

ACTIPOL® - DOSSIER COMPLET

Traitement chimique non oxydant du H₂S, des mercaptans et des composés soufrés réduits

DOSSIER TECHNIQUE, INDUSTRIEL ET ÉCONOMIQUE DE RÉFÉRENCE

1. ACTIPOL® DANS LE PROCÉDE PTC SYSTEMS

ACTIPOL® constitue, avec BIOPOL®, l'une des deux formulations de la plateforme ACTIPOLISH®, intégrée au PTC System :

PTC SYSTEMS → ACTIPOLISH® → ACTIPOL® + BIOPOL®

Les deux formulations utilisent une même logique chimique de fixation des composés soufrés réduits mais sont adaptées à des environnements différents.

ACTIPOL® : formulation concentrée et fortement alcaline, destinée en priorité au raffinage, à la pétrochimie, aux hydrocarbures, au polishing industriel et au traitement H₂S + mercaptans.

BIOPOL® : formulation au carbonate, plus diluée et à pH modéré, développée notamment pour les environnements riches en CO₂ et certaines applications environnementales.

ACTIPOL® et BIOPOL® sont complémentaires et non concurrents.

2. PROBLÉMATIQUE DU SOUFRE RÉDUIT

Les principaux composés concernés sont : H₂S, CH₃-SH, C₂H₅-SH, mercaptans R-SH et autres composés soufrés réduits. Ils peuvent provoquer odeurs, toxicité, corrosion, risques de sécurité, non-conformité des produits, perturbations des procédés aval et émissions atmosphériques.

Le traitement du soufre réduit constitue donc simultanément un problème de **procédé, sécurité, environnement et qualité produit**.

3. PRINCIPE CHIMIQUE D'ACTIPOL®

ACTIPOL® repose sur une **substitution nucléophile SN₂**, différente des technologies d'oxydation ou de simple adsorption.

Le composé actif comporte un carbone activé de type :



où X représente un groupe partant, notamment un halogène ou pseudo-halogène. Le composé soufré réduit agit comme nucléophile et se fixe chimiquement sur ce carbone activé.

4. RÉACTION AVEC LE H₂S

Réaction globale de principe :



Une molécule de H₂S possède donc **2 équivalents réactifs**.

5. RÉACTION AVEC LES MERCAPTANS

Pour un mercaptan :



Le mercaptan possède **1 équivalent réactif**.

Cette différence H₂S/mercaptans doit impérativement être conservée dans les calculs.

6. BASE STœCHIMÉTRIQUE DE RÉFÉRENCE

Pour le H₂S, la consommation théorique consolidée est :

1 kg H₂S → 6,853 kg de matière active

Pour ACTIPOL® à environ 21,2–21,5 % :

1 kg H₂S → environ 31,9–32,3 kg d'ACTIPOL®

La valeur exacte dépend du titre réel de la formulation.

7. FORMULATION ACTIPOL®

Paramètre	Valeur de référence
Matière active	≈ 21,2 %
Base	Soude
pH	≈ 13
Densité indicative	≈ 1,2 kg/L
H ₂ S	Réactif
Mercaptans	Réactifs
Mécanisme	Chimique non oxydant
Stabilité	> 1 an en milieu basique

8. STABILITÉ

ACTIPOL® présente une bonne stabilité en milieu basique, supérieure à un an dans des conditions appropriées de stockage. Cette propriété facilite stockage industriel, transport, constitution de stocks et injection continue ou intermittente.

Les conditions définitives sont précisées dans la fiche produit industrielle.

9. CARACTÈRE NON OXYDANT

ACTIPOL® ne repose ni sur l'hypochlorite, ni sur l'eau de Javel, ni sur une oxydation à l'air, ni sur la conversion recherchée des mercaptans en disulfures.

ACTIPOL® = fixation chimique du soufre réduit par substitution.

10. SECTEURS INDUSTRIELS CONCERNÉS

Secteur	Soufre réduit / problématique
Raffinage	H ₂ S, mercaptans, spécifications produits
Pétrochimie / hydrocarbures	H ₂ S, organosoufrés, polishing
Chimie / chimie fine	H ₂ S, mercaptans, composés odorants

Papeterie / pâte à papier	H ₂ S, composés soufrés réduits
Tanneries	Sulfures, H ₂ S
Agroalimentaire	H ₂ S, nuisances olfactives
Équarrissage	H ₂ S, mercaptans, odeurs
STEP urbaines et industrielles	H ₂ S, mercaptans, odeurs
Réseaux d'assainissement	Formation et dégagement de H ₂ S
Boues	H ₂ S, composés odorants
Méthanisation / biogaz	H ₂ S, mercaptans
Déchets / lixiviats	H ₂ S, soufre réduit, odeurs
Désodorisation / air industriel	H ₂ S, mercaptans

Cette liste n'est pas limitative. La présence effective de **H₂S ou de fonctions thiol réactives** constitue le premier critère chimique d'étude.

