs, l'étude de systèmes de traitement sur d'autres couples temps/température seraient à étudier d'un point de vue coût énergétique. D'un point de vue réglementaire, ces solutions seraient à faire valider au cas par cas, avec un protocole lourd à mettre en place, mais l'intérêt technico-économique est à creuser.

Enfin, le développement de **sites dédiés** au déconditionnement et à l'hygiénisation, qui permettrait de capter des volumes plus importants de biodéchets peut offrir certains avantages : positionnement à proximité d'une source de chaleur fatale, exploitation dédiée au traitement de déchets par des opérateurs spécialisés, mutualisation du gisement pour plusieurs sites de méthanisation. La réussite de ces projets de sites dédiés dépendra du contexte local, des partenariats à nouer avec les acteurs locaux de la collecte. Néanmoins, l'optimisation énergétique de ces configurations reste à démontrer au cas par cas. De là, dépendra l'équilibre économique de ces "hub de biodéchets".

ANNEXES

ANNEXE 1 : Fiches REX Exploitants

- ✓ Eurek'Alias
- ✓ Gatinais Biogaz
- ✓ Méthavair
- ✓ Robert Forez Energie
- ✓ Sarl de la Grande Panse

Eurek'Alias

LE SITE

DATE DE MISE EN SERVICE : **2010**

VALORISATION DU BIOGAZ : cogénération : **300 kW**

TONNAGE TOTAL : **10 000 t/an**

FURNISSEUR lot hygiénisation : Methalac

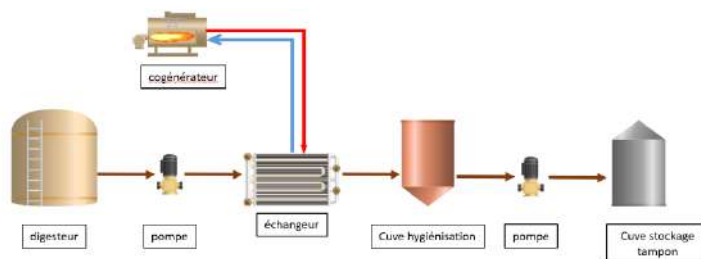


LES INTRANTS

Lisiers et fumiers de bovins	SPA C2	3 800 t/an	Digestat hygiénisé 8 000 t/an
Sous-produits des IAA	SPA C3	6 500 t/an	
Autres déchets IAA	Hors SPA		

CONFIGURATION

- ✓ Hygiénisation en aval de la totalité du digestat (pas de broyage)
- ✓ 1 pompe à queue de cochon Seepex - 5.5 kW - Débit max = 20 m³/h
- ✓ Echangeur chaleur externe tube in tube (8cm*200m)
- ✓ 1 cuve en inox isolée, non chauffée - 5 m³
- ✓ 1 pompe centrale queue de cochon 7.5 kW
- ✓ Stockage tampon avant séparation de phase : citernes Inox
- ✓ Encombrement : 80 m²



Synoptique de la ligne hygiénisation

FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

- ✓ Energie utilisée : Eau chaude du cogénérateur
- ✓ Durée d'un cycle : 2 heures
- ✓ Système entièrement automatisé
- ✓ Fonctionnement 24h/24, 7 jours/7
- ✓ Nettoyage de la cuve tous les 3 mois
- ✓ Entretien des roulements tous les mois



COÛTS

- ✓ Montant de l'investissement : **250 000 €**
- ✓ Compris : ballon ECS, circuit eau chaude, pompes amont et aval, échangeur de chaleur, cuve et automatismes

Consommation électrique	Environ 95 MWh/an
Consommation thermique	Non connue
Temps de main d'œuvre	½ journée par mois
Charges maintenance annuelles	Électricité 9 500 €/an

LE MOT DE L'EXPLOITANT



Philippe Collin, exploitant de l'unité de la SARL Eurek'Alias

"Notre système d'hygiénisation peut fonctionner aussi bien en amont qu'en aval, ce qui lui donne beaucoup de souplesse. Aujourd'hui, nous ne recevons plus de C3 à hygiéniser impérativement en amont. Le digestat étant très fluide, nous n'avons pas de problème de pompage et au final peu de soucis. L'hygiénisation est une sécurité sanitaire pour nous. »

Gâtinais Biogaz

LE SITE

DATE DE MISE EN SERVICE : **2013**

VALORISATION DU BIOGAZ : Injection – **170 Nm³ CH₄/h**

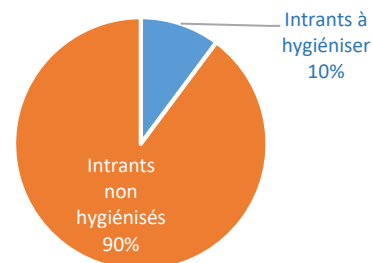
TONNAGE TOTAL : **26 000 t/an**

FOURNISSEUR lot hygiénisation : Hermex / Naskéo



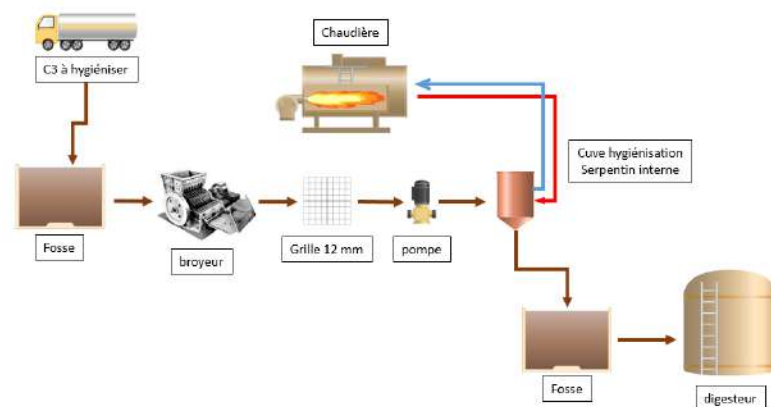
LES INTRANTS

Bio-déchets restauration	SPA de Catégorie 3	2650 t/an
Bio-déchets déconditionnés (IAA + GMS)		
Effluents d'élevage	SPA C2	7500 t/an
Boues IAA	Hors SPA	15850 t/an
Déchets végétaux (IAA, collectivités)		
Ensilages		



