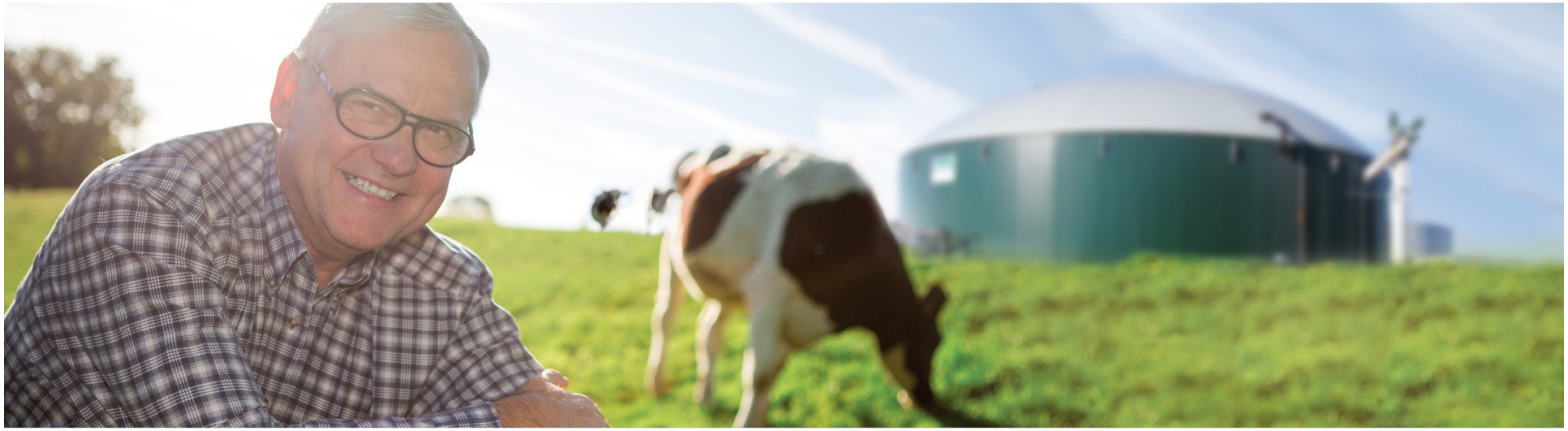


FORMATION SUIVI BIOLOGIQUE

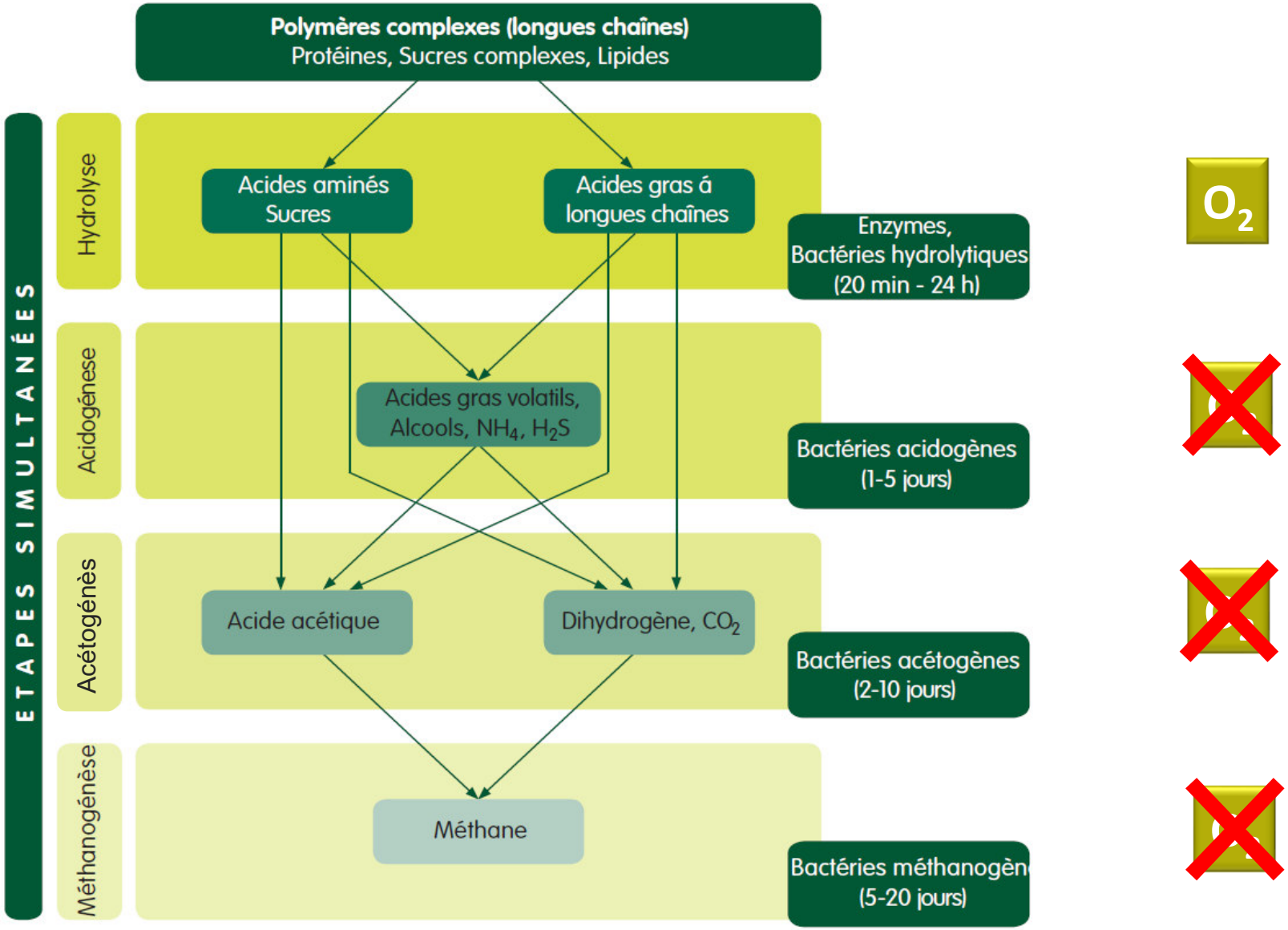
www.biogaz-planet.fr

Sommaire

1. Le processus biologique
2. Clés pour une production stable
3. Inhibiteurs de la méthanisation
4. Démarrage de l'installation
5. Suivi biologique

1.Le processus biologique

1. Le processus biologique



2. Clés pour une production stable

Clé n°1 :

- Maintenir des **conditions de vie favorables** pour **toutes** les bactéries :
  - Milieu humide
  - Milieu anaérobie
  - Température constante
  - pH stable
  - Équilibré en éléments nutritifs
  - Substrats fins
  - Pas de surcharge organique
  - Agitation adaptée
  - Absence d'inhibiteurs (molécules bloquant la méthanisation)

- **Conserver ces conditions de vie stables :** éviter tout changement brusque

Milieu humide

Les bactéries méthanogènes ne peuvent pas travailler ni se multiplier s'il n'y a pas assez d'eau dans le milieu :

Max. 20 % de matière sèche dans la ration

= Max. 10 % de matière sèche dans le fermenteur.

