



HAL
open science

Étude d'une voie de valorisation des mélanges PE/PP et PE/PS

Tasnim Kallel, M. Jaziri, B. Elleuch

► **To cite this version:**

Tasnim Kallel, M. Jaziri, B. Elleuch. Étude d'une voie de valorisation des mélanges PE/PP et PE/PS. Environnement, Ingénierie & Développement, 2002, N°25 - 1er Trimestre 2002, pp.40-45. 10.4267/dechets-sciences-techniques.2353 . hal-03178577

HAL Id: hal-03178577

<https://hal.science/hal-03178577v1>

Submitted on 23 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ÉTUDE D'UNE VOIE DE VALORISATION DES MÉLANGES PE/PP ET PE/PS ASPECT RHÉOLOGIQUE

Tasnim Kallel, M. Jaziri et B. Elleuch*

Laboratoire des polymères, Département du génie des matériaux, École nationale des ingénieurs de Sfax (Tunisie)

Le premier objectif de ce travail a consisté à étudier la faisabilité et les conditions de mélange à l'état fondu et à l'aide d'une extrudeuse monovis, des composants des mélanges binaires (PE/PP) et (PE/PS). En premier lieu il nous a fallu choisir un agent compatibilisant adéquat, de coût raisonnable et adapté à chaque type de mélange de manière à augmenter la densité d'interactions (compatibilité) entre la phase dispersée et la matrice du mélange. En deuxième lieu, nous avons réalisé une procédure de travail qui consiste en une étude comparative entre les deux types de mélanges ainsi obtenus (ceux comptabilisés avec leurs homologues, non comptabilisés). Ainsi les mélanges réalisés ont été étudiés du point de vue morphologique (au microscopique électronique à balayage) et rhéologique à l'état fondu en régime permanent (rhéomètre à capillaire).

The aim of this article is to investigate the effectiveness of commercial compatibilizers for two kinds of virgin plastic mixtures, high density polyethylene (HDPE)/ polypropylene (PP) and HDPE/polystyrene (PS) blends, in order to gain insight into the recycling of wastes from those frequently encountered mixed plastics. Blends were made using a single-screw extruder to follow an industrial-convenient process. Morphology and melt-rheological properties of several blends (compatibilized and not compatibilized) was studied. When compatibilized, blends present better dispersions : the size of the dispersed particles decreases, the shape of these particles is generally spherical, size-distribution is reduced and interfacial adhesion is better. Study of melt-rheological properties enabled us to confirm compatibilizer's effect and to specify the contributions of partial miscibility, especially for not compatibilized PE/PP blends.

INTRODUCTION

Lorsque l'on s'intéresse au recyclage des thermoplastiques, on constate qu'il commence très souvent par un tri plus ou moins poussé des différents polymères. En effet, les poly-

mères sont rarement miscibles et ce phénomène conduit généralement à de mauvaises propriétés (mécaniques, rhéologiques...) si l'on ne contrôle pas les formulations [1-3]. Néanmoins une bonne maîtrise de la formulation permet de pallier ce problème, généralement en l'améliorant.

La dispersion des phases [4-6]

L'utilisation d'additifs dans des mélanges judicieusement choisis permet même d'atteindre des propriétés spécifiques auxquelles on n'a pas forcément accès avec un seul polymère. En particulier, les mélanges à base de polyéthylène et de polystyrène permettent d'associer un haut module apporté par le polystyrène à la bonne ductilité du polyéthylène [7-11]. De même pour le polypropylène très utilisé dans l'industrie des transformateurs, en mélange avec le polyéthylène, apporte une amélioration de la résistance à l'impact surtout vers les basses températures [10-15].

Plusieurs études sur les mélanges binaires PE/PP et PE/PS ont été réalisées

Dans le cadre de cette étude, nous avons voulu voir comment les propriétés de mélanges binaires de polymères utilisés pour l'emballage alimentaire pouvaient être améliorées par l'ajout de compatibilisants commerciaux. Ces compatibilisants ont été choisis pour leurs propriétés physico-chimiques [16-19] et aussi pour leur coût raisonnable qui ne doit pas être un frein à leur utilisation dans le domaine du recyclage. De même, pour l'élaboration des mélanges, nous avons suivi le procédé le plus rencontré dans l'industrie : l'extrusion monovis.