CONFIGURATION

- ✓ 1 fosse réception bio-déchets de 55 m³
- ✓ Rotacut + pompe à lobe Vogelsang vers l'hygiénisation
- ✓ 1 cuve hygiénisation Hermex FB 10 m³ (serpentin de chauffage interne)
- ✓ 1 pompe vers la fosse tampon aval hygiénisation
- ✓ 1 fosse tampon en aval hygiénisation de 160 m³
- ✓ Encombrement : 150 m²



Synoptique de la ligne hygiénisation

FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

- ✓ Energie utilisée : Eau chaude chaudière biogaz
- ✓ Durée d'un cycle : de 4 heures 30 (été) à 7 heures (hiver)
- ✓ Système semi-automatique (lancement manuel)
- ✓ Fonctionnement de 20 à 120 heures / semaine
- ✓ Changement des lobes : 2 fois par an
- ✓ Broyeur : changement grille tous les 3 ans ; couteaux tous les ans et ½

COÛTS

- ✓ Montant de l'investissement : 70 000 €
- ✓ Compris : stockage amont, pompes de transfert, canalisations, Rotacut, cuve hygiénisation et échangeurs
- ✓ Nom compris : stockage tampon aval, réseau de chaleur, terrassement, traitement air

Consommation électrique/thermique	Non connue
Temps de main d'œuvre	3 à 4 heures / mois
Charges maintenance annuelles	Environ 2 000 €/an

LE MOT DE L'EXPLOITANT



Jean-Yves Gardoni, directeur de Gâtinais Biogaz

“Attention à bien choisir les matériaux adaptés à la température de fonctionnement de l'hygiénisation, et à l'acidité des bio-déchets. Il est également important de bien dimensionner les stockages amont. Aujourd'hui, c'est la fosse de réception qui limite la capacité de notre filière hygiénisation. La communication avec les fournisseurs de bio-déchets est primordiale pour s'assurer d'un maintien de la qualité des livraisons, particulièrement sur les bio-déchets triés à la source.”

MéthaVair

LE SITE

DATE DE MISE EN SERVICE : **2018**

VALORISATION DU BIOGAZ : cogénération : **450 kW**

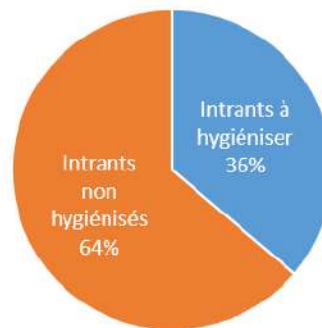
TONNAGE TOTAL : **10 500 t/an**

FOURNISSEUR lot hygiénisation : **ABCDE/ Valogreen**



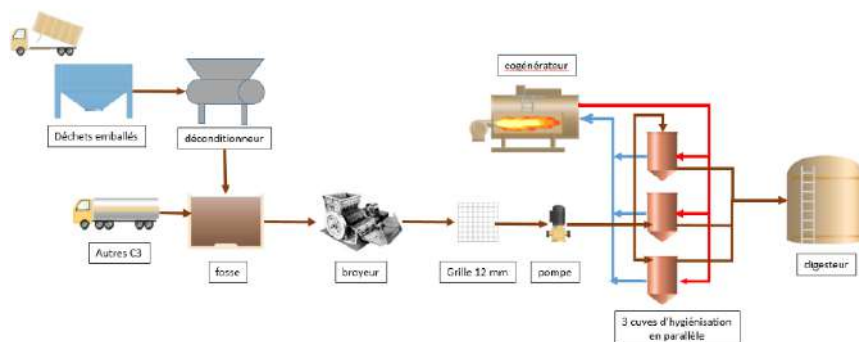
LES INTRANTS

Produits conditionnés issus de GMS	SPA de Catégorie 3	3800 t/an
Déchets de cantines		
Résidus de GMS déemballés		
Résidus d'IAA		
Autres déchets IAA	Hors SPA	6700 t/an
Ensilages		



CONFIGURATION

- ✓ 1 trémie avant déconditionneur 40 m³
- ✓ 1 cuve stockage soupe déconditionnement + autres SPAC3 : 40 m³
- ✓ 1 fosse tampon en béton entre hygiénisation et digesteur
- ✓ 1 pompe à lobes Vogelsang en amont de l'hygiénisation
- ✓ 1 pompe à lobes Börger en aval de l'hygiénisation
- ✓ 1 Broyeur à rouleaux
- ✓ 3 cuves d'hygiénisation 8 m³ Inox (chauffage interne double peau)
- ✓ Encombrement : 200 m²



Synoptique de la ligne hygiénisation

FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

- ✓ Energie utilisée : Eau chaude du cogénérateur
- ✓ Durée d'un cycle : de 2 heures 30 (été) à 4 heures 30 (hiver)
- ✓ Système entièrement automatisé
- ✓ Fonctionnement 24h/24, 7 jours/7
- ✓ Changement des lobes de la pompe de vidange : 2 fois par an

COÛTS

- ✓ Montant de l'investissement : **280 000 €**
- ✓ Compris : la trémie, les cuves, les canalisations, les pompes, le broyeur et les cuves d'hygiénisation
- ✓ Nom compris : le déconditionneur

Consommation électrique	6 kWh/m ³ hygiénisé
Consommation thermique	Non connue
Temps de main d'œuvre	
Charges maintenance annuelles	3500 €/an

LE MOT DE L'EXPLOITANT



Mathieu Laurent, directeur de MéthaVair et associé du GAEC du Pichet

"Attention à bien dimensionner le temps nécessaire à chaque cycle pour bien dimensionner ses stockages amont et stockages tampon. Il peut nous arriver de refuser une livraison si les stockages sont pleins. Nous sommes néanmoins satisfaits de notre système car nous rencontrons peu de difficultés techniques. Par contre, les temps de chauffe sont assez longs, cela peut être contraignant en cas de gros volumes à hygiéniser."

