

PROCEDE DE RECYCLAGE DE PLASTIQUES PAR DISSOLUTION ET SEPARATION POLYMERES-SOLVANT OPTIMISEE

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne un procédé de purification et recyclage de plastiques, en particulier de plastiques usagés, afin d'obtenir un flux de polymères thermoplastiques purifiés qui peut être valorisé par exemple dans la fabrication de nouveaux objets plastiques. Plus particulièrement, la présente invention concerne un procédé de traitement d'une charge plastique, notamment issue de déchets plastiques, comprenant des thermoplastiques et en particulier des polyoléfines, par exemple du polyéthylène et/ou du polypropylène, par dissolution des thermoplastiques visés dans un solvant, purification de la solution polymère obtenue, puis séparation polymère-solvant à l'aide d'une succession de sections de séparation gaz-liquide opérées dans des conditions particulières. Ledit procédé permet ainsi, après la purification de la solution polymère, de séparer de manière simple mais très efficace le solvant de dissolution utilisé du flux de polymères et donc de récupérer un flux de thermoplastiques purifiés présentant des teneurs résiduelles en solvant très faibles.

TECHNIQUE ANTERIEURE

Les plastiques issus des filières de collecte et de tri peuvent être valorisés selon différentes filières.

Le recyclage dit mécanique permet de réutiliser en partie certains déchets soit directement dans de nouveaux objets soit en mélangeant les flux de déchets plastiques triés mécaniquement à des flux de polymères vierges. Ce type de valorisation est limité puisque, même s'il permet d'obtenir un flux plastique concentré en un type particulier de polymère, le tri mécanique ne permet pas d'éliminer les impuretés qui sont au moins en partie emprisonnées dans la matrice polymère, comme par exemple les additifs tels que les charges (ou « fillers » selon la terminologie Anglo-Saxonne), les colorants, les pigments, les plastifiants, et les métaux. En effet, les additifs sont des composés classiquement introduits dans les formulations polymériques pour conférer à la matière, et donc aux objets finaux, les propriétés désirées, par exemple une résistance mécanique élevée, une couleur particulière, etc.

Le recyclage dit chimique vise en premier lieu à éliminer les additifs et, en fonction des procédés appliqués, à plus ou moins modifier chimiquement les chaînes macromoléculaires des polymères considérés (par exemple récupération du polymère intact, dépolymérisation de ce dernier ou rupture non sélective des chaînes de divers polymères pour obtenir des mélanges de composés comprenant du carbone et de l'hydrogène). Ces diverses options de

recyclage chimique mettent en jeu des enchaînements d'étapes généralement complexes. Par exemple, les déchets plastiques peuvent subir une étape de pyrolyse, et l'huile de pyrolyse récupérée, généralement après purification, peut être convertie au moins en partie par exemple en oléfines par vapocraquage. Ces oléfines peuvent ensuite être polymérisées
5 ou transformées en des monomères avant polymérisation de ces derniers. Ce type d'enchaînement peut être adapté pour des charges peu triées ou des refus de centre de tri, mais il nécessite généralement une consommation d'énergie importante du fait notamment des traitements à haute température.

Une autre voie de recyclage des déchets plastiques consiste en la déformulation des
10 matériaux plastiques, à base de thermoplastiques, en particulier de polyoléfines comme les (co)polypropylènes et (co)polyéthylènes, qui apparait plus vertueuse. En effet, cette voie de recyclage des déchets plastiques consiste à dissoudre le polymère visé dans un solvant et à éliminer les impuretés, par exemple les additifs tels que les charges ou fillers selon la terminologie anglo-saxonne, les colorants, les pigments, des plastifiants, et les métaux et/ou
15 les polymères de la charge autres que celui/ceux visés, sans modification des chaînes macromoléculaires du polymère visé. La conservation de la structure polymérique réduit l'effort à mettre en œuvre et explique les bonnes performances de cette approche de recyclage, notamment en termes de consommation énergétique.

Plusieurs études présentent ainsi différentes méthodes de traitement de déchets plastiques
20 par dissolution et purification.

Le document US 2017/002110 décrit une méthode particulière de purification d'une charge polymère, notamment issue de déchets plastiques par dissolution du polymère dans un solvant, dans des conditions particulières de température et de pression, puis contact de la solution polymère obtenue avec un solide. La méthode décrite dans la demande
25 US 2017/002110 comprend enfin une étape de séparation du polymère purifié du solvant à des conditions de température et pression dans lesquelles ledit polymère précipite.

Le document WO 2018/114047 propose quant à lui une méthode de dissolution sélective d'un polymère particulier d'un plastique dans un solvant à une température de dissolution proche de la température d'ébullition du solvant. La solution polymère est alors centrifugée et
30 le polymère est ensuite séparé du solvant par exemple par flash.

Le document WO2018/118579 décrit une méthode de purification d'une charge polymère notamment issue de déchets plastiques par dissolution du polymère dans un solvant dans un réacteur sous agitation, suivie d'une étape de sédimentation. Plus particulièrement, WO2018/118579 illustre la purification d'une charge composée de polypropylène post-
35 consommation par dissolution dans le n-butane dans un autoclave agité à 140°C et 900 psig

(6,21 MPa), suivie d'une phase de sédimentation après arrêt de l'agitation dans l'autoclave. La solution polymère obtenue est envoyée ou non à travers des lits de solides puis dépressurisées de manière à pouvoir séparer au moins une partie du solvant butane du polypropylène.

- 5 La présente invention vise à perfectionner ces procédés de traitement des thermoplastiques par dissolution dans un solvant et en particulier la séparation du solvant utilisé du polymère purifié. En particulier, la présente invention cherche, dans un procédé de purification d'une charge plastique comprenant des thermoplastiques par dissolution dans un solvant, à optimiser la séparation de solvants, en particulier du solvant de dissolution utilisé, desdits
- 10 thermoplastiques purifiés, de manière à récupérer un flux de thermoplastiques, en particulier de polyoléfines, purifié et notamment décoloré et désodorisé, et présentant une inférieure ou égale à 5% poids, de préférence résiduelle en solvant très faible. La présente invention cherche tout particulièrement à séparer efficacement et de manière simple les thermoplastiques purifiés, de préférence les polyoléfines purifiées, du solvant dans lesquels
- 15 ils sont dissous.

RESUME DE L'INVENTION

L'invention concerne un procédé de traitement d'une charge plastique comprenant des thermoplastiques, ledit procédé comprenant :

- a) une étape de dissolution de la charge plastique dans un solvant de dissolution, l'étape a) étant opérée à une température de dissolution comprise entre 100°C et 300°C et à une
- 20 pression de dissolution entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, pour obtenir au moins une solution polymère brute ;
- b) une étape de purification de la solution polymère brute, pour obtenir une solution polymère purifiée, comprenant :
- 25 b1) une sous-étape de séparation des insolubles ; et/ou
- b2) une sous-étape de lavage, par contact avec une solution dense ; et/ou
- b3) une sous-étape d'extraction, par contact avec un solvant d'extraction ; et/ou
- b4) une sous-étape d'adsorption des impuretés par contact avec un adsorbant ; puis
- c) une étape de séparation solvant-polymère de la solution polymère purifiée, pour obtenir un
- 30 flux de polymères thermoplastiques purifiés et au moins un flux de solvant,
- ladite étape c) de séparation solvant-polymère mettant en œuvre une section de séparation gaz-liquide ou plusieurs sections de séparation gaz-liquide fonctionnant en série,
- ladite section de séparation gaz-liquide ou chacune des sections de séparation gaz-liquide étant opérée à une température d'entrée comprise entre 100°C et 300°C et à une pression
- 35 inférieure à la pression en sortie de l'étape b),

lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide, la pression de la section ultérieure étant inférieure à celle de la section antérieure,

la solution polymère purifiée, obtenue à l'issue de l'étape b) de purification, alimentant ladite section de séparation gaz-liquide ou la première section de séparation gaz-liquide de la série,

ladite section de séparation gaz-liquide ou chacune des sections de séparation gaz-liquide produisant un effluent gaz, qui correspond audit au moins un flux de solvant, et un effluent liquide,

lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide, l'effluent

liquide de la section antérieure alimentant la section ultérieure,

l'effluent liquide issu de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série constituant ledit flux de polymères thermoplastiques purifiés.

Ledit au moins un flux de solvant comprend avantageusement le ou les solvant(s) mis en œuvre dans le procédé. En particulier, il comprend du solvant de dissolution et éventuellement du solvant d'extraction et/ou de la solution dense.

L'avantage du procédé selon l'invention est de proposer un procédé de recyclage, par dissolution, des thermoplastiques, de préférence des polyoléfinés, comme du polypropylène, du polyéthylène, leurs copolymères, ou leurs mélanges, compris dans une charge plastique et en particulier dans des déchets plastiques par exemple de post-consommation, permettant de récupérer un flux de thermoplastiques purifiés, c'est-à-dire débarrassés d'au moins une partie des impuretés contenues dans la charge plastique, et présentant une teneur résiduelle en solvant très faible, en particulier inférieure ou égale à 5% poids, de préférence inférieure ou égale à 1,00% poids, de préférence inférieure ou égale à 0,10% poids, préférentiellement inférieure ou égale à 500 ppm poids de solvant par rapport au poids total du flux de thermoplastiques purifiés. En effet, le procédé de recyclage selon l'invention qui repose sur le principe de dissolution des thermoplastiques visés et purification de la solution polymère obtenue, a l'intérêt, outre l'élimination au moins en partie des impuretés organiques et inorganiques contenues dans la charge plastique, par exemple des additifs introduits dans les matériaux polymères par les formulateurs, de proposer un schéma simple et efficace de séparation des thermoplastiques débarrassés des impuretés du solvant de la solution polymère, notamment du solvant de dissolution utilisé.

Ainsi, le procédé selon l'invention a l'avantage de proposer un procédé simple de recyclage des thermoplastiques, et en particulier des polyoléfinés, comme le polypropylène, le polyéthylène, leurs copolymères, ou leurs mélanges, compris dans une charge plastique par exemple issue de déchets post-consommation, avec une étape de séparation solvant-

polymère optimisée, de manière à obtenir un flux de thermoplastiques, en particulier de polyoléfines, purifié et notamment décoloré et désodorisé, présentant des teneurs résiduelles en impuretés et en solvant suffisamment faibles pour que les thermoplastiques purifiés puissent être utilisés dans tout type de formulations de plastiques à la place de résine vierge.

- 5 De manière particulière, le procédé selon l'invention permet de récupérer un flux de thermoplastiques purifiés, notamment un flux de polyoléfines purifiées, voire de polypropylène ou de polyéthylène, comprenant au plus 5% poids d'impuretés, très avantageusement au plus 1,0% poids d'impuretés, préférentiellement au plus 0,5% poids d'impuretés, par rapport au poids total du flux de thermoplastiques purifiés.
- 10 L'invention a encore comme avantage de participer au recyclage des plastiques et à la préservation des ressources fossiles, en permettant la valorisation des déchets plastiques. Elle permet, en effet, la purification des déchets plastiques en vue d'obtenir un flux de polymères thermoplastiques purifiés, en particulier de polyoléfines purifiées, voire de polypropylène ou de polyéthylène purifié, à teneur réduite en impuretés et notamment
- 15 décoloré et désodorisé, pouvant être réutilisé pour former de nouveaux objets plastiques. Les thermoplastiques purifiés obtenus pourront ainsi être utilisés directement dans des formulations en mélange avec des additifs, par exemple des plastifiants, colorants, pigments, charges, etc., à la place ou en mélange avec des résines vierges, en vue d'obtenir des matières plastiques avec des propriétés d'usage, esthétiques, mécaniques ou rhéologiques
- 20 facilitant leur réemploi et leur valorisation.

La présente invention concerne également un dispositif de traitement d'une charge plastique pour obtenir un flux de polymères thermoplastiques purifiés, ledit dispositif comprenant :

- des moyens de dissolution pour mettre en contact et dissoudre au moins en partie la charge plastique dans un solvant de dissolution, et obtenir une solution polymère brute ;
 - 25 - des moyens de purification pour purifier la solution polymère brute et obtenir une solution polymère purifiée ;
 - un dispositif de séparation solvant-polymère, situé en aval desdits moyens de purification, pour séparer la solution polymère purifiée en un flux de polymères thermoplastiques purifiés et au moins un effluent de solvant,
- 30 caractérisé en ce que ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend :
- une section de séparation gaz-liquide ou plusieurs sections de séparation gaz-liquide fonctionnant en série, de préférence au moins deux, préférentiellement entre deux et cinq, par exemple trois ou quatre, sections de séparation gaz-liquide successives,

- au moins un système de contrôle de la pression dans ladite section de séparation gaz-liquide ou dans chaque section de séparation gaz-liquide de la série, de manière à ajuster la pression dans ladite section de séparation gaz-liquide ou dans chaque section de séparation gaz-liquide de la série à une valeur inférieure à la pression d'opération en sortie des moyens de purification, et lorsque ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend plusieurs sections de séparation gaz-liquide, de manière à ajuster la pression dans la section ultérieure à une valeur inférieure à celle dans la section antérieure,
- ladite section de séparation gaz-liquide ou chaque section de séparation gaz-liquide de la série comprenant un système d'alimentation, un système de soutirage liquide et un système de soutirage gazeux,
- le système d'alimentation de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la première section de séparation gaz-liquide de la série étant connecté à au moins un des moyens de purification et permettant l'alimentation en solution polymère purifiée dudit dispositif de séparation solvant-polymère,
- lorsque ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend plusieurs sections de séparation gaz-liquide, le système d'alimentation de la section ultérieure étant connecté au système de soutirage liquide de la section antérieure,
- le système de soutirage liquide de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série permettant de récupérer ledit flux de polymères thermoplastiques purifiés,
- le système de soutirage gazeux de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la chaque section de séparation gaz-liquide de la série permettant de récupérer ledit au moins un effluent de solvant, ledit au moins un effluent de solvant comprenant du solvant de dissolution.

25 DESCRIPTION DES MODES DE REALISATION

Dans la présente description, les expressions « compris entre ... et ... » et « entre et ... » sont équivalentes et signifient que les valeurs limites de l'intervalle sont incluses dans la gamme de valeurs décrite. Si tel n'est pas le cas et que les valeurs limites ne sont pas incluses dans la gamme décrite, une telle précision sera apportée par la présente description.

Dans la présente description, l'expression « supérieur à ... » est entendue comme strictement supérieur à, et symbolisée par le signe « > », et l'expression « inférieur à ... » comme strictement inférieur à, et symbolisée par le signe « < ». Lorsque la borne est

comprise, la précision sera apportée par les expressions respectives « supérieur ou égal à... » (et correspondant au signe « $\geq$ ») et « inférieur ou égal à » (correspondant au signe « $\leq$ »).

Dans le sens de la présente invention, les différentes plages de paramètres pour une étape donnée telles que les plages de pression et les plages de température peuvent être utilisées
5 seules ou en combinaison. Par exemple, dans le sens de la présente invention, une plage de valeurs préférées de pression peut être combinée avec une plage de valeurs de température plus préférées.

Dans la suite de la description, des modes de réalisation particuliers de l'invention sont décrits. Ils peuvent être mis en œuvre séparément ou combinés entre eux, sans limitation de
10 combinaisons lorsque c'est techniquement réalisable.

Selon la présente invention, les pressions sont des pressions absolues et sont données indifféremment en MPa ou encore en MPa absolu (ou MPa abs.).

Les termes « amont » et « aval » sont à comprendre en fonction de l'écoulement général du/des fluides ou flux en question dans le procédé, en particulier en fonction de l'écoulement
15 du flux qui comprend les thermoplastiques à purifier.

Dans cette description, les termes « polymère », « polymère thermoplastique » et « thermoplastique » peuvent être utilisés indifféremment à la place les uns des autres.

Le terme « polyoléfines » désigne quant à lui tout type d'homopolymères et/ou copolymères, et leurs mélanges, ayant pour motif unitaire des oléfines. Plus particulièrement, les
20 polyoléfines peuvent être des homopolymères de polyéthylène, désignés sous le sigle PE, de toute gamme (par exemple de haute densité, appelé également HDPE, ou de faible densité, appelé LDPE), des homopolymères de polypropylène, désignés sous le sigle PP, leurs copolymères et/ou leurs mélanges.

Le terme « additifs » est un terme classiquement utilisé dans le domaine des polymères et
25 en particulier dans le domaine des formulations des polymères. Les additifs introduits dans les formulations polymères peuvent être, par exemple, des plastifiants, des charges ou « fillers » selon la terminologie anglo-saxonne consacrée (qui sont des composés solides organiques ou minéraux, permettant de modifier les propriétés physiques, thermiques, mécaniques et/ou électriques des matériaux polymères ou d'en abaisser le prix de revient),
30 des agents de renfort, des colorants, des plastifiants, des pigments, des durcisseurs, des agents ignifugeants, des agents retardateurs de combustion, des agents stabilisants, antioxydants, des absorbeurs UV, des agents antistatiques, etc.

Les additifs correspondent à au moins une partie des impuretés de la charge plastique à traiter et que le procédé de traitement selon l'invention permet d'éliminer au moins en partie.

D'autres types d'impuretés éliminées lors du procédé selon l'invention peuvent être des impuretés d'usage, comme par exemples des impuretés métalliques, des papiers/cartons, de la biomasse, des polymères autres que le(s) polymère(s) visé(s), etc.

Ainsi selon l'invention, les impuretés, que le procédé selon l'invention permet d'éliminer au moins en partie, comprennent les additifs classiquement utilisés dans les formulations polymères, et en particulier les formulations des thermoplastiques, et aussi éventuellement des impuretés d'usage issues du cycle de vie des matériaux et objets plastiques, et/ou issues du circuit de collecte et de tri des déchets. Ces dernières peuvent être des impuretés de type métalliques, organiques ou minérales ; il peut s'agir de résidus d'emballages, de résidus alimentaires ou de résidus compostables (biomasse). Ces impuretés d'usage peuvent également comprendre du verre, du bois, du carton, du papier, de l'aluminium, du fer, des métaux, des pneus, du caoutchouc, des silicones, des polymères rigides, des polymères thermodurcissables, des thermoplastiques de nature différente de celle des thermoplastiques visés (en particulier de celle des polyoléfinés visés) des produits ménagers, chimiques ou cosmétiques, des huiles usagées, de l'eau, etc.

Selon l'invention, une solution polymère est une solution comprenant le solvant de dissolution et au moins les polymères thermoplastiques visés, notamment les polyoléfinés visés, dissous, c'est-à-dire en particulier solvaté(e)s et dispersé(e)s, dans ledit solvant de dissolution, les polymères dissous étant initialement présents dans la charge plastique. La solution polymère peut en outre comprendre des impuretés insolubles (et en suspension dans la solution polymère) et éventuellement solubles (et solubilisées dans le solvant de dissolution). En fonction des étapes du procédé selon l'invention mises en œuvre, ladite solution polymère peut donc comprendre, outre les thermoplastiques visés dissous, des impuretés sous forme de particules insolubles qui sont avantageusement en suspension dans ladite solution polymère, éventuellement des impuretés solubles dissoutes dans le solvant de dissolution, et/ou éventuellement une autre phase liquide non miscible avec ladite solution polymère.

