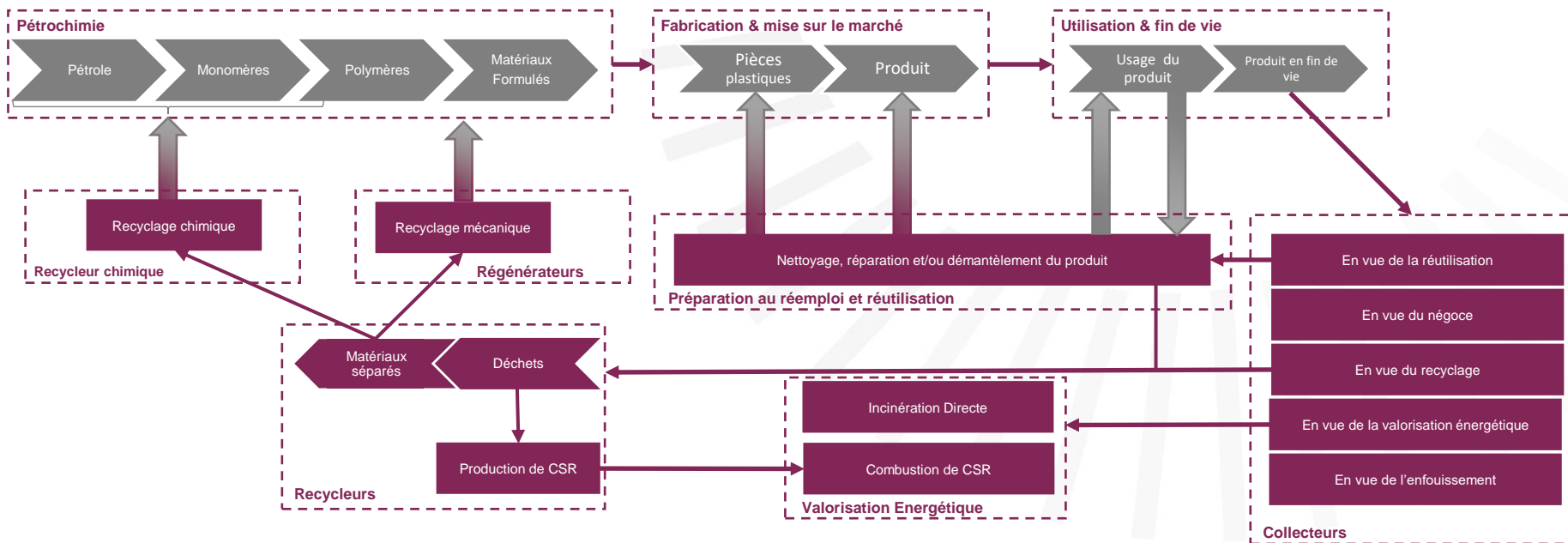


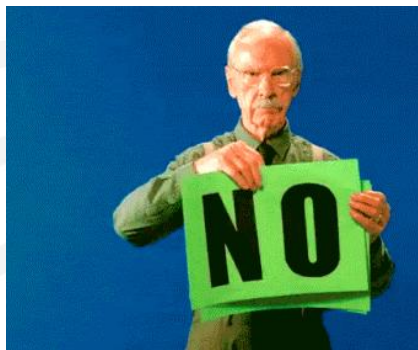
Recyclage chimique des plastiques

Diner-débat UNAFIC
- 22 novembre 2022 -

L'écosystème des plastiques



Le recyclage chimique n'est pas magique



Recyclage chimique



Cadre normatif du recyclage des plastiques

ISO15270 - Lignes directrices pour la valorisation et le recyclage des déchets plastiques

- **Recyclage mécanique** = Le traitement des déchets plastiques en matières premières secondaires ou en produits sans modifier de manière significative la structure chimique du matériau
- **Recyclage chimique** = la conversion en monomère ou la production de nouvelles matières premières par modification de la structure chimique des plastiques par cracking, gazéification ou dépolymérisation