Robert Forez Energie

LE SITE

DATE DE MISE EN SERVICE : **2020 (méthanisation 2014)**

VALORISATION DU BIOGAZ : cogénération **150 kW**

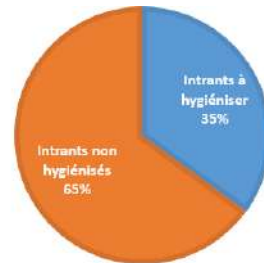
TONNAGE TOTAL : **10 000 t/an**

FOURNISSEUR lot hygiénisation : **Energy&+**



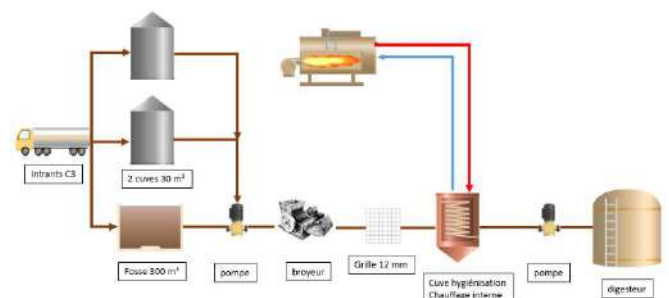
LES INTRANTS

Soupe biodéchets déconditionnés	SPA de Catégorie 3	3 500 t/an
Effluents d'élevage	SPA de catégorie 2 dérogatoire	6 500 t/an
Matières stercoraires		
Graisses flottation abattoirs	Hors SPA	



CONFIGURATION

- ✓ 2 cuves aériennes PVC de 30 m³
- ✓ 1 fosse béton de 300 m³
- ✓ 1 pompe à lobes Börger (50 m³/h) en amont de l'hygiénisation
- ✓ 1 broyeur Börger 13-15kW
- ✓ 1 cuve d'hygiénisation 5 m³ Inox (chauffage interne double peau)
- ✓ 1 pompe à lobes Börger (50 m³/h) en aval de l'hygiénisation
- ✓ 1 ballon tampon eau chaude 3 000 L
- ✓ Pas de fosse tampon entre hygiénisation et digestion
- ✓ Encombrement : Environ 180 m²



Synoptique de la ligne hygiénisation

FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

- ✓ Energie utilisée : Eau chaude du cogénérateur. Puissance 60/70 kWth
- ✓ Durée d'un cycle : de 5 à 8 heures
- ✓ Système entièrement automatisé
- ✓ Fonctionnement 24h/24, 7 jours/7
- ✓ Changement des lobes des pompes : 2 fois par an



COÛTS

- ✓ Montant de l'investissement : **210 000 €**
- ✓ Compris : cuves de stockage, pompes, broyeur, cuve hygiénisation, automatismes, électricité, lot génie civil, réseau de chaleur
- ✓ Nom compris : le pont-basculé, l'aire de nettoyage

Consommation électrique	Environ 85 MWh/an
Consommation thermique	Environ 500 MWh/an
Temps de main d'œuvre	1 heure par jour (hors administratif)
Charges annuelles	Electricité : 8 400€/an

LE MOT DE L'EXPLOITANT

Nicolas Robert, exploitant du site Robert Forez Energie

"Il est primordial de travailler sur l'acceptabilité des projets qui valorisent les bio-déchets et permettent le retour au sol de cette matière organique. C'est un vrai service rendu à la collectivité.

Côté technique, nous avons opté pour des matériels similaires à ceux installés sur l'unité de méthanisation, dans l'objectif d'optimiser la maintenance et le stock de pièces. Les lobes doivent être choisis résistants, car la matière est très abrasive."

Sarl de la Grande Panse

LE SITE

DATE DE MISE EN SERVICE : **2014**

VALORISATION DU BIOGAZ : cogénération : **500 kW**

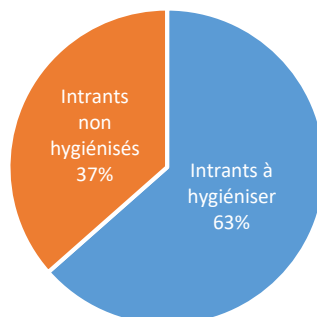
TONNAGE TOTAL : **12 600 t/an**

FOURNISSEUR lot hygiénisation : Weltec



LES INTRANTS

Soupe bio-déchets déconditionnés	SPA de Catégorie 3	8000 t/an
Effluents d'élevage	SPA de catégorie 2	4000 t/an
CIVE	Hors SPA	600 t/an

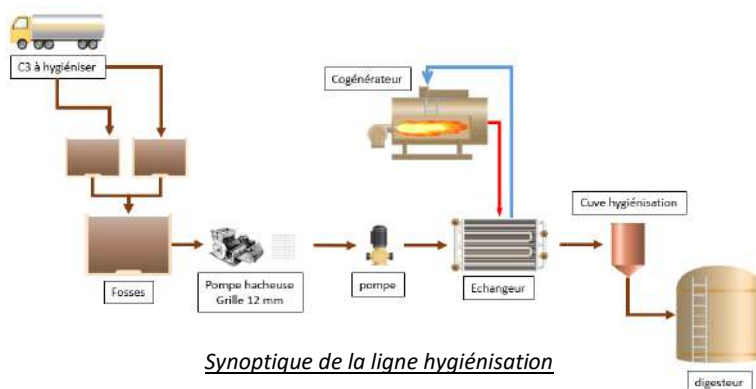


CONFIGURATION

- ✓ 2 fosses béton de 50 m3 et 1 fosse de 150 m3
- ✓ Pompe hacheuse Wangen KL + pompe queue de cochon Wangen en amont de l'hygiénisation
- ✓ Echangeur de chaleur externe tube in tube
- ✓ Cuve hygiénisation isolée Weltec Inox 304 - 5 m3
- ✓ 1 pompe centrale Wangen en aval de l'hygiénisation
- ✓ Encombrement : 50 m²

FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

- ✓ Energie utilisée : Eau chaude du cogénérateur
- ✓ Durée d'un cycle : environ 2 heures
- ✓ Système entièrement automatisé
- ✓ Fonctionnement 12h/jour, 7 jours/7
- ✓ Vidange fosse bio-déchets : 2 fois par an
- ✓ Pompe hacheuse : changement tous les 3 ans
- ✓ Pompe queue de cochon : changement stator tous les 6 mois ; rotor 1 fois par an



