

DE L'INTERET **DE PTC SYSTEM** DANS L'ÉTUDE DE DÉSULPHURISATION DE PRODUITS PÉTROLIERS PAR EXTRACTION LIQUIDE IONIQUE AQUEUSE

ABSTRACT

La désulfuration du kérosène, du diesel, des résidus lourds et du mazout commercial est réalisée par extraction avec des solutions aqueuses de chlorure de sodium, chlorure de baryum, **hydroxyde de sodium**, chlorure de mercure, trioxyde d'arsenic, iodure de potassium, acétate de plomb, hydroxyde de calcium, chlorure de zinc, chlorure d'aluminium, acide chlorhydrique et acide sulfurique.

Parmi les solutions utilisées, HgCl_2 et Ca(OH)_2 se sont révélées être les plus efficaces pour éliminer les composés soufrés des fractions étudiées à une température de 40 °C et un temps d'agitation de 30 minutes.

L'épuisement total du soufre de 60 % et 58 % a été atteint dans le cas du kérosène, de 71 % et 62 % dans le cas du diesel, de 68 % et 67 % dans le cas des résidus lourds et de 67 % et 69 % dans le cas du mazout commercial avec des solutions aqueuses à 10 % de HgCl_2 et à 5 % de Ca(OH)_2 , respectivement.

INTRODUCTION

La présence de composés soufrés dans le pétrole est toujours inacceptable en raison de leurs problèmes de procédé et d'environnement.

Le soufre est présent sous de nombreuses formes dans le pétrole, comme le soufre libre, le H_2S , les mercaptans, les sulfures, les disulfures et les thiophènes.

Ces composés sont indésirables dans le pétrole en raison de leurs problèmes potentiels de corrosion lors du processus de raffinage. De plus, ces composés sont responsables de problèmes environnementaux.

Compte tenu des effets dangereux du soufre présent dans le pétrole, une grande attention a été accordée à la désulfuration ces dernières années pour protéger l'environnement. Des techniques primitives telles que l'adoucissement médical ont été développées dans les années 1860, tandis que les autres développées plus tard étaient basées sur l'oxydation des thiols, sulfures et disulfures.

Ces procédés étaient utilisés pour éliminer la corrosion et les mauvaises odeurs mais pas les composés soufrés.

Plus tard, la désulfuration en présence d'hydrogène a été pratiquée. Dans l'hydrodésulfuration conventionnelle (HDS), des conditions de fonctionnement sévères de température et de pression élevées sont inévitables. De plus, les consommations élevées d'hydrogène et les catalyseurs coûteux au cobalt-molybdène sont d'autres inconvénients de la méthode. Des recherches sont en cours pour améliorer la rentabilité du procédé.

Même avec les procédés classiques, il est difficile de réduire la teneur en soufre à moins de 15 ppm. Par conséquent, de nouvelles méthodes économiques et plus efficaces sont recherchées partout dans le monde.

Parmi les nouvelles méthodes, la désulfuration par solutions aqueuses ioniques gagne en importance car elle ne consomme pas d'hydrogène et nécessite des conditions beaucoup moins sévères.

Le procédé se limite à la désulfuration des produits pétroliers plus légers. Dans le cas de fractions à point d'ébullition élevé, seul un faible degré de désulfuration est atteint en raison de l'augmentation de la viscosité qui modifie les propriétés interfaciales et la solubilité de ces fractions.

Le procédé attend des développements ultérieurs pour permettre une désulfuration complète des fractions lourdes du pétrole.

C'est donc dans ce contexte que PTC System avec la soude et son réactif spécifique de substitution trouve tout son intérêt.

Dans ce qui suit, il est rendu compte de l'application de certaines solutions ioniques pour la désulfuration de diverses fractions pétrolières.