Cette définition normative du recyclage chimique exclue donc :

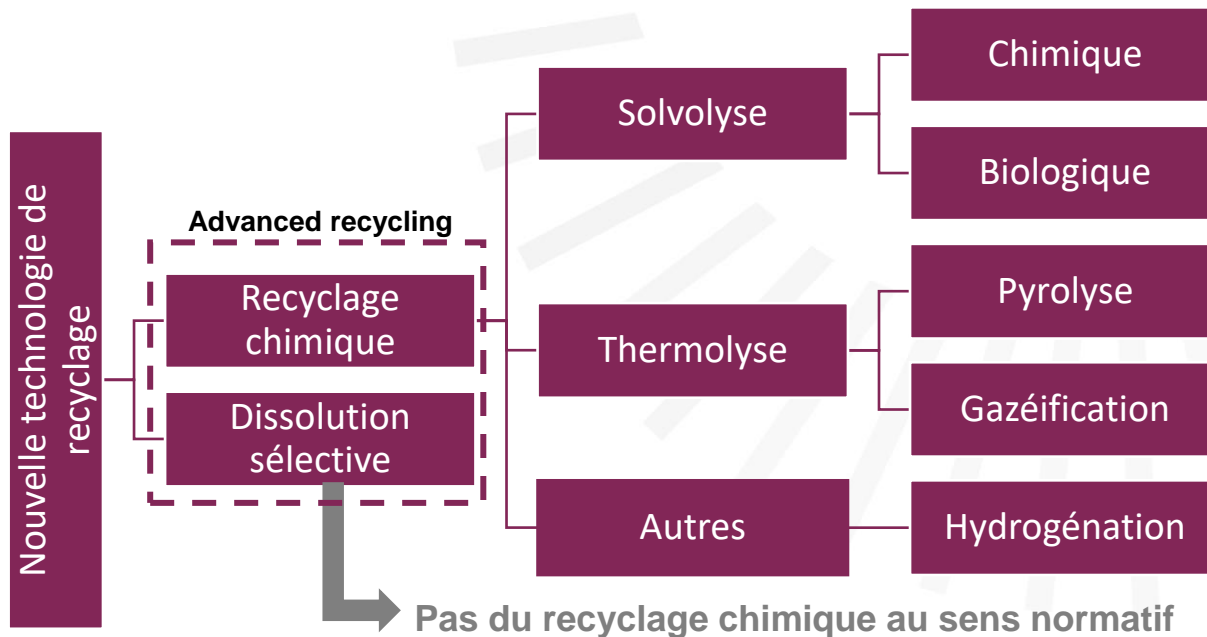
1. La production d'énergie par combustion = Valorisation énergétique
2. Les procédés ne modifiant pas chimiquement le polymère

**Recyclage
chimique**



Réduction de la taille des molécules
ou
Transformation chimique notable du polymère

