

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication : 3 149 325

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 23 05350

51 Int Cl<sup>8</sup> : C 10 G 1/10 (2023.01), C 10 G 67/14, 19/02, 45/04,  
C 10 B 53/07

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.05.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 06.12.24 Bulletin 24/49.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : TotalEnergies OneTech Société par  
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : COUSTHAM Thomas, ADAM Cindy,  
LE LANNIC Katell, Vilbé Anne et MOOIJMAN Paul.

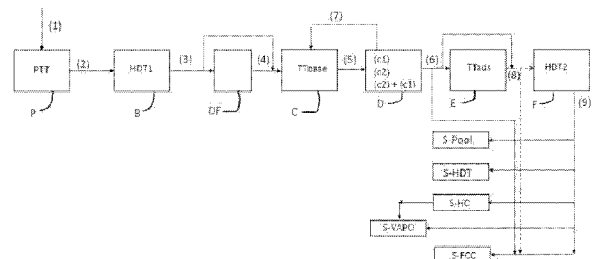
73 Titulaire(s) : TotalEnergies OneTech Société par  
actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : FEDIT-LORIOT.

54 Procédé de purification d'une composition d'huile de liquéfaction de plastique par hydrotraitement et  
traitement basique.

57 L'invention concerne un procédé de purification d'une  
composition (1) comprenant une huile de liquéfaction de  
plastique comprenant une première étape d'hydrotraitement  
doux (HDT1), suivie d'une étape de traitement (TTbase) en  
présence d'un composé basique à une température d'au  
plus 350°C. Cet effluent (5) est ensuite soumis à au moins  
une étape choisie parmi (c1) un lavage avec de l'eau ou un  
solvant non miscible avec l'effluent et (c2) une séparation.  
L'effluent (6) ainsi purifié peut optionnellement être envoyé  
à une deuxième étape d'hydrotraitement à plus haute tem-  
pérature (HDT2), utilisé tel quel ou envoyé à un autre traite-  
ment ultérieur.

Figure d'abrégé : fig.1



FR 3 149 325 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de purification d'une composition d'huile de liquéfaction de plastique par hydrotraitement et traitement basique**

#### **Domaine technique de l'invention**

[0001] La présente invention concerne un procédé de purification par hydrotraitement et traitement basique d'une composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique et son utilisation subséquente dans des procédés de raffinage et de pétrochimie. Le procédé selon l'invention permet en particulier de diminuer la concentration en hétéroatomes des charges provenant de déchets plastiques, notamment en vue de leur utilisation dans un procédé de vapocraquage.

#### **Arrière-plan technologique**

[0002] Les déchets plastiques sont le plus souvent dirigés vers les décharges ou incinérés, et une plus petite partie est dirigée vers le recyclage. Il existe cependant un besoin important, encouragé par les réglementations, de limiter les déchets plastiques dans les décharges. D'autre part, l'élimination des déchets plastiques dans les décharges devient de plus en plus difficile. Il est donc nécessaire de recycler les déchets plastiques.

[0003] Une voie possible pour recycler le plastique est la liquéfaction du plastique par pyrolyse ou liquéfaction hydrothermale. Cependant, l'huile plastique obtenue contient généralement de grandes quantités de diènes et d'hétéroatomes, dont des métaux. Ces nombreux hétéroatomes, dont les métaux, sont des contaminants pour les catalyseurs des procédés d'hydrotraitement habituellement mis en œuvre pour recycler les plastiques. En outre, les diènes réagissent facilement en formant des gommages. Les diènes sont également des précurseurs de coke dans un vapocraqueur. Il est donc nécessaire de traiter les huiles de liquéfaction de plastique pour pouvoir les recycler.

[0004] Il existe de nombreux procédés de traitement permettant de réduire la teneur en hétéroatomes des huiles de liquéfaction de plastique.

[0005] Certains d'entre eux consistent à chauffer l'huile de plastique en présence d'un composé basique, généralement en solution aqueuse.

[0006] La demande de brevet WO2012/069467 revendique un procédé d'élimination de siloxanes contenus dans une huile de pyrolyse de plastique par traitement thermique entre 200 et 350°C en présence d'un hydroxyde de métal alcalin à l'état solide ou en solution. L'utilisation d'hydroxyde de calcium à 5% en poids à 225°C ne permet pas d'obtenir de réduction du contenu en siloxanes (tableau 5, p.12 et lignes 9 à 11, p.13). A l'issue de la réaction, l'huile de pyrolyse est séparée par distillation sous pression réduite.

- [0007] Le brevet FI128848 décrit un enchaînement de procédé comprenant un traitement thermique d'une huile de pyrolyse de plastique à au moins 200°C en présence d'une solution aqueuse alcaline. A l'issue de la réaction, l'huile de pyrolyse est séparée de la phase aqueuse alcaline. Un hydrotraitement final permet d'obtenir une charge de vapocraqueur qui est éventuellement lavée par une solution acide avant introduction dans le vapocraqueur.
- [0008] La demande de brevet WO2020/020769 revendique un enchaînement de procédé de purification d'une composition comprenant au moins 20 ppm de chlore. De nombreux déchets liquides recyclables peuvent être traités, dont des huiles de pyrolyse de plastique. L'enchaînement de procédé comprend un traitement thermique de la charge en présence d'un hydroxyde de métal alcalin afin d'obtenir un abattement d'au moins 50% du contenu en chlore par rapport à la charge, suivi d'un hydrotraitement afin d'obtenir un nouvel abattement d'au moins 50% du contenu en chlore.
- [0009] La demande de brevet WO2021/105326 revendique un procédé de valorisation de déchets plastiques liquéfiés comprenant une étape de prétraitement des déchets plastiques liquéfiés par mise en contact avec un milieu aqueux ayant un pH d'au moins 7 à une température de 200°C ou plus, suivi d'une séparation liquide-liquide dans laquelle la phase aqueuse est séparée de la phase organique, pour produire une matière plastique de déchets liquéfiés prétraitée. La solution proposée comprend l'utilisation d'une solution de NaOH dans l'eau. La séparation des phases aqueuse et organique est mise en œuvre par des méthodes physiques (centrifugation) ou chimiques (ajout d'additifs d'aides à la séparation, par exemple des solvants non aqueux, ajout de quantité supplémentaire du milieu aqueux utilisé pour la mise en contact ou d'un milieu aqueux ayant une concentration en substance alcaline différente), ou par gravité.
- [0010] La plupart des traitements de purification existants sont mis en œuvre à des températures relativement élevées et engendrent la formation de gommages susceptibles de boucher les installations utilisées.
- [0011] Il existe donc un besoin pour améliorer les procédés de purification existants.

### **Résumé de l'invention**

- [0012] L'invention vise à proposer un procédé de purification d'huile de liquéfaction de plastique permettant de limiter la formation de gommages et le bouchage des installations.
- [0013] A cet effet, l'invention propose un procédé de purification d'une composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique comprenant les étapes suivantes :
- [0014] (a) fournir une composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique, ladite composition contenant au moins 20 ppm en masse d'hétéroatomes, un indice de diène d'au moins 0,5 g I<sub>2</sub>/100g mesuré selon la norme UOP 326 et un indice de brome d'au

moins 5 g Br<sub>2</sub>/100 g mesuré selon ASTM D1159,

(b) soumettre la composition de l'étape (a) à une première étape d'hydrotraitement pour obtenir un premier effluent, la première étape d'hydrotraitement étant réalisée à une température d'au plus 250°C en présence de dihydrogène et d'au moins un catalyseur d'hydrotraitement,

(c) mettre en contact le premier effluent avec un composé basique à une température d'au plus 350°C pour obtenir un deuxième effluent,

(d) soumettre le deuxième effluent à au moins une étape choisie parmi (d1) un lavage avec de l'eau ou un solvant non miscible avec le deuxième effluent, et (d2) une séparation par (i) filtration, (ii) centrifugation, (iii) hydrocyclone, (iv) décantation, (v) distillation ou (vi) une combinaison de deux ou plusieurs de ces étapes, et obtenir un troisième effluent et une phase contenant le composé basique,

(f) optionnellement soumettre le troisième effluent à une deuxième étape d'hydrotraitement pour obtenir un quatrième effluent, la deuxième étape d'hydrotraitement étant réalisée à une température d'au moins 200°C en présence de dihydrogène et d'au moins un catalyseur d'hydrotraitement.

[0015] L'enchaînement d'étapes du procédé selon l'invention permet de purifier la composition à traiter, et en particulier d'éliminer les hétéroatomes et notamment le silicium, tout en évitant la formation de gommages. En particulier, la première étape d'hydrotraitement, réalisée notamment sans purification préalable de la composition ou sans autre traitement qu'une séparation des solides, notamment des fines, peut être mise en œuvre sans désactivation du catalyseur et permet la mise en œuvre du traitement basique à une température élevée, notamment d'au moins 180°C ou 200°C, sans formation de gommages.

[0016] Ladite composition fournie à l'étape (a) du procédé selon l'invention peut comprendre au moins une des caractéristiques suivantes :

- ladite composition contient au moins 10 % en poids d'huile de liquéfaction de plastique, l'autre partie de ladite composition étant un diluant ou ladite composition contient uniquement de l'huile de liquéfaction de plastique,
- ladite huile de liquéfaction de plastique dans ladite composition a un point d'ébullition initial d'au moins 15°C et un point d'ébullition final d'au plus 700°C, de préférence d'au plus 600°C, de préférence encore de 560°C, de préférence de 450°C, de préférence encore de 350°C, de préférence de 250°C,
- ladite huile de liquéfaction de plastique a un indice de diène d'au plus 50 gI<sub>2</sub>/100 g, de préférence d'au plus 25 gI<sub>2</sub>/100 g, de préférence encore d'au plus 10 gI<sub>2</sub>/100 g, mesuré selon la norme UOP 326,
- ladite huile de liquéfaction de plastique contient plus de 2 ppm en poids de métaux,

- ladite huile de liquéfaction de plastique contient au moins 5 ppm en poids de Si, de préférence au plus 5000 ppm en poids de Si, et/ou au moins 1 ppm en poids de Si, de préférence au plus 5000 ppm en poids de Si, et/ou au moins 1 ppm en poids de Si, de préférence au plus 1000 ppm en poids de Si, et/ou au moins 1 ppm en poids de Cl, de préférence au plus 5000 ppm en poids, et/ou au moins 1 ppm en poids de P, de préférence au plus 5000 ppm en poids par rapport au poids total de ladite huile de liquéfaction de plastique.

[0017] L'étape (b) selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- préalablement à l'étape (b), la composition fournie à l'étape (a) est soumise à (i) une filtration, (ii) un lavage avec de l'eau ou un solvant polaire non miscible avec la composition, (iii) une distillation, (iv) une décantation, (v) un hydrocyclone ou (vi) à la combinaison d'au moins deux, étapes (i) à (iv),
- la température d'entrée est de 25 à 250°C, de préférence de 25 à 200°C,
- la pression absolue est de 5 à 90 bar, de préférence de 10-50, davantage de préférence de 25-50 bar en présence de H<sub>2</sub> et/ou le rapport molaire de H<sub>2</sub> à la somme molaire totale des alcynes et des diènes dans ladite composition est d'au moins 1,5, de préférence d'au moins 2, de préférence d'au moins 3, à au plus 15,
- ladite première étape d'hydrotraitement comprend un ou plusieurs lits catalytiques avec, de préférence, une augmentation globale de la température d'au plus 150°C, de préférence d'au plus 100°C, et/ou une augmentation de la température d'au plus 100°C, de préférence d'au plus 50°C pour chaque lit catalytique, avec, de préférence, une trempe intermédiaire entre lesdits lits catalytiques, ladite trempe étant, de préférence, réalisée avec H<sub>2</sub> ou avec le quatrième effluent récupéré à l'étape (f) ;
- cette première étape est réalisée dans un réacteur à lit fixe, de préférence en présence d'au moins un catalyseur comprenant au moins un métal des groupes 8-10, de préférence choisi dans le groupe Pt, Pd, Ni et/ou leur mélange sur un support tel que l'alumine, le titane, la silice, la zircone, la magnésie, le carbone et/ou leurs mélanges ; de préférence, ce catalyseur est un catalyseur à base de Ni passivé après sa réduction en utilisant de préférence un di-alkyl-sulfure tel que le DiMethylSulfide (DMS) ou le DiMethylDiSulfide (DMDS) ou le DiEthylSulfide (DES), ou des composés thiophéniques ;
- cette première étape est réalisée dans un réacteur à lit fixe, de préférence en présence d'au moins un catalyseur comprenant au moins un métal du groupe 6, comme par exemple Mo, W, en combinaison ou non avec un promoteur choisi parmi au moins un métal des groupes 8-10, comme par exemple Ni et/

ou Co, et/ou un mélange de ceux-ci, ces métaux étant utilisés sous forme sulfurée et de préférence supportés sur de l'alumine, du titane, de la zircone, de la silice, du carbone et/ou des mélanges de ceux-ci ;

- le premier effluent a un indice de diène d'au plus 1,5 g I2/100 g, de préférence d'au plus 1,0 g I2/100 g, de préférence encore d'au plus 0,5 g I2/100 g,
- dans ladite composition, au moins 10 % en poids, de préférence au moins 15 % en poids, de préférence au moins 25 % en poids, de préférence encore au moins 50 % en poids de ladite composition a un point d'ébullition d'au moins 150°C par rapport au poids total de ladite composition.

[0018] L'étape (c) selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- préalablement à l'étape (c), le premier effluent est soumis à une distillation flash afin d'éliminer une partie de la phase gazeuse qu'il contient,
- préalablement à l'étape c) ou au cours de l'étape c), on ajoute au premier effluent (i) un composé basique solide, (ii) un composé basique préalablement solubilisé dans un milieu aqueux, de préférence l'eau, ou (iii) un composé basique préalablement solubilisé dans un solvant,
- l'étape (c) est mise en œuvre en présence de 0,1 à 50% m de composé basique par rapport à la masse totale dudit premier effluent,
- le composé basique comprend un oxyde, un hydroxyde, un bicarbonate ou un alcoolate d'un cation de métal alcalin ou d'un cation de métal alcalino-terreux, ou un hydroxyde ou un bicarbonate d'un cation d'ammonium quaternaire, seuls ou en mélange,
- le composé basique est choisi parmi LiOH, NaOH, CsOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, KOH, K<sub>2</sub>O, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, MgO, Mg(OH)<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH, TMAOH, TEAOH, TBuOH, MeONa, EtONa et leurs mélanges,
- l'étape c) est mise en œuvre à une température de 100 à 350°C, de préférence de 180 à 300°C,
- l'étape c) s'effectue pendant une durée de 0,1 seconde à 3 heures, de préférence de 1 minute à 1 heure, davantage de préférence de 1 minute à 30 minutes.

[0019] L'étape (d) selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'étape d1) est réalisée en présence d'eau à pH neutre, basique ou acide, ou en présence d'un solvant organique non miscible avec le deuxième effluent, de préférence en présence d'eau,
- l'étape (d) comprend au moins l'étape de séparation (d2) pour séparer la phase contenant le composé basique et le troisième effluent, et optionnellement la

phase contenant le composé basique est renvoyée en totalité ou en partie dans l'étape (c).

[0020] Avantagement, après l'étape (d), optionnellement préalablement à l'étape (f), le troisième effluent peut être (e) purifié par passage sur un adsorbant solide afin de diminuer la teneur en au moins un élément parmi F, Cl, Br, I, O, N, S, Se, Si, P, As, Fe, Ca, Na, K, Mg et Hg et/ou la teneur en eau.