COÛTS

- ✓ Montant de l'investissement : 150 000 €
- ✓ Compris : Cuve hygiénisation, échangeurs de chaleur, canalisation, plomberie raccord eau chaude
- ✓ Nom compris : pompes, fosses de réception, frais de montage

Consommation électrique	De 1800 € à 4000 €/mois (quand fumier)
Consommation thermique	Environ 450 MWh/an
Temps de main d'œuvre	3 jours / an
Charges maintenance annuelles	13 000 €/an

LE MOT DE L'EXPLOITANT

Christophe Rousseau, exploitant de la SARL de la Grande Panse



"Nous avons fait le choix de multiplier les stockages en amont de l'unité d'hygiénisation. Cela permet de pallier à l'hétérogénéité des soupes et de les mélanger pour lisser la production énergétique en aval. Il faut cependant valoriser les soupes dans les 72 heures pour ne pas perdre le potentiel méthanogène.

L'unité est équipée d'un échangeur de chaleur externe, en amont de l'hygiénisation. Cette technologie assure une montée en température plus rapide, mais a nécessité l'installation de ballons tampons pour répondre à l'appel de puissance thermique."

ANNEXE 2 : Descriptif des équipements

Les photographies, images ci-dessous sont présentées à titre d'exemple et n'ont aucune vocation commerciale.

Ne sont décrits que les principaux modèles rencontrés. Cette liste est non exhaustive. Nous vous conseillons de vous rapprocher de constructeurs spécialisés pour obtenir plus de détails.

1.1 : les pompes

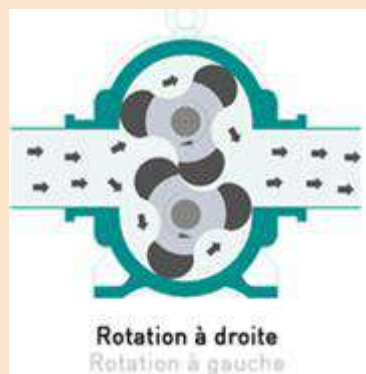
Pompe volumétrique : Pompe à lobes

Principe :

La rotation régulière des couples de lobes crée un vide au niveau du côté aspiration déterminé par le sens de rotation de l'entraînement. Ce vide attire le liquide dans le compartiment de pompe. Lorsque la rotation se poursuit, le liquide pompé est refoulé par les lobes, longe la paroi de la pompe et arrive dans la zone de refoulement. Une rotation de l'entraînement permet – de refouler jusqu'à six volumes de remplissage, – en fonction du type de lobes. Lorsque le lobe est immobilisé, la pompe est pratiquement étanche

Applications :

- Pompage de tous les fluides, même très visqueux–boues épaissies/déshydratées
- Déchargement possible directement depuis les citernes



Avantage :

- Amorçage automatique
- Mises en place diverses : immergées, mobiles, avec trémie, ...

Inconvénients :

- Le rendement est bon mais il est compliqué d'obtenir de gros débits à basse pression
- Emprise au sol
- Coûts d'achat et de maintenance
- Des dispositifs annexes de sécurité doivent être ajoutés dans certains cas : systèmes anti-bélier, soupapes de sécurité

Pompe volumétrique : Pompe à rotor excentré / vis excentré

Principe :

Dans une pompe à vis/rotor excentrée, un rotor hélicoïdal métallique tourne à l'intérieur d'un stator en caoutchouc, également hélicoïdal, mais déphasé de 180°. Des cavités sont alors formées entre les 2 pièces, qui progressent le long de l'axe sans changer de volume ou de forme.

Applications :

- Transfert d'intrants gras, de poussières, de transferts de mélanges solides/liquides, fluides très visqueux



Avantage :

- Débit constant
- Respect des produits visqueux et fragiles
- Pouvoir d'aspiration élevée et auto-amorçage.
- Débit constant non pulsatoire.
- Facilité d'entretien.
- Réversibilité.
- Débit proportionnel à la vitesse de rotation.
- Fonctionnement sans clapets.

Inconvénients :

- Coût d'achat
- Emprise au sol
- Attention aux particules solides

Pompe volumétrique : Pompe péristaltique

Principe :

Les pompes péristaltiques sont des pompes volumétriques rotatives. Les rouleaux ou patins aplatissent le tube, créant des chambres qui se déplacent le long du corps, provoquant ainsi l'effet de pompage.

Applications :

- Pompage d'intrants gras, de poussières, de transferts de mélanges solides/liquides, fluides très visqueux
- Pompage de produits corrosifs ou abrasifs tels que des matériaux collants ou visqueux



Avantage :

- Amorçage automatique et travail à sec de façon épisodique
- Débit régulier
- Étanchéité totale
- Faciles à nettoyer
- Coût réduit de la maintenance
- Maintenance simple

Inconvénients :

- Sensible aux particules solides
- Coût d'achat

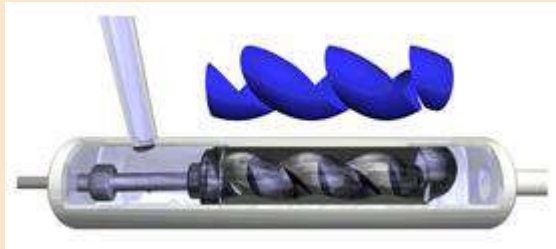
Pompe volumétrique : Pompe hélicoïdale

Principe :

La pompe est une pompe volumétrique et le rotor a un mouvement excentrique qui, lorsqu'il tourne à l'intérieur du stator, comprime efficacement l'eau à travers la pompe à chaque rotation. Cette action de déplacement positif signifie que l'eau est pompée lorsque la pompe fonctionne à des vitesses très faibles et qu'une haute pression peut être créée, lui permettant de pomper de l'eau à des hauteurs élevées.

