

Techniques industrielles connues pour le traitement de H_2S , mercaptans (R-SH) et SO_2 , PTC System – ACTIPOL® en concurrence Comparatifs CAPEX - OPEX

1.- Traitement du H_2S (sulfure d'hydrogène)

A. Procédés physiques / physico-chimiques

Absorption dans solvants

- **Amines** : MEA, DEA, MDEA, DGA
 - 👉 Standard en traitement des gaz (gaz naturel, gaz de raffinerie)
- **Solvants physiques** : Selexol, Rectisol (gaz acides concentrés)

✔ Sélectif H_2S / CO_2 possible

✖ OPEX élevé (régénération)

B. Lavage physico-chimique ACTIPOL®

- **Procédé PTC System**
 - Lavage solution ACTIPOL®
 - Sulfide organique → destruction naturelle aérobie

✔ Efficace et définitif

✔ OPEX faible

C. Oxydation chimique

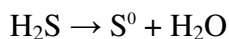
- **Oxydation caustique** (NaOH + oxydant)
 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{NaHS} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{thiosulfates / sulfates}$
- Oxydants usuels :
 - Air / O_2
 - Hypochlorite (Javel)
 - Peroxyde d'hydrogène
 - Ferricyanures / Fe^{3+}

👉 Très courant pour faibles débits, effluents liquides, odeurs

D. Procédés catalytiques

Claus (thermique + catalytique)

Claus modifié / TGTU (SCOT, SuperClaus)



✔ Grandes capacités (raffineries, GNL)

E. Procédés biologiques

- Biofiltres / bioscrubbers
- Thiopaq®, Sulferox®

👉 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow$ Soufre élémentaire

- ✓ Bas OPEX, faible T° , procédé vert
 - ✗ Sensible aux variations
-

2.- Traitement des mercaptans (R-SH)

A. Extraction alcaline

- Lavage soude (NaOH)
 $\text{R-SH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{R-SNa} + \text{H}_2\text{O}$

✓ Efficace mais ✗ **non définitif** (mercaptans transférés)

B. Oxydation des mercaptans

- Procédé MEROX® (UOP)
 - Milieu alcalin
 - Catalyseur + air
 - Mercaptans \rightarrow ✗ disulfures (R-S-S-R)

- ✓ Standard mondial pour LPG, naphta, kérosène
- ✗ Odeur, soufre conservé dans le produit

C. Lavage physico-chimique ACTIPOL®

- Procédé PTC System
 - Lavage solution ACTIPOL®
 - Mercaptide organique \rightarrow destruction naturelle aérobie

✓ Efficace et définitif

D. Oxydation chimique directe

- Hypochlorite
- Peroxyde
- Ozone (cas spécifiques)

👉 Effluents, désodorisation, stations d'épuration

✗ Eaux chargées en oxydant à traiter

E. Adsorption

- **Charbon actif imprégné**
- Oxydes métalliques (Cu, Zn)

👉 Polissage final / faibles concentrations

3.- Traitement du SO₂ (dioxyde de soufre)

A. Absorption alcaline (désulfuration fumées)

- **Lait de chaux / chaux vive**
 - $\text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 / \text{CaSO}_4$ (gypse)
- **Soude (NaOH / Na₂CO₃)**

👉 FGD (Flue Gas Désulfuration)

B. Lavage physico-chimique SOLUPOL®

- **Procédé PTC System**
 - Lavage solution SOLUPOL®
 - Sulfonate organique → destruction naturelle aérobie

✅ Efficace et définitif

C. Réduction catalytique

- **Procédé Wellman–Lord**
 - $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

✅ Valorisation acide sulfurique

D. Procédés secs / semi-secs

- Injection de bicarbonate
- Spray dryer absorber

👉 Incinérateurs, unités compactes

E. Procédés catalytiques

- **Contact process**
 $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
 - Usine sulfurique
-

4.- Synthèse comparative rapide

Polluant	Techniques dominantes
H ₂ S	Amines, Claus, oxydation, biologique, ACTIPOL®
Mercaptans	MEROX, soude + oxydation , ACTIPOL®
H ₂ S + Mercaptans	ACTIPOL®
SO ₂	Chaux, soude, SOLUPOL®, catalyse, FGD