Il est bien connu que la température d'ébullition d'un composé varie avec la pression d'opération. Cependant, sans autre indication, en particulier sans indication de la pression, la température d'ébullition du composé considéré, en particulier du solvant de dissolution, s'entend comme étant la température d'ébullition dudit composé, en particulier dudit solvant de dissolution, à la pression atmosphérique (en particulier égale à 0,1 MPa). Ainsi, la température d'ébullition qui caractérise le solvant de dissolution doit être comprise comme étant la température d'ébullition dudit solvant de dissolution à pression atmosphérique (en particulier égale à 0,1 MPa).

La température critique et la pression critique d'un solvant, en particulier du solvant de dissolution, sont propres audit solvant et dépendent de la nature du solvant considéré. Pour un corps pur, la température critique et la pression critique d'un corps pur sont respectivement la température et la pression du point critique dudit corps pur. Comme bien
5 connu par l'homme du métier, au point critique et au-delà, le corps pur considéré est sous forme supercritique ou à l'état supercritique ; il peut alors être appelé fluide supercritique.

L'invention concerne ainsi un procédé de traitement d'une charge plastique, comprenant des thermoplastiques, plus particulièrement des polyoléfines, ledit procédé comprenant, de préférence consistant en :

- 10 a) une étape de dissolution de la charge plastique dans un solvant de dissolution, de préférence comprenant au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et de manière préférée paraffinique, présentant avantageusement une température d'ébullition comprise entre -50 et 250°C, de préférence entre - 15 et 200°C, préférentiellement entre 15 et 160°C et de manière préférée entre 20 et 120°C, de préférence selon un ratio pondéral
15 entre le solvant de dissolution et la charge plastique, compris entre 0,2 et 100,0, de préférence entre 0,3 et 20,0, de manière préférée entre 1,0 et 10,0, encore plus préférentiellement entre 3,0 et 7,0, pour obtenir au moins une solution polymère brute,

l'étape a) étant opérée avantageusement à une température de dissolution comprise entre 100°C et 300°C, de préférence entre 150 et 250°C, et à une pression de dissolution entre 0,1
20 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 25, 0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,5 et 18,0 MPa absolu et de manière très préférée entre 2,0 et 15,0 MPa absolu ;

b) une étape de purification de la solution polymère brute, comprenant :

- b1) une sous-étape de séparation des insolubles, permettant d'obtenir au moins une solution polymère clarifiée ; et/ou
25 b2) une sous-étape de lavage, par contact avec une solution dense, permettant d'obtenir une solution polymère lavée ; et/ou
b3) une sous-étape d'extraction des impuretés par un solvant d'extraction, permettant d'obtenir au moins une solution polymère extraite ; et/ou
b4) une sous-étape d'adsorption des impuretés par contact avec un adsorbant, pour obtenir
30 au moins une solution polymère raffinée ;

l'étape de purification permettant d'obtenir une solution polymère purifiée qui correspond avantageusement à une solution polymère clarifiée ou lavée ou extraite ou raffinée ; puis

c) une étape de séparation solvant-polymère de la solution polymère purifiée, pour obtenir au moins un flux de polymères thermoplastiques purifiés, plus particulièrement au moins un flux de polyoléfines purifiées, et au moins un flux de solvant,

5 ladite étape c) de séparation solvant-polymère mettant en œuvre une section de séparation gaz-liquide ou plusieurs sections de séparation gaz-liquide fonctionnant en série, de préférence l'étape c) de séparation solvant-polymère mettant en œuvre au moins deux sections de séparation gaz-liquide successives,

10 ladite section de séparation gaz-liquide ou chacune des sections de séparation gaz-liquide étant opérée à une température d'entrée comprise entre 100°C et 300°C, de préférence entre 110 et 275°C, de préférence entre 150 et 250°C, et à une pression inférieure à celle en sortie de l'étape b), de préférence à une pression inférieure à 100,0 MPa absolu, de préférence inférieure à 25,0 MPa absolu, préférentiellement inférieure à 18,0 MPa absolu, de manière préférée inférieure à 15,0 MPa absolu,

15 lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide, la pression de la section ultérieure étant inférieure à celle de la section antérieure,

de préférence la pression dans la section de séparation gaz-liquide ou chacune des sections de séparation gaz-liquide étant supérieure ou égale à 0,000005 MPa absolu, notamment supérieure ou égale à 0,00001 MPa absolu, en particulier supérieure ou égale à 0,0001 MPa absolu, plus particulièrement supérieure ou égale à 0,0005 MPa, et de manière particulière
20 supérieure ou égale à 0,0008 MPa,

ladite solution polymère purifiée, obtenue à l'issue de l'étape b) de purification, alimentant ladite section de séparation gaz-liquide ou la première section de séparation gaz-liquide de la série,

25 ladite section de séparation gaz-liquide ou chacune des sections de séparation gaz-liquide produisant un effluent gaz, qui correspond audit au moins un flux de solvant et qui comprend avantageusement au moins du solvant de dissolution, et un effluent liquide qui comprend avantageusement les thermoplastiques visés,

lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide, l'effluent liquide de la section antérieure alimentant la section ultérieure,

30 l'effluent liquide issu de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série constituant ledit flux de polymères thermoplastiques purifiés,

le ou chaque effluent gaz produit pouvant être, en tout ou partie, purgé et/ou purifié et/ou fractionné et/ou recyclé vers l'étape a) et/ou éventuellement vers l'étape b),

éventuellement l'étape c) comprenant l'introduction d'au moins un additif, en particulier un agent anti-oxydant,

- optionnellement l'étape c) mettant en outre en œuvre une section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide, située en amont de la section de
- 5 séparation gaz-liquide ou de la série de sections de séparation gaz-liquide.

La charge

- La charge du procédé selon l'invention, dite charge plastique, comprend des plastiques qui eux-mêmes comprennent plus particulièrement des polymères thermoplastiques, comme les polyoléfinés. De préférence, la charge plastique comprend entre 50 et 100% poids, de
- 10 manière préférée entre 70% et 100% poids de plastiques par rapport au poids totale de la charge plastique.

- Les plastiques compris dans la charge du procédé selon l'invention sont généralement des rebus de production et/ou des déchets « post-consommation » d'objets plastiques, notamment des déchets plastiques ménagers, des déchets plastiques issus du bâtiment, des
- 15 déchets plastiques automobiles ou de tout type de transports ou encore des déchets d'équipements électriques et électroniques. De préférence, les déchets plastiques sont issus des filières de collecte et de tri. Les plastiques ou matières plastiques sont généralement des compositions (ou formulations) comprenant des polymères qui sont mélangés à des additifs afin d'apporter des propriétés spécifiques aux matériaux, en vue de constituer, après mise
- 20 en forme, des objets diverses (par exemple des pièces moulées par injection, des tubes, des films, des fibres, des tissus, des mastics, des revêtements, etc.). Les additifs utilisés dans les plastiques peuvent être des composés organiques ou des composés inorganiques. Ce sont par exemple des charges ou « fillers », colorants, pigments, plastifiants, modificateurs de propriétés, retardateur de combustion, etc.

- 25 La charge du procédé selon l'invention (c'est-à-dire la charge plastique) comprend en particulier des polymères thermoplastiques, de préférence au moins 50% poids, préférentiellement au moins 70% poids, de manière préférée au moins 80% poids et de manière très préférée au moins 90% poids de thermoplastiques, par rapport au poids total de la charge plastique, 100% étant avantageusement la borne supérieure maximale. Les
- 30 thermoplastiques visés par le procédé selon l'invention et compris dans la charge plastique peuvent être des polymères d'alcènes (ou oléfines), des polymères de diènes, des polymères vinyliques et/ou des polymères styréniques. De manière préférée, les thermoplastiques visés par le procédé selon l'invention et compris dans la charge plastique sont des polyoléfinés, telles que du polyéthylène (PE), du polypropylène (PP) et/ou des
- 35 copolymères de l'éthylène et du propylène ou encore leurs mélanges. De manière préférée,

- la charge plastique comprend au moins 80% poids, de préférence au moins 85% poids, de manière préférée au moins 90% poids, de polyoléfines par rapport au poids total de la charge plastique, 100% étant avantageusement la borne supérieure maximale. Le procédé selon l'invention vise ainsi tout particulièrement à purifier et récupérer les polyoléfines
- 5 contenues dans une charge plastique en particulier issue de déchets plastiques, pour pouvoir les réutiliser dans différentes applications. Selon un mode de réalisation particulier, la charge plastique comprend un mélange de polypropylène (PP) et de polyéthylène (PE), en particulier au moins 80% poids, de préférence au moins 85% poids, de manière préférée au moins 90% poids, d'un mélange de polypropylène (PP) et de polyéthylène (PE), par rapport
- 10 au poids total de la charge plastique. Le polyéthylène peut être plus particulièrement du polyéthylène haute densité (HDPE). Dans ce mode de réalisation particulier, ledit mélange comprend par exemple entre 5 et 95% poids de PP et entre 5 et 95% poids de PE, en particulier de HDPE, ou entre 50 et 95% poids de PP et entre 5 et 50% poids de PE, en particulier de HDPE.
- 15 La charge plastique peut comprendre des mélanges de polymères, en particulier des thermoplastiques autres que les thermoplastiques visés, et notamment autres que les polyoléfines visées, des additifs avantageusement utilisés pour formuler la matière plastique et éventuellement des impuretés d'usage issues du cycle de vie des matériaux et objets plastiques et/ou issues du circuit de collecte et de tri des déchets, l'ensemble de ces
- 20 composés étant considérés comme des impuretés. La charge du procédé selon l'invention comprend généralement moins de 50% poids d'impuretés, de préférence moins de 20% poids d'impuretés, de manière préférée moins de 10% poids d'impuretés. La charge plastique peut comprendre par exemple au moins 1% poids d'impuretés, voire au moins 5% poids d'impuretés.
- 25 La charge plastique peut avantageusement être prétraitee en amont du procédé selon l'invention de manière à au moins éliminer tout ou partie des impuretés dites grossières, c'est-à-dire des impuretés sous forme de particules de taille supérieure ou égale 10 mm, de préférence supérieure ou égale à 5 mm, voire supérieure ou égale à 1 mm, par exemple des impuretés de type bois, papier, biomasse, fer, aluminium, verre, etc., et de manière à la
- 30 mettre en forme généralement sous forme de solides divisés de manière à faciliter le traitement dans le procédé. Ce prétraitement peut comprendre une étape de broyage, une étape de lavage à pression atmosphérique et/ou une étape de séchage. Ce prétraitement peut être réalisé sur un site différent, par exemple dans un centre de collecte et de tri des déchets, ou sur le même site où est mis en œuvre le procédé de traitement selon l'invention.
- 35 De manière préférée, ce prétraitement permet de réduire la teneur en impuretés à moins de 20% en poids, de préférence moins de 15% poids, de manière préférée moins de 10% poids,

les pourcentages étant donnés relativement par rapport au poids de la charge plastique traitée par le procédé selon l'invention. A l'issue du prétraitement, la charge est généralement stockée sous forme de solides divisés, par exemple sous forme de broyats, paillettes ou de poudre, ou encore de granulés, de manière à faciliter la manipulation et le transport jusqu'au procédé.

Etape a) de dissolution

Selon l'invention, le procédé comprend une étape a) de dissolution dans laquelle la charge plastique est mise en contact avec un solvant de dissolution, pour obtenir au moins une, de préférence une, solution polymère brute. En effet, cette étape permet avantageusement la dissolution d'au moins une partie, de préférence de la totalité, des thermoplastiques visés, de préférence des polyoléfines visées, présents dans la charge plastique.

Par dissolution, il faut comprendre tout phénomène conduisant à l'obtention d'au moins d'une solution de polymères thermoplastiques, c'est-à-dire un liquide (ou fluide) comprenant les polymères thermoplastiques visés dissous dans le solvant de dissolution. L'homme du métier connaît bien les phénomènes mis en jeu dans la dissolution des polymères : ces phénomènes comprennent au moins un mélange, une solvation, une dispersion, une homogénéisation, un désenchevêtrement des chaînes polymères thermoplastiques.

Au cours et à l'issue de l'étape a) de dissolution, les conditions de pression et de température permettent de maintenir le solvant de dissolution, au moins en partie et de préférence en totalité, à l'état liquide ou éventuellement à l'état supercritique, tandis que la fraction soluble de la charge plastique, en particulier les polymères thermoplastiques visés, par exemple les polyoléfines visées, et éventuellement (voire généralement) au moins une partie des impuretés, est avantageusement dissoute, au moins en partie et de préférence en totalité, dans le solvant de dissolution. En d'autres termes, les conditions de température et de pression dans l'étape a) permettent d'éviter ou au moins de limiter que le solvant de dissolution soit sous forme gazeuse, ce qui permet d'optimiser la dissolution des thermoplastiques visés.

Le solvant de dissolution est un solvant organique ou un mélange de solvants organiques. Avantageusement, le solvant de dissolution comprend, de préférence consiste en, au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique (c'est-à-dire saturé), de préférence linéaire, ramifié ou cyclique, préférentiellement non aromatique. De préférence, le solvant de dissolution comprend au moins 80% poids, préférentiellement au moins 95% poids, de manière préférée au moins 98% poids d'au moins un composé hydrocarboné, de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, de préférence linéaire, ramifié ou cyclique, préférentiellement non aromatique, les pourcentages étant exprimés par

rapport au poids total du solvant de dissolution (100% étant le maximum). De manière préférée, le solvant de dissolution comprend, de préférence consiste en, au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, présentant une température d'ébullition (à pression atmosphérique, en particulier à 0,1 MPa) comprise
5 entre -50 et 250°C, de préférence entre - 15 et 200°C, préférentiellement entre 15 et 160°C et de manière préférée entre 50 et 120°C. De manière préférée, ledit au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, de préférence linéaire, ramifié ou cyclique, préférentiellement non aromatique, a entre 3 et 12 atomes de carbone, de préférence entre 4 et 10 atomes de carbone, préférentiellement entre 5 et 8 atomes de
10 carbone, et de manière très préférée a 6, 7 ou 8 atomes de carbone. Par exemple, ledit au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, de préférence linéaire, ramifié ou cyclique, préférentiellement non aromatique, peut être choisi parmi les isomères du butane, du pentane, de l'hexane, de l'heptane, de l'octane, du nonane, du décane, et leurs mélanges, de manière préférée parmi les isomères de l'hexane,
15 de l'heptane, de l'octane et leurs mélanges. Ainsi, le solvant de dissolution peut comprendre au moins 80% poids, préférentiellement au moins 95% poids, de manière préférée au moins 98% poids, d'un isomère ou d'un mélange d'isomères du butane, du pentane, de l'hexane, de l'heptane, de l'octane, du nonane et/ou du décane, de manière d'un isomère ou d'un mélange d'isomères de l'hexane, de l'heptane et/ou de l'octane, les pourcentages étant
20 exprimés par rapport au poids total du solvant de dissolution (100% étant le maximum).

De préférence, l'étape a) de dissolution est alimentée par la charge plastique et ledit solvant de dissolution, selon un ratio pondéral entre le solvant de dissolution et la charge plastique, compris entre 0,2 et 100,0, de préférence entre 0,3 et 20,0, de manière préférée entre 1,0 et 10,0, encore plus préférentiellement entre 3,0 et 7,0.

25 Avantageusement, le solvant de dissolution qui alimente l'étape a) de dissolution est sous forme liquide ou éventuellement supercritique. Il peut avantageusement être préchauffé, de préférence à une température entre 100 et 300°C, préférentiellement entre 150 et 250°C, préalablement à son introduction dans l'étape a), en particulier préalablement à son introduction dans la section de mise en contact et éventuellement dans la section de
30 dissolution, afin de faciliter la mise en température de la charge plastique et/ou éviter une chute de température du flux de matière lors de la mise en contact et de la dissolution dans l'étape a).

Avantageusement, le solvant de dissolution comprend, de préférence est constitué de, du solvant frais (ou un appoint de solvant frais) et/ou un flux de solvant recyclé issu d'une étape
35 ultérieure du procédé, de préférence au moins en partie issu de l'étape c) de séparation solvant-polymère.

Très avantageusement, l'étape de dissolution est opérée à une température, appelée température de dissolution, comprise entre 100°C et 300°C, de préférence entre 150 et 250°C, et de préférence une pression, appelée pression de dissolution, entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,5 et 18,0 MPa absolu et de manière très préférée entre 2,0 et 15,0 MPa absolu. La température et la pression peuvent évoluer au cours de l'étape de dissolution, depuis les conditions atmosphériques ou les conditions d'introduction de la charge plastique et/ou du solvant de dissolution dans le procédé, jusqu'à atteindre les conditions de dissolution, c'est-à-dire la température de dissolution, en particulier entre 100 et 300°C, de préférence entre 150 et 250°C, et la pression de dissolution, en particulier entre 0,1 et 100,0 MPa, de préférence entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,5 et 18,0 MPa absolu et de manière très préférée entre 2,0 et 15,0 MPa absolu. Très avantageusement, à l'issue de l'étape de dissolution, la solution polymère brute est à la température de dissolution et à la pression de dissolution.

Le fait de limiter la température dans l'étape a) de dissolution, à une température inférieure ou égale à 300°C, de préférence inférieure ou égale à 250°C, permet d'éviter ou de limiter la dégradation thermique des thermoplastiques visés, en particulier des polyoléfines visées, mais aussi de limiter le besoin énergétique du procédé, participant ainsi à la limitation des coûts de fonctionnement du procédé. Avantageusement, la température de dissolution est supérieure ou égale à la température de fusion des thermoplastiques visés, en particulier des polyoléfines visées, et très avantageusement inférieure à la température d'évaporation à la pression de dissolution du solvant de dissolution, de manière à favoriser leur dissolution et très avantageusement réduire le temps de séjour nécessaire pour dissoudre efficacement lesdits thermoplastiques dans le solvant de dissolution. De manière très préférée, la température dans l'étape a) de dissolution est inférieure ou égale à la température critique du solvant de dissolution, de manière éviter la formation d'une phase supercritique lors de l'étape a) de dissolution susceptible de perturber la dissolution.

Parallèlement, la pression de dissolution dans l'étape a) de dissolution est supérieure à la tension de vapeur saturante du solvant de dissolution, à la température de dissolution, de manière à ce que le solvant de dissolution soit au moins en partie, et de préférence en totalité, sous forme liquide ou éventuellement supercritique, à la température de dissolution, et ainsi éviter que le solvant de dissolution se retrouve en partie sous forme gazeuse. Dans ces conditions opératoires, notamment de température et de pression, la dissolution des thermoplastiques visés, en particulier des polyoléfines visées, est optimisée, en particulier en termes notamment de qualité et de temps d'opération.

Très avantageusement, les conditions de température et pression de dissolution atteintes à l'étape a) de dissolution sont ajustées de sorte que le mélange (solvant de dissolution + thermoplastiques visés) est monophasique à l'issue de l'étape a), ledit mélange pouvant comprendre éventuellement des impuretés insolubles en suspension dans ledit mélange.