11. POSITIONNEMENT INDUSTRIEL

ACTIPOL® n'a pas vocation à remplacer systématiquement toutes les technologies existantes. Son intérêt dépend de la nature et concentration du soufre réduit, du débit, de la matrice, du CO₂, de l'eau, de la température, du temps de contact, des spécifications finales, des installations existantes et du coût global.

Positionnement privilégié : traitement ciblé et polishing.

12. ACTIPOL® EN RAFFINAGE

Après HDS, une coupe peut encore contenir du H₂S résiduel et des mercaptans :

HDS → SOUFRE RÉDUIT RÉSIDUEL → ACTIPOL® → POLISHING → PRODUIT TRAITÉ

ACTIPOL® intervient donc sur la charge soufrée réduite restant après le traitement principal.

13. COUPES PÉTROLIÈRES CONCERNÉES

ACTIPOL® peut notamment être étudié sur :

- **naphta,**
- **essence,**
- **kérosène,**
- **gazole,**
- **distillats et autres coupes compatibles.**

Chaque matrice doit faire l'objet d'une validation spécifique.

14. SORTIE HDS

Ordres de grandeur étudiés :

- **Naphta/essence** : H₂S typiquement 0–5 ppm ; mercaptans de quelques ppm à plusieurs dizaines de ppm selon procédé et charge.
- **Gazole/kérosène** : H₂S traces à quelques ppm ; mercaptans généralement plus faibles.

Ces valeurs restent indicatives : **le dimensionnement doit partir des analyses réelles du site.**

15. ARCHITECTURE ACTIPOL®

**STOCKAGE → DOSAGE → MÉLANGE/CONTACT → RÉACTION
→ SÉPARATION DES PHASES → LAVAGE SI NÉCESSAIRE → PRODUIT TRAITÉ**

Le dimensionnement dépend notamment du débit, de la viscosité, de la température, du mélange, du temps de contact et de la séparation eau/hydrocarbure.

16. ACTIPOL® ET MEROX

MEROX fonctionne schématiquement selon :

**LAVAGE ALCALIN → EXTRACTION MERCAPTANS → OXYDATION À L'AIR
→ DISULFURES → RÉGÉNÉRATION/RECYCLAGE**

ACTIPOL® fonctionne par réaction chimique directe. La comparaison doit donc intégrer **CAPEX + réactifs + énergie + air + catalyseur + exploitation + maintenance + effluents + gestion des disulfures**.

17. ACTIPOL® EN COMPLÉMENT DE MEROX

L'approche recherchée n'est pas nécessairement MEROX ou ACTIPOL®, mais :

**HDS → TRAITEMENT PRINCIPAL OPTIMISÉ → CHARGE RÉSIDUELLE
→ ACTIPOL® → SPÉCIFICATION FINALE**

L'objectif est de déterminer la **zone de bascule économique** où le polishing ACTIPOL® devient pertinent.

18. IMPORTANCE DES MERCAPTANS

Dans plusieurs cas de raffinage étudiés, la consommation d'ACTIPOL® est davantage déterminée par les mercaptans que par le H₂S résiduel.

Quelques ppm de H₂S peuvent représenter une faible charge tandis que **100–150 ppm de mercaptans** deviennent déterminants dans le bilan matière et économique.

19. MÉTHODE DE CALCUL INDUSTRIEL

**DÉBIT → DENSITÉ → ppm H₂S → ppm MERCAPTANS → MASSES
→ STœCHIMÉTRIE → ACTIPOL® → COÛT**

H₂S et mercaptans doivent être calculés **séparément**, puis additionnés.

20. CAS DE RÉFÉRENCE RAFFINAGE— 8 000 m³/j gazole

Cas étudié : **8 000 m³/j ; densité 0,80–0,83 ; H₂S 5 ppm ; mercaptans 120–150 ppm**.

Dans cette configuration, la charge en mercaptans représente l'essentiel de la consommation.

Ce cas reste un exemple économique utile mais doit être recalculé avec la stœchiométrie définitive et la composition exacte des mercaptans lorsque celle-ci est connue.

21. COÛT MATIÈRES ACTIPOL®

Référence actuelle :

0,53 €/kg d'ACTIPOL® — matières premières seules

Cette valeur **n'est pas un prix de vente**.

Prix final = matières + fabrication + conditionnement + logistique + frais + marge.