Applications :

- Pompage de fluides à haute viscosité
- Vidange de bacs



Avantage :

- Sans turbulence et à pression constante, sans pulsation
- Différents modèles disponibles : dans le fluide ou à l'extérieur du contenant
- Démontage aisé
- Utilisation horizontale ou verticale

Inconvénients :

- Coût d'achat
- Emprise au sol
- Attention aux particules solides

Pompe volumétrique : Pompe gaveuse

Principe :

La pompe gaveuse comporte une trémie d'alimentation ainsi qu'une vis d'Archimède permettant le chargement manuel ou gravitaire des fluides les plus visqueux ou résistants à l'écoulement jusqu'à l'élément de pompage.

Applications :

- Transfert de boues collantes très visqueuses, avec une forte teneur en matières sèches, un faible débit ou une tendance à voûter.
- Transfert de fluides non-collants à forte viscosité ou à faible capacité d'écoulement et nécessitant une alimentation manuelle ou gravitaire
- Pompage de fluides à forte viscosité ou faible débit, qui nécessitent souvent des pompes à alimentation manuelle ou par gravité.



Avantage :

- Débit constant et sans pulsation
- Débit proportionnel à la vitesse
- Maintenance facile
- Fonctionnement sans vanne
- Grande trémie couplée avec une vis d'Archimède permettant l'alimentation manuelle ou par gravité de fluides très visqueux ou à faibles débits

Inconvénients :

- Coût d'achat
- Emprise au sol

Pompe centrifuge : Pompe centrifuge dilacératrice

Principe :

Une pompe dilacératrice est une pompe centrifuge équipée d'un broyeur à l'entrée de la pompe, qui découpe les grosses particules et les fibres pour obtenir une masse homogène d'eaux usées. Ainsi, le risque de colmatage de la pompe et de la tuyauterie est réduit au minimum.

Applications :

- Uniquement pour des fluides avec peu de solides.
- Pompe idéale pour les circuits de tuyauterie de plus petit diamètre



Avantage :

- Peu d'entretien car la construction est simple et la maintenance faible
- Prix modéré
- Compactes et peu encombrantes
- Bon rendement
- Pas d'amorçage automatique : L'air contenu nécessite d'être préalablement chassé. On peut utiliser un réservoir annexe placé en charge sur la pompe pour réaliser cet amorçage par gravité.
- Fonctionnement de pompes en série pour augmenter la pression
- Fonctionnement de pompes en parallèle pour augmenter le débit

Inconvénients :

- Non recommandé pour le pompage de liquides à forte teneur en sable.
- Incompatible avec les fluides trop visqueux ainsi que les liquides dits « susceptibles » c'est-à-dire ne supportant pas la forte agitation dans la pompe comme les liquides alimentaires (vin, lait...).
- Attention au risque de défaillance sur les pièces mécaniques, corrosion/usure
- Attention au phénomène de cavitation : il faut toujours maintenir une pression suffisante à l'aspiration

1.2 : les broyeurs

Broyeur à rotor / couteaux

Principe :

Ce broyeur peut être installé directement dans le courant de liquide ou solide.

Les matières solides arrivent au broyeur soit avec l'écoulement de liquide soit par gravité (broyage sous trémie) et sont guidées dans la zone centrale, vers les rotors.

Ceux-ci prennent le contrôle des matières perturbatrices, les attirent et les broient.

Les matières solides sont déchirées, les arêtes aiguës coupent les matières à fibres longues en morceaux, et les composants grossiers et cassants sont broyés. Le ratio taille/réduction est ajusté en modifiant la largeur et le contour des couteaux.

Applications :

- Pour des intrants non pompables (alimentation gravitaire par le dessus)
- Pour les fluides à broyer avec une forte teneur en solides
- Pour les fluides à broyer chimiquement corrosifs avec une forte teneur en solides



A noter :

- En fonte ou en acier inoxydable : utilisation possible avec des fluides corrosifs (eau de mer)
- En aspiration ou refoulement : 2 sens possibles
- Choix important des tailles et vitesses des couteaux : un broyage de manière fiable des substances grossières telles que les matières fibreuses, les bouts de bois, les plastiques, les peaux, les textiles, les os etc.
- Protection des équipements en aval
- Version conformité ATEX possible
- Piège à cailloux intégrable
- L'utilisation d'une pompe à lobe en amont est obligatoire
- Un autre broyeur en aval est nécessaire pour respecter la contrainte réglementaire de broyage de 12 mm

Broyeur à disque perforé et tête de coupe rotative

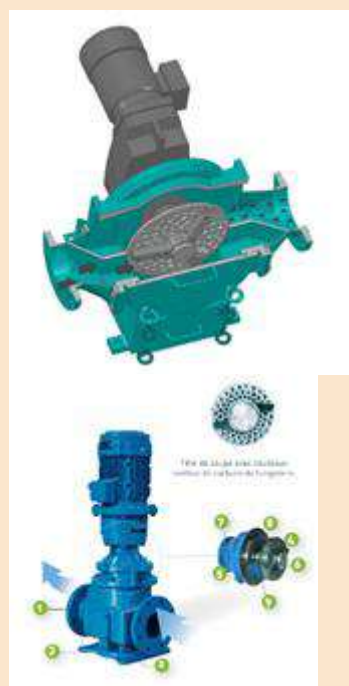
Principe :

Ce broyeur est installé directement dans le courant de liquide.

Grâce à une pompe ou à une pression d'alimentation appropriée, le liquide est aspiré par l'ouverture adaptée au liquide du disque perforé. Les couteaux rotatifs au niveau du disque perforé assurent de nombreuses coupes par rotation. Cela permet un broyage fiable et sans perturbations des produits grossiers. Une vis de réglage extérieure centrale permet d'ajuster la pression du couteau rotatif par rapport au disque perforé.

Applications :

- Pour les boues primaires/boues biologiques/boues digérées



A noter :

- En fonte avec graphite à lamelles, résistant à l'usure et à la corrosion ou en inox résistant très bien aux acides
- Les pièces dures ne pouvant être broyées sont évacuées vers une séparation des solides
- Débit réversible
- En fonction du résultat de broyage souhaité, différents disques perforés sont disponibles.
- Le disque perforé peut être utilisé des deux côtés, ce qui prolonge sa durée d'utilisation et le porte-couteau à plusieurs bras garantit de nombreuses coupes par rotation.
- Protection des équipements en aval
- Version conformité ATEX possible
- Broyage de 12mm.

