

Les plastiques: défis et opportunités

Colloque « Activités Humaines et Pollutions »

Dr Laurent Duranel
Développement Polyoléfinés - Europe
Total Petrochemicals

30 mars 2011

Plan

- ▶ **Du pétrole aux plastiques**
- ▶ **Un peu de (pétro)chimie**
- ▶ **Peut-on se passer des plastiques**
- ▶ **Les réglementations**
- ▶ **Le recyclage**

Les plastiques

Plastiques? Ce que l'on utilise partout, tous les jours...





Depuis le milieu du 19° siècle...

1839

Vulcanisation
du caoutchouc

1870

Nitrate de
Cellulose



1905

Acétate de
Cellulose



1915

Cellophane



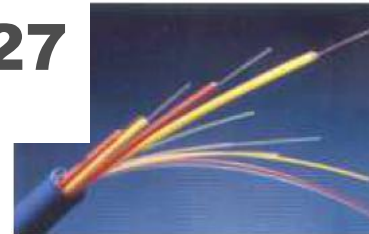
1920

Celluloïde



1927

PVC



1930

Polystyrène



STYLO BIC

1934

PMMA



1938

Nylon



1939

Polyéthylène



1943

Bakélite



1947

ABS



1954

Polypropylène

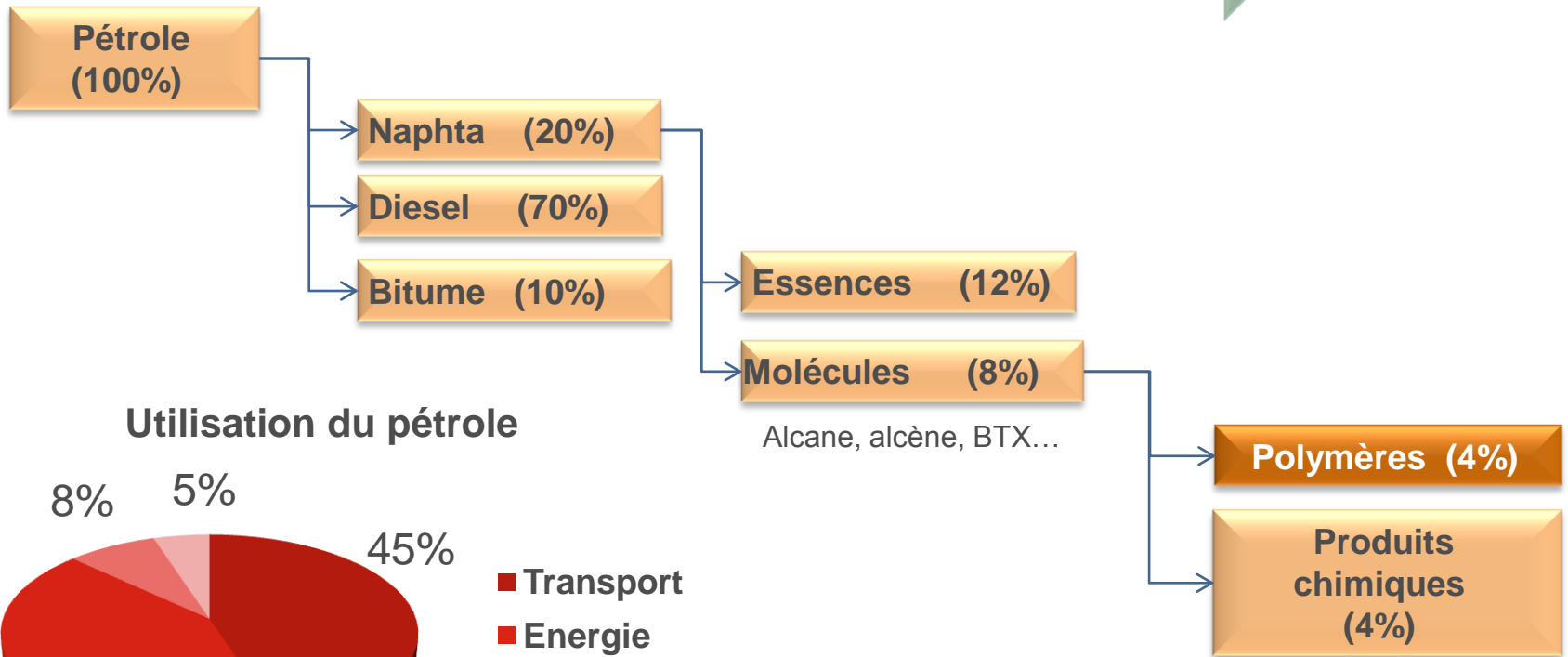
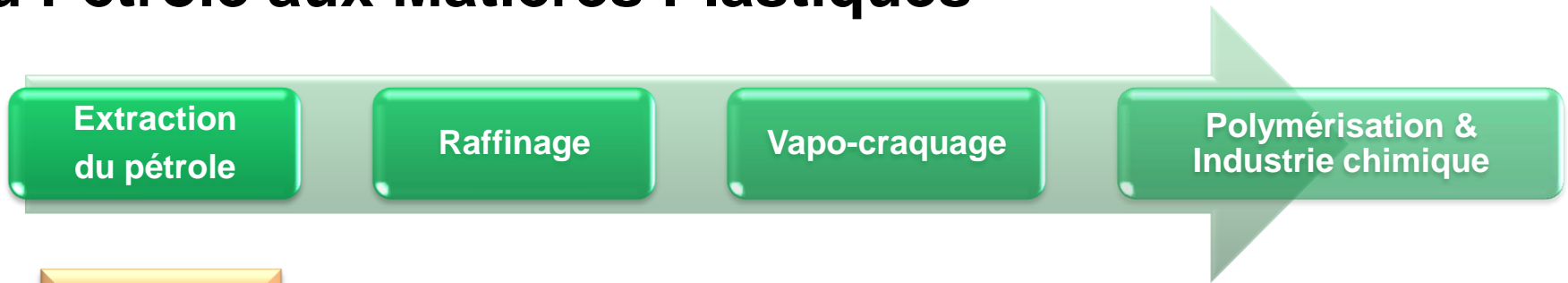


1959

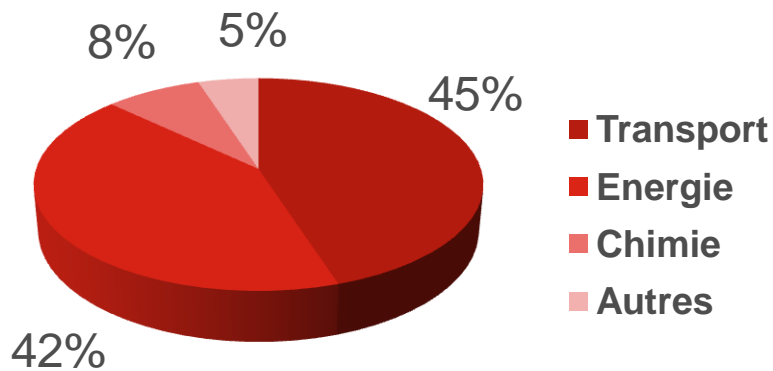
Polycarbonate



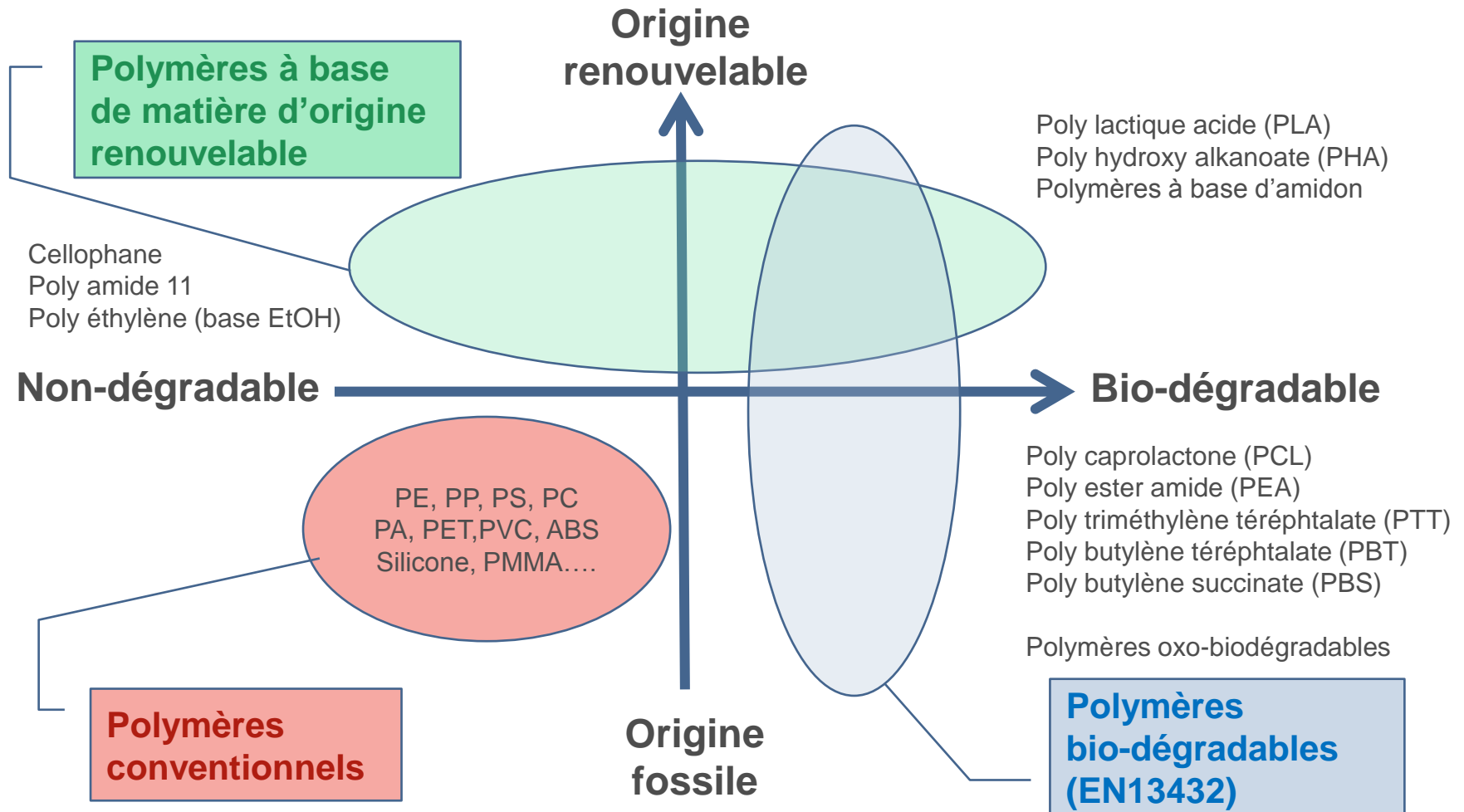
Du Pétrole aux Matières Plastiques



Utilisation du pétrole



Plastiques, bio-plastiques, bio-dégradables, oxo-bio...