Idéal : 8% de matière sèche dans les fermenteurs

Milieu anaérobie

Les bactéries méthanogènes sont strictement anaérobies :

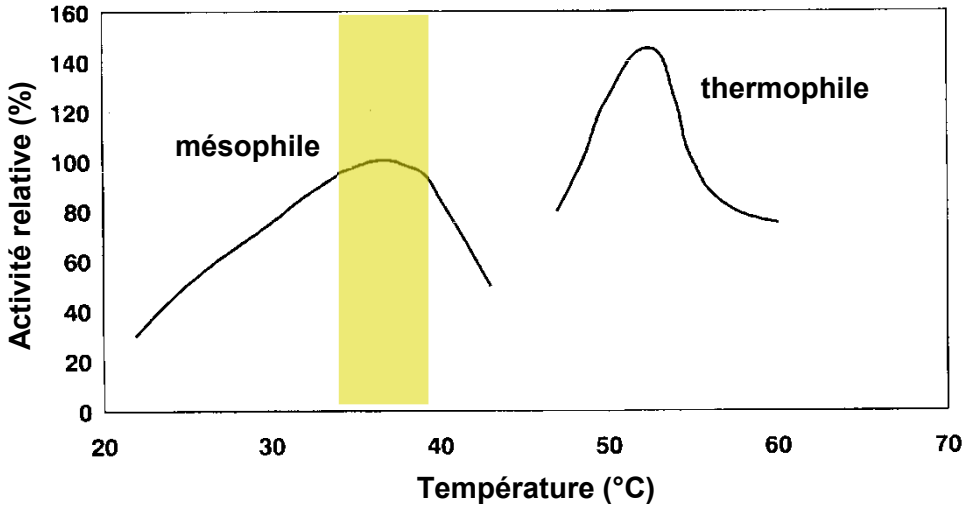
- Si O_2 > 0,8% dans le biogaz : mauvaise production de biogaz

Température

Plus la température est élevée ⇨ Plus les bactéries sont actives ⇨ Plus la dégradation des substrats est rapide.

MAIS

- Bactéries très sensibles : **max. + ou – 0,2°C/jour**
- Optimum des bact. méthanogènes : 38-40° C (mésophile) / 50-55° C (thermophile)
- **Ne jamais se situer entre 43 et 48°C !**
- Système thermophile très difficile à maîtriser : très instable



Maintenir à 38 – 40°C

Source : Zoetemeyer et al. 1982, Böhnke et al., 1993)

2. Les clés d'une production stable

pH

- Maintenir à pH constant : entre **7,6 et 8,0**

Equilibre en éléments nutritifs

- Alimenter le fermenteur avec une ration équilibrée : oligo-éléments, macro-éléments, …

  ↳ Vérifier au moins 2 à 3 fois/an la teneur en oligo-éléments dans le fermenteur

  Si carence en oligo-éléments : mauvaise production de méthane.