- 5 Avantageusement, ladite étape a) de dissolution est mise en œuvre pendant un temps de séjour de préférence compris entre 1 et 600 minutes, de préférence entre 2 et 300 minutes, de manière préférée entre 2 et 180 minutes. Le temps de séjour est entendu comme le temps de séjour à la température de dissolution et à la pression de dissolution, c'est-à-dire le temps pendant lequel la charge plastique et le solvant de dissolution sont à la température
10 de dissolution et à la pression de dissolution, dans l'étape a).

- L'étape a) de dissolution est au moins alimentée par la charge plastique, en particulier sous forme d'un ou plusieurs flux de charge plastique, et par le solvant de dissolution, en particulier sous forme d'un ou plusieurs flux de solvant de dissolution, avantageusement au moyen d'un ou plusieurs dispositifs de transport. Le(les) flux de charge plastique
15 peut(peuvent) être distinct(s) du(des) flux de solvant de dissolution. Une partie ou la totalité de la charge plastique peut également alimenter l'étape a) en mélange avec une partie ou la totalité du solvant de dissolution, le reste du solvant et/ou de la charge, le cas échéant, pouvant alimenter l'étape a) séparément.

- Lors de la mise en contact de la charge plastique avec le solvant de dissolution, le solvant de dissolution est avantageusement au moins en partie, et de préférence en totalité, sous forme
20 liquide ou éventuellement supercritique, tandis que la charge plastique, qui comprend les thermoplastiques visés, peut être sous forme solide ou liquide et comprendre éventuellement des particules solides en suspension. La charge plastique peut également éventuellement être injectée dans l'équipement de dissolution, en mélange avec le solvant de dissolution, sous forme de suspension dans le solvant de dissolution, la préparation et l'injection de la
25 suspension pouvant être continue ou discontinue.

- De manière à permettre la mise en contact entre le solvant de dissolution et la charge plastique et surtout une dissolution efficace et homogène des thermoplastiques visés dans le solvant de dissolution, l'étape a) de dissolution peut avantageusement mettre en œuvre
30 différents types d'équipements tels que des dispositifs de mélange, de transport, de chauffage, et comme par exemple un réacteur, une pompe, un circuit de transport, un système d'agitation, un four, un échangeur, un mélangeur, etc. En particulier, l'étape a) met en œuvre avantageusement au moins un équipement de dissolution, et éventuellement au moins un dispositif de préparation de la charge, un dispositif de mélange et/ou un dispositif
35 de transport. Les équipements et/ou dispositifs mis en œuvre dans l'étape a) peuvent être

- par exemple un(des) mélangeur(s) statique(s) ou dynamique(s), une extrudeuse, une pompe, un réacteur, une colonne à co- ou contre-courant et/ou des dispositifs de transport, avantageusement connectés entre eux. Les dispositifs de transport en particulier des fluides, comme les gaz, liquides ou solides, sont bien connus de l'Homme du métier. De manière
- 5 non limitative, les dispositifs de transport peuvent comprendre au moins un des dispositifs suivants : un compresseur, une pompe, une extrudeuse, un tube vibrant, une vis sans fin, une vanne. Les équipements et/ou dispositifs mis en œuvre dans l'étape a) peuvent aussi comprendre ou être associés à des systèmes de chauffe (par exemple four, échangeur, traçage...) pour atteindre les conditions nécessaires à la dissolution.
- 10 De manière préférée, l'étape a) de dissolution met en œuvre au moins un moyen pour fondre au moins en partie la charge plastique, de préférence une extrudeuse, éventuellement au moins un moyen pour mélanger au moins une partie du solvant de dissolution et la charge plastique avantageusement au moins en partie fondue, comme un ou une série de deux à dix mélangeur(s) (de préférence un à dix mélangeur(s) statique(s)), et un équipement de
- 15 dissolution, par exemple au moins un réacteur agité en continu, appelé encore « Continuous Stirred Tank Reactor » (CSTR) selon la terminologie anglo-saxonne, équipé par au moins un système d'agitation mécanique. Dans ce cas, la charge plastique alimente le moyen pour fondre, en particulier l'extrudeuse, de sorte que, en sortie dudit moyen, au moins une partie et de préférence la totalité des thermoplastiques visés, compris dans la charge plastique, se
- 20 trouvent à l'état fondu. La charge plastique peut alors être ensuite injectée dans l'équipement de dissolution, par exemple un réacteur de type réacteur agité en continu (ou CSTR), ou éventuellement dans un système comprenant un mélangeur ou une série de mélangeur(s) avantageusement suivi(s) d'un réacteur par exemple de type réacteur agité en continu (ou CSTR). La charge plastique, au moins en partie à l'état fondu, peut également être pompée
- 25 à l'aide d'une pompe dédiée aux fluides visqueux souvent appelée pompe de melt ou pompe à engrenage. La charge plastique, au moins en partie à l'état fondu peut également être, en sortie dudit moyen pour fondre, filtrée à l'aide d'un dispositif de filtration, éventuellement en complément de la pompe de melt, en vue d'éliminer les particules les plus grosses, généralement la taille de la maille de ce filtre est comprise entre 10 μm (micromètre) et 1 mm
- 30 (millimètre), de préférence entre 20 et 200 μm . Parallèlement, le solvant de dissolution alimente directement l'équipement de dissolution, ledit moyen pour fondre, en particulier l'extrudeuse, et/ou le ou la série de mélangeur(s).

De manière préférée, l'étape a) met en œuvre, préalablement à au moins un réacteur de type CSTR, une extrudeuse suivie d'au moins un mélangeur statique dans lesquels au moins

35 une fraction du solvant de dissolution est injectée, de manière à favoriser le cisaillement et le

mélange intime entre le solvant de dissolution et la charge plastique, ce qui contribue à la dissolution des thermoplastiques visés.

Très avantageusement, la solution polymère brute obtenue à l'issue de l'étape a) de dissolution comprend au moins le solvant de dissolution et les thermoplastiques visés, en particulier les polyoléfines visées, dissous dans le solvant de dissolution. En général, la solution polymère brute comprend également des impuretés solubles également dissoutes dans le solvant de dissolution et/ou des impuretés insolubles en suspension. La solution polymère brute obtenue à l'issue de l'étape a) de dissolution peut éventuellement comprendre également des polymères, par exemple à l'état fondu, dissous ou non.

10 Etape b) de purification de la solution polymère

Le procédé de purification selon l'invention comprend une étape de purification de la solution polymère brute issue de l'étape a). Cette étape b) de purification comprend au moins l'une des sous-étapes b1), b2), b3), b4) décrites ci-après :

b1) une sous-étape de séparation des insolubles,

15 b2) une sous-étape de lavage, par contact avec une solution dense,

b3) une sous-étape d'extraction, par contact avec un solvant d'extraction,

b4) une sous-étape d'adsorption des impuretés par contact avec un adsorbant.

Les différentes sous-étapes b1), b2), b3) et b4) peuvent être opérées en continu, en discontinu (ou mode batch) ou en mode discontinu alimenté (ou fed-batch).

20 De préférence, l'étape b) de purification comprend au moins une sous-étape b1) de séparation des insolubles. De manière préférée, l'étape b) de purification comprend plusieurs (c'est-à-dire au moins deux) sous-étapes choisies parmi les sous-étapes b1), b2), b3) et b4), en série les unes par rapport aux autres, et de manière préférée au moins une sous-étape b1) de séparation des insolubles et par exemple une sous-étape b4) d'adsorption, et très
25 avantageusement dans l'ordre b1) puis b4). La combinaison d'au moins deux sous-étapes choisies parmi b1), b2), b3) et b4) permet avantageusement une purification optimale de la solution polymère, ce qui par conséquent permet d'obtenir un flux de thermoplastiques purifiés présentant des teneurs en impuretés très faibles, de préférence inférieures ou égales à 5% poids, préférentiellement inférieures ou égales à 1,0% poids, de manière préférée
30 inférieures ou égales à 0,5% poids, par rapport au poids total du flux de thermoplastiques purifiés.

La solution polymère obtenue à l'issue de l'étape b) est une solution polymère purifiée qui comprend les thermoplastiques visés, en particulier les polyoléfines visées, dissous dans le

solvant de dissolution. Cette solution polymère purifiée peut correspondre à une solution polymère clarifiée issue d'une sous-étape b1) de séparation des insolubles, une solution polymère lavée issue d'une sous-étape b2) de lavage, une solution polymère extraite issue d'une sous-étape b3) d'extraction ou une solution polymère raffinée issue d'une sous-étape b4) d'adsorption des impuretés.

De manière préférée, la température et la pression à l'étape b) sont ajustées, de sorte à obtenir en sortie d'étape b), une solution polymère, c'est-à-dire la solution polymère purifiée, sous forme liquide.

Sous-Etape b1) de séparation des insolubles

Le procédé de purification peut comprendre une sous-étape b1) de séparation des insolubles en particulier par séparation solide-liquide, pour obtenir avantageusement au moins une solution polymère clarifiée (c'est-à-dire dépourvue d'au moins une partie, de préférence de la totalité, des impuretés insolubles de la solution polymère brute), et de préférence au moins une fraction insoluble. Ladite au moins une fraction insoluble comprend avantageusement, au moins en partie, de préférence la totalité, des impuretés insolubles, notamment en suspension dans la solution polymère brute issue de l'étape a), éventuellement du solvant de dissolution et optionnellement des impuretés solubles.

La sous-étape b1) de séparation des insolubles permet ainsi d'éliminer au moins une partie, de préférence la totalité, des impuretés insolubles présentes en suspension dans la solution polymère brute issue de l'étape a). Les impuretés insolubles éliminées lors de la sous-étape b1) de séparation des insolubles sont par exemple des pigments, des composés minéraux, des résidus d'emballages (verre, bois, carton, papier, aluminium) et des polymères insolubles. Lorsqu'elle est mise en œuvre, cette sous-étape b1) de séparation permet avantageusement, outre l'élimination d'au moins une partie des impuretés insolubles, de limiter les problèmes opératoires, en particulier de type bouchage et/ou érosion, des étapes du procédé situées en aval d'une telle sous-étape b1), tout en contribuant à la purification de la charge plastique.

La sous-étape b1) de séparation des insolubles est avantageusement mise en œuvre à une température comprise entre 100 et 300°C, de préférence entre 150 et 250°C, préférentiellement entre 160 et 225°C, très préférentiellement entre 165 et 210°C, et de manière préférée entre 170 et 195°C, et à une pression comprise entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 25, 0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,0 et 18,0 MPa absolu et de manière très préférée entre 1,5 et 15,0 MPa absolu. Très avantageusement, la sous-étape b1) de séparation des insolubles est mise en œuvre aux conditions de température et de pression en sortie de l'étape a) de dissolution, c'est-à-dire à

la température de dissolution et la pression de dissolution telles que définies plus haut, éventuellement avec une pression abaissée, de préférence de 0,01 à 10,0 MPa, de préférence de 0,1 à 5,0 MPa du fait des pertes de charges subies entre l'étape a) et la sous-étape b1).

- 5 Lorsqu'elle est intégrée au procédé, la sous-étape b1) de séparation des insolubles est de préférence alimentée par la solution polymère brute issue de l'étape a) ou toute autre solution polymère issue d'une sous-étape b2), b3) ou b4) éventuellement située en amont de la sous-étape b1). Selon un mode de réalisation préféré, la sous-étape b1) est alimentée par la solution polymère brute issue de l'étape a). Selon un autre mode de réalisation, la sous-étape b1) peut être alimentée par une solution polymère lavée issue d'une sous-étape b2) de lavage, située en amont de la sous-étape b1).

Avantageusement, la sous-étape b1) met en œuvre toute étape de séparation solide-liquide connue de l'homme du métier pour séparer les insolubles, solides (comme les additifs de type charges minérales ou pigments) ou liquides (par exemple des polymères sous forme fondu et de nature différente de celle des thermoplastiques visés), par exemple une étape de séparation par décantation, filtration, centrifugation, séparation électrostatique, etc.

De préférence, la sous-étape b1) comprend au moins une, de préférence entre une et cinq, préférentiellement entre deux et cinq, étape(s) de séparation solide-liquide (ou de séparation solide-liquide-liquide, notamment dans le cas où l'effluent obtenu à l'issue de l'étape de dissolution comprend outre la solution polymère et les impuretés solides, des impuretés et/ou polymères sous forme liquide et peu ou pas solubles, et de nature différente que celle des thermoplastiques visés). Lorsqu'elle est mise en œuvre, la sous-étape b1) comprend de préférence plusieurs, c'est-à-dire entre deux et cinq, étapes de séparation solide-liquide (ou de séparation solide-liquide-liquide) en série et/ou en parallèle. La présence d'au moins deux étapes de séparation solide-liquide en série permet d'améliorer l'élimination des insolubles, tandis que la présence de plusieurs étapes de séparation solide-liquide en parallèle permet de gérer la maintenance des équipements et/ou des opérations de décolmatage. Selon un mode de réalisation préféré, la sous-étape b1) de séparation des insolubles met en œuvre une étape de séparation solide-liquide par décantation et/ou au moins une, de préférence entre une et quatre, étapes de séparation solide-liquide par filtration.

Ladite au moins une étape de séparation solide-liquide met en œuvre de préférence au moins un équipement de séparation solide-liquide, par exemple un ballon séparateur, un décanteur, un décanteur centrifuge, une centrifugeuse, un filtre, un filtre à sable, un filtre tangentiel mettant notamment en œuvre une membrane et/ou un filtre en profondeur, un séparateur à courant de Foucault, un séparateur électrostatique, un séparateur

triboélectrique, et de préférence un décanteur, un filtre, un filtre à sable et/ou un séparateur électrostatique. Avantageusement, un filtre autonettoyant peut être utilisé, le nettoyage ou décolmatage permettant l'élimination des insolubles étant réalisé à l'aide d'un flux de solvant. Lors de la sous-étape b1), des adjuvants de filtration (par exemple des terres de diatomées
5 ou du sable) peuvent éventuellement être ajoutés préalablement à une étape de décantation et/ou une étape de séparation par filtration.

En fonction de la nature de la charge, la solution polymère qui alimente la sous-étape b1), de préférence la solution polymère brute, peut éventuellement également comprendre une deuxième phase liquide, par exemple constituée de polymères fondus, ces polymères étant
10 de nature différente de celle des thermoplastiques visés. Selon un autre mode de réalisation particulier, la sous-étape b1) met avantageusement en œuvre une section de séparation solide-liquide-liquide, mettant en œuvre des équipements permettant la séparation de deux phases liquide et une phase solide, de préférence au moyen d'au moins un séparateur diphasique ou triphasique.

Ladite au moins une fraction insoluble est de préférence évacuée ou traitée de manière à
15 séparer et récupérer des composés d'intérêt, par exemple des polymères, en particulier thermoplastiques, le solvant de dissolution qu'elle peut contenir. L'évacuation ou le traitement de ladite au moins une fraction insoluble peut être facilité(e) par des équipements permettant le transport et/ou la séparation de polymère et/ou de solvant éventuellement
20 présent dans la fraction insoluble, par exemple un convoyeur, un tube vibrant, une vis sans fin, une extrudeuse, un stripage. La sous-étape b1) peut mettre en œuvre des équipements de transport et/ou de séparation pour évacuer et/ou traiter ladite au moins une fraction insoluble. Avantageusement, la sous-étape b1) comprend la séparation et la récupération d'au moins une partie du solvant, en particulier du solvant de dissolution, contenu dans ladite
25 au moins une fraction insoluble, ladite au moins une partie du solvant, en particulier du solvant de dissolution, pouvant être recyclée dans le procédé, en particulier à l'étape a).

Certaines impuretés insolubles, notamment certains pigments et charges minérales, ajoutées classiquement lors de la formulation des polymères, peuvent être sous forme de
30 particules de taille inférieure à 1 μm . C'est par exemple le cas du dioxyde de titane, du carbonate de calcium et du noir de carbone. Selon un mode de réalisation particulier de la sous-étape b1), ladite sous-étape b1) de séparation des insolubles met avantageusement en œuvre un séparateur électrostatique, ce qui permet d'éliminer efficacement, au moins en partie, les particules insolubles de taille inférieure à 1 μm . Selon un autre mode de réalisation particulier de la sous-étape b1), la sous-étape b1) des insolubles met en œuvre un filtre à
35 sable, pour éliminer les particules de différentes tailles et notamment des particules de taille inférieure à 1 μm . Selon encore un autre mode de réalisation particulier, la sous-étape b1)

des insolubles met en œuvre un filtre tangential mettant notamment en œuvre une membrane et/ou un filtre en profondeur, éventuellement en présence d'adjuvants de filtration comme par exemple des terres de diatomées.

Sous-Etape b2) de lavage

- 5 Le procédé de traitement peut éventuellement comprendre une sous-étape b2) de lavage par une solution dense, pour obtenir avantageusement une solution polymère lavée et de préférence au moins un effluent de lavage. La solution polymère lavée obtenue à l'issue de la sous-étape b2) comprend avantageusement les thermoplastiques visés, dissous dans le solvant de dissolution. Eventuellement la solution polymère lavée peut comprendre
- 10 également des impuretés résiduelles en particulier solubles dans le solvant de dissolution et/ou éventuellement des traces du solvant de lavage lorsque la sous-étape b2) est réalisée.

La sous-étape b2) de lavage peut être intégrée en amont ou en aval, de préférence en aval, d'une sous-étape b1) de séparation des insolubles, lorsque ces deux sous-étapes sont intégrées au procédé de traitement selon l'invention.

- 15 Lorsqu'elle est intégrée au procédé, la sous-étape b2) de lavage est alimentée par une solution dense et par la solution polymère issue de l'étape ou sous-étape directement en amont de b2), en particulier par la solution polymère brute issue de l'étape a) ou la solution polymère clarifiée issue d'une sous-étape b1). La solution polymère qui alimente la sous-étape b2) de lavage, en particulier la solution polymère brute ou éventuellement clarifiée,
- 20 peut comprendre des impuretés insolubles en suspension et/ou des impuretés solubilisées. Ces impuretés en suspension ou solubilisées peuvent, en partie ou en totalité, être éliminés lors de la sous-étape b2) de lavage par dissolution ou précipitation et/ou par entraînement dans la solution dense. Ainsi, lorsqu'elle est mise en œuvre, cette sous-étape b2) contribue au traitement de la charge plastique et plus particulièrement à la purification de la solution
- 25 polymère.

- La sous-étape b2) de lavage comprend avantageusement la mise en contact de la solution polymère qui alimente la sous-étape b2), en particulier la solution polymère brute ou clarifiée, avec une solution dense. Avantageusement, la solution dense a une densité plus élevée que la solution polymère (c'est-à-dire le mélange comprenant au moins les thermoplastiques
- 30 visés et le solvant de dissolution dans lequel sont dissous les thermoplastiques visés), en particulier supérieure ou égale à 0,85, de préférence supérieure ou égale à 0,9, préférentiellement supérieure ou égale à 1,0. La solution dense peut être une solution aqueuse, qui comprend de préférence au moins 50% poids d'eau, de manière préférée au moins 75% poids d'eau, de manière très préférée au moins 90% poids d'eau. Le pH de la
- 35 solution aqueuse peut être ajusté à l'aide d'un acide ou d'une base de manière à favoriser la

dissolution de certaines impuretés. La solution dense peut aussi être éventuellement une solution comprenant, de préférence consistant en, un solvant organique de densité avantageusement supérieure ou égale à 0,85, de préférence supérieure ou égale à 0,9, préférentiellement supérieure ou égale à 1,0, et dans lequel les polymères de la charge
5 plastique restent insolubles dans les conditions de température et pression de la sous-étape b2). Ainsi, la solution dense peut comprendre, en particulier consister en, un solvant organique par exemple choisi parmi sulfolane ou N-méthylpyrrolidone (NMP), éventuellement en mélange avec de l'eau. De manière très préférée, la solution dense est une solution aqueuse qui comprend de préférence au moins 50% poids d'eau, de manière
10 préférée au moins 75% poids d'eau, de manière très préférée au moins 90% poids d'eau.