Les principaux plastiques

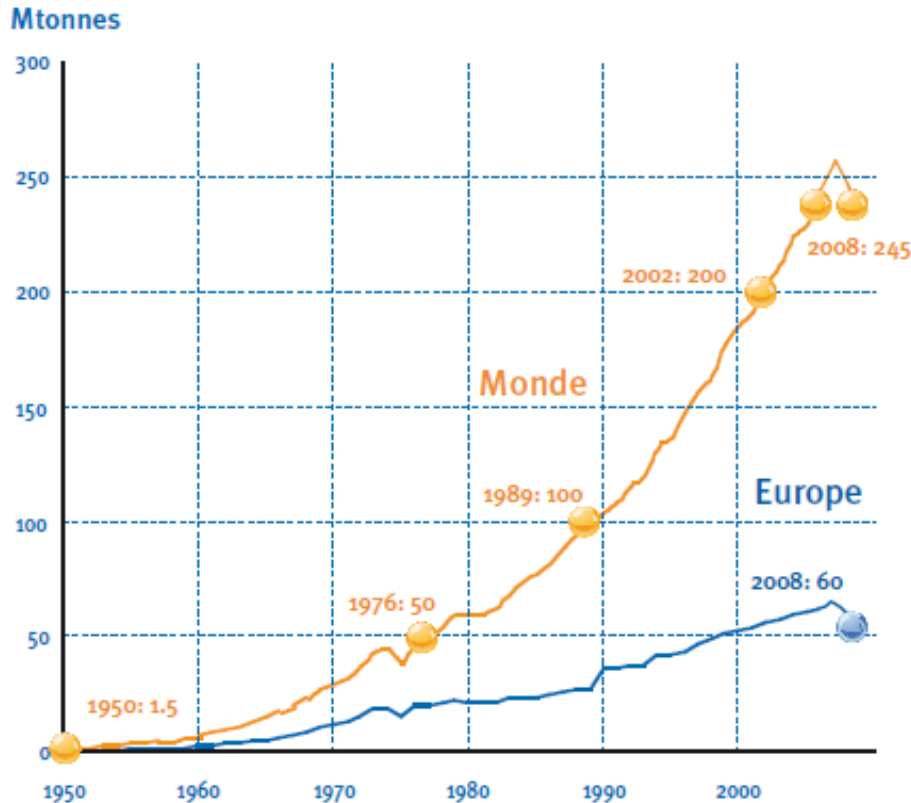
Standard plastics	Mio T	%
PE	79	37
LDPE	19	
LLDPE	24	
HDPE	36	
PP	53	25
Styrenics	23	10
PS	15	
EPS	6	
PVC	40	19
Rigid Flexible		
PET (bottle, film)	20	9
	213 Mio T	

Engineering plastics	Mio T
PA	10
PC	4
PMMA	2
ABS, SAN	9
PBT	2.5
POM	
	~ 30 Mio T

	Mio T
High performance polymers	0.5-0.6

Les « bio-plastiques » ne représentent qu'environ 1% de la production actuelle des plastiques conventionnels

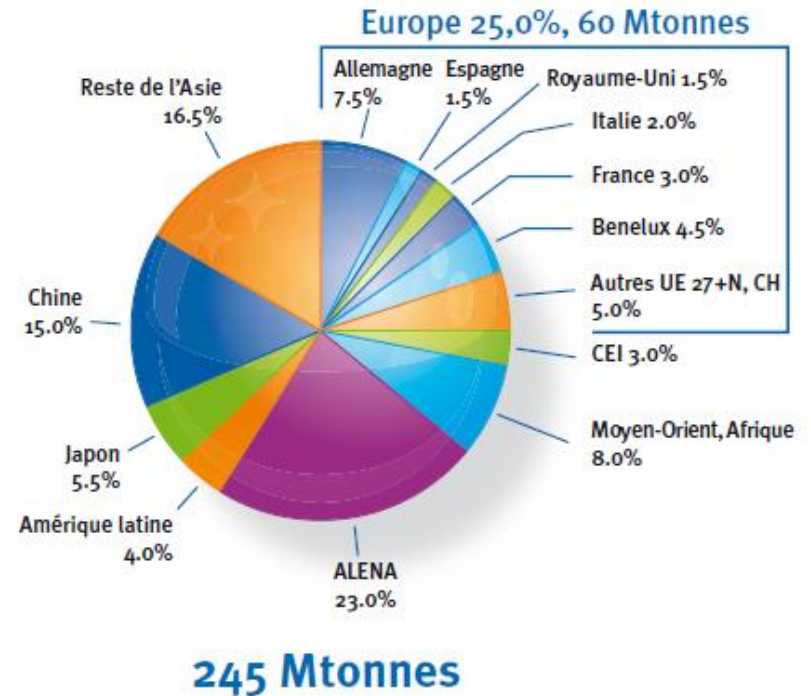
Production mondiale des plastiques



Comprend thermoplastiques, polyuréthanes, thermodurcissables, élastomères, adhésifs, revêtements, mastics et fibres PP.
Ne comprend pas les fibres de PET, PA et polyacryliques.

Production mondiale de matières plastiques 1950-2008

PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)

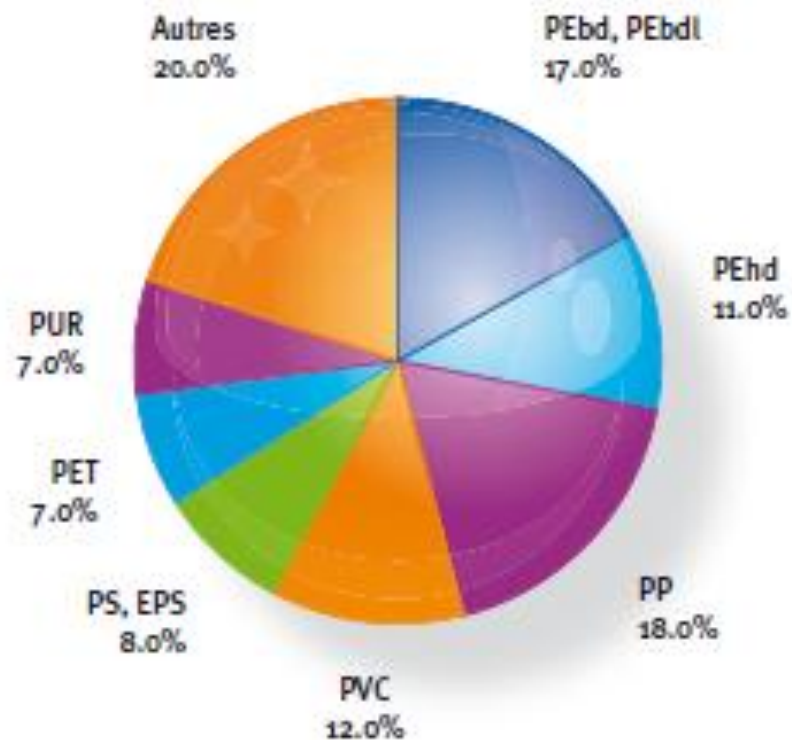


Production mondiale de matières plastiques 2008 par pays et région

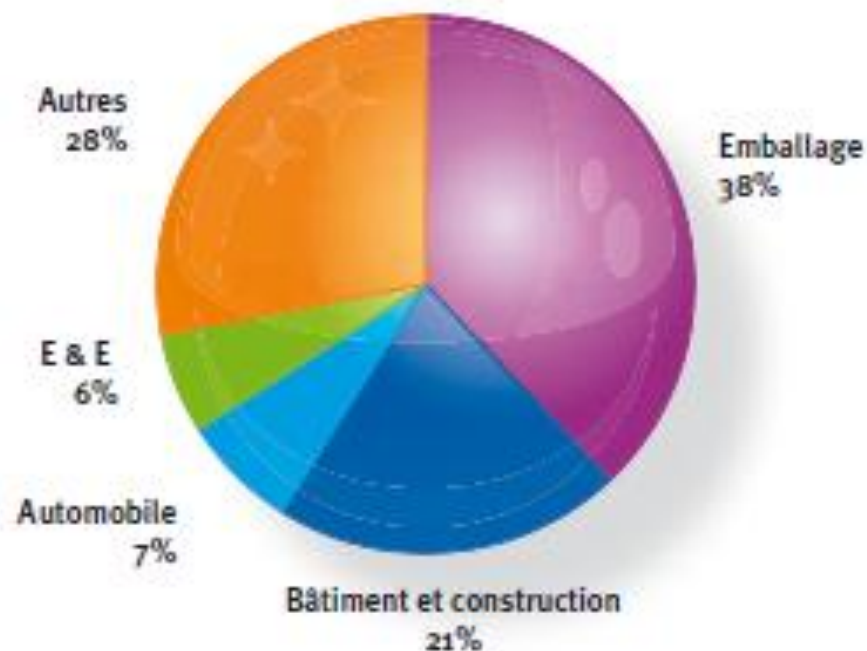
Source: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG)

Demande des plastiques

La demande des plasturgistes en 2008
par type en Europe



La demande des plasturgistes en 2008 :
analyse par secteur d'application en Europe



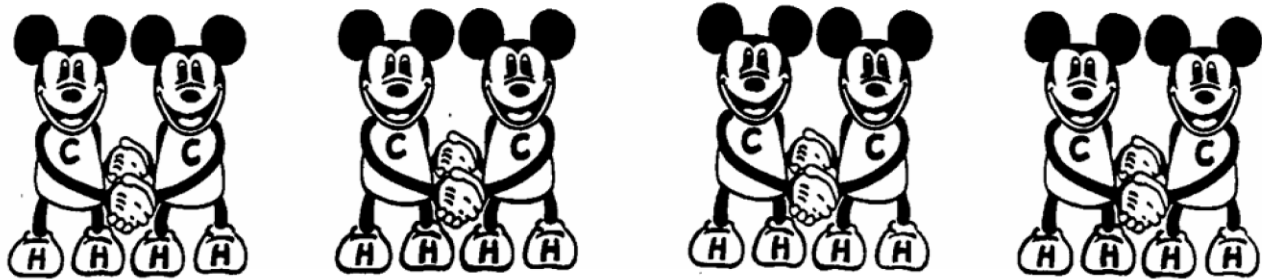
48.5 Mtonnes

*EU27+N, Suisse comprise. Autres plastiques (-6 Mtonnes)