Temps de Séjour Hydraulique (TSH)

- Temps durant lequel la matière séjourne dans les fermenteurs

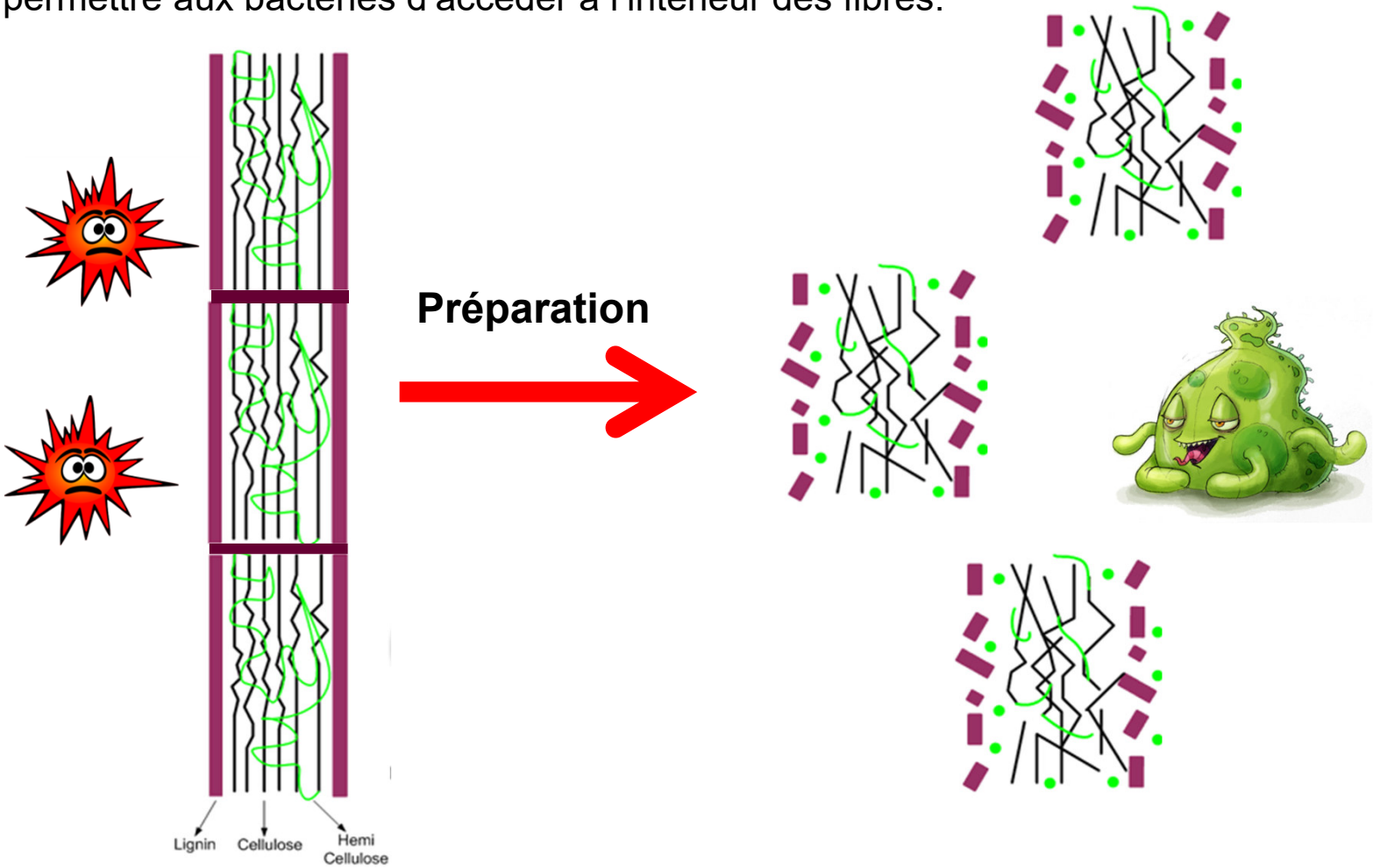
TSH (j) = Volume de fermentation (m³) / Taux d'introduction de matière (m³/j)

- Les substrats n'ont pas tous la même biodégradabilité :
  - Lisier 35 jours
  - Graisses 35 jours
  - Ensilage de maïs 70 jours
  - Ensilage d'herbe 80 jours
  - Paille 100 – 120 jours

2. Les clés d'une production stable

Mais un long temps de séjour avec des fibres longues et intactes = inefficace !

Il faut permettre aux bactéries d'accéder à l'intérieur des fibres.



Pas de suralimentation - Charge organique volumique (COV)

- Quantité de matière organique introduite chaque jour et par m^3 de fermentation
- Pour un processus stable : max. 4,0 kg MO / m^3.jour (fermenteur)
- Ne pas surcharger le fermenteur sinon : – de rendement biogaz (**acidose**)

Brassage du fermenteur

Brasser régulièrement le mélange jusqu'à obtenir une bonne homogénéisation et un dégazage ⇨ suivre les préconisations PlanET.

Absence d'inhibiteurs

Eviter toute substance susceptible de freiner ou bloquer le processus de méthanisation (☞ **Partie 3**).