La sous-étape b2) de lavage est avantageusement mise en œuvre à une température entre 100 et 300°C, de préférence entre 150 et 250°C, et très avantageusement à une pression entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,0 et 18,0 MPa absolu et de manière très préférée entre 1,5 et 15,0
15 MPa absolu. Très avantageusement, la sous-étape b2) de lavage est mise en œuvre à la température de dissolution et la pression de dissolution, éventuellement avec une pression abaissée, de préférence de 0,01 à 10,0 MPa, de préférence de 0,1 à 5,0 MPa, du fait des pertes de charges subies entre l'étape a) et la sous-étape b2).

Dans la sous-étape b2) de lavage, lorsqu'elle est intégrée au procédé, le ratio massique
20 entre le débit massique de la solution dense par rapport au débit massique de la solution polymère, qui alimente la sous-étape b2), en particulier de la solution polymère brute ou clarifiée, est avantageusement compris entre 0,05 et 20,0, de préférence entre 0,1 et 10,0 et de manière préférée entre 0,5 et 3,0. La mise en contact entre la solution polymère, en particulier brute ou clarifiée, et la solution dense peut être réalisée en plusieurs points
25 du(des) équipement(s) utilisé(s), c'est-à-dire par plusieurs injections de la solution polymère et/ou de la solution dense en différents points le long de l'équipement (ou des équipements), c'est alors la somme des flux injectés qui est prise en compte dans le calcul du ratio massique.

La sous-étape b2) peut mettre en œuvre un ou plusieurs équipements de lavage permettant
30 la mise en contact de la solution polymère avec la solution dense, et/ou un ou plusieurs équipements de séparation permettant de récupérer au moins un effluent de lavage et une solution polymère lavée. Ces équipements sont bien connus de l'homme du métier : il s'agit, par exemple, de réacteurs agités, mélangeurs statiques, mélangeurs décanteurs, ballons séparateurs diphasique ou triphasique, colonnes de lavage à co ou contre-courant, colonne
35 à plateaux, colonne agitée, colonne garnie, colonne pulsée, etc., chaque type d'équipement

pouvant comprendre un ou plusieurs équipements utilisés seul(s) ou en combinaison avec des équipements d'un autre type.

Selon un mode de réalisation préféré, la sous-étape b2) de lavage est réalisée dans une colonne de lavage à contre-courant. Dans ce mode de réalisation préférée, la solution dense est avantageusement injectée dans la partie supérieure de la colonne, de préférence dans la moitié supérieure, de manière préférée le tiers supérieur, de la colonne (la partie supérieure de la colonne signifiant la partie la plus proche de la tête de colonne), d'une part, et la solution polymère, en particulier brute ou clarifiée, est injectée dans la partie inférieure de la colonne, de préférence dans la moitié inférieure, de manière préférée le tiers inférieur, de la colonne (la partie inférieure de la colonne signifiant la partie la plus proche du fond de colonne), d'autre part. Selon ce mode de réalisation, il est possible de récupérer au moins une solution polymère lavée, de préférence en tête de colonne, et un effluent de lavage, de préférence en fond de colonne. Selon un mode très particulier, les flux en entrée et/ou sortie de la colonne de lavage peuvent être divisés et injectés en plusieurs points d'injection le long de la colonne et/ou soutirés en plusieurs points de soutirage le long de la colonne.

Selon un autre mode de réalisation, la sous-étape b2) de lavage est réalisée dans un mélangeur-décanteur comprenant une zone de mélange agitée, pour mettre en contact la solution dense et la solution polymère en particulier brute ou clarifiée, et une zone de décantation, permettant de récupérer une solution polymère lavée et un effluent de lavage.

A l'issue de la sous-étape b2) de lavage, l'effluent de lavage obtenu comprend avantageusement des impuretés solubilisées dans la solution dense et/ou insolubles et entraînées dans l'effluent de lavage. L'effluent de lavage peut être retraité dans une section de traitement de lavage, d'une part pour séparer au moins en partie les impuretés solubilisées et/ou entraînées et éventuellement purifier l'effluent de lavage, pour obtenir une solution dense purifiée, et d'autre part pour recycler au moins une partie de la solution dense purifiée. Cette éventuelle section de traitement de lavage peut mettre en œuvre un ou des équipement(s) bien connu(s) de séparation solide-liquide, par exemple un ballon séparateur, un décanteur, un décanteur centrifuge, une centrifugeuse, un filtre. L'effluent de lavage peut également être envoyé en dehors du procédé, par exemple dans une station de traitement des eaux usés lorsque la solution dense est une solution aqueuse.

Etape b3) d'extraction

Le procédé selon l'invention peut comprendre une sous-étape b3) d'extraction avantageusement par mise en contact de la solution polymère qui alimente la sous-étape b3) avec un solvant d'extraction, pour obtenir au moins une solution polymère extraite et de préférence un solvant usagé. La solution polymère extraite obtenue à l'issue de la sous-

étape b3) comprend avantageusement les polymères thermoplastiques visés, dissous dans le solvant de dissolution. Le solvant usé est avantageusement chargé en impuretés.

Eventuellement la solution polymère extraite peut comprendre également des impuretés résiduelles en particulier solubles dans le solvant de dissolution et/ou des traces du solvant de lavage et/ou du solvant d'extraction si la(les) sous-étape(s) b2) et/ou b3) est(sont) réalisée(s).

Lorsqu'elle est intégrée au procédé de traitement selon l'invention, la sous-étape b3) d'extraction est située très avantageusement en aval d'une sous-étape b1) de séparation des insolubles, et éventuellement en amont ou en aval d'une sous-étape b2) de lavage et/ou d'une sous-étape b4) d'adsorption lorsque ces dernières sont également intégrées au procédé.

La sous-étape b3) d'extraction est alimentée avantageusement par un solvant d'extraction et par la solution polymère issue de l'étape ou sous-étape directement en amont de b3), en particulier par la solution polymère brute issue de l'étape a), la solution polymère clarifiée issue de la sous-étape b1), la solution polymère lavée issue de la sous-étape b2) ou la solution polymère raffinée issue d'une sous-étape b4). La solution polymère qui alimente la sous-étape b3), en particulier la solution polymère brute, clarifiée, lavée ou raffinée, peut comprendre des impuretés notamment solubilisées qui peuvent en partie ou en totalité être éliminées lors de la sous-étape b3) d'extraction par mise en contact avec un solvant d'extraction.

Lorsqu'elle est intégrée au procédé selon l'invention, la sous-étape b3) d'extraction met avantageusement en œuvre au moins une section d'extraction, de préférence entre une et cinq section(s) d'extraction, de manière très préférée une section d'extraction.

Avantageusement, le ratio massique entre le débit massique du solvant d'extraction par rapport au débit massique de la solution polymère qui alimente b3), est compris entre 0,05 et 20,0, de préférence entre 0,1 et 10,0 et de manière préférée entre 0,2 et 5,0. La mise en contact entre la solution polymère qui alimente la sous-étape b3) et le solvant d'extraction peut être réalisée en plusieurs points de la section d'extraction, c'est-à-dire par plusieurs injections de la solution polymère et/ou du solvant d'extraction en différents points le long de la section d'extraction, c'est alors la somme des flux injectés qui est prise en compte dans le calcul du ratio massique.

De préférence, le solvant d'extraction mis en œuvre dans la sous-étape b3) d'extraction comprend un solvant organique ou un mélange de solvants organiques. De préférence, le solvant d'extraction comprend, de préférence consiste en, au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique (c'est-à-dire saturé), de

préférence linéaire, ramifié ou cyclique, préférentiellement non aromatique. De préférence, le solvant d'extraction comprend au moins 80% poids, préférentiellement au moins 95% poids, de manière préférée 98% poids d'au moins un composé hydrocarboné, de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, de préférence linéaire, ramifié ou cyclique,

5 préférentiellement non aromatique, les pourcentages étant exprimés par rapport au poids total du solvant de dissolution (100% étant le maximum. De manière préférée, le solvant d'extraction comprend, de préférence consiste en, au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, présentant une température d'ébullition comprise entre - 50 et 250°C, de préférence entre - 15 et 200°C, préférentiellement entre 15

10 et 160°C et de manière préférée entre 50 et 120°C (à pression atmosphérique, en particulier à 0.1 MPa). De manière préférée, ledit au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, de préférence linéaire, ramifié ou cyclique, préférentiellement non aromatique, a entre 3 et 12 atomes de carbone, de préférence entre 4 et 10 atomes de carbone, préférentiellement entre 5 et 8 atomes de carbone, et de manière

15 très préférée a 6, 7 ou 8 atomes de carbone. Par exemple, ledit au moins un composé hydrocarboné de préférence aliphatique et en particulier paraffinique, de préférence linéaire, ramifié ou cyclique, préférentiellement non aromatique, peut être choisi parmi les isomères du butane, du pentane, de l'hexane, de l'heptane, de l'octane, du nonane, du décane, et leurs mélanges, de manière préférée parmi les isomères de l'hexane, de l'heptane, de

20 l'octane et leurs mélanges. Ainsi, le solvant d'extraction peut comprendre au moins 80% poids, préférentiellement au moins 95% poids, de manière préférée au moins 98% poids, d'un isomère ou d'un mélange d'isomères du butane, du pentane, de l'hexane, de l'heptane de l'octane, du nonane et/ou du décane, de manière d'un isomère ou d'un mélange d'isomères de l'hexane, de l'heptane et/ou de l'octane, les pourcentages étant exprimés par

25 rapport au poids total du solvant de dissolution (100% étant le maximum).

De manière très préférée, le solvant extraction mis en œuvre dans la sous-étape b3) lorsqu'elle est intégrée au procédé selon l'invention est de même nature que celle du solvant de dissolution mis en œuvre dans l'étape a), éventuellement dans un état physique différent (par exemple le solvant d'extraction à l'état supercritique par rapport au solvant de

30 dissolution à l'état liquide), de manière à faciliter la gestion des solvants et notamment leur purification et leur recyclage en particulier vers l'étape a) de dissolution et éventuellement vers la sous-étape b3) d'extraction. Un autre intérêt d'utiliser des solvants de dissolution et d'extraction identiques, dans des états physiques identiques ou différents, en plus de faciliter la gestion des solvants (c'est-à-dire en particulier la récupération, le traitement et le

35 recyclage des solvants mis en jeu dans le procédé), est de limiter les consommations

énergétiques et les coûts en particulier générés par le traitement et la purification des solvants.

La(les) section(s) d'extraction de la sous-étape b3) peu(ven)t comprendre un ou des équipement(s) d'extraction, permettant la mise en contact avec le solvant d'extraction, et/ou
5 des équipements de séparation permettant de récupérer au moins un solvant usagé, en particulier chargé en impuretés, et une solution polymère extraite. Ces équipements sont bien connus de l'homme du métier : ce sont, par exemple, des réacteurs agités, mélangeurs statiques, mélangeurs décanteurs, ballons séparateurs diphasique ou triphasique, colonnes de lavage à co ou contre-courant, colonne à plateaux, colonne agitée, colonne garnie,
10 colonne pulsée etc., chaque type d'équipement pouvant comprendre un ou plusieurs équipements utilisés seul(s) ou en combinaison avec des équipements d'un autre type.

Selon un mode de réalisation préféré de b3), l'extraction est réalisée dans une colonne d'extraction à contre-courant. Dans ce mode de réalisation préférée, le solvant d'extraction est avantageusement injecté dans la partie supérieure de la colonne, de préférence dans la
15 moitié supérieure, de manière préférée le tiers supérieur, de la colonne (la partie supérieure de la colonne signifiant la partie la plus proche de la tête de colonne), d'une part, et la solution polymère qui alimente la sous-étape b3) est injectée dans la partie inférieure de la colonne, de préférence dans la moitié inférieure, de manière préférée le tiers inférieur, de la colonne (la partie inférieure de la colonne signifiant la partie la plus proche du fond de
20 colonne), d'autre part. Selon ce mode de réalisation, il est possible de récupérer au moins une solution polymère extraite, de préférence en tête de colonne, et un solvant usagé notamment chargé en impuretés, de préférence en fond de colonne. Les flux en entrée et/ou sortie de la colonne d'extraction à contre-courant peuvent être divisés en plusieurs points d'injection et/ou de soutirage le long de la colonne.

25 Selon un autre mode de réalisation de b3), l'extraction est réalisée dans un mélangeur-décanteur qui comprend avantageusement une zone de mélange agitée pour mettre en contact le solvant d'extraction et la solution polymère qui alimente b3), et une zone de décantation permettant de récupérer une solution polymère extraite d'une part et un solvant usagé d'autre part.

30 Avantageusement, la sous-étape b3) d'extraction est mise en œuvre dans des conditions de température et pression différentes des conditions de température et pression de l'étape a) de dissolution.

Selon un mode de réalisation préféré, la sous-étape b3) d'extraction lorsqu'elle est intégrée au procédé de traitement met en œuvre une section d'extraction liquide/liquide. De manière
35 préférée, ladite section d'extraction liquide/liquide est opérée entre 100°C et 300°C, de

préférence entre 150°C et 250°C, et à une pression entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, de
préférence entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,0 et 18,0 MPa absolu et
de manière très préférée entre 1,5 et 15,0 MPa absolu. Dans tous les cas, dans ce mode de
réalisation, les conditions de température et pression sont ajustées de sorte que le solvant
5 d'extraction soit à l'état liquide, le solvant de dissolution étant de préférence lui-aussi à l'état
liquide. Très avantageusement, l'extraction liquide/liquide en particulier lorsque le solvant
d'extraction est le même que le solvant de dissolution, est mise en œuvre dans des
conditions de température et de pression différentes des conditions de dissolution atteintes à
l'étape a), en particulier à une température supérieure à la température de dissolution et/ou à
10 une pression inférieure à la pression de dissolution, de manière à se placer ainsi dans une
zone diphasique du diagramme de mélange polymère-solvant correspondant.

Selon un autre mode de réalisation préféré, la sous-étape b3) d'extraction met en œuvre une
section d'extraction dans des conditions particulières de température et pression dans
lesquelles le solvant d'extraction est avantageusement au moins en partie sous forme
15 supercritique. Une telle extraction peut être appelée extraction supercritique. Dans ce mode
de réalisation, l'extraction est réalisée par mise en contact de la solution polymère qui
alimente b3) avec un solvant d'extraction qui est au moins en partie, de préférence en
totalité, à l'état supercritique (de préférence au moins 50% poids, préférentiellement au
moins 70% poids, de manière préférée au moins 90% poids du solvant d'extraction est sous
20 forme supercritique). Une telle sous-étape b3) d'extraction supercritique permet
avantageusement une purification efficace de la solution polymère, notamment grâce à la
très forte affinité des impuretés organiques, comme certains des additifs, notamment
certains colorants, plastifiants, etc., pour la phase supercritique. L'utilisation d'un solvant
d'extraction à l'état supercritique permet également de créer un écart de densité conséquent
25 entre la phase supercritique et la solution polymère sous forme liquide, ce qui facilite une
séparation par décantation entre la phase supercritique avantageusement chargée en
impuretés, et la phase liquide qui comprend les thermoplastiques visés, et par conséquent
ce qui contribue à la purification de la solution polymère.

Dans cet autre mode de réalisation préféré, la sous-étape b3) met en œuvre un solvant
30 d'extraction comprenant au moins 80% poids, préférentiellement au moins 95% poids, de
manière préférée 98% poids d'au moins un composé hydrocarboné paraffinique aliphatique
(ou alcane) (100% étant le maximum, les pourcentages étant exprimés par rapport au poids
total du solvant d'extraction) présentant une température critique de préférence comprise
entre 95 et 350°C, préférentiellement entre 130 et 320°C, de manière préférée entre 180 et
35 300°C.

Avantageusement, la sous-étape b3) d'extraction supercritique de cet autre mode de réalisation préféré est mise en œuvre à une température entre 100 et 350°C, de préférence entre 130°C et 320°C, de manière préférée entre 180°C et 280°C, et à une pression de préférence entre 2,0 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 2,0 et 25,0 MPa absolu, 5 préférentiellement entre 2,0 et 18,0 MPa absolu, de manière très préférée entre 2,7 et 15,0 MPa absolu et de manière très préférée entre 3,0 et 7,5 MPa absolu, voire entre 3,0 et 5,5 MPa absolu. Dans tous les cas, dans ce mode de réalisation, les conditions de température et pression sont ajustées, notamment dans une section d'ajustement mise en œuvre à la sous-étape b3) d'extraction en amont de la section d'extraction, de sorte que le 10 solvant d'extraction soit au moins en partie à l'état supercritique dans la section d'extraction.

Dans un mode de réalisation particulier, la sous-étape b3) d'extraction met en œuvre une extraction supercritique et le solvant d'extraction est de même que celle du solvant de dissolution, hormis le fait que le solvant d'extraction est au moins en partie à l'état supercritique. Dans ce cas d'extraction supercritique, le solvant de dissolution peut devenir 15 au moins en partie sous forme supercritique, optimisant avantageusement la décantation lors de l'étape d'extraction, plus particulièrement à chaque phase ou plateau d'extraction, entre la phase liquide et la phase supercritique, ce qui permet ainsi de maximiser la purification.

Avantageusement à l'issue de la sous-étape b3) d'extraction, le solvant usagé obtenu est en particulier chargé en impuretés solubles. Il peut être retraité dans une section de traitement 20 organique permettant d'une part de séparer au moins une partie des impuretés et purifier le solvant pour obtenir un solvant d'extraction purifié, et d'autre part de recycler au moins une partie du solvant d'extraction purifié en entrée de b3), et/ou en entrée de l'étape a) de dissolution dans le cas où le solvant de dissolution et le solvant d'extraction sont de nature identique. Le solvant usagé peut être traité selon toute méthode connue de l'homme du 25 métier, comme une ou plusieurs méthodes parmi distillation, évaporation, extraction, adsorption, cristallisation et précipitation des insolubles, ou par purge.

Sous-Etape b4) d'adsorption

Le procédé de traitement selon l'invention peut comprendre une sous-étape b4) d'adsorption, pour obtenir une solution polymère raffinée. La solution polymère raffinée 30 obtenue à l'issue de la sous-étape b4) comprend avantageusement les polymères thermoplastiques visés, en particulier les polyoléfinés visés, dissous dans le solvant de dissolution. Lorsqu'elle est intégrée au procédé selon l'invention, la sous-étape b4)

d'adsorption est avantageusement mise en œuvre par mise en contact de la solution polymère qui l'alimente avec un (ou des) adsorbant(s).

