

Axelera: journée technique
« Contribution de la chimie pour le recyclage des plastiques et des composites »
18 octobre 2018 , Métropole de Lyon

La conversion chimique des plastiques usagés : vers un retour aux sources...?

Th.Gauthier

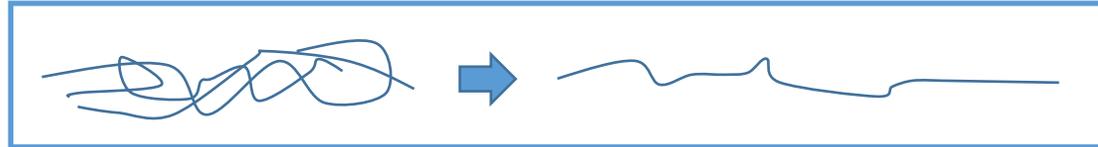


LE RECYCLAGE CHIMIQUE DES PLASTIQUES

● Dissolution :

Ex : Dissolution du PVC

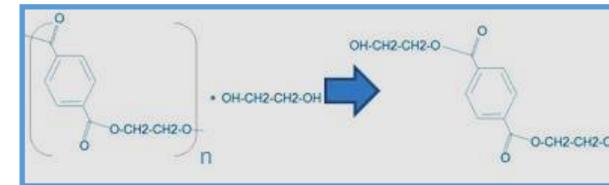
recupérer les chaines de polymères



● Dépolymérisation :

Ex : Glycolyse du PET, hydrolyse enzymatique du PET

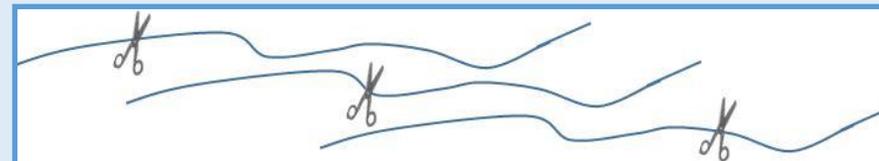
revenir aux motifs élémentaires



● Conversion :

Ex : Pyrolyse (catalytique ou non) → Fuels, coupes aromatiques, cires, ...

craquer ou convertir les polymères



Des voies complémentaires pour pallier aux limites du recyclage mécanique

LES RÉACTIONS DE CONVERSION

Le craquage thermique

- *conditions opératoires*
 - Rendements fonction du temps de séjour et de la température
- *nature des charges*
 - Rendements et qualité des produits formés fonction des charges

