



# Traitement du biogaz : Adsorption des polluants par charbon actif VERDESIS

**Verdesis SA**  
18 Rue du manège  
B – 1301 Bierges

Tél. : 010.43.46.52

- 1. Introduction : Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer**
2. Les principes de traitement
3. Présentation des équipements et charbons Verdesis
4. Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif
5. Et demain

# I – Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer

## Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer :

### ● Humidité

- Condensation = corrosion, engorgement des tuyauteries,..
- Mauvaise combustion dans les modules de cogénération
- Mauvaise lubrification et risques d'émulsion

### ● Sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S)

- Formation d'acide sulfurique en présence d'humidité (= corrosion et acidification de l'huile)
- Rejets de SO<sub>2</sub> (polluant) dans les fumées
- Dépôt de soufre sur les tuyauteries, équipements, échangeurs...
- Fragilisation des soudures

### ● Siloxane

- Éléments issus de la décomposition des produits contenant du silicone (produits d'entretien, cosmétiques, etc.)
- Dépôt de silice (sable) sur les tuyauteries, dans l'huile des moteurs
- Tapisse les parois du moteur d'une couche de silice : érosion des chambres,
- Encrassement de la centrale de valorisation et des échangeurs

# I – Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer

- **Autres COV : Ammoniac, Halogénés (F et Cl) , etc...**

- Rejet dans les fumées (NOX, COVNM, NMHx)
- Formation d'acides en présence d'humidité

- **La poussière**

- Bouche les injecteurs
- Baisse les performances de l'huile

# I – Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer



Figure 1: Colmatage d'un turbocompresseur



Figure 2: Colmatage d'un piston d'un moteur à gaz



Figure 3 : Colmatage d'un échangeur de chaleur par des dépôts de silice  $\text{SiO}_2$



Figure 4: Echangeur endommagé par des résidus de siloxanes



Figure 5: Corrosion de l'intercooler



Figure 6 : Dépôt de sulfate ferrique hydraté ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ ) sur l'échangeur fumée