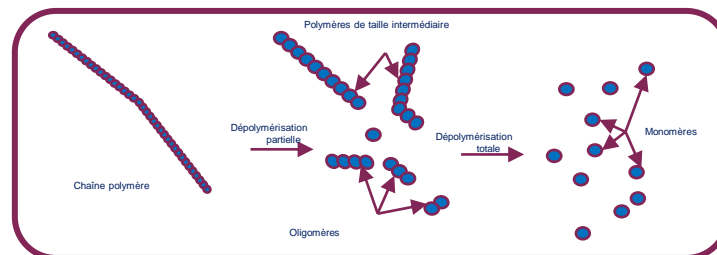
Nouvelles technologies de recyclage



Principe général

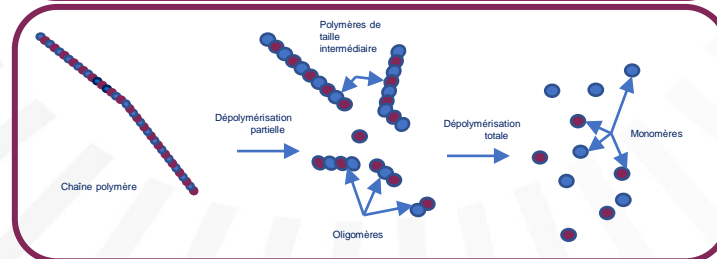
Cas idéal

1 homopolymère ➔ 1 unique monomère



Cas d'un copolymère

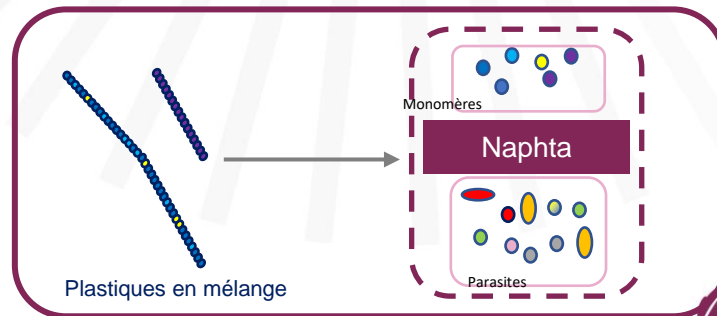
1 copolymère ➔ 2 monomères à séparer



Cas d'un mélange de polymères

2 polymères ➔ Plusieurs monomères à séparer

Si coupure non sélective, on obtient un équivalent de **naphta**



Solvolyse

Applicable sur les polymères de polycondensation

Solvolyse

Hydrolyse

Chimique

Enzymatique

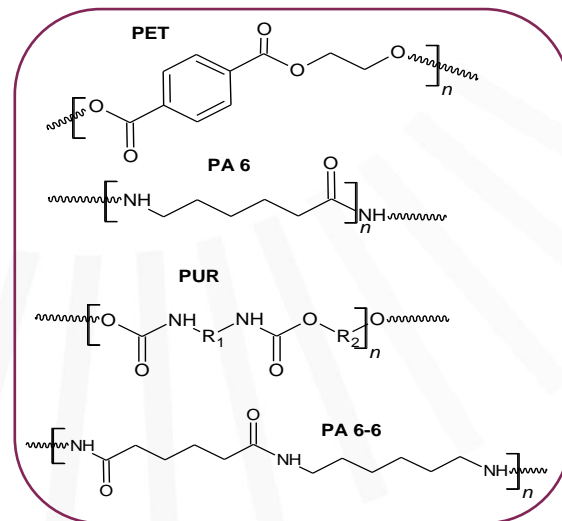
Alcoololyse

Méthanolyse

Glycolyse

Aminolyse

- Le solvant est le réactif
- Température/pression
- Emploi de catalyseurs chimiques ou enzymatiques