Lorsqu'elle est intégrée au procédé selon l'invention, la sous-étape b4) d'adsorption est de préférence mise en œuvre à l'étape b) de purification, en amont de l'étape c) de séparation solvant-polymères. Elle peut cependant être mise en œuvre pendant l'étape a) de dissolution, par introduction de particules d'adsorbant en mélange avec la solution polymère brute, lesdites particules d'adsorbant étant éliminées lors de l'étape b) de purification, éventuellement lors d'une sous-étape b1) de séparation des insolubles ou une sous-étape b2) de lavage. La sous-étape b4) d'adsorption peut encore être mise en œuvre pendant l'étape b) de purification, de préférence en aval d'une sous-étape b1) de séparation des insolubles et éventuellement en amont ou en aval d'une sous-étape b3) d'extraction.

La sous-étape b4) d'adsorption met avantageusement en œuvre une section d'adsorption opérée en présence d'au moins un adsorbant, de préférence solide, et en particulier sous forme de lit fixe, de lit entraîné (ou slurry, c'est-à-dire sous forme de particules introduites dans le flux à purifier et entraînées avec ce flux) ou sous forme de lit bouillonnant, de préférence sous forme de lit fixe ou de lit entraîné, ou encore sous forme de particules d'adsorbant dispersées dans la solution polymère. Le(ou les) adsorbant(s) mis en œuvre dans la sous-étape b4) est(sont) de préférence une alumine, une silice, une silice-alumine, un charbon actif, une terre décolorante, ou leurs mélanges, de manière préférée un charbon actif, une terre décolorante ou leurs mélanges, de préférence sous forme de lit fixe ou de lit entraîné, la circulation des flux pouvant être ascendante ou descendante à travers ledit lit.

Avantageusement, lorsqu'elle est intégrée au procédé, la sous-étape b4) d'adsorption est mise en œuvre à une température entre 100 et 300°C, de préférence entre 150 et 250°C, et à une pression entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,0 et 18,0 MPa absolu et de manière très préférée entre 1,5 et 15,0 MPa absolu. Très avantageusement, la sous-étape b4) d'adsorption est mise en œuvre aux conditions de température et de pression de dissolution, c'est-à-dire à la température de dissolution et la pression de dissolution atteintes à l'étape a), éventuellement avec une pression abaissée, de préférence de 0,01 à 10,0 MPa, de préférence de 0,1 à 5,0 MPa du fait des pertes de charges subies entre l'étape a) et la sous-étape b4). De préférence, dans la sous-étape b4), la vitesse volumique horaire (ou VVH), qui correspond au ratio entre le débit volumique de la solution polymère qui alimente b4) et le volume d'adsorbant, avantageusement en opération dans b4), est comprise entre 0,05 et 10 h⁻¹, préférentiellement entre 0,1 et 5,0 h⁻¹.

Selon un mode de réalisation particulier de la sous-étape b4), la section d'adsorption peut comprendre un ou plusieurs lit(s) fixe(s) d'adsorbant, par exemple sous forme de colonne(s) d'adsorption, de préférence au moins deux colonnes d'adsorption, préférentiellement entre deux et quatre colonnes d'adsorption, contenant ledit(ou lesdits) adsorbant(s). Lorsque la

5 section d'adsorption comprend deux colonnes d'adsorption, un mode de fonctionnement peut être un fonctionnement appelé « swing », selon le terme anglo-saxon consacré, dans lequel l'une des colonnes est en ligne, c'est-à-dire en fonctionnement, tandis que l'autre colonne est en réserve. Lorsque l'adsorbant de la colonne en ligne est usé, cette colonne est isolée tandis que la colonne en réserve est mise en ligne, c'est-à-dire en fonctionnement.

10 L'adsorbant usé peut être ensuite régénéré in situ et/ou remplacé par de l'adsorbant frais pour que la colonne le contenant puisse à nouveau être remise en ligne une fois que l'autre colonne aura été isolée.

Un autre mode de fonctionnement de ce mode de réalisation particulier de b4) est d'avoir au moins deux colonnes d'adsorbant fonctionnant en série. Lorsque l'adsorbant de la colonne

15 placée en tête est usé, cette première colonne est isolée et l'adsorbant usé est régénéré *in situ* ou remplacé par de l'adsorbant frais. La colonne est ensuite remise en ligne en dernière position et ainsi de suite. Ce fonctionnement est appelé mode permutable, ou selon le terme anglais « PRS » pour Permutable Reactor System ou encore « lead and lag » selon le terme anglo-saxon consacré. L'association d'au moins deux colonnes d'adsorption permet de palier

20 à l'empoisonnement et/ou au colmatage possible et éventuellement rapide de l'adsorbant sous l'action conjointe des impuretés, des contaminants et des insolubles éventuellement présents dans le flux à traiter. La présence d'au moins deux colonnes d'adsorption facilite en effet le remplacement et/ou la régénération de l'adsorbant, avantageusement sans arrêt du procédé, et permet aussi de maîtriser les coûts et de limiter la consommation d'adsorbant.

25 Etape c) de séparation solvant-polymère

Selon l'invention, le procédé comprend une étape c) de séparation solvant-polymère, pour obtenir au moins un flux de polymères thermoplastiques purifiés, plus particulièrement au moins un flux de polyoléfines purifiées, et de préférence au moins un flux de solvant. Cette

30 étape c) se situe en aval de l'étape b) de purification. Elle est avantageusement alimentée par la solution polymère purifiée obtenue à l'issue de l'étape b) de purification.

L'étape c) de séparation solvant-polymère vise à séparer, au moins en partie, de préférence majoritairement, voire en totalité, le(les) solvant(s), en particulier le solvant de dissolution, contenu(s) dans la solution polymère purifiée qui alimente l'étape c), de manière à récupérer les thermoplastiques visés, débarrassés au moins en partie, de préférence en totalité, des

35 impuretés et du solvant de dissolution, et de préférence également du(des) autre(s)

solvant(s) éventuellement mis en œuvre notamment lors de l'étape b) du procédé (i.e. le solvant d'extraction et/ou la solution dense). Par majoritairement, il faut comprendre au moins 50% poids, préférentiellement au moins de préférence au moins 70% poids, de manière préférée au moins 90% poids, de manière très préférée au moins 95% poids, par rapport au poids du(ou des) solvant(s) contenu(s) dans la solution polymère purifiée qui alimente l'étape c), en particulier du solvant de dissolution et éventuellement du solvant d'extraction et/ou de la solution dense contenu(s) dans la solution polymère purifiée qui alimente l'étape c).

Ainsi, l'étape c) de séparation solvant-polymère met en œuvre une section de séparation gaz-liquide ou plusieurs sections de séparation gaz-liquide fonctionnant en série. L'expression « plusieurs sections de séparation gaz-liquide » signifie, selon la présente description, au moins deux sections de séparation gaz-liquide, et de préférence entre deux et dix, préférentiellement entre deux et cinq, par exemple trois ou quatre, sections de séparation gaz-liquide. De préférence, l'étape c) de séparation solvant-polymère met en œuvre au moins deux, préférentiellement entre deux et dix, très préférentiellement entre deux et cinq, par exemple trois ou quatre, sections de séparation gaz-liquide successives. Autrement dit, l'étape c) de séparation solvant-polymère met en œuvre de préférence N sections de séparation gaz-liquide, N étant un nombre entier supérieur ou égal à deux, de préférence compris entre deux et dix, préférentiellement entre deux et cinq, N étant par exemple trois ou quatre.

Le principe de séparation dans ladite section de séparation gaz-liquide ou dans les sections de séparation gaz-liquide de la série repose sur l'évaporation, au moins en partie, du solvant, en particulier du solvant de dissolution, présent dans la solution polymère qui alimente ladite section ou chacune desdites sections ; et ledit solvant (ou la fraction dudit solvant) alors sous forme de gaz est séparé(e) de la solution polymère qui est quant à elle sous forme liquide.

Ainsi, la section de séparation gaz-liquide ou chacune des sections de séparation gaz-liquide produit un effluent gaz, qui avantageusement comprend du solvant, en particulier du solvant de dissolution, sous forme gaz, et un effluent liquide qui comprend avantageusement les thermoplastiques visés éventuellement dissous dans le solvant de dissolution résiduel. Lorsque l'effluent liquide comprend du solvant résiduel, en particulier du solvant de dissolution résiduel, lesdits thermoplastiques visés sont dissous dans le solvant résiduel et l'effluent liquide correspond donc à une solution polymère. Très avantageusement, l'effluent liquide issu de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série comprend de préférence au plus 5% poids, préférentiellement au plus 1,00% poids, très préférentiellement au plus 0,10% poids, voire au

plus 500 ppm poids de solvant, par rapport au poids total dudit effluent liquide, et constitue avantageusement ledit flux de polymères thermoplastiques purifiés.

La solution polymère purifiée, obtenue à l'issue de l'étape b) de purification, alimente ladite section de séparation gaz-liquide ou la première section de séparation gaz-liquide de la série. Lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide, l'effluent liquide de la section antérieure alimente la section ultérieure. En d'autres termes, lorsque l'étape c) met en œuvre N sections de séparation gaz-liquide successives, avec N un entier supérieur ou égal à deux, de préférence compris entre deux et dix, préférentiellement entre deux et cinq, par exemple N étant trois ou quatre :

la solution polymère purifiée, obtenue à l'issue de l'étape b) de purification, alimente la première section de séparation gaz-liquide de la série, qui produit un premier effluent gaz et un premier effluent liquide ;

le premier effluent liquide obtenu à l'issue de la première section de séparation gaz-liquide alimente la deuxième section de séparation gaz-liquide de la série qui produit un deuxième effluent gaz et un deuxième effluent liquide ;

le deuxième effluent liquide obtenu à l'issue de la deuxième section de séparation gaz-liquide alimente la troisième section de séparation gaz-liquide de la série qui produit un troisième effluent gaz et un troisième effluent liquide ;

et ainsi de suite jusqu'à la Nième section qui est alimentée par le (N-1)ième effluent liquide obtenu à l'issue de la (N - 1)ième section de séparation gaz-liquide de la série et qui produit un Nième effluent gaz et un Nième effluent liquide,

le Nième effluent liquide obtenu à l'issue de la Nième section de séparation gaz-liquide constitue avantageusement le flux de polymères thermoplastiques purifiés.

L'effluent gaz produit par ladite section de séparation gaz-liquide ou les effluents gaz produits par les sections de séparation gaz-liquide de la série est(sont) récupéré(s) et peu(ven)t être, en tout ou partie, purgé(s) et/ou purifié(s) et/ou fractionné(s) et/ou recyclé(s), directement ou après purification, vers l'étape a) et/ou éventuellement vers l'étape b). Par exemple, l'effluent gaz produit par ladite section de séparation gaz-liquide ou les effluents gaz produits par les sections de séparation gaz-liquide de la série peu(ven)t être entièrement purgé(s) ; ou en partie purgé(s) et en partie recyclé(s) directement vers l'étape a) ; ou bien entièrement recyclé(s) directement vers l'étape a) avec une purge totale à fréquence régulière et pendant un temps fixé ; ou encore au moins en partie purifié(s) puis recyclé(s) vers l'étape a). Selon un autre mode de réalisation, au moins une partie de l'effluent gaz produit par ladite section de séparation gaz-liquide ou les effluents gaz produits par les sections de séparation gaz-liquide de la série peu(ven)t être récupéré(s) et envoyé(s) vers

l'étape b) de purification et être utilisé(s) comme solvant de nettoyage d'au moins un équipement de purification, par exemple pour nettoyer des filtres.

Ladite section de séparation gaz-liquide ou chacune des sections de séparation gaz-liquide, mise en œuvre à l'étape c), est opérée à une température d'entrée (c'est-à-dire en entrée de ladite section ou de chaque section) comprise entre 100°C et 300°C, de préférence entre 110 et 275°C, de préférence entre 150 et 250°C, et à une pression inférieure à la pression de l'étape b) et de préférence à la pression en sortie de l'étape b), en particulier à une pression inférieure à 100,0 MPa absolu, de préférence inférieure à 25,0 MPa absolu, préférentiellement inférieure à 18,0 MPa absolu, de manière préférée inférieure à 15,0 MPa absolu. De préférence, dans la section de séparation gaz-liquide ou dans chacune des sections de séparation gaz-liquide, la pression est supérieure ou égale à 0,000005 MPa absolu (i.e. supérieure ou égale à 5 Pa absolu), notamment supérieure ou égale à 0,00001 MPa absolu (i.e. supérieure ou égale à 10 Pa absolu), en particulier supérieure ou égale à 0,0001 MPa absolu (i.e. supérieure ou égale à 0,1 kPa absolu), plus particulièrement supérieure ou égale 0,0005 MPa absolu (i.e. supérieure ou égale à 0,5 kPa absolu). Très avantageusement, la température est ajustée, dans la section de séparation gaz-liquide ou dans chacune des sections de séparation gaz-liquide, de manière à avoir une température d'opération supérieure ou égale à la température d'évaporation du solvant, en particulier du solvant de dissolution, et avantageusement supérieure ou égale à la température de fusion des thermoplastiques visés, à la pression d'opération de la section de séparation gaz-liquide considérée.

Lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide, la pression de la section ultérieure est inférieure à celle de la section antérieure. En d'autres termes, lorsque l'étape c) met en œuvre N sections de séparation gaz-liquide successives, N étant un nombre entier supérieur ou égal à deux, de préférence compris entre deux et dix, préférentiellement entre deux et cinq, par exemple N étant choisi parmi trois et quatre, la pression de la deuxième section de la série est inférieure à celle de la première section de la série, la pression de la troisième section de la série est inférieure à celle de la deuxième section de la série, et ainsi de suite jusqu'à la Nième section dans laquelle la pression est inférieure à la pression de la (N-1)ième section de la série, la pression de la première section de la série étant inférieure à la pression de l'étape b), de préférence à la pression en sortie de l'étape b). De manière particulière, la première section de séparation gaz-liquide peut être opérée à une température d'entrée comprise entre 100 et 300°C, de préférence entre 110 et 275°C, et à une pression inférieure à 100,0 MPa absolu, de préférence inférieure à 25,0 MPa absolu, préférentiellement inférieure à 15,0 MPa absolu, et avantageusement supérieure ou égale à 0,0008 MPa absolu (i.e. supérieure ou égale à 0,8 kPa absolu ou supérieure ou

égale à 8 mbar absolu) ; tandis que la Nième section peut être opérée à une température d'entrée comprise entre 100 et 300°C, de préférence entre 110 et 275°C, et à une pression comprise entre 0,000005 et 1,00 MPa absolu (c'est-à-dire entre 5 Pa absolu et 1,00 MPa absolu ou entre 0,05 mbar et 10,0 bar), de préférence entre 0,00001 et 1,00 MPa absolu
5 (c'est-à-dire entre 10 Pa absolu et 1,00 MPa absolu, ou entre 0,1 mbar et 10,0 bar), de préférence entre 0,0001 et 1,00 MPa absolu (c'est-à-dire entre 1 mbar et 10,0 bar), de préférence entre 0,0001 et 0,10 MPa absolu (c'est-à-dire entre 1 mbar et 1,0 bar), préférentiellement entre 0,0005 et 0,10 MPa absolu (c'est-à-dire entre 5 mbar et 1,0 bar), préférentiellement entre 0,0005 et 0,050 MPa absolu (c'est-à-dire entre 5 mbar et 0,50 bar),
10 préférentiellement entre 0,0005 et 0,0050 MPa absolu (c'est-à-dire entre 5 mbar et 50 mbar), très préférentiellement entre 0,0005 et 0,0020 MPa absolu (c'est-à-dire entre 5 mbar et 20 mbar) et de manière très préférée entre 0,0008 et 0,0010 MPa absolu (c'est-à-dire entre 8 mbar et 10 mbar). Dans ce cas-là particulier, la pression dans chaque section intermédiaire, située entre la première et la Nième section, le cas échéant, c'est-à-dire lorsqu'elle(s)
15 est(sont) mise(s) en œuvre, est ajustée de manière décroissante et comprise entre la pression de la première section et la pression de la dernière section.

Selon un mode de réalisation très particulier, le thermoplastique visé est le polypropylène et le solvant de dissolution est un isomère ou un mélange d'isomères de l'hexane, de l'heptane et/ou de l'octane. Dans ce mode de réalisation particulier, l'étape a) de dissolution est
20 réalisée à une température de dissolution comprise entre 150 et 250°C, de préférence entre 160 et 225°C, préférentiellement entre 170 et 200°C, et à une pression de dissolution comprise entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 12,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,5 et 6,0 MPa absolu, de manière préférée entre 2,0 et 5,0 MPa absolu. Selon ce mode de réalisation particulier, l'étape b) est réalisée dans les mêmes
25 gammes de température et pression et permet d'obtenir une solution polymère purifiée comprenant le polypropylène visé et qui est envoyée vers l'étape c) de séparation solvant-polymère. Dans ce mode de réalisation, l'étape c) met en œuvre par exemple quatre sections de séparation gaz-liquide successives, dans lesquelles :

- la première section est opérée de préférence à une température d'entrée entre 165 et
30 275°C, préférentiellement entre 170 et 275°C, et à une pression comprise entre 0,5 et 4,0 MPa, préférentiellement entre 0,5 et 2,0 MPa absolu, de manière préférée entre 0,5 et 1,0 MPa absolu,
- la quatrième section est opérée de préférence à une température d'entrée entre 165 et
275°C, préférentiellement entre 170 et 275°C, et à une pression comprise entre 0,000005 et
35 0,0050 MPa absolu (i.e. entre 0,05 et 50 mbar), de préférence entre 0,00001 et 0,0050 MPa absolu (i.e. entre 0,1 et 50 mbar), préférentiellement entre 0,0001 et 0,0050 MPa absolu (i.e.

entre 1 et 50 mbar), très préférentiellement entre 0,0005 et 0,0020 MPa absolu (i.e. entre 5 et 20 mbar), de manière très préférée entre 0,0008 et 0,0010 MPa absolu (i.e. entre 8 et 10 mbar), ou à une pression entre 0,000005 et 1,0 MPa absolu (i.e. entre 0,05 mbar et 10 bar) en présence d'un agent de stripage introduit au niveau de la quatrième section de séparation gaz-liquide ;

- les deuxième et troisième sections de séparation gaz-liquide (i.e. les sections de séparation gaz-liquide intermédiaires) sont opérées à une température d'entrée entre 165 et 275°C, préférentiellement entre 170 et 275°C, et à une pression inférieure à celle de la première section de séparation gaz-liquide et supérieure à celle de la quatrième section de séparation gaz-liquide, et plus particulièrement : pour la deuxième section de séparation gaz-liquide, à une pression inférieure à la pression de la première section de séparation gaz-liquide et supérieure à celle de la troisième section de séparation gaz-liquide ; et pour la troisième section de séparation gaz-liquide, à une pression inférieure à la pression de la deuxième section de séparation gaz-liquide et supérieure à celle de la quatrième section de séparation gaz-liquide.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le thermoplastique visé est le polyéthylène et le solvant de dissolution est de préférence un isomère ou un mélange d'isomères du butane, du pentane, de l'hexane, de l'heptane et/ou de l'octane. Dans ce mode de réalisation particulier, l'étape a) de dissolution est réalisée à une température de dissolution comprise entre 120 et 300°C, de préférence entre 130 et 275°C, préférentiellement entre 150 et 250°C, et à une pression de dissolution comprise entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,5 et 18,0 MPa absolu, de manière préférée entre 2,0 et 15,0 MPa absolu. L'étape b) est réalisée dans les mêmes gammes de température et pression et permet d'obtenir une solution polymère purifiée comprenant le polyéthylène visé et qui est envoyée vers l'étape c) de séparation solvant-polymère. Dans cet autre mode de réalisation particulier, l'étape c) peut mettre en œuvre par exemple quatre sections de séparation gaz-liquide successives, dans lesquelles :

- la première section est opérée de préférence à une température d'entrée entre 130 et 300°C, préférentiellement entre 150 et 275°C, et à une pression supérieure ou égale à 0,1 MPa absolu et inférieure à la pression en sortie de l'étape b), la température et la pression étant avantageusement ajustées de sorte à évaporer une partie du solvant de dissolution, présent dans la solution polymère purifiée qui alimente la première section ;

- la quatrième section est opérée de préférence à une température d'entrée entre 130 et 300°C, préférentiellement entre 150 et 275°C, et à une pression comprise entre 0,000005 et 0,0500 MPa absolu (i.e. entre 0,05 et 500 mbar), de préférence entre 0,00001 et

0,0100 MPa absolu (i.e. entre 0,1 et 100 mbar), préférentiellement entre 0,0001 et 0,0050 MPa absolu (i.e. entre 1 et 50 mbar) ;

- les deuxième et troisième sections de séparation gaz-liquide (i.e. les sections de séparation gaz-liquide intermédiaires) sont opérées à une température d'entrée entre 130 et 300°C, 5
préférentiellement entre 150 et 275°C, et à une pression inférieure à celle de la première section de séparation gaz-liquide et supérieure à celle de la quatrième section de séparation gaz-liquide, et plus particulièrement : pour la deuxième section de séparation gaz-liquide, à une pression inférieure à la pression de la première section de séparation gaz-liquide et supérieure à celle de la troisième section de séparation gaz-liquide ; et pour la troisième 10
section de séparation gaz-liquide, à une pression inférieure à la pression de la deuxième section de séparation gaz-liquide et supérieure à celle de la quatrième section de séparation gaz-liquide.