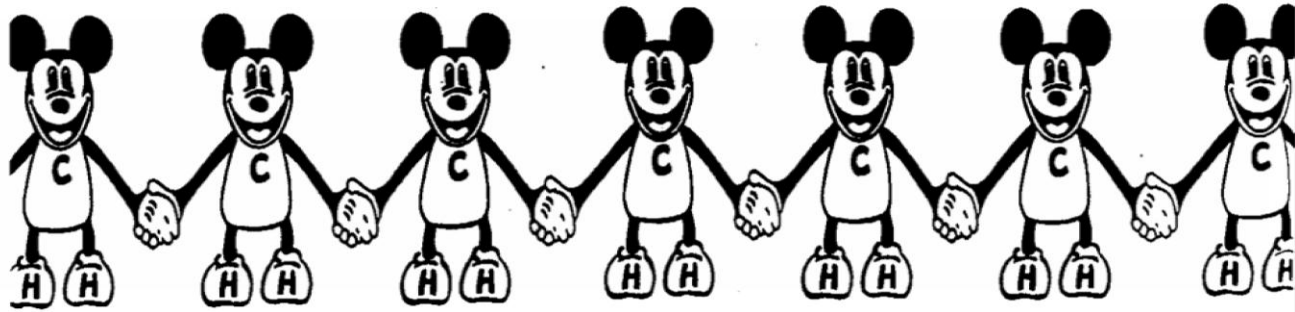
Un peu de chimie

Plastiques: monomères et polymères

► Monomère



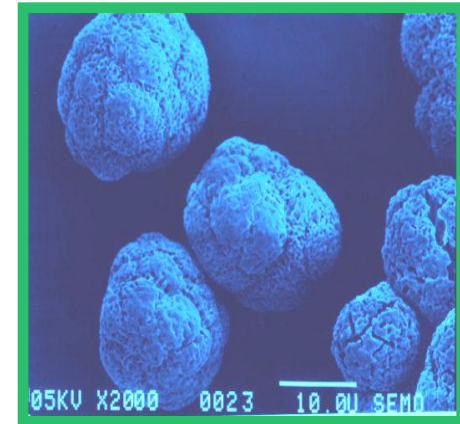
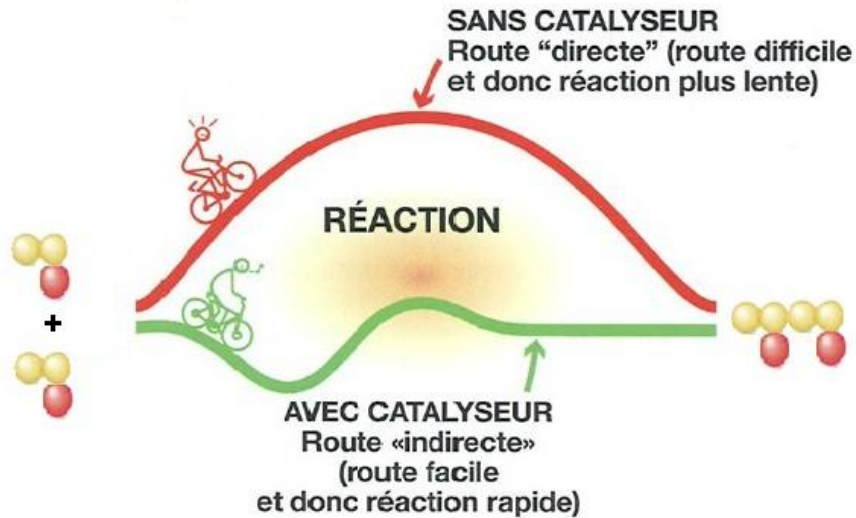
► Polymère



► Polymérisation: assemblage de molécules selon 2 grandes voies

1. Ouverture d'une double liaison carbone-carbone (PE, PP, PS, PVC, PMMA...)
2. Réaction d'un di-alcool ou d'une di-amine avec un di-acide ou di-chlorure d'acide (PET, PA, PC...) ou la réaction d'un di-iso-cyanate avec un di-alcool (PU)

Catalyseur de polymérisation



Particules de catalyseur

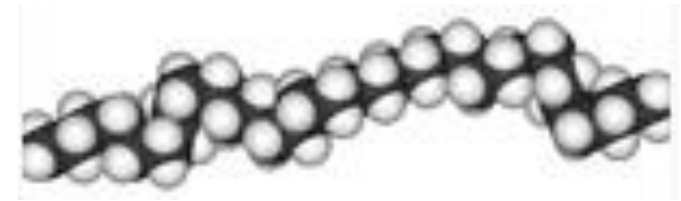


Réacteur de polymérisation
basse pression (1 bar)

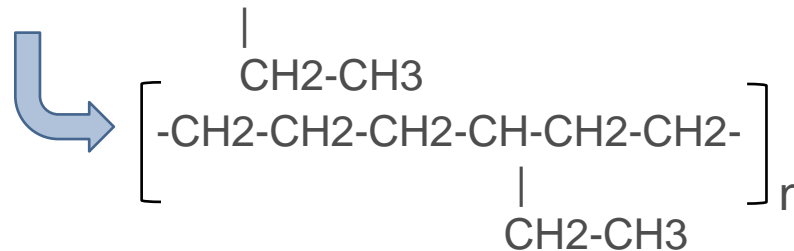
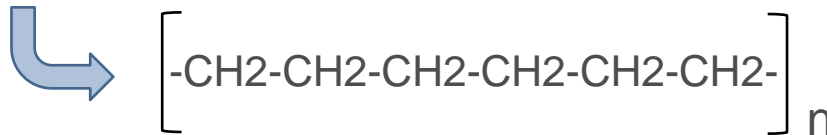
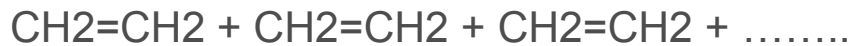
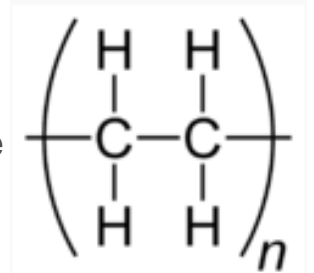


Réacteur de polymérisation
haute pression (20-40 bar)

Polyéthylène - PE

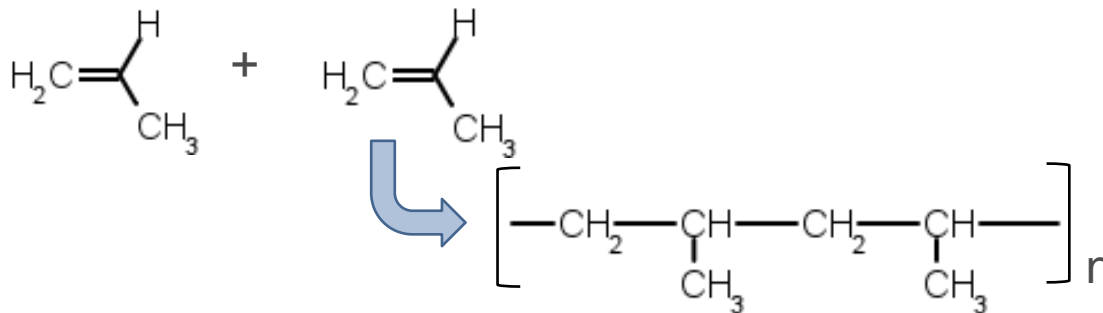
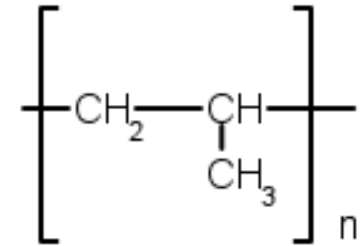


- **Polymérisation:** radicalaire ou par catalyse de coordination
- **Monomère:** éthylène (CH₂=CH₂)
- **Co-monomères:** 1-butène, 1-hexène, 1-octène, acétate de vinyle
 - L'ajout de co-monomère va réduire la cristallinité et permettre de baisser la densité du polymère final. Les propriétés seront modifiées en conséquence
- **Applications:** films, bouchons, emballage alimentaire, tuyaux, flacons, jerrycans et fûts, réservoirs d'essence ...

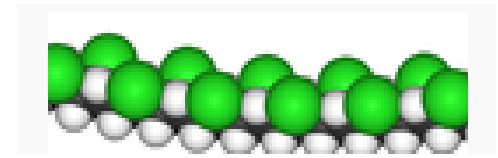


Polypropylène - PP

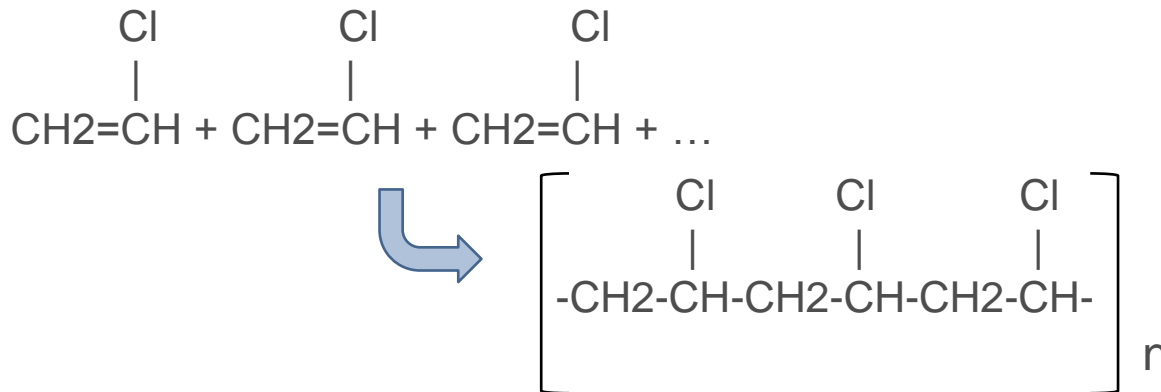
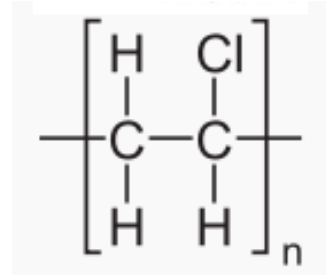
- **Polymérisation:** catalyse de coordination
- **Monomère:** propylène ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$)
- **Co-monomères:** éthylène, 1-butène
 - L'ajout de comonomère va réduire la cristallinité et rendre le polymère plus ductile
- **Applications:** films, fibres, caisses, pièces automobiles, emballage alimentaire, flacons, tuyaux, biens ménagers...



Polychlorure de vinyle - PVC

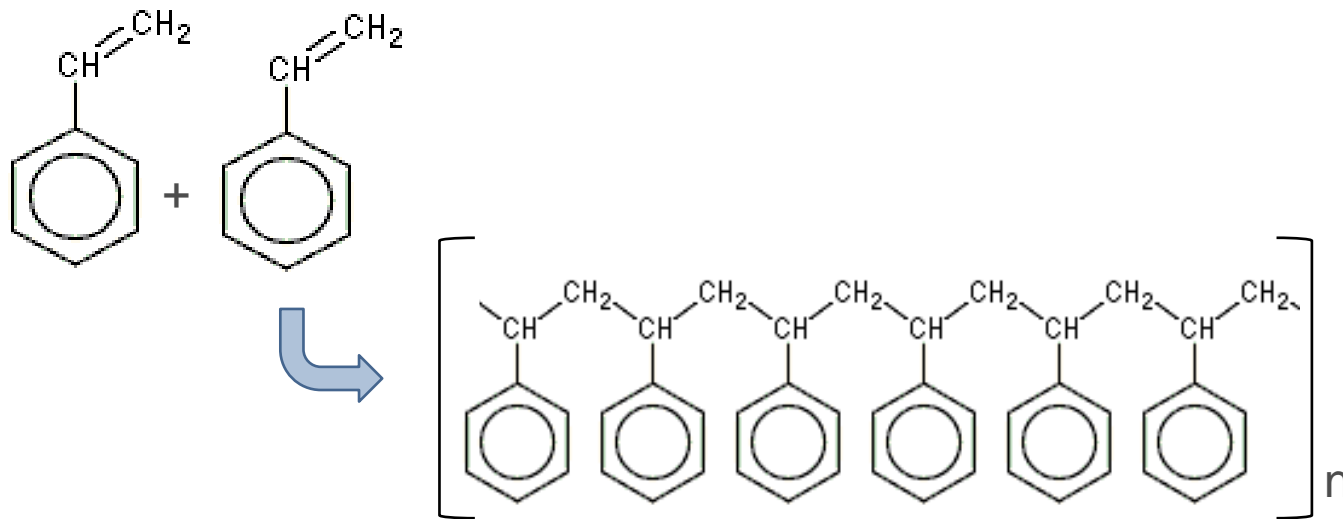
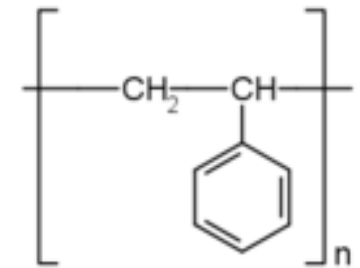