● Polyoléfines

● PE → nP + nO

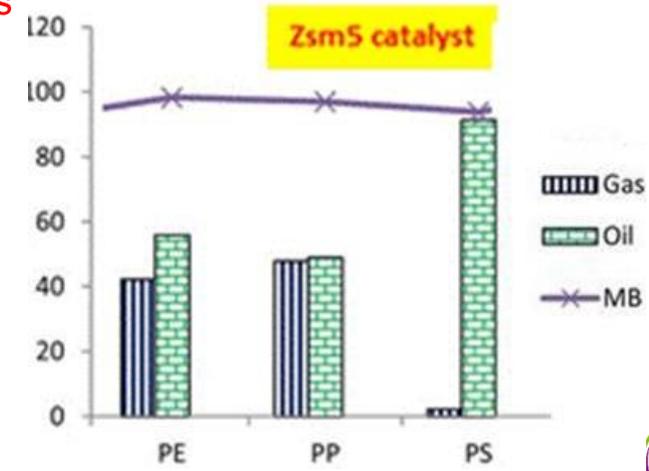
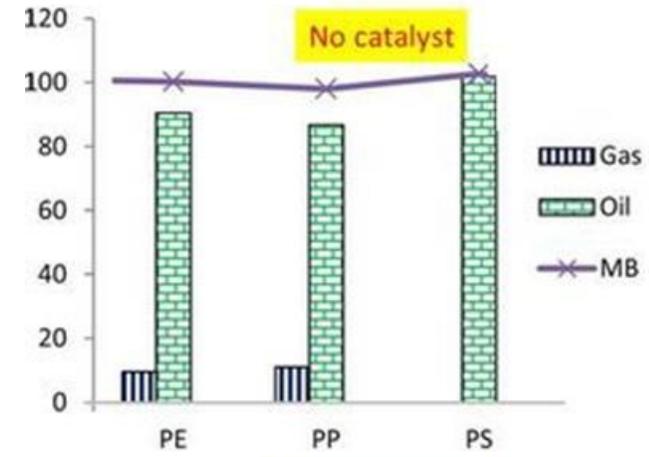
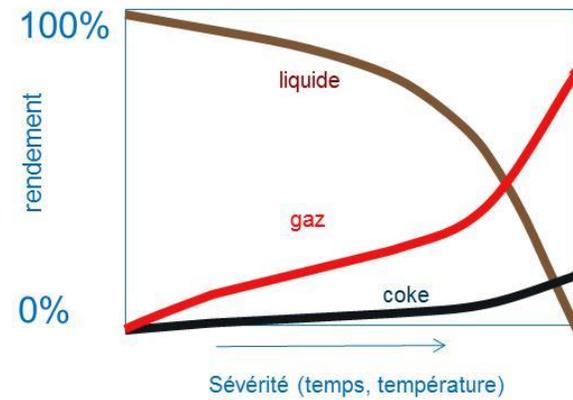
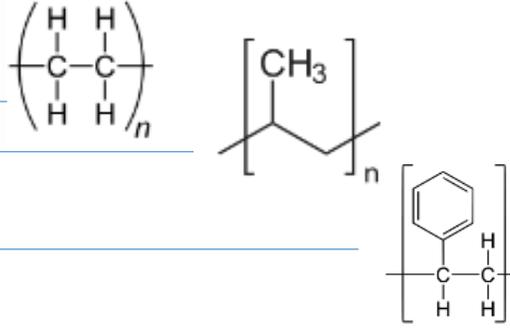
● PP → iP + iO

● Polystyrène

● PS → Styène si T < 500°C

● PET et PVC indésirables

● Précurseur de coke et d'oxygénés (acide benzoïque..), produits chlorés



Le craquage catalytique

- Amélioration de l'activité, orientation des réactions
- Possibilité de produire plus d'aromatiques, d'iso-paraffines, d'oléfines

L'hydrocraquage

- En présence de catalyseur et d'hydrogène

Ref: Muhammad, Onwudili & Williams, Energy & Fuels 2015, 29, 2601-2609

● Nécessité de faire des études de sourcing spécifiques fonction des filières / provenance variée :

- Centres de tri post consommation:
- Filières spécifiques / points de dépôt
- Centres de tri DAE
- Chutes de production
- Régénérateurs
- ...



Quelles filières de valorisation existantes
Quantités disponibles , Coût
Etat de la matière
Concentration en plastiques valorisables
Teneurs en Impuretés, couleurs

Des valeurs difficiles à compiler
Un contexte évolutif
Des spécifications et des modes de collectes variables d'un pays à l'autre



● Exemple : sourcing films plastiques souple polyéthylène (*chiffres 2015- prix = ordres de grandeur*)



Plastique ≅ PE
10-50% terre / MO
70-80 €/t moyenne



> 80% pds PE
100€/t



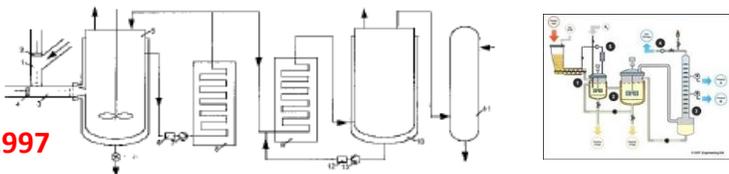
99% PE Grade 98/2
370€/t

● Unité de traitement individuelle - petites capacités ($\cong 10$ kt/a)

- Besoin : Contrôle température / temps de séjour / transfert de chaleur
Introduction d'un solide complexe / évacuation phases solide résiduelles ...

