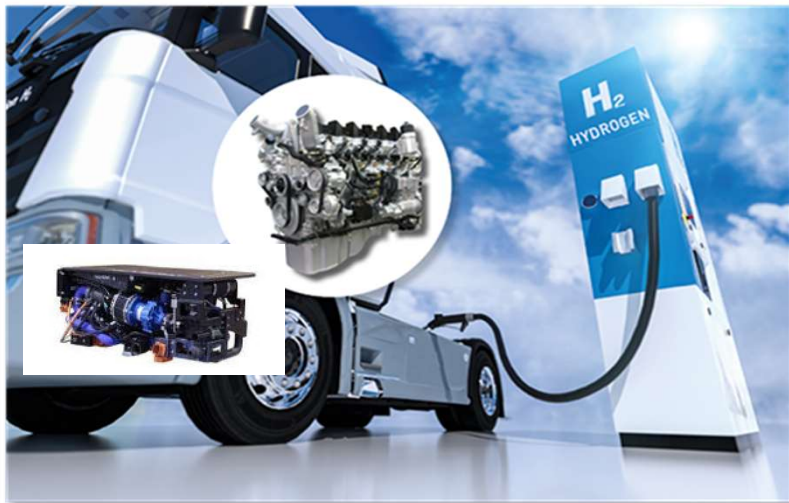




« Innover pour un monde décarboné et durable »



**La place de
l'eco-conception et du recyclage
dans**

**« Transition Pathway for
Chemical Industry »**



**« Enjeux du développement
durable : impact sur la conception
des produits/catalyseurs et
procédés à IFPEN »**

14 Juin 2024

Organisme public de R&I (EPIC)

IFP School
> 500 diplômés/an,
50 nationalités

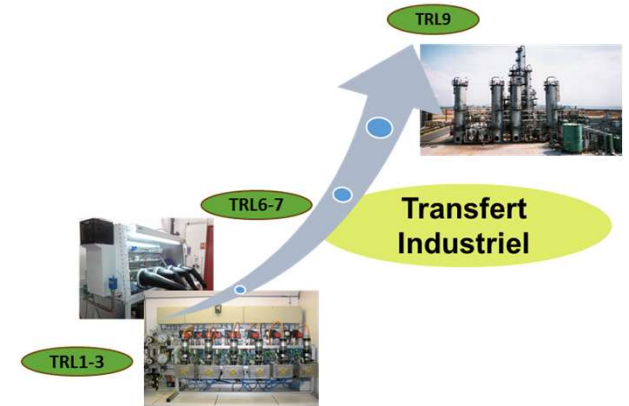
Groupe Industriel
> 4500 personnes

Champ d'action international
Domaines : Energie, Mobilité et Environnement

1531 personnes*
dont 1078 dédiées R&I
130 (post)doctorants

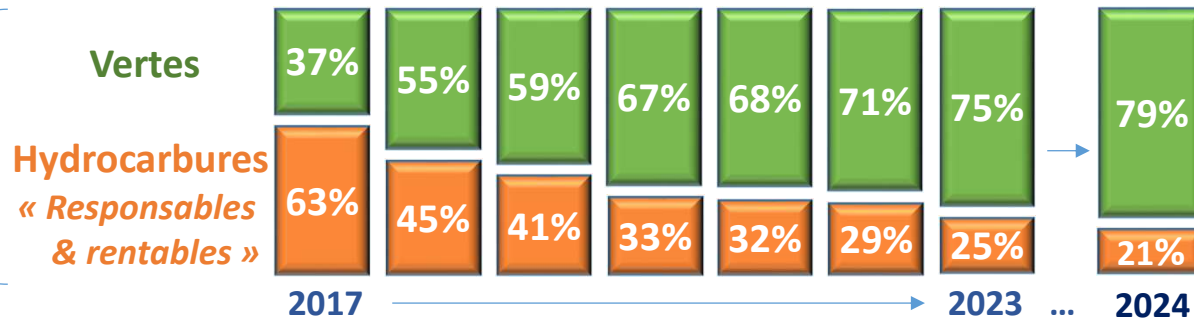


Dotation budgétaire* : 124,1 M€
Ressources propres* : 156,5 M€



* Données 2023

Activités



30% du budget dédié à la Recherche Fondamentale

Partenariat



IFPEN co-pilote de 3 PEPR
impliqué dans 10 autres PEPR



ECO-CONCEPTION : DE QUOI PARLE-T-ON ?

- Démarche qui permet **de réduire les impacts négatifs des produits**, procédés et technologies sur **l'environnement**, sur l'ensemble de son **cycle de vie**, tout en conservant les **propriétés d'usage**
 - **Approche multi-critères** : analyse de **l'ensemble des impacts**, consommation **d'eau**, **d'énergie**, **matières premières**, impact sur la **biodiversité**, sur le **réchauffement climatique**
 - **Approche multi-étapes** : prise en compte des impacts à **chaque étape du cycle de vie** du produit :
 - **Extraction** des matières premières énergétiques et non énergétiques nécessaires pour fabriquer le produit,
 - **Distribution et utilisation**
 - **Collecte et élimination** vers les filières en **fin de vie - Réutilisation** (recyclage)
 - Toutes les phases de **transport**

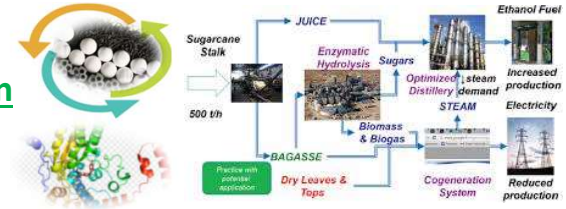
ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT DURABLE : CHALLENGES ET OPPORTUNITÉS



Reduce Reuse Repair Recycle

● Concevoir et développer des catalyseurs ET procédés plus durables :

- Des catalyseurs plus performants, recyclés en fin de vie → vers une eco-conception
- Vers une **meilleure intégration des procédés** - vers des modes **non-thermique** d'activation des catalyseurs - Place des **bioechnologies**



● Utilisation raisonnée et sobre des ressources :

- Energie, **carbone**, eau, minerais



● Du drop-in vers les nouveaux intermédiaires :

- Nouveau business model



● Recycler les produits en fin de vie (**plastiques**)



● Des méthodes et des outils :

- Place de la **digitalisation** et de l'IA dans la R&I et l'industrie
- Outils d'ACV – **vision holistique**



Rôle du législateur - Règlementation



Economie

Durabilité

Environnement

Société



RECYCLAGE DES CATALYSEURS VERS L'ÉCO-CONCEPTION