L'étude comparative des différentes solutions aqueuses ioniques sur l'extraction des composés soufrés est présentée ci-dessous :

Journal de la Société Chimique Chilienne

version en ligne ISSN 0717-9707

J. Chil. Chimique. Soc. v.55 n.2 Concepción juin. 2010

<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072010000200007>

J. Chil. Chimique. Soc, 55, N° 2 (2010), pages : 179-183

MOHAMMAD SHAKIRULLAH, IMTIAZ AHMAD, WAQAS AHMAD, MOHAMMAD ISHAQ

Institut des sciences chimiques, Université de Peshawar, Pakistan

EXPÉRIMENTAL

Prélèvement et fractionnement d'échantillons

Un échantillon de pétrole brut du champ pétrolifère Jhal Magsi (Baloutchistan, Pakistan) a été obtenu auprès de l'Oil and Gas Development Corporation Limited (OGDCL), Islamabad, Pakistan.

L'échantillon a été conservé dans une boîte métallique.

Le pétrole brut a été distillé à l'aide d'un appareil de distillation (Stanhope Seta Limited modèle 11860-0) en adoptant la méthode IP-24/84 pour obtenir des fractions de distillat comme le kérosène, le diesel, les résidus lourds et le mazout commercial.

Les fractions obtenues ont été caractérisées en déterminant divers paramètres physico-chimiques en employant des procédures standards ASTM et IP.

L'analyse des fractions de distillat de pétrole brut Jhal Magsi est présentée dans le tableau 1 .

Table 1. Physico-chemical characteristics of Jhal Magsi crude oil and its distillate fractions.

Characteristics	Kerosene	Diesel	Heavy residue	Furnace oil
Specific gravity	0.7902	0.8360	0.8635	0.9480
API gravity	45.810	37.750	32.760	17.750
Kinematic visco				
(cSt) at 100°F	2.217	3.814	4.437	5.107
Aniline point (°C)	60.0	66.0	74.0	82.0
Flash point (°C)	46.3	52.1	138.0	171.0
Ash contents (wt %)	0.065	0.05	0.205	0.33
Conradson carbon residue				
(wt %)	0.18	0.21	2.15	3.21
Total sulphur (wt %)	1.184	1.564	1.217	3.309

Désulfuration des fractions

Solutions aqueuses à 10 % de chlorure de sodium, **d'hydroxyde de sodium**, de chlorure de baryum, de chlorure de mercure, d'iodure de potassium, d'acétate de plomb, de chlorure de zinc et de chlorure d'aluminium, solutions aqueuses à 5 % de trioxyde d'arsenic et d'hydroxyde de calcium et solutions aqueuses 1 N d'acide chlorhydrique et sulfurique. de l'acide ont été préparés.

20 ml de la fraction pétrolière ont été prélevés dans l'Erlenmeyer. 20 ml de la solution aqueuse ont été ajoutés et la température a été maintenue à 40 °C. Le mélange a été agité pendant 30 min avec 2 min de repos. Après un total de 30 minutes le mélange a été transféré dans une ampoule à décanter et a été conservé pendant 10 minutes pour permettre une séparation complète de la couche inférieure de solvant de la couche huileuse supérieure. Les deux couches ont ensuite été séparées et la couche huileuse a été analysée pour déterminer la teneur en soufre total.

Détermination du soufre et caractérisation des fractions

Le soufre total dans les fractions pétrolières a été déterminé par un analyseur de soufre carboné (Leco SC-144DR équipé d'un logiciel informatique).
Le soufre total a également été déterminé par la méthode de lavage à la bombe (désignation ASTM D 129-83 et désignation IP 61/84).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Désulfuration par extraction liquide-liquide

L'extraction liquide-liquide est largement utilisée dans la purification des composés organiques, et elle est également très utile pour éliminer les composés soufrés indésirables des hydrocarbures pétroliers.

La désulfuration du kérosène, du diesel, des résidus lourds et du mazout commercial a été réalisée par extraction liquide-liquide à la même température (40 °C) et au même temps d'agitation (30 min).

L'épuisement du soufre pour ces fractions exprimé en % de désulfuration est fourni dans le tableau 2 et la figure 1 à titre d'étude comparative.