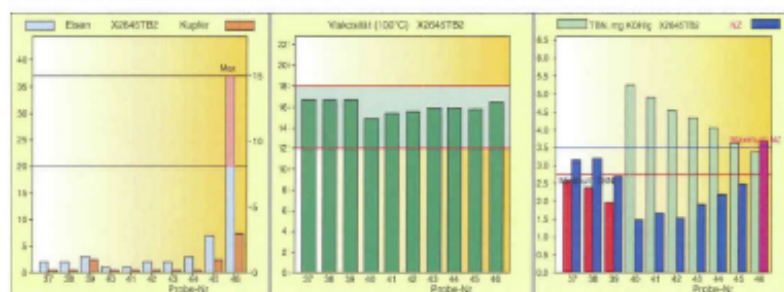
VERDESIS

# I – Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer

| Probe-Nr                     | 39         | 40         | 41         | 42         | 43         | 44         | 45         | 46         |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Analyse-Datum                | 26-11-2008 | 27-11-2008 | 06-12-2008 | 10-12-2008 | 23-12-2008 | 30-12-2008 | 09-01-2009 | 13-01-2009 |
| Entnahme der Probe am        | 12-11-2008 | 19-11-2008 | 26-11-2008 | 02-12-2008 | 09-12-2008 | -          | 24-12-2008 | 02-01-2009 |
| Gesamt Betriebsstunden Motor | 5561       | 5576       | 5844       | 5890       | 6156       | 6340       | 6500       | 6688       |
| Gesamt Betriebsstunden Öl    | 1877       | 115        | 283        | 429        | 505        | 779        | 909        | 1127       |
| Füllmenge, ltr               | 4868       | 5427       | 5463       | 6498       | 5536       | 5578       | 5610       | 5664       |
| <b>Metallrückstände</b>      |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Blei, mg/kg                  | 1          | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | 1          |
| Aluminium, mg/kg             | 3          | 2          | 2          | 2          | 2          | 5          | 8          | 17         |
| Chrom, mg/kg                 | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | 1          | 2          | 5          |
| Eisen, mg/kg                 | 3          | 1          | 1          | 2          | 2          | 3          | 7          | 27         |
| Kupfer, mg/kg                | 1          | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | 1          | 3          |
| Zinn, mg/kg                  | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | 1          | 2          |
| Nickel, mg/kg                | <1         | <1         | <1         | <1         | 1          | 1          | 1          | 2          |
| Molybdän, mg/kg              | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         | <1         |
| <b>Ölzustand</b>             |            |            |            |            |            |            |            |            |
| Calcium, %                   | 0.107      | 0.099      | 0.093      | 0.113      | 0.103      | 0.092      | 0.099      | 0.104      |
| Phosphor, %                  | 0.051      | 0.050      | 0.047      | 0.056      | 0.049      | 0.048      | 0.047      | 0.049      |
| Zinn, %                      | 0.062      | 0.057      | 0.062      | 0.062      | 0.066      | 0.061      | 0.065      | 0.058      |
| Magnesium, %                 | <=0.001    | <=0.001    | <=0.001    | <=0.001    | <=0.001    | <=0.001    | <=0.001    | <=0.001    |
| Schwefel, %                  | 0.466      | 0.449      | 0.409      | 0.498      | 0.407      | 0.401      | 0.425      | 0.451      |
| Öl, mg/kg                    | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          | 1          |
| Viskosität (100°C), mm/s     | 18.70      | 14.90      | 15.40      | 15.90      | 15.90      | 15.90      | 15.60      | 16.50      |
| Wasser, %                    | <=0.1      | <=0.1      | <=0.1      | <=0.1      | <=0.1      | <=0.1      | <=0.1      | <=0.1      |
| Silikon, mg/kg               | 8          | 2          | 3          | 4          | 36         | 183        | 152        | 152        |
| Natrium, mg/kg               | 7          | 3          | 4          | 3          | 3          | 3          | 3          | 3          |
| TBN, mg KOH/g                | 26         | 5.3        | 4.9        | 4.5        | 4.3        | 4.1        | 3.6        | 3.4        |
| NZ, mg KOH/g                 | 2.7        | 1.5        | 1.7        | 1.5        | 1.9        | 2.2        | 2.5        | 2.8        |
| pH-Wert                      | 9.5        | 6.0        | 5.7        | 5.2        | 5.0        | 5.5        | 5.4        | 5.4        |
| IR-Oxidation, abnorm         | 18.1       | 3.4        | 5.1        | 6.0        | 6.6        | 7.3        | 8.3        | 9.5        |
| IR-Mixation, abnorm          | 4.9        | 0.7        | 0.7        | 0.8        | 1.1        | 1.2        | 1.6        | 2.0        |
| Computer diagnosis           | AKTIV      | OK         | OK         | OK         | OK         | OK         | AKTIV      | AKTIV      |

Metallrückstände:  
Aluminiumgehalt zu hoch.  
Eisengehalt zu hoch.  
Ölzustand:  
Siliziumgehalt zu hoch.  
Neursäurekonzentration zu hoch  
Schlußfolgerung: Ölzustand/ Motorverschleiß ist nicht in Ordnung, Öl Wechsel wird empfohlen.

ÖLWECHSEL ERFORDERLICH



**Biogaz !**

Limite Silice : 200

-nitration ++  
-oxydation ++  
-TAN ++  
-TBN --  
-viscosité ++  
-métaux d'usure +

**Analyses d'huile = « bilan de santé » du moteur**  
(évolution de divers indicateurs)

Généralement,

Biogaz non filtré : vidange < 1000h  
Biogaz filtré : vidange > 2000h



# I – Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer

## Les risques de valoriser un biogaz non filtré :

### ● Risque financier

- Sur-présence en conduite (Intervalle de vidange d'huile doublé en présence d'une filtration ; ex : 3000h atteints sur ISDND à Gardanne) → coût d'huile + manque à gagner de production
- Risque contractuel en terme de garantie motoriste/assurance
- Augmentation du coût de maintenance global (Contrat de maintenance réduit si filtration du biogaz ; notamment possibilité d'application d'un plan de maintenance type GN)

### ● Risque technique

- Augmentation drastique du risque de casse brutale (turbo, soupape...)
- Moins bon rendement \*
- Possibilité limitée de fonctionner à 100% de charge sans risque.

### ● Risque environnemental


- Rejet atmosphérique, non respect de la VLE ou des arrêtés préfectoraux(notamment SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV)
- Possibilité limitée d'utiliser un catalyseur sur les fumées ou un ORC

\* : La présence de siloxanes dans le biogaz, suite à la montée en température dans le moteur, entraîne des dépôts de silice en continu sur les organes et pièces mobiles ; s'en suit le phénomène de *cognement*.