Broyeur « grossier »

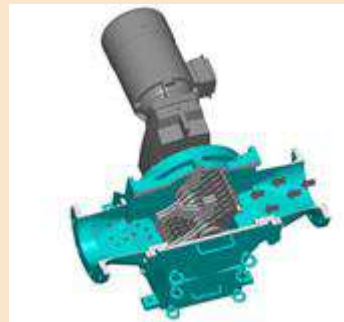
Principe :

Les couteaux et les contre-couteaux sont disposés alternativement sur l'arbre de commande. Les contre-couteaux fixes sont nettoyés respectivement des deux côtés par les disques porte-couteaux rotatifs. Les couteaux sont déplacés par l'arbre rotatif.

Le liquide chargé en matières solides passe par les contre-couteaux fixes disposés de manière oblique. Les matières solides retenues par les contre-couteaux sont saisies par les couteaux rotatifs et broyées par l'effet de cisaillement. Les corps solides broyés sont entraînés par le liquide. Les pièces grossières qui ne peuvent pas être broyées sont amenées dans le séparateur des matières solides.

Applications :

- Pour les fluides à broyer avec une forte granulométrie en matières solides.



A noter :

- Le broyeur est disponible dans différentes cylindrées (débits jusqu'à 800 m³/h) et est performant partout où les autres broyeurs ont des problèmes - lors du broyage des matières solides et « tresses » très grossières
- Un autre broyeur en aval est nécessaire pour respecter la contrainte réglementaire de broyage de 12mm.

1.3 : Les échangeur de chaleur

Echangeur interne - serpentin

Fonctionnement / temps de chauffe :

- Batch
- Discontinu
- 3H de chauffe en moyenne



Avantage :

- Simplicité
- Peu de perte de charge
- Maintenance et nettoyage aisée
- Faible encombrement au sol
- Investissement réduit

Inconvénients :

- Nécessité d'agitation performante
- Surface d'échange réduite
- Encrassement potentiel
- Fonctionnement en cycle discontinu ou semi-continu

Echangeur serpentin – double peau

Fonctionnement / temps de chauffe :

- Batch
- Discontinu
- 3H de chauffe en moyenne



Avantage :

- Simplicité
- Encrassement réduit
- Peu de perte de charge
- Maintenance et nettoyage aisée
- Faible encombrement au sol
- Investissement réduit

Inconvénients :

- Nécessité d'agitation performante
- Surface d'échange réduite
- Fonctionnement en cycle discontinu ou semi-continu

Echangeur tubulaire

Fonctionnement / temps de chauffe :

- Continu avec combinaison cuves isolées en aval
- 1h30 de chauffe en moyenne



Avantage :

- Surface d'échange importante
- Echange thermique et effet autonettoyant favorisés par la turbulence du fluide
- Agitation modérée dans la cuve
- Maintenance limitée
- Fonctionnement en continu

Inconvénients :

- Encrassement à surveiller avec capteur de pression amont/aval
- Perte de charge importante
- Encombrement au sol
- Nettoyage plus fastidieux
- Investissement

Échangeur spiralé

Fonctionnement / temps de chauffe :

Continu avec combinaison cuves isolées en aval

1h30 de chauffe en moyenne



Avantage :

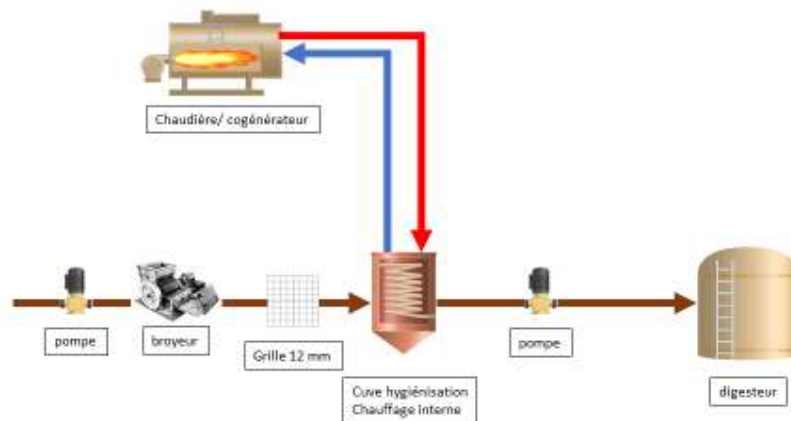
- Surface d'échange importante
- Haut coefficient de transfert thermique
- Echange thermique et effet autonettoyant favorisés par la turbulence du fluide
- Agitation modérée dans la cuve
- Maintenance limitée
- Nettoyage aisée (trappe d'accès faces avant/arrière)
- Encombrement au sol réduit
- Fonctionnement en continu

Inconvénients :