- **Polymérisation:** radicalaire
- **Monomère:** chlorure de vinyle (CH₂=CH-Cl)
- **Plastifiant:** le PVC est un polymère rigide, on peut le rendre souple par ajout de plastifiant comme les phtalates mais aussi des adipates, huiles végétales (huile de soja)
- **Applications:** tuyaux, films, flacons, blister, menuiserie, poches à sang

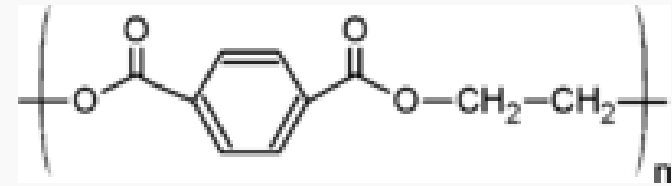


Polystyrène - PS

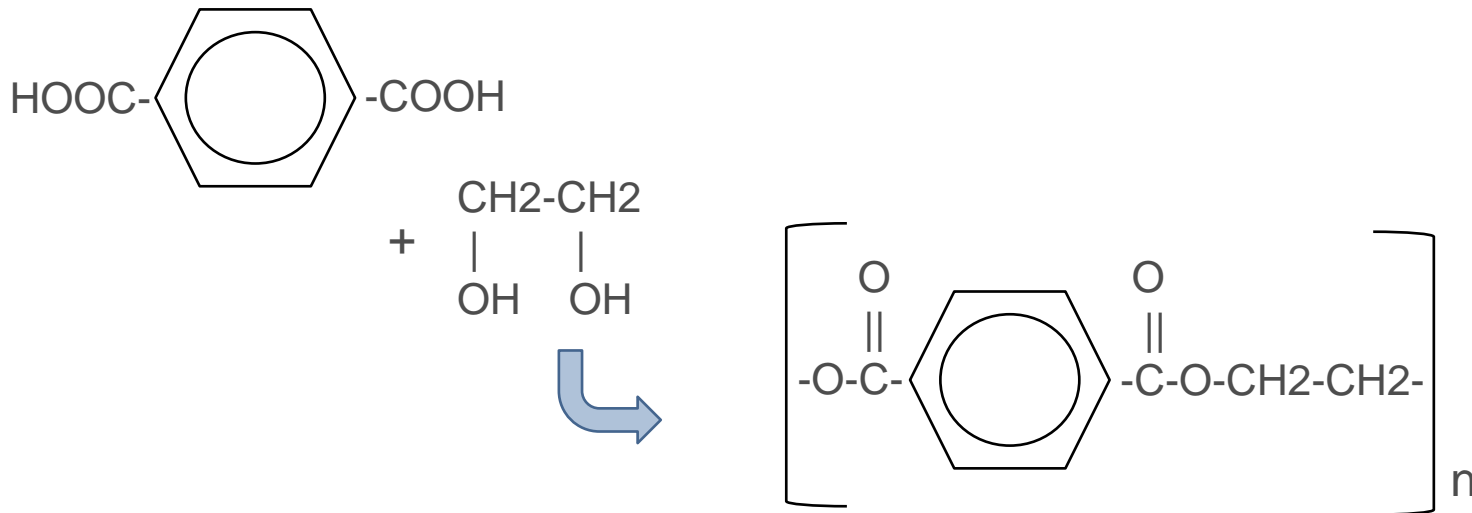
- **Polymérisation:** anionique
- **Monomère:** styrène (C₆H₅-CH=CH₂)
- **Co-monomères:** butadiène, acrylonitrile, acrylate
 - L'emploi de co-monomères permet d'augmenter la résistance au choc
- **Applications:** emballage alimentaire, TV, réfrigérateur, mousse d'isolation, boîtes CD, vaisselle jetable...



Polyéthylène Téréphtalate - PET

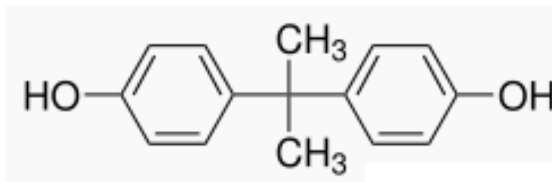
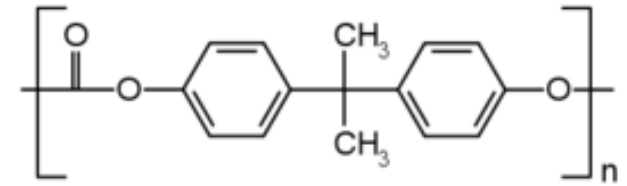


- **Polymérisation:** polycondensation ou trans-estérification
- **Monomère:** acide téréphtalique et éthylène glycol
- **Applications:** fibres, bouteilles et flacons, pièces thermoformées

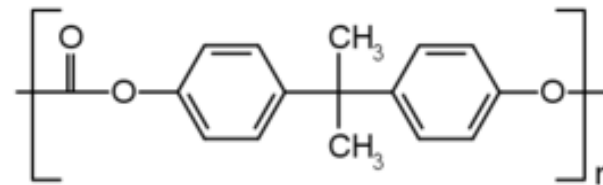
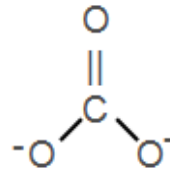


Polycarbonate - PC

- **Polymérisation:** polycondensation ou trans-estérification
- **Monomères:** bisphénol A et carbonate ou phosgène
- **Applications:** feuilles, plaques, phare d'automobile, DVD



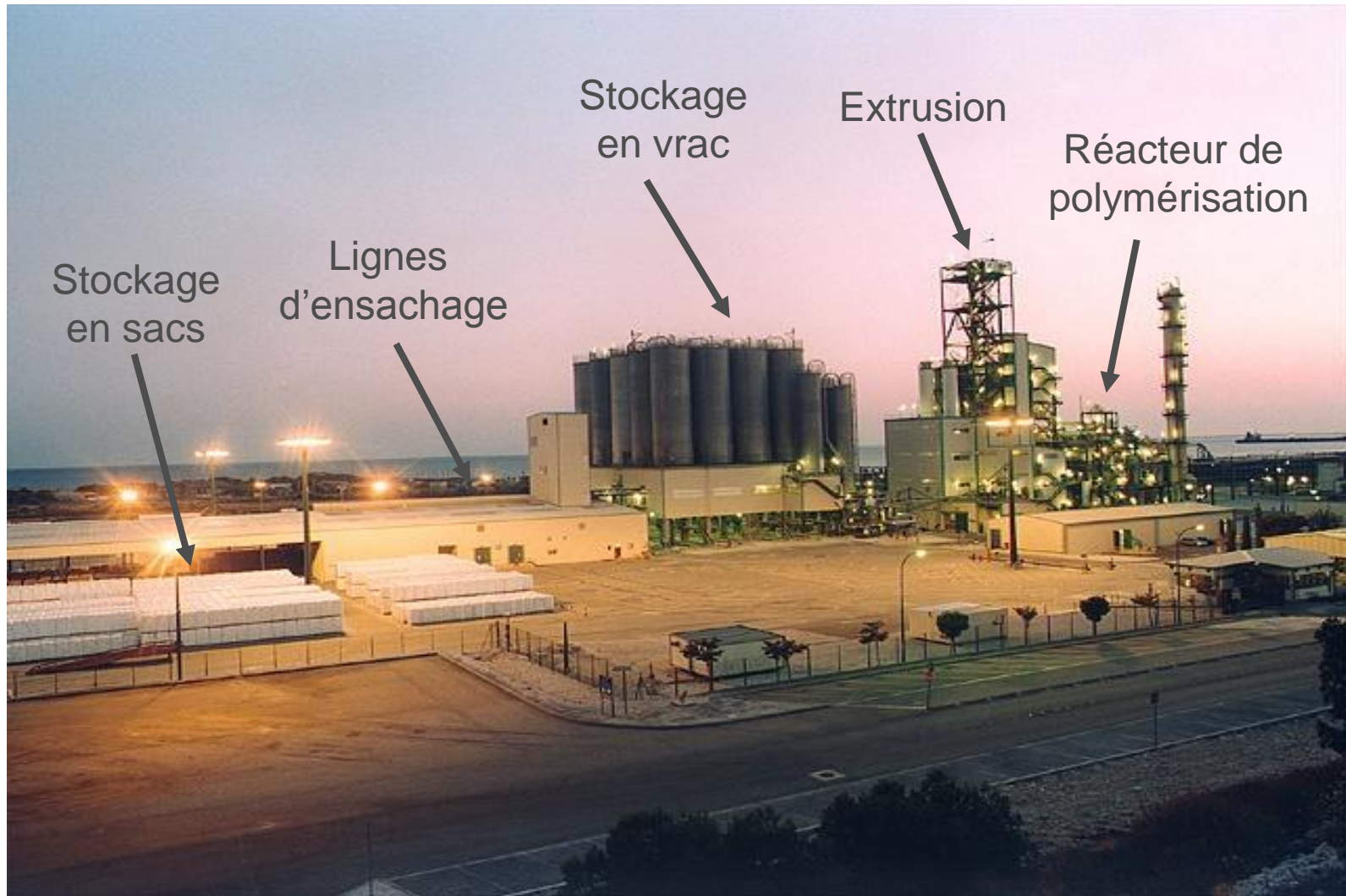
+



À chacun son sigle...

N° de recyclage	Nom du polymère
 01 PET	Polyéthylène téréphtalate
 02 PE-HD	Polyéthylène haute densité
 03 PVC	Polychlorure de vinyle
 04 PE-LD	Polyéthylène basse densité
 05 PP	Polypropylène
 06 PS	Polystyrène
 07 O	Autres plastiques, incluant le polycarbonate, l'acrylique et le nylon.

