

Techniques industrielles connues pour le traitement de H₂S, mercaptans (R-SH) et SO₂, PTC System – ACTIPOL ® en concurrence Comparatifs CAPEX - OPEX

1.- Traitement du H₂S (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 H₂S / CO₂ 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)
H₂S → NaHS → Na₂S → thiosulfates / sulfates
- Oxydants usuels :
 - Air / O₂
 - Hypochlorite (Javel)
 - Peroxyde d'hydrogène
 - Ferricyanures / Fe³⁺

👉 Très courant pour faibles débits, effluents liquides, odeurs

D. Procédés catalytiques

Claus (thermique + catalytique)
Claus modifié / TGTU (SCOT, SuperClaus)
H₂S → S⁰ + H₂O

- ✓ 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**
 - SO₂ → CaSO₃ / CaSO₄ (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**
 - SO₂ → SO₃ → H₂SO₄

✓ Valorisation acide sulfurique

D. Procédés secs / semi-secs

- Injection de bicarbonate
- Spray dryer absorber

👉 Incinérateurs, unités compactes

E. Procédés catalytiques

- **Contact process**
SO₂ → SO₃ → H₂SO₄
 - Usine sulfurique

4.- Synthèse comparative rapide

Polluant	Techniques dominantes
H_2S	Amines, Claus, oxydation, biologique, ACTIPOL®
Mercaptans	MEROX, soude + oxydation , ACTIPOL®
$\text{H}_2\text{S} + \text{Mercaptans}$	ACTIPOL®
SO_2	Chaux, soude, SOLUPOL®, catalyse, FGD

5.- Choix de la technologie → critères clés

- Phase : **gaz / liquide**
- Concentration soufre
- Débit
- Valorisation possible (SO_2 , H_2SO_4)
- Contraintes CAPEX / OPEX
- Environnement / odeurs

COMPARATIFS CAPEX - OPEX

1.- H_2S – $\text{€}/\text{m}^3$ traité

A. Gaz (Nm^3 de gaz traité)

Procédé	CAPEX (€ / $\text{Nm}^3 \cdot \text{h}$)	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_2S
Claus	40 – 120	0,01 – 0,03	Gros débits uniquement
Bio (Thiopaq)	10 – 30	0,005 – 0,02	H_2S modéré
Oxydation chimique	5 – 15	0,05 – 0,20	Petits débits

👉 Lecture :

Une unité amines traitant **100 000 Nm^3/h** → CAPEX $\approx 1,5$ 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, kérósène)

Procédé	CAPEX (€ / m ³ ·h)	OPEX (€ / m ³)
MEROX LPG	2 000 – 6 000	0,05 – 0,20 €
MEROX kérósène	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 chaux	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)
-