[0021] L'étape (f) selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Après cette deuxième étape d'hydrotraitement, la concentration en oléfines, mesurée par l'indice de brome dans le quatrième effluent, est d'au plus 5,0, de préférence d'au plus 2,0 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence d'au plus 1,5 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence encore d'au plus 0,5 gBr<sub>2</sub>/100g, comme mesuré selon la norme ASTM D1159,
- Cette deuxième étape d'hydrotraitement comprend un ou plusieurs lits catalytiques avec, de préférence, une augmentation globale de la température d'au plus 100°C, et/ou une augmentation de la température d'au plus 50°C sur chaque lit catalytique, avec, de préférence, une trempe intermédiaire entre lesdits lits catalytiques, ladite trempe étant, de préférence, réalisée avec du H<sub>2</sub> ou avec ledit flux d'hydrocarbures purifiés récupéré à l'étape f) ;
- La température d'entrée est d'au moins 200°C, de préférence 230°C, plus préférentiellement 250°C et au maximum 500°C ;
- La VVH est de 1 à 10h<sup>-1</sup>, de préférence de 2 à 4h<sup>-1</sup> ;
- la pression absolue est de 10 à 160 bar en présence de H<sub>2</sub> ;
- Ladite seconde étape d'hydrotraitement est réalisée en présence d'au moins un catalyseur qui comprend au moins un métal du groupe 6 comme par exemple Mo, W en combinaison ou non avec un promoteur choisi parmi au moins un métal des groupes 8-10 comme par exemple Ni et/ou Co, et/ou un mélange de ceux-ci, ces métaux étant de préférence utilisés sous forme sulfurée et supportés sur alumine, titane, zircone, silice, carbone et/ou des mélanges de ceux-ci ;
- le rapport H<sub>2</sub>/hydrocarbures est de 200 NL/L à 900 NL/L, de préférence en présence d'au moins 0,005 % en poids, de préférence 0,05 % en poids, de préférence encore 0,5 % en poids de soufre, de préférence de H<sub>2</sub>S ou de composés organiques de soufre, dans le flux ;
- au sommet de la deuxième étape d'hydrotraitement, un piège à silicium est présent, travaillant à une température d'au moins 200°C, et/ou à une VVH de 1 à 10h<sup>-1</sup>, et/ou à une pression absolue de 10 à 160 bar en présence de H<sub>2</sub> ; éventuellement avec un piège à métal travaillant à une température d'au moins

200°C, à une VVH de 1 à 10h-1, à une pression absolue de 10 à 160 bar en présence de H<sub>2</sub>.

- [0022] Avantagement, avant d'effectuer le premier et/ou le second hydrotraitement, une dilution peut être effectuée à l'aide d'un diluant, ledit diluant étant de préférence un flux d'hydrocarbures ayant une plage d'ébullition de 50°C à 150°C ou une plage d'ébullition de 150°C à 250°C ou une plage d'ébullition de 200°C à 350°C, ou l'effluent dudit premier et/ou dudit second hydrotraitement ou un mélange quelconque de ceux-ci. De préférence, ledit diluant est ajouté à une concentration d'au plus 80 % en poids, de préférence d'au plus 50 % en poids et, éventuellement, ledit diluant est séparé à la sortie dudit premier et/ou dudit second hydrotraitement par distillation, par exemple par distillation flash, et, de préférence, recyclé à l'entrée dudit premier et/ou dudit second hydrotraitement. Avantagement, ledit diluant a, de préférence, un indice de brome d'au plus 5 gBr<sub>2</sub>/100g, et/ou un indice diénique d'au plus 0,5 gI<sub>2</sub>/100g et/ou une teneur en soufre d'au plus 1000 ppm en poids.
- [0023] Avantagement, le quatrième effluent sortant de l'étape (f) peut en outre être lavé pour éliminer les composés inorganiques tels que les composés soufrés, chlorés ou azotés.
- [0024] Avantagement, le troisième effluent sortant de l'étape (d), optionnellement purifié par passage sur un adsorbant solide, ou le quatrième effluent sortant de l'étape (f), optionnellement lavé, peut être utilisé tel quel ou séparé en des flux utilisables pour la préparation de carburants et combustibles tels que GPL, essence, diesel, fuel lourd, kérosène et/ou pour la préparation de lubrifiants et/ou d'huiles de base,
- [0025] Avantagement, le troisième effluent sortant de l'étape (d), optionnellement purifié par passage sur un adsorbant solide, ou le quatrième effluent sortant de l'étape (f), optionnellement lavé, peut être traité, pur ou dilué, optionnellement après séparation en des flux utilisables, dans un vapocraqueur pour produire des oléfines, et/ou un craqueur catalytique en lit fluidisé, et/ou un hydrocraqueur, puis optionnellement dans un vapocraqueur, et/ou un réacteur d'hydrotraitement, notamment un réacteur d'hydrogénation catalytique.
- [0026] De préférence, le troisième effluent sortant de l'étape (d), optionnellement purifié par passage sur un adsorbant solide, ou le quatrième effluent sortant de l'étape (f), optionnellement lavé, peut être soumis, pur ou dilué, optionnellement après séparation en des flux utilisables, à une étape de vapocraquage pour produire des oléfines telles que l'éthylène et le propylène, lesquels peuvent ensuite servir à fabriquer de nouveaux polymères par polymérisation.
- [0027] Avantagement, l'étape a) peut comprendre l'étape préliminaire a1) consistant à fournir un flux de déchets plastiques ; a2) liquéfier ledit flux de déchets plastiques par pyrolyse ou liquéfaction hydrothermale à une température d'au moins 200°C ; a3)

récupérer un effluent de liquéfaction et séparer ledit effluent de liquéfaction en une fraction d'hydrocarbures C1 à C4, une fraction ayant un intervalle d'ébullition supérieur à 350°C et une fraction étant ladite huile de liquéfaction de plastique ; a4) optionnellement mélanger ladite fraction qui est une huile de liquéfaction de plastique avec un solvant ou un diluant.

- [0028] De préférence, l'huile de liquéfaction de plastique de l'étape a3 ou a4 peut être envoyée directement (i.e. sans étape de traitement intermédiaire) dans la première étape d'hydrotraitement, ou peut être soumise uniquement à une étape de séparation des solides (par filtration, décantation, hydrocyclone, ...) avant d'être envoyée à la première étape d'hydrotraitement.
- [0029] Les étapes précédemment décrites du procédé selon l'invention peuvent être mises en œuvre les unes après les autres sans étape intermédiaire hormis les étapes additionnelles optionnelles décrites.

### Définitions

- [0030] Aux fins de la description, les définitions suivantes sont données :
- [0031] Les termes « comprenant » et « comprend » tels qu'utilisés ici sont synonymes avec « incluant », « inclut » ou « contient », « contenant », et sont inclusifs ou sans bornes et n'excluent pas de caractéristiques additionnelles, d'éléments ou d'étapes de méthodes non spécifiés.
- [0032] La spécification d'un domaine numérique sans décimales inclut tous les nombres entiers et, lorsque c'est approprié, des fractions de ces derniers (par exemple, 1 à 5 peut inclure 1, 2, 3, 4 et 5 lorsque référence est faite à un nombre d'éléments, et peut aussi inclure 1,5, 2, 2,75 et 3,80, lorsque référence est faite à, par exemple, une mesure.).
- [0033] La spécification d'une décimale comprend également la décimale elle-même (par exemple, « de 1,0 à 5,0 » inclut 1,0 et 5,0). Toute plage de valeurs numériques récitée ici comprend également toute sous-plage de valeurs numériques mentionnée ci-dessus.
- [0034] Les expressions % en poids et % en masse ont une signification équivalente et se réfèrent à la proportion de la masse d'un produit rapportée à 100g d'une composition le comprenant.
- [0035] Sauf indication contraire, les mesures données en parties par million (ppm) sont exprimées en poids.
- [0036] Les termes "alcane" ou "alcanes" utilisés ici décrivent des hydrocarbures acycliques ramifiés ou non ramifiés ayant la formule générale  $C_nH_{2n+2}$ , et donc constitués entièrement d'atomes d'hydrogène et d'atomes de carbone saturés ; voir par exemple IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2e édition (1997). Le terme "alcanes" désigne donc les alcanes non ramifiés ("paraffines normales" ou "n-paraffines" ou "n-alcanes" ou "paraffines") et les alcanes ramifiés ("iso-paraffines" ou "iso-alcanes"), mais exclut les naphthènes (cycloalcanes). Ils sont parfois désignés par le

symbole "HC-".

- [0037] Les termes "oléfine" ou "alcène" utilisés ici désignent un composé hydrocarboné insaturé contenant au moins une double liaison carbone-carbone. Ils sont parfois désignés par le symbole "HC=".
- [0038] Les termes "alcyne" utilisés ici se rapportent à un composé hydrocarboné insaturé contenant au moins une triple liaison carbone-carbone.
- [0039] Le terme "hydrocarbure" désigne à la fois les alcanes (hydrocarbures saturés), les cycloalcanes, les aromatiques et les hydrocarbures insaturés.
- [0040] La Vitesse Volumique Horaire notée VVH est définie comme le volume horaire de flux de charge par unité de volume catalytique et est exprimée ici en h<sup>-1</sup>.
- [0041] Par « hétéroatome », on entend tout éléments d'un composé organique différent du carbone et de l'hydrogène.
- [0042] La surface et le volume poreux sont mesurés par adsorption de N<sub>2</sub> à l'aide des mesures de surface habituelles. En particulier, les mesures de surface telles que les mesures "BET" peuvent être utilisées (c'est-à-dire ASTM D3663 pour la surface et D4365 pour le volume poreux). D'autres techniques bien connues dans l'art peuvent également être envisagées, telles que les techniques d'adsorption du mercure (ASTM D4284). Toutes les mesures et tous les diagrammes de données utilisés ici ont été réalisés avec un analyseur Micromeritics® Tristar 3000®. Surface : La surface totale a été déterminée par l'analyse de la sorption de N<sub>2</sub> conformément à la norme ASTM D 4365 - 95 (réapprouvée en 2008). Le diamètre et le volume des pores ont été déterminés conformément à la norme D4641-94 (réapprouvée en 2006).
- [0043] La concentration de métaux dans la matrice de l'hydrocarbure peut être déterminée par toute méthode connue dans l'art. En particulier, les méthodes de caractérisation pertinentes incluent la fluorescence X (XRF), la spectrométrie de masse par plasma à couplage inductif (ICP-MS) et la spectrométrie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES). Les spécialistes en sciences analytiques savent identifier la méthode la plus adaptée à la mesure de chaque métal et de manière générale de chaque hétéro-élément en fonction de la matrice hydrocarbonée considérée. La teneur en oxygène peut être mesurée suivant la norme : ASTM D5622-17 / D2504-88(2015). La teneur en azote peut être mesurée suivant la norme : ASTM D4629-17. La teneur en soufre peut être mesurée suivant la norme ISO 20846 :2011. La teneur en halogènes, notamment le chlore, le brome, le fluor, peut être mesurée suivant la norme : ASTM D7359-18.
- [0044] L'indice diénique (DV) ou l'indice d'anhydride maléique (MAV) correspondent à la quantité d'anhydride maléique (exprimée en équivalents d'iode) qui réagit avec 100 parties d'huile dans des conditions spécifiques. Il s'agit d'une mesure des doubles liaisons conjuguées dans l'huile. Une mole d'anhydride maléique correspond à une

double liaison conjuguée. Une méthode connue pour quantifier le diène est l'UOP 326-17 : Diene Value by Maleic Anhydride Addition Reaction (indice diénique par réaction d'addition d'anhydride maléique). Le terme "indice diénique" (DV) se réfère à la méthode analytique par titrage exprimée en g d'iode pour 100 g d'échantillon. Le terme valeur de l'anhydride maléique (MAV) fait référence à la méthode analytique par titrage exprimée en mg d'acide maléique par g d'échantillon. Il existe une corrélation entre la MAV = DV \*3,863 puisque 2 moles d'iode correspondent à 1 mole d'anhydride maléique.

- [0045] L'expression « Nombre de brome » correspond à la quantité de brome en grammes ayant réagi sur 100 g d'échantillon. Ce nombre indique la quantité d'oléfines dans un échantillon. Il est déterminé en grammes de Br<sub>2</sub> pour 100 grammes de solution (gBr<sub>2</sub> / 100g) et peut être mesuré selon la méthode ASTM D1159-07, réapprouvée en 2017.
- [0046] L'expression « Indice de brome » est le nombre de milligrammes de brome qui réagissent avec 100 g d'échantillon. Il est déterminé en milli grammes de Br<sub>2</sub> par 100 g de solution (mg Br<sub>2</sub>/100g) et peut être mesuré selon les méthodes ASTM D2710 ou ASTM D5776.
- [0047] Les points d'ébullition tels que mentionnés ici sont mesurés à pression atmosphérique, sauf indication contraire. Un point d'ébullition initial est défini comme la valeur de température à partir de laquelle une première bulle de vapeur est formée. Un point d'ébullition final est la plus haute température atteignable lors d'une distillation. A cette température, plus aucune vapeur ne peut être transportée vers un condensateur. La détermination des points initial et final fait appel à des techniques connues du métier et plusieurs méthodes adaptées en fonction du domaine de températures de distillation sont applicables, par exemple NF EN 15199-1 (version 2020) ou ASTM D2887 pour la mesure des points d'ébullition de fractions pétrolières par chromatographie en phase gazeuse, ASTM D7169 pour les hydrocarbures lourds, ASTM D7500, D86 ou D1160 pour les distillats.
- [0048] L'expression « solvant polaire » au sens de la présente demande de brevet recouvre toutes les espèces chimiques, seules ou en mélange, comportant au moins une liaison covalente carbone-hydrogène, carbone-halogène, carbone-chalcogène ou carbone-azote et ayant un moment dipolaire non nul. Il est entendu que le terme « solvant polaire » au sens de la présente définition exclut spécifiquement l'eau.
- [0049] Le terme « solvant » inclut les « solvants polaires » précités et les solvants apolaires, qui comprennent par exemple tout type d'hydrocarbure saturé ou insaturé linéaire, ramifié, cyclique et/ou aromatique tel que pentane, cyclohexane, oléfines, toluène ou xylène ou certains autres solvants à moment dipolaire nul ou quasiment nul comme le tétrachlorométhane ou le disulfure de carbone.
- [0050] Le terme « naphta » renvoie à la définition générale utilisée dans l'industrie du

pétrole et du gaz. En particulier, il s'agit d'un hydrocarbure provenant de la distillation du pétrole brut et dont le point d'ébullition est compris entre 15 et 250°C, selon la norme ASTM D2887. Le naphta ne contient pratiquement pas d'oléfines car les hydrocarbures proviennent du pétrole brut. Il est généralement considéré qu'un naphta a un nombre de carbone compris entre C5 et C11, bien que le nombre de carbone puisse atteindre dans certains cas C15. Il est également généralement admis que la densité du naphta est comprise entre 0,65 et 0,77 g/mL.

- [0051] Par « huile de liquéfaction », on entend une huile issue d'un procédé de pyrolyse et/ou d'un procédé de liquéfaction hydrothermale d'une charge hydrocarbonée. Cette charge hydrocarbonée peut comprendre des plastiques, de la biomasse et/ou des élastomères, seuls ou en mélange, notamment sous forme de déchets. Une huile de liquéfaction peut être formée d'un mélange de deux ou plusieurs huiles de liquéfaction provenant de la liquéfaction de charges hydrocarbonées différentes.
- [0052] Le procédé de pyrolyse doit être compris comme un procédé de craquage thermique, typiquement réalisé à une température de 300 à 1000°C ou de 400 à 700°C, mis en œuvre en présence ou non de catalyseur et/ou d'un gaz (pyrolyse rapide, pyrolyse flash, pyrolyse catalytique, hydropyrolyse, pyrolyse à la vapeur, ...).
- [0053] Le procédé de liquéfaction hydrothermale (ou HTL pour « Hydrothermal Liquefaction » en anglais) est un procédé de conversion thermo-chimique utilisant l'eau en tant que solvant, réactif et catalyseur des réactions de dégradation d'une charge hydrocarbonée, l'eau étant typiquement dans un état sous-critique ou supercritique. Le procédé de liquéfaction hydrothermale est typiquement réalisé à une température de 250 à 500 °C et à des pressions de 10 à 25-40 MPa en présence d'eau.
- [0054] L'expression « huile de liquéfaction de plastique » ou « huile résultant de la liquéfaction de plastique » ou « huile de liquéfaction de déchets plastiques » ou « huile de plastique » fait référence aux produits liquides hydrocarbonnés obtenus à l'issue d'une pyrolyse ou d'une liquéfaction hydrothermale de plastiques, à savoir de polymères thermoplastiques et/ou thermodurcissables, seuls ou en mélange, et généralement sous la forme de déchets, optionnellement en mélange avec au moins une autre charge, notamment sous forme de déchets, telle que la biomasse, par exemple choisie parmi la biomasse lignocellulosique, le papier et le carton, et/ou un élastomère, par exemple du latex éventuellement vulcanisé ou des pneus.
- [0055] Le plastique peut être de n'importe quel type, notamment tout type de plastique neuf ou usager, compris dans des déchets ménagers (post consommation) ou industriels. Par plastiques, on entend les matières constituées de polymères et optionnellement de composants auxiliaires tels que plastifiants, charges, colorants, catalyseurs, ignifugeants, stabilisants, .... Par exemple, ces polymères peuvent être du polyéthylène, du polyéthylène halogéné (Cl, F), du polypropylène, du polystyrène, du polybutadiène, du

polyisoprène, le poly (téréphthalate d'éthylène) (PET), l'acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS), le polybutylène, le poly(téréphthalate de butylène) (PBT), le chlorure de polyvinyle (PVC), le polychlorure de vinylidène, un polyester, un polyamide, un polycarbonate, un polyéther, un polymère époxyde, un polyacétal, un polyimide, un polyesteramide, du silicone etc. De manière générale, on pourra utiliser tout polymère ou mélange de polymères susceptible de produire des hydrocarbures par liquéfaction.