Clé n° 2 : éviter tout changement brusque

Etre très rigoureux sur l'alimentation du fermenteur :

- **Veiller à la qualité des substrats :**
  - Analyser tout nouveau substrat
  - **Bien couvrir les silos :** -30% de biogaz si non couverts !
  - Lisiers et fumiers :
    - **les plus frais possibles (Max. 1 mois)**
    - **Absence de corps étrangers (ficelles, plastiques, …)**
  - Stocker les substrats à l'abri si possible :
    - Protéger de la pluie
    - Eviter les moisissures (risque de mycotoxines)

2. Les clés d'une production stable

- **Anticiper tout changement de substrat :**
  - Analyser le nouveau substrat (MS, MO, Azote)
  - Demander conseil à PlanET pour établir la nouvelle ration
  - Mettre en place une **transition sur 2 semaines**
  - **Attention : quand changement de silo !**
    - Mélanger ancien et nouvel ensilage durant 2 semaines
    - Attendre au moins **4 semaines** avant d'utiliser le produit ensilé (risque d'acidose)

- **Maintenir une ration constante et régulière**
  - Respecter la ration transmise par PlanET
  - Bien mélanger les préfosses et plateformes
  - Fractionner les apports de matières (solides et liquides)
  - **En cas de panne : ne jamais rattraper le retard d'alimentation !**

3. Inhibiteurs de la méthanisation

3. Inhibiteurs de la méthanisation

Inhibiteurs :

Substances pouvant ralentir ou bloquer le métabolisme des bactéries.

Les effets nocifs de ces substances dépendent de leur concentration.

- **Azote ammonium (NH_4) : Max. 3,5 - 4,5 g/L dans le fermenteur** (selon pH)
- **Ammoniac (NH_3) : Max. 20 ppm dans le biogaz brut**

Risques d'inhibition des bactéries méthanogènes :

- baisse de production de biogaz
- parfois apparition de **mousse** en surface

↳ Faire analyser les substrats auparavant

↳ Limiter les quantités de substrats azotés (fumier volailles, aliment bétail, freintes céréales, drêches de blé, etc.).

↳ Surveiller toutes les 2 semaines la concentration en NH_4

3. Inhibiteurs de la méthanisation

- **Soufre (H_2S)**

  - Très corrosif pour la valorisation du biogaz : **max. 150 ppm (biogaz brut) !**

  - Inhibiteur des bactéries méthanogènes

  - Compétition des bactéries pour l'H_2 : transformé en H_2S et non plus en CH_4.

Solutions :

1. Limiter les apports en soufre

Exemples de substrats riches en soufre :

- Colza : tourteaux, huile, déchets de silos
- Fumier de volailles frais
- Lisier de porc
- Céréales : sous-produits et déchets de céréales, aliment bétail, …
- Légumes : choux, navets, artichauts, poireaux, oignons, échalotes, ail, tomates
- Sous-produits animaux riches en protéines, peptides, ADN.

En cas de doute : analyse de substrat en amont (dosage du soufre total).

2. Désulfuration biologique par addition d'air

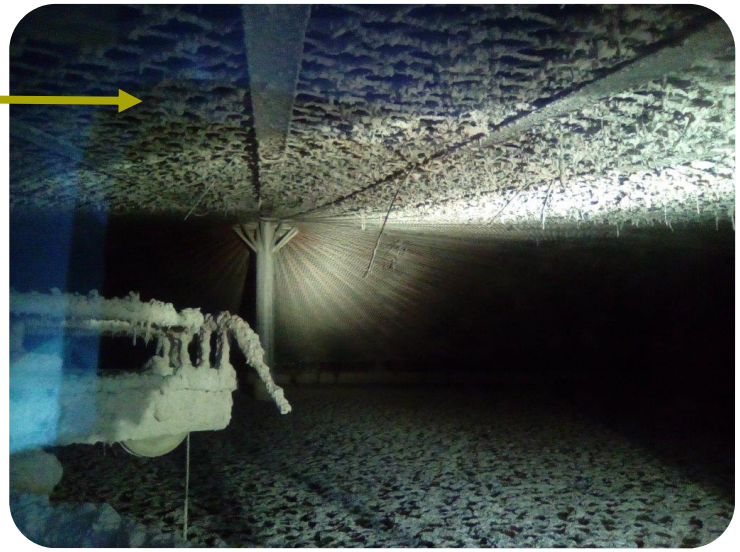
PlanET eco G : grande surface pour les bactéries de la désulfuration.

- Oxydation de l'H_2S grâce à l'oxygène injecté dans le ciel gazeux :

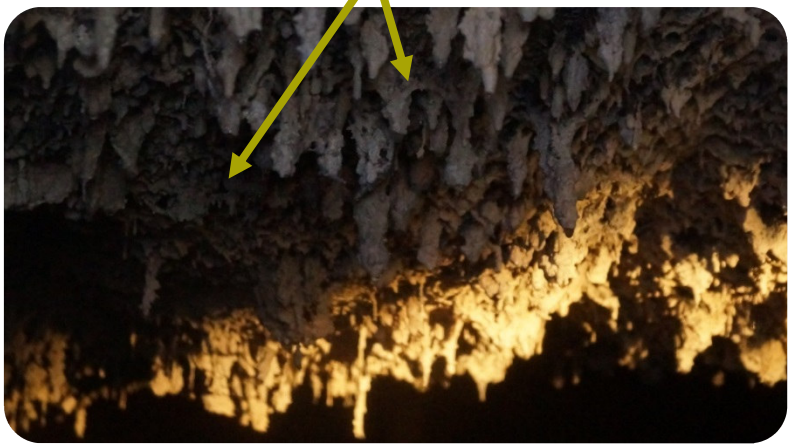
$$2\ H_2S + O_2 \rightarrow 2\ S + 2\ H_2O$$