22. CALCUL ÉCONOMIQUE

Consommation ACTIPOL® (kg) × 0,53 €/kg = coût matières

puis :

Coût matières journalier ÷ volume traité = €/m³

La comparaison industrielle doit toutefois porter sur le **coût global du traitement**, et non uniquement sur le prix des réactifs.

23. STEP ET ASSAINISSEMENT

ACTIPOL® a été étudié dans le traitement des eaux et du H₂S. Les essais historiques réalisés avec ACTIPOL® restent importants pour démontrer le comportement de la chimie.

Cependant, dans certains environnements aqueux et/ou riches en CO₂, **BIOPOL® est aujourd'hui la formulation privilégiée**, grâce à son carbonate et à son pH plus modéré.

24. ESSAIS ACTIPOL® — RÈGLE DE PRÉSENTATION

ESSAI RÉALISÉ AVEC ACTIPOL® = RÉSULTAT ACTIPOL®

Les essais ACTIPOL® ne doivent pas être présentés comme des essais BIOPOL®. Ils peuvent seulement servir, lorsque cela est chimiquement justifié, de **preuve de concept de la chimie commune**.

Les performances spécifiques de **BIOPOL®** doivent être validées séparément.

25. BIOGAZ ET MÉTHANISATION

Les essais ACTIPOL® réalisés sur des flux contenant H₂S et mercaptans apportent des informations sur la réactivité du système.

Cependant :

BIOGAZ / CO₂ IMPORTANT → BIOPOL® PRIORITAIRE

MILIEU COMPATIBLE / POLISHING / H₂S + MERCAPTANS → ACTIPOL®

26. TRAITEMENT DES ODEURS

Le H₂S et les mercaptans sont responsables de nombreuses odeurs industrielles. ACTIPOL® peut être étudié lorsque ces molécules constituent effectivement la nuisance.

L'objectif n'est pas de masquer l'odeur mais de **réagir chimiquement avec les composés responsables**.

27. EAUX DE LAVAGE — BIO-DÉGRADABILITÉ

Après traitement, une étape de lavage peut être utilisée lorsque la matrice le nécessite.

En raffinage, les volumes envisagés sont de l'ordre de **1 à 2 L d'eau/m³ d'hydrocarbure**, à confirmer industriellement.

Les eaux de lavage issues du procédé ACTIPOL® sont biodégradables.

Elles peuvent être dirigées vers la **STEP du site** pour traitement biologique, sous réserve de compatibilité avec sa capacité, son pH admissible, sa charge organique, sa salinité et les prescriptions locales.

Le procédé vise à éviter la **régénération du H₂S et des mercaptans initialement captés**. Le comportement des produits de réaction dans la filière d'effluents devra être confirmé pour chaque application industrielle.

28. ACTIPOL® FACE À L'HYPOCHLORITE

Critère	ACTIPOL®	Hypochlorite
Principe	Substitution	Oxydation
H ₂ S	Oui	Oui
Mercaptans	Oui	Selon conditions
Oxydant	Non	Oui
Chlore actif	Non	Oui

Sous-produits chlorés liés au procédé	Non	À considérer
---------------------------------------	-----	--------------

Le choix final doit également intégrer coût, matrice, sécurité, exploitation et effluents.

29. TECHNOLOGIES CONCURRENTES OU COMPLÉMENTAIRES

Selon l'application :

- charbon actif,
- médias fer,
- hypochlorite,
- oxydation chimique,
- traitement biologique,
- bio-trickling,
- lavage alcalin,
- MEROX et autres procédés de désulfuration.

ACTIPOL® peut être utilisé comme **traitement principal, complémentaire ou polishing final**.

30. INTÉRÊT DU POLISHING

Un traitement primaire peut éliminer économiquement l'essentiel du contaminant mais devenir moins performant ou plus coûteux pour atteindre les dernières ppm.

**TRAITEMENT PRINCIPAL → CHARGE RÉSIDUELLE
→ ACTIPOL® → SPÉCIFICATION FINALE**

L'objectif est d'utiliser chaque technologie dans sa **zone optimale d'efficacité et de coût**.

31. LIMITES ET PRÉCAUTIONS

Le dimensionnement nécessite : **débit, matrice, densité, nature et masse molaire des composés soufrés, température, pH, CO₂, autres espèces réactives, temps de contact, mélange et séparation**.

La stœchiométrie définit le **besoin chimique théorique** ; elle est confirmée par la validation expérimentale.

32. MÉTHODOLOGIE INDUSTRIELLE

ANALYSER → CALCULER → TESTER → PILOTER → DIMENSIONNER → INDUSTRIALISER

Analyser la charge → **Calculer** la stœchiométrie → **Tester** sur matrice réelle → **Piloter** les conditions opératoires → **Dimensionner** l'installation → **Industrialiser** et établir l'économie globale.

