



Institut Mines-Télécom

3^{ème} session :

Ressources : Enjeux industriels et scientifiques
dans les domaines des matériaux alternatifs
et de l'économie circulaire

06.04.2021



PROBLÉMATIQUES SUR LA VALORISATION DES PLASTIQUES DE 2^{NDE} VIE ISSUS DES DÉCHETS D'ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES & ÉLECTRONIQUES (DEEE)

Pr. Didier PERRIN (IMT MINES ALES)



SOMMAIRE

INTRODUCTION : CONTEXTE GÉNÉRAL GISEMENT DEEE

1. DURABILITÉ ET TENUE EN SERVICE DES PLASTIQUES DEEE RECYCLÉS MONOMATIÈRES ET EN MÉLANGES

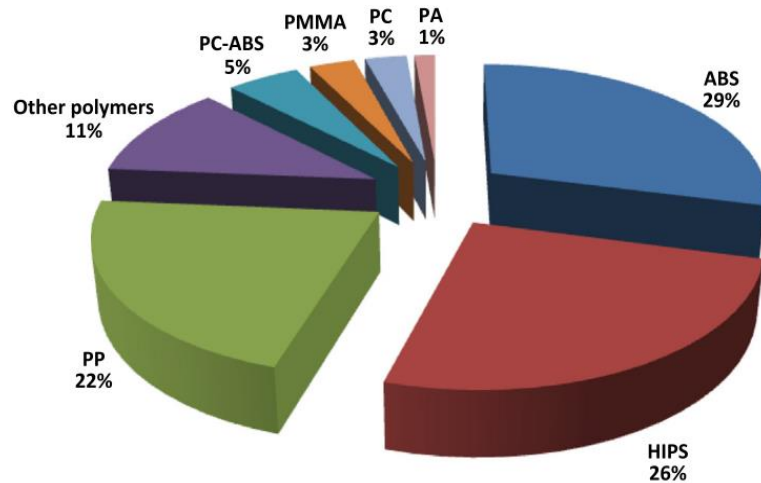
- 1.1 Problématique du recyclage des plastiques DEEE
- 1.2 Evaluation Performances Mélanges plastiques 2nde vie

2. MORPHOLOGISATION DE MÉLANGES DE POLYMÈRES DEEE - PROJET MOPPET

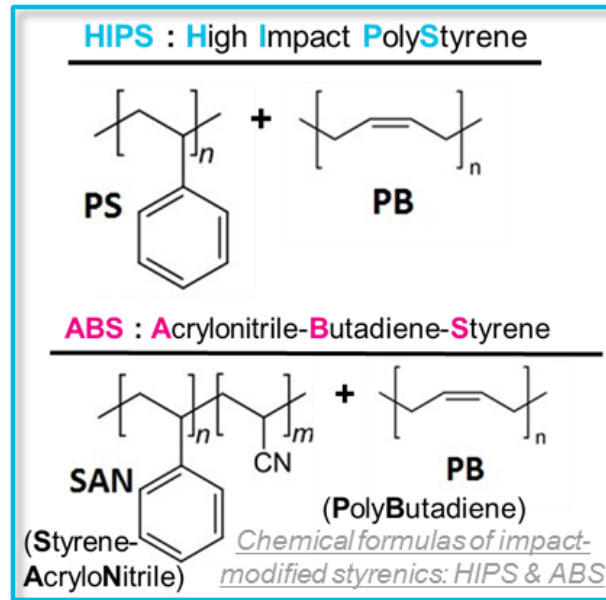
CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

DEEE: Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques

- ▶ Gisements en pleine croissance : 3 à 5% en U.E.
- ▶ Compositions et microstructures complexes : Alliages styréniques



Maris et al., Minerals Engineering, 2015



<https://www.envie.org/100-tonnes/production-record-dechets-electroniques/>

- ▶ Forte proportion de plastiques sombres ⇒ tri limité
⇒ recyclage mécanique partiel
- ▶ Pression réglementaire : Directives WEEE et RoHS



HIPS

<https://www.megafoam.com/our-products/>



ABS

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lego_Color_Bricks.jpg

CHAPITRE 1

DURABILITÉ ET TENUE EN SERVICE DES PLASTIQUES DEEEE RECYCLÉS MONOMATIÈRES ET EN MÉLANGES

Peut-on recycler des plastiques « contaminés » ?

Peut-on recycler des plastiques vieillis ?

1.1. Problématiques du recyclage des plastiques DEEE // 1.1.1. Incompatibilité des polymères

▶ Peu de « mélanges » miscibles :

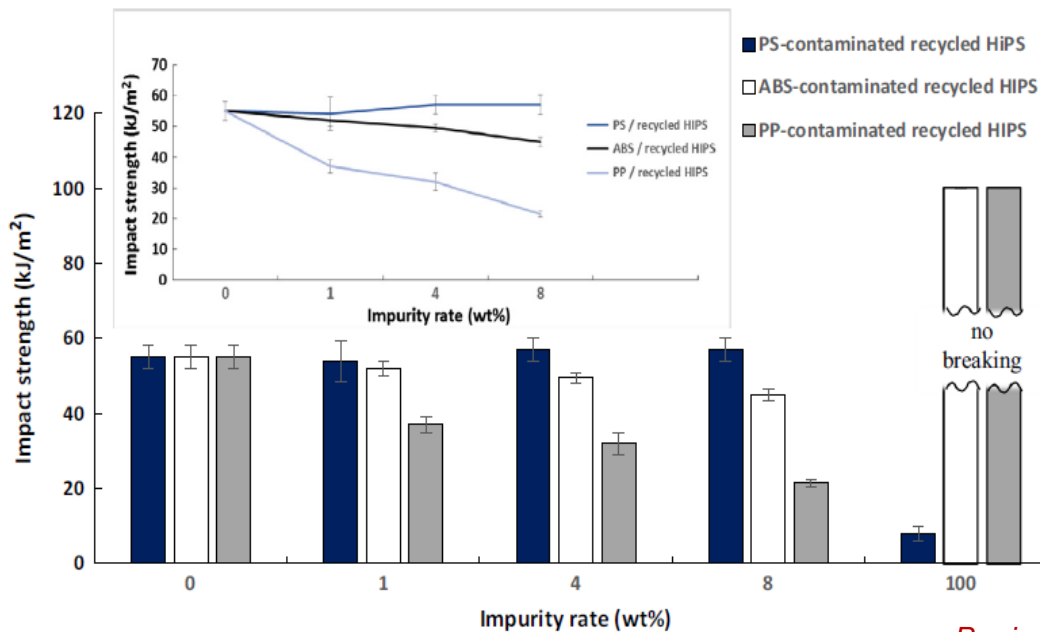
- Séparation de phases à l'état fondu

▶ Influence des phases dispersées

□ Phases minoritaires d'ABS, de PS et de PP dans l'HIPS – projet ADEME REDEMPTIR

▶ La plupart sont « incompatibles » :