D'une part ce phénomène peut entraîner une mise en protection du moteur par détarage (paliers successifs de charge partielle) ayant pour conséquence une baisse notable du rendement.

D'autre part, la qualité de la combustion n'est plus assurée et une montée importante des valeurs de CO et de NO<sub>x</sub> est constatée dans les fumées.



- 
1. Introduction : Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer
  - 2. Les principes de traitement**
  3. Présentation des équipements et charbons Verdesis
  4. Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif
  5. Et demain



## II – Les principes de traitement

### Principe du traitement des COV (dont Si) sur charbon actif :

- Les COV sont adsorbés par le charbon actif (phénomène physique de captation de molécules carbonées)



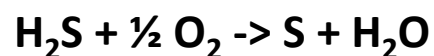
*Adsorption d'un gaz ou liquide sur une surface solide*

- Conditions d'utilisation nécessaire pour une filtration performante :
  - Vitesse de passage du gaz
  - Humidité relative
  - Hauteur de charbon

## II – Les principes de traitement

### Principe du traitement de l'H<sub>2</sub>S sur charbon actif imprégné (KOH, ...) :

- Le H<sub>2</sub>S réagit avec l'imprégnation et le transforme en S.




*Formation d'une solution de surface, siège de réactions entre H<sub>2</sub>S et l'imprégnant*

- **Conditions d'utilisation nécessaire :**

- [O<sub>2</sub>] > 1 % (>à 2 fois la teneur en H<sub>2</sub>S ; 1% = 10.000 ppm)
- Vitesse passage du gaz
- Humidité relative
- Hauteur de charbon

- **Remarques :**

- Lorsque l'H<sub>2</sub>S traverse une couche de charbon, il entraîne avec lui certains COV dont les siloxanes,
- L'H<sub>2</sub>S bouche les pores du charbon actif et dégrade ses performances d'adsorption des COV

- 
1. Introduction : Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer
  2. Les principes de traitement
  - 3. Présentation des équipements et charbons Verdesis**
  4. Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif
  5. Et demain

### III – Présentation des équipements et charbons Verdesis

#### **Solutions de traitement de biogaz :**

##### **1- Pour traiter l'eau : refroidir le biogaz pour former des condensats**

- Via un système d'échangeur thermiques alimentés en eau froide (groupes froids)

##### **2- Pour traiter le H<sub>2</sub>S, COV, siloxanes**

- Traitement passif : cuve de charbon imprégné, multicouches<sup>®</sup> (graphite pour les siloxanes)
  - Pré-traitement possible par « tour de lavage » = limitation de la consommation de CA
- VERDESIS combine systématiquement une à plusieurs cuve(s) après une tour de lavage**

##### **3- Pour filtrer les poussière :**




- Par une ou plusieurs cartouches à particule 5 µm



verdesis

### III – Présentation des équipements et charbons Verdesis

Différents types de media :

| Nom        | Charbon actif                                                                     | Charbon imprégné<br>(KOH ou KI)                                                    | Graphite actif<br>Microporeux                                                       |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|            |  |  |  |
| Spécialité | COV<br>Gros Siloxanes<br>(cycliques)                                              | H <sub>2</sub> S                                                                   | Petits siloxanes<br>(linéaires)                                                     |

### III – Présentation des équipements et charbons Verdesis

#### FILTRE DE TRAITEMENT AIRCON 1000 POUR 500 KG DE CHARBON ACTIF

Facile d'utilisation, conçu pour utiliser le plus efficacement le charbon actif.

Le changement de cuve se fait par échange en moins d'une heure.

Conditions d'utilisations :  
-0,49 à 6 barg  
50 à 400 m<sup>3</sup>/h

##### Système Plug and Play

Connexion rapide par flexible en DN100

##### Facilement transportable

Le déplacement peut se faire par transpalette ou par anneaux de levage



##### Isolation de la cuve

La cuve est recouverte d'une couche de laine de roche de 40 mm qui limite la condensation

##### Diffusion du gaz

Equipé d'un système d'injection en étoile pour une diffusion du gaz uniforme sur toute la section de la cuve

### III – Présentation des équipements et charbons Verdesis

#### FILTRE DE TRAITEMENT AIRCON BG JUSQU' A 11.000 KG DE CHARBON ACTIF

Système passif, mobile, sans manipulation de charbon, conçu pour utiliser le plus efficacement une grande quantité de charbon actif.