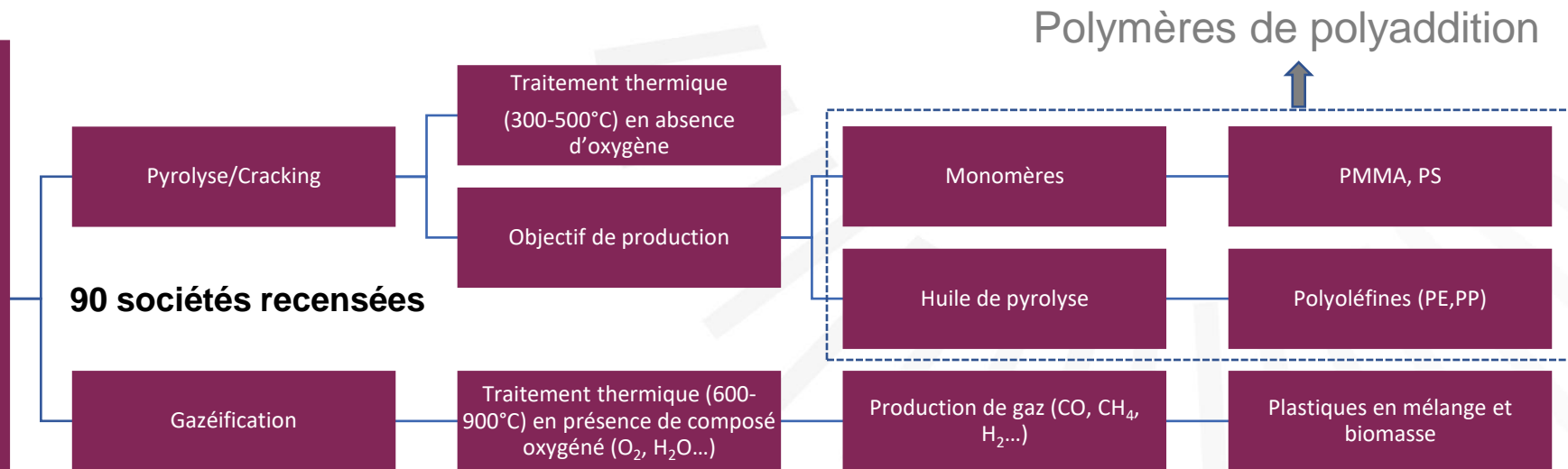


Quelques exemples industriels

Société ou projet	Pays	Matière	Technologie	Particularité	Annonce
Garbo	Italie	PET	Glycolyse		1 ^{ière} unité prévue à 10kt
IFPEN Axens	France	PET	Glycolyse		Les deux acteurs collaborent ensemble à un démonstrateur au japon + un projet d'usine en France
JEPLAN	Japon	PET	Glycolyse		
SOPREMA (avec RAMPF)	France	PET	Glycolyse	Dépolymérisation partiel	Fonctionne
IONIQA	Pays-Bas	PET	Glycolyse	Utilisation de liquides ioniques	
GR3N	Suisse	PET	Hydrolyse	Procédé Micro-ondes	Ligne 1kt/an - Prévoit des unités de 25kt/an
Carbios	France	PET	Hydrolyse	Procédé enzymatique	Prévoit une usine de 50kt/an en Grand-Est
Loop Industries	Canada	PET	Méthanolyse		Prévoit une usine en France de 70kt/an
Eastman	Etats Unis	PET	Méthanolyse		Prévoit une usine Normandie de 160kt/an
Dow (avec H&S)	France	PUR	Glycolyse	Dépolymérisation partiel	Fonctionne
RAMPF	Allemagne	PUR	Glycolyse		Construction d'une usine avec REPSOL en Espagne
H&S	Allemagne	PUR	Glycolyse		Collaboration avec Dow en France et RetourMatras aux Pays Bas
Emery Oleochemicals	Etats-Unis	PUR	Glycolyse	Chutes de production	
Aquafil	Italie	PA 6	?		Fonctionne
Projet Resyntex	Europe	PA/PET (textile)	Hydrolyse enzymatique		
Projet P4SB	Europe	PUR/PET	Hydrolyse enzymatique		