[0056] La biomasse peut être définie comme un produit organique végétal ou animal. La biomasse comprend ainsi (i) la biomasse produite par le surplus des terres agricoles, non utilisées pour l'alimentation humaine ou animale : cultures dédiées, appelées cultures énergétiques ; (ii) la biomasse produite par le déboisement (entretien de forêt) ou le nettoyage de terres agricoles ; (iii) les résidus agricoles issus des cultures de céréales, vignes, vergers, oliviers, fruits et légumes, résidus de l'agroalimentaire,... ; (iv) les résidus forestiers issus de la sylviculture et de la transformation du bois ; (v) les résidus agricoles issus de l'élevage (fumier, lisier, litières, fientes,...) ; (vi) les déchets organiques des ménages (papiers, cartons, déchets verts,...) ; (vii) les déchets organiques industriels banals (papiers, cartons, bois, déchets putrescibles,...). L'huile de liquéfaction de plastique traitée par l'invention peut provenir de la liquéfaction de déchets contenant au moins 1% m/m, optionnellement de 1 à 50% m/m, de 2 à 30% m/m ou dans un intervalle défini par deux quelconques de ces limites, d'une ou plusieurs des biomasses, résidus et déchets organiques précités, et le reste étant constitué de déchets plastiques, optionnellement en mélange avec des élastomères, notamment sous forme de déchets.

[0057] Les élastomères sont des polymères linéaires ou ramifiés transformés par vulcanisation en un réseau tridimensionnel faiblement réticulé infusible et insoluble. Ils incluent les caoutchoucs naturels ou synthétiques. Ils peuvent faire partie de déchets de type pneu ou de tout autre déchet ménager ou industriel contenant des élastomères, du caoutchouc naturel et/ou synthétique, en mélange ou non avec d'autres composants, tels que plastiques, plastifiants, charges, agent vulcanisant, accélérateurs de vulcanisation, additifs, etc. Des exemples de polymères élastomères incluent les copolymères éthylène-propylène, le terpolymère éthylène-propylène-diène (EPDM), le polyisoprène (naturel ou synthétique), le polybutadiène, les copolymères styrène-butadiène, les polymères à base d'isobutène, les copolymères d'isobutylène isoprène, chlorés ou bromés, les copolymères de butadiène acrylonitrile (NBR), et les polychloroprènes (CR), les polyuréthanes, les élastomères de silicone, etc. L'huile de liquéfaction de plastique traitée par l'invention peut provenir de la liquéfaction de déchets contenant au moins 1% m/m, optionnellement de 1 à 50% m/m, de 2 à 30% m/m ou dans un intervalle défini par deux quelconques de ces limites, d'un ou

plusieurs élastomères précités, notamment sous forme de déchets, le reste étant constitué de déchets plastiques, optionnellement en mélange avec des biomasses, résidus et déchets organiques.

[0058] Par « hydrotraitement » on entend tout procédé au cours duquel des hydrocarbures réagissent avec du dihydrogène, typiquement sous pression, en présence d'un catalyseur ou non. L'hydrotraitement peut ainsi comprendre une ou plusieurs réactions choisies parmi l'hydrodésulfuration (HDS), l'hydrodézotation (HDN), l'hydrodéoxygénation (HDO), l'hydrodémétallation (HCM), l'hydrocraquage, l'hydroisomérisation et l'hydrogénation (hydrogénation des composés insaturés en composés saturés).

[0059] Par « catalyseur d'hydrotraitement », on entend un catalyseur favorisant l'incorporation d'hydrogène dans les produits. Ce type de catalyseur est typiquement un catalyseur métallique comprenant un ou plusieurs métaux des groupes 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 du tableau périodique.

[0060] Les caractéristiques particulières, structures, propriétés, modes de réalisation de l'invention peuvent être combinés librement en un ou plusieurs modes de réalisation non spécifiquement décrits ici, comme cela peut être apparent à des spécialistes du traitement des huiles de liquéfaction de plastique mettant en œuvre leurs connaissances générales.

### **Description détaillée de l'invention**

[0061] Les différentes étapes décrites ci-après peuvent être combinées en fonction de l'objectif de purification recherché.

[0062] Description de la composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique

[0063] La composition fournie à l'étape (a) comprend une huile de liquéfaction de plastique, ladite composition contenant au moins 20 ppm en masse d'hétéroatomes, un indice de diène d'au moins 0,5 g I<sub>2</sub>/100g mesuré selon la norme UOP326 et un indice de brome d'au moins 5 g Br<sub>2</sub>/100 g mesuré selon ASTM D1159.

[0064] Dans un mode de réalisation, la composition peut comprendre uniquement une huile de liquéfaction de plastique, notamment uniquement une huile de pyrolyse de plastique ou uniquement une huile de liquéfaction hydrothermale de plastique.

[0065] Alternativement, la composition peut comprendre au moins 1 %m d'huile de liquéfaction de plastique. Le reste peut alors être composé d'au plus 99 % en masse d'un diluant ou solvant tel qu'un hydrocarbure, et/ou d'un ou plusieurs des composants listés ci-dessous, de préférence un composant provenant de la biomasse, de déchets de biomasse ou de déchets élastomères.

[0066] Dans un mode de réalisation, la composition peut comprendre au moins 5 %m, de préférence 10 %m, davantage de préférence au moins 25 %m, de manière encore plus

préférée au moins 50 % en masse, plus préférablement 75 % en masse, encore plus préférablement au moins 90 % en masse d'huile de liquéfaction de plastique. La composition peut comprendre au plus 80%<sub>m</sub> ou 90%<sub>m</sub> ou 95%<sub>m</sub> ou 100%<sub>m</sub> d'huile de liquéfaction de plastique. La teneur en masse d'huile(s) de liquéfaction de plastique de la composition peut être comprise dans tout intervalle défini par deux des limites précédemment fixées.

- [0067] La composition peut comprendre en outre un composant provenant de la biomasse, de déchets de biomasse ou de déchets élastomères, tel qu'une huile de tall, une huile alimentaire usagée, une graisse animale, une huile végétale telle qu'une huile de colza, de canola, de ricin, de palme, de soja, une huile extraite d'une algue, une huile extraite d'une fermentation de microorganismes oléagineux tels que des levures oléagineuses, une huile de liquéfaction de biomasse, notamment une huile de liquéfaction de biomasse telle que de *Panicum virgatum* ou une huile de liquéfaction de biomasse lignocellulosique, par exemple une huile de liquéfaction de bois, de papier et/ou de carton, une huile obtenue par liquéfaction de meubles usagés broyés, une huile de liquéfaction d'élastomères par exemple du latex éventuellement vulcanisé ou des pneus, ainsi que leurs mélanges.
- [0068] La composition peut en outre comprendre un diluant miscible avec l'huile de liquéfaction de plastique. Ce diluant a de préférence un indice de diène d'au plus 0,5 g I<sub>2</sub>/100 g, mesuré selon UOP 326, un indice de brome d'au plus 5 g Br<sub>2</sub>/100 g mesuré selon ASTM D1159. Le diluant est de préférence choisi parmi un naphta et/ou un solvant paraffinique et/ou un diesel ou un gasoil de distillation directe, contenant au plus 1 % en poids de soufre, de préférence au plus 0,1 % en poids de soufre, et/ou un flux d'hydrocarbures ayant un intervalle d'ébullition entre 50°C et 150°C ou un intervalle d'ébullition entre 150°C et 250°C ou un intervalle d'ébullition entre 200°C et 350°C, ayant de préférence un indice de brome d'au plus 5 gBr<sub>2</sub>/100g, et/ou un indice de diène d'au plus 0,5 gI<sub>2</sub>/100g, et/ou l'effluent dudit premier et/ou dudit second hydrotraitement du procédé selon l'invention, ou toute combinaison de ceux-ci.
- [0069] Le diluant peut être ajouté à une concentration d'au plus 80 % en poids, de préférence d'au plus 50 % en poids. Eventuellement, le diluant peut être séparé à la sortie du premier et/ou du second hydrotraitement par distillation flash ou par distillation et, de préférence, recyclé à l'entrée du premier et/ou du second hydrotraitement.
- [0070] La composition fournie à l'étape (a) peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, en combinaison ou non avec une ou plusieurs des caractéristiques précédentes.
- [0071] La composition fournie à l'étape (a) peut présenter un indice de brome d'au plus 150 g Br<sub>2</sub>/ 100g, de préférence d'au plus 100 g Br<sub>2</sub>/ 100g, encore plus préférablement d'au plus 80 g Br<sub>2</sub>/ 100g, le plus préféré étant d'au plus 50 g Br<sub>2</sub>/ 100g, tel que mesuré selon

la norme ASTM D1159. La composition peut en outre présenter une teneur en hétéroatomes d'au moins 20 ppm.

- [0072] Dans la composition fournie à l'étape (a), au moins 10 % en poids, de préférence au moins 15 % en poids, de préférence au moins 25 % en poids, de préférence encore au moins 50 % en poids de ladite composition peut avoir un point d'ébullition d'au moins 150°C par rapport au poids total de ladite composition.
- [0073] L'étape (a) de fourniture de la composition peut comprendre :
- [0074] (a1) une étape de fourniture d'un flux de déchets plastiques,
- [0075] (a2) une étape de liquéfaction de déchets contenant des plastiques à une température d'au moins 200°C et l'obtention d'un produit d'hydrocarbures comprenant une phase gazeuse, une phase liquide et une phase solide,
- [0076] (a3) une étape de récupération de l'effluent de liquéfaction et de séparation de la phase liquide dudit produit, ladite phase liquide formant une huile de liquéfaction de plastique,
- [0077] (a4) une étape optionnelle de mélange de l'huile de liquéfaction de plastique avec un diluant ou un solvant.
- [0078] L'étape (a2) de liquéfaction peut comprendre une étape de pyrolyse, typiquement réalisée à une température de 300 à 1000°C ou de 400 à 700°C, cette pyrolyse étant par exemple une pyrolyse rapide ou une pyrolyse flash ou une pyrolyse catalytique ou une hydropyrolyse.
- [0079] Alternativement ou en combinaison, l'étape (a2) de liquéfaction peut comprendre une étape de liquéfaction hydrothermale, typiquement réalisée à une température de 250 à 500 °C et à des pressions de 10 à 25-40 MPa.
- [0080] Les déchets fournis à l'étape (a1) peuvent être des déchets plastiques éventuellement mélangés à de la biomasse et/ou à des élastomères, tel que précédemment décrit.
- [0081] L'étape (a3) de récupération et de séparation permet d'éliminer la phase gazeuse, essentiellement les hydrocarbures en C1-C4 et la phase solide (typiquement du char) pour ne récupérer que la phase organique liquide formant une huile de liquéfaction. Typiquement, une fraction ayant un intervalle d'ébullition supérieur à 350°C et une fraction étant ladite huile de liquéfaction de plastique sont également séparées.
- [0082] Les huiles de liquéfaction de plastique contiennent notamment des paraffines, i-paraffines (iso-paraffines), diènes, alcynes, oléfines, naphènes et aromatiques. Les huiles de liquéfaction de plastique contiennent également des impuretés contenant des hétéroatomes, telles que des composés organiques chlorés, oxygénés, soufrés, azotés et/ou silylés, des métaux, des sels, des composés du phosphore.
- [0083] La composition de l'huile de liquéfaction de plastique est dépendante de la nature du plastique liquéfié, et optionnellement des éventuels autres déchets (biomasse et/ou élastomères) liquéfiés avec le plastique, et est essentiellement (notamment à plus de

80%*m/m*, le plus souvent à plus de 90%*m/m*) constituée d'hydrocarbures ayant de 1 à 150 atomes de carbone et d'impuretés.

- [0084] Une huile de liquéfaction de plastique comprend typiquement de 5 à 80%*m/m* de paraffines (y compris les cyclo-paraffines), de 10 à 95% *m/m* de composés insaturés (comprenant des oléfines, des diènes et des acétylènes), de 5 à 70%*m/m* d'aromatiques. Ces teneurs peuvent être déterminées par chromatographie en phase gazeuse.
- [0085] Une huile de liquéfaction de plastique peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques décrites ci-après ou précédemment décrites dans la présente demande.
- [0086] Notamment, une huile de liquéfaction de plastique peut comprendre un nombre de Brome de 10 à 130 g Br/100g, tel que mesuré selon la norme ASTM D1159, et/ou un indice d'anhydride maléique (UOP 326) de 1 à 55 mg d'anhydride maléique/1g et/ou un indice de diène d'au plus 50 gI<sub>2</sub>/100 g, de préférence d'au plus 25 gI<sub>2</sub>/100 g, de préférence encore d'au plus 10 gI<sub>2</sub>/100 g, mesuré selon la norme UOP 326.
- [0087] Dans un mode de réalisation préféré, ladite huile de liquéfaction de plastique a un point d'ébullition initial d'au moins 15°C, et un point d'ébullition final d'au plus 700°C, de préférence d'au plus 600°C, encore plus préférablement d'au plus 560°C, plus préférablement d'au plus 450°C, encore plus préférablement d'au plus 350°C, de préférence d'au plus 250°C (mesuré selon la norme NF EN 15199-1/2).
- [0088] Une huile de liquéfaction de plastique comprend typiquement au moins 20 ppm d'hétéroatomes, voire au moins 30ppm d'hétéroatomes.
- [0089] Une huile de liquéfaction de plastique peut notamment comprendre une ou plusieurs des teneurs en hétéroatomes suivantes : de 0 à 8% *m/m* d'oxygène (par ex. mesuré selon la norme ASTM D5622), de 1 à 13000 ppm d'azote (par ex. mesuré selon la norme ASTM D4629), de 2 à 10000ppm de soufre (par ex. mesuré selon la norme ISO 20846), de 1 à 10000 ppm de métaux, notamment plus de 2 ppm (par ex. mesuré par ICP), de 50 à 6000 ppm de chlore, de préférence au plus 5000 ppm (par ex. mesuré selon la norme ASTM D7359-18), de 0 à 200ppm de brome (par ex. mesuré selon la norme ASTM D7359-18), de 1 à 40ppm de fluor (par ex. mesuré selon la norme ASTM D7359-18), 1 à 5000 ppm de silicium, de préférence au plus 1000 ppm (par ex. mesuré par XRF), au moins 1 ppm de P, de préférence au plus 5000 ppm de P.
- [0090] Description détaillée de l'étape optionnelle de traitement de la composition fournie à l'étape (a)
- [0091] Entre l'étape (a) et (b), l'invention peut également comprendre une étape de pré-traitement optionnelle, dans laquelle la composition est soumise, notamment immédiatement avant l'étape (b), à (i) une filtration, (ii) un lavage avec de l'eau ou un solvant polaire non miscible avec la composition, (iii) une distillation, (iv) une décantation, (v) un hydrocyclone ou (vi) à la combinaison d'au moins deux des étapes (i)

à (iv). Cette étape additionnelle peut permettre d'abattre une partie des impuretés contenues dans la composition telles que l'oxygène, l'azote, le chlore, le soufre ou autres hétéroatomes. Notamment la réduction de la quantité d'oxygène peut permettre d'éviter la formation de solide et/ou de gels lors de l'étape (d), en particulier lorsque celle-ci comprend une étape de lavage (d1).