Le changement de cuve se fait avec un camion en moins d'une heure.



Conditions d'utilisations :  
-0,05 à 0,5 barg  
400 à 4.000 m<sup>3</sup>/h (selon perte de charge maximale admissible)

#### Diffusion du gaz

Equipée d'un plancher d'injection pour une diffusion du gaz uniforme sur toute la section de la cuve

#### Piquage

Trois points de prélèvement du biogaz intermédiaires



#### Isolation de la cuve\*

Limite la condensation. La cuve est équipée d'une double paroi remplie de laine de roche

#### Système Plug and Play

Connexion rapide par flexible en DN200, 250 ou 300

\* La présence d'eau limite les performances du charbon actif

  
VERDESIS



### III – Présentation des équipements et charbons Verdesis

#### FILTRE A PARTICULE

Système de filtration des  
poussière < 5 $\mu$ m  
Le changement de cartouche  
est réalisé rapidement en  
moins d'1/2 h



Conditions d'utilisations :  
Pression et débit est adapté  
sur demande et  
préconisation

#### Event

Permet  
d'évacuer le gaz  
lors des  
remplacements  
de cartouches

#### Dispositif sur roulette

Equipée d'un ou  
plusieurs  
cartouches  
installées sur un  
gabarit sur  
roulette




#### Ouverture sans outils

Ouverture et  
fermeture par  
goujons  
d'ancrage

#### Purge

Evacuation de  
l'eau de  
l'intérieur et de  
l'extérieur de  
la cartouche

- 
1. Introduction : Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer
  2. Les principes de traitement
  3. Présentation des équipements et charbons Verdesis
  - 4. Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif**
  5. Et demain

## IV – Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif

### Composition de la cuve en charbon actif :

- **A partir des hypothèses suivantes :**

- Concentration en H<sub>2</sub>S, les COV, Si linéaires et cycliques
- Débit normé, pression et température

**Verdesis vous donne la hauteur de charbon utile pour filtrer la totalité des polluants et la composition des cuves suivant trois types de charbon au coût le plus favorable.**

Un brevet est déposé pour l'utilisation de ce mix de CA utilisé sous forme d'un multi-couche.

**L'analyse des « analyses de biogaz » et du « charbon actif » est utilisée en continu pour ajuster la composition de la cuve**

## IV – Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif

- **Assurer le meilleur taux de charge**

- Cuve de haute qualité (isolation à double paroi, diffusion du gaz...)
- Humidité contrôlée
- Suivi analytique
- Pas ou peu de zones « mortes »
- Rotation des cuves (la cuve la plus ancienne en première position de traversée du gaz)