Nous avons élaboré les mélanges binaires polyéthylène haute densité - polypropylène (PEhd/PP) et polyéthylène haute densité - polystyrène (PEhd/PS) à des compositions variables (80/20, 60/40, 40/60 et 20/80) avec et sans compatibilisant. Ces mélanges ont été étudiés du point de vue morphologique et rhéologique à l'état fondu en régime permanent. Les résultats obtenus ont été ensuite interprétés en terme de modification de la tension interfaciale et de l'adhésion entre les deux phases. Nous cherchions donc à mettre en évidence l'influence de la composition du mélange et l'effet de l'agent compatibilisant sur les propriétés des mélanges étudiés.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les caractéristiques des polymères utilisés pour la préparation des mélanges sont donnés dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques des polymères utilisés

| Polymère | Fournisseur | MFI ISO 1133 | Densité ISO 1183 | T° Vicat ISO 306 |
|--------------|--------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------|
| PEhd10262A | Dow Plastics | 10 g/10 mn (190°C / 2,16 Kg) | 0,962 g/cm ³ | 130°C |
| PP 3030 BN I | Appryl S.N.C | 3g/10 mn (230°C / 2,16 Kg) | 0,905 g/cm ³ | - |
| PS 1540/1541 | Elf Atochem | 12 g/ 10 mn (200°C / 5 Kg) | 1,05 g/ cm ³ | 91°C |

Pour la réalisation des mélanges compatibilisés, nous avons travaillé avec un pourcentage d'agent compatibilisant égal à 5 % en poids du mélange [19]. L'Exxelor VA1801, qui nous a été fourni par la société Exxon Mobil Chemical et qui se présente sous forme d'un copolymère statistique MAH-g-EP (Ethylène-propylène greffé anhydride maléique), a servi d'agent compatibilisant dans les mélanges (PE/PP). Pour les mélanges (PE/PS), nous avons utilisé le Kraton G1650, fourni par la société Shell qui se présente comme un copolymère tribloc SEBS (Styrène Ethylène-Butadiène).

Pour les deux mélanges à compatibiliser (PE/PP et PE/PS), le choix du compatibilisant est basé sur la miscibilité des séquences de ce dernier avec les composants du mélange. De même, le faible poids moléculaire des chaînes de cet agent compatibilisant, va faciliter leur diffusion dans le milieu fondu (viscosité élevée) et va privilégier leur accessibilité et leur concentration dans les zones d'interaction c'est à dire l'interface entre les deux phases du mélange [11].

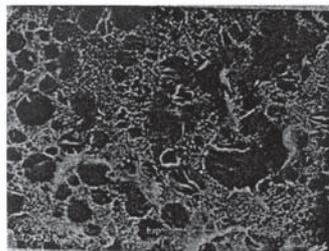
L'élaboration des mélanges a été réalisée à l'aide d'une extrudeuse mono vis (Yvroud HE 25 28), en utilisant une vis de diamètre D = 25 mm (égal au pas de la vis) et une longueur L = 28 D. Les composants des mélanges ont été préalablement mélangés mécaniquement en petites quantités surtout dans le cas des mélanges à compatibiliser, de manière à ce que l'agent compatibilisant (sous forme de poudre) enrobe bien les granulés de polymères utilisés. Nous avons choisi les vitesses de 100 et de 60 tours par minute respectivement pour les mélanges (PE/PP et PE/PS). Ce choix est basé essentiellement sur deux critères :

- les forts gradients de cisaillement facilitent l'homogénéisation des mélanges,
- pour les matériaux assez visqueux, (le PS dans notre cas) il y a risque de dégradation à vitesses de cisaillement très élevées.

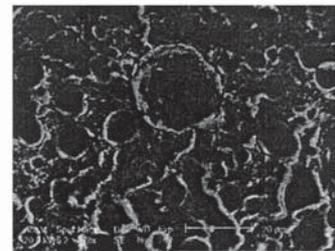
L'extrudeuse était équipée d'une filière permettant la réalisation d'un jonc de diamètre 3 mm. On dénombre 4 zones de température de l'alimentation à la filière. La température en sortie de filière est de 210°C pour les mélanges PE/PP et 220°C pour les mélanges PE/PS. Pour l'étude des propriétés mécaniques et morphologiques, des éprouvettes ont été préparées par décou-

page sur des plaques préalablement moulées par compression.