[0092] Lors de l'étape additionnelle de lavage (ii), le ratio en volume solvant polaire ou eau/composition peut être de 1/99 à 90/10, de 10/90 à 90/10, de 20/80 à 80/20, de 30/70 à 70/30, de 35/65 à 65/35, de 35/65 à 60/40, ou de 40/60 à 60/40.

[0093] Lorsque l'eau est utilisée pour le lavage (ii), elle peut présenter un pH acide, basique ou neutre. Un pH acide peut être obtenu par addition d'un ou plusieurs acides organiques ou inorganiques. Des exemples d'acides organiques utilisables comprennent l'acide citrique ( $C_6H_8O_7$ ), l'acide formique ( $CH_2O_2$ ), l'acide acétique ( $CH_3COOH$ ). Des exemples d'acides inorganiques sont l'acide sulfamique ( $H_3NSO_3$ ), l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide nitrique ( $HNO_3$ ), l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ), l'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ). Un pH basique peut être obtenu par addition d'oxydes de métaux alcalins et alcalino-terreux, d'hydroxydes de métaux alcalins et alcalino-terreux (par exemple NaOH, KOH,  $Ca(OH)_2$ ), de bicarbonates de métaux alcalins et alcalino-terreux et des amines (par exemple triéthylamine, éthylènediamine, ammoniaque).

[0094] Le solvant polaire peut présenter une densité supérieure ou inférieure à la densité de la composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique.

[0095] En particulier, la densité du solvant polaire peut être supérieure ou inférieure de 3 à 50% à celle de la composition.

[0096] Le solvant polaire est un solvant non miscible avec la composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique à purifier.

[0097] A titre d'exemple, on pourra considérer que le solvant polaire (ou qu'un mélange de solvants polaires le cas échéant) est non miscible lorsque son taux de récupération est supérieur ou égal à 0,95. Ce taux de récupération est défini comme le rapport du volume d'extrait sur le volume de solvant initial, cet extrait étant une phase contenant le solvant, non miscible avec la composition contenant une huile de liquéfaction, récupérée après agitation puis décantation d'un mélange d'une partie par volume de solvant avec vingt cinq parties par volume de la composition contenant une huile de liquéfaction à purifier, à pression atmosphérique et à une température de 20°C.

[0098] On pourra notamment déterminer ce taux de récupération en suivant la procédure suivante :

- Introduction de 50 mL de composition contenant une huile de liquéfaction dans un ballon à fond plat d'un volume de 100mL, à l'aide d'une pipette de précision de +/-0,5mL,
- Introduire 2 mL de solvant dans le ballon, à l'aide d'une pipette de précision

- +/-0,1mL,
- Introduire un barreau aimanté, fermer le ballon avec un bouchon en polypropylène,
  - Agiter le mélange sur une plaque d'agitation mécanique à une vitesse 500 tours/min pendant 5min,
  - A la fin des 5 minutes, arrêter l'agitation, retirer le barreau aimanté à l'aide d'une tige aimantée,
  - Transférer le contenu du ballon dans un tube gradué présentant une précision de +/-0,05 mL pour un volume inférieur ou égal à 2mL et une précision de +/-0,1 mL pour un volume supérieur à 2mL. Attendre la démixtion complète par décantation et mesurer le volume des 2 phases à l'aide des graduations. On considère que la démixtion complète est atteinte lorsque les volumes des deux phases ne varient plus.
- [0099] Des solvants polaires non miscibles acceptables comprennent (i) des composés soufrés, par exemple le diméthylsulfoxyde, (ii) des composés azotés, par exemple le *N,N*-diméthylformamide, (iii) des composés halogénés, par exemple le dichlorométhane ou le chloroforme, (iv) l'éthylène glycol, ou encore :
- les éthers de glycol, incluant notamment le polyéthylène glycol de formule chimique  $\text{HO}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n-\text{H}$  de masse molaire moyenne en masse de 90 à 800g/mol, par exemple le diéthylène glycol et le tétraéthylène glycol, le polypropylène glycol de formule chimique  $\text{H}[\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2]_n\text{OH}$  de masse molaire moyenne en masse de 130 à 800g/mol, par exemple le dipropylène glycol et le tétrapropylène glycol,
  - les dialkyl formamides, dans lesquels le groupe alkyl peut comprendre de 1 à 8 ou de 1 à 3 atomes de carbones, notamment le diméthyl formamide (DMF),
  - les dialkyl sulfoxydes, dans lesquels le groupe alkyl peut comprendre de 1 à 8 ou de 1 à 3 atomes de carbones, notamment le diméthylsulfoxyde (DMSO) et le sulfolane
  - les composés comprenant un cycle furane,
  - les esters de carbonate cycliques, comprenant notamment de 3 à 8 ou de 3 à 4 atomes de carbones, notamment le carbonate de propylène et le carbonate d'éthylène.
- [0100] Un ou plusieurs des solvants précités peut être utilisé. Toutefois, avantageusement, un seul des solvants précités peut être utilisé pourvu qu'il soit non miscible avec la composition contenant une huile de liquéfaction à purifier.
- [0101] De préférence, le solvant polaire peut être l'éthylène glycol ou un éther de glycol, en particulier le polyéthylène glycol de formule chimique  $\text{HO}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n-\text{H}$  de masse molaire moyenne en masse de 90 à 800g/mol ou le polypropylène glycol de formule

chimique  $H[OCH(CH_3)CH_2]_nOH$  de masse molaire moyenne en masse de 130 à 800g/mol, ou un composé comprenant un cycle furane, ou un ester de carbonate cyclique, en particulier le carbonate de propylène ou d'éthylène, seuls ou en mélange, de préférence seuls.

[0102] Dans un mode de réalisation préféré, le solvant polaire est choisi parmi le carbonate de propylène, le carbonate d'éthylène, l'éthylène glycol et le polyéthylène glycol de formule chimique  $HO-(CH_2-CH_2-O)_n-H$  de masse molaire moyenne en masse de 90 à 800g/mol, seuls ou en mélange, de préférence seuls.

[0103] Description de la première étape d'hydrotraitement

[0104] Cette première étape consiste principalement en une phase d'hydrogénation visant à saturer les diènes conjugués et les alcynes en oléfines. En fonction de la composition traitée, la première étape d'hydrotraitement est réalisée soit en phase liquide, soit en lit fluidisé. Cette première étape d'hydrotraitement hydrogène les diènes, et en particulier les diènes conjugués, et les liaisons acétyléniques. La première étape d'hydrotraitement entraîne ainsi une diminution de l'indice de diène. La diminution de l'indice diénique observée entre l'entrée et la sortie de la première étape d'hydrotraitement est typiquement d'au moins 10 %, de préférence d'au moins 25 %, mesurée selon la norme UOP 326.

[0105] Au cours de cette première étape, la composition fournie à l'étape (a), optionnellement prétraitée, est hydrotraitée, de préférence sélectivement hydrogénée, à une température de 80 à 250°C, de préférence de 130 à 250°C, davantage de préférence de 130 à 200°C, en présence de dihydrogène et en présence d'un premier catalyseur d'hydrotraitement.

[0106] Typiquement, la température d'entrée peut être de 25 à 250°C, de préférence de 25 à 200°C.

[0107] Au cours de cette première étape, la composition peut traverser un ou plusieurs lits catalytiques, avec, de préférence, une augmentation globale de la température d'au plus 150°C, de préférence d'au plus 100°C, et/ou une augmentation de la température d'au plus 100°C, de préférence d'au plus 50°C pour chaque lit catalytique. Avantageusement, on pourra prévoir une trempe intermédiaire entre les lits catalytiques, de préférence, réalisée avec  $H_2$  ou avec la composition purifiée récupérée à l'étape (f).

[0108] Cette première étape peut être réalisée dans un réacteur à lit fixe, de préférence en présence d'au moins un catalyseur, typiquement un catalyseur d'hydrogénation.

[0109] Il peut s'agir d'un catalyseur comprenant au moins un métal des groupes 8-10, de préférence choisi dans le groupe Pt, Pd, Ni et/ou leur mélange sur un support tel que l'alumine, le titane, la silice, la zircone, la magnésie, le carbone et/ou leurs mélanges. On utilisera par exemple un catalyseur à base de Ni passivé après sa réduction en utilisant de préférence un di-alkyl-sulfure tel que le Diméthylsulfure (DMS) ou le Di-

MethylDiSulfide (DMDS) ou le DiEthylSulfide (DES), ou des composés thio-phéniques.

- [0110] Il peut également s'agir d'un catalyseur comprenant au moins un métal du groupe 6, comme par exemple Mo, W, en combinaison ou non avec un promoteur choisi parmi au moins un métal des groupes 8-10, comme par exemple Ni et/ou Co, et/ou un mélange de ceux-ci, ces métaux étant utilisés sous forme sulfurée et de préférence supportés sur de l'alumine, du titane, de la zircone, de la silice, du carbone et/ou des mélanges de ceux-ci
- [0111] A titre d'exemple, on peut utiliser un catalyseur d'hydrogénation comprenant Pd (0.1-10 % en poids) et/ou Ni (0.1-60 % en poids) et/ou NiMo (0.1-60 % en poids).
- [0112] La première étape est typiquement mise en œuvre à une pression absolue comprise de 5 à 90 bars, de préférence de 10-50, davantage de préférence de 25-50 bar en présence de H<sub>2</sub>. Alternativement ou en combinaison, le rapport molaire de H<sub>2</sub> à la somme molaire totale des alcynes et des diènes présents dans ladite composition est d'au moins 1,5, de préférence d'au moins 2, de préférence d'au moins 3, à au plus 15.
- [0113] Cette étape (b) peut se faire dans un seul réacteur avec plusieurs lits catalytiques mis en série avec éventuellement des appoints d'hydrogène entre les lits ou dans plusieurs réacteurs en série et/ou parallèle en fonction de l'objectif recherché. Des réacteurs de garde peuvent être utilisés en amont ou en aval du premier réacteur d'hydrogénation. Ces réacteurs de garde peuvent permettre de réduire la concentration en certaines espèces chimiques indésirables et/ou en éléments tels que le chlore, le silicium et les métaux. Des métaux particulièrement indésirables incluent Na, Ca, Mg, Fe, As et Hg.
- [0114] Cette étape d'hydrotraitement peut également avoir une fonction de démetallation, de craquage, de déaromatisation en fonction des caractéristiques du catalyseur et des conditions d'hydrotraitement.
- [0115] La charge pour l'hydrotraitement peut être avantageusement chauffée par un échangeur de chaleur qui est alimenté par l'effluent de l'hydrotraitement.
- [0116] De préférence, la charge pour l'hydrotraitement peut être diluée avec une partie de l'effluent de l'hydrotraitement, ayant encore une température plus élevée que la température voulue à l'entrée de l'hydrotraitement. Ce recyclage au moins partiel de l'effluent de l'hydrotraitement permet de diluer les insaturés présents dans la composition purifiée et de préchauffer la charge.
- [0117] De préférence, la partie de l'effluent de l'hydrotraitement qui n'est pas recyclée mais encore à une température élevée, peut échanger sa chaleur sensible avec l'effluent avant l'hydrotraitement de ce dernier et assurer ainsi sa préchauffe.
- [0118] En sortie de la première étape d'hydrotraitement, le premier effluent peut présenter un indice de diène d'au plus 1,5 g I<sub>2</sub>/100 g, de préférence d'au plus 1,0 g I<sub>2</sub>/100 g, de préférence encore d'au plus 0,5 g I<sub>2</sub>/100 g.

[0119] En sortie de la première étape d'hydrotraitement, le premier effluent peut optionnellement être soumis à une distillation flash afin d'éliminer une partie de la phase gazeuse qu'il contient. Ceci peut permettre notamment de récupérer le dihydrogène présent dans la phase gazeuse qui n'a pas réagi.

### **Description de l'étape (c) de traitement basique**

[0120] L'étape (c) est une étape de traitement du premier effluent sortant de l'étape (b) (optionnellement après avoir été soumis à une distillation flash) en présence d'un composé basique, de préférence un composé basique nucléophile, à une température d'au plus 350°C pour obtenir un deuxième effluent.

[0121] Ce traitement permet notamment de modifier les composés contenant des hétéroatomes et de favoriser leur élimination ultérieure. La teneur en diène et/ou alcynes réduites du premier effluent sortant de la première étape d'hydrogénation permet de mettre en œuvre l'étape (c) à une température élevée sans risque de bouchage de l'installation et d'améliorer ainsi l'efficacité du traitement basique.

[0122] L'étape (c) peut être mise en œuvre à une température d'au plus 350 °C. Dans un mode de réalisation, l'étape (c) peut être mise en œuvre à une température de 100 à 350 °C, davantage de préférence de 180 à 300 °C, plus préférentiellement encore de 200 à 300°C ou de 180 à 250 °C ou de 180 à 280°C, ou dans tout intervalle défini par deux quelconques de ces limites.

[0123] L'étape (c) de traitement peut être mise en œuvre à une pression absolue de 0,1 à 100 bar, de préférence de 1 à 50 bar.

[0124] Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, l'étape (c) s'effectue pendant une durée de 1 minute à 3 heures, de préférence de 1 minutes à 1 ou 2 heures, davantage de préférence de 1 minute à 30 minutes, à une température d'au plus 250°C, davantage de préférence d'au plus 225°C. Dans ce mode de réalisation particulièrement préféré, l'étape (c) peut être réalisée à une température d'au moins 100°C, de préférence d'au moins 150°C, plus préférentiellement d'au moins 180°C. Dans ce mode de réalisation particulièrement préféré, l'étape (c) peut être réalisée à une pression absolue de 0,1 à 100 bar, de préférence de 1 à 50 bar.

[0125] Avantagusement, la quantité de composé basique utilisée est de 0,1 à 50 %m, de préférence de 0,1 à 40 %m, davantage de préférence de 0,1 à 30 %m, de manière préférée de 0,1 à 20%<sub>m</sub>, de manière encore plus préférée de 0,1 à 15%<sub>m</sub> par rapport à la masse totale de l'effluent traité (premier effluent produit par l'étape (b)).

[0126] De préférence, la quantité de composé basique utilisée est d'au moins 0,5%<sub>m</sub>, davantage de préférence d'au moins 1%<sub>m</sub>, de manière encore plus préférée d'au moins 3%<sub>m</sub> de manière encore plus préférée d'au moins 5%<sub>m</sub> voire d'au moins 10%<sub>m</sub>, et d'au plus 50%<sub>m</sub>, 40%<sub>m</sub>, 30%<sub>m</sub>, 20%<sub>m</sub> ou 15%<sub>m</sub>, par rapport à la masse totale de l'effluent traité (premier effluent produit par l'étape (b)).