Usine de production de polymère

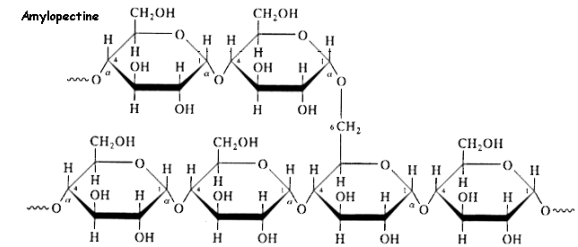


Des plastiques à base de ressources renouvelables

Différentes voies existent aujourd'hui

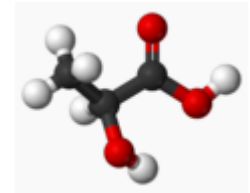
Les plastiques à base d'amidon (amylose et amylopectine)

- Origine maïs, blé, pomme de terre, riz
- 50% utilisé dans l'alimentation humaine et animale
- Polymère obtenu par traitement thermique de l'amylose et l'amylopectine via une destructuration (clivage des liaisons H2) et dextrinisation (dépolymérisation partielle)
- Application: films pour sacs



Le PLA (Poly Lactic Acid) sur base de sucre / amidon

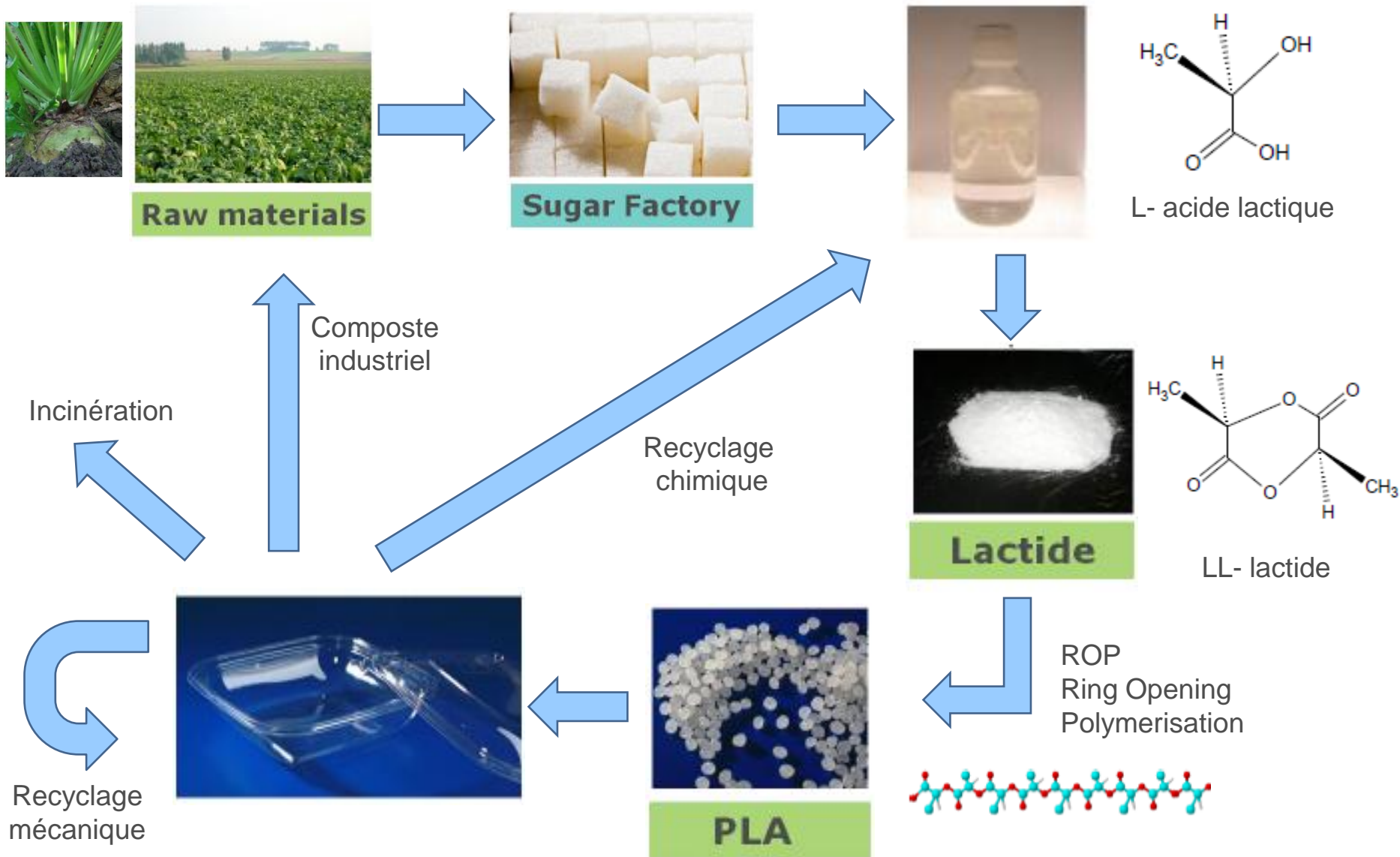
- Procédé Nature-Works (US) ou Galactic/Total Petrochemicals (BE)
- Production d'acide lactique par fermentation de sucre ou d'amidon issu de maïs, blé, betterave
- Production de différents polymères: PLLA, PDLA, etc...
- Application: films, flacons, pièces thermoformées ou injectées



L'accès aux oléfines sur base de matières premières renouvelables

- Ethylène à partir de déshydratation de l'éthanol issu de la fermentation de sucres
- Procédé de Braskem (BR) ou Total-Petrochemicals (BE)
- Ethylène et Propylène à partir de Méthanol (procédé MTO de Total/UOP) issu du gaz, charbon ou de la lignocellulose à plus long terme
- Application: les mêmes que celles des polyoléfinnes actuelles

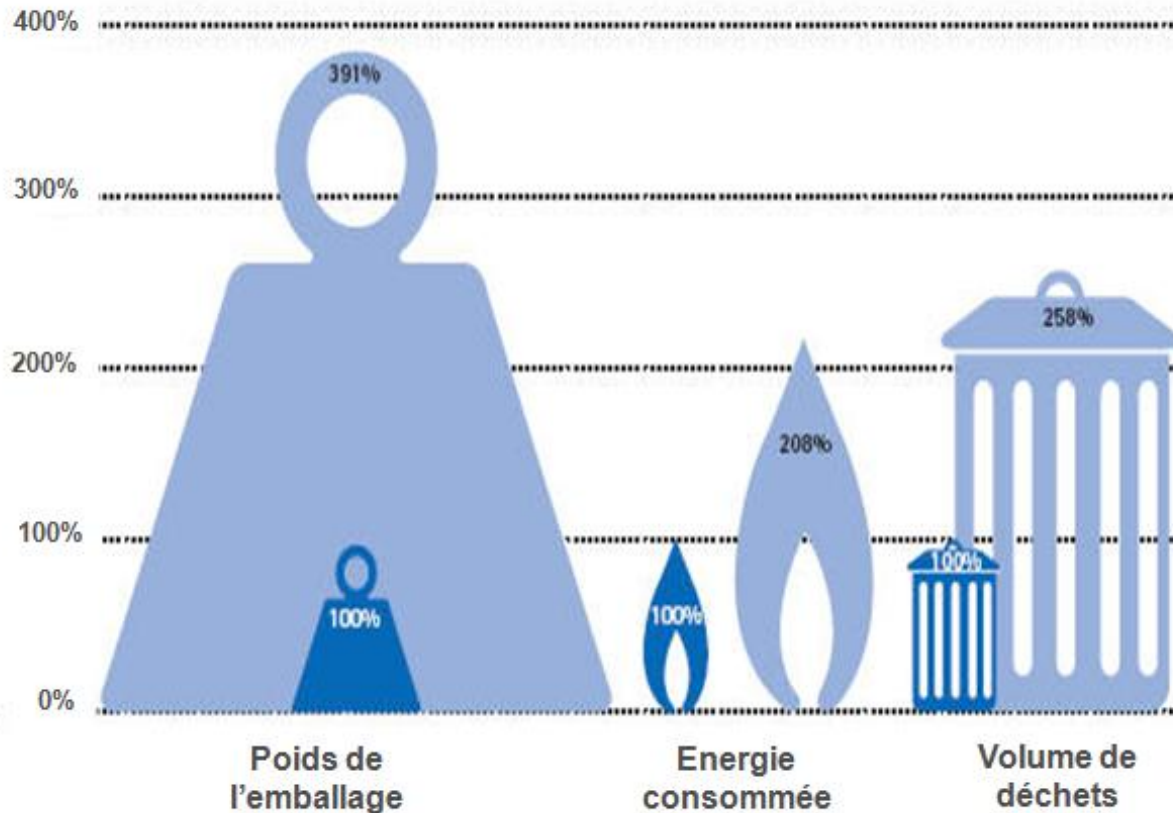
Exemple de l'acide poly lactique (PLA)



Peut-on se passer des plastiques ?

Un monde sans plastiques ?

Cas des emballages



Poids des emballages avec les matériaux traditionnels comparés à ceux réalisés en plastique

Sources : PlasticsEurope, GUA study (2005)

Saviez-vous que si on remplaçait les plastiques dans l'emballage par des matériaux traditionnels, la **consommation mondiale d'énergie** serait **doublée** ?



source: Plastics Europe / Gesellschaft für umfassende Analysen

Saviez-vous que si on remplaçait les plastiques dans l'emballage par des matériaux traditionnels, il y aurait **7 fois plus d'émissions de CO₂**, aggravant l'effet de serre ?



source: Plastics Europe / Gesellschaft für umfassende Analysen

Les tuyaux en plastiques réduisent jusqu'à 60% en volume les pertes d'eau potable

L'emploi des matières plastiques dans l'automobile permet d'économiser 2.5 Mt/an d'essence en Europe

L'isolation des bâtiments économise 5 Mt/an de fuel en Europe

**Dans les pays en développement, 50% de la nourriture est perdu entre la ferme et l'assiette.
Dans les pays en développement, seulement 5% est perdu**

L'emploi des plastiques économise 10 Mt par an de fuel pour les transports en Europe.