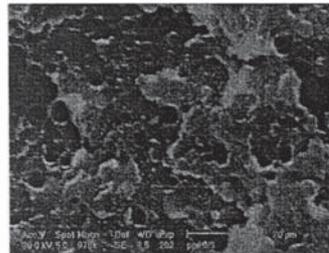
La morphologie des échantillons a été étudiée au microscope électronique à balayage (MEB). L'observation a été réalisée sur des surfaces de rupture des plaques après fracture à très basses températures (trempe dans l'azote liquide) [20]. Cette méthode permet de conserver intacte la morphologie de ces mélanges puisque aux basses températures, tous les composants sont à l'état vitreux et ne sont pas déformés lors de l'application de la contrainte de rupture. L'étude des courbes d'écoulement a été réalisée au moyen d'un rhéomètre à capillaire de type SWO Polymer technick GmbH Rhéofixer à gradient de vitesse de cisaillement imposée. La filière utilisée est de longueur L = 40 mm et de diamètre D = 2 mm. Les courbes d'écoulement aux différentes températures de travail et les courbes maîtresses à la température de référence choisie sont obtenues en suivant la variation de viscosité en fonction du gradient de vitesse de cisaillement à la paroi. Les températures de référence choisies pour le (PE/PP) et le (PE/PS) sont 200°C et 220°C respectivement.



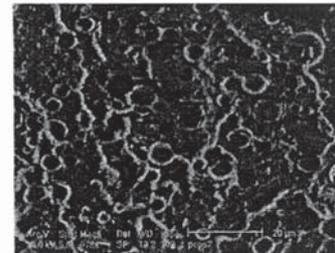
Mélange PE/PP (80-20) une fois extrudé



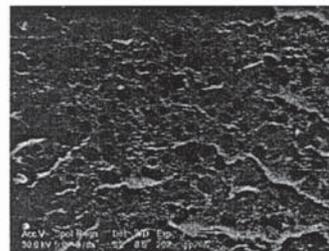
Mélange PE/PS (80-20) une fois extrudé



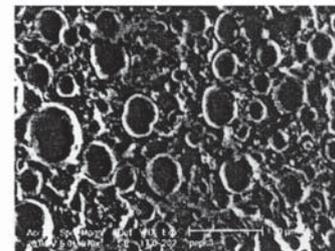
Mélange PE/PP (80-20) deux fois extrudé



Mélange PE/PS (80-20) deux fois extrudé



Mélange PE/PP (80-20) trois fois extrudé



Mélange PE/PS (80-20) trois fois extrudé

Figure 1 : Micrographies des surfaces après rupture pour les mélanges PE/PP et PE/PS de composition 80/20 ayant subi différents nombres d'extrusions. X 978

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans un premier temps, pour mieux apprécier la répartition, la taille et la forme des particules dispersées dans la matrice du mélange, nous avons procédé à trois extrusions consécutives dans les mêmes conditions indiquées précédemment. Nous avons pris l'exemple de deux types de mélanges non compatibles (PE/PP) et (PE/PS) de composition (80/20). Les résultats obtenus au microscope électronique à balayage pour ces mélanges sont présentés sur la figure 1. Pour chaque mélange, on observe avec l'augmentation du nombre d'extrusions au niveau des particules dispersées que leur répartition est meilleure, leur taille est plus réduite et leur forme devient sphérique. Par ailleurs, les résultats des essais mécaniques en traction obtenus pour les deux mélanges en fonction du nombre d'extrusion sont présentés sur le tableau 2.

Bien que les photos prises au microscope électronique à balayage montrent une meilleure morphologie pour les mélanges extrudés trois fois, les résultats des essais mécaniques ont confirmé qu'il y a diminution des propriétés en traction lors du troisième passage dans l'extrudeuse ce qui est attribué à une dégradation des mélanges étudiés. Par conséquent, plus on augmente le nombre de cycles thermomécaniques au-delà du deuxième passage, plus on altère les propriétés mécaniques du mélange.

Les mélanges seront élaborés en deux cycles dans l'extrudeuse.

Tableau 2 : Évolution des propriétés mécaniques en fonction du nombre d'extrusions pour le (PE/PP et PE/PS) (80/20)

| Nombre d'extrusion | PE/PP | | PE/PS | |
|--------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | Allongement à la rupture (%) | Contrainte à la rupture (MPa) | Allongement à la rupture (%) | Contrainte à la rupture (MPa) |
| 1 | 3,39 | 13,37 | 4,52 | 16,22 |
| 2 | 7,84 | 19,25 | 8,22 | 16,37 |
| 3 | 5,81 | 18,85 | 6,32 | 15,54 |

ÉTUDE MORPHOLOGIQUE

Des exemples d'observations microscopiques des échantillons des mélanges (PE/PP) et (PE/PS) non compatibles et de leurs homologues compatibles sont représentés sur la figure 2 qui illustre la morphologie de ces matériaux.