→ De nombreuses technologies disponibles à priori

Réacteur parfaitement agité



Mittledeutsches
Bitumen Werk
Brevet déposé en 1997

Lit Fluidisé



Extrusion / Four tournant



● Utilisation d'installations de raffinage

Démonstration avec hydrocraquage des résidus en slurry années 80 → Bottrop Veba Combi (Fuel Proc. Techn, 35 (1993) 1-20)

- Des installations de très grande capacité (> 1 Mt/a) → co-processing
- Une difficulté liée à la gestion de charges solides hétérogènes → transformation préalable
- Risque de pollution des catalyseurs et des produits → renouvellement de catalyseur...

De nombreux développements sur la conversion depuis 30 ans

Une multitude de technos proposées plutôt dans l'optique d'unités de traitement individuelles

● Listes non exhaustive de technologies

● Thermiques

- Syntrol Nilltech Diesoil, Cynar, GRT...

Etia , Agylis, PKClean, ResPolyflow, Pyrowave (micro-ondes)...

● Catalytiques:

- GreenMentra, JBI Plastics2Oil, Renew ELP, ...

● Intégration de plastiques dans les procédés de raffinage

- Veba 1980's VCC, hydrocraquage en slurry de déchets plastiques

- Chevron 2000's production d'huiles et de wax par pyrolyse de plastiques

- FCC 2000's plusieurs études de maximisation du rendement en propylène par intégration de plastique

-

La problématique a déjà été largement étudiée, elle n'est pas nouvelle

● Post- traitements primaires

- Courbe d'ébullition : Distillations
- Point éclair (transport): Colonne de stabilisation , stripping à la vapeur
- Stabilisation des insaturés (oléfines...) Ajout d'antioxydants (ex: phenols encombrés...), **Hydrotraitement léger ?**
- Décoloration, dépigmentation : Adsorption, Séparation physique

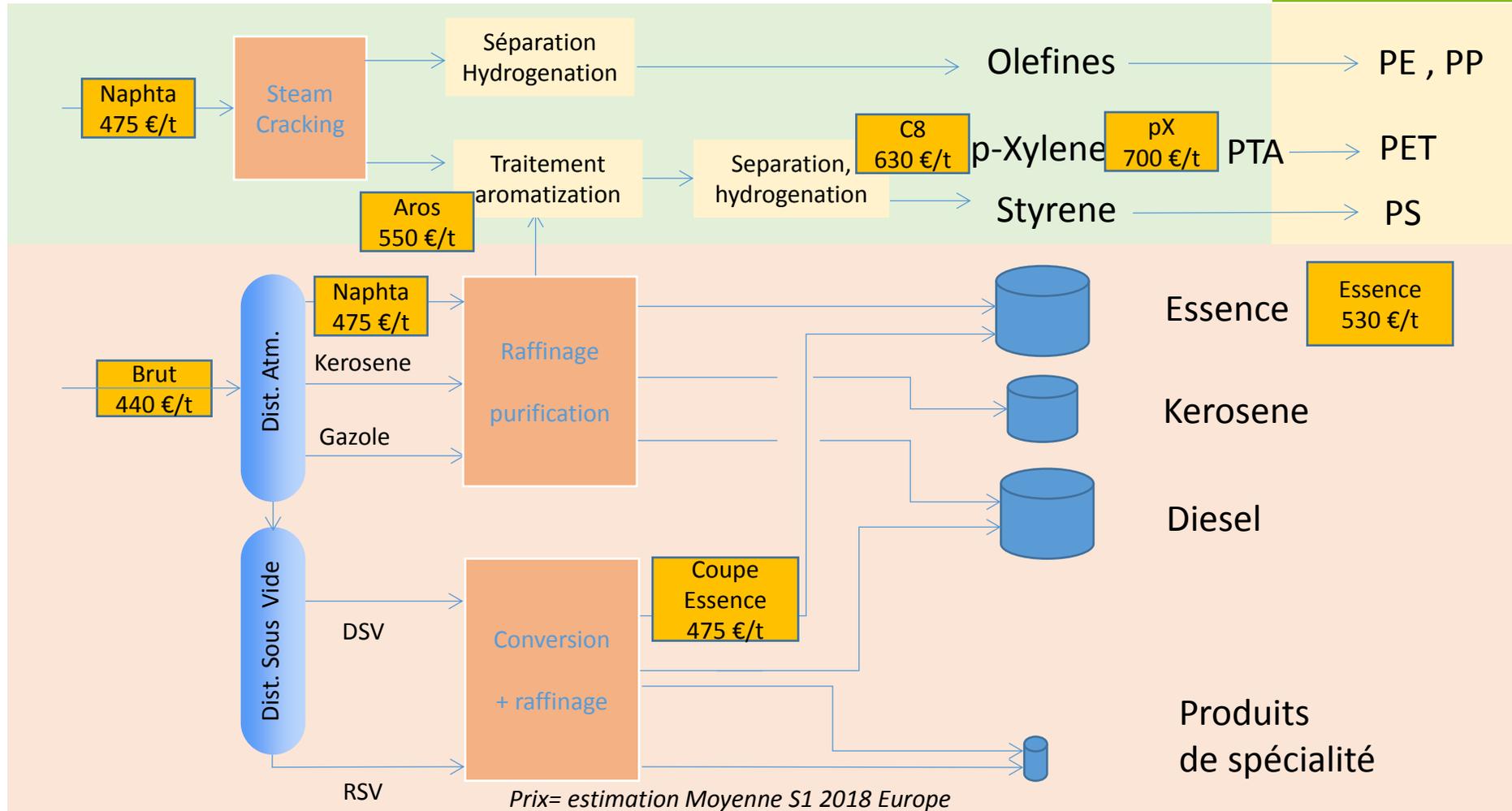
● Purifications / mise aux spécifications poussées