Technologies de thermolyse

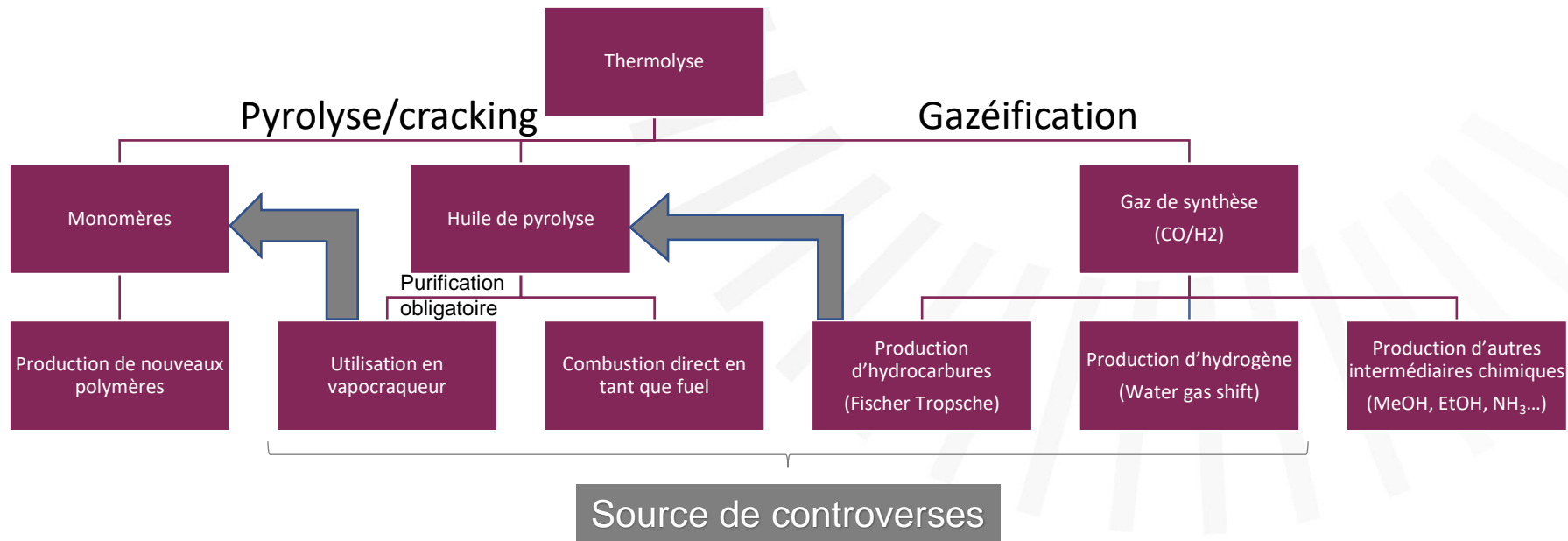
Thermolyse



Certains plastiques posent problèmes dans ces technologies :

- PET -> « Charbonise » en pyrolyse (baisse de rendement)
- Polymères contenant des halogènes (PVC ou contenant des RFB) -> génération de HX (corrosion)

Utilisation des produits sortants



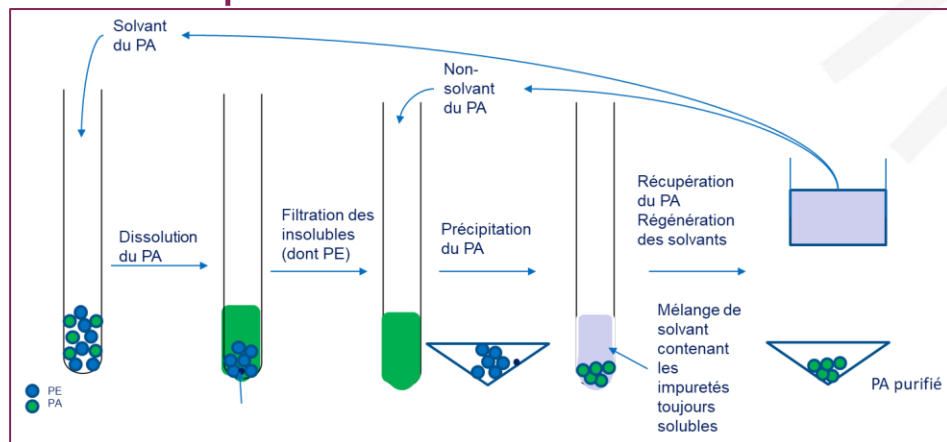
Dissolution sélective

Une 3^{ème} voie intermédiaire entre recyclage chimique et mécanique

Aussi appelé **tri chimique** ou **recyclage physico-chimique**

Ce n'est pas une technologie de recyclage chimique

■ Principe :



Applications :

- Séparation de matériaux multicouches
- Extraire ou détruire les substances indésirables
 - Colorants et encres
 - Odeurs / COV
 - Substances interdites
 - RFB, Phtalates, métaux lourds...
 - Autres résidus potentiels
 - contact alimentaire