Ladite section de séparation gaz-liquide ou lesdites sections de séparation gaz-liquide peu(ven)t mettre en œuvre tout type de dispositif connu de l'homme du métier pour séparer 15
du gaz et du liquide, éventuellement accompagné de moyens pour ajuster la température et la pression, par exemple des moyens pour chauffer, des moyens pour ajuster et contrôler la pression au-delà de la pression atmosphérique, des moyens pour ajuster et contrôler la pression au-deçà de la pression atmosphérique (pour obtenir un vide), etc. ; des moyens mécaniques pour mettre en mouvement et en contact les phases gaz et liquide. Par 20
exemple, ladite section de séparation gaz-liquide ou lesdites sections de séparation gaz-liquide peu(ven)t mettre en œuvre un ou plusieurs équipements choisis parmi : un ballon séparateur, une colonne, une colonne à distiller, un stripper, un équipement comportant des internes et/ou du garnissage facilitant la séparation entre le gaz et le liquide, un évaporateur, un évaporateur à couche mince, un évaporateur à film raclé, un évaporateur à film tombant, 25
un évaporateur à pales, un réacteur ou une colonne à disques rotatifs, un réacteur, un réacteur agité, une extrudeuse, un réacteur pétrisseur, un dévolatiliseur. Selon un mode de réalisation très particulier, ladite section de séparation gaz-liquide ou lesdites sections de séparation gaz-liquide peu(ven)t mettre en œuvre un séparateur gaz-liquide comprenant :

- une enceinte comportant une partie supérieure cylindrique et une partie inférieure 30
cylindrique se prolongeant par un fond à section décroissante, ladite partie inférieure comprenant avantageusement une zone de garde liquide au fond de l'enceinte,

- une conduite d'entrée, pour alimenter ledit séparateur en un flux gaz/liquide, ladite conduite d'entrée débouchant à une extrémité dans la partie inférieure de ladite enceinte et ladite extrémité étant avantageusement coudée (c'est-à-dire l'extrémité interne étant 35
avantageusement coudée),

- une conduite de sortie située dans le fond de ladite enceinte, pour évacuer un flux de liquide séparé dudit séparateur gaz-liquide,
 - un système de séparation gaz-liquide qui peut être :
 - un cyclone à corps cylindro-conique, interne à ladite enceinte, et comportant
- 5 un tube d'entrée tangentielle pour alimenter ledit cyclone en un mélange gaz/liquide, ledit tube étant situé dans la partie supérieure de ladite enceinte,
- un tube de sortie pour évacuer un flux de gaz séparé, ledit tube de sortie situé au sommet dudit corps cylindro-conique, ledit tube de sortie débouchant à l'extérieur de l'enceinte du séparateur gaz-liquide, et
- 10 une ouverture à la base dudit corps cylindro-conique, ladite ouverture étant connectée à une jambe de retour pour un flux liquide, ladite jambe de retour débouchant dans ladite zone de garde liquide au fond de l'enceinte dudit séparateur gaz-liquide ; et/ou
- un dispositif de séparation gaz liquide équipé d'une spirale hélicoïdale située dans la partie supérieure de ladite enceinte, ledit dispositif de séparation gaz-liquide étant coiffé d'une
- 15 calotte supérieure qui comprend à son extrémité supérieure un conduit d'évacuation du gaz et à son extrémité inférieure un conduit vertical concentrique au conduit d'admission permettant le retour du liquide séparé vers la zone de garde liquide au fond de l'enceinte dudit séparateur gaz-liquide ;
- éventuellement des moyens d'injection d'un agent d'entraînement et/ou de flux de gaz
- 20 inerte.
- Selon ce mode de réalisation particulier, la partie inférieure de l'enceinte, et plus particulièrement la zone de garde liquide au fond de l'enceinte, peut être équipée d'un agitateur. Toujours selon ce mode de réalisation particulier, une pompe, en particulier une pompe capable d'entraîner des fluides visqueux, appelée aussi pompe melt, peut être mise
- 25 en œuvre à l'extrémité externe (audit séparateur gaz-liquide) de ladite conduite de sortie située dans le fond de l'enceinte.
- Un agent d'entraînement (ou agent de stripage) peut éventuellement être introduit dans la section de séparation gaz-liquide ou la dernière (i.e. la Nième) section de séparation gaz-liquide de la série, pour aider la vaporisation du solvant résiduel présent dans la solution
- 30 polymère en entrée de ladite dernière section. L'ajout d'un agent d'entraînement permet ainsi d'optimiser la séparation solvant-polymère dans la dernière section de séparation gaz-liquide. Il permet d'atteindre des teneurs en solvant résiduel très faibles dans le flux de thermoplastiques purifiés, en particulier inférieure ou égale à 5% poids, de préférence inférieure ou égale à 1,00% poids, de préférence inférieure ou égale à 0,10% poids,

préférentiellement inférieure ou égale à 500 ppm poids de solvant par rapport au poids total du flux de thermoplastiques purifiés, sans la nécessité d'atteindre un vide poussé dans la dernière section, i.e. sans atteindre une pression entre 0,000005 et 1,00 MPa absolu, notamment entre 0,00001 et 1,00 MPa absolu, en particulier entre 0,0001 et 1,00 MPa absolu, plus particulièrement entre 0,0005 et 0,0020 MPa absolu, voire de manière très particulière entre 0,0008 et 0,0010 MPa absolu. L'agent d'entraînement éventuellement introduit est un composé plus léger que le solvant de dissolution, c'est-à-dire un composé ayant une température d'ébullition inférieure à celle du solvant de dissolution (à pression atmosphérique), par exemple l'eau, l'azote, l'hydrogène. De préférence, la quantité d'agent d'entraînement éventuellement introduit représente entre 10% et 0,1 % poids d'agent d'entraînement par rapport aux thermoplastiques visés.

Eventuellement, un flux de gaz inerte, de préférence un flux d'azote, peut être introduit dans la section de séparation gaz-liquide ou la première section de séparation gaz-liquide de la série, pour aider la vaporisation et donc l'élimination du solvant, en particulier du solvant de dissolution, présent dans la solution polymère purifiée qui alimente l'étape c). La présence de gaz inerte modifie le diagramme de phases. La présence du gaz inerte, en particulier la présence d'azote, peut donc favoriser l'évaporation du solvant, en particulier du solvant de dissolution, présent dans la solution polymère purifiée qui alimente l'étape c), et ainsi permettre de limiter les températures d'opération dans ladite section ou première section, tout en optimisant l'évaporation du solvant. En sortie de la section de séparation gaz-liquide ou la première section de séparation gaz-liquide de la série, le gaz inerte se retrouve alors avantageusement en mélange avec le solvant de dissolution gazeux dans l'effluent gaz. La présence du gaz inerte, en particulier la présence d'azote, peut aussi modifier le diagramme de phases de telle sorte que le solvant, en particulier le solvant de dissolution, présent dans la solution polymère purifiée, se retrouve au moins en partie à l'état supercritique. Dans cette situation, la fraction du solvant, en particulier le solvant de dissolution, qui est sous forme supercritique, peut être séparée de la solution polymère par différence de densité, par exemple par décantation notamment dans un ballon décanteur. La présence du gaz inerte, en particulier la présence d'azote, peut également modifier l'équilibre de phases de la solution polymère purifiée qui peut démixer et devenir biphasique avec une première phase liquide qui comprend les thermoplastiques et une phase liquide composée essentiellement de solvant en particulier de solvant de dissolution. Dans le cas de la présence d'un flux de gaz inerte, en particulier d'un flux d'azote, ledit flux de gaz inerte est introduit en quantité telle que le rapport pondéral entre le débit du flux de gaz inerte et le débit de la solution polymère purifiée est compris entre 0,000001 et 1,00, de préférence 0,0001 et 0,50.

Optionnellement, l'étape c) de séparation solvant-polymère peut comprendre une séparation intermédiaire en amont de la ou des séparation(s) gaz-liquide successives. Ainsi, l'étape c) peut mettre en œuvre une section intermédiaire de séparation, située en amont de la ou des sections de séparation gaz-liquide successives. Cette séparation intermédiaire peut être une

5 séparation liquide-liquide, qui met alors avantageusement en œuvre une section intermédiaire de séparation liquide-liquide, ou une séparation supercritique-liquide, qui met alors avantageusement en œuvre une section intermédiaire de séparation supercritique-liquide. L'éventuelle section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide est avantageusement alimentée par la solution polymère purifiée issue de l'étape b),

10 et éventuellement par un flux de gaz inerte, en particulier un flux d'azote. Elle permet de produire une phase liquide qui comprend les thermoplastiques visés en particulier dissous dans le solvant de dissolution résiduel, et une deuxième phase liquide ou une phase supercritique qui comprend du solvant de dissolution, respectivement à l'état liquide ou au moins partiellement supercritique, et qui est avantageusement pauvre en thermoplastiques

15 visés, de préférence qui contient moins de 5% poids, de préférence moins de 1,00% poids, préférentiellement moins de 0,10% poids, voire moins de 500 ppm poids de thermoplastiques visés par rapport au poids total de ladite deuxième phase liquide ou phase supercritique, voire qui est exempt de thermoplastiques visés. Ledit éventuel flux de gaz inerte peut en effet aider à la démixtion de la solution polymère purifiée pour former un

20 système liquide biphasique, ou aider au moins une partie du solvant de dissolution à passer à l'état supercritique.

Lorsqu'une séparation intermédiaire liquide-liquide est intégrée à l'étape c), ladite séparation intermédiaire liquide-liquide comprend avantageusement (i) un ajustement de la température et/ou de la pression de manière à obtenir la démixtion de la solution polymère purifiée, puis

25 (ii) une séparation par différence de densité, en particulier par décantation, d'une phase première phase liquide, qui comprend les thermoplastiques visés en particulier dissous dans le solvant de dissolution résiduel, et d'une deuxième phase liquide, qui est pauvre en thermoplastiques visés, c'est-à-dire qui comprend moins de 5% poids, de préférence moins de 1,00% poids, préférentiellement moins de 0,10% poids, voire moins de 500 ppm poids de

30 thermoplastiques visés par rapport au poids total de ladite deuxième phase liquide. Ainsi, lorsque l'étape c) comprend une séparation intermédiaire liquide-liquide, la température et/ou la pression sont ajustées dans la section intermédiaire de séparation liquide-liquide, de sorte à former à partir de la solution polymère purifiée, éventuellement en présence d'un flux de gaz inerte, un système biphasique. De préférence, la température dans la section

35 intermédiaire de séparation liquide-liquide est ajustée à une valeur inférieure à la température critique du solvant de dissolution (mais supérieure à la température de fusion

des thermoplastique visées). Et de préférence, la pression dans la section intermédiaire de séparation liquide-liquide est ajustée à une valeur inférieure ou égale à la pression du point de bulle du solvant de dissolution à la température d'opération, de manière préférée ajustée à une valeur comprise entre une pression inférieure de 1,0 MPa à la pression du point de bulle ou égale à ladite pression du point de bulle du solvant de dissolution à la température d'opération.

Lorsqu'une séparation intermédiaire supercritique-liquide est intégrée à l'étape c), ladite séparation intermédiaire supercritique-liquide comprend de préférence (i) un ajustement de la température et/ou de la pression dans la section intermédiaire de séparation supercritique-liquide, éventuellement en présence d'un flux de gaz inerte, de sorte que le solvant de dissolution se trouve au moins partiellement à l'état supercritique, puis (ii) une séparation par différence de densité, en particulier par décantation, d'une phase liquide qui comprend les thermoplastiques visés en particulier dissous dans le solvant de dissolution résiduel, et d'une phase supercritique qui comprend du solvant de dissolution à l'état supercritique.

L'éventuelle séparation intermédiaire supercritique-liquide peut en particulier être intégrée à l'étape c) lorsque le solvant de dissolution est suffisamment léger, en particulier lorsque le solvant de dissolution présentant une température d'ébullition (à pression atmosphérique, en particulier à 0,1 MPa) comprise entre -50 et 100°C, de préférence entre -50 et 70°C, préférentiellement entre -45 et 50°C.

La phase liquide qui comprend les thermoplastiques visés obtenue à l'issue de l'éventuelle section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide alimente la section de séparation gaz-liquide ou la première section de séparation gaz-liquide, avantageusement à la place de la solution purifiée.

Par exemple, le thermoplastique visé est le polyéthylène et le solvant de dissolution est de préférence un isomère ou un mélange d'isomères du butane, du pentane, de l'hexane, de l'heptane et/ou de l'octane. Dans ce cas particulier, l'étape a) de dissolution est réalisée à une température de dissolution comprise entre 120 et 300°C, de préférence entre 130 et 275°C, préférentiellement entre 150 et 250°C, et à une pression de dissolution comprise entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, de préférence entre 1,0 et 25,0 MPa absolu, préférentiellement entre 1,5 et 18,0 MPa absolu, de manière préférée entre 2,0 et 15,0 MPa absolu. L'étape b) est réalisée dans les mêmes gammes de température et pression et permet d'obtenir une solution polymère purifiée comprenant le polyéthylène visé et qui est envoyée vers l'étape c) de séparation solvant-polymère. Dans ce cas particulier, l'étape c) peut mettre en œuvre au moins une section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide et deux ou trois section(s) de séparation gaz-liquide successive(s), par exemple de la manière suivante :

- la section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide, de préférence supercritique-liquide, est opérée à une température d'entrée entre 130 et 300°C, préférentiellement entre 150 et 275°C, et à une pression supérieure ou égale à entre 3,0 et 10,0 MPa absolu, de préférence comprise entre 3,0 et 100,0 MPa absolu, la température et la pression étant avantageusement ajustées de sorte à obtenir un système liquide-liquide biphasique ou de sorte à avoir à l'état supercritique au moins une partie du solvant de dissolution, présent dans la solution polymère purifiée qui alimente la première section ; ladite section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide produit ainsi un effluent liquide qui comprend le polyéthylène et qui est envoyé vers la première section de séparation gaz-liquide, et un autre effluent liquide ou un effluent supercritique, de préférence un effluent supercritique, qui comprend du solvant de dissolution ;
- la première section de séparation gaz-liquide est opérée à une température d'entrée entre 130 et 300°C, préférentiellement entre 150 et 275°C, et à une pression supérieure ou égale à 0,1 MPa absolu et inférieure à la pression en sortie de la section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide ;
- la dernière section de séparation gaz-liquide est opérée à une température d'entrée entre 130 et 300°C, préférentiellement entre 150 et 275°C, et à une pression comprise et à une pression comprise entre 0,000005 et 0,0500 MPa absolu (i.e. entre 0,05 et 500 mbar), de préférence entre 0,00001 et 0,0100 MPa absolu (i.e. entre 0,1 et 100 mbar), préférentiellement entre 0,0001 et 0,0050 MPa absolu (i.e. entre 1 et 50 mbar) ;
- l'éventuelle section de séparation gaz-liquide intermédiaire est opérée à une température d'entrée entre 130 et 300°C, préférentiellement entre 150 et 275°C, et à une pression inférieure à celle de la première section de séparation gaz-liquide et supérieure à celle de la dernière section de séparation gaz-liquide.
- Optionnellement, au moins un additif peut être introduit à l'étape c), et/ou éventuellement en amont de l'étape c), en particulier en amont de l'étape a) de dissolution, à l'étape a) de dissolution ou encore à l'étape b) et plus particulièrement dans une sous étape b1) de séparation des insolubles. Par exemple, un agent anti-oxydant peut être introduit à l'étape c), et/ou éventuellement en amont de l'étape c), par exemple en amont de l'étape a) de dissolution, à l'étape a) de dissolution ou encore à l'étape b) et plus particulièrement dans une sous étape b1) de séparation des insolubles, de manière à limiter, voire éviter, toute dégradation des thermoplastiques visés. L'homme du métier saura choisir ledit au moins un additif en particulier ledit agent anti-oxydant en fonction des thermoplastiques visés. Par exemple, l'agent anti-oxydant peut être choisi parmi les composés commercialisés avec les marques de Irganox® et Irgafos®, et en particulier parmi les composés commerciaux

suivants : Irganox® 1010, Irgafos® 168, Irgafos® 168 oxydé. L'homme du métier saura également ajuster la quantité en ledit au moins un additif, en particulier en ledit agent anti-oxydant à introduire, en fonction des thermoplastiques visés et des propriétés souhaitées. Par exemple, l'agent anti-oxydant peut être introduit de sorte à ajuster la teneur en ledit

5 agent anti-oxydant entre 100 et 10 000 ppm poids, de préférence entre 500 et 5000 ppm poids d'agent anti-oxydant par rapport au poids des thermoplastiques visés. Dans le cas où un additif, en particulier un agent anti-oxydant, est introduit à l'étape c), et lorsque l'étape c) met en œuvre une seule section de séparation gaz-liquide, ledit additif, en particulier agent anti-oxydant, est de préférence introduit en amont de ladite section de séparation gaz-

10 liquide, plus particulièrement dans la solution polymère purifiée issue de b) ou éventuellement dans la phase liquide issue de la section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide optionnellement mise en œuvre en amont de ladite section de séparation gaz-liquide. Dans le cas où un additif, en particulier un agent anti-oxydant, est introduit à l'étape c), et lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation

15 gaz-liquide successives, ledit additif, en particulier agent anti-oxydant, est de préférence introduit en aval de la première section de séparation gaz-liquide de la série, de manière unitaire ou fractionnée, plus particulièrement dans au moins un des effluents liquides produits par les sections de séparation gaz-liquide de la série (y compris la première section), et de manière préférée dans un des effluents liquides produits par une des sections

20 en amont de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série. Dans le cas où un additif, en particulier un agent anti-oxydant, est introduit à l'étape c), et lorsque l'étape c) met en œuvre une section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide et un ou plusieurs section(s) de séparation gaz-liquide successives et, ledit additif, en particulier agent anti-oxydant, est de préférence introduit en aval de ladite section

25 intermédiaire, de manière unitaire ou fractionnée, plus particulièrement dans la phase liquide issue de ladite section intermédiaire et/ou dans l'effluent liquide produit par la section de séparation gaz-liquide ou dans au moins un des effluents liquides produits par les sections de séparation gaz-liquide de la série (y compris la première section), et de manière préférée dans la phase liquide issue de ladite section intermédiaire et/ou dans l'effluent liquide produit

30 par la section de séparation gaz-liquide ou dans un des effluents liquides produits par une des sections en amont de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série.