- Propriétés fonctionnelles inférieures à celles de chacun des constituants pris séparément

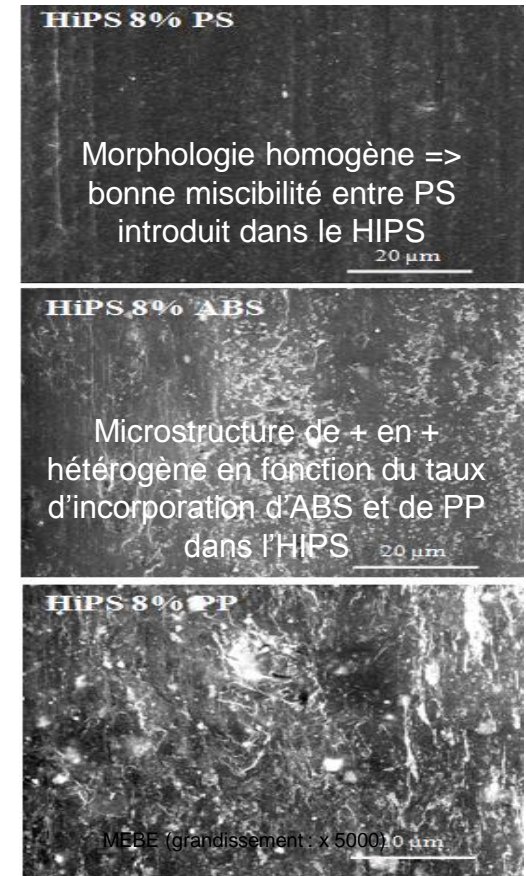


➤ PS/HIPS : Pas de décohésion interface miscibilité probable PS / PS de l'HIPS malgré présence butadiène.

➤ ABS/HIPS : Légère perte au-delà de 4% => taux d'acrylonitrile ↑ avec adhésion SAN/PS de mauvaise qualité

➤ PP/HIPS : Décohésion globale sans agent d'interface dès 1%

Perrin et al., Waste Management, 2016



Nature de l'impureté influence fortement la morphologie topographique finale du matériau.

Styréniques modifiés choc : HIPS et ABS



Vieillissement des polymères :

Altération des propriétés et de l'aspect avec le temps

▶ **PS et SAN fragiles**

▶ Présence de **nodules d'élastomère PB**

(Polybutadiène)

▶ PB : principale cible du vieillissement

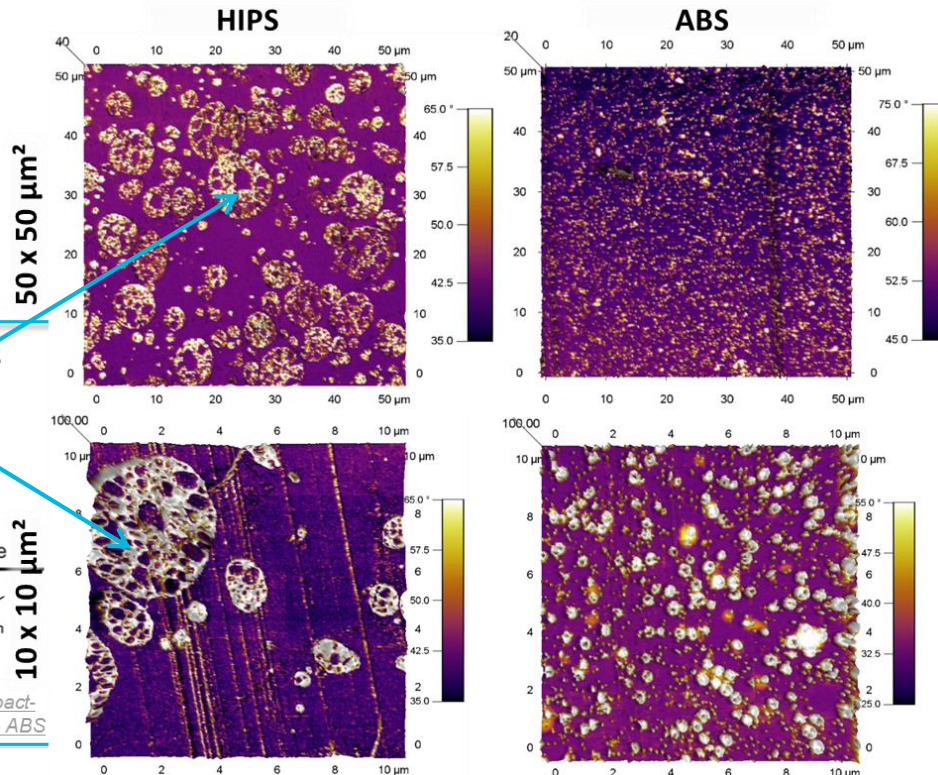
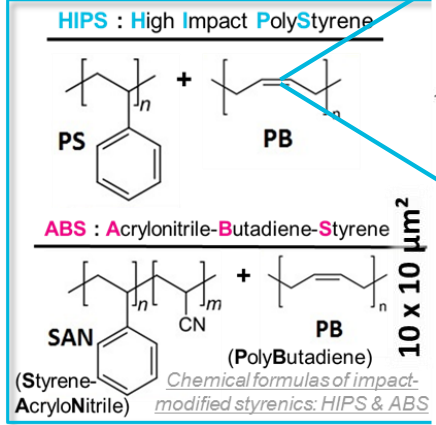


UV (ou T) + O₂



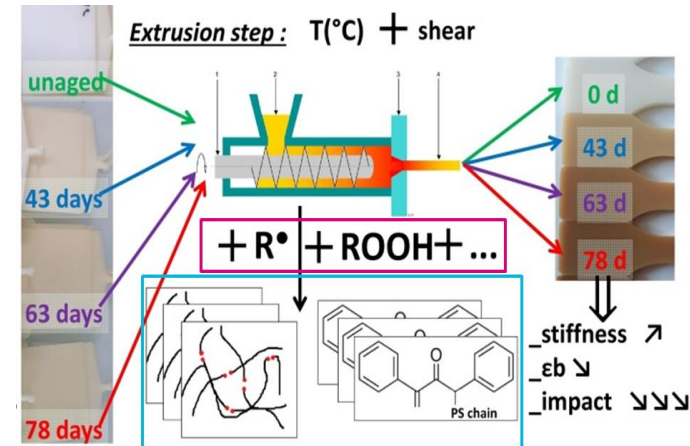
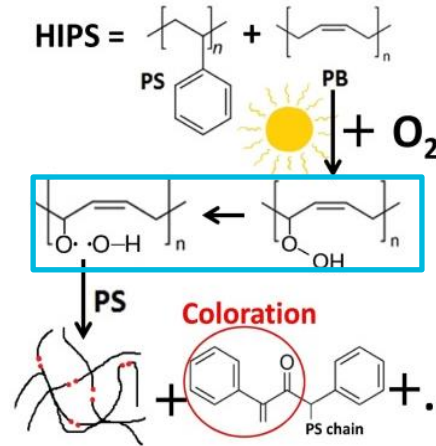
- ▶ UV: photooxydation
- ▶ T : thermooxydation