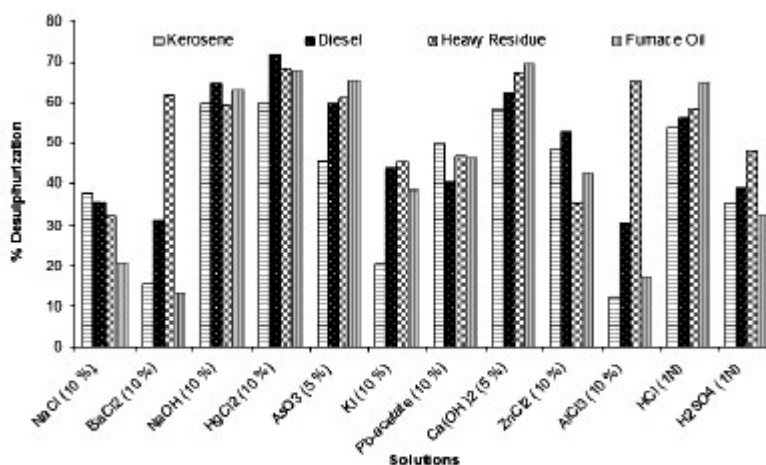


Fig.1. % Desulphurization of kerosene, diesel, heavy residue and furnace oil through liquid-liquid extraction with aqueous ionic solutions.

Table 2. % Desulphurization of distillate fraction after extraction with various ionic solutions.

Solution	% Desulphurization			
	Kersone	Diesel	Heavy Residue	Furnace oil
NaCl (10 %)	37.95	35.80	32.13	20.85
BaCl ₂ (10 %)	15.66	31.30	61.54	13.23
NaOH (10 %)	59.62	64.81	59.33	62.95
HgCl ₂ (10 %)	60.11	71.75	68.33	67.68
AsO ₃ (5 %)	45.47	59.83	61.19	65.61
KI (10 %)	20.49	43.78	45.19	38.75
Pb-acetate (10 %)	49.77	40.28	46.64	46.50
Ca(OH) ₂ (5 %)	58.36	62.13	67.22	69.77
ZnCl ₂ (10 %)	48.25	52.89	35.86	42.44
AlCl ₃ (10 %)	12.37	30.70	65.18	17.57
HCl (1N)	53.65	56.22	58.40	65.11
H ₂ SO ₄ (1N)	35.91	38.78	48.11	32.39

Le tableau 2 présente l'extraction du kérosène, du diesel, des résidus lourds et du mazout commercial avec des solutions ioniques aqueuses comprenant NaCl (10 %), BaCl₂ (10 %), NaOH (10 %), HgCl₂ (10 %), AsO₃ (5 %), KI (10 %), Pb-acétate (10 %), Ca(OH)₂ (5 %), ZnCl₂ (10 %), AlCl₃ (10 %), HCl (1N), H₂SO₄ (1N), respectivement. L'étude comparative des capacités de désulfuration de ces solutions est présentée.

Désulfuration du kérosène

Dans le cas du kérosène, les rendements de désulfuration les plus élevés obtenus sont de 60,11 %, 53,65 %, 58,36 et 59,61 % avec HgCl₂ (10 %), HCl (1N), Ca(OH)₂ (5 %) et NaOH (10 %) respectivement.

En cas d'extraction avec des solutions aqueuses de NaCl (10 %), BaCl₂ (10 %), AsO₃ (5 %), KI (10 %), Pb-acétate (10 %), ZnCl₂ (10 %), AlCl₃ (10 %) et H₂SO₄ (1N), les performances de désulfuration sont présentées en atteignant les rendements de 37,95 %, 15,66 %, 15,29 %, 20,49 %, 49,7 %, 48,25 %, 12,37 % et 35,91 % respectivement.

Dans le cas du kérosène, les composés soufrés les plus répandus comprennent les mercaptans, les sulfures, les disulfures et les thiophènes.