Pour le cas des mélanges PE/PS non compatibles, les particules de la phase dispersée Polystyrène se présentent sous forme d'amas de forme aléatoire et d'une distribution large en taille des particules. Cette phase est très distincte de la matrice polyéthylène avec des vides à l'interface. Ceci traduit la non compatibilité et l'absence d'interaction entre les deux phases du mélange d'où l'absence d'adhésion. En revanche, dans le cas des mélanges PE/PS compatibles, on observe une

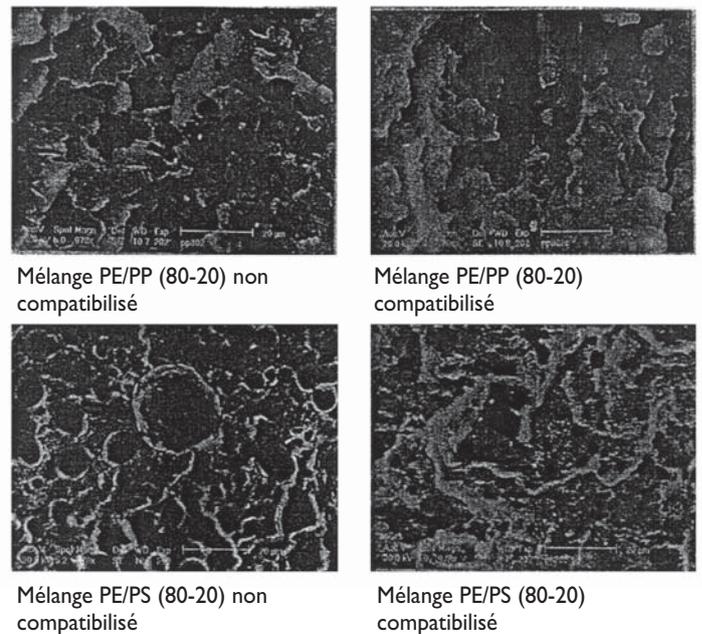


Figure 2 : Micrographies des surfaces après rupture pour les mélanges PE/PP et PE/PS de composition 80/20 avec et sans compatibilisant. X 978

amélioration de l'adhésion entre les deux phases. En effet, on constate que la taille des particules dispersées diminue, la forme de ces particules est généralement sphérique, la distribution des tailles est réduite, les vides à l'interface sont moins importants.

Pour les mélanges PE/PP non compatibles, la forme des particules de la phase dispersée est mieux définie (sphérique) avec une distribution en taille moins large que dans le cas du mélange PE/PS non compatible. En outre, le vide à l'interface est moins important et les particules paraissent noyées dans la matrice PE. Ceci serait dû à la compatibilité partielle entre les deux composants du mélange PE et PP [13]. En ajoutant un agent compatibilisant, cette adhésion devient très forte et donne une structure plus homogène et presque continue.

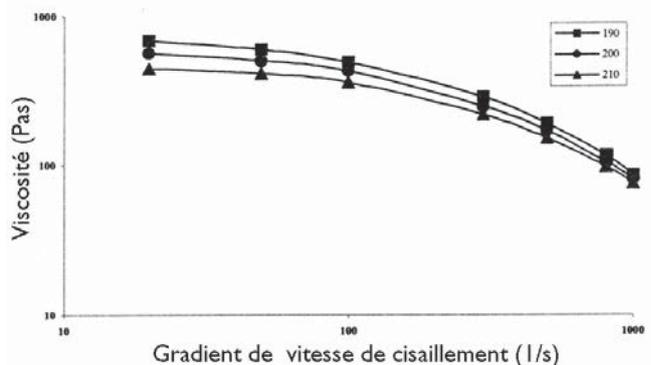


Figure 3 : Courbes d'écoulement du mélange PE/PP (40/60) non compatible.

ÉTUDE RHÉOLOGIQUE

Nous allons essayer de voir si l'étude des propriétés rhéologiques en régime permanent à l'état fondu des mélanges de polymères pourrait constituer une méthode sensible aux modifications de la tension interfaciale dues à la composition du mélange et à la présence du compatibilisant. Le comportement de ces matériaux va dépendre en effet non seulement des caractéristiques rhéologiques des constituants, mais aussi de l'état de dispersion, de la taille, de la distribution des tailles, de la forme des particules et des interactions entre phases [11].

Pour les mélanges PE/PS les trois températures de travail choisies sont respectivement 220°C, 230°C et 240°C. Pour les mélanges PE/PP les trois températures d'essais sont 190°C, 200°C et 210°C.

On remarque que l'allure des courbes d'écoulement [$\log \eta = f(\log \dot{\gamma})$] (figure 3 page précédente) montre le caractère pseudoplastique de nos mélanges. En effet, la viscosité de tout nos matériaux diminue en fonction du gradient de vitesse de cisaillement. D'autre part, à cisaillement constant, la viscosité augmente quand la température diminue.