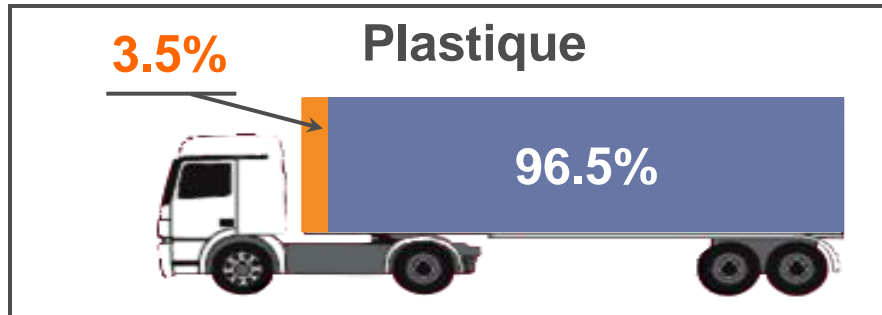
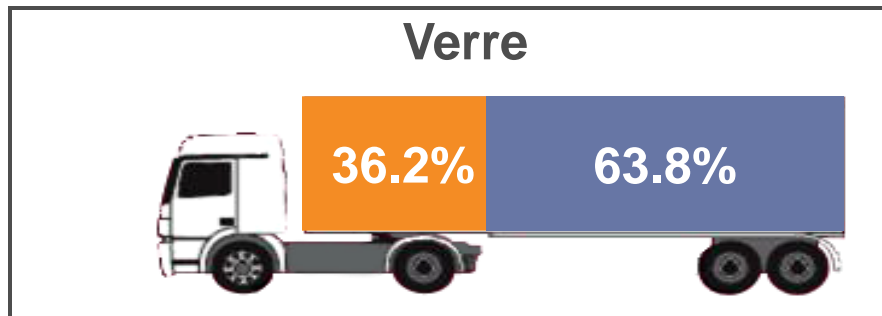


Ex: Les bénéfices de l'emballage plastique

50% de produits transportés en plus

10 Mt de diesel économisés par an en Europe

Quantité d'emballage utilisé pour transporter le même volume de yaourt



■ Emballage ■ produit



Multipack en Polystyrène

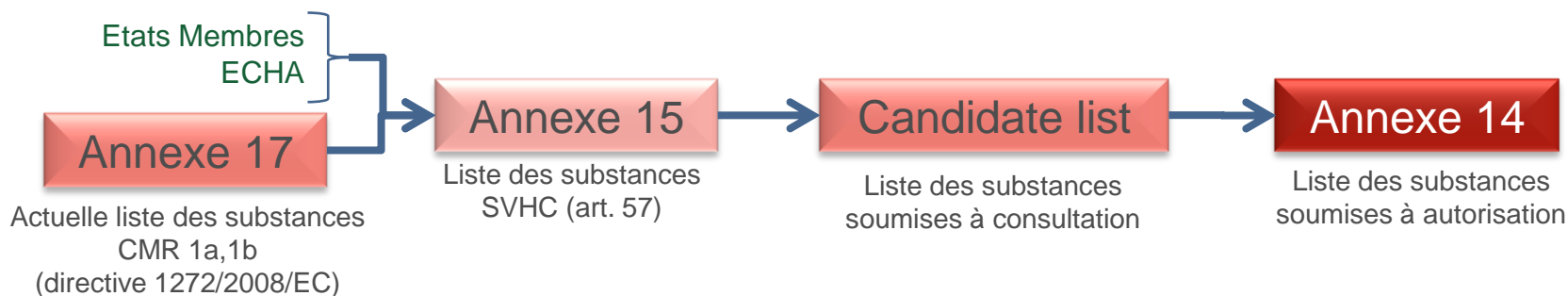
Les réglementations

Le règlement REACH (CE) 1907/2006

Registration Evaluation Authorisation of Chemicals

Réglementation REACH relative à toutes les substances mises sur le marché

- Un objectif: bannir les substances toxiques pour l'homme et l'environnement
- Interdiction de mettre sur le marché si la substance n'a pas été enregistrée (2010)
- Enregistrement des substances ENEICS selon tonnage (2010, 2013, 2018) par les industriels avec mentions des utilisations finales. Les substances ELINCS sont conformes à REACH depuis 1981.
 - dossier technique + dossier sécurité chimique + scénarios d'exposition
- Les états membres évaluent les risques potentiels et décident d'autorisations éventuelles (restriction d'utilisation avec substitution)
 - L'autorisation est nécessaire pour les substances **CMR 1a, 1b** (carcinogène, mutagène et reprotoxique), **PBTs** (persistante, bio-accumulative et toxique) et les **vPvBs** (very persistent and very bio-accumulative listées dans l'annexe 13)



Substances EINECS ou ELINCS

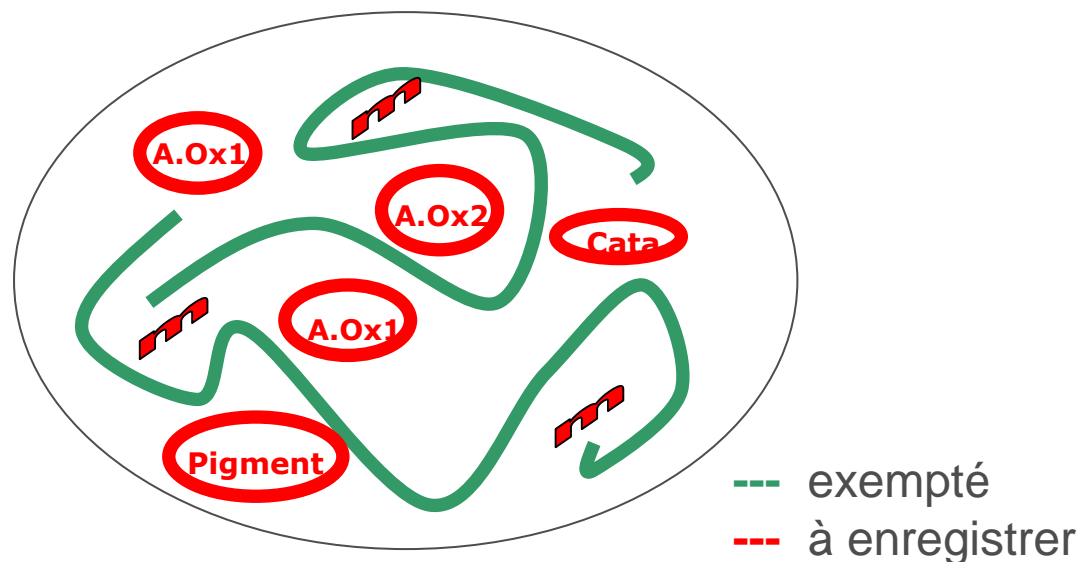
- ▶ **Reach s'intéresse aux substances dites "phase-in", ce sont les substances dites EINECS et mises sur le marché avant le 18/9/81**
 - EINECS signifie : European Inventory of Existing Commercial chemical Substances
 - Ces substances doivent passer le processus complet d'évaluation car il y a pas ou trop peu de données disponibles
 - Le délai pour l'enregistrement dépend du volume (3, 6, 11 ans) - pour plus de 1000 t la limite était novembre 2010 ainsi que pour toutes les substances SVHC (very high concern substances)
 - La mise en commun des données est obligatoire vis des consortia industriels

- ▶ **Les "Nouvelles substances" sont celles listées depuis septembre 1981 et présentes sur la liste ELINCS**
 - ELINCS signifie: European List of Notified Chemical Substances
 - Ces substances ont déjà des dossiers compatibles REACH concernant les études toxicologiques réalisées lors de leur mise sur le marché avec les restrictions éventuellement appropriées

REACH et les polymères



- ▶ Certaines substances sont exclus du processus REACH comme les intermédiaires et les Polymères.
- ▶ Les polymères en tant que macromolécules sont temporairement exemptés d'enregistrement .
- ▶ Cependant le législateur a prévu l'obligation d'enregistrer les monomères et toutes les substances nécessaires à leur production.



Les plastiques pour le contact alimentaire



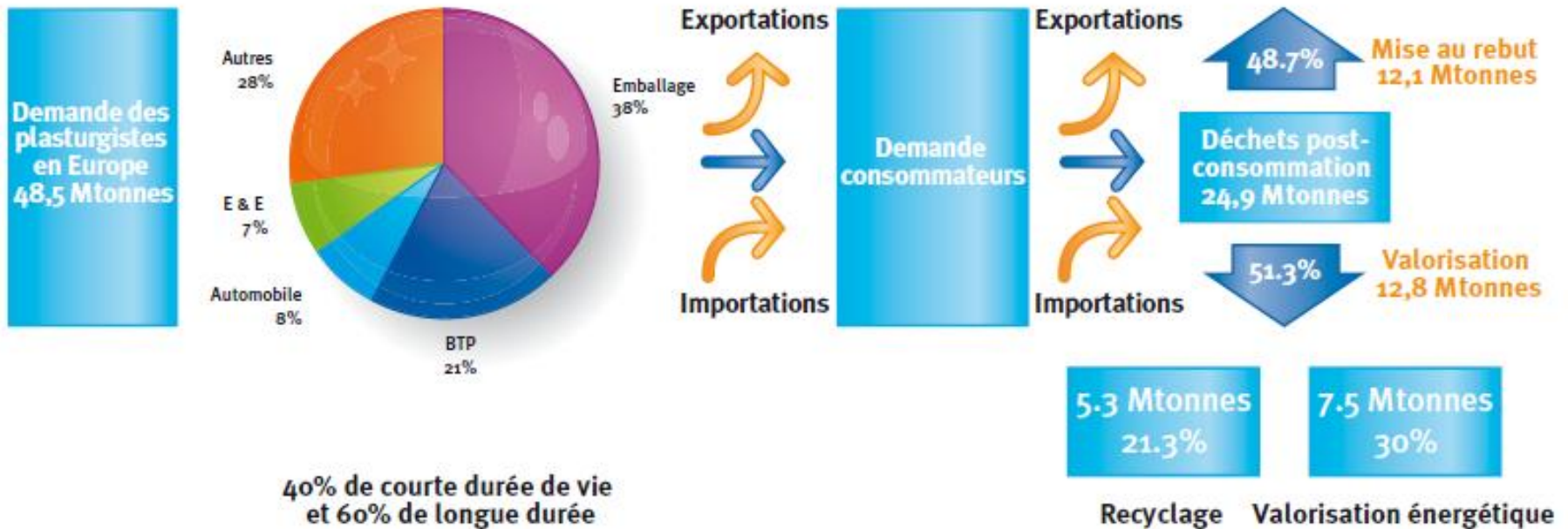
- ▶ **Le règlement (CE) 1935/2004 décrit les obligations que doivent remplir les matériaux devant entrer en contact avec les aliments**
 - Article 3: ils ne doivent pas présenter un danger pour l'homme, modifier la composition et les propriétés organoleptiques des denrées
 - Articles 17: la traçabilité à chacune des étapes de la fabrication
- ▶ **Le règlement (CE) 10/2011* décrit les substances autorisées dans la fabrications des plastiques** (* ancienne directive 2002/72/CE et ses amendements)
 - La liste des additifs, des aides à la polymérisation, des solvants (près de 900 substances)
 - la limite globale de migration fixées à 10 milligrammes /dm² (ou 60mgr/kg)
 - les limites spécifiques de migration autorisées (SML) pour chaque substance
 - les simulants à utiliser : éthanol 10%, 20%, 50%; acide acétique 3% et huile végétale
- ▶ **Le règlement (CE) 2023/2006 sur les BPF (Bonne Pratique de Fabrication)**
 - Procédures en place pour éviter les contaminations
 - Information et formation du personnel
 - Audits de contrôle