NaOH est largement utilisé dans une variété de processus de neutralisation tels que le traitement caustique, le procédé Merox, la neutralisation chélatée, la neutralisation par inhibiteur, etc., ce qui montre que NaOH a une plus grande affinité pour les composés soufrés présents dans les fractions pétrolières.

Cela est dû au caractère acide de certains composés soufrés comme les mercaptans et l'H₂S qui se séparent facilement de la phase huileuse vers la phase alcaline de NaOH et se transforment en sulfures .

De même, le rendement élevé de désulfuration obtenu avec Ca(OH)₂ peut également s'expliquer sur les mêmes bases, comme mentionné ci-dessus.

Bien que le caractère basique de Ca(OH)₂ soit inférieur à celui de NaOH, l'activité de désulfuration de Ca(OH)₂ est comparable à celle de NaOH, ce qui suggère que le calcium présente un certain degré d'affinité chimique envers les mercaptans et les sulfures.

On note ici le bien fondé de la technologie PTC System qui dans un premier stade neutralise les mercaptans et l'H₂S pour ensuite dans une même opération faire intervenir le réactif spécifique de substitution des mercaptans et de l'H₂S.

Le rendement élevé de désulfuration de HgCl_2 peut être expliqué sur la base de l'utilisation de sels de chlorures du métal à des fins de désulfuration, par exemple l'utilisation de CuCl_2 sous forme de boue ou de lit fixe a été rapportée pour l'adoucissement de l'essence et du kérosène, qui convertit le soufre. composés (mercaptans) en sulfures puis en disulfures.

Dans la présente étude, parmi les différentes solutions de chlorure utilisées pour la désulfuration, HgCl_2 a montré le rendement de désulfuration le plus élevé.

La forte activité de désulfuration du HgCl_2 peut être attribuée à sa plus grande réactivité envers les composés soufrés parmi les autres solutions de chlorure métallique utilisées dans cette étude, ce qui suggère que les composés soufrés, en particulier les mercaptans, se déplacent initialement vers la phase polaire des solutions de HgCl_2 , ce qui peut être suivi par la formation de thionates de mercure sous forme de précipité gommeux. D'autre part, la faible activité de désulfuration des autres solutions de chlorures montre qu'après le transfert de phase, les cations comme le sodium, le baryum, le cuivre, le zinc et l'aluminium ne parviennent pas à former des thionates métalliques et certains mercaptans pourraient revenir à la phase organique. La même raison peut également être attribuée à la faible activité de désulfuration du KI. L'acétate de plomb, quant à lui, contient un cation hautement réactif (Pb^{++}) pour les fractions soufrées et a été signalé comme réactif de désulfuration, la capacité de désulfuration est donc comparativement meilleure que celle de NaCl , BaCl_2 , AlCl_3 et KI.

L'arsenic s'avère également très réactif envers les composés soufrés et serait utilisé dans divers processus de désulfuration. Dans la présente étude, elle a également montré des résultats prometteurs.

HCl est bien une solution de chlorure acide, mais son rendement de désulfuration plus élevé suggère que, en raison de la polarité élevée de HCl , les composés polaires du soufre comme les mercaptans et les sulfures peuvent facilement être déplacés vers la solution acide, par un simple processus d'extraction.

De même, l'acide sulfurique, bien qu'il soit largement utilisé pour l'élimination du soufre dans de nombreux procédés tels que le procédé Howe-Baker et le procédé de sulfinage, où il est utilisé pour le processus dans lequel les molécules contenant du soufre sont oxydées en sulfures moins nocifs, mais pas pour l'élimination des molécules soufrées.

On pourrait suggérer qu'en raison de sa concentration élevée, l'acide sulfurique n'a pas réussi à extraire et a par conséquent oxydé les composés soufrés, ce qui a donné un faible rendement de désulfuration.