- Une partie du soufre est évacuée avec le digestat

Injection d'air



Formation de cristaux de soufre (oxydés)



3. Inhibiteurs de la méthanisation

Pour une désulfuration biologique efficace :

- Asperger régulièrement de lisier / digestat l'eco G (**MS max : 8%** !)
- **Maintenir O_2 entre 0,5% et 0,8%**
- Insérer les substrats dans le fermenteur en fractionné dans la journée.

3. Si insuffisant :

3.1. Ajout de produit anti-soufre (hydroxyde de fer) - trémie

$$2\ Fe(OH)_3 + H_2S \rightarrow 2\ Fe(OH)_2 + S + 2\ H_2O$$

$$Fe(OH)_2 + H_2S \rightarrow FeS\searrow + 2\ H_2O$$

Suivre les préconisations de PlanET :

- utiliser du FerroSorp® (dans la trémie)
- respecter les quantités préconisées
- conserver l'anti-soufre dans un endroit sec
- port de gants recommandé.

3.2. Filtre à charbon actif

A installer en amont du système de valorisation du biogaz

3. Inhibiteurs de la méthanisation

- **Oxygène**

  Perturbe le fonctionnement des bactéries méthanogènes.

  ↳ **Ne pas dépasser 0,8% d'O_2** dans le biogaz (analyseur de gaz).

- **Sels**

  Nocif pour les micro-organismes.

  ↳ Limiter les substrats riches en sel, sodium, chlorure, …

  ↳ Analyser systématiquement tout nouveau co-produit

  ↳ Surveiller régulièrement la conductivité : **max. 30 – 40 mS/cm**

- **Moisissures**

  Certains micro-organismes sécrètent des **mycotoxines** : puissants inhibiteurs.

  ↳ Bien couvrir les silos

  ↳ Stocker les substrats sous abri (issues de céréales, …)

3. Inhibiteurs de la méthanisation

- **Agents antibiotiques**

Certains antibiotiques sont nocifs pour les bactéries

↳ Eviter les surdosages

↳ Si traitement de plusieurs animaux : stocker le lisier et fumier à part et ne pas les utiliser avant 2 ou 3 semaines.

- **Désinfectants**

↳ Rejeter eaux de lavage et pédiluves dans la fosse digestat (**pas dans le fermenteur ni la fosse à lisier**)

↳ Pas de produit à base de chlore ou de formaldéhyde (cancérigènes)

↳ Préférer les produits à base d'**acides organiques** (compatibles agro-alimentaire ou station d'épuration)

↳ Pas de surdosage et ne pas changer de produit soudainement

↳ Tester de petites quantités et surveiller la production de biogaz

3. Inhibiteurs de la méthanisation

- **Métaux lourds / Oligo-éléments**

Surveiller au moins 1 fois par an les concentrations en métaux et oligo-éléments dans le fermenteur :

↳ Attention à certains lisiers de porc : trop de Cuivre et de Zinc.

↳ Eviter toute carence en Cobalt, Sélénium, Molybdène et Nickel.

Sinon :

– Baisses de production
– Risques de mousse
– Mauvaise dégradation des fibres : risques de couches en surface, augmentation de la viscosité.

4. Démarrage de l’installation

4. Démarrage de l'installation

Attention : phase critique. Ne pas sauter d'étape !

Les processus biologiques reposent sur des **équilibres fragiles** :

- **Eviter tout changement brusque**
- **Respecter les consignes de PlanET**
- **Ne pas sauter d'étape**
- **Bien surveiller l'installation durant cette phase**

Objectifs dans le Fermenteur :

- **Volume total : 2 210 m³** (réseaux chauffage et agitateurs immergés)
- **Matière sèche : 6.0% à 9.0%**
- Matière organique : > 75%
- pH > 7
- **Non autorisés :** lisier de canard, fumier frais, ensilages, céréales.
- Azote total : 1,5 à 5,0 g/L
- Fibres < 15 mm
- Absence d'eaux de lavage ou autres matières mélangées, si possible
- Oligo-éléments :

	Minimum (mg/kg sur brut)	Maximum (mg/kg sur brut)
Cobalt	0,1	
Fer	200 – 250	
Cuivre	0,2	10
Manganèse	1	50 – 75
Molybdène	0,1	
Nickel	0,1 – 0,2	
Soufre		1200
Sélénium	0,1	
Zinc	0,2	30 – 40