Ainsi, le procédé selon l'invention permet d'obtenir un flux de thermoplastiques purifiés, et plus particulièrement de polyoléfines purifiées, présentant une teneur en solvant résiduel (en particulier en solvant de dissolution) très faible, et en particulier inférieure ou égale à 5%

35 poids, de préférence inférieure ou égale à 1,00% poids, de manière préférée inférieure ou égale à 0,10% poids, voire une teneur inférieure ou égale à 500 ppm poids, par rapport au

poids total du flux de thermoplastiques purifiés. Plus particulièrement, le flux de thermoplastiques purifiés, et plus particulièrement de polyoléfines purifiées, obtenu à l'issue du procédé selon l'invention présente une teneur en composés organiques volatiles (COV) inférieure ou égale à 5% poids, de préférence inférieure ou égale à 1,00% poids, de manière
5 préférée inférieure ou égale à 0,10% poids, voire une teneur inférieure ou égale à 500 ppm poids, par rapport au poids total du flux de thermoplastiques purifiés. La teneur en COV donne une bonne indication sur la teneur en solvant et en particulier sur la teneur en solvant résiduel dans le flux de thermoplastiques purifiés obtenu.

De préférence, la teneur en composés organiques volatiles (COV) est déterminée par
10 chromatographie en phase gaz avec extraction en espace de tête (ou HS pour headspace selon le terme anglosaxon) couplée à la spectrométrie de masse (MS) ou à un détecteur à ionisation de flamme (FID), de manière préférée couplée à la spectrométrie de masse (MS).

Le flux de polymères thermoplastiques purifiés obtenu à l'issue du procédé selon l'invention présente également très avantageusement une teneur en impuretés inférieure ou égale à
15 5% poids d'impuretés, de préférence inférieure ou égale à 1,0% poids d'impuretés, préférentiellement une teneur inférieure ou égale à 0,5% poids d'impuretés par rapport au poids total du flux de thermoplastiques purifiés. Le flux de polymères thermoplastiques purifiés obtenu à l'issue du procédé selon l'invention peut alors être utilisé dans toute application par exemple en remplacement des mêmes polymères à l'état vierge.

20 Dispositif

La présente invention concerne également un dispositif de traitement d'une charge plastique pour obtenir un flux de polymères thermoplastiques purifiés, qui comprend :

- A) des moyens de dissolution pour mettre en contact et dissoudre au moins en partie la charge plastique dans un solvant de dissolution, et obtenir une solution polymère brute,
25 lesdits moyens de dissolution étant avantageusement tout type d'équipements industriels permettant ladite mise en contact et ladite dissolution, par exemple une extrudeuse, un(des) mélangeur(s) statique(s) ou dynamique(s), et/ou un ou des réacteur(s) agité(s) en continu, appelé(s) encore « Continuous Stirred Tank Reactor » (CSTR) selon la terminologie anglo-saxonne, et muni(s) de système(s) d'agitation adapté(s) ;
- 30 B) des moyens de purification pour purifier la solution polymère brute, et obtenir une solution polymère purifiée, lesdits moyens de purification étant avantageusement tout type d'équipements industriels permettant de purifier la solution polymère brute, lesdits moyens de purification pouvant comprendre :

- des moyens de séparation solide-liquide (ou solide-liquide-liquide), lesdits moyens de séparation solide-liquide étant avantageusement tout type d'équipements industriels permettant de séparer des solides et un ou deux liquides, comme des équipements de séparation par décantation, par filtration, par centrifugation et/ou par électricité statique, pour
5 obtenir une solution polymère clarifiée ;
- un dispositif de lavage permettant la mise en contact de la solution polymère brute ou clarifiée, avec une solution dense, en particulier une solution aqueuse, pour obtenir une solution polymère lavée ;
- un dispositif d'extraction permettant la mise en contact de la solution polymère brute ou
10 clarifiée ou lavée, avec un solvant organique à l'état liquide ou au moins partiellement à l'état supercritique, pour obtenir une solution polymère extraite ; et/ou
- un dispositif d'adsorption permettant la mise en contact de la solution polymère brute ou clarifiée ou lavée ou extraite, avec au moins un adsorbant, en particulier au moins un lit d'adsorbant ou des particules d'adsorbant sous forme divisée, et permettant la récupération
15 d'une solution polymère raffinée,
- ladite solution polymère clarifiée, lavée, extraite ou raffinée constituant la solution polymère purifiée ;
- C) un dispositif de séparation solvant-polymère, situé en aval desdits moyens de purification, pour séparer la solution polymère purifiée en un flux de polymères thermoplastiques purifiés
20 et au moins un effluent de solvant comprenant avantageusement du solvant de dissolution, caractérisé en ce que ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend :
- une section de séparation gaz-liquide ou plusieurs sections de séparation gaz-liquide fonctionnant en série, de préférence au moins deux, préférentiellement entre deux et dix, très préférentiellement entre deux et cinq, par exemple trois ou quatre, sections de
25 séparation gaz-liquide successives,
- au moins un système de contrôle de la pression dans ladite section de séparation gaz-liquide ou dans chaque section de séparation gaz-liquide de la série, de manière à ajuster la pression dans ladite section de séparation gaz-liquide ou chaque section de séparation gaz-liquide de la série à une valeur inférieure à la pression en sortie des moyens de purification,
30 et lorsque ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend plusieurs sections de séparation gaz-liquide, de manière à ajuster la pression dans la section ultérieure à une valeur inférieure à celle de la section antérieure,

éventuellement au moins un système de contrôle de la température, en particulier de la température en entrée, de ladite section de séparation gaz-liquide ou de chaque section de séparation gaz-liquide de la série,

ladite section de séparation gaz-liquide ou chaque section de séparation gaz-liquide de la série comprenant un système d'alimentation, un système de soutirage liquide et un système de soutirage gazeux,

le système d'alimentation de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la première section de séparation gaz-liquide de la série étant connecté à au moins un des moyens de purification et permettant l'alimentation en solution polymère purifiée dudit dispositif de séparation solvant-polymère,

lorsque ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend plusieurs sections de séparation gaz-liquide, le système d'alimentation de la section ultérieure étant connecté au système de soutirage liquide de la section antérieure,

le système de soutirage liquide de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série permettant de récupérer ledit flux de polymères thermoplastiques purifiés,

le système de soutirage gazeux de ladite section de séparation gaz-liquide ou de chaque section de séparation gaz-liquide de la série permettant de récupérer ledit au moins un effluent de solvant qui comprend du solvant de dissolution, et le système de soutirage gazeux de ladite section ou de chaque section de séparation gaz-liquide pouvant éventuellement être connecté directement ou indirectement à des dispositifs pour condenser, pour purifier, pour fractionner et/ou pour recycler un(des) effluent(s) de solvant vers lesdits moyens de dissolution et/ou éventuellement vers lesdits moyens de purification.

Ladite section de séparation gaz-liquide ou lesdites sections de séparation gaz-liquide peu(ven)t mettre en œuvre tout type de dispositif, en particulier tout type d'équipements industriels, connu de l'homme du métier pour séparer du gaz et du liquide, éventuellement accompagné de dispositifs pour ajuster la température, en particulier la température d'entrée, et la pression, par exemple des équipements pour chauffer, des équipements pour ajuster et contrôler la pression au-delà de la pression atmosphérique, des équipements pour ajuster et contrôler la pression au-deçà de la pression atmosphérique (pour obtenir un vide), etc. ; des équipements pour mettre en mouvement et en contact les phases gaz et liquide.

Par exemple, ladite section de séparation gaz-liquide ou lesdites sections de séparation gaz-liquide peu(ven)t mettre en œuvre un ou plusieurs équipements choisis parmi : un ballon séparateur, une colonne, une colonne à distiller, un stripper, un équipement comportant des internes et/ou du garnissage facilitant la séparation entre le gaz et le liquide, un évaporateur,

- un évaporateur à couche mince, un évaporateur à film raclé, un évaporateur à film tombant, un évaporateur à pales, un réacteur ou une colonne à disques rotatifs, un réacteur, un réacteur agité, une extrudeuse, un réacteur pétrisseur, un dévolatiliseur. Selon un mode de réalisation très particulier, ladite section de séparation gaz-liquide ou lesdites sections de
- 5 séparation gaz-liquide peu(ven)t mettre en œuvre un séparateur gaz-liquide comprenant :
- une enceinte comportant une partie supérieure cylindrique et une partie inférieure cylindrique se prolongeant par un fond à section décroissante, ladite partie inférieure comprenant avantageusement une zone de garde liquide au fond de l'enceinte,
 - une conduite d'entrée, pour alimenter ledit séparateur en un flux gaz/liquide, ladite conduite
 - 10 d'entrée débouchant à une extrémité dans la partie inférieure de ladite enceinte et ladite extrémité étant avantageusement coudée (c'est-à-dire l'extrémité interne étant avantageusement coudée),
 - une conduite de sortie située dans le fond de ladite enceinte, pour évacuer un flux de liquide séparé dudit séparateur gaz-liquide,
 - 15 - un système de séparation gaz-liquide qui peut être :
 - un cyclone à corps cylindro-conique, interne à ladite enceinte, et comportant un tube d'entrée tangentielle pour alimenter ledit cyclone en un mélange gaz/liquide, ledit tube étant situé dans la partie supérieure de ladite enceinte,
 - un tube de sortie pour évacuer un flux de gaz séparé, ledit tube de sortie situé au sommet
 - 20 dudit corps cylindro-conique, ledit tube de sortie débouchant à l'extérieur de l'enceinte du séparateur gaz-liquide, et
 - une ouverture à la base dudit corps cylindro-conique, ladite ouverture étant connectée à une jambe de retour pour un flux liquide, ladite jambe de retour débouchant dans ladite zone de garde liquide au fond de l'enceinte dudit séparateur gaz-liquide ; et/ou
 - 25 - un dispositif de séparation gaz liquide équipé d'une spirale hélicoïdale située dans la partie supérieure de ladite enceinte, ledit dispositif de séparation gaz-liquide étant coiffé d'une calotte supérieure qui comprend à son extrémité supérieure un conduit d'évacuation du gaz et à son extrémité inférieure un conduit vertical concentrique au conduit d'admission permettant le retour du liquide séparé vers la zone de garde liquide au fond de l'enceinte
 - 30 dudit séparateur gaz-liquide ;
 - éventuellement des moyens d'injection d'un agent d'entraînement et/ou de flux de gaz inerte.

Selon ce mode de réalisation particulier, la partie inférieure de l'enceinte, et plus particulièrement la zone de garde liquide au fond de l'enceinte, peut être équipée d'un agitateur. Toujours selon ce mode de réalisation particulier, une pompe, en particulier une pompe capable d'entraîner des fluides visqueux, appelée aussi pompe melt, peut être mise
5 en œuvre à l'extrémité externe (audit séparateur gaz-liquide) de ladite conduite de sortie située dans le fond de l'enceinte.

Selon un mode de réalisation préféré, lesdits moyens de purification B) comprennent au moins des moyens de séparation solide-liquide avantageusement suivi d'un dispositif d'adsorption. Dans ce mode de réalisation particulier, lesdits moyens de séparation solide-
10 liquide comprennent en particulier au moins un décanteur éventuellement suivi d'au moins un autre moyen de séparation solide-liquide, par exemple au moins un filtre.

Optionnellement, le dispositif de séparation solvant-polymère C) peut comprendre une section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide, en amont de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la première section de séparation gaz-liquide
15 de la série. Dans ce mode de réalisation particulier, ladite section de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide est connectée à au moins un des moyens de purification, et le système d'alimentation de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la première section de séparation gaz-liquide de la série est connecté à ladite section de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide, et non à au moins un des moyens de purification. La section
20 intermédiaire de séparation supercritique-liquide optionnelle comprend de préférence au moins des systèmes d'ajustement de la température et de la pression, des dispositifs de séparation par différence de densité, par exemple des équipements de décantation, de deux phases liquides de densité différente ou d'une phase liquide et d'une phase supercritique, et des systèmes de soutirage d'une phase liquide comprenant les thermoplastiques visés et
25 des systèmes de soutirage d'une autre phase liquide et d'une phase supercritique, composée essentiellement de solvant et en particulier de solvant de dissolution.

Eventuellement, la section de séparation gaz-liquide ou la première section intermédiaire de séparation gaz-liquide et/ou l'éventuelle section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide, peut comprendre un système d'introduction d'un flux de gaz inerte.

30 Le dispositif de traitement selon l'invention peut éventuellement comprendre, en outre, au moins un système d'introduction d'additif, par exemple d'un agent anti-oxydant. De manière particulière, ledit au moins un système d'introduction d'additif est compris dans le dispositif de séparation solvant-polymère, et de préférence est situé en amont de ladite section de séparation gaz-liquide ou en amont de la dernière section de séparation gaz-liquide de la
35 série. De manière préférée, lorsque ledit dispositif de séparation solvant polymère comprend

ledit au moins un système d'introduction d'additif et plusieurs sections de séparation gaz-liquide, ledit au moins un système d'introduction d'additif est situé en aval de la première section de séparation gaz-liquide.

5 Ledit dispositif de traitement d'une charge plastique comprend également avantageusement des équipements de transport entre lesdits moyens, dispositifs et systèmes.

Un tel dispositif de traitement permet très avantageusement de recycler tout type de charge plastique comprenant des thermoplastiques, en particulier des polyoléfines, et de récupérer un flux de thermoplastiques purifiés, en particulier un flux de polyoléfines purifiées, présentant une teneur en solvant résiduel (en particulier en solvant de dissolution) très faible.

10 Les exemples et figures qui suivent illustrent l'invention, en particulier des modes de réalisation particuliers de l'invention, sans en limiter la portée.

LISTE DES FIGURES

La Figure 1 représente un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention. Le mode de réalisation particulier de la Figure 1 correspond au procédé décrit en Exemple 1.

15

La Figure 2 représente un mode de réalisation préféré du procédé selon l'invention. Le mode de réalisation de la Figure 2 correspond au procédé décrit en Exemple 2.

La Figure 3 représente un mode de réalisation particulier du procédé selon l'invention. Le mode de réalisation de la Figure 3 correspond au procédé décrit en Exemple 3.

20

EXEMPLES

Dans les exemples ci-après, les analyses réalisées sur la charge et les produits obtenus sont les suivantes :

- 25 - la teneur en composés organiques volatiles (COV), qui donne une indication sur la teneur en solvant, notamment en solvant résiduel dans le flux de thermoplastiques visés, est déterminée par chromatographie en phase gaz avec extraction en espace de tête (ou HS pour headspace selon le terme anglosaxon) couplée à la spectrométrie de masse ;
- le taux de cendre, qui donne une indication sur la teneur en impuretés inorganiques, est
- 30 déterminé par analyse thermogravimétrique (ou TGA pour thermogravimetric analysis selon le terme anglosaxon). Le taux de cendre est déterminé par analyse thermogravimétrique (ou TGA), à l'aide d'un appareil Perkin Elmer TGA 8000, selon la norme ISO 11358-1 (2014). Un échantillon de 10-20 mg de matière est placé sur un plateau en platine. La température est

équilibrée à 50°C pendant 10 minutes, puis augmente à une vitesse de chauffe de 20°C/min jusqu'à 950°C sous flux d'azote. Le taux de cendre correspond au poids déterminé à 850°C par rapport au poids de l'échantillon de départ, exprimé en pourcentage poids (% poids) ;

5 - les paramètres de couleur sont exprimés dans le système de référence CIE $L^*a^*b^*$ (défini par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)), déterminé par colorimétrie (selon la norme ISO 11664-4), avec :

- un paramètre L^* de clarté (ou luminance), tel que plus L^* est proche de 100, plus le solide analysé est clair ou transparent ; au contraire plus L^* est proche de 0, plus le solide analysé est opaque ;

10 - un paramètre a^* (correspondant à un axe vert-rouge), qui mesure la couleur allant du vert (valeurs négatives) au rouge (valeurs positives) ; une valeur cible de a^* est une valeur approchant 0 ;

- un paramètre b^* (correspondant à un axe bleu-jaune), qui mesure la couleur allant du bleu (valeurs négatives) au jaune (valeurs positives) ; une valeur cible de b^* est une valeur
15 approchant 0.

Les valeurs $L^*a^*b^*$ sont déterminées à l'aide d'un appareil Standard Konica/Minolta Colorimeter CM-3700A, sur des échantillons solides d'environ 20 g de matière cryobroyée. Ils représentent un premier indicateur de la pureté du produit à base de polyoléfin.

Exemple 1 (conforme à l'invention)

20 Le procédé de l'Exemple 1 est illustré schématiquement sur la Figure 1.

Etape a) de dissolution :

Une charge 1 issue de déchets plastiques et contenant 95% poids de polypropylène (PP) est introduite sous forme de paillettes dans une extrudeuse chauffée à 200°C. En sortie d'extrudeuse, la charge est au moins en partie sous forme fondue et est mélangée avec du
25 n-heptane 2 utilisé comme solvant de dissolution et préalablement chauffée à 200°C, selon un ratio pondéral solvant/charge de 4/1. Le mélange comprenant le solvant et la charge est introduit dans un réacteur agité 190°C et maintenu à 190°C et 2,0 MPa absolu pendant un temps de séjour de 1 heure. Une solution polymère brute 3 est alors obtenue.

Etape b) de purification :

30 La solution polymère brute 3, qui est récupérée en continu du réacteur agité, est injectée dans un décanteur opéré à 190°C et 2,0 MPa. Le temps de séjour dans le décanteur est de 1 heure, le temps de séjour correspondant au rapport entre le volume utile du décanteur (c'est-à-dire le volume de matière dans le décanteur qui est fonction du taux de remplissage du décanteur) et le débit volumique de solution polymère brute 3 alimentant le décanteur.