- Elimination S, Cl, N... Hydrotraitements poussés , adsorption, traitement à la terre, autres
 - Masse volumique
 - Indice octane , cetane
 - Propriétés à froid
 - Viscosité
 - ...
- Propriétés liées à la structure chimique,
En raffinerie, ces propriétés sont ajustées par raffinage et / ou par mélange

A petite échelle, ces procédés de purification sont plus coûteux et rajoutent de la complexité

production locale d'un liquide brut → upgradé à plus grande échelle?

QUELLE VALEUR POUR QUEL PRODUIT?



La valeur des produits augmente avec le degré de raffinage
 les effets d'échelle sont très importants → post traitements et purifications à moindre coût

COÛT DE TRANSFORMATION VS. VALEUR DES PRODUITS

● Evaluation technico-économique préliminaire

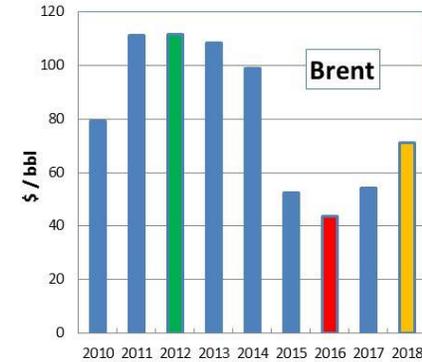
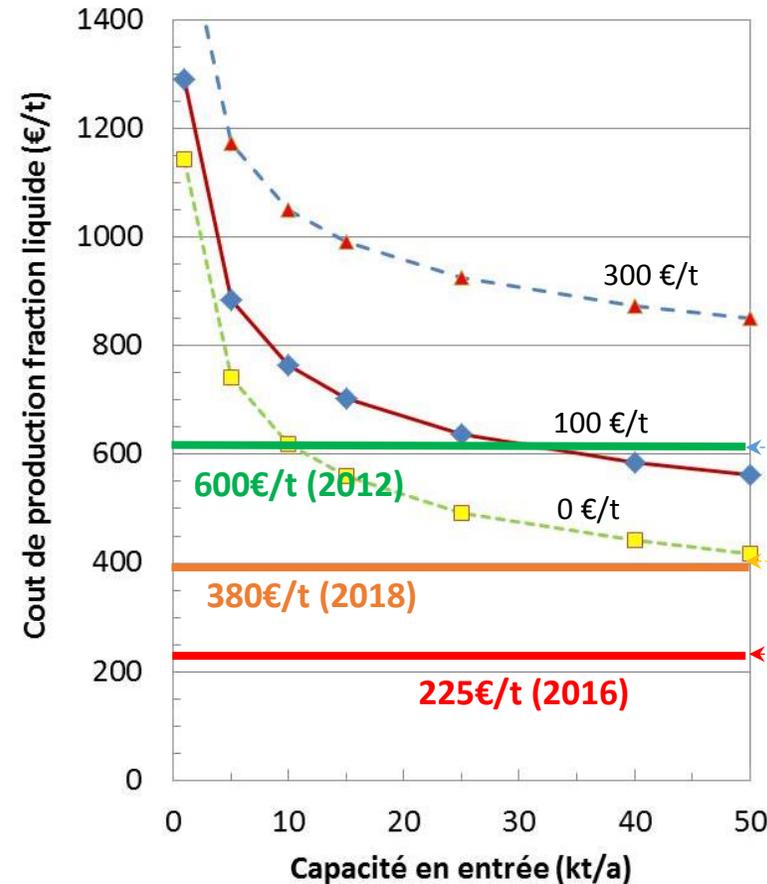
NB: Chiffres à prendre en tendance et non valeur absolue

- Films plastiques mélangés vers fuels (50% distillat)
- Charge 100 €/t
- Rendement liquide $\cong 70\%$, Production = 8000h/a (!)
- Périmètre limité : prétraitement sommaire + pyrolyse + distillation atmosphérique

→ Le coût de production est très sensible

- au prix de la charge
- aux effets d'échelle
- aux rendements

→ la valeur des produits dépend du contexte pétrolier



Vers une taille minimum de 10-20 kt/an (effets d'échelle)

Il faut optimisation de la conversion mais aussi du prétraitement et du post traitement

Un tel projet ne fait sens que dans un contexte de prix du pétrole élevé en l'absence de mécanismes incitatifs