<http://gazetterevue.com/2015/11/super-nintendow-25-years-old/>



Microscopie AFM, dissipation de phase

Photooxydation ageing :

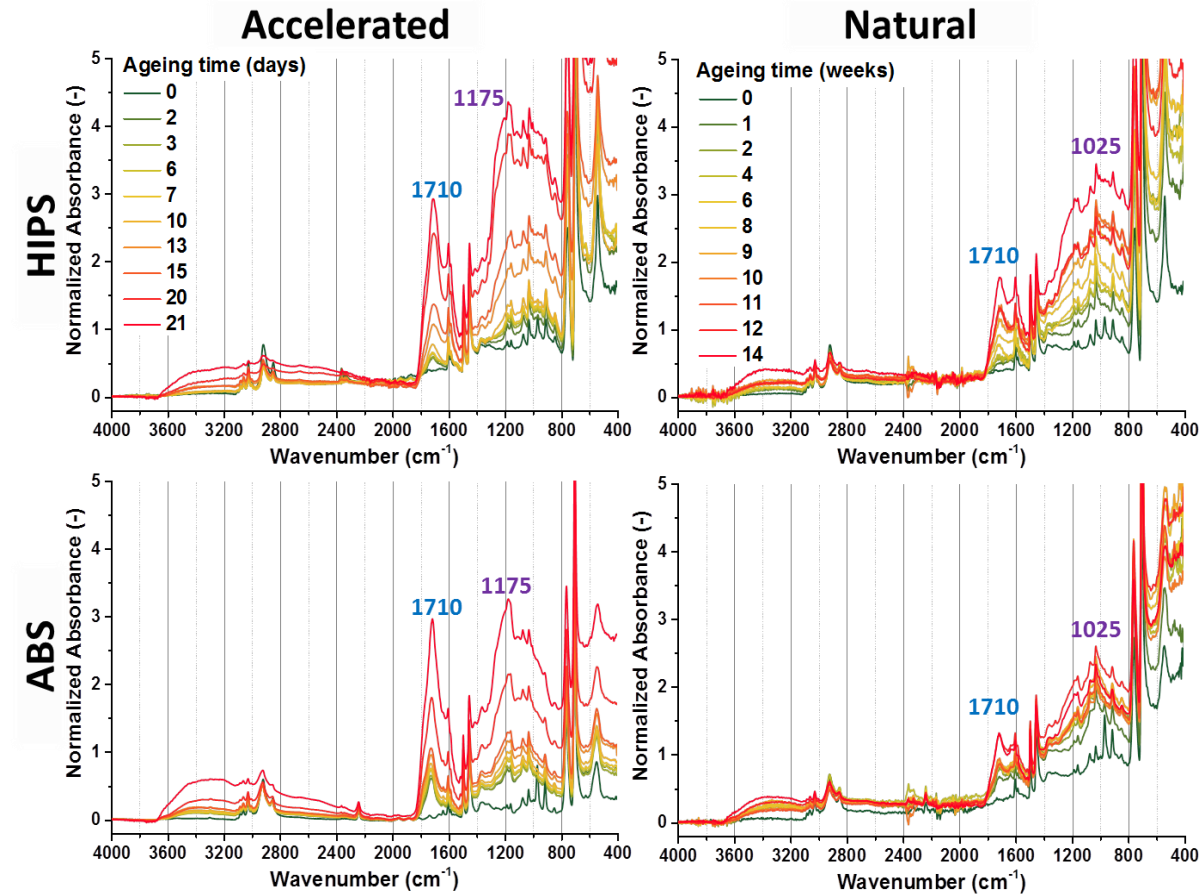


Gardette et al. Pol. Deg. Stab. 1991

Signoret et al. Waste Manag., Mai 2020



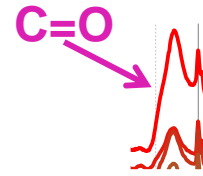
Impact vieillissement(s) sur les performances matériaux à recycler



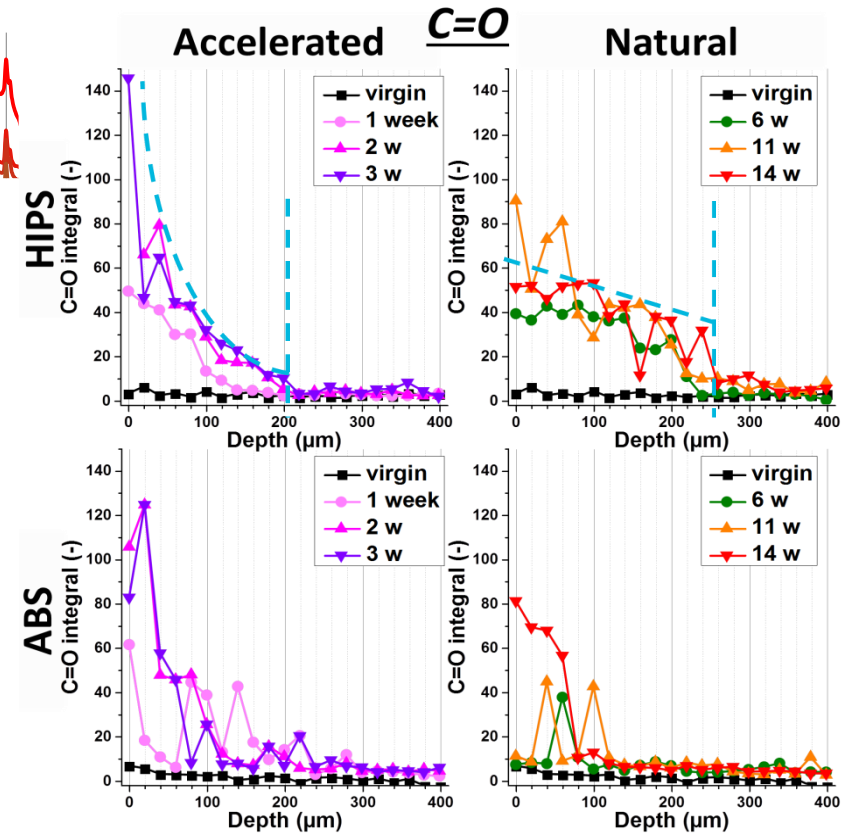
► Comportement en surface similaire pour HIPS et ABS