Désulfuration du gasoil

Dans le cas du diesel, les rendements de désulfuration les plus élevés de 64,95, 71,74, 59,83, 62,21 et 65,21 % sont obtenus avec des solutions aqueuses de HgCl_2 (10 %), HCl (1N), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (5 %), NaOH (10 %) et AsO_3 (5 %), respectivement.

En revanche, des rendements de désulfuration relativement faibles de 35,80, 31,30, 43,77, 40,28, 52,89, 30,69 et 38,78 % sont obtenus avec les solutions de NaCl (10 %), BaCl_2 (10 %), KI (10 %), Pb -acétate (10 %), ZnCl_2 (10 %), AlCl_3 (10 %) et H_2SO_4 (1N), respectivement (Tableau 2).

Les essais réalisés avec la technologie PTC System ont montré que les rendements de substitution des mercaptans et de l' H_2S sont proches de la théorie (99,9 %).

Les composés soufrés contenus dans le carburant diesel comprennent des sulfures, des disulfures, des thiophènes, des benzothiophènes et des dibenzothiophènes de haut poids moléculaire.

Les résultats de la désulfuration ressemblent beaucoup à ceux obtenus dans le cas du kérosène. Comme mentionné précédemment, **NaOH a été très actif** dans les processus de neutralisation, ce qui suggère son potentiel de désulfuration élevé, probablement attribué à sa nature hautement alcaline.

Dans cette couche aqueuse alcaline, les composés soufrés hautement acides se séparent facilement à partir de la phase huileuse, qui peut être facilement extraite.

La même approche peut également être utilisée pour expliquer que le rendement de désulfuration élevé obtenu avec $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou HgCl_2 s'est également révélé prometteur en matière d'épuisement du soufre. La raison en est la forte affinité des chlorures métalliques

envers les composés soufrés en termes de réactivité, ce qui a été prouvé dans des travaux antérieurs. L'extraction de HgCl_2 est associée à la formation d'un précipité gommeux, qui est probablement considéré comme étant des sulfures mercuriques solides produits lors de la réaction entre le chlorure mercurique et les mercaptans dans le diesel. D'autre part, les faibles rendements de désulfuration avec NaCl , BaCl_2 , ZnCl_2 et AlCl_3 montrent que ces solutions sont incapables d'extraire les sulfures ou les thiophènes de la phase organique et que leurs cations manquent d'interaction forte avec les fragments soufrés comme le Hg. Les faibles rendements de désulfuration du KI et de l'acétate de plomb peuvent également s'expliquer sur la même base.

Table 3. Sulphur contents of distillate fraction after extraction with various ionic solutions.

Solution	% Desulphurization			
	Kersone*	Diesel**	Heavy Residue***	Furnace oil****
NaCl (10 %)	0.96	0.99	0.75	2.55
BaCl_2 (10 %)	1.31	1.06	0.43	2.80
NaOH (10 %)	0.63	0.55	0.45	1.20
HgCl_2 (10 %)	0.62	0.44	0.35	1.04
AsO_3 (5 %)	0.84	0.62	0.43	1.11
KI (10 %)	1.23	0.87	0.61	1.98
Pb-acetate (10 %)	0.78	0.93	0.61	1.73
Ca(OH)_2 (5 %)	0.65	0.59	0.36	0.98
ZnCl_2 (10 %)	0.80	0.73	0.71	1.86
AlCl_3 (10 %)	1.36	1.07	0.39	2.66
HCl (1N)	0.72	0.68	0.46	1.13
H_2SO_4 (1N)	0.76	0.95	0.58	2.18

* sulphur contents of original kerosene 1.19 % wt, ** original diesel 1.54 % wt,

*** virgin heavy residue 1.11 % wt and **** virgin furnace oil 2.23% wt

Les résultats prometteurs de l'épuisement du soufre présentés par l'oxyde d'arsenic dans le cas du diesel peuvent être expliqués sur la base de la nature réactive de l'arsenic. De même, les performances efficaces du HCl en matière de désulfuration peuvent s'expliquer de la même manière que dans le cas du kérosène. L'acide sulfurique a été utilisé pour éliminer le soufre dans une variété de procédés conventionnels. Dans la présente étude, l'acide sulfurique n'a pas donné de résultats prometteurs. La raison peut être due à une concentration élevée de la solution acide qui ne convient pas à la dissolution des molécules soufrées, qui sont elles aussi de nature acide.

