

# Effets de l'utilisation de différentes matrices thermoplastiques (vierge/recyclé) et de la variation des propriétés de la fibre du bois sur les propriétés physico-mécaniques et thermiques des composites bois-plastique (CBP)

Mourad Saddem

Directeur de recherche : Ahmed Koubaa  
Codirecteur de recherche: Bernard Riedl

ACFAS 2014

# Plan de la présentation

- Contexte de l'étude
- Matériel et méthodes
- Résultats et discussions
- Conclusions et perspectives

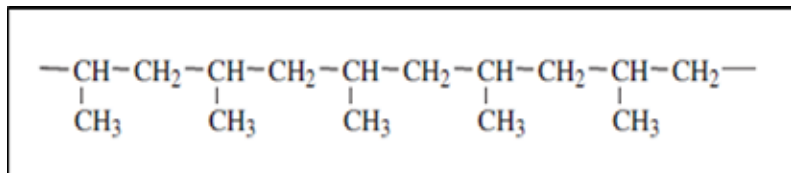
# Contexte

- Un matériau composite est une combinaison d'au moins deux matériaux macroscopiques distincts une matrice et un renfort afin de modifier les propriétés de la matrice.
- Les composites sont utilisés pour diminuer les coûts de la matière première, pour leur résistance à la corrosion et à la fatigue et pour leurs propriétés mécaniques accrues par rapport à la matrice.
- Les composites bois-plastique (CBP) est un exemple de matériaux composites. Ils ont été développés, dans un premier temps, pour améliorer les performances des matériaux traditionnellement en bois.
- Le plastique est fabriqué à partir de pétrole chauffé et raffiné pour extraire ses monomères qui sont liés pour créer des polymères.
- Dans les CBP et à masse égale c'est le plastique qui constitue la composante la plus onéreuse.

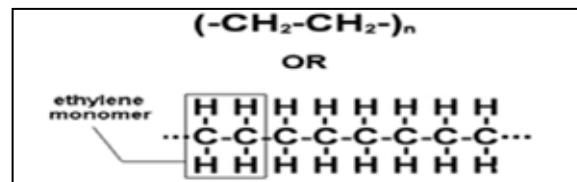
# Contexte

- Le plastique recyclé peut assurer des avantages substantiels sur les prix de production des CBP
- Le plastique recyclé est rarement pur à 100% et dans les centres de collecte c'est l'étape de tri qui est la plus onéreuse

Type de plastique	Utilisations courantes	Exemples de produits à contenu recyclé
Polyéthylène haute densité (HDPE)	Bouteilles de savon à lessive et de shampoing, contenants de lait ou de jus, sacs d'emplettes.	Bacs de récupération, tuyaux de drainage, mobilier urbain ( ex. : bancs de parc, tables de pique-nique), planches de plastique ( ex. : patio ).
Polypropylène (PP)	Contenants de yogourt et de margarine, bouchons pour bouteilles.	Bacs à fleurs, palettes de manutention, planches de plastique, caisses de lait.



Structure représentative du PP



Structure représentative du HDPE

# Matériel et méthodes

- Matière première ligno-cellulosique: Les fibres des deux essences (pin gris (*Pinus banksiana*) et l'Épinette noire (*Picea mariana* Mill.)) ont été fragmentées par broyage mécanique et classifiées par tamisage pour obtenir les deux longueurs de fibres (75-250 $\mu$ m et 425-710 $\mu$ m).
- Matière première thermoplastique: le polyéthylène à haute densité (HDPE) et le polypropylène sont utilisés comme matrice ainsi que la combinaison des deux plastiques en 80% et 20% respectivement.
- Les mélanges de fibres et de plastique ont été extrudés à l'aide de l'extrudeuse bi-vis, les pastilles extrudées ont été moulées par injection.
- Les éprouvettes fabriquées ont subi des tests de flexion trois points, test de traction, un test d'absorption d'eau et une analyse thermique par DSC (Differential Scanning Calorimetry).
- Des éprouvettes de plastique pur (HDPE et PP) ont été fabriquées et considérées comme témoin.

# Matériel et méthodes

Longueur de fibre	Formulation de plastique
150-250µm	polyéthylène à haute densité (HDPE)
	Polypropylène (PP)
425-710µm	20% PP + 80 % HDPE
	20% HDPE + 80% PP

Pin gris (*Pinus banksiana*)

Longueur de fibre	Formulation de plastique
150-250µm	polyéthylène à haute densité (HDPE)
	Polypropylène (PP)
425-710µm	20% PP + 80 % HDPE
	20% HDPE + 80% PP

Épinette noire (*Picea mariana* Mill.)

## Dispositif expérimental

- Le dispositif expérimental contient 16 formulations différentes qui ont été répétées cinq fois.
- Dans toutes les formulations la proportion en fibre de bois a été maintenue à 35% sur une base massique des composites.
- Toutes les caractérisations ont été réalisées selon les normes ASTM en vigueur.

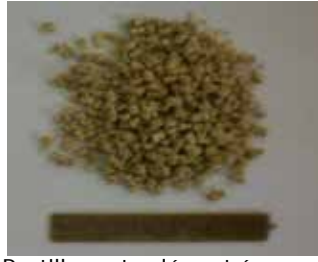
# Matériel et méthodes



Pin gris broyage Mécanique



HDPE



Pastilles extrudées et éprouvette de flexion



Appareil et moules d'injection



Extrudeuse bi-vis



Appareil d'essai universelle



Differential Scanning Calorimetry (DSC)

# Résultats et discussions

Test de flexion fibre longue (425-710 $\mu$ m) avec 35% Épinette Noire et différentes matrices thermoplastique

Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (MPa)	Fmax (MPa)	e-F max (%)
100% HDPE	893,17	29,19	5,20
80% HDPE + 20% PP	750.69	26.91	5.45
20% HDPE + 80%PP	1467.86	41.72	5.02
100% PP	1336.42	40.56	5.39
HDPE Pur	702,54	17,21	5,92
PP Pur	1120,62	40,10	5,73

Test de flexion fibre courte (75-250 $\mu$ m) avec 35% Épinette Noire et différentes matrices thermoplastique

Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (MPa)	Fmax (MPa)	e-F max (%)
100% HDPE	956,90	30,64	5,35
80% HDPE + 20% PP	858.83	28.78	5.33
20% HDPE + 80%PP	1401.63	38.67	5.26
100% PP	1521,69	42,28	5,36
HDPE Pur	702,54	17,21	5,92
PP Pur	1120,62	40,10	5,73



# Résultats et discussions

Test de flexion fibre longue (425-710 $\mu$ m) avec 35% Pin Gris et différentes matrices thermoplastique

Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (MPa)	Fmax (MPa)	e-F max (%)
100% HDPE	687,34	26,08	5,32
80% HDPE + 20% PP	8 12,09	28,43	5,41
20% HDPE + 80%PP	1359.05	39.06	5.46
100% PP	1381.11	40.11	5.15
HDPE Pur	702,54	17,21	5,92
PP Pur	1120,62	40,10	5,73

Test de flexion fibre courte (75-250 $\mu$ m) avec 35% Pin Gris et différentes matrices thermoplastique

Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (MPa)	Fmax (MPa)	e-F max (%)
100% HDPE	798,20	28,17	5,34
80% HDPE + 20% PP	962.19	29.57	5.37
20% HDPE + 80%PP	1532.02	40.94	5.09
100% PP	1716.52	44.20	4.72
HDPE Pur	702,54	17,21	5,92
PP Pur	1120,62	40,10	5,73

# Résultats et discussions

Test de traction fibre longue (425-710 $\mu$ m) avec 35% Épinette Noire et différentes matrices thermoplastique

Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (kN/mm <sup>2</sup> )	Rp x (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	e-F max (%)
100% HDPE	1,21	15,71	19,04	3,83
80% HDPE + 20% PP	1,24	11,64	21,33	4,08
20% HDPE + 80%PP	1,68	15,19	25,30	3,15
100% PP	1,74	15,71	28,40	3,69
HDPE Pur	1,02	10,83	20,41	6,39
PP Pur	1,27	16,58	31,38	7,79

Test de traction fibre courte (75-250 $\mu$ m) avec 35% Épinette Noire et différentes matrices thermoplastique

Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (kN/mm <sup>2</sup> )	Rp x (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	e-F max (%)
100% HDPE	1,61	16,31	21,36	3,80
80% HDPE + 20% PP	1,58	14,47	23,56	4,19
20% HDPE + 80%PP	1,77	16,11	28,28	3,60
100% PP	1,85	16,74	30,21	3,86
HDPE Pur	1,02	10,83	20,41	6,39
PP Pur	1,27	16,58	31,38	7,79

# Résultats et discussions

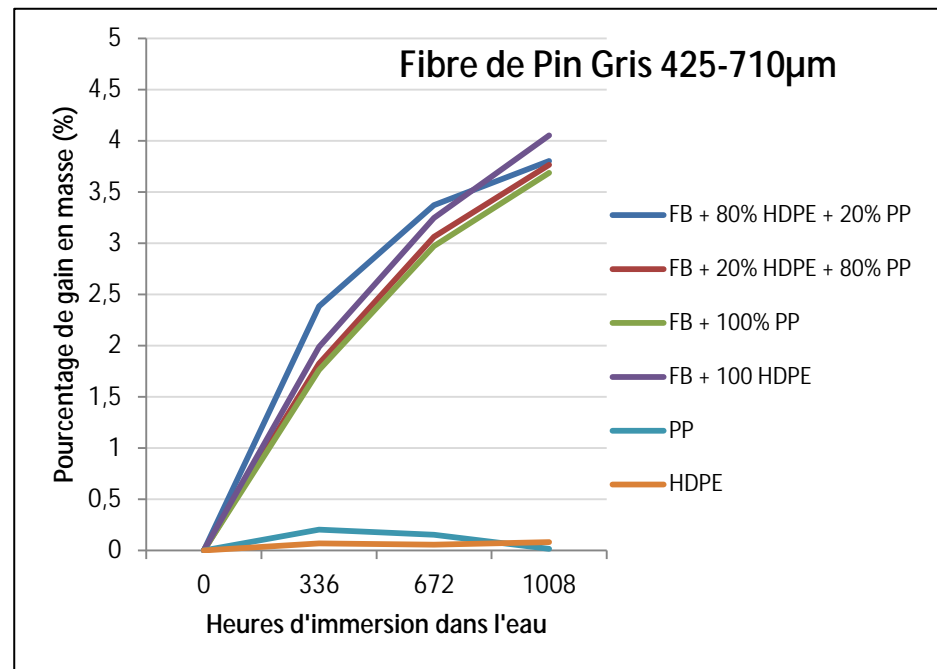
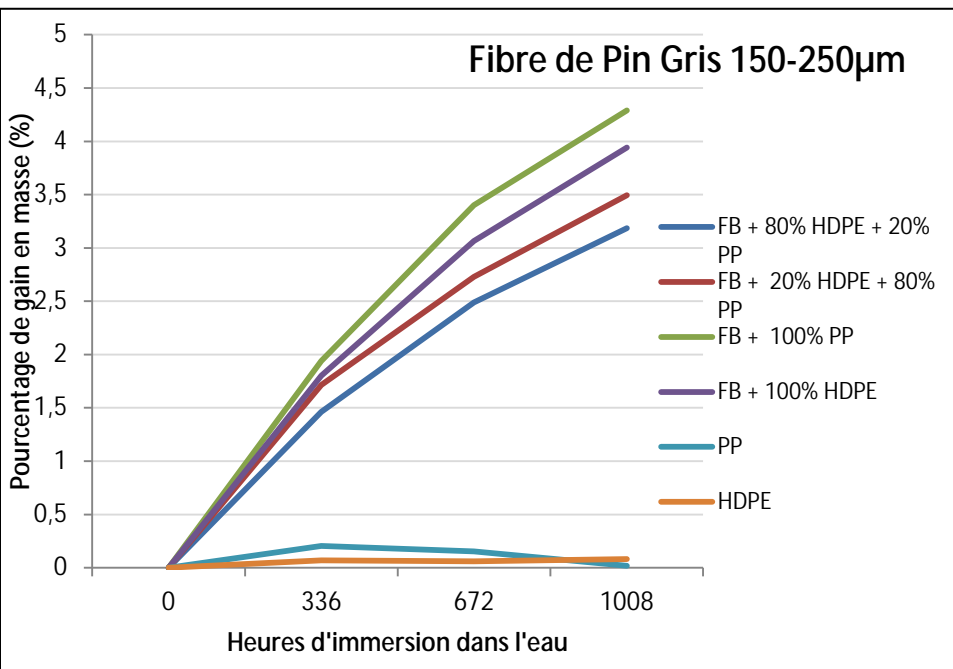
Test de traction fibre longue (425-710 $\mu$ m) avec 35% Pin Gris et différentes matrices thermoplastique

Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (kN/mm <sup>2</sup> )	Rp x (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	e-F max (%)
100% HDPE	1,40	16,45	20,75	3,39
80% HDPE + 20% PP	1,05	11,65	20,41	4,74
20% HDPE + 80%PP	1,50	15,79	25,90	3,93
100% PP	1,64	16,19	27,01	3,67
HDPE Pur	1,02	10,83	20,41	6,39
PP Pur	1,27	16,58	31,38	7,79

Test de traction fibre courte (75-250 $\mu$ m) avec 35% Pin Gris et différentes matrices thermoplastique

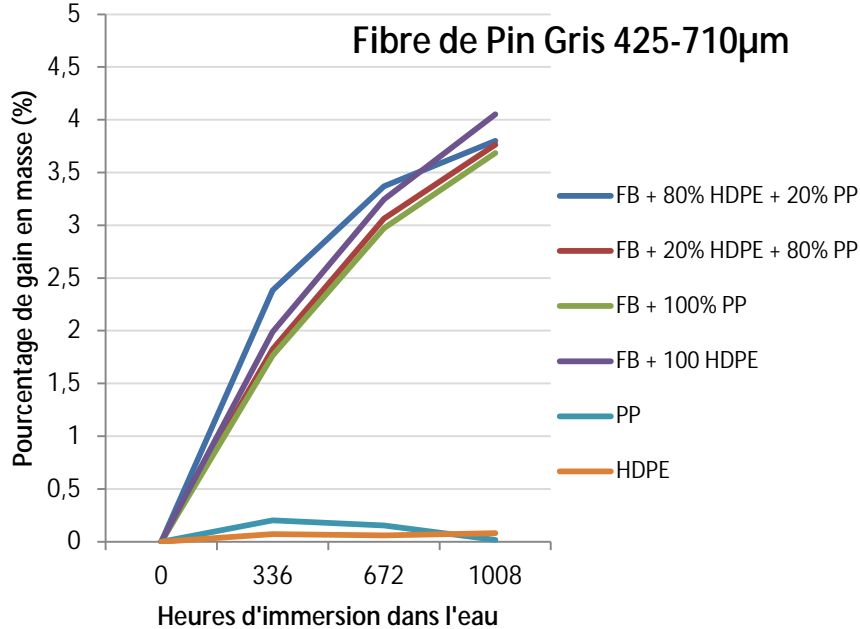
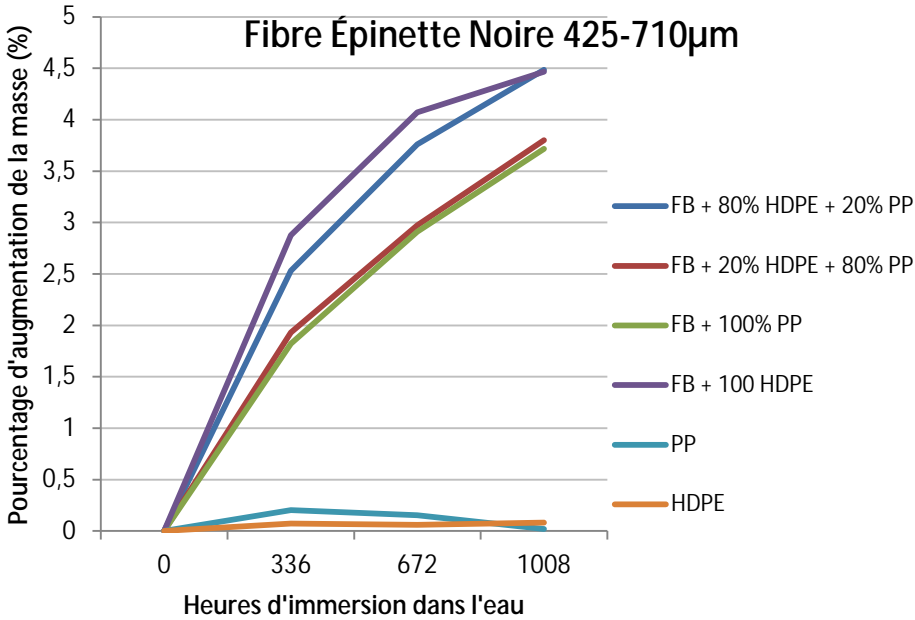
Composition de la matrice thermoplastique	Module d'élasticité EMod (kN/mm <sup>2</sup> )	Rp x (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	e-F max (%)
100% HDPE	1,69	17,77	22,63	3,03
80% HDPE + 20% PP	1,42	15,06	23,52	4,41
20% HDPE + 80%PP	1,54	14,84	25,82	3,47
100% PP	1,60	15,37	26,48	3,66
HDPE Pur	1,02	10,83	20,41	6,39
PP Pur	1,27	16,58	31,38	7,79

# Résultats et discussions



Effet de la variation de la taille de la fibre de bois sur l'absorption d'eau des CBP

# Résultats et discussions

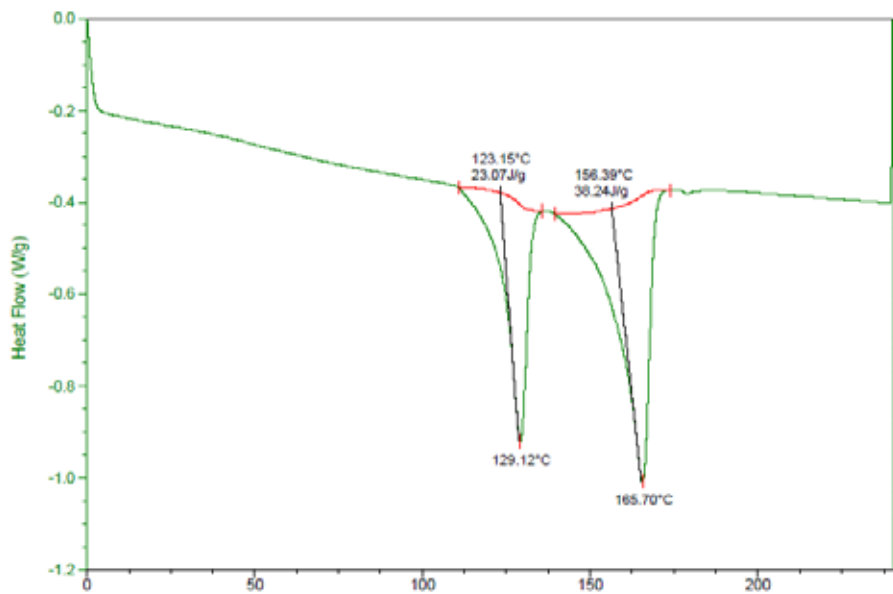


Effet de la variation de l'essence de bois sur l'absorption d'eau des CBP

Sample: EN-250-20%HDPE-80%PP  
Size: 9.3000 mg

DSC

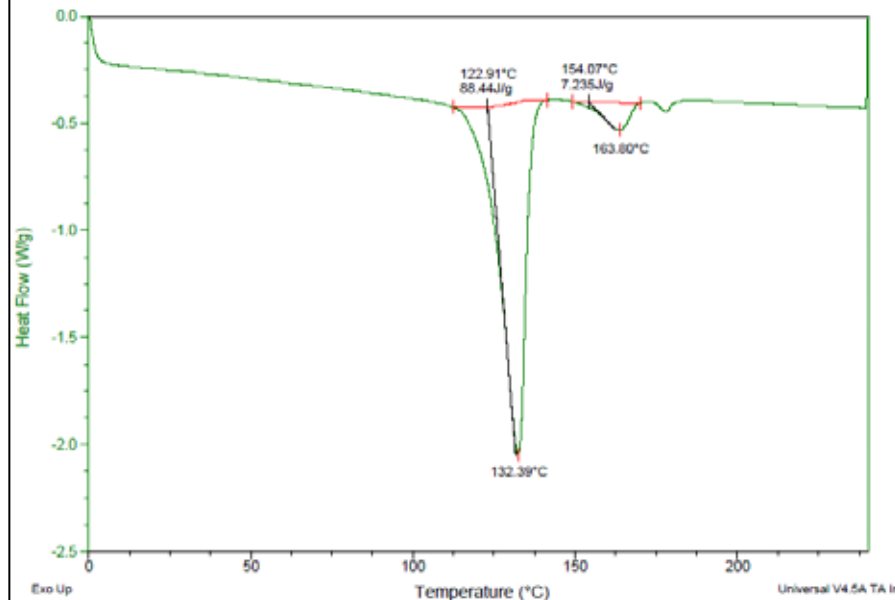
File: C:\...EN-250-20%HDPE-80%PP.001  
Operator: Sylvain  
Run Date: 03-May-2013 13:29  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116



Sample: EN-250-80%HDPE-20%PP  
Size: 9.1000 mg

DSC

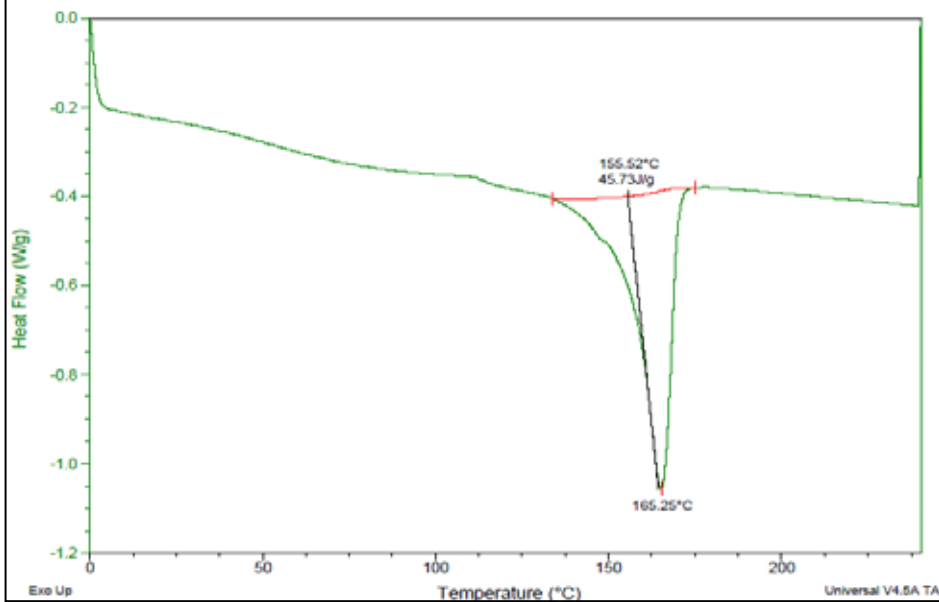
File: C:\...EN-250-80%HDPE-20%PP.001  
Operator: Sylvain  
Run Date: 03-May-2013 11:48  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116



Sample: EN-250-100%PP  
Size: 9.5000 mg

DSC

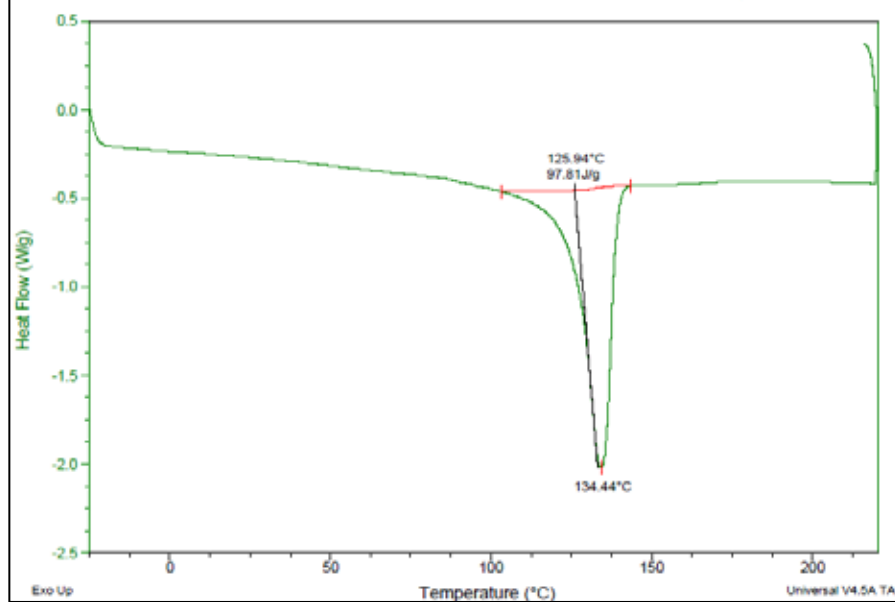
File: C:\...EN-250-100%PP.001  
Operator: Sylvain  
Run Date: 03-May-2013 15:25  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116

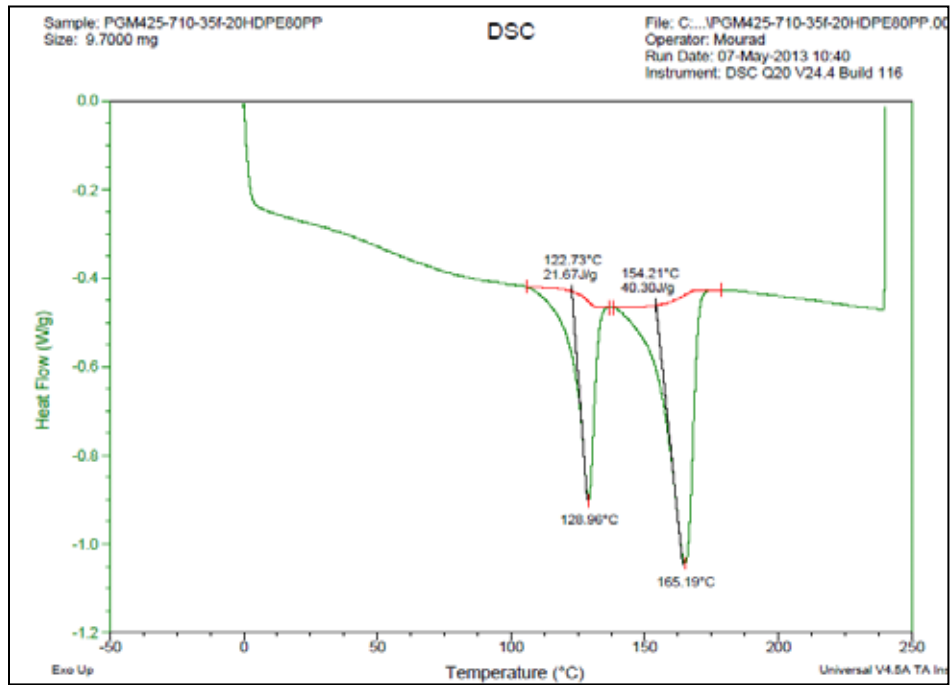
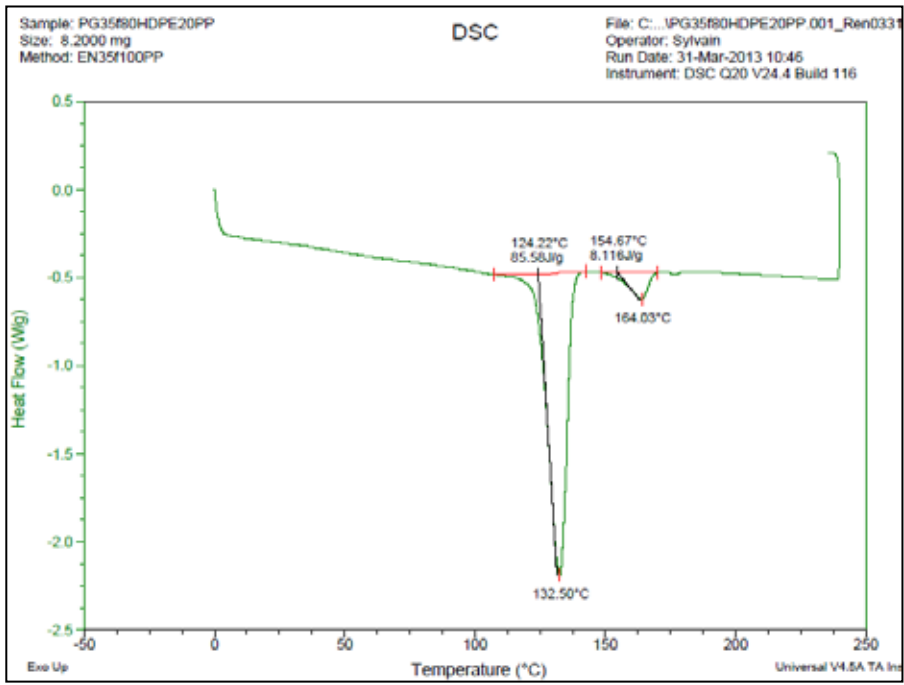


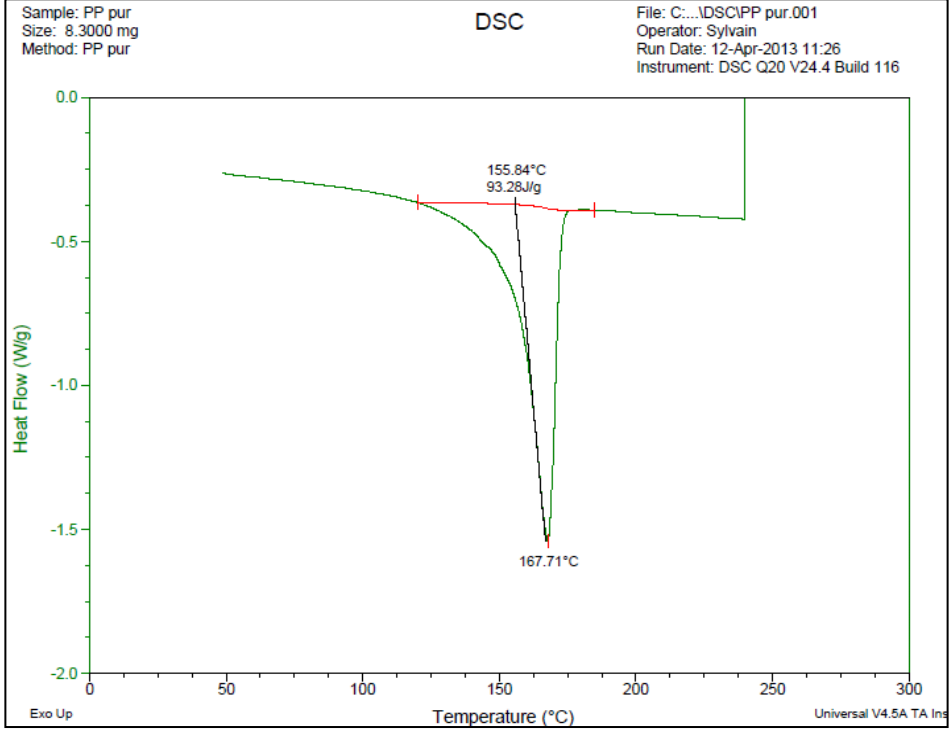
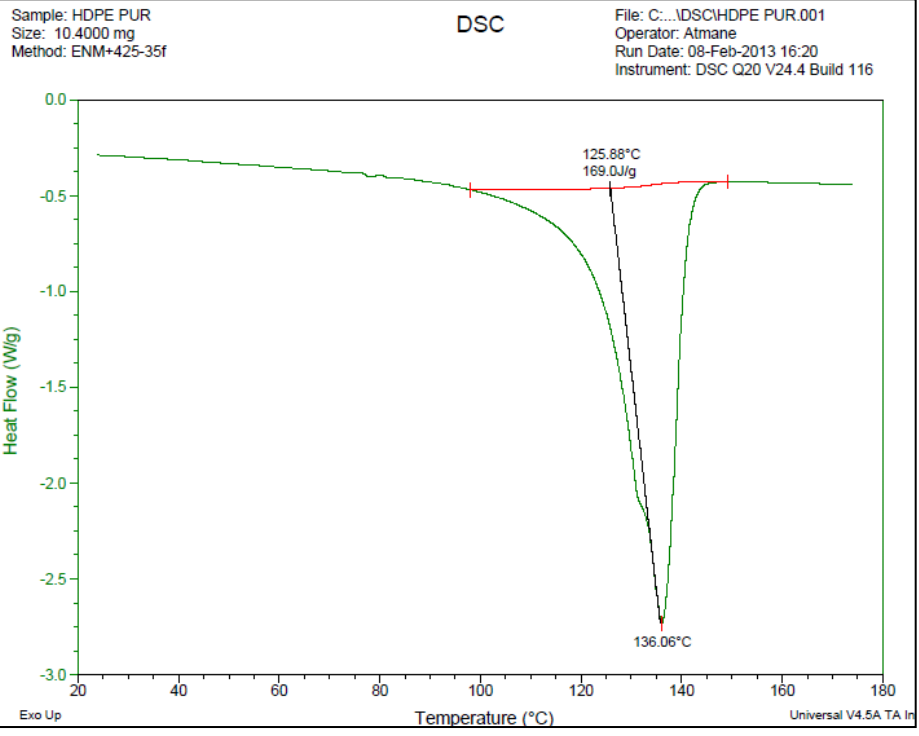
Sample: ENM-250-35f  
Size: 9.5000 mg  
Method: PGM250-425-35f

DSC

File: C:\...ENM-250-35f-100%HDPE.047  
Operator: hicham  
Run Date: 29-Oct-2012 10:41  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116









# Conclusions et Perspectives

- Compte tenu du caractère hydrophobe des différents plastiques les différents composites produits se sont comportés de façon similaire face à l'immersion dans l'eau vu que la proportion du bois est constante (35%).
- Les résultats démontrent que la rigidité et la résistance à la rupture augmentent proportionnellement avec l'augmentation de la taille des fibres.
- Selon la littérature le plastique recyclé présente souvent des propriétés mécaniques plus faibles comparativement aux matrices de plastiques vierges vu la non-compatibilité en mélange des différentes chaînes carbonées des différents types de plastique.
- En flexion à trois points pour les différentes formulations réalisées la variante contenant 100% de PP de la matrice thermoplastique a montré le module d'élasticité et de force à la rupture les plus élevés.

## Conclusions et Perspectives

- Selon les analyses thermiques pour les proportions de plastique utilisées le PP s'est comporté dans le cas où il était présent à 20% comme liant vu son caractère plus miscible expliqué par les branchements CH<sub>3</sub> qu'il présente.
- À l'aide de variations de proportions et d'analyses plus poussées et en variant encore les types de plastique on peut aboutir à des modèles simulant les effets de variations des plastiques sur les propriétés des CBP.
- L'utilisation finale du produit peut expliquer ses propriétés intrinsèques, dans le cas du plastique recyclé utilisé dans la fabrication des CBP des utilisations potentielles à des fins d'emballage ou de décoration peuvent largement être assurés par les propriétés des CBP produits.

MERCI