➔ Mécanisme de diffusion = f (conditions de vieillissement)

Microtomie



Signoret et al. Waste Manag., 2019

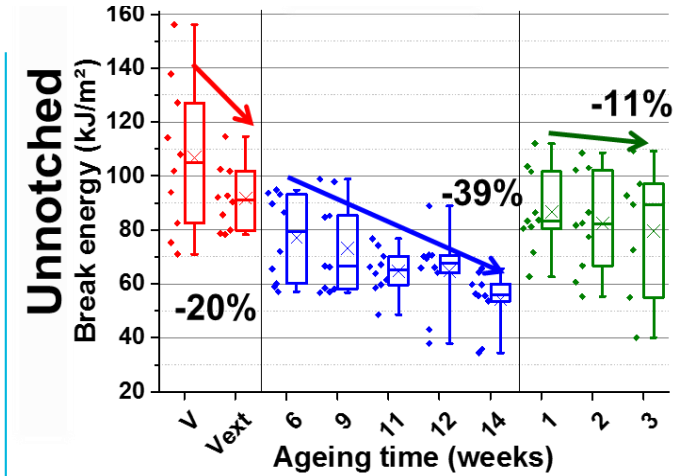
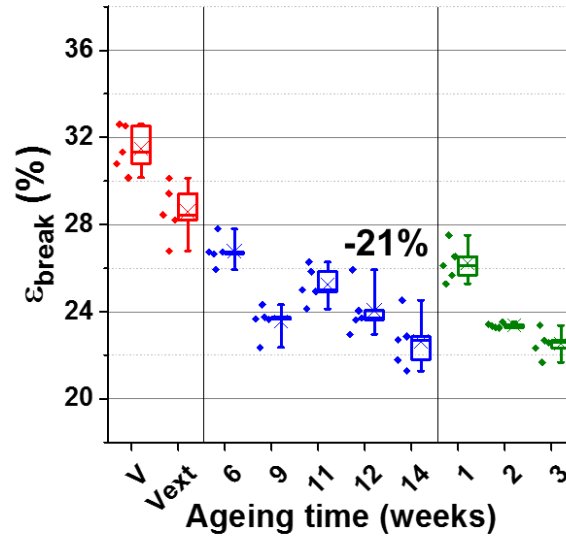
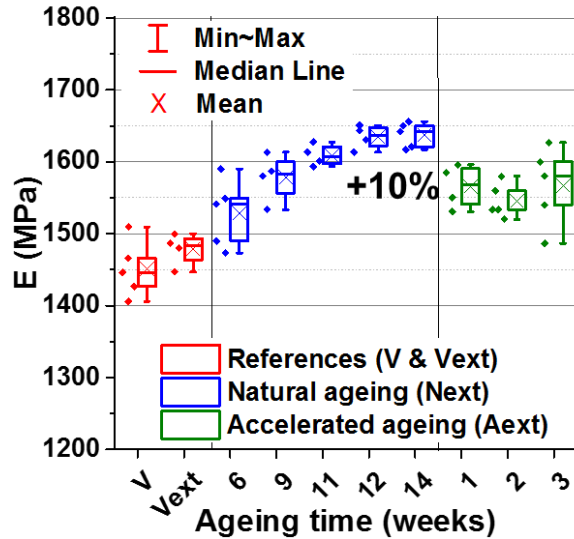


- Vieillissement plus intense en cond. artificielles & moins profond
- HIPS plus attaqué, et plus en profondeur que l'ABS
- Vieillissement naturel plus modéré en surface mais plus profond ⇒ et comportement HIPS et ABS différents / vieillissement(s)

Résultats de traction uniaxiale quasi-statique et essais de résilience dynamique : HIPS et ABS



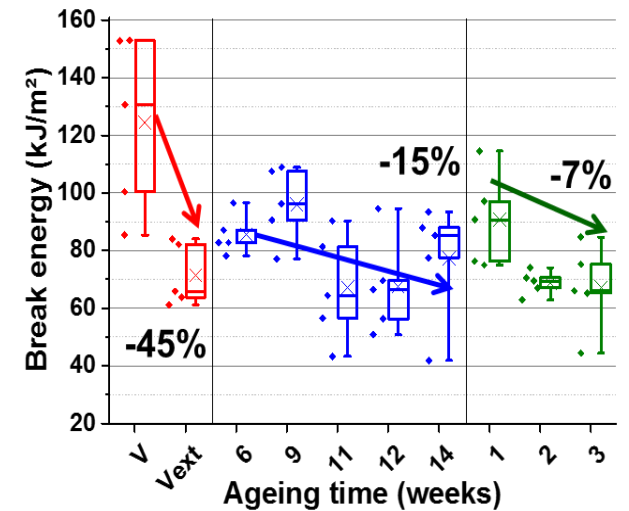
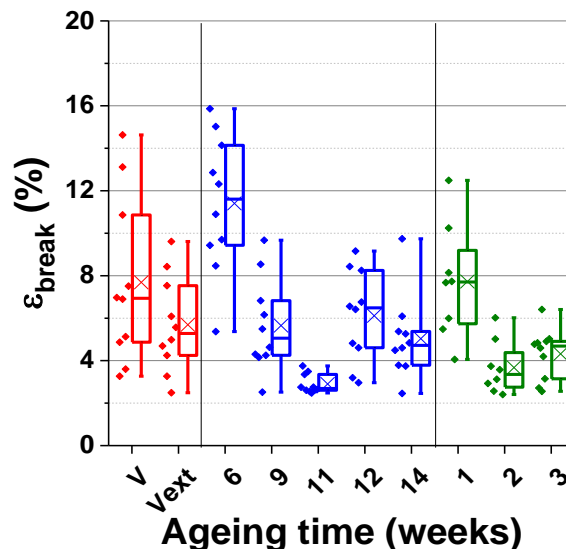
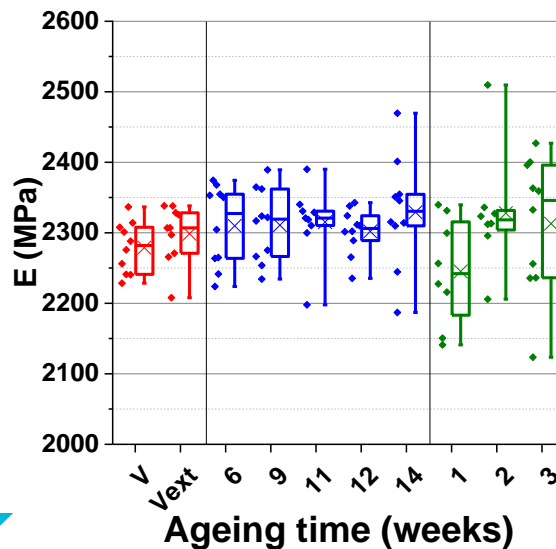
HIPS