Désulfuration des résidus lourds

Les composés soufrés présents dans le résidu lourd sont pour la plupart des sulfures de haut poids moléculaire et des composés soufrés hétérocycliques aromatiques, notamment le thiophène, le benzothiophène et le dibenzothiophène.

Le pourcentage d'hétérocycles soufrés aromatiques est supérieur à celui des sulfures aliphatiques et des mercaptans.

L'extraction de ces composés est relativement plus difficile que celle des mercaptans. D'après le tableau 2, il est clair qu'en cas de résidus lourds, l'activité de désulfuration maximale est obtenue avec HgCl_2 (10 %), HCl (1N), Ca(OH)_2 (5 %), NaOH (10 %), BaCl_2 (10 %) et AsO_3 (5 %), qui ont atteint respectivement 59,33, 68,35, 61, 67,22, 61,53 et 58,11 % de désulfuration.

Alors que le reste des solutions a présenté une faible activité de désulfuration. En cas

d'extraction avec NaCl (10 %), KI (10 %), Pb-acétate (10 %), ZnCl_2 (10 %), AlCl_3 (10 %) et H_2SO_4 (1N), rendements de désulfuration obtenus étaient respectivement de 32,13, 45,18, 46,64, 35,85, 45,18 et 48,40 %.

Les données du tableau 2 montrent que les rendements de désulfuration avec NaOH et Ca(OH)_2 sont très élevés, ce qui peut s'expliquer sur la base de leur nature hautement alcaline qui fournit un milieu efficace pour la dissolution des composés soufrés acides.

Le traitement caustique a été pratiqué plus tôt pour la désulfuration du pétrole brut et des fractions pétrolières plus légères, mais pas pour les résidus lourds. La présente observation montre clairement que la même pratique est également efficace pour l'élimination des composés soufrés aromatiques. Le rendement élevé de désulfuration avec HgCl_2 peut s'expliquer par le fait que les sels de chlorure de certains métaux sont très réactifs vis-à-vis du soufre. L'extraction avec HgCl_2 est associée à la formation d'un précipité gommeux blanc, qui peut probablement être dû à la formation de sulfures de mercure solides ou de sels de mercure d'hétérocycles soufrés. La même explication peut également être donnée pour BaCl_2 . Les autres sels de chlorure comme NaCl, ZnCl_2 et AlCl_3 et KI, par contre, ne présentent pas le même phénomène qui peut probablement être dû à la faible réactivité de leurs cations envers les composés soufrés, ce qui fait que toutes ces solutions ont montré de faibles rendements de désulfuration.

La solution de HCl s'avère également efficace pour la désulfuration des résidus lourds, ce qui peut s'expliquer par le fait que les sels de chlorure des composés soufrés les plus lourds se forment au cours du processus d'extraction, qui se répartissent dans la couche acide polaire de la solution acide et se forment facilement. L'efficacité élevée de désulfuration de la solution d'oxyde d'arsenic peut être attribuée à la forte réactivité de l'arsenic envers les composés soufrés, ce qui a déjà été signalé.

Le plomb est un métal très réactif envers les hydrocarbures soufrés, en particulier les thiols, car son utilisation pour la désulfuration des hydrocarbures plus légers sous différentes formes a été rapportée plus tôt, mais en cas de résidus lourds, le pourcentage de composés soufrés aromatiques est supérieur à celui des thiols et des sulfures. Par conséquent, le rendement global de désulfuration est faible pour l'acétate de plomb.