La viscosité reflète l'intensité des forces intermoléculaires et la densité d'enchevêtrement. Une élévation de température va donc augmenter la mobilité des chaînes, détruire les interactions et démanteler les enchevêtrements ce qui fait décroître la viscosité. De plus, il est clair que le caractère pseudoplastique est plus marqué aux températures d'écoulement plus basses. Ceci s'explique par le fait que plus la température est basse, plus l'écoulement est régi par le cisaillement, alors que l'action de ce dernier diminue aux températures plus élevées étant donné l'augmentation de la facilité de glissement des chaînes les unes par rapport aux autres. Les courbes tendent à converger vers les grands gradients de vitesses de cisaillement, donc l'effet de la température sur la viscosité des mélanges diminue fortement quand on augmente le cisaillement.

Courbes maîtresses

Les résultats obtenus sont représentés sur les figures 4 à 9.

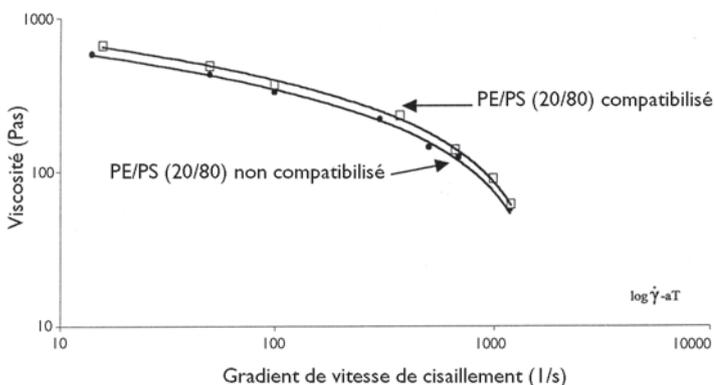


Figure 4 : Courbes maîtresses du mélange PE/PS (20/80) à 230°C

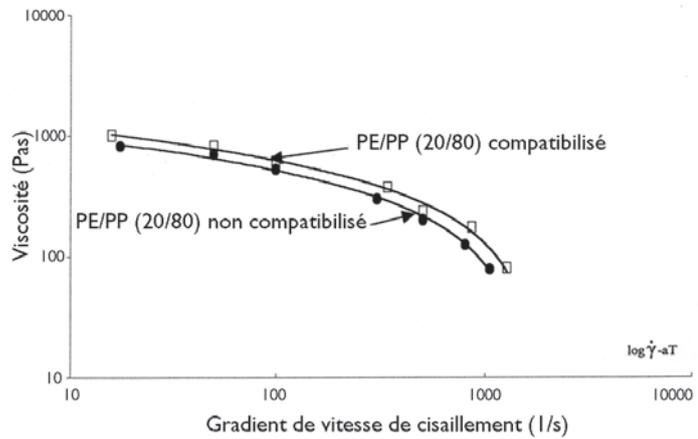


Figure 5 : Courbes maîtresses des mélanges PE/PP (20/80) à 200°C

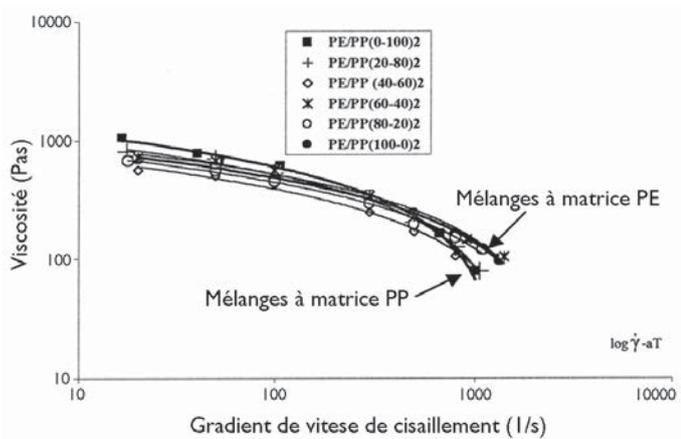


Figure 6 : Courbes maîtresses des mélanges PE/PP non compatibilisés à 200°C

Pour les deux types de mélange PE/PP et PE/PS (figures 4 et 5), nous remarquons que l'apport de l'agent compatibilisant est accompagné par une augmentation assez uniforme de la viscosité. En effet, l'ajout de compatibilisant augmente la densité d'interaction entre les composants du mélange ce qui rendrait les mouvements des chaînes interdépendants lors de l'écoulement.