Quelques exemples de sociétés

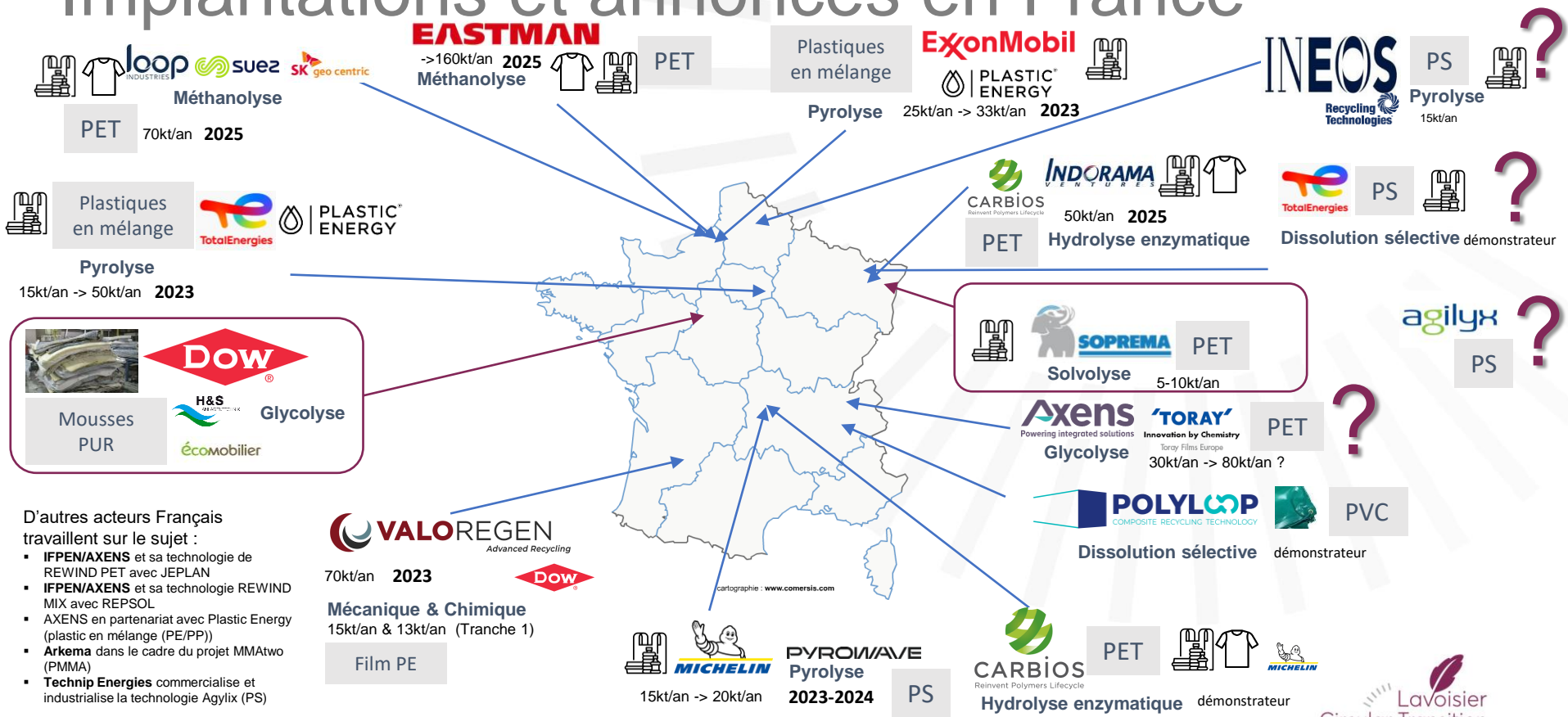
Société	Pays	Produits (Matières)	Applications
Polyloop	France	Gaines de câbles électriques, toiles composites et autres objets contenant du PVC	Récupération du PVC « tri chimique »
Polystyvert	Canada	Pots de Yaourts, Caisses marées (PS)	Emballages, décoloration et retour contact alimentaire (FDA)
SEPARATEC	Allemagne	Emballages Multicouches	
Polystyrene Loop	Pays-Bas	Isolants contenant des retardateurs de flamme (PS) - usine démarrée en juin 2021	Elimination des retardateurs de flamme
Fraunhofer ivv (CREASOLV)	Allemagne	Film métallisé (PE)	Séparation PE/métaux
APK	Allemagne	Emballages multicouches (PE/PA)	Séparation PE du PA
PureCycle Technologies	Canada	PP	Décoloration, décontamination et retour contact alimentaire (FDA)