4. Démarrage de l'installation

1. **Bien mélanger les préfosses à lisier**

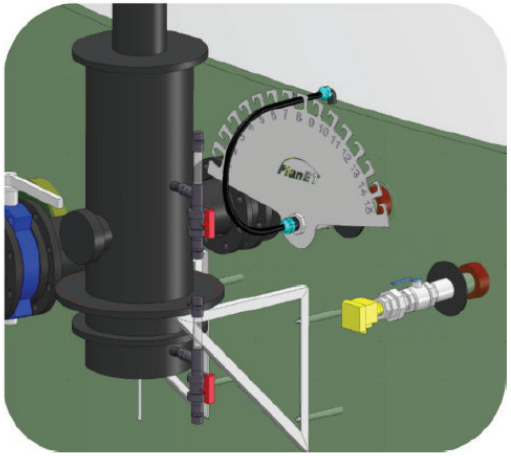
2. **Remplir le Fermenteur avec :**

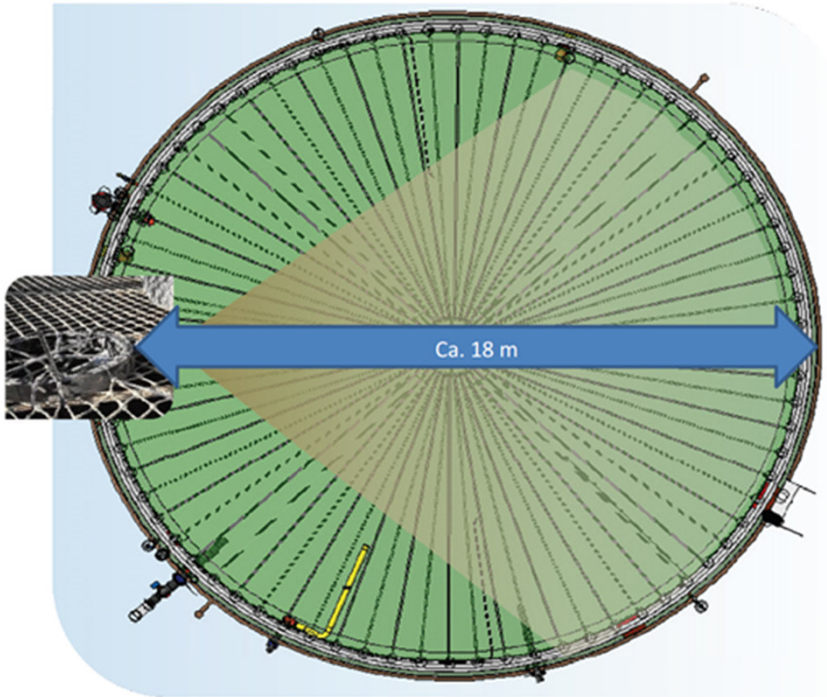
   - **Lisier bovin, lisier de porc, … : au moins 6% de MS**
   - **Digestat froid** → si digestat chaud : attendre d'être à 30°C

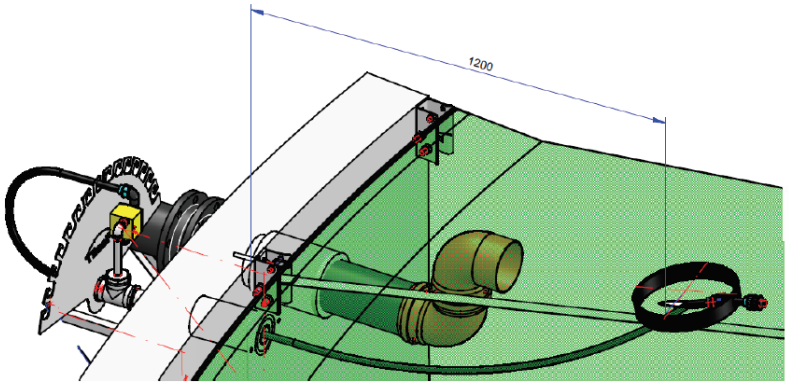
3. **Mettre en route les agitateurs (2 Powermix) :**
   - Powermix : position centrale
   - Vitesse : 50%
   - 30 min pause / 5 min agitation

4. **Analyser un échantillon du mélange** (MS, MO, oligo-éléments, pH, …)

5. **Asperger le(s) filet(s) eco G :** activer le système eco jet







4. Démarrage de l'installation

6. **Chauffer lentement** jusqu'à 38° C :
   - Ne pas chauffer le fermenteur à vide (préconisations béton)
   - Pression du réseau d'eau : maintenir à 2 bars
   - Vérifier tous les jours : débits, pression, températures
   - Nettoyer tous les jours les filtres du système de chauffage au démarrage !

Ne pas insérer de matière par la trémie d'insertion tant que la température du fermenteur n'a pas atteint 38°C.

Consignes de chauffage du fermenteur

Dates	Température Aller (nourrice armoire fermenteur)	Δ température entre Aller et Fermenteur (nourrice armoire fermenteur)
Du 1er au 3ème jour	Max 25°C	Max 10°C
Le 4ème jour	Max 35°C	Max 15°C
Le 5ème jour	Max 40°C	Max 20°C
Le 6ème jour	Max 45°C	Max 25°C
A partir du 7ème jour	Max 50°C	Max 30°C

Température Aller : ne jamais dépasser 70°C !