Le recyclage

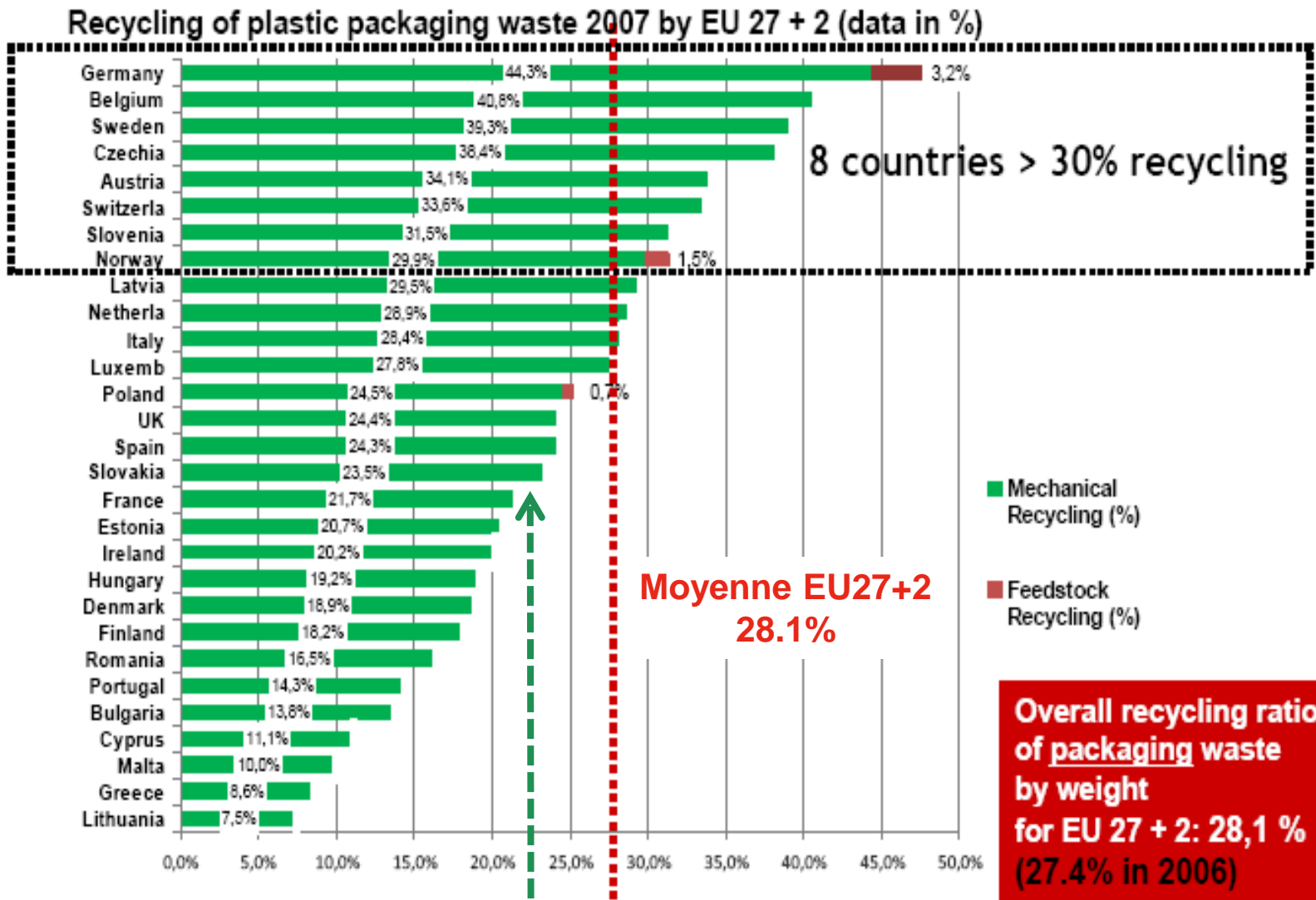
La fin de vie des plastiques

Les plastiques du berceau au berceau (UE27+NO/CH 2008)

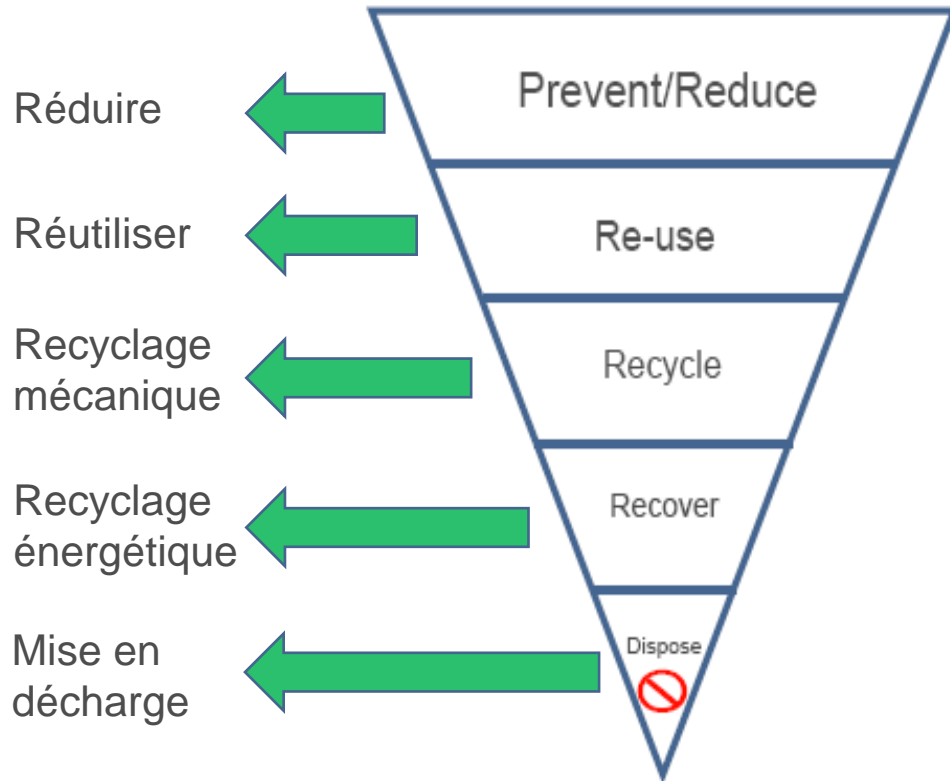


- ▶ En Europe, 48.5 Miot de plastiques ont été transformés
- ▶ 24.9 Miot se sont retrouvés en déchets post consommation
- ▶ 51.3% ont été recyclés (21% mécanique, 0.3% matières premières, 30% énergie)
- ▶ 48.7% soit 12.1 Miot sont encore mis en décharge

Pas tous égaux devant le recyclage !



La règle des 4 "R"



- La directive cadre Européenne sur le déchets 2006/12/CE demande aux états membres de prendre toutes les mesures appropriées pour :

- Prévenir et réduire les déchets
- Recycler ces déchets
- La mise en décharge devant être bannie à terme

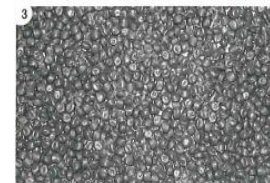
Balle de
flacons



Paillettes après
lavage et
broyage



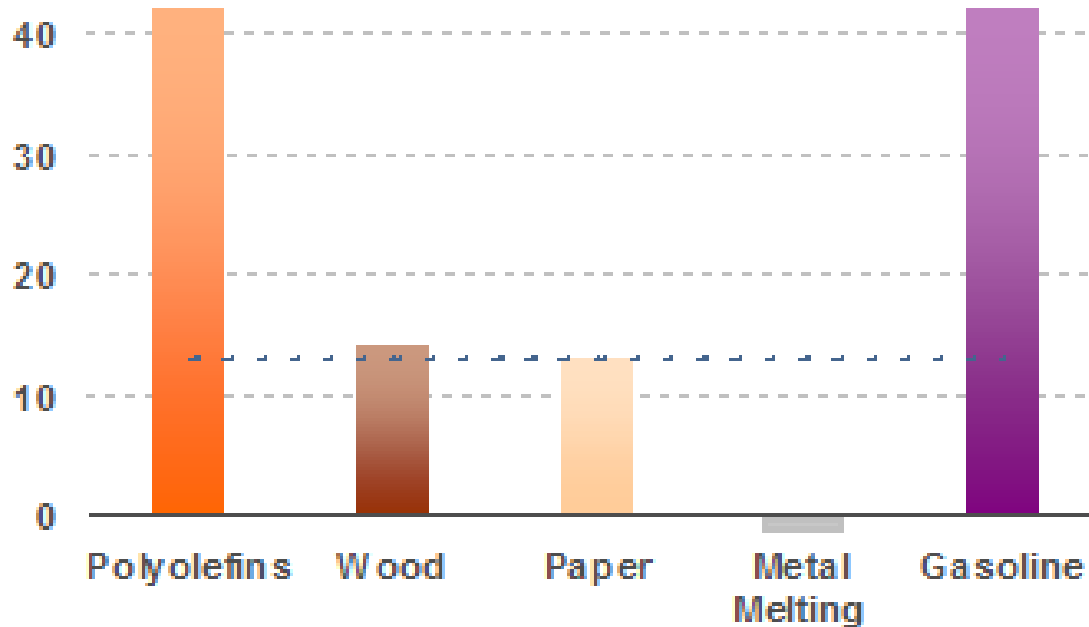
Granulés



Régénération du Polypropylène issu du tri automatique.
1 : Balles de flacons, pots et barquettes en PP,
2 : Paillettes de PP, 3 : Granulés de PP.

Les plastiques, c'est de l'énergie !

ENERGY
value
MJ/kg



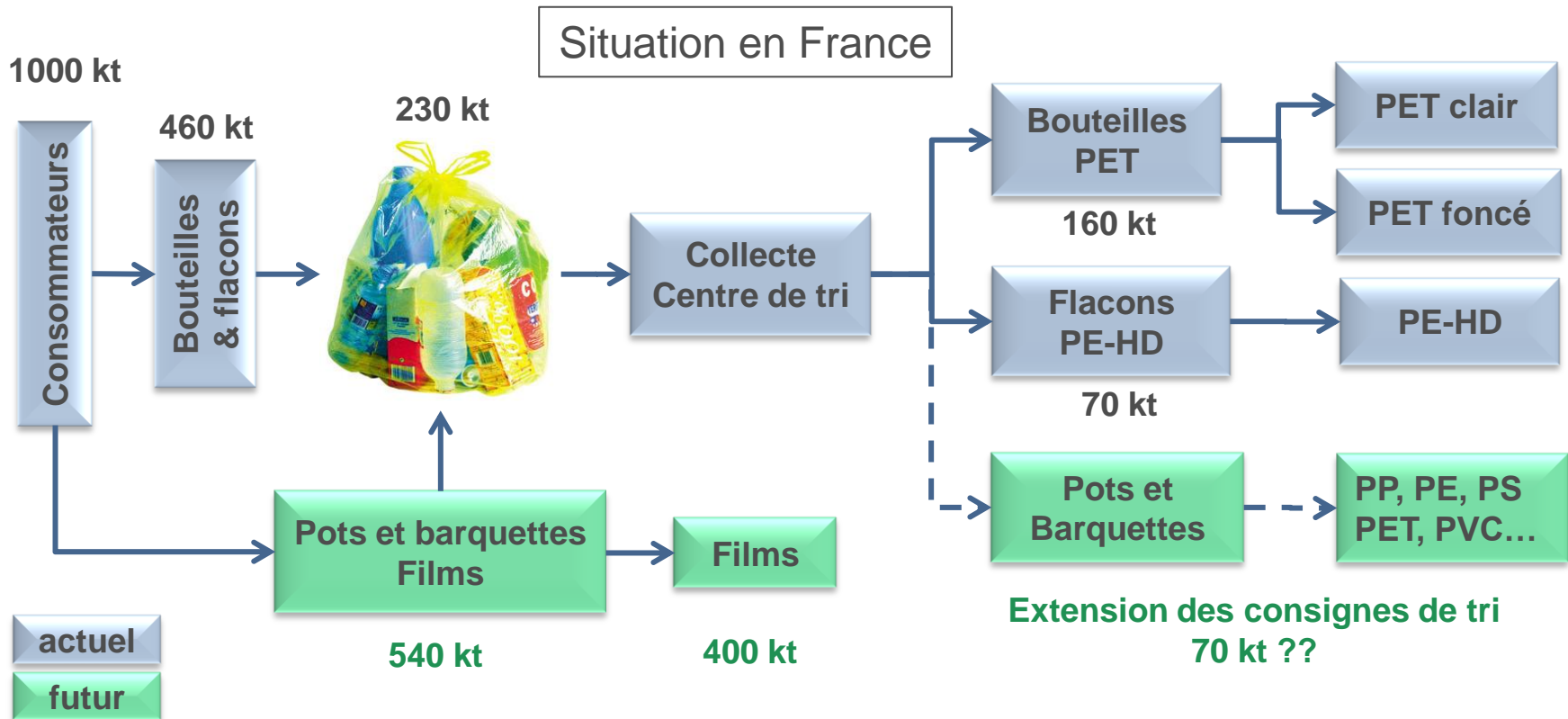
Le recyclage énergétique est aujourd'hui la meilleure solution pour gérer la **fin de vie ultime** des plastiques