- **Suivre la logistique et les remplacements de media**

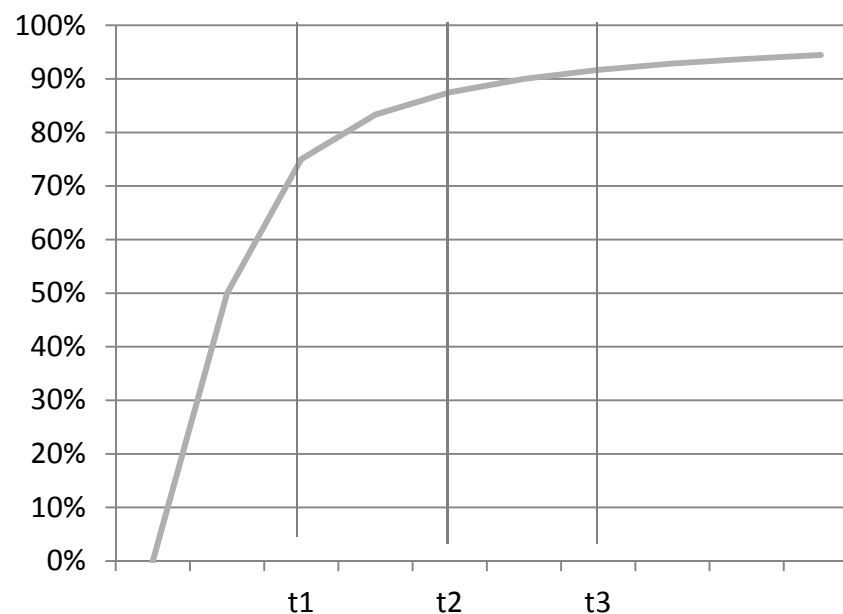
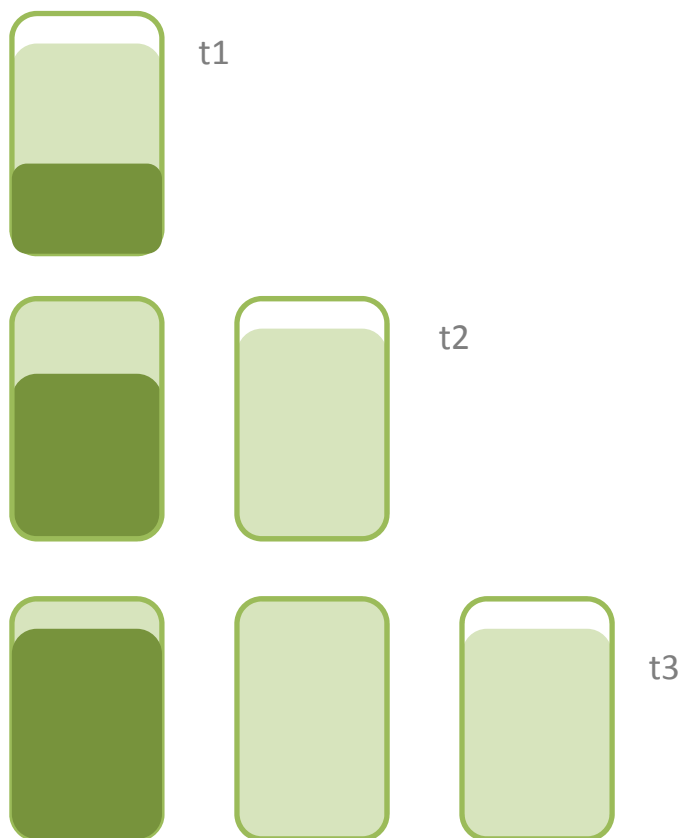
- Planification initiale et adaptation au vu des analyses de biogaz intermédiaires
- Organisation des livraisons
- Présence sur le terrain lors des rotations de cuves
- Purge et mise en service des nouvelles cuves
- Fiche de vérification des vannes à chaque changement (signature client)

- **Interprétation et analyses de biogaz**

- Organisation des campagnes de mesures / envois vers les labos d'analyses
- Matériel & procédure d'analyse de H<sub>2</sub>S in situ
- L'analyse des analyses permet d'optimiser les intervalles de changements et d'adapter les mix de charbon à utiliser (normal, imprégné, graphite SAG)
- Calculs de simulations


## IV – Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif

La mise en série des cuves, afin de tenir compte de « la zone de transfert » relative au front de saturation :



**Saturation de la cuve lors de son enlèvement**

Mise en série de cuve = réduction de la consommation de charbon

- 
1. Introduction : Les polluants, leurs effets et l'intérêt de filtrer
  2. Les principes de traitement
  3. Présentation des équipements et charbons Verdesis
  4. Les clés d'une bonne gestion de la filtration sur charbon actif
  5. **Et demain**

## V – Et demain

- **Utilisation de *charbon actif régénéré***

Les COV captés (= condensés) par le charbon actif seront libérés (= revaporisés) dans un four à haute température ; le taux de recouvrement attendu des micropores est de ~90%.

- **Comparatif de charbon actif par l'utilisation d'un pilote**

Réalisation de tests (mix de charbon, humidité,...) avec objectif d'amélioration continue  
Adaptation d'un mix de charbon optimisé suivant la qualité du gaz





# Merci de votre attention

Thomas Cartieaux  
*Responsable filtration*  
VERDESIS S.A.

Tél. bureau : +32(0)10.43.46.52  
Fax : +32(0)10.43.46.60  
Mobile FR : +33(0)6.76.58.91.65  
Mobile BE : +32(0)4.84.65.83.59

Rue du Manège, 18  
B-1301 Bierges  
Belgium  
[www.verdesis.net](http://www.verdesis.net)