33. TROIS NIVEAUX DE VALIDATION

Niveau 1 — Stœchiométrie : données résultant directement de la réaction chimique.

Niveau 2 — Essais ACTIPOL® : performances réellement observées expérimentalement ou industriellement.

Niveau 3 — À valider : extrapolations ou nouvelles applications nécessitant un pilote.

Cette distinction doit être conservée dans toutes les présentations techniques et commerciales.

34. ACTIPOL® / BIOPOL® — FRONTIÈRE

Paramètre	ACTIPOL®	BIOPOL®
Matière active	≈21,2 %	5 %

Base	Soude	Carbonate
pH	≈13	≈10–10,5
H ₂ S	Oui	Oui
Mercaptans	Oui	À étudier selon application
CO ₂ important	Moins favorable	Prioritaire
Raffinage	Prioritaire	Non prioritaire
Polishing hydrocarbures	Oui	Non prioritaire
Biogaz riche CO ₂	Moins favorable	Prioritaire
STEP/environnement	Selon application	Positionnement privilégié

La frontière dépend donc de **l'ensemble de la matrice industrielle**, et non seulement de la molécule soufrée.

35. ACTIPOL® DANS ACTIPOLISH®

$$\text{ACTIPOLISH®} = \text{ACTIPOL®} + \text{BIOPOL®}$$

ACTIPOL® : formulation concentrée — soude — pH ≈13

BIOPOL® : formulation carbonate — 5 % — pH ≈10–10,5

**UNE MÊME LOGIQUE CHIMIQUE → DEUX FORMULATIONS
ADAPTÉES AUX CONDITIONS INDUSTRIELLES**

36. INTÉRÊTS POTENTIELS D'ACTIPOL®

ACTIPOL® associe :

- réaction avec **H₂S + mercaptans**,
- mécanisme **non oxydant**,
- formulation concentrée,
- traitement simultané possible,
- intégration après traitement principal,
- fonction de polishing,
- simplification potentielle de certaines chaînes de traitement et **eaux de lavage biodégradables pouvant être orientées vers une STEP compatible**.

Ces avantages doivent être confirmés pour chaque application réelle.

37. LOGIQUE ÉCONOMIQUE

La question n'est pas seulement :

« **ACTIPOL® est-il moins cher ?** » mais :

« Pour quelle charge soufrée et dans quelle configuration ACTIPOL® permet-il de minimiser le coût global nécessaire pour atteindre la spécification ? »

L'analyse doit intégrer consommation, point d'injection, traitement principal, polishing, CAPEX, OPEX, exploitation et effluents.

38. POSITIONNEMENT INDUSTRIEL GLOBAL

ACTIPOL® peut être étudié lorsque sont réunies :

**SOUFRE RÉDUIT → ACCESSIBILITÉ DU H₂S / DES FONCTIONS THIOL
→ CONDITIONS DE PROCÉDÉ COMPATIBLES → INTÉRÊT TECHNICO-ÉCONOMIQUE**

Son champ potentiel dépasse le raffinage, même si celui-ci constitue un domaine privilégié en raison de la présence possible simultanée de H₂S et mercaptans et des faibles spécifications finales recherchées.

39. SYNTHÈSE

ACTIPOL® est une formulation concentrée destinée au traitement du **H₂S, des mercaptans et de certains composés soufrés réduits** par **substitution nucléophile SN2 non oxydante**.

Base stœchiométrique H₂S :

1 kg H₂S → 6,853 kg de matière active → ≈32 kg d'ACTIPOL® à ~21,2 %

Les mercaptans sont calculés séparément selon leur masse molaire et une stœchiométrie de **1 équivalent/molécule R-SH**.

ACTIPOL® trouve un positionnement privilégié dans le **polishing industriel et le raffinage**, mais peut être étudié dans de nombreux secteurs confrontés au soufre réduit.

Les **eaux de lavage sont biodégradables** et peuvent être dirigées vers une STEP compatible, sous réserve de validation des caractéristiques de l'effluent et des capacités de la station.

40. POSITIONNEMENT FINAL

ANALYSER → CALCULER → TESTER → PILOTER → DIMENSIONNER → INDUSTRIALISER

ACTIPOLISH® = ACTIPOL® + BIOPOL®

**Une plateforme — deux formulations complémentaires — une même logique :
adapter le traitement à la charge soufrée réellement présente.**

ACTIPOL® - Le polishing optimisé des raffineries modernes.

Une solution de traitement chimique non oxydant du H₂S et des mercaptans pour les industries confrontées au soufre réduit.