- Perte de charge importante
- Investissement important

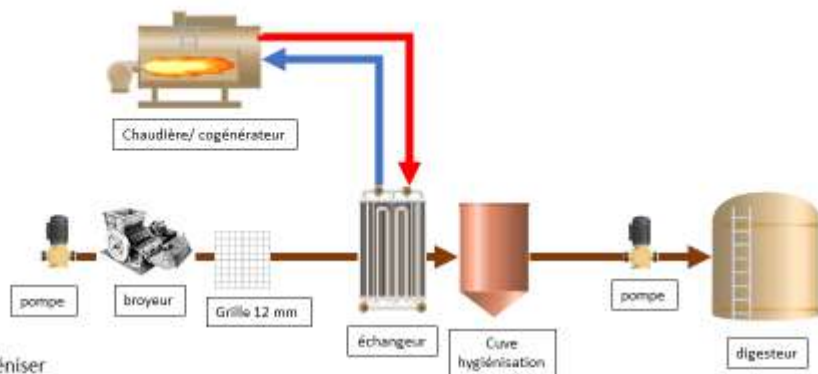
ANNEXE 3 : Schémas-types

Schéma-type 1



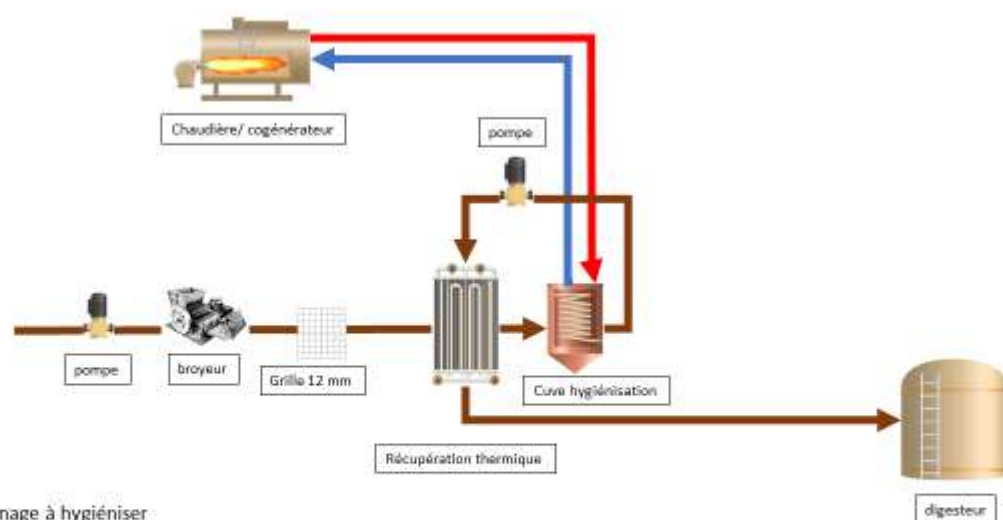
- ✓ **Faible tonnage** à hygiéniser
- ✓ **Faible part** des intrants à hygiéniser
- ✓ Une seule cuve
- ✓ Chauffage interne
- ✓ Sans récupération thermique
- ✓ En amont

Schéma-type 2



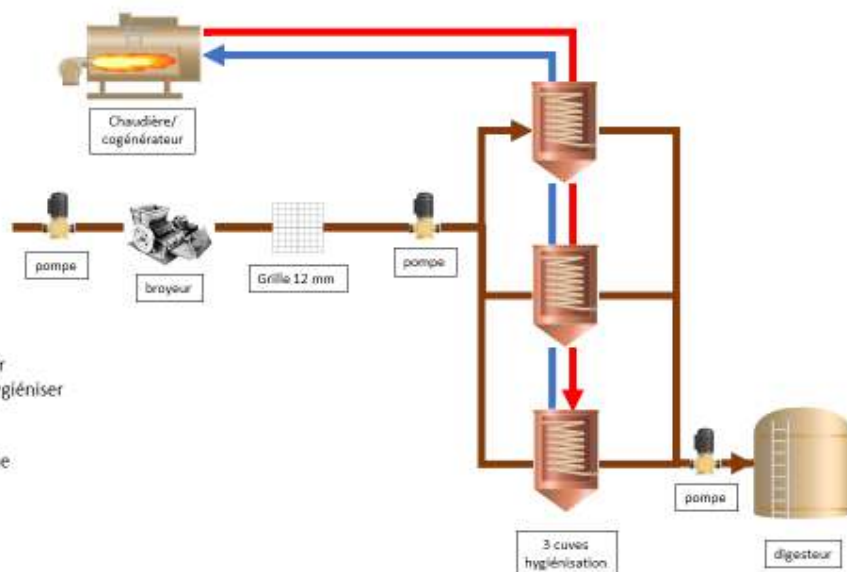
- ✓ **Moyen tonnage** à hygiéniser
- ✓ **Faible part** des intrants à hygiéniser
- ✓ Une seule cuve
- ✓ **Chauffage externe**
- ✓ Sans récupération thermique
- ✓ En amont

Schéma-type 3



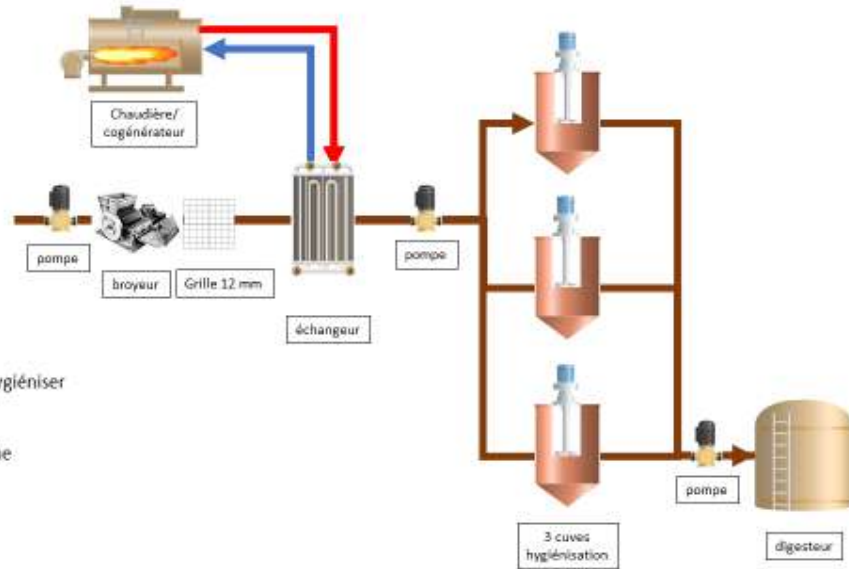
- ✓ **Faible/moyen** tonnage à hygiéniser
- ✓ **Forte part** des intrants à hygiéniser
- ✓ Une seule cuve
- ✓ Chauffage interne
- ✓ **Avec** récupération de chaleur
- ✓ En amont