- ▶ Rigidification
- ▶ Fragilisation
- ▶ Naturel plus affecté



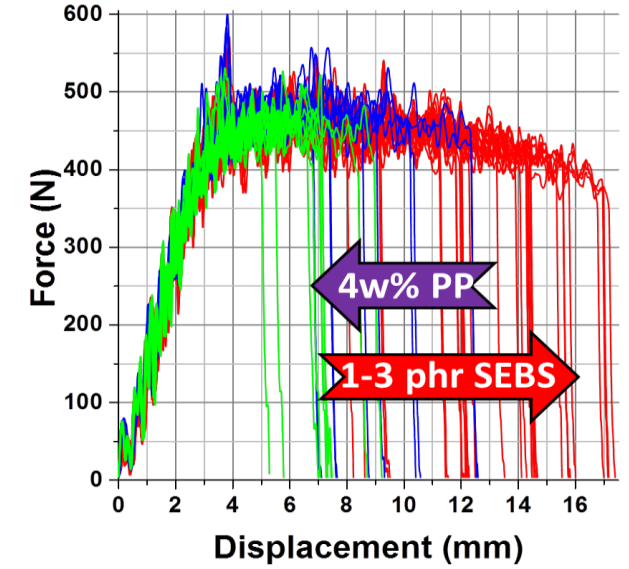
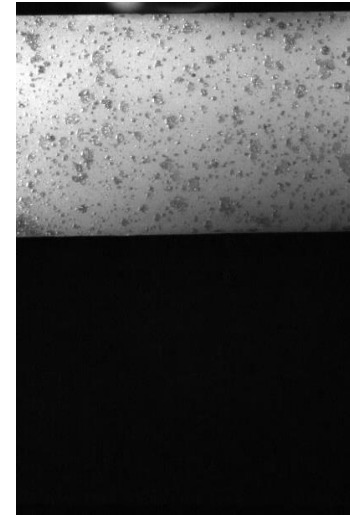
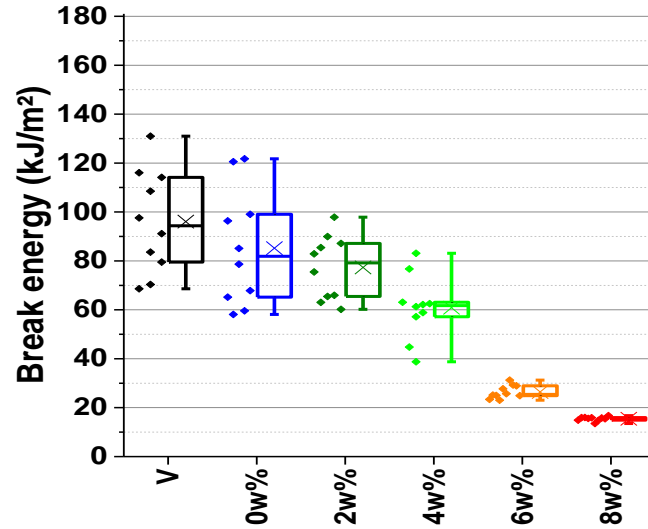
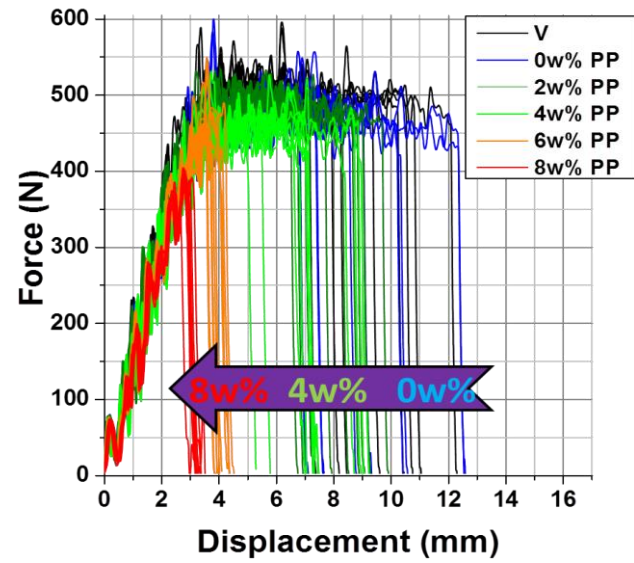
ABS



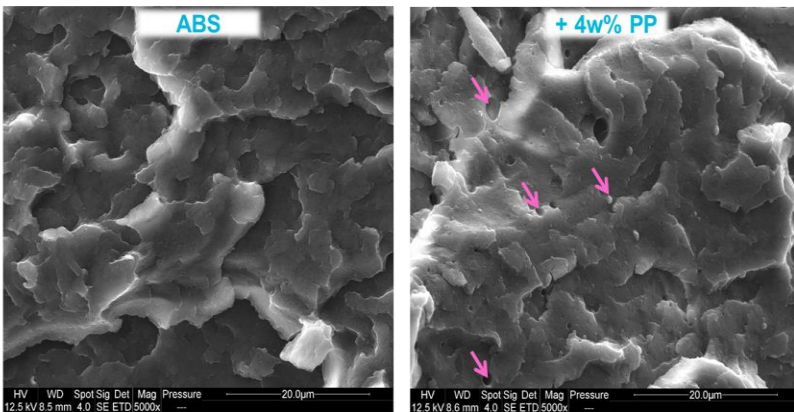
- ▶ Pas d'évolutions notables / quasi-statique
- ▶ Forte perte en choc

1.2. Evaluation Performances Mélanges plastiques 2^{nde} vie

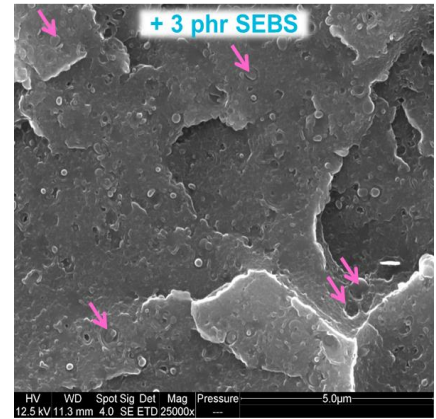
Résultats résilience dynamique (Charpy non entaillé) : ABS / impuretés PP +/- compatibilisat. SEBS