5.- Choix de la technologie → critères clés

- Phase : **gaz / liquide**
 - Concentration soufre
 - Débit
 - Valorisation possible (SO₂, H₂SO₄)
 - Contraintes CAPEX / OPEX
 - Environnement / odeurs
-

COMPARATIFS CAPEX - OPEX

1.- H₂S – €/m³ traité

A. Gaz (Nm³ de gaz traité)

Procédé	CAPEX (€ / Nm ³ ·h)	OPEX (€ / Nm ³)	Commentaire
Amines (MDEA)	15 – 40	0,02 – 0,06	Référence raffinage
Solvant physique	30 – 80	0,01 – 0,04	Gaz très acides
ACTIPOL®	0,8 - 15	0,001 – 0,17	Selon teneur en H ₂ S
Claus	40 – 120	0,01 – 0,03	Gros débits uniquement
Bio (Thiopaq)	10 – 30	0,005 – 0,02	H ₂ S modéré
Oxydation chimique	5 – 15	0,05 – 0,20	Petits débits

👉 Lecture :

Une unité amines traitant 100 000 Nm³/h → CAPEX ≈ 1,5 à 4 M€

B. Liquides (eaux, hydrocarbures)

Procédé	CAPEX (€ / m ³ ·h)	OPEX (€ / m ³)
Oxydation caustique	5 000 – 20 000	0,5 – 3 €
Bio (eaux)	3 000 – 10 000	0,1 – 0,5 €
ACTIPOL®	3 000 – 15 000	0,001 – 0,38
Adsorption	2 000 – 8 000	1 – 5 €

✓ ACTIPOL® = meilleur ratio €/m³ industriellement

2.- Mercaptans (R-SH)

A. Hydrocarbures (LPG, naphta, kérosène)

Procédé	CAPEX (€ / m ³ ·h)	OPEX (€ / m ³)
MEROX LPG	2 000 – 6 000	0,05 – 0,20 €
MEROX kérosène	4 000 – 12 000	0,1 – 0,4 €
Lavage soude	1 000 – 4 000	0,3 – 1,5 €
ACTIPOL®	3 000 – 15 000	0,001 - 0,17€

✓ ACTIPOL® = meilleur ratio €/m³ industriellement MEROX en second

✗ Lavage soude = OPEX élevé + effluents à traiter

B. Effluents aqueux

Procédé	CAPEX (€ / m ³ ·h)	OPEX (€ / m ³)
Oxydation chimique	3 000 – 10 000	0,5 – 2 €
ACTIPOL®	3 000 – 15 000	0,001 - 0,17€
Bio	2 000 – 6 000	0,1 – 0,4 €

✓ ACTIPOL® = meilleur ratio €/m³ industriellement

✗ Traitement bio : très sensible aux variations

3.-SO₂ – Fumées (Nm³ de gaz)

Procédé	CAPEX (€ / Nm ³ ·h)	OPEX (€ / Nm ³)
FGD chauds	50 – 150	0,003 – 0,01
FGD soude	30 – 80	0,01 – 0,03

Procédé	CAPEX (€ / Nm ³ ·h)	OPEX (€ / Nm ³)
SOLUPOL®	0,8 - 15	0,001 – 0,17
Procédé sec (bicarbonates)	10 – 40	0,01 – 0,05

👉 Exemple :

Un incinérateur **150 000 Nm³/h** → FGD chaux ≈ **8–20 M€ CAPEX**

5.- Règles terrain

- Gaz → raisonner en €/Nm³
- Liquide → €/m³ traité
- > 10 000 Nm³/h → solutions catalytiques
- < 1 000 Nm³/h → chimique ou bio
- de 1 000 à 20 000 Nm³/h → Physico-chimique ACTIPOL® ou SOLUPOL®
- Gros débit et forte teneur en soufre → Claus / FGD
- Mercaptans carburants → MEROX (sans débat)