Reprend la technologie de vinyloop/texilooop

Reprend la technologie de vinyloop/texilooop

Projet le plus avancé

Implantations et annonces en France



- D'autres acteurs Français travaillent sur le sujet :
- **IFPEN/AXENS** et sa technologie de REWIND PET avec JEPLAN
 - **IFPEN/AXENS** et sa technologie REWIND MIX avec REPSOL
 - **AXENS** en partenariat avec Plastic Energy (plastic en mélange (PE/PP))
 - **Arkema** dans le cadre du projet MMAtwo (PMMA)
 - **Technip Energies** commercialise et industrialise la technologie Agilyx (PS)

Implantations & Annonces en Europe*

LOI
 150kt/an
 5 usines en Europe

Plastique en mélange (PE/PP maj)

Projet Pilote Swindon ? kt/an 2022 PS

Projet Teeside 10 kt/an 2022 PET

Projet Teeside 80kt/an fin 2022 Plastique en mélange

Projet Mainland UK 40kt/an fin 2022 Plastique en mélange (PE/PP maj)

Projet Sunderland 110kt/an fin 2024

Usine Skyve 20 kt/an 2020

We create chemistry

Plastique en mélange (PE/PP maj)

Projet Geleen 20kt/an 2022

2 Projets 30kt/an 2023

2 Usine à Weert 20kt/an 2023

Projet Rotterdam 60kt/an 2022

Projet Vissingen 55kt/an 202x ?

Projet Geleen 27kt/an 2023

Plastique en mélange (PE/PP maj)

Usine Ostende Meca, chimique + énergie 120kt/an Déchets mélangés

Projet Tessenderlo 15 kt/an 2023 PS

Projet Tessenderlo 32 kt/an 2023

Projet Anvers 30kt/an fin 2024 Mousse PUR

Prévoit 5 usines 2025 Plastique en mélange (PE/PP maj)

Usine 30kt/an 2022 Pneumatique

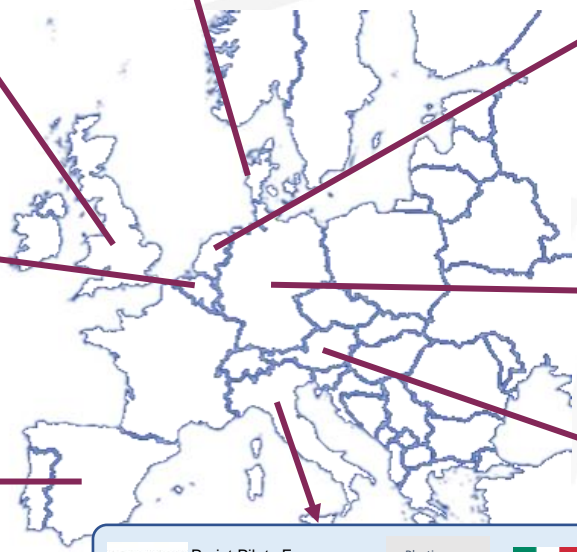
2 usines (env. 5-10kt/an ?) Almeria & Seville

Projet Seville 33kt/an 2024 Plastique en mélange (PE/PP maj)