Morphologies sans compatibilisants (MEB, x 5000)

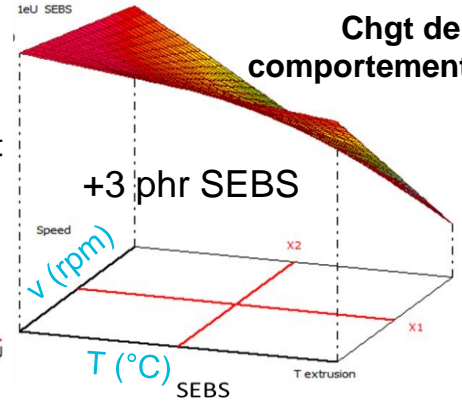
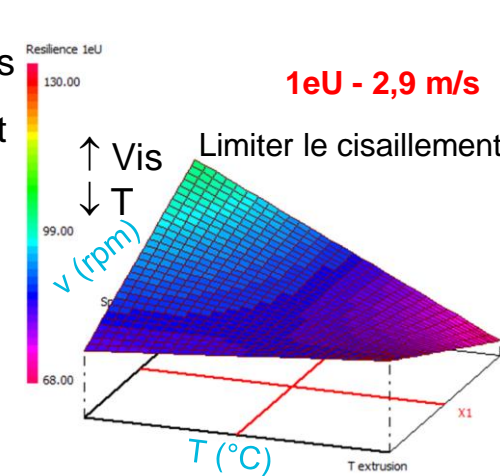


Morphologies avec compatibilisants (MEB, x 5000)



Opt. DOE mise en œuvre (extrusion) – ABS4PP

➤ Réduction des dimensions et distances inter-particulaires avec SEBS



X1 : T extrusion – X2 : Vitesse de vis
X3 : Taux de compatibilisant : 3 phr

CHAPITRE 2

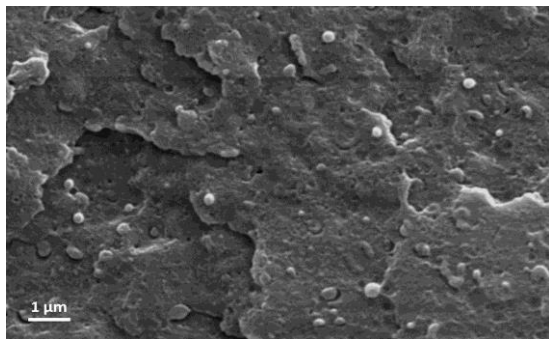
MORPHOLOGISATION DE MÉLANGES DE POLYMÈRES DEEE :

PROJET MOPPET

2.2. Procédés de structuration

1

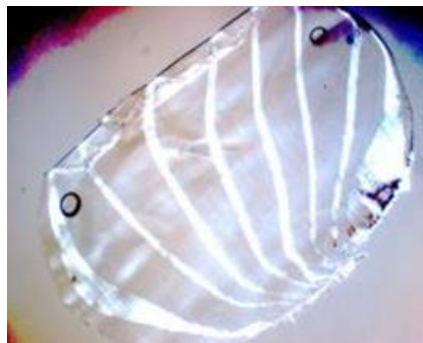
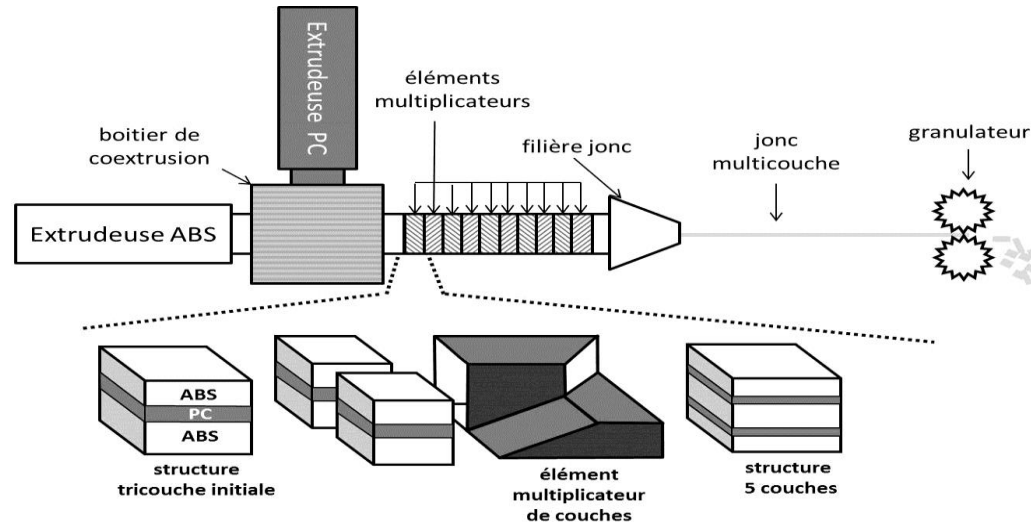
Extrusion bi-vis (BV)



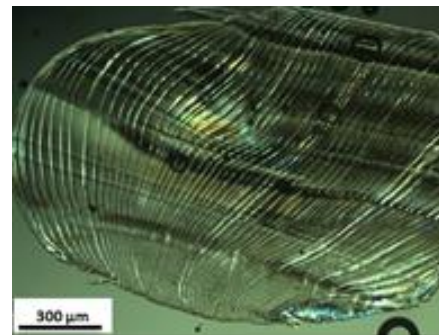
▶ nodules

2

procédé de Co-extrusion Multicouche (CM)

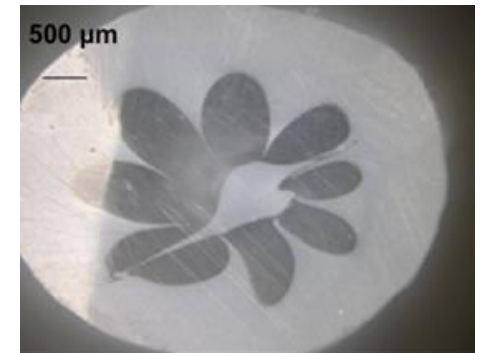
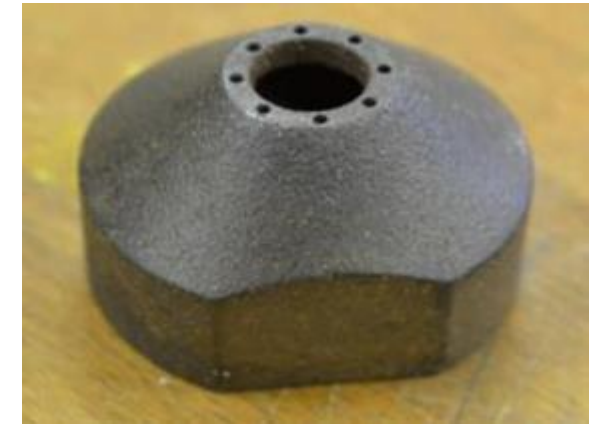