- [0127] Dans un mode de réalisation, lors de l'étape (c), le premier effluent peut être mise en contact avec 0,1 à 15% en masse d'un composé basique, de préférence en présence d'eau, davantage de préférence avec 0,5 à 15% en masse d'un composé basique, de manière encore préférée avec 1 à 15% en masse d'un composé basique, de manière encore préférée de 1 à 10% en masse, notamment de 1 à 5% en masse par rapport à la masse totale de l'effluent traité (premier effluent produit par l'étape (b)), ou dans tout intervalle défini par deux des précédentes limites.
- [0128] Le composé basique peut être ajouté au premier effluent soit avant l'étape (c) ou au cours de l'étape (c). Cette addition du composé basique au premier effluent peut éventuellement être suivie d'une étape de mélange.
- [0129] Le composé basique peut être ajouté au premier effluent sous forme solide ou solubilisé dans un milieu aqueux, de préférence de l'eau, ou dans un solvant, miscible ou non miscible avec le deuxième effluent.
- [0130] Un solvant miscible utilisable peut être un solvant polaire comprenant une fonction alcool et/ou une fonction éther, idéalement choisi parmi les alcools en C1 à C4, de préférence parmi le méthanol, l'éthanol, le propan-1-ol, le propan-2-ol, le butan-1-ol, le butan-2-ol, le 2-méthylpropan-1-ol, propylène glycol.
- [0131] Un solvant non miscible utilisable peut être un solvant polaire non miscible, par exemple ceux cités pour l'étape optionnelle de pré-traitement.
- [0132] Dans un mode de réalisation, le composé basique peut comprendre un oxyde, un hydroxyde, un bicarbonate, ou un alcoolate d'un cation de métal alcalin ou d'un cation de métal alcalino-terreux, ou un hydroxyde ou un bicarbonate d'un cation d'ammonium quaternaire, par exemple d'un cation de tétraméthylammonium (TMA<sup>+</sup>), de tétraéthylammonium (TEA<sup>+</sup>), de tétrapropylammonium (TPA<sup>+</sup>), de tétrabutylammonium (TBA<sup>+</sup>). De préférence, le composé basique peut comprendre un oxyde ou un hydroxyde précité, seul ou en mélange.
- [0133] Dans un mode de réalisation préféré, le composé basique peut être choisi parmi LiOH, NaOH, CsOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, KOH, K<sub>2</sub>O, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, MgO, Mg(OH)<sub>2</sub>, EtONa, MeONa, NH<sub>4</sub>OH, TEAOH, TBuOH, TMAOH, et leurs mélanges. Un composé basique préféré peut être choisi parmi NaOH, KOH et leurs mélanges, de préférence en solution dans l'eau.
- [0134] Le solvant utilisé pour solubiliser le composé basique peut être l'eau, un alcool, par exemple le méthanol ou l'éthanol, ou tout autre solvant organique permettant de solubiliser le composé basique choisi, de préférence l'eau.
- [0135] Lorsque le composé basique est solubilisé dans un solvant, l'homme du métier choisira alors une quantité de solvant suffisante pour le dissoudre/solubiliser, de préférence une quantité de solvant la plus faible possible.
- [0136] Avantagusement, le composé basique ajouté à l'étape (c) est en solution dans l'eau

ou dans un solvant, et la teneur en composé basique de l'eau ou du solvant est de 0,1 à 50% en masse, de préférence de 25% à 50% en masse davantage de préférence de 40 à 50% en masse, de manière encore plus préférée l'eau ou le solvant est saturé en composé basique.

- [0137] Le ratio en volume du solvant contenant le composé basique / premier effluent, i.e. le ratio en volume du mélange (composé basique + solvant)/ premier effluent, pourra être de 0,1/99,9 à 80/20, de 1/99 à 80/20, de 1/99 à 70/30, de 1/99 à 65/35, de 1/99 à 60/40, de 1/99 à 50/50, ou encore dans tout intervalle défini par deux quelconques des bornes précitées. Une solution, notamment une solution aqueuse, saturée en composé basique pourra être utilisée.
- [0138] Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, le premier effluent peut avantageusement être mis en contact avec :
- 0,1 à 15% en masse d'un composé basique, comprenant avantageusement un cation de métal alcalin ou alcalino-terreux, et de préférence en présence d'eau, de préférence avec 0,5 à 15% en masse d'un composé basique, davantage de préférence avec 1 à 10% en masse d'un composé basique (pourcentages massiques de composé basique par rapport à la phase organique), et/ou
  - avec de l'eau contenant de 15 à 50% en masse de composé basique, de préférence de 25% à 50% en masse, davantage de préférence de 40 à 50% en masse (pourcentages massiques de composé basique par rapport à l'eau), de manière encore plus préférée avec de l'eau saturée en composé basique.
- [0139] Une base forte préférée peut être choisie parmi LiOH, NaOH, CsOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, KOH, K<sub>2</sub>O, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, MgO, Mg(OH)<sub>2</sub>, TMAOH, TEAOH, TBuOH, EtONa, MeONa et leurs mélanges. Une base forte davantage préférée peut être choisie parmi NaOH, KOH et leurs mélanges, notamment pour la mise en œuvre du mode de réalisation particulièrement préféré.
- [0140] Le traitement basique de l'étape (c) peut être mis en œuvre dans tout dispositif permettant une mise en contact du composé basique et de l'effluent. Il peut s'agir d'un réacteur, de préférence équipé d'un dispositif de mélange.
- [0141] L'étape (c) peut en outre être mise en œuvre dans des conditions de régime turbulent ou dans des conditions de cavitation, notamment de cavitation hydrodynamique, afin d'améliorer le mélange tout en réduisant le temps de mise en contact.
- [0142] Le régime turbulent est obtenu lorsque l'écoulement présente un nombre de Reynolds d'au moins 2000, de préférence d'au moins 3000, davantage de préférence d'au moins 4000, voire d'au moins 10000. Le régime turbulent peut avantageusement être atteint en utilisant au moins un mélangeur statique. C'est-à-dire que la composition et le milieu aqueux sont introduits dans au moins un tube équipé d'au moins un élément interne apte à générer le régime turbulent présentant un nombre de

Reynolds d'au moins 2000.

[0143] La cavitation hydrodynamique se produit dans tous les systèmes hydrauliques dans lesquels des différences de pression considérables se produisent, comme les turbines, les pompes et les buses à haute pression. Les conditions efficaces pour générer des caractéristiques de cavitation dépendent des propriétés de l'écoulement du fluide, de la conception du dispositif de cavitation, de la vitesse d'écoulement, par exemple obtenue par une pompe, de la température de l'écoulement du fluide et peuvent être facilement déterminées par l'homme du métier. Un dispositif de cavitation hydrodynamique approprié peut présenter une section d'étranglement (constriction) formée par une plaque ayant un ou plusieurs orifices, un tube de venturi, un système rotor-stator, ou un sifflet à liquide. Au lieu d'une section de constriction, une diode vortex présentant un orifice d'entrée tangentiel et un orifice de sortie axial peut également être utilisée pour générer les bulles de cavitation. Des exemples de technologies utilisables incluent des générateurs de cavitation hydrodynamique de type vortex, tel que le générateur VoDca® de la société Water Knight aux Pays-Bas, un homogénéisateur haute pression, par exemples les homogénéisateurs haute pression Sonolator®, les équipements rotatifs de type rotor-stator, par ex. le Rotocav® de la société Cavimax au Royaume-Uni.

[0144] En sortie de l'étape (c), la composition contenue dans le deuxième effluent est ainsi modifiée car les impuretés (les composés contenant des hétéroatomes) ont été modifiées par le traitement basique, facilitant leur élimination ultérieure par lavage et/ou séparation.

#### **Description détaillée de l'étape (d)**

[0145] Lors de l'étape (d), le deuxième effluent sortant de l'étape (c) peut être soumis à au moins une étape choisie parmi (d1) un lavage avec de l'eau ou un solvant non miscible avec le deuxième effluent, et notamment avec la composition modifiée, (d2) une séparation par (i) filtration, (ii) centrifugation, (iii) hydrocyclone, (iv) décantation, (v) distillation ou (iv) une combinaison de deux ou plusieurs de ces étapes. Cette étape (d) permet de récupérer un troisième effluent purifié présentant une teneur réduite en hétéroatomes, notamment en chlore et en silicium, et une phase (solide ou liquide) contenant le composé basique, et typiquement des hétéroatomes initialement contenus dans le deuxième effluent. Cette étape permet ainsi d'éliminer les impuretés présentes dans le deuxième effluent.

[0146] Notamment, en sortie de l'étape (d), la teneur en azote, oxygène, chlore et silicium peut être réduite au moins 50%, voire d'au moins 60%, le plus souvent d'au moins 70% ou 80%. La teneur globale en hétéroatomes peut être réduite d'au moins 30% voire d'au moins 40%.

[0147] Le choix des étapes (d1) et (d2) dépend notamment de la nature du composé basique

et de l'objectif de purification recherché.

[0148] Une étape (d2) de séparation des solides peut ainsi être particulièrement avantageuse avant une autre étape (d2) de séparation liquide-solide car elle peut permettre de faciliter la séparation des phases en éliminant tout ou partie des solides présents dans l'effluent issu de l'étape (c).

[0149] On pourra par exemple distinguer les cas (A), (B) et (C) ci-dessous, d'autres combinaisons étant néanmoins envisageables selon l'objectif recherché :

[0150] (A) lors de l'étape (c) le composé basique est ajouté au premier effluent sous la forme d'un composé basique solide, l'étape (d) peut alors comprendre :

[0151] (A1) l'étape (d1) de lavage qui permet de récupérer une phase liquide formant le troisième effluent et une phase contenant le composé basique, les impuretés, et l'eau ou le solvant utilisé pour le lavage, ou

[0152] (A2) l'étape (d2) de séparation, typiquement une extraction solide-liquide, qui permet de séparer une phase solide comprenant le composé basique et les impuretés ayant précipité et une phase liquide formant le troisième effluent, ou

[0153] (A3) l'étape de séparation (d2) peut être suivie d'une étape de lavage (d1) de la phase liquide récupérée en sortie de l'étape (d2),

[0154] (B) lors de l'étape (c) le composé basique est ajouté au premier effluent solubilisé dans un solvant miscible avec le premier effluent, l'étape (d) peut alors comprendre l'étape (d1) de lavage qui permet de récupérer une phase formant le troisième effluent et une phase contenant le solvant miscible, le composé basique solubilisé, les impuretés, et l'eau ou le solvant non miscible utilisé pour le lavage ;

[0155] (C) lors de l'étape (c) le composé basique est ajouté au premier effluent solubilisé dans un milieu aqueux ou dans un solvant non miscible avec le premier effluent, l'étape (d) peut alors comprendre :

[0156] (C1) l'étape (d1) de lavage qui permet de récupérer une phase formant le troisième effluent et une phase contenant le composé basique, les impuretés, l'eau ou le solvant utilisé pour le lavage et le milieu aqueux ou le solvant non miscible utilisé pour ajouter le composé basique, ou

[0157] (C2) l'étape (d2) de séparation, typiquement une séparation liquide-liquide, qui permet de séparer la phase formant le troisième effluent et une phase contenant l'eau ou le solvant non miscible, le composé basique et les impuretés, ou

[0158] (C3) l'étape de séparation (d2) décrite ci-dessus suivie d'une étape de lavage (d1) de la phase formant le troisième effluent récupérée en sortie de l'étape (d2).

[0159] Dans les cas (A2), (A3), (C2) et (C3), on pourra avantageusement récupérer la phase contenant le composé basique récupérée en sortie de l'étape de séparation (d2) et la renvoyer en totalité ou en partie dans l'étape (c) de traitement basique. Ceci permet de réduire les quantités de composé basique à utiliser et de réduire ainsi les coûts liés.

- [0160] Selon sa teneur en oléfines et/ou hétéroatomes, le troisième effluent sortant de l'étape (d) peut former une composition purifiée pouvant ensuite être envoyée à d'autres traitements ultérieurs ou utilisée telle quelle. C'est notamment le cas lorsque les teneurs en oléfines et/ou en hétéroatome du troisième effluent sont inférieures à des valeurs cibles, correspondant par exemple à des valeurs maximales requises pour des traitements ou des utilisations ultérieures.
- [0161] Ainsi, en sortie de l'étape (d), la concentration en oléfines, mesurée par l'indice de brome dans le troisième effluent, peut être d'au plus 5,0, de préférence d'au plus 2,0 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence d'au plus 1,5 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence encore d'au plus 0,5 gBr<sub>2</sub>/100g, mesurée selon la norme ASTM D1159.
- [0162] En combinaison ou alternativement, en sortie de l'étape (d), la teneur en hétéroatomes dans le troisième effluent peut être inférieure à 5 ppm voire inférieure à 3 ppm.

### **Description détaillée de l'étape (d1) de lavage**

- [0163] L'étape de lavage (d1) est réalisée avec de l'eau à pH neutre, basique ou acide ou avec un solvant non miscible avec l'effluent. L'étape de lavage (d1) permet de récupérer une phase contenant le deuxième effluent purifié et formant le troisième effluent, et une phase contenant l'eau ou le solvant non miscible utilisé pour le lavage, le composé basique et les impuretés. Dit autrement, en sortie de l'étape de lavage, ces phases sont récupérées séparément, par exemple suite à une séparation liquide/ liquide (centrifugation et/ou décantation et/ou autre) réalisée en fin de l'étape de lavage.
- [0164] Cette étape (d1) permet d'éliminer les impuretés contenant des hétéroatomes présentes dans le deuxième effluent sortant de l'étape (c) en les solubilisant dans un solvant (l'eau ou un solvant organique).
- [0165] Cette étape de lavage (d1) peut également permettre de séparer le composé basique du deuxième effluent purifié. L'étape de lavage (d1) est ainsi particulièrement avantageuse lorsque le composé basique utilisé lors de l'étape (c) est ajouté à au premier effluent sous forme solide ou solubilisé dans un solvant miscible avec l'effluent à traiter, mais peut également être mise en œuvre lorsque le composé basique est solide ou en solution dans un solvant (eau ou solvant organique) non miscible avec l'effluent à traiter.
- [0166] Lorsque le composé basique utilisé lors de l'étape (c) est solide ou solubilisé dans de l'eau ou un solvant non miscible avec l'effluent à traiter, cette étape de lavage (d1) peut être omise ou effectuée après l'étape de séparation (d2), tel qu'expliqué plus bas.
- [0167] Selon l'objectif recherché, l'étape (d1) pourra être précédée et/ou suivie d'une ou plusieurs étapes de séparation (d2).
- [0168] L'eau utilisée lors de l'étape (d1) peut présenter un pH acide (pH<7), basique (pH >7) ou neutre (pH=7).

- [0169] Dans un mode de réalisation, l'eau utilisée présente un pH acide ou neutre. En particulier, l'eau utilisée ne contient pas de composé basique et notamment ne contient pas de composé basique comprenant un cation de métal alcalin ou de métal alcalino-terreux.
- [0170] Un pH acide peut être obtenu par addition d'un ou plusieurs acides organiques ou inorganiques. Des exemples sont cités en référence au lavage (ii) de l'étape optionnelle de pré-traitement. De préférence, l'eau peut présenter un pH de 0,1 à 6,9.
- [0171] Un pH basique peut être obtenu par addition d'un ou plusieurs composés basiques, par exemple ceux précités en référence au lavage (ii) ou ceux utilisés à l'étape c). De préférence, l'eau peut présenter un pH de 7,1 à 14.
- [0172] Le solvant non miscible peut être tout solvant organique non miscible avec l'effluent à traiter, notamment dans lesquels les impuretés contenant des hétéroatomes sont solubles. Un solvant non miscible utilisable est par exemple un solvant polaire, notamment ceux décrits dans l'étape optionnelle de pré-traitement.
- [0173] Dans un mode de réalisation, l'étape (d1) peut être réalisée à une température de 10°C à 120°C, de préférence de 15°C à 95°C, d'avantage de préférence de 15°C à 80°C, ou encore dans tout intervalle défini par deux quelconques de ces limites, avantageusement sans chauffage externe. L'étape (d1) peut toutefois avantageusement être mise en œuvre à une température plus élevée, par exemple à la température de l'effluent sortant de l'étape (c) ou de l'étape précédant l'étape (d1).
- [0174] L'étape (d1) est typiquement mise en œuvre à la pression atmosphérique ou à une pression proche de la pression à laquelle est mise en œuvre l'étape (c) ou l'étape précédant l'étape (d1).
- [0175] L'étape (d1) peut être mise en œuvre sur l'effluent directement issu de l'étape (c), sans étape intermédiaire, ou sur l'effluent sortant de l'étape (d2). Lorsqu'elle suit l'étape (d2), l'étape (d1) de lavage permet alors d'éliminer tout résidu du composé basique et/ou d'impuretés contenant des hétéroatomes, encore présent dans l'effluent sortant de l'étape (d2), ce qui peut permettre d'obtenir une composition purifiée présentant notamment une teneur en métal alcalin ou alcalino-terreux inférieure ou égale à 2ppm (en masse).
- [0176] Lors de l'étape (d1), le ratio en volume solvant ou eau / effluent peut être de 1/99 à 90/10, de 20/80 à 80/20, de 30/70 à 70/30, de 35/65 à 65/35, de 35/65 à 60/40, de 40/60 à 60/40, ou encore dans tout intervalle défini par deux quelconques des bornes précitées.
- [0177] L'étape (d1) peut comprendre, ou consister en, la mise en contact de l'effluent issu de l'étape (c) ou (d2) avec de l'eau ou un solvant non miscible par tout moyen connu dans l'art antérieur.
- [0178] Par exemple, l'effluent issu de l'étape (c) ou (d2) et le solvant ou l'eau peuvent être

introduits dans des cuves, des réacteurs ou des mélangeurs couramment utilisés dans la profession et les deux composants peuvent être mélangés. La mise en contact peut comprendre une agitation vigoureuse des deux composants par un dispositif de mélange. Par exemple, les deux composants peuvent être mélangés ensemble par agitation ou par secouage. Alternativement, la mise en contact peut être réalisée dans une enceinte dans laquelle les deux composants circulent à contre-courant, par exemple dans des colonnes de contact avec un garnissage adéquat afin d'augmenter le contact entre la phase de la composition traitée et l'eau ou un solvant non miscible. Alternativement, la mise en contact peut être réalisée dans un mélangeur statique en mode co-courant ou dans une section de cavitation. Cette mise en contact peut se produire plus d'une fois, notamment dans les conditions présentées ci-dessus.