L'acide sulfurique présente également un faible rendement de désulfuration qui peut être attribué à une concentration élevée (acidité), qui n'est pas un milieu approprié pour la séparation de composés soufrés aromatiques, qui nécessite un milieu alcalin plutôt qu'un milieu acide.

Désulfuration du mazout commercial

Comme les résidus lourds, le mazout commercial contient également des composés soufrés de poids moléculaire élevé parmi lesquels les hétérocycles soufrés aromatiques, par exemple le thiophène, les benzothiophènes et les dibenzothiophènes, sont les plus préoccupants.

La désulfuration du mazout commercial a également été envisagée. Les données du tableau 2 montrent que dans le cas du mazout, les rendements de désulfuration obtenus avec NaOH (10 %), HgCl_2 (10 %), ArO_3 (5 %), Ca(OH)_2 (10 %) et Les HCl (1N) sont assez appréciables, atteignant respectivement 62,94, 67,68, 65,61, 69,76 et 65,11 % de désulfuration.

En revanche, le faible rendement de désulfuration est atteint avec d'autres solutions. Le pourcentage de désulfuration atteint avec des solutions aqueuses de NaCl (10 %), KI (10 %), Pb-acétate (10 %), ZnCl_2 (10 %), AlCl_3 (10 %) et H_2SO_4 (1N) était 20,85 %, 13,23 %, 38,74 %, 46,49 %, 42,4 %, 17,57 % et 32,38 %, respectivement.

Les rendements élevés de désulfuration par NaOH et Ca(OH)_2 peuvent être expliqués par leur capacité à solubiliser les composés acides soufrés en fournissant un milieu alcalin efficace. En raison de la polarité élevée des hétérocycles soufrés, leur répartition est plus prononcée dans ces solutions ioniques, comme en témoigne leur rendement de désulfuration élevé par rapport au kérosène et au diesel.

Dans la technologie PTC System, le choix bien fondé de la neutralisation avec la soude au lieu du $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ce dernier très peu soluble dans l'eau, au premier stade de réaction avec les mercaptans et l' H_2S pour ensuite dans la même opération faire intervenir le réactif spécifique de substitution quasi quantitative des mercaptans et de l' H_2S .

De même, le rendement élevé de désulfuration du HgCl_2 est attribué à sa grande réactivité envers les composés soufrés, déjà mentionnée.

Bien que la formation de précipité gommeux n'ait pas été observée dans ce cas, la répartition des composés soufrés était cependant plus importante dans ce milieu.

De même, le rendement élevé de désulfuration de l'oxyde d'arsenic peut être attribué à sa nature très réactive envers les composés soufrés, forçant les composés soufrés aromatiques à passer en solution aqueuse qui était facilement éliminée par la séparation des milieux huileux et aqueux.

La désulfuration prononcée montrée par HCl était également due à sa polarité élevée, sur la base de laquelle les composés polaires du soufre étaient déplacés vers la solution de HCl .

La faible efficacité de désulfuration présentée par les solutions aqueuses de NaCl , KI , ZnCl_2 , AlCl_3 et Pb -acétate peut s'expliquer sur la base de leur faible réactivité, en raison de laquelle les hétérocycles porteurs de soufre n'ont pas pu quitter leur phase huileuse.

Les sels de plomb sont bien que très réactifs envers les thiols, formant des thiolates de plomb, qui sont largement pratiqués dans la désulfuration précipitée des fractions de distillats inférieurs, mais dans le cas du mazout commercial, la concentration de thiols est négligeable par rapport aux thiophènes substitués, et la réactivité de le même métal est très faible avec ces composés, ce qui a pour conséquence un faible rendement de désulfuration.

De même, le faible rendement de désulfuration obtenu avec l'acide sulfurique peut s'expliquer par le fait que les composés soufrés porteurs d'une acidité élevée n'ont pas pu se déplacer dans la solution acide hautement concentrée d'acide sulfurique.

En conclusion PTC System est une amélioration potentielle de la technologie de désulfuration de produits pétroliers par extraction liquide ionique en milieu aqueux