● Convertir des plastiques vers des coupes pétrolières, c'est possible, ce n'est pas nouveau...

Une biblio scientifique / brevet TRES abondante, de nombreux acteurs et technologies

● Pourquoi si peu de réalisations?

- Adéquation sourcing / procédé complexe (prétraitement, échelle, coût...)?
- Valorisation des produits en fonction du niveau de raffinage / purification?
- Opex sous-estimés pour des installations décentralisées?
- Cadre économique difficile (prix du pétrole fluctuant et incertain, pas de mécanismes incitatifs à ce jour) ?
- Un trait d'union pas simple à réaliser entre des mondes différents...

● Des raisons d'espérer !

- Une mobilisation sociétale sur le recyclage des plastiques!
- Le prix du pétrole doit augmenter sur le long terme ?
- Des annonces multiples avec des rapprochements dans la chaine de valeur (liste non exhaustive)

Plastics
to fuels

- | | | | |
|---------------------|--------------|-----------------------|--------------|
| ● Respolyflow / BP | Mars 2018 US | ● Quantafuel / Vitol | Juillet 2018 |
| ● Renew ELP / Neste | Juillet 2018 | ● Ecoplast / Borealis | Aout 2018 |
| ● Pyrowave / Ineos | Sept 2018 | ● OMV | Sept 2018 |

Dissolution

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| ● Polystyvert Total (PS) | ● Suez / Llyondell (Polyolefines) |
| ● APK DSM MOL (aout 2018) | |

thierry.gauthier@ifpen.fr

Innovater les énergies

Retrouvez-nous sur :

 www.ifpennergiesnouvelles.fr

 @IFPENinnovation