[0179] L'étape de lavage (d1) peut être mise en œuvre en continu ou en batch.

[0180] Description détaillée de l'étape (d2) de séparation

[0181] L'étape de séparation (d2) permet également de séparer le deuxième effluent purifié pour obtenir une phase formant le troisième effluent présentant une teneur réduite en hétéroatomes, et une phase contenant le composé basique et les impuretés. Il peut s'agir d'une séparation liquide/liquide ou d'une séparation solide/liquide. Elle peut avantageusement s'effectuer par (i) filtration, (ii) centrifugation, (iii) hydrocyclone, (iv) décantation, (v) distillation, notamment distillation atmosphérique ou sous pression, ou (iv) par la combinaison d'au moins deux de ces étapes.

[0182] L'étape (d2) peut être mise en œuvre directement sur l'effluent de l'étape (c). Dans ce cas, elle permet de séparer l'effluent du composé basique, en particulier lorsque ce dernier a été ajouté sous forme solide ou dans un solvant non miscible avec l'effluent (eau ou solvant organique non miscible). Cette étape (d2) sépare alors une phase formant le troisième effluent et une phase contenant le composé basique et les impuretés, et, le cas échéant, l'eau ou le solvant non miscible avec l'effluent. Cette phase contenant le composé basique peut alors être renvoyée dans l'étape (c) pour réutiliser le composé basique. Ceci permet de réduire la quantité de composé basique totale consommée à l'étape (c).

[0183] Préalablement à l'étape (d2), l'effluent contenant la composition modifiée sortant de l'étape (c) peut être traité dans au moins un coalesceur mécanique ou électrostatique afin de casser l'éventuelle émulsion et de concentrer le composé basique dans le solvant ou l'eau.

[0184] Dans un mode de réalisation, l'étape (d2) peut être réalisée à une température de 10°C à 120°C, de préférence de 15°C à 95°C, d'avantage de préférence de 15°C à 80°C, ou encore dans tout intervalle défini par deux quelconques de ces limites, avantageusement sans chauffage externe. L'étape (d2) peut toutefois avantageusement être mise en œuvre à une température plus élevée, par exemple à la température de

l'effluent sortant de l'étape (c) ou de l'étape précédant l'étape (d2).

- [0185] L'étape (d2) est typiquement mise en œuvre à la pression atmosphérique ou à une pression proche de la pression à laquelle est mise en œuvre l'étape (c) ou l'étape précédant l'étape (d2).

### **Étape optionnelle (e) de piégeage**

- [0186] L'effluent issu de l'étape (d) peut être purifié par passage sur un adsorbant solide afin de diminuer la teneur en au moins un élément parmi F, Cl, Br, I, O, N, S, Se, Si, P, As, Fe, Ca, Na, K, Mg et Hg et/ou la teneur en eau.
- [0187] Typiquement, le troisième effluent peut être mis en contact avec du gel de silice, des argiles, de l'oxyde de métal alcalin ou alcalino-terreux, de l'oxyde de fer, des résines échangeuses d'ions, du charbon actif, de l'oxyde d'aluminium actif, des tamis moléculaires, de l'oxyde alcalin et/ou des supports poreux contenant de l'hydroxyde double lamellaire modifié ou non et du gel de silice, ou tout mélange de ceux-ci pour piéger le silicium et/ou les métaux et/ou le phosphore et/ou les halogénates.
- [0188] L'adsorbant peut être opéré en mode régénératif ou non régénératif, à une température inférieure à 400°C, de préférence inférieure à 100°C, plus préférentiellement inférieure à 60°C, choisi parmi : (i) un gel de silice, (ii) une argile, (iii) une argile pilée, (iv) de l'apatite, (v) de l'hydroxyapatite et leurs combinaisons, (vi) une alumine par exemple une alumine obtenue par précipitation de boehmite, une alumine calcinée telle que Ceralox ® de Sasol, (vii) de la boehmite, (viii) de la bayerite, (ix) de l'hydrotalcite, (x) un spinelle tel que Pural ® ou Puralox de Sasol, (xi) une alumine promue, par exemple Selexsorb ® de BASF, une alumine promue acide, une alumine promue par une zéolithe et/ou par un métal tel que Ni, Co, Mo ou une combinaison d'au moins deux d'entre eux, (xii) une argile traitée par un acide telle que Tonsil ® de Clariant, (xiii) un tamis moléculaire sous la forme d'un aluminosilicate contenant un cation alcalin ou alcalino-terreux par exemple les tamis 3A, 4A, 5A, 13X, par exemple commercialisés sous la marque Siliporite ® de Ceca, (xiv) une zéolithe, (xv) un charbon actif, ou la combinaison d'au moins deux adsorbants, l'adsorbant ou les au moins deux adsorbants retenant au moins 20% en poids, de préférence au moins 50% en poids d'au moins un élément parmi F, Cl, Br, I, O, N, S, Se, Si, P, As, Fe, Ca, Na, K, Mg et Hg et/ou de l'eau.
- [0189] Selon un mode de réalisation préféré, l'adsorbant est régénérable, a une surface spécifique d'au moins 200 m<sup>2</sup>/g et est opéré, par exemple dans un réacteur à lit fixe, à une température inférieure à 100°C et/ou une VVH de 0,1 à 10 h<sup>-1</sup> et/ou à une pression comprise de 1 à 90 bar en présence de H<sub>2</sub> ou en l'absence de H<sub>2</sub>.

### **Deuxième étape optionnelle d'hydrotraitement**

- [0190] Cette deuxième étape d'hydrotraitement optionnelle est typiquement mise en œuvre

lorsque les teneurs en oléfines et/ou en hétéroatome du troisième effluent sont supérieures à des valeurs cibles, correspondant par exemple à des valeurs maximales requises pour des traitements ou des utilisations ultérieures.

- [0191] Cette deuxième étape d'hydrotraitement (f) consiste en une étape à une température d'au moins 200°C, en présence de dihydrogène et d'au moins un catalyseur d'hydrotraitement. Typiquement, on utilisera un catalyseur connu pour hydrogéner les oléfines et convertir les composants de soufre et d'azote en H<sub>2</sub>S et NH<sub>3</sub> respectivement. En fonction de la composition du troisième effluent entrant dans cette deuxième étape d'hydrotraitement, celle-ci peut être réalisée en phase gazeuse où le réacteur fonctionne en mode "trickle bed".
- [0192] Cette étape peut également avoir une fonction de piège à métaux, une fonction de craquage, une fonction de désaromatation en fonction des caractéristiques du catalyseur et des conditions de fonctionnement utilisées. Cette étape peut être réalisée dans un seul réacteur avec différentes couches de catalyseurs ou dans plusieurs réacteurs en série selon la fonction recherchée.
- [0193] Optionnellement, le troisième effluent peut être dilué avant d'être envoyé dans cette deuxième étape d'hydrotraitement. La nature et/ou les proportions de diluent envisageables sont par exemple tel que décrit plus haut en référence à la composition. Le diluent peut éventuellement être séparé en sortie de la deuxième étape d'hydrotraitement.
- [0194] Au cours de cette deuxième étape, le troisième effluent est hydrotraité, à une température de de 200 à 500 °C, de préférence de 200 à 450 °C, encore de préférence de 250 à 340 °C.
- [0195] Typiquement, la température d'entrée peut être d'au moins 200 °C, de préférence d'au moins 230 °C, plus préférentiellement d'au moins 250 °C et au maximum 500 °C.
- [0196] Cette étape est typiquement mise en œuvre à une pression absolue de 10 à 160 bar, de préférence de 10 à 100 bar et/ou un rapport H<sub>2</sub>/hydrocarbures est de 200 NL/L à 900 NL/L.
- [0197] Les conditions opératoires préférées sont avantageusement les suivantes : la température d'entrée préférée est d'au moins 200°C et d'au plus 500°C ; une VVH préférée est de 1 à 10h<sup>-1</sup>, de préférence 2 à 4h<sup>-1</sup> ; la pression préférée est de 10 à 90 bar absolus en présence de H<sub>2</sub> ; le rapport H<sub>2</sub>/hydrocarbure est de 200 NL/L à 900 NL/L, de préférence en présence d'au moins 0,005 % en poids, de préférence 0,05 % en poids, de préférence encore 0,5 % en poids de soufre, de préférence de H<sub>2</sub>S ou de composés organiques de soufre, dans le flux.
- [0198] Au cours de cette deuxième étape, le troisième effluent peut traverser un ou plusieurs lits catalytiques, avec, de préférence une augmentation globale de la température d'au plus 100°C, et/ou une augmentation de la température d'au plus 50°C sur chaque lit ca-

talytique. Avantageusement, on pourra prévoir une trempe intermédiaire entre les lits catalytiques, cette trempe étant, de préférence, réalisée avec du H<sub>2</sub> ou avec la composition purifiée récupérée à l'étape f).

- [0199] Cette deuxième étape peut être réalisée dans un réacteur à lit fixe, de préférence en présence d'au moins un catalyseur, typiquement un catalyseur d'hydrogénation.
- [0200] Il peut s'agir d'un catalyseur comprenant une fonction hydrogénante, à savoir au moins un métal du groupe 6 comme par exemple Mo, W, en combinaison ou non avec un promoteur choisi parmi au moins un métal des groupes 8-10 comme par exemple Ni et/ou Co, et/ou un mélange de ceux-ci, ces métaux étant de préférence utilisés sous forme sulfurée et supportés sur alumine, titane, zircone, silice, carbone et/ou des mélanges de ceux-ci.
- [0201] Le catalyseur peut également présenter une fonction de piège et présenter à cet effet une surface BET de 150 m<sup>2</sup>/g à 400 m<sup>2</sup>/g.
- [0202] A titre d'exemple on pourra utiliser un catalyseur de type NiMo (0.1-60 % en poids) et/ou CoMo (0.1-60 % en poids).
- [0203] On pourra en outre prévoir des réacteurs de garde pour éliminer le chlore, les métaux et le silicium éventuellement encore présents.
- [0204] Ainsi, on pourra prévoir un piège à silicium à l'entrée de la deuxième étape d'hydrotraitement, qui peut être dans un réacteur distinct ou former le lit supérieur d'un réacteur. Ce piège peut fonctionner à une température d'au moins 200°C, et/ou à une VVH de 1 à 10h<sup>-1</sup>, et/ou à une pression absolue de 10 à 160 bar en présence de H<sub>2</sub> ; éventuellement avec un piège à métal travaillant à une température d'au moins 200°C, à une VVH comprise entre 1 et 10h<sup>-1</sup>, à une pression absolue de 10 à 90 bar en présence de H<sub>2</sub>. Le traitement basique de l'étape (c) permet notamment de diminuer la taille du piège à silicium lorsqu'il est présent.
- [0205] En fonction des métaux présents dans l'huile de liquéfaction à hydrotraiter, un catalyseur d'hydrodémétallation, par exemple commercial, peut être ajouté sur le lit supérieur de la section d'hydrotraitement afin de protéger de la désactivation les lits catalytiques inférieurs.
- [0206] La charge pour l'hydrotraitement peut être avantageusement chauffée par un échangeur de chaleur qui est alimenté par l'effluent de l'hydrotraitement.
- [0207] De préférence, la charge pour l'hydrotraitement peut être diluée avec une partie de l'effluent de l'hydrotraitement, ayant encore une température plus élevée que la température voulue à l'entrée de l'hydrotraitement. Ce recyclage au moins partiel de l'effluent de l'hydrotraitement permet de diluer les insaturés présents dans la composition purifiée et de préchauffer la charge.
- [0208] De préférence, la partie de l'effluent de l'hydrotraitement qui n'est pas recyclée mais encore à une température élevée, peut échanger sa chaleur sensible avec l'effluent

avant l'hydrotraitement de ce dernier et assurer ainsi sa préchauffe.

[0209] En sortie de cette deuxième étape d'hydrotraitement, la concentration en oléfines, mesurée par l'indice de brome dans le quatrième effluent, peut être d'au plus 5,0, de préférence d'au plus 2,0 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence d'au plus 1,5 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence encore d'au plus 0,5 gBr<sub>2</sub>/100g, mesurée selon la norme ASTM D1159.

[0210] En combinaison ou alternativement, en sortie de la deuxième étape d'hydrotraitement, la teneur en hétéroatomes dans le quatrième effluent peut être inférieure à 5 ppm voire inférieure à 3 ppm.

### **Etape optionnelle de lavage**

[0211] L'effluent sortant de la deuxième étape d'hydrotraitement, à savoir le quatrième effluent, peut être lavé pour éliminer les composés inorganiques tels que les composés soufrés et chlorés et azoté avant d'être soumis à des traitements ultérieurs.

[0212] Notamment, l'élimination des composés inorganiques peut être réalisée par lavage à l'eau en sortie du réacteur d'hydrotraitement et/ou plus en aval par un lavage aux amines. Typiquement, en sortie de la deuxième étape d'hydrotraitement, l'effluent, généralement récupéré par condensation, peut être lavé à l'eau pour éliminer les sels de la phase liquide (tels que NH<sub>4</sub>HS, NH<sub>4</sub>Cl, ...), puis soumis à une distillation flash afin de séparer une phase liquide et une phase gazeuse plus légère (contenant par exemple du fuel gaz, du GPL, ... ainsi que H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> et HCL). Un lavage aux amines de la phase gazeuse permet d'éliminer H<sub>2</sub>S des autres gaz. La phase liquide de la distillation flash et la phase gazeuse après lavage aux amines peuvent alors être ensuite utilisées en tant que composition purifiée et être séparés en flux utilisables et/ou traités comme décrit ci-après.

### **Utilisation de la composition purifiée**

[0213] La composition purifiée sortant de l'étape (d), optionnellement davantage purifiée par passage sur un adsorbant solide, ou la composition purifiée sortant de l'étape (f) optionnellement lavée, peut être fractionnée en des flux utilisables dont les points de coupe sont typiquement choisis en fonction du traitement ultérieur. Ce fractionnement est réalisé selon des plages de température de distillation, par exemple pour séparer des flux de type GPL, essence, diesel, fuel lourd, kérosène, lesquels peuvent ensuite être traités dans un vapocraqueur et/ou dans un craqueur catalytique et/ou dans un hydrocraqueur (puis éventuellement dans un vapocraqueur) et/ou dans un réacteur d'hydrotraitement et/ou utilisés tels quels pour la préparation de carburants, combustibles, lubrifiants ou huiles de base. L'homme du métier sait sélectionner les coupes les plus adaptées aux unités de traitement ultérieures en fonction de l'objectif recherché.