Schéma-type 4



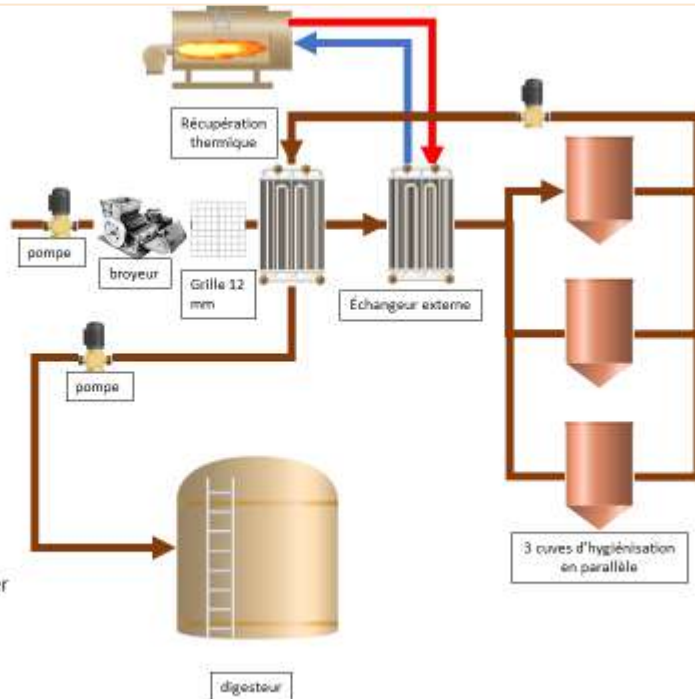
- ✓ **Moyen** tonnage à hygiéniser
- ✓ **Faible part** des intrants à hygiéniser
- ✓ Plusieurs cuves
- ✓ Chauffage interne
- ✓ Sans récupération thermique
- ✓ En amont

Schéma-type 5



- ✓ Fort tonnage à hygiéniser
- ✓ Faible part des intrants à hygiéniser
- ✓ Plusieurs cuves
- ✓ Chauffage externe
- ✓ Sans récupération thermique
- ✓ En amont

Schéma-type 6



- ✓ Fort/très fort tonnage à hygiéniser
- ✓ Forte proportion d'intrants
- ✓ Plusieurs cuves
- ✓ Chauffage externe
- ✓ Avec récupération thermique
- ✓ En amont

Schéma-type 7

- ✓ Fort/très fort tonnage à hygiéniser
- ✓ Forte proportion de FUMIERS/LISIERS
- ✓ Plusieurs cuves
- ✓ Chauffage externe
- ✓ Sans récupération thermique
- ✓ En aval

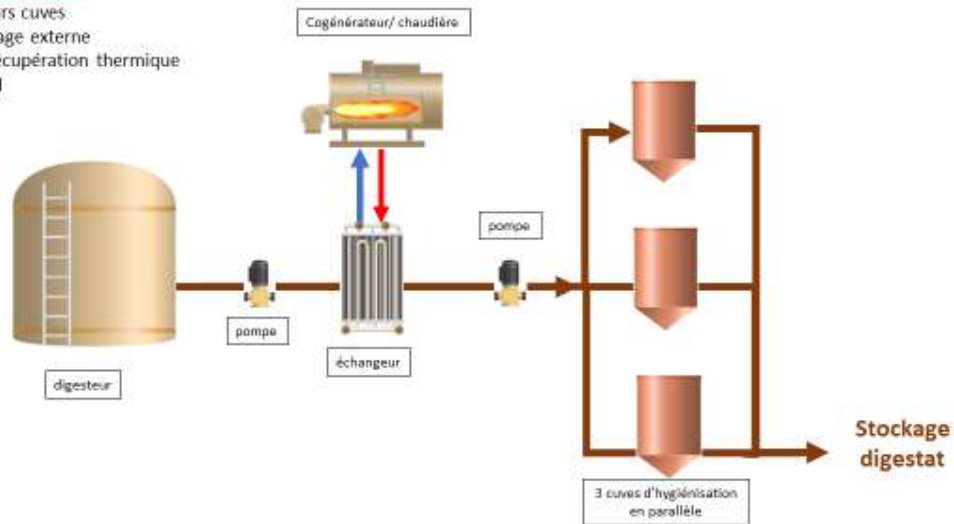


Schéma-type 8

- ✓ Fort/très fort tonnage à hygiéniser
- ✓ Forte proportion de FUMIERS/LISIERS
- ✓ Plusieurs cuves
- ✓ Chauffage externe
- ✓ Avec récupération thermique
- ✓ En aval

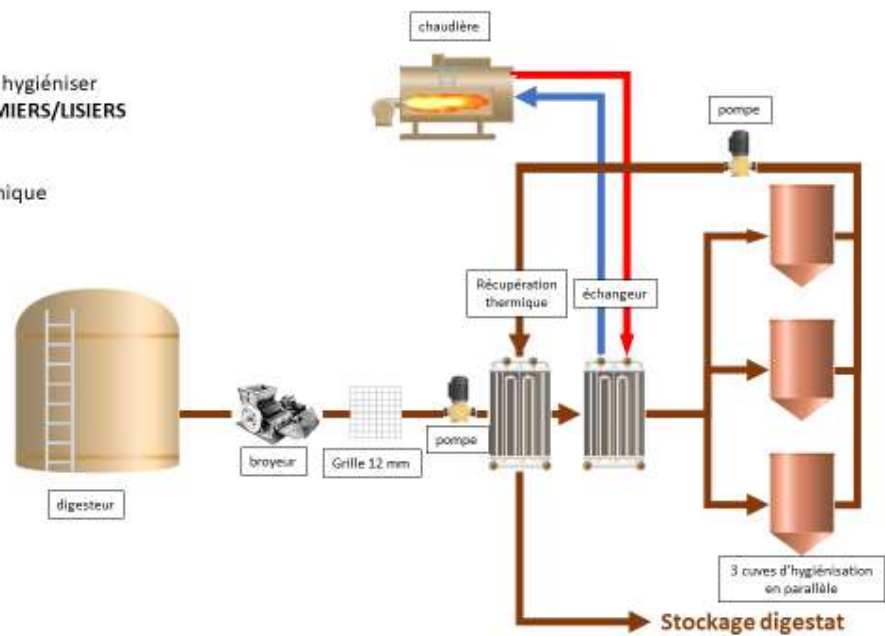


Schéma-type 9

Exemple d'une ligne complète d'hygiénisation

- ✓ Avec stockage amont simple ou complexe
- ✓ Avec stockage tampon aval
- ✓ Avec échangeur externe et récupération thermique