Pour le mélange PE/PP non compatibilisé (figure 6), on observe dans le domaine des faibles cisaillements, un parallélisme parfait des diverses courbes enregistrées. Ce parallélisme pourrait traduire l'existence d'une compatibilité partielle des composants de ces mélanges, mentionnée précédemment. Pour des valeurs de gradient de vitesse de cisaillement comprises entre 300 s⁻¹ et 500 s⁻¹ les courbes d'écoulement se chevauchent et commencent à se séparer. Cette séparation devient nette vers les forts gradients de cisaillement.

Les courbes correspondantes aux mélanges ayant le même composant majoritaire (matrice PE ou PP) se regroupent ensemble et convergent vers

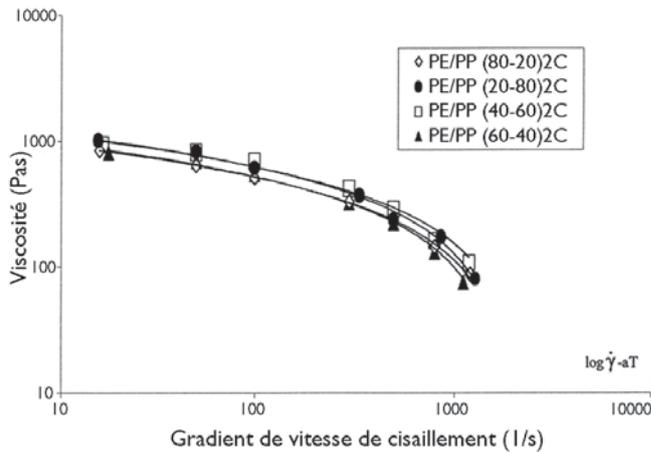


Figure 7 : Courbes maîtresses des mélanges PE/PP compatibles à 200°C

les mêmes valeurs de viscosité aux vitesses élevées de cisaillement. Ainsi les courbes d'écoulement des mélanges PE/PP (0/100, 20/80 et 40/60) pour lesquels le PP forme la matrice se rencontrent dans le domaine de cisaillement élevé, il en est de même pour les courbes d'écoulement des mélanges PE/PP (100/0, 80/20 et 60/40) pour lesquels le PE forme la matrice. Donc, aux valeurs de gradient de vitesse de cisaillement comprises entre 300 s⁻¹ et 500 s⁻¹ on assisterait à une destruction des forces d'interactions responsables de la compatibilité partielle entre les composants de ces mélanges. Ceci provoquerait une séparation des phases en présence et le comportement du mélange correspondant tendrait plutôt vers celui de la phase majoritaire.

Pour les mélanges PE/PP compatibles (figure 7), dans le domaine de cisaillement faible on remarque que les courbes d'écoulement sont confondues deux à deux en fonction du type de composant majoritaire formant la matrice du mélange. Ainsi les courbes d'écoulements des mélanges PE/PP (20/80 et 40/60) pour lesquels le PP est majoritaire sont parfaitement confondues et possèdent pratiquement les mêmes valeurs de viscosité sur

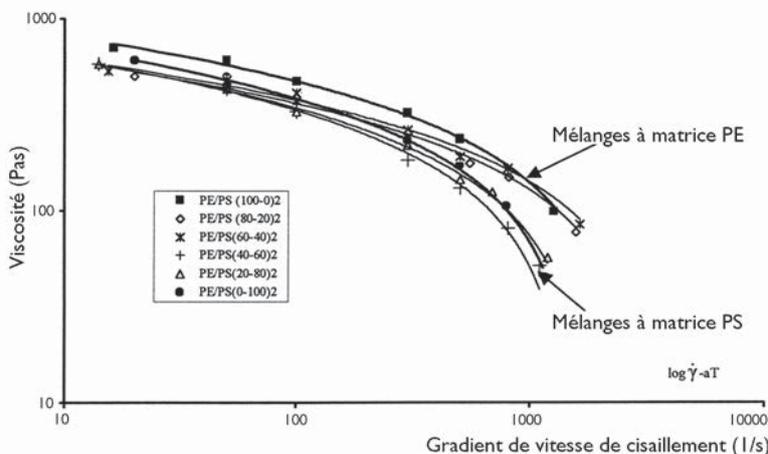


Figure 8 : Courbes maîtresses des mélanges PE/PS non compatibles à 230°C

tout le domaine de faible cisaillement; il en est de même pour les courbes d'écoulement des mélanges PE/PP (60/40 et 80/20) pour lesquels le PE est majoritaire. Ces observations constitueraient une confirmation quant à l'effet de l'agent compatibilisant incorporé à nos mélanges.

Aux valeurs de gradient de vitesse de cisaillement supérieures à 500 s⁻¹, les courbes d'écoulement des mélanges se superposent et deviennent bien distinctes. À ces valeurs de cisaillement, on assiste donc à une séparation des phases des mélanges provoquée par la destruction des forces d'interaction responsables à la fois de la compatibilité partielle et de l'adhésion entre les phases due à la présence du compatibilisant.

Pour les mélanges PE/PS non compatibles (figures 8), on observe dans le domaine des faibles vitesses de cisaillement, une séparation des courbes d'écoulement. Cette séparation pourrait traduire la non compatibilité des composants du mélange (PE/PS), ce qui correspond à une séparation

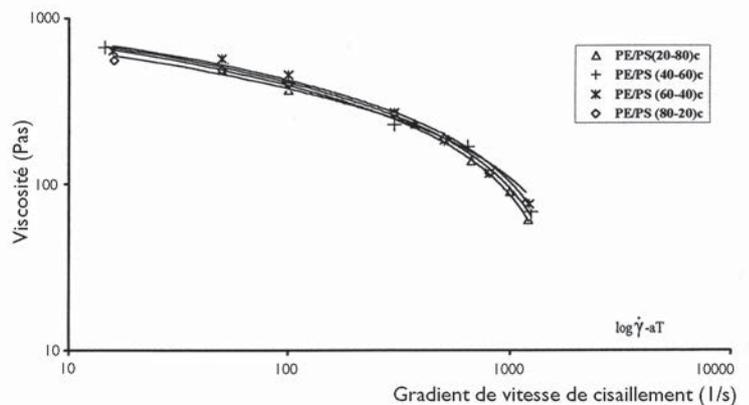


Figure 9 : Courbes maîtresses des mélanges PE/PS compatibles à 230°C

des phases lors de l'écoulement.

Les courbes correspondantes aux mélanges ayant le même composant majoritaire (matrice PE ou PS) se regroupent ensemble et convergent vers les mêmes valeurs de viscosité aux vitesses élevées de cisaillement.

Ainsi les courbes d'écoulement des mélanges PE/PS (0/100, 20/80 et 40/60) pour lesquels le PS forme la matrice, se rencontrent pratiquement dans le domaine de cisaillement élevé, donc le comportement serait celui de la matrice. Il en est de même pour les courbes d'écoulement des mélanges PE/PS (100/0, 80/20 et 60/40) pour lesquels le PE forme la matrice. Donc aux faibles vitesses de cisaillement, une absence des forces d'interactions serait responsable de la séparation des phases en présence.

Pour les mélanges PE/PS compatibles (figure 9), dans le domaine de cisaillement faible on remarque que les courbes d'écoulement se rapprochent l'une de l'autre. Ce rappro-

chement pourrait traduire l'apport de l'agent compatibilisant qui génère les forces d'interaction responsables de l'adhésion entre les deux phases du mélange.

Au delà des valeurs de gradient de vitesse de cisaillement supérieurs à 200 s⁻¹, les courbes d'écoulement deviennent très distinctes. Ceci peut être expliqué par la séparation de phases causée par la destruction des forces d'interaction responsables de la compatibilité d'ou l'adhésion entre les deux constituants du mélange.

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons étudié l'efficacité d'une méthode d'élaboration de mélanges de polymères, économiquement viable, dans le but d'ouvrir de nouvelles perspectives au recyclage de ces matériaux.

L'étude des propriétés des mélanges binaires PE/PP et PE/PS à différentes compositions nous a permis de préciser l'influence de l'agent compatibilisant sur la qualité de l'adhésion à l'interface par l'étude des caractéristiques physiques des mélanges. L'ensemble des déductions tirées des différentes propriétés comparatives des mélanges non compatibilisés avec leurs homologues compatibilisés, nous permet de conclure favorablement quant à l'effet de l'agent compatibilisant choisi.

L'observation de la morphologie, réalisée sur des surfaces de rupture d'éprouvettes après fracture à très basse température met en évidence la mauvaise adhésion dans les mélanges non compatibilisés surtout ceux de type PE/PS (présence de cavités dues à l'écoulement des nodules). Dans le cas des mélanges compatibilisés l'adhésion est meilleure. L'étude du comportement rhéologique en régime permanent à l'état fondu nous a permis de préciser les contributions de la compatibilité partielle, surtout pour les mélanges PE/PP sans compatibilisant, et de l'effet de ce dernier dans les deux

types de mélanges PE/PP et PE/PS.

***Tasnim Kallel, M. Jaziri et B. Elleuch**

Laboratoire des polymères, Département du génie des matériaux, École nationale des ingénieurs de Sfax. - Rte Soukra 3038 - Sfax – Tunisie. E-mail: tasnimkallel@yahoo.fr

Bibliographie

1. Chang-Sik Ha, Hae-Dong Park, Youngkoo Kim, Soon-Ki Kwon and Won-jei Cho. Polym. for adv. Tech, 483-492 (1996).
2. R.J. Ehrig, Plastics recycling, Hanser, Munich (1992).
3. S. Halimhamid and M. Atiqullah, JMS Rev. Macromol. Chem. Phys. C35 (3), 495 (1995).
4. Utracki, L.A., Dumoulin, M.M. and Toma, P., NRCC/IMRI symposium Polyblends'85, Boucherville, Quebec, Canada, Apr 16-17, 1985 ; Polym. Eng. Sci, 26, 37 (1986).
5. Sondergaard, K., Valenza, A., and Lyngaae-Jorgensen, J., Polym. Network Blends, 2, 159 (1992).
6. Krause, S.M. and Goh, S.H., Miscible Polymer Blends Handbook, Utracki, L.A., Ed., Chapman & Hall, London (1998).
7. H.E. Hermes and J.S. Higgins., Polym. Eng. Sci., Vol 38, N°5, 847-856, (1998).
8. S.C. Tjong, S.A. XU., J of App. Polym. Sci., VOL 68, 1099-1108, (1998).
9. T. Li, V. A. Topolkaraev, A. Hiltner, E. Baer, X. Z. Ji, and R. P. Quirk, J. Polym. Sci.: Part B/ Polym . Phys., 33, 667 (1995).
10. P. Cigana, B.D. Favis, and R. Jerome, J. Polym. Sci.: Part B/ Polym . Phys., 34, 1691 (1996).
11. Utracki, L.A., Commercial polymer Blends, Ed., Chapman & Hall, London (1998).
12. Jun Li, Robert A. Shanks, Yu Long., J of App. Polym. Sci, VOL 76, 1151-1164, (2000).
13. Dumoulin, M.M., PhD Thèse, Ecole Polytechnique, Montreal (1988).
14. Utracki, L.A., and Dumoulin, M.M., In Polypropylene : Structure, Blends and Composites, J. Karger-Kocsis, Ed., Chapman & Hall, London (1995).
15. Aji, A. and Utracki, L.A., Polym . Eng. Sci., 36, 1574 (1996).
16. Anastasiadis, S.H., Interfacial Tension of immiscible polymer blends, Phd thesis, Princeton University. (1988).
17. Wu, S., in Polymer Handbook, Brandrup, J. and Immergut, E.H., Eds., 3rd edition, Wiley, New York (1989).
18. D. Hlavata, Z. Horak, F Lednický, J. Hromadkova., J. of Polym Sci : Part B Polym Physics., Vol 39, 931-942, (2001).
19. I. Fortelny, D. Michalkova, J. Hromadkova, F. Lednický, J OF App. Polym. Sci , VOL 81, 570-580, (2001).
20. I. Fortelny, D. Michalkova, J., Koplíkova J. Navrátilova, J. Kovar., Angew Macromol Chem , 179-185, (1990)



MANUEL DU MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL
Michel Jonquière

Sommaire des tomes 1 et 2

Formats : 155 x 240
Tome 1 : 240 pages
 47,72 € TTC Franco de port (310 F)
Tome 2 : 184 pages : 32,01€ TTC Franco (210 F),
Tomes 1 et 2 : 72,41 € TTC Franco (475 F)
 Exclusif : Pour les détenteurs du Tome 1 seulement : 22,41 € TTC Franco (147 F)

L'usage de la norme ISO 14001 est indispensable à tout organisme qui souhaite pérenniser ses activités et conserver ses parts de marché. Proposé par un des pères de la norme ISO 14001, le Manuel du Management Environnemental (MaME) est l'outil de référence de sa mise en œuvre, nourri de l'expérience permanente de son auteur .

Tome 1 :

- Le management environnemental
- La mise en œuvre d'un système de management environnemental selon la norme ISO 14001

Tome 2 :

- Améliorations et développements autour de la norme ISO 14001
- Les évolutions
- Et si vous alliez plus loin ?

Bon de commande

A retourner à Société Alpine de Publications - 7 chemin de Gordes 38100 Grenoble - Tél. : 04 76 43 28 64 - Fax : 04 76 56 94 09 avec votre règlement

Je soussigné : _____
 Entreprise : _____
 Adresse : _____
 Code postal : _____ Ville : _____

déclare passer commande de ... exemplaire(s) des tomes 1 et 2 ou du tome 1 , ou du tome 2 du Manuel du Management Environnemental au(x) prix indiqué(s) en Euros ou Francs dans l'encadré ci dessus (à rajouter manuscritement ici :
 Règlement à la commande par chèque ci-joint
 Je désire une facture en retour en exemplaire(s).