[0214] La composition purifiée sortant de l'étape (d) optionnellement davantage purifiée par

passage sur un adsorbant solide, ou la composition purifiée sortant de l'étape (f) optionnellement lavée peut également être utilisée diluée, par exemple mélangée à du naphta, du gasoil ou du pétrole brut afin d'obtenir une concentration d'huile de liquéfaction de plastique purifiée allant de 0,01 % en poids à 50 % en poids au maximum ; de préférence de 0,1 % en poids à 25 % en poids, encore plus préfé-  
rablement de 1 % en poids à 20 % en poids à l'entrée du traitement suivant.

[0215] Description détaillée de l'étape optionnelle de vapocraquage

[0216] L'étape de vapocraquage peut être mise en œuvre sur la composition purifiée sortant de l'étape (d), optionnellement purifiée par passage sur un adsorbant solide, ou sur la composition purifiée sortant de l'étape (f), optionnellement lavée, avec ou sans dilution avec une charge classique de vapocraquage. Préalablement à cette étape de vapocraquage, une étape de séparation par distillation, peut être mise en œuvre en fonction de la technologie des fours de vapocraquage.

[0217] Cette étape de vapocraquage permet de produire des oléfines telles que l'éthylène et le propylène et des aromatiques. L'éthylène et le propylène peuvent alors avantageusement être convertis respectivement en polyéthylène et en polypropylène dans une section de polymérisation.

[0218] L'étape de vapocraquage consiste à craquer thermiquement dans un ou plusieurs fours un mélange de la composition purifiée et de vapeur d'eau à des températures élevées de l'ordre de 650 à 1000°C, de préférence de 700 à 900°C, typiquement de 750 à 850°C, sous de faibles pressions (1 à 3 bars). La réaction de craquage est réalisée en absence d'oxygène. Le temps de réaction est habituellement très court, de l'ordre de quelques centaines de millisecondes. Ces conditions permettent de casser les liaisons carbone-carbone et de produire des hydrocarbures insaturés aux molécules plus petites que la charge introduite dans le(s) réacteur(s). Les effluents sortant du(des) réacteur(s) sont ensuite refroidis rapidement à des températures de 400 à 550°C afin de limiter les réactions secondaires du type polymérisation d'oléfines, diènes et acétylènes. Les effluents refroidis sont enfin fractionnés pour récupérer les oléfines légères en C2-C5, telles que l'éthylène, le propylène, le butadiène, l'isobutène, le *n*-butène et l'isoprène.

[0219] La composition purifiée sortant de l'étape (d), optionnellement davantage purifiée par passage sur un adsorbant solide, ou la composition purifiée sortant de l'étape (f), optionnellement lavée, peut être envoyée au vapocraqueur sans dilution ou peut être mélangée à du naphta, du gasoil ou du pétrole brut afin d'obtenir une concentration d'huile de liquéfaction de plastique purifiée allant de 0,01 % en poids à 50 % en poids au maximum ; de préférence de 0,1 % en poids à 25 % en poids, encore plus préfé-  
rablement de 1 % en poids à 20 % en poids à l'entrée du vapocraqueur. La composition purifiée est ensuite convertie en oléfines, telles que l'éthylène et le propylène, ainsi qu'en aromatiques.

- [0220] Dans un mode de réalisation préféré, la composition purifiée peut être envoyée au moins partiellement directement dans un vapocraqueur sans autre dilution que la vapeur utilisée pour le vapocraquage, et de préférence comme seul flux envoyé au moins partiellement dans le vapocraqueur, pour produire des oléfines, telles que l'éthylène et le propylène, et des aromatiques.
- [0221] Le vapocraqueur est connu en soi dans l'art. La charge d'alimentation du vapocraqueur, en plus du flux obtenu par le procédé inventif, peut être de l'éthane, du gaz de pétrole liquéfié, du naphtha ou des gazoles. Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est essentiellement constitué de propane et de butanes. Les gazoles ont un intervalle d'ébullition d'environ 200 à 350°C, et sont constitués d'hydrocarbures en C10 à C22, y compris les paraffines essentiellement linéaires et ramifiées, les paraffines cycliques et les aromatiques (y compris les mono-, naphtho- et poly-aromatiques).
- [0222] En particulier, les produits de craquage obtenus à la sortie du vapocraqueur peuvent comprendre l'éthylène, le propylène et le benzène, et éventuellement l'hydrogène, le toluène, les xylènes et le 1,3-butadiène.
- [0223] Dans un mode de réalisation préféré, la température de sortie du vapocraqueur peut être comprise entre 800 et 1200°C, de préférence entre 820 et 1100°C, plus préférablement entre 830 et 950°C, plus préférablement entre 840 et 920°C. La température de sortie peut influencer la teneur en produits chimiques de haute valeur dans les produits de craquage obtenus par le présent procédé.
- [0224] Dans un mode de réalisation préféré, le temps de séjour dans le vapocraqueur, à travers la section de rayonnement du réacteur où la température est comprise entre 650 et 1200°C, peut être compris entre 0,005 et 0,5 seconde, de préférence entre 0,01 et 0,4 seconde.
- [0225] Dans un mode de réalisation préféré, le vapocraquage est effectué en présence de vapeur d'eau dans un rapport de 0,1 à 1,0 kg de vapeur par kg de charge d'hydrocarbures, de préférence de 0,25 à 0,7 kg de vapeur par kg de charge d'hydrocarbures dans le vapocraqueur, de préférence dans un rapport de 0,35 kg de vapeur par kg de mélange de charges, pour obtenir des produits de craquage tels que définis ci-dessus.
- [0226] Dans un mode de réalisation préféré, la pression de sortie du réacteur peut être comprise entre 500 et 1500 mbar, de préférence entre 700 et 1000 mbar, plus préférablement peut être d'environ 850 mbar. Le temps de séjour de la charge dans le réacteur et la température doivent être considérés ensemble. Une pression de fonctionnement plus faible permet de faciliter la formation d'oléfines légères et de réduire la formation de coke. La pression la plus basse possible est obtenue (i) en maintenant la pression de sortie du réacteur aussi proche que possible de la pression atmosphérique à l'aspiration du compresseur de gaz de craquage (ii) en réduisant la pression

des hydrocarbures par dilution avec de la vapeur (ce qui a une influence substantielle sur le ralentissement de la formation de coke). Le rapport vapeur/matière première peut être maintenu à un niveau suffisant pour limiter la formation de coke.

- [0227] Dans la mesure où la composition purifiée présente une distribution large en termes de nombre de carbones (ou points d'ébullition), la vaporisation d'une telle charge peut être incomplète à l'entrée des réacteurs à la température où certaines molécules hydrocarbonées commencent à se décomposer. La composition purifiée peut alors être préchauffée jusqu'à une température au moins 10°C en-dessous de la température de décomposition, puis soumise à une séparation des vapeurs hydrocarbonées produites et du liquide hydrocarboné résiduel dans un récipient de flash. Dans ce récipient de flash, le liquide sort par le bas par gravité et les vapeurs hydrocarbonées par le haut. Optionnellement, le liquide hydrocarboné peut être renvoyé vers l'unité de liquéfaction des plastiques ou vers l'étape optionnelle d'hydrocraquage.
- [0228] Description détaillée de l'étape optionnelle d'hydrocraquage
- [0229] Préalablement à l'étape de vapocraquage, le troisième effluent sortant de l'étape (d), optionnellement purifié par passage sur un adsorbant solide, ou l'effluent hydrotraité issu de l'étape (f), optionnellement lavé, peut être soumis à une réaction de craquage afin de réduire la longueur des chaînes carbonées des paraffines présentes dans l'effluent hydrotraité.
- [0230] Typiquement, cette réaction de craquage est une réaction d'hydrocraquage réalisée à une température de 250 à 480°C, une pression partielle d'hydrogène de 1,5 à 25MPa abs. et une vitesse volumique horaire de 0,1 à 10h<sup>-1</sup>.
- [0231] Un catalyseur d'hydrocraquage utilisable comprend par exemple un support choisi parmi les alumines halogénées, les combinaisons d'oxydes de bore et d'aluminium, les silice-alumines amorphes et les zéolithes et une fonction hydro-déshydrogénante comprenant au moins un métal du groupe 6 choisi parmi le chrome, le molybdène et le tungstène, seul ou en mélange, et/ou au moins un métal des groupes 8-10 choisi parmi le fer, le cobalt, le nickel, le ruthénium, le rhodium, le palladium et le platine.
- [0232] Dans un mode de réalisation, l'étape d'hydrocraquage peut être effectuée en ajoutant un lit de catalyseur d'hydrocraquage en aval du dernier lit catalytique de l'hydrotraitement de la section d'hydrotraitement.

### **Description des figures**

- [0233] [Fig.1] La [Fig.1] décrit un mode de réalisation possible de l'invention. Dans ce mode de réalisation possible, La composition d'huile de liquéfaction de plastique (1) est d'abord éventuellement prétraitée dans une section de prétraitement (P) pour y être soumise à un prétraitement (PTT) par (i) une filtration, (ii) un lavage avec de l'eau ou un solvant polaire, (iii) une distillation, (iv) une décantation, ou (v) à la combinaison

de deux, trois ou quatre des étapes (i) à (iv), de préférence un prétraitement consistant uniquement à éliminer les solides. La composition prétraitée (2) est ensuite envoyée à une section d'hydrotraitement (B) pour la mise en œuvre d'une première étape d'hydrotraitement HDT1 correspondant à l'étape (b) de l'invention. Le premier effluent (3) qui sort de cette première section d'hydrotraitement peut ensuite être soumis à une distillation flash afin d'en séparer une partie des gaz dans une section de distillation flash (DF), ou bien être directement envoyé à une section de traitement (C) pour mettre en œuvre l'étape de traitement basique TTbase selon l'étape (c) de l'invention. L'effluent (5) de l'étape TTbase est ensuite envoyé à une section de séparation (D) pour la mise en œuvre de l'étape (d). Cette section (D) peut ainsi comprendre une section de lavage et/ou une section de séparation. Lorsque cette section met en œuvre l'étape (d2), la phase (7) contenant le composé basique peut éventuellement être renvoyée dans la section (C) du traitement basique TTbase. L'effluent (6) sortant de la section de séparation (D) peut ensuite être envoyé à une section optionnelle de purification (E) par traitement sur un adsorbant TTads mettant en œuvre l'étape (e) de la présente invention. L'effluent (8) sortant de la section de séparation (D) ou l'effluent (9) sortant de la section de purification (E) est alors envoyé dans une deuxième section d'hydrotraitement (F) optionnelle pour la mise en œuvre d'une deuxième étape d'hydrotraitement HDT2 correspondant à l'étape (f) de l'invention.

[0234] L'effluent (9) sortant de la deuxième section d'hydrotraitement (F), éventuellement après fractionnement et/ou dilution, peut être utilisé tel quel ou envoyé à une ou plusieurs des sections optionnelles suivantes : une section optionnelle d'hydrotraitement (S-HDT), une section optionnelle de traitement (S-VAPO) dans un vapocraqueur, une section optionnelle de traitement (S-HC) dans un hydrocraqueur, une section optionnelle de traitement (S-FCC) dans un craqueur catalytique en lit fluidisé, une section optionnelle de préparation (S-Pool) d'un carburant ou d'un combustible ou d'un lubrifiant ou d'une huile de base. De préférence, l'effluent (9) sortant de la section (F) d'hydrotraitement est ensuite vapocraqué pour obtenir des oléfines qui peuvent être ensuite polymérisées. De préférence, l'effluent (9) sortant de la section d'hydrocraquage (S-HC) est ensuite vapocraqué pour obtenir des oléfines qui peuvent être ensuite polymérisées.

[0235] Alternativement ou en combinaison, l'effluent (8) sortant de la section de purification (E), éventuellement après fractionnement et/ou dilution, pourrait être utilisé tel quel ou envoyé à une ou plusieurs des sections optionnelles S-Pool, S-HDT, S-HC, S-Vapo, S-FCC, tel que représenté [Fig.1].

[0236] Alternativement ou en combinaison, l'effluent (6) sortant de la section de séparation (D), éventuellement après fractionnement et/ou dilution, pourrait être utilisé tel quel ou

envoyé à une ou plusieurs des sections optionnelles S-Pool, S-HDT, S-HC, S-Vapo, S-FCC, tel que représenté [Fig.1].

## Revendications

[Revendication 1]

Procédé de purification d'une composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique comprenant les étapes suivantes :

- (a) fournir une composition comprenant une huile de liquéfaction de plastique, ladite composition contenant au moins 20 ppm en masse d'hétéroatomes, un indice de diène d'au moins 0,5 g I<sub>2</sub>/100g mesuré selon la norme UOP326 et un indice de brome d'au moins 5 g Br<sub>2</sub>/100 g mesuré selon ASTM D1159,
- (b) soumettre la composition de l'étape (a) à une première étape d'hydrotraitement pour obtenir un premier effluent, la première étape d'hydrotraitement étant réalisée à une température d'au plus 250°C en présence de dihydrogène et d'au moins un catalyseur d'hydrotraitement,
- (c) mettre en contact le premier effluent avec un composé basique à une température d'au plus 350°C pour obtenir un deuxième effluent,
- (d) soumettre le deuxième effluent à au moins une étape choisie parmi (d1) un lavage avec de l'eau ou un solvant non miscible avec le deuxième effluent, (d2) une séparation par (i) filtration, (ii) centrifugation, (iii) hydrocyclone, (iv) décantation, (v) distillation ou (vi) une combinaison de deux ou plusieurs de ces étapes, et obtenir un troisième effluent et une phase contenant le composé basique,
- (f) optionnellement soumettre le troisième effluent à une deuxième étape d'hydrotraitement pour obtenir un quatrième effluent, la deuxième étape d'hydrotraitement étant réalisée à une température d'au moins 200°C en présence de dihydrogène et d'au moins un catalyseur d'hydrotraitement.

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite composition fournie à l'étape (a) comprend au moins une des caractéristiques suivantes :

- ladite composition contient au moins 10 % en poids d'huile de liquéfaction de plastique, l'autre partie de ladite composition étant un diluant ou ladite composition contient uniquement de l'huile de liquéfaction de plastique,
- ladite huile de liquéfaction de plastique dans ladite composition a un point d'ébullition initial d'au moins 15°C et un point d'ébullition final d'au plus 700°C, de préférence d'au plus 600°C, de préférence encore de 560°C, de préférence de 450°C, de préférence encore de 350°C, de préférence de 250°C,
- ladite huile de liquéfaction de plastique a un indice de diène d'au plus

50 gI<sub>2</sub>/100 g, de préférence d'au plus 25 gI<sub>2</sub>/100 g, de préférence encore d'au plus 10 gI<sub>2</sub>/100 g, mesuré selon la norme UOP 326,

- ladite huile de liquéfaction de plastique contient plus de 2 ppm en poids de métaux,

- ladite huile de liquéfaction de plastique contient au moins 5 ppm en poids de Si, de préférence au plus 5000 ppm en poids de Si, et/ou au moins 1 ppm en poids de Si, de préférence au plus 5000 ppm en poids de Si, et/ou au moins 1 ppm en poids de Si, de préférence au plus 1000 ppm en poids de Si, et/ou au moins 1 ppm en poids de Cl, de préférence au plus 5000 ppm en poids, et/ou au moins 1 ppm en poids de P, de préférence au plus 5000 ppm en poids par rapport au poids total de ladite huile de liquéfaction de plastique.