Projet Andalouzie 30kt/an 2023

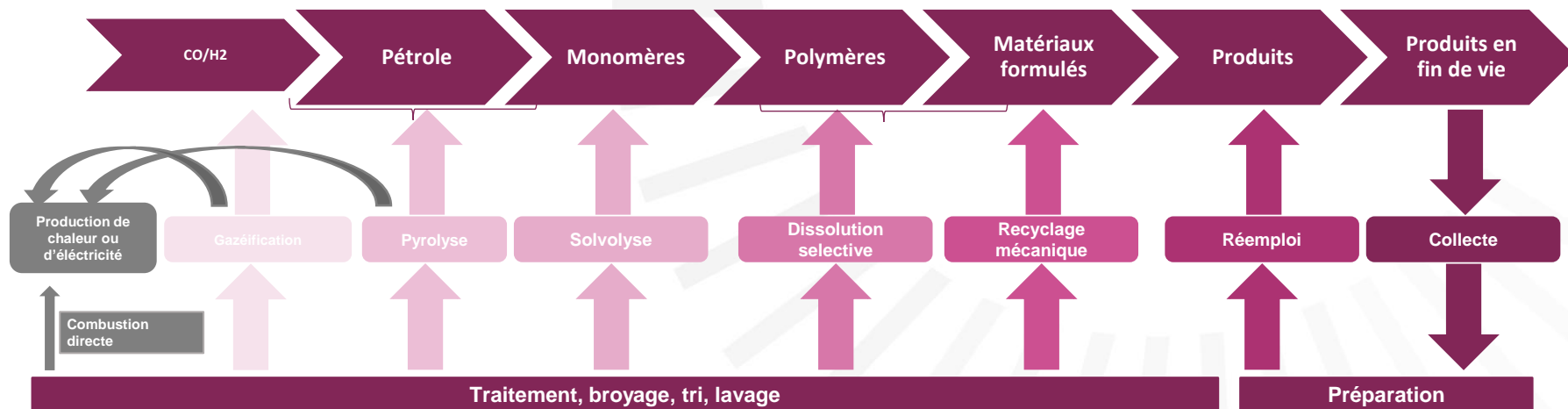
Projet Puertollano 2kt/an fin 2022 Mousse PUR

Projet Pilote Ferrare 5-10kg/h 2020 Plastique en mélange (PE/PP maj)



* Non exhaustif

Bilan



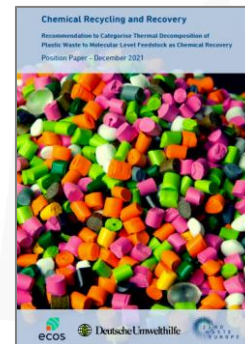
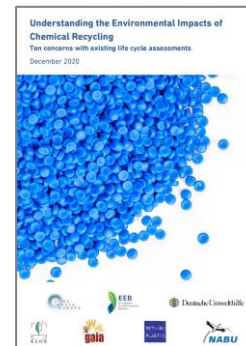
Le choix entre les différentes voies de recyclage

- Flux de déchets à traiter (Post-Indus/Post-Conso)
- De la filière concernée
 - emballages, bâtiment, agricole, auto, EEE...
- Des types de polymères dans ce déchets
- Du degrés de contamination
- Des applications visées (contact alimentaire)

Un minimum de tri est nécessaire

Un sujet complexe et parfois controversé

- **Complexe techniquement / technologiquement**
 - Au regard des échelles
 - Vapocraqueur= 1Mt/an
 - Usine de recyclage chimique = 20kt/an -> 150kt/an de déchets traités
 - Au regard du travail de purification à mettre en jeu
- **Evaluation des impacts environnementaux difficile à réaliser et controversée**
 - Consommation énergétique
 - Utilisation de solvants
 - Réalisation des ACV
- **Complexe en matière réglementaire**
 - Respect de la hiérarchie des modes de traitement (directive cadre déchets)
 - Valorisation matière vs Valorisation énergétique
- **Complexe en matière de traçabilité**
 - Contenu en matière recyclée des produits
 - Controverse autour de l'application du concept de mass-balance





Merci pour votre attention

Dr. Arnaud PARENTY

arnaud.parenty@lavoisier-ct.fr

0609518791