▶ couches / lamelles



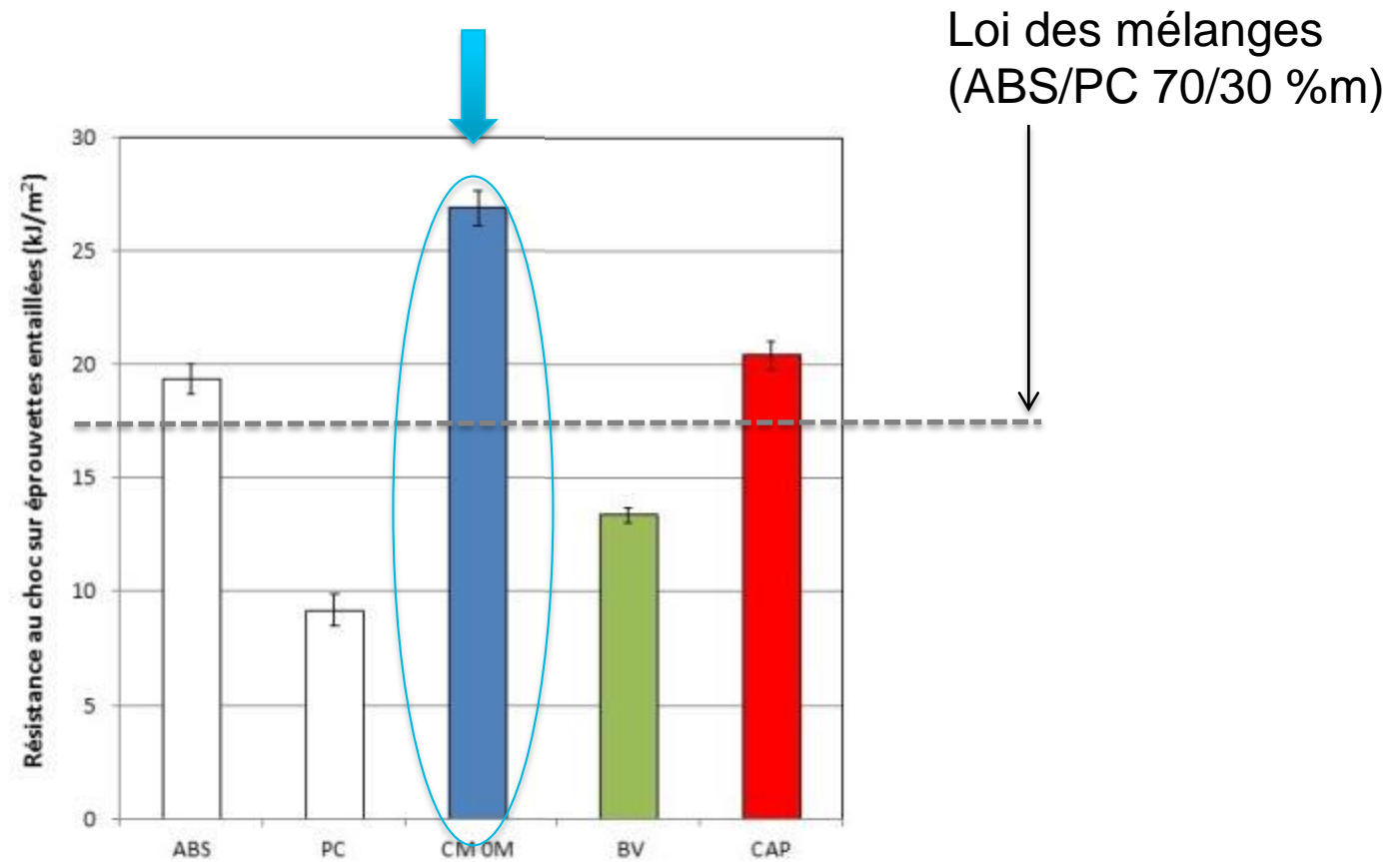
3

Co-extrusion fibrillation (CAP)



▶ fibrilles

2.4. Impact de la morphologie sur les propriétés mécaniques



une morphologie lamellaire



meilleures propriétés au choc

► **MOPPET** : MOrPhologisation des Polymères hETérophasés pour la valorisation de déchets plastiques

- IMT Mines Alès - Equipes UPR PCH, IMT MINES ALES et DMS LMGC UMR 5508
- CNAM – laboratoire PIMM, UMR 8006
- Société Skytech (recyclage des DEEE par triboélectricité)