Des impuretés se déposent dans le fond du décanteur, pour former un « gâteau » qui est purgé en discontinu (flux 5). En sortie de décanteur, la solution polymère récupérée est filtrée sur un filtre d'ouverture de mailles de 10 µm puis sur un filtre d'ouverture de mailles de 1 µm.

- 5 La solution polymère filtrée est ensuite envoyée dans une colonne d'adsorption contenant un lit de charbon actif, et opérée à 190°C et 2,0 MPa absolu (c'est-à-dire à une pression de sortie de la colonne d'adsorption de 2,0 MPa).

La solution polymère adsorbée 4, récupérée en sortie de colonne d'adsorption, est soumise ensuite à une étape de séparation solvant-polymère.

- 10 Etape c) de séparation solvant-polymère :

L'étape de séparation solvant-polymère met en œuvre une section c1 de séparation gaz-liquide. Un antioxydant 7, de l'Irgafos® 168, est introduit dans la solution polymère adsorbée 4, de sorte à représenter 600 ppm poids d'agent anti-oxydant par rapport au poids de polypropylène compris dans la solution polymère adsorbée 4. Le mélange alimente ensuite
15 la section c1 de séparation gaz-liquide qui est opérée à une température d'entrée de 180°C et une pression de 0,14 MPa absolu.

En sortie de section c1 de séparation gaz liquide, un effluent gaz g1 et un l'effluent liquide l1 sont récupérés. L'effluent gaz g1 peut ensuite être, en tout ou partie, purgé et/ou recyclé.

L'effluent liquide l1 est placé dans les conditions atmosphériques, c'est-à-dire à une

- 20 température d'environ 20°C et une pression d'environ 0,1 MPa.

Un solide A (flux 6) est obtenu. Il est analysé selon les méthodes décrites plus haut. Les résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1

	Charge	Solide A
Teneur en COV	-(1)	5% poids
Taux de cendre	1,1% poids	< 1000ppm poids
Colorimétrie :		
Cielab – L	57,5	92,8
Cielab – a	14,7	0,2
Cielab - b	10,8	4,6

(1) : la teneur en COV de la charge n'a pas été mesurée.

Le solide A est composé de polypropylène, purifié puisque présentant un taux de cendre réduit (<1000 ppm poids) (et malgré l'introduction d'antioxydant à l'étape c) par rapport à celui de la charge (1,1% poids) et des paramètres de colorimétrie Cielab également améliorés par rapport à ceux de la charge. Par ailleurs, le solide A montre une teneur en COV, et donc une teneur en solvant résiduel, satisfaisante (5% poids de composés organiques volatiles COV relativement au poids du solide A).

Exemple 2 (conforme à l'invention)

Le procédé détaillé dans l'Exemple 2 est illustré schématiquement sur la Figure 2.

Une charge 1 identique à celle de l'Exemple 1, c'est-à-dire issue de déchets plastiques et contenant 95% poids de polypropylène (PP), est traitée dans l'Exemple 2. Le procédé de l'Exemple 2 comprend les mêmes étapes de dissolution a) et purification b) que celles décrites dans l'Exemple 1.

Etape c) de séparation solvant-polymère :

La solution polymère adsorbée 4, récupérée en sortie de colonne d'adsorption, est ensuite soumise à une étape c) de séparation solvant-polymère qui met en œuvre quatre sections (ou étages) successives de séparation gaz-liquide c1, c2, c3, c4. Les sections (ou étages) 1 à 4 de séparation gaz-liquide (c'est-à-dire c1, c2, c3, c4) sont opérées dans les conditions de température (les températures données ci-dessous étant les températures d'entrée pour chaque section) et pression suivantes (les pressions étant des pressions absolues dans chaque section) :

Etage c1 : T = 180°C, P = 0,79 MPa,

Etage c2 : T = 180°C, P = 0,61 MPa,

Etage c3 : T = 180°C, P = 0,14 MPa,

Etage c4 : T = 250°C, P = 0,0014 MPa (c'est-à-dire 1,4 kPa or 14 mbar).

La solution polymère adsorbée 4, récupérée en sortie de colonne d'adsorption, alimente la première section c1 de séparation gaz-liquide. L'effluent liquide I1 produit par la première section de séparation gaz-liquide c1 alimente la deuxième section c2. L'effluent liquide I2 produit par la deuxième section de séparation gaz-liquide c2 alimente la troisième section c3. Un antioxydant 7, de l'Irgafos® 168 est introduit dans l'effluent liquide I3 produit par la troisième section de séparation gaz-liquide c3, de sorte à représenter 600 ppm poids d'agent anti-oxydant par rapport au poids de polypropylène compris dans l'effluent liquide I3, et le mélange alimente ensuite la quatrième section de séparation gaz-liquide c4. En sortie de quatrième section de séparation gaz-liquide c4, un effluent liquide I4 est récupéré et placé dans les conditions atmosphériques, c'est-à-dire à une température d'environ 20°C et une pression d'environ 0,1 MPa.

Un solide B (flux 6) est alors obtenu. Il est analysé selon les méthodes décrites plus haut. Les résultats sont présentés dans le tableau 2.

Chaque section c1, c2, c3, c4 de séparation gaz-liquide produit également un effluent gaz, respectivement les flux g1, g2, g3 et g4. Les effluents gaz g1, g2, g3 et g4 produits sont récupérés et peuvent ensuite être, en tout ou partie, purgés et/ou recyclés.

Tableau 2

	Charge	Solide B
Teneur en COV	-(⁽¹⁾)	500 ppm poids
Taux de cendre	1,1% poids	< 1000 ppm poids
Colorimétrie :		
Cielab – L	57,5	92,9
Cielab – a	14,7	-0,3
Cielab – b	10,8	4,6

(⁽¹⁾) : la teneur en COV de la charge n'a pas été mesurée.

Le solide B est composé de polypropylène, purifié puisque présentant un taux de cendre réduit (< 1000 ppm poids) (et malgré l'introduction d'antioxydant à l'étape c) par rapport à celui de la charge (1,1% poids) et des paramètres de colorimétrie Cielab également améliorés par rapport à ceux de la charge. Par ailleurs, le solide B montre une teneur en COV, et donc une teneur en solvant résiduel, très faible (200 ppm poids de composés organiques volatiles COV relativement au poids du solide B).

Exemple 3 (conforme à l'invention)

Le procédé de l'Exemple 3 est illustré schématiquement sur la Figure 3.

Etape a) de dissolution :

Une charge 1 issue de déchets plastiques et contenant 95% poids de polypropylène (PP) est introduite sous forme de paillettes dans une extrudeuse chauffée à 200°C. En sortie d'extrudeuse, la charge est au moins en partie sous forme fondue et est mélangée avec du n-pentane 2 utilisé comme solvant de dissolution et préalablement chauffée à 190°C, selon un ratio pondéral solvant/charge de 4/1. Le mélange comprenant le solvant et la charge est introduit dans un réacteur agité 190°C et maintenu à 190°C et 10,0 MPa absolu pendant un temps de séjour de 1 heure. Une solution polymère brute 3 est alors obtenue.

Etape b) de purification :

La solution polymère brute 3, qui est récupérée en continu du réacteur agité, est injectée dans un décanteur opéré à 190°C et 9,9 MPa. Le temps de séjour dans le décanteur est de 1 heure, le temps de séjour correspondant au rapport entre le volume utile du décanteur
5 (c'est-à-dire le volume de matière dans le décanteur qui est fonction du taux de remplissage du décanteur) et le débit volumique de solution polymère brute 3 alimentant le décanteur.

Des impuretés se déposent dans le fond du décanteur, pour former un « gâteau » qui est purgé en discontinu (flux 5). En sortie de décanteur, la solution polymère récupérée est filtrée sur un filtre d'ouverture de mailles de 10 µm puis sur un filtre d'ouverture de mailles de
10 1 µm.

La solution polymère filtrée est ensuite envoyée dans une colonne d'adsorption contenant un lit de charbon actif, et opérée à 190°C et 9,7 MPa absolu (c'est-à-dire à une pression de sortie de la colonne d'adsorption de 9,7 MPa).

La solution polymère adsorbée 4, récupérée en sortie de colonne d'adsorption, est soumise
15 ensuite à une étape de séparation solvant-polymère.

Etape c) de séparation solvant-polymère :

L'étape de séparation solvant-polymère met en œuvre une section c1 de séparation par décantation supercritique du solvant. Un antioxydant 7, de l'Irgafos® 168, est introduit dans la solution polymère adsorbée 4, de sorte à représenter 600 ppm poids d'agent anti-oxydant
20 par rapport au poids de polypropylène compris dans la solution polymère adsorbée 4. Le mélange alimente ensuite la section c1 de séparation par décantation supercritique du solvant qui est opérée à une température d'entrée de 209°C et une pression de 4,1 MPa absolu.

En sortie de section c1 de séparation gaz liquide, un effluent supercritique sc1 et un l'effluent
25 liquide l1 sont récupérés. L'effluent supercritique sc1 peut ensuite être, en tout ou partie, purgé et/ou recyclé. L'effluent liquide l1 est ensuite soumis à une section (ou étage) de séparation gaz-liquide c2 à 180°C et 1 MPa. L'effluent gaz g1 produit est récupéré et peut ensuite être, en tout ou partie, purgé et/ou recyclé.

En sortie de la section de séparation gaz-liquide c2, un effluent liquide l2 est récupéré et
30 placé dans les conditions atmosphériques, c'est-à-dire à une température d'environ 20°C et une pression d'environ 0,1 MPa.

Un solide C (flux 6) est alors obtenu. Il est analysé selon les méthodes décrites plus haut. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3

	Charge	Solide C
Teneur en COV	-(⁽¹⁾)	200 ppm poids
Taux de cendre	1,1% poids	< 1000 ppm poids
Colorimétrie :		
Cielab – L	57,5	92,7
Cielab – a	14,7	0,1
Cielab - b	10,8	4,5

(⁽¹⁾) : la teneur en COV de la charge n'a pas été mesurée.

Le solide C est composé de polypropylène, purifié puisque présentant un taux de cendre réduit (<1000 ppm poids) (malgré l'introduction d'antioxydant à l'étape c) par rapport à celui de la charge (1,1% poids) et des paramètres de colorimétrie Cielab également améliorés par rapport à ceux de la charge. Le solide C montre une teneur en COV, et donc une teneur en solvant résiduel, très faible (200 ppm poids de composés organiques volatiles COV relativement au poids du solide C).

5

REVENDEICATIONS

1. Procédé de traitement d'une charge plastique (1) comprenant des thermoplastiques ledit procédé comprenant :
- a) une étape de dissolution de la charge plastique dans un solvant de dissolution (2), l'étape
- 5 a) étant opérée à une température de dissolution comprise entre 100°C et 300°C et à une pression de dissolution entre 0,1 et 100,0 MPa absolu, pour obtenir au moins une solution polymère brute (3) ;
- b) une étape de purification de la solution polymère brute, pour obtenir une solution polymère purifiée (4), comprenant :
- 10 b1) une sous-étape de séparation des insolubles ; et/ou
- b2) une sous-étape de lavage, par contact avec une solution dense ; et/ou
- b3) une sous-étape d'extraction, par contact avec un solvant d'extraction ; et/ou
- b4) une sous-étape d'adsorption des impuretés par contact avec un adsorbant ; puis
- c) une étape de séparation solvant-polymère de la solution polymère purifiée, pour obtenir un
- 15 flux de polymères thermoplastiques purifiés (6) et au moins un flux de solvant,
- ladite étape c) de séparation solvant-polymère mettant en œuvre une section de séparation gaz-liquide (c1) ou plusieurs sections de séparation gaz-liquide (c1, c2, c3, c4) fonctionnant en série,
- ladite section de séparation gaz-liquide (c1) ou chacune des sections de séparation gaz-
- 20 liquide (c1, c2, c3, c4) étant opérée à une température d'entrée comprise entre 100°C et 300°C, et à une pression inférieure à la pression en sortie de l'étape b),
- lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide (c1, c2, c3, c4), la pression de la section ultérieure étant inférieure à celle de la section antérieure,
- la solution polymère purifiée, obtenue à l'issue de l'étape b) de purification, alimentant ladite
- 25 section de séparation gaz-liquide (c1) ou la première section de séparation gaz-liquide (c1) de la série,
- ladite section de séparation gaz-liquide (c1) ou chacune des sections de séparation gaz-liquide (c1, c2, c3, c4) produisant un effluent gaz (g1, g2, g3, g4), qui correspond audit au moins un flux de solvant, et un effluent liquide (l1, l2, l3, l4),
- 30 lorsque l'étape c) met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-liquide (c1, c2, c3, c4), l'effluent liquide de la section antérieure alimentant la section ultérieure,

l'effluent liquide issu de ladite section de séparation gaz-liquide (c1) ou de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série (c4) constituant ledit flux de polymères thermoplastiques purifiés (6).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le solvant de dissolution (2) et la charge
5 plastique (1) alimentent l'étape a) selon un ratio pondéral du solvant de dissolution par rapport à la charge plastique, compris entre 0,2 et 100,0, de préférence entre 0,3 et 20,0, de manière préférée entre 1,0 et 10,0, encore plus préférentiellement entre 3,0 et 7,0.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le solvant de dissolution comprend au
10 moins un composé hydrocarboné, ledit solvant de dissolution présentant une température d'ébullition comprise entre -50 et 250°C, de préférence entre -15 et 200°C, préférentiellement entre 15 et 160°C et de manière préférée entre 50 et 120°C.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le solvant
de dissolution comprend un isomère ou un mélange d'isomères du butane, du pentane, de
l'hexane, de l'heptane, de l'octane, du nonane et/ou du décane, et de manière préférée, un
15 isomère ou un mélange d'isomères de l'hexane, de l'heptane et/ou de l'octane.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la pression
dans la section de séparation gaz-liquide (c1) ou chacune des sections de séparation gaz-
liquide (c1, c2, c3, c4) est supérieure ou égale à 0,000005 MPa absolu, en particulier
supérieure ou égale à 0,00001 MPa absolu, notamment supérieure ou égale à 0,0001 MPa
20 absolu, plus particulièrement supérieure ou égale 0,0005 MPa.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite étape
c) de séparation solvant-polymère met en œuvre plusieurs sections de séparation gaz-
liquide successives, de préférence au moins deux, préférentiellement entre deux et dix, très
préférentiellement entre deux et cinq, par exemple trois ou quatre sections de séparation
25 gaz-liquide successives.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la première section de séparation gaz-
liquide est opérée à une température d'entrée comprise entre 100 et 300°C, de préférence
entre 110 et 275°C, et à une pression inférieure à 100,0 MPa absolu, de préférence
inférieure à 25,0 MPa absolu, préférentiellement inférieure à 15,0 MPa absolu, et
30 avantageusement supérieure ou égale à 0,0008 MPa absolu ;
la dernière section est opérée à une température d'entrée comprise entre 100 et 300°C, de
préférence entre 110 et 275°C, et à une pression comprise entre 0,000005 et 1,00 MPa
absolu, de préférence entre 0,00001 et 1,00 MPa absolu, préférentiellement entre 0,0001 et

1,00 MPa absolu, très préférentiellement entre 0,0005 et 0,10 MPa absolu, de manière très préférée entre 0,0005 et 0,0020 MPa absolu ; et

la pression dans chaque section intermédiaire est ajustée de manière décroissante entre la pression de la première section et la pression de la dernière section.

- 5 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le ou chaque effluent gaz produit est, en tout ou partie, purgé et/ou purifié et/ou fractionné et/ou recyclé vers l'étape a) et/ou éventuellement l'étape b).
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape c) comprend une section intermédiaire de séparation liquide-liquide ou supercritique-liquide, 10 située en amont de la section de séparation gaz-liquide ou de la série de sections de séparation gaz-liquide, pour obtenir une phase liquide, qui comprend les thermoplastiques visés, et une deuxième phase liquide ou une phase supercritique qui comprend du solvant de dissolution, et dans lequel la phase liquide, qui comprend les thermoplastiques visés, alimente la section 15 de séparation gaz-liquide ou la première section de séparation gaz-liquide, à la place de la solution polymère purifiée.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape c) comprend l'introduction d'au moins un additif, en particulier un agent anti-oxydant.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape b) 20 de purification comprend une sous-étape b1) de séparation des insolubles, avantageusement suivie d'une sous-étape b4) d'adsorption.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la charge plastique comprend des polyoléfines.
13. Dispositif de traitement d'une charge plastique pour obtenir un flux de polymères 25 thermoplastiques purifiés, ledit dispositif comprenant :
- des moyens de dissolution pour mettre en contact et dissoudre au moins en partie la charge plastique dans un solvant de dissolution, et obtenir une solution polymère brute ;
 - des moyens de purification pour purifier la solution polymère brute et obtenir une solution polymère purifiée ;
 - 30 - un dispositif de séparation solvant-polymère, situé en aval desdits moyens de purification, pour séparer la solution polymère purifiée en un flux de polymères thermoplastiques purifiés et au moins un effluent de solvant,

caractérisé en ce que ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend :

une section de séparation gaz-liquide ou plusieurs sections de séparation gaz-liquide fonctionnant en série, de préférence au moins deux, préférentiellement entre deux et cinq, par exemple trois ou quatre, sections de séparation gaz-liquide successives,

- 5 au moins un système de contrôle de la pression dans ladite section de séparation gaz-liquide ou dans chaque section de séparation gaz-liquide de la série, de manière à ajuster la pression dans ladite section de séparation gaz-liquide ou dans chaque section de séparation gaz-liquide de la série à une valeur inférieure à la pression d'opération en sortie des moyens de purification, et lorsque ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend plusieurs
10 sections de séparation gaz-liquide, de manière à ajuster la pression dans la section ultérieure à une valeur inférieure à celle dans la section antérieure,

ladite section de séparation gaz-liquide ou chaque section de séparation gaz-liquide de la série comprenant un système d'alimentation, un système de soutirage liquide et un système de soutirage gazeux,

- 15 le système d'alimentation de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la première section de séparation gaz-liquide de la série étant connecté à au moins un des moyens de purification et permettant l'alimentation en solution polymère purifiée dudit dispositif de séparation solvant-polymère,

- lorsque ledit dispositif de séparation solvant-polymère comprend plusieurs sections de
20 séparation gaz-liquide, le système d'alimentation de la section ultérieure étant connecté au système de soutirage liquide de la section antérieure,

le système de soutirage liquide de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la dernière section de séparation gaz-liquide de la série permettant de récupérer ledit flux de polymères thermoplastiques purifiés,

- 25 le système de soutirage gazeux de ladite section de séparation gaz-liquide ou de chaque section de séparation gaz-liquide de la série permettant de récupérer ledit au moins un effluent de solvant, ledit au moins un effluent de solvant comprenant du solvant de dissolution.

14. Dispositif selon la revendication 13, comprenant une section intermédiaire de séparation
30 liquide-liquide ou supercritique-liquide, en amont de ladite section de séparation gaz-liquide ou de la première section de séparation gaz-liquide de la série.

15. Dispositif selon la revendication 13 ou 14, comprenant au moins un système d'introduction d'additif.