Sources : PlasticsEurope, GUA study (2005)

Le recyclage des emballages en France

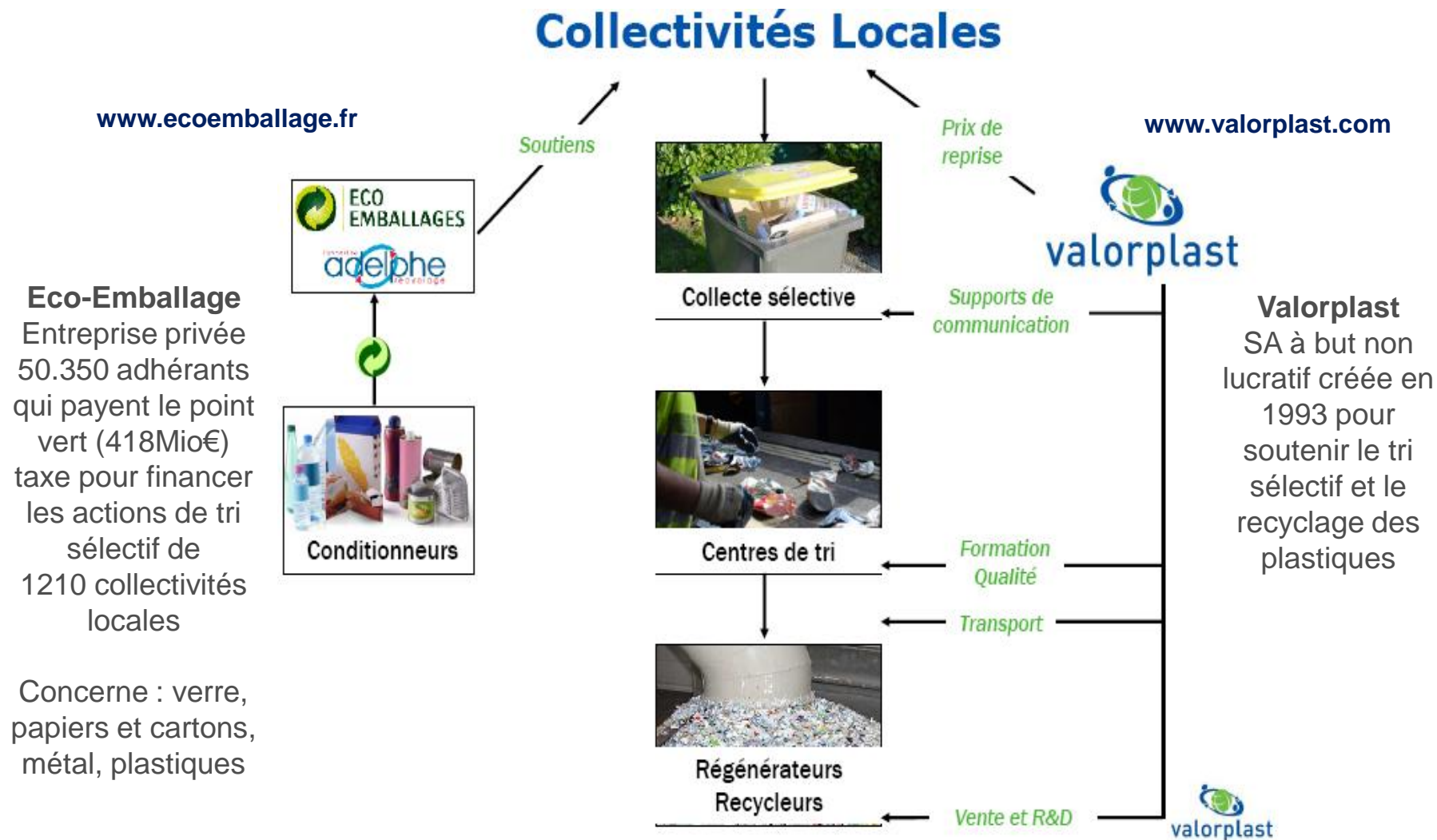
- ▶ Les emballages plastiques représentent ~ 1000 kt (33% des déchets ménagers)
 - 50% bouteilles et flacons et 50% autres rigides (pots et barquettes) + Film
- ▶ Seulement 50% des bouteilles sont recyclés
- ▶ Projet d'extension des consignes de tri en 2011/ 2012 sur une population de 5 Mio d'habitants avec mise en place en 2015/2016 au niveau national

NB: Il existe un flux important de plastiques industriels recyclés (bac batteries, caisses, films...)



Source Valorplast

Un processus de financement et de soutien au niveau national



Processus de Recyclage en France



PEhd-PP



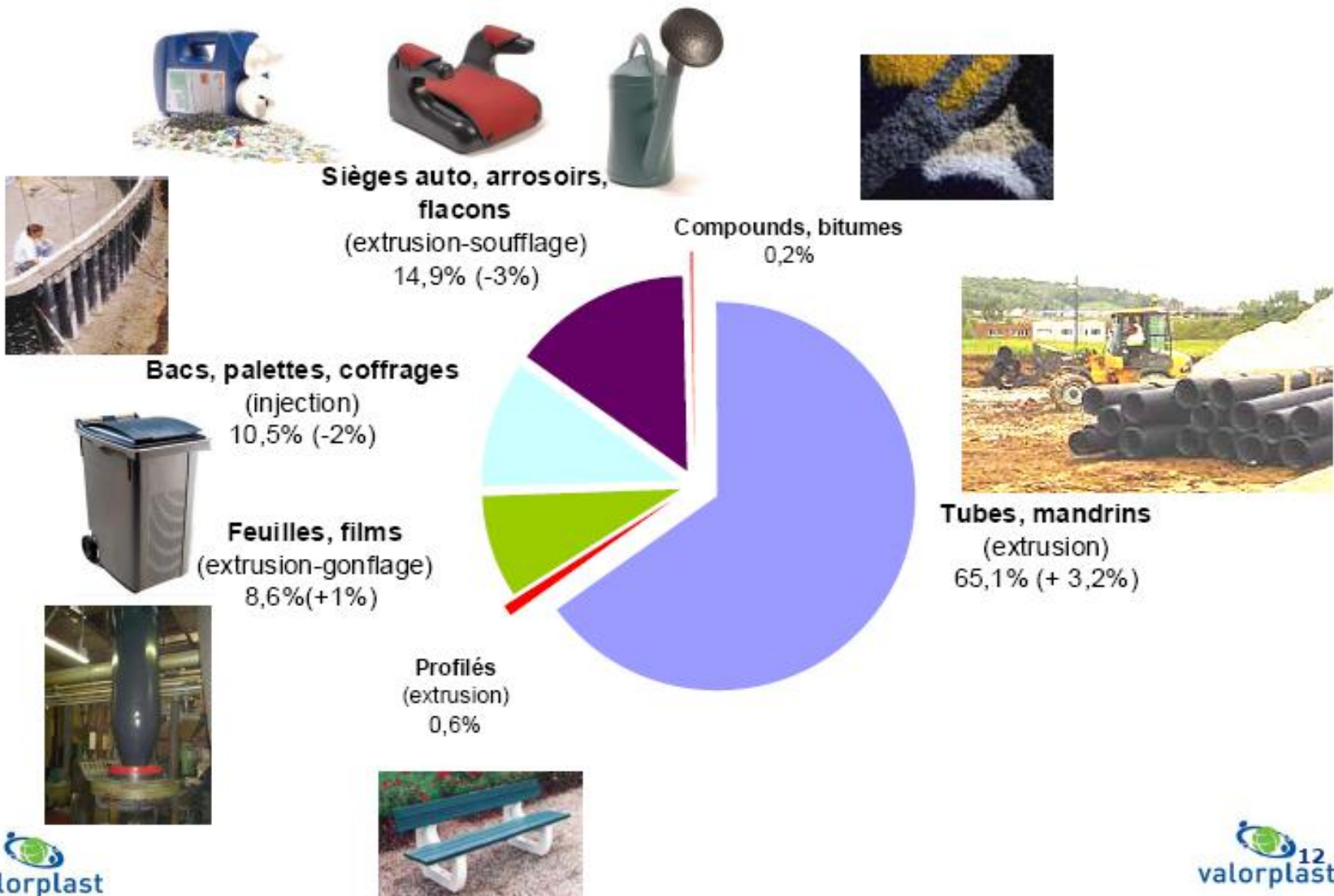
PET clair



PET foncé



Applications du PEHD recyclé



Applications du PET recyclé



Bouteilles
(injection-soufflage)
16,2% (+1,3)

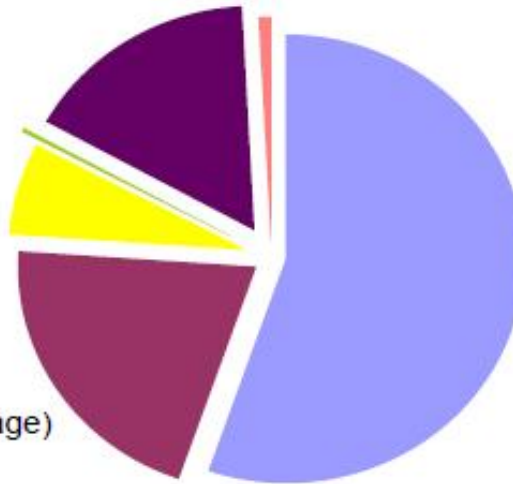


Chimique
+1%



Paniers (injection)
0,1%

Cerclage
(extrusion)
6,7%



Fibres
(extrusion-filage)
55,3 % (-6%)



Feuilles
(extrusion-thermoformage)
20,8% (+ 4%)



Conclusions

- ▶ Au cours du XX^e siècle, les plastiques ont permis d'améliorer le niveau de vie et de répondre aux attentes prioritaires de l'humanité:



Energie



Nourriture



Eau



Santé

- ▶ L'acceptabilité des plastiques passe par une responsabilisation de tous les acteurs de la chaîne de valeur, du producteur au consommateur
- ▶ Une gestion résolue et raisonnée de la fin de vie des plastiques est une des conditions nécessaires pour leur acceptabilité auprès de la société civile, chacun doit y contribuer : état, collectivités locales, industriels et citoyens