[Revendication 3]

Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'étape (b) comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- préalablement à l'étape (b), la composition fournie à l'étape (a) est soumise à (i) une filtration, (ii) un lavage avec de l'eau ou un solvant polaire non miscible avec la composition, (iii) une distillation, (iv) une décantation, (v) un hydrocyclone ou (vi) à la combinaison d'au moins deux étapes (i) à (iv),

- la température d'entrée est de 25 à 250°C, de préférence de 25 à 200°C,

- la pression absolue est de 5 à 90 bar, de préférence de 10-50, davantage de préférence de 25-50 bar en présence de H<sub>2</sub> et/ou le rapport molaire de H<sub>2</sub> à la somme molaire totale des alcynes et des diènes dans ladite composition est d'au moins 1,5, de préférence d'au moins 2, de préférence d'au moins 3, à au plus 15,

- ladite première étape d'hydrotraitement comprend un ou plusieurs lits catalytiques avec, de préférence, une augmentation globale de la température d'au plus 150°C, de préférence d'au plus 100°C, et/ou une augmentation de la température d'au plus 100°C, de préférence d'au plus 50°C pour chaque lit catalytique, avec, de préférence, une trempe intermédiaire entre lesdits lits catalytiques, ladite trempe étant, de préférence, réalisée avec H<sub>2</sub> ou avec le quatrième effluent récupéré à l'étape (f) ;

- cette première étape est réalisée dans un réacteur à lit fixe, de préférence en présence d'au moins un catalyseur comprenant au moins un métal des groupes 8-10, de préférence choisi dans le groupe Pt, Pd, Ni et/ou leur mélange sur un support tel que l'alumine, le titane, la silice,

la zircone, la magnésie, le carbone et/ou leurs mélanges ; de préférence, ce catalyseur est un catalyseur à base de Ni passivé après sa réduction en utilisant de préférence un di-alkyl-sulfure tel que le DiMethylSulfide (DMS) ou le DiMethylDiSulfide (DMDS) ou le DiEthylSulfide (DES), ou des composés thiophéniques ;

- cette première étape est réalisée dans un réacteur à lit fixe, de préférence en présence d'au moins un catalyseur comprenant au moins un métal du groupe 6, comme par exemple Mo, W, en combinaison ou non avec un promoteur choisi parmi au moins un métal des groupes 8-10, comme par exemple Ni et/ou Co, et/ou un mélange de ceux-ci, ces métaux étant utilisés sous forme sulfurée et de préférence supportés sur de l'alumine, du titane, de la zircone, de la silice, du carbone et/ou des mélanges de ceux-ci ;

- le premier effluent a un indice de diène d'au plus 1,5 g I<sub>2</sub>/100 g, de préférence d'au plus 1,0 g I<sub>2</sub>/100 g, de préférence encore d'au plus 0,5 g I<sub>2</sub>/100 g

- dans ladite composition, au moins 10 % en poids, de préférence au moins 15 % en poids, de préférence au moins 25 % en poids, de préférence encore au moins 50 % en poids de ladite composition a un point d'ébullition d'au moins 150°C par rapport au poids total de ladite composition.

[Revendication 4]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'étape (c) comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- préalablement à l'étape (c), le premier effluent est soumis à une distillation flash afin d'éliminer une partie de la phase gazeuse qu'il contient,

- préalablement à l'étape (c) ou au cours de l'étape (c), on ajoute au premier effluent (i) un composé basique solide, (ii) un composé basique préalablement solubilisé dans un milieu aqueux, de préférence l'eau, ou (iii) un composé basique préalablement solubilisé dans un solvant,

- l'étape c) est réalisé en présence de 0,1 à 50%<sub>m</sub> de composé basique par rapport à la masse totale dudit premier effluent,

- le composé basique comprend un oxyde, un hydroxyde, un bicarbonate ou un alcoolate d'un cation de métal alcalin ou d'un cation de métal alcalino-terreux, ou un hydroxyde ou un bicarbonate d'un cation d'ammonium quaternaire, seuls ou en mélange,

- le composé basique est choisi parmi LiOH, NaOH, CsOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, KOH, K<sub>2</sub>O, CaO, Ca(OH)<sub>2</sub>, MgO, Mg(OH)<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH, TMAOH,

TEAOH, TBuOH, MeONa, EtONa et leurs mélanges,

- l'étape c) est mise en œuvre à une température de 100 à 350°C, de préférence de 180 à 300°C,

- l'étape c) s'effectue pendant une durée de 0,1 seconde à 3 heures, de préférence de 1 minute à 1 heure, davantage de préférence de 1 minute à 30 minutes.

[Revendication 5]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'étape (d) comprend au moins au moins une des caractéristiques suivantes :

- l'étape d1) est réalisée en présence d'eau à pH neutre, basique ou acide, ou en présence d'un solvant organique non miscible avec le deuxième effluent, de préférence en présence d'eau,

- l'étape (d) comprend au moins l'étape de séparation (d2) pour séparer la phase contenant le composé basique et le troisième effluent, et optionnellement la phase contenant le composé basique est renvoyée en totalité ou en partie dans l'étape (c).

[Revendication 6]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que, après l'étape (d), optionnellement préalablement à l'étape (f), le troisième effluent est (e) purifié par passage sur un adsorbant solide afin de diminuer la teneur en au moins un élément parmi F, Cl, Br, I, O, N, S, Se, Si, P, As, Fe, Ca, Na, K, Mg et Hg et/ou la teneur en eau.

[Revendication 7]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape (f) comprend au moins une des caractéristiques suivantes :

- après cette deuxième étape d'hydrotraitement, la concentration en oléfines, mesurée par l'indice de brome dans le quatrième effluent, est d'au plus 5,0, de préférence d'au plus 2,0 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence d'au plus 1,5 gBr<sub>2</sub>/100g, de préférence encore d'au plus 0,5 gBr<sub>2</sub>/100g, comme mesuré selon la norme ASTM D1159,

- cette deuxième étape d'hydrotraitement comprend un ou plusieurs lits catalytiques avec, de préférence, une augmentation globale de la température d'au plus 100°C, et/ou une augmentation de la température d'au plus 50°C sur chaque lit catalytique, avec, de préférence, une trempe intermédiaire entre lesdits lits catalytiques, ladite trempe étant, de préférence, réalisée avec du H<sub>2</sub> ou avec ledit flux d'hydrocarbures purifiés récupéré à l'étape f) ;

- la température d'entrée est d'au moins 200°C, de préférence 230°C, plus préférentiellement 250°C et au maximum 500°C ;

- la VVH est de 1 à 10h<sup>-1</sup>, de préférence de 2 à 4h<sup>-1</sup> ;
- la pression absolue est de 10 à 160 bar en présence de H<sub>2</sub> ;
- ladite seconde étape d'hydrotraitement est réalisée en présence d'au moins un catalyseur qui comprend au moins un métal du groupe 6 comme par exemple Mo, W en combinaison ou non avec un promoteur choisi parmi au moins un métal des groupes 8-10 comme par exemple Ni et/ou Co, et/ou un mélange de ceux-ci, ces métaux étant de préférence utilisés sous forme sulfurée et supportés sur alumine, titane, zircone, silice, carbone et/ou des mélanges de ceux-ci ;
- le rapport H<sub>2</sub>/hydrocarbures est de 200 NL/L à 900 NL/L, de préférence en présence d'au moins 0,005 % en poids, de préférence 0,05 % en poids, de préférence encore 0,5 % en poids de soufre, de préférence de H<sub>2</sub>S ou de composés organiques de soufre, dans le flux ;
- au sommet de la deuxième étape d'hydrotraitement, un piège à silicium est présent, travaillant à une température d'au moins 200°C, et/ou à une VVH de 1 à 10h<sup>-1</sup>, et/ou à une pression absolue de 10 à 160 bar en présence de H<sub>2</sub> ; éventuellement avec un piège à métal travaillant à une température d'au moins 200°C, à une VVH de 1 à 10h<sup>-1</sup>, à une pression absolue de 10 à 160 bar en présence de H<sub>2</sub>.

[Revendication 8]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel, avant d'effectuer le premier et/ou le second hydrotraitement, une dilution est effectuée à l'aide d'un diluant, ledit diluant étant de préférence un flux d'hydrocarbures ayant une plage d'ébullition de 50°C à 150°C ou une plage d'ébullition de 150°C à 250°C ou une plage d'ébullition de 200°C à 350°C, ou l'effluent dudit premier et/ou dudit second hydrotraitement ou un mélange quelconque de ceux-ci ; de préférence, ledit diluant est ajouté à une concentration d'au plus 80 % en poids, de préférence d'au plus 50 % en poids et, éventuellement, ledit diluant est séparé à la sortie dudit premier et/ou dudit second hydrotraitement par distillation, par exemple par distillation flash, et, de préférence, recyclé à l'entrée dudit premier et/ou dudit second hydrotraitement et/ou ledit diluant a, de préférence, un indice de brome d'au plus 5 gBr<sub>2</sub>/100g, et/ou un indice diénique d'au plus 0,5 gI<sub>2</sub>/100g et/ou une teneur en soufre d'au plus 1000 ppm en poids.

[Revendication 9]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le quatrième effluent sortant de l'étape (f) est lavé pour éliminer les composés inorganiques.

[Revendication 10]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le

troisième effluent sortant de l'étape (d), optionnellement purifié par passage sur un adsorbant solide, ou le quatrième effluent sortant de l'étape (f), optionnellement lavé, est utilisé tel quel ou séparé en des flux utilisables pour la préparation de carburants et combustibles tels que GPL, essence, diesel, fuel lourd, kérosène et/ou pour la préparation de lubrifiants et/ou d'huiles de base.

- [Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le troisième effluent sortant de l'étape (d), optionnellement purifié par passage sur un adsorbant solide, ou le quatrième effluent sortant de l'étape (f), optionnellement lavé, est soumis, pur ou dilué, optionnellement après séparation en des flux utilisables, à une étape de vapocraquage pour produire des oléfines telles que l'éthylène et le propylène, lesquels peuvent ensuite servir à fabriquer de nouveaux polymères par polymérisation.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le troisième effluent sortant de l'étape (d), optionnellement purifié par passage sur un adsorbant solide, ou le quatrième effluent sortant de l'étape (f), optionnellement lavé, est traité, pur ou dilué, optionnellement après séparation en des flux utilisables, dans un vapocraqueur pour produire des oléfines, et/ou un craqueur catalytique en lit fluidisé, et/ou un hydrocraqueur, puis optionnellement dans un vapocraqueur, et/ou un réacteur d'hydrotraitement, notamment un réacteur d'hydrogénation catalytique.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel l'étape a) comprend l'étape préliminaire a1) consistant à fournir un flux de déchets plastiques ; a2) liquéfier ledit flux de déchets plastiques par pyrolyse ou liquéfaction hydrothermale à une température d'au moins 200°C ; a3) récupérer un effluent de liquéfaction et séparer ledit effluent de liquéfaction en une fraction d'hydrocarbures C1 à C4, une fraction ayant un intervalle d'ébullition supérieur à 350°C et une fraction étant ladite huile de liquéfaction de plastique ; a4) optionnellement mélanger ladite fraction qui est une huile de liquéfaction de plastique avec un solvant ou un diluant.

[Fig. 1]

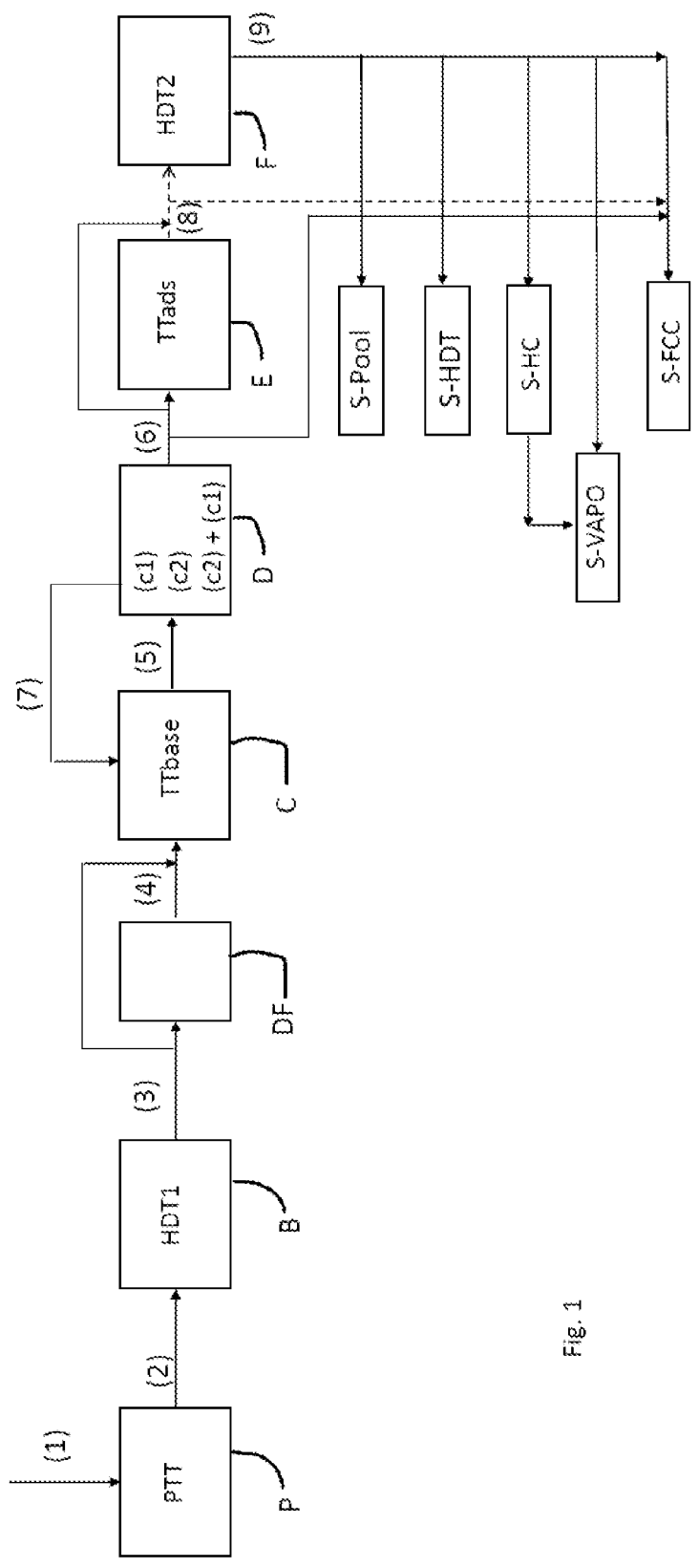


Fig. 1

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

**FA 919444**  
**FR 2305350**

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>WO 2016/142809 A1 (SABIC GLOBAL TECHNOLOGIES BV [NL]) 15 septembre 2016 (2016-09-15) * alinéas [0002], [0016], [0018], [0021], [0025], [0031], [0037], [0040], [0046], [0048], [0057] - alinéas [0058], [0065], [0067], [0071], [0081]; revendication 1; figure 1 *</p> <p>-----</p>	1-13	<p>C10B 53/07 C10G 1/10 C10G 19/02 C10G 45/04 C10G 67/14</p>
X	<p>EP 4 119 636 A1 (SK INNOVATION CO LTD [KR]; SK GEO CENTRIC CO LTD [KR]) 18 janvier 2023 (2023-01-18) * alinéas [0036], [0044], [0045]; revendications 1,3,8,10,13; figure 1 *</p> <p>-----</p>	1-13	
X	<p>EP 4 130 200 A1 (SK INNOVATION CO LTD [KR]; SK GEO CENTRIC CO LTD [KR]) 8 février 2023 (2023-02-08) * alinéas [0062], [0064], [0067]; revendications 10,12,13,14; figure 4 *</p> <p>-----</p>	1-13	
			<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>C10G</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 novembre 2023		Deurinck, Patricia	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2305350 FA 919444**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **30-11-2023**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
<b>WO 2016142809 A1</b>	<b>15-09-2016</b>	<b>US 2016264874 A1</b> <b>WO 2016142809 A1</b>	<b>15-09-2016</b> <b>15-09-2016</b>
-----			
<b>EP 4119636 A1</b>	<b>18-01-2023</b>	<b>CN 115700273 A</b> <b>EP 4119636 A1</b> <b>KR 20230011651 A</b> <b>US 2023035706 A1</b>	<b>07-02-2023</b> <b>18-01-2023</b> <b>25-01-2023</b> <b>02-02-2023</b>
-----			
<b>EP 4130200 A1</b>	<b>08-02-2023</b>	<b>CN 115703979 A</b> <b>EP 4130200 A1</b> <b>JP 2023024393 A</b> <b>KR 20230021353 A</b> <b>US 2023049254 A1</b>	<b>17-02-2023</b> <b>08-02-2023</b> <b>16-02-2023</b> <b>14-02-2023</b> <b>16-02-2023</b>
-----			