Δ Aller / Retour : ne jamais dépasser 20°C !

(préconisations béton)

7. **Soupape de sécurité :**
   - Le collecteur biogaz va se remplir d'air puis de biogaz :
     Interdiction stricte de fumer, téléphoner, créer toute étincelle !
     Atmosphère explosive durant la phase de démarrage.
   - Eliminer tous les jours l'eau de condensation
   - **Ajouter de l'antigel**

8. **Activer l'aide à la surverse : 1 fois par jour** (Manuel)

9. **Mettre en route l'injection d'air** (suivre les conseils de PlanET)

10. A 30°C :

- **(ajouter du digestat chaud** d'une autre installation)
- S'assurer d'avoir sur site le **kit de démarrage** : produit anti-soufre, anti-mousse, tubes de mesure H_2S et NH_3 + (si besoin : oligo-éléments, enzymes).
- **Analyser un échantillon du mélange obtenu :**

  (MS, MO, oligo-éléments, AGV, TAC, NH_4, pH, conductivité)

4. Démarrage de l'installation

11. **A 38°C : début de l'alimentation** (si analyses OK)
    - Suivre la ration de démarrage et les conseils de PlanET
    - Charger la trémie d'insertion en couches horizontales
    - Ajouter du produit anti-soufre (au centre de la trémie)

12. **Modifier le brassage :** → voir « Consignes d'alimentation »

Arrêter les agitateurs avant de modifier leur position !

    - Si mousse ou couche en surface ⇨ eco powermix sous la surface
    - Surveiller régulièrement les fermenteurs à travers le hublot.
    - Ajuster position et fréquence des agitateurs régulièrement.

13. **Aide à la surverse en automatique : 4 sec / 120 min**

4. Démarrage de l'installation

14. **Surveiller la teneur en H_2S du biogaz** (tubes de mesure Dräger fournis)

15. **Dès que H_2S < 400 ppm :** utiliser l'analyseur de gaz portatif (prêté par PlanET)

    Ne pas utiliser l'analyseur de gaz portatif si H_2S > 400 ppm !

16. **Mise en route de la cogénération si :**
    - Accords ERDF et EDF OA / GRDF
    - Gaz conforme aux préconisations cogénération :

    (minimum 3 semaines après début alimentation solide)

Composition	Recommandation
Méthane (CH_4)	> 50 %
Hydrogène sulfuré (H_2S)	< 150 ppm
Ammoniac (NH_3)	< 20 ppm

17. Post-Fermenteur :

Lorsque de la matière passe du F vers le PF :

- Ajouter éventuellement du digestat si disponible
- Agiter et chauffer dès que l'agitateur est totalement immergé
- Vérifier ensuite la qualité du biogaz produit dans le PF. Si conforme :
  - Ouvrir progressivement le réseau gaz entre F et PF
  - Ouvrir progressivement le réseau gaz entre PF et épurateur

  (avec un technicien PlanET)

SÉCURITÉ - RISQUES LIÉS A L'H_2S

- Importantes concentrations d'H_2S au démarrage (désulfuration pas encore totalement en place).
- H_2S très dangereux pour l'homme :

T+ - Très toxique

Teneurs en H_2S (ppm)	Symptômes chez l'homme
0.02 - 0.13	Perception olfactive (odeur d'œufs pourris)
50	Irritation des muqueuses (yeux, voies respiratoires)
100	Irritation de la gorge et des muqueuses
> 200	Maux de tête et difficultés respiratoires
> 300	Nausées
500	Fébrilité, somnolence, étourdissement
> 500	Spasmes, perte de connaissance
> 1000	Apnée, paralysie du système nerveux et mort en quelques minutes
> 5000	Mort immédiate

Attention : H_2S inodore à partir de 200 ppm !

(inhibition des récepteurs olfactifs)

SÉCURITÉ - RISQUES LIÉS A L'H_2S

Stockage des co-produits liquides :

- Attention aux risques de dégagement d'H_2S au niveau des **préfosses** !
- Ne pas mélanger plusieurs co-produits liquides dans la même préfosse.
- **Ne pas mélanger co-produits + lisier ou digestat.**

  Sinon : vider la préfosse tous les jours (ne pas stocker plus de 24h)
- Port obligatoire d'un **détecteur d'H_2S** autour des préfosses, surtout lors des livraisons de co-produits (exploitant, chauffeur, …). Risques mortels !

T+ - Très toxique

⇨ **Préfosse dédiée fortement conseillée**

⇨ **Attention aux préfosses de mélange !**

5. Suivi biologique

5. Suivi biologique

Fréquence	Paramètre	Recommandation
1 à 2 fois / jour (Journal de bord)	**Température**	37 – 42°C (max. 0,2°C/jour en + ou en -)
	Intérieur (hublot)	Absence de mousse et de couche en surface Brassage homogène et suffisant. Agitateurs immergés.
	Production de biogaz	Régulière et conforme à la production théorique (ration)
	CH_4	50 - 60%. Si < 50% : problème biologique !
	H_2S	< 150 ppm
	O_2	0,5 - 0,8%
2 fois / mois	**pH** **Conductivité** **AGV / TAC** **NH4** **MS** **MO** **Fibres**	7,6 – 8,0 < 40 mS/cm 0,2 – 0,5 (standard). A ajuster au cas par cas. < 3,5 – 4,5 g/L (selon le pH) 7 – 10 % > 70% Bien dégradées, < 8 cm dans les fermenteurs
1 fois / mois	**NH_3**	< 20 ppm (biogaz brut) – limite pour la biologie
	Dépôts – fond des réservoirs	Soutirer de la matière du fond des réservoirs (préventif)
3 fois / an	**Oligo-éléments**	Co, Se, Ni, Mo : > 0,1 mg/kg MB Fe > 200 mg/kg MB

Prélèvement d'échantillons : <u>lundi matin</u>

- **Agiter** (manuel) : env. 10 – 15 minutes
- Ouvrir les 2 vannes (rouge et bleue)
- Eliminer au moins 2 seaux. **Prélever un 3ème seau**
- Refermer la vanne rouge et vider entièrement le tuyau
- **Ne pas remplir à ras bord le flacon** (risque de fuite)

  Presser le flacon pour chasser l'air.

  Bien fermer : ne pas laisser l'échantillon à l'air libre !
- Refroidir immédiatement dans de l'eau froide (30 min)
- **Scotcher** le bouchon.
- **Etiqueter** le flacon.
- Le placer dans un sac plastique hermétique puis dans l'enveloppe TNT.
- Y coller l'**étiquette TNT** envoyée par email (le jeudi précédent).

5. Suivi biologique

Problème	Causes	Solutions
Mousse (surface)	• Trop d'azote • Changement de ration trop rapide • Carence en oligo-éléments • Mélange lisier + co-produits • Levures	• Agiter 50 cm sous la surface (continu) • Ajouter 5L d'anti-mousse (si mousse touche le toit) • Puis ajouter 5L d'huile de tournesol / jour • Stop insertion • Contacter le Service Biologique
Couche en surface	• Fibres trop longues en amont • MS < 7% dans le fermenteur • Carence en oligo-éléments	• Agiter 50 cm sous la surface (continu) • Stop insertion solides • Contacter le Service Biologique
Baisse de production + Baisse de CH_4	• Suralimentation • Changement brusque (T°C, ration) • Inhibiteur • Carence en oligo-éléments	• Stop insertion jusqu'à CH_4 > 50% • Contacter le Service Biologique
Pic d'H_2S	• Ration plus riche en soufre • Mousse • Température plus élevée	• Augmenter l'injection d'air (jusqu'à O_2 = 0,8%) • Ajouter anti-soufre (1 sac dans la trémie) • Activer l'eco jet • Baisser la température à 37°C • Stop substrats soufrés • Bien agiter

5. Suivi biologique

Problème	Causes	Solutions
Fermenteur trop sec et/ou fibreux	• Ration trop sèche • Fibres trop longues en amont • Carence en oligo-éléments	• Contacter le Service Biologique • Revoir la ration : + de liquides, - de fibres • Broyer les substrats en amont • Vérifier si pas de carence en oligo-éléments • Si OK : ajouter des enzymes (MethaPlus)

O_2 = 1,2 – 15%	• Si soleil la journée + Stockage digestat vidé récemment :
	  • Grand volume de stockage de gaz
	  • Gaz dilaté le jour et rétracté la nuit
	  = entrée d'air la nuit = augmentation de la teneur en O_2
	• Sinon : vérifier l'analyseur de gaz	

Si la mousse (ou le niveau du fermenteur) a atteint l'eco G :

- Intervention à prévoir : vérification de l'état de l'eco G et du toit par la suite (rail de serrage)
- nettoyer la soupape de sécurité

Si panne d'insertion (panne trémie, panne pompes, niveau trop haut) :
Ne pas rattraper le retard d'alimentation ! Risque d'acidose !

Que faire en cas de mauvaise production ?

Surveiller le taux de CH_4 (min. 2 fois/jour) :

- **Si aucun changement visible du taux de CH_4 :**

Tout va bien : l'augmentation des AGV est peut-être simplement due à un changement de substrats, bien accepté par les bactéries.

- **Si baisse du taux de CH_4 et si CH_4 < 51% :**

Réduire l'alimentation de 50% et attendre env. 4h ou 6h.

→ **Si le taux de CH_4 remonte :**

Ration à 50% pendant 1 jour → surveiller le taux de CH_4
Ration à 75% pendant 1 ou 2 j → surveiller le taux de CH_4 → Ration à 100 %

→ **Si le taux de CH_4 reste < 51% :**

Arrêter d'alimenter en solides et liquides jusqu'à CH_4 > 52%.
Puis reprendre progressivement l'alimentation :
Ration à 30% pendant 2 j → 50% pendant 2 j → 75% → 100%

Surveiller le taux de CH_4 avant d'augmenter la ration !

CONCLUSION

Suivi biologique régulier et rigoureux

= bon fonctionnement des bactéries

= production optimisée

Sandra VIEUXLOUP | 02 99 12 51 52 | **biologie@biogaz-planet.fr**
Service Biologique