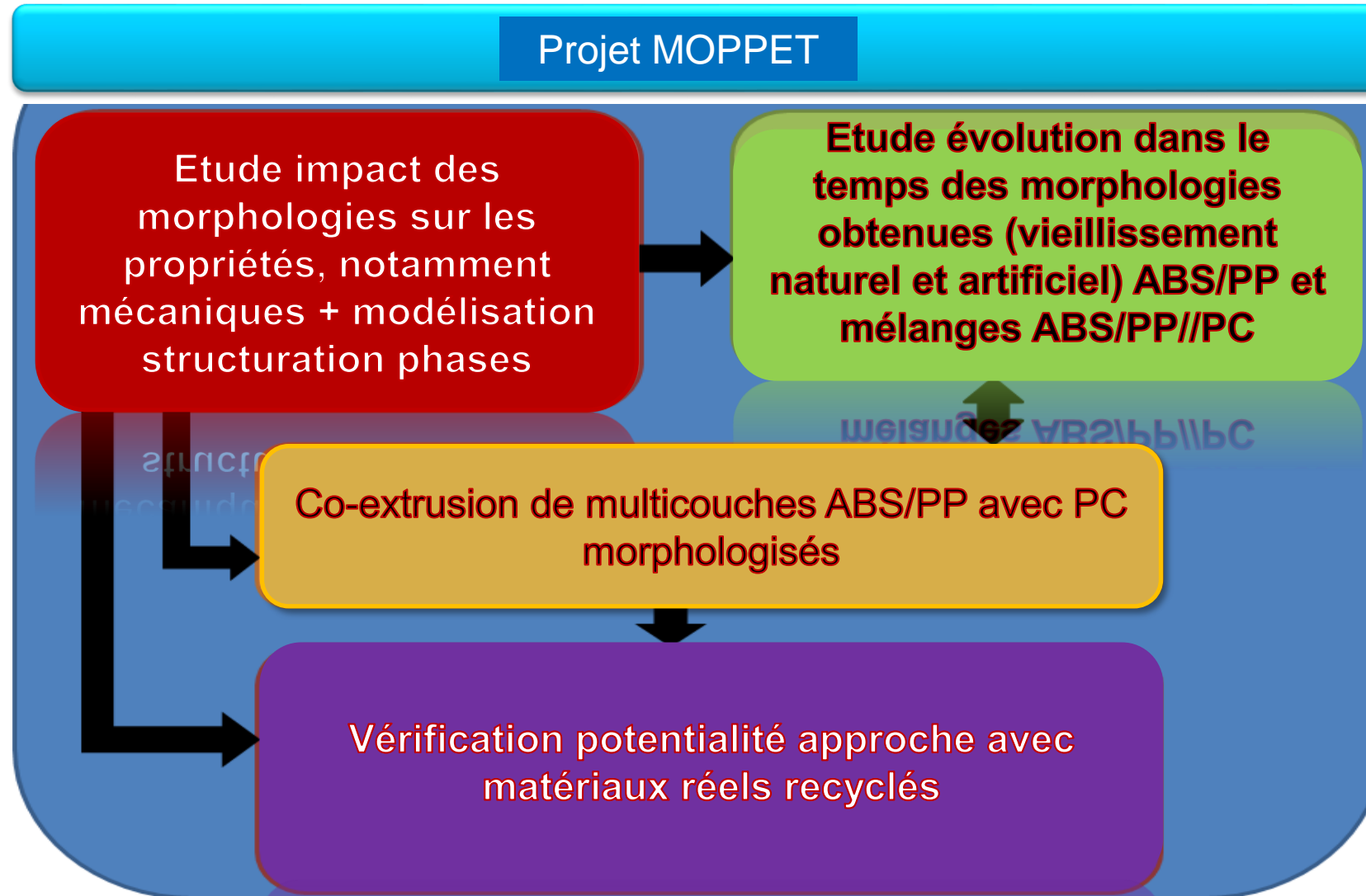
- Perte de propriétés des matériaux polymères à recycler en raison de la présence d'impureté(s)
- Impuretés :

- Amont : Amélioration procédés de tri = **affranchissement** : coût élevé
- Aval : Limiter étapes de purification => **maîtrise morphologie** des **phases** du mélange de matières plastiques obtenu
: Morphologisation



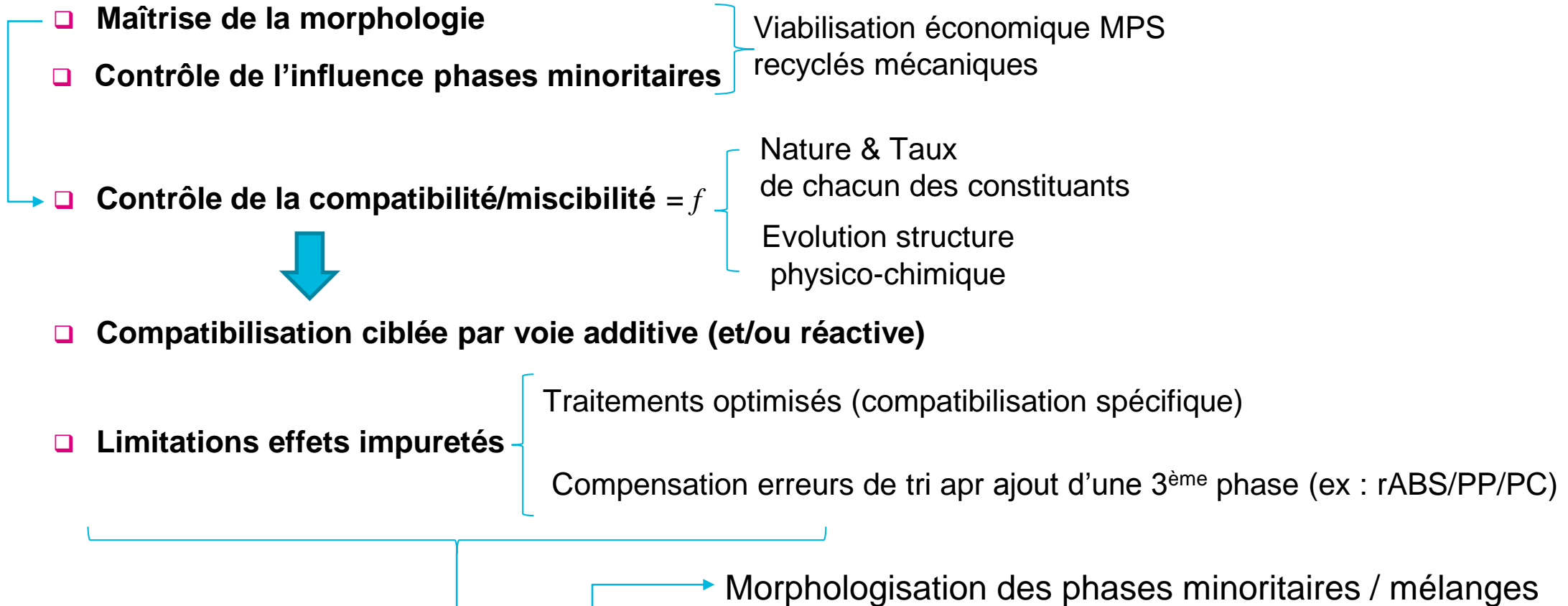
- **Morphologisation** des **impuretés PP** au sein d'**ABS** (vierge) => ↑ prop. méca rABS
- Maîtrise du **procédé de co-extrusion** multi-micro/nano-couches (ratio de viscosité, compatibilité, etc.).

► Programme de recherche :



CONCLUSIONS / PERSPECTIVES

Evaluation Performances de plastiques de 2de vie



Oui, possible de recycler des plastiques « contaminés »

Oui, possible de recycler des plastiques vieillis

**Merci de votre
attention**



Institut Mines-Télécom

3^{ème} session :

Ressources : Enjeux industriels et scientifiques
dans les domaines des matériaux alternatifs
et de l'économie circulaire



PROBLÉMATIQUES SUR LA VALORISATION DES PLASTIQUES DE 2^{NDE} VIE ISSUS DES DÉCHETS D'ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES & ÉLECTRONIQUES (DEEE)

Pr. Didier PERRIN (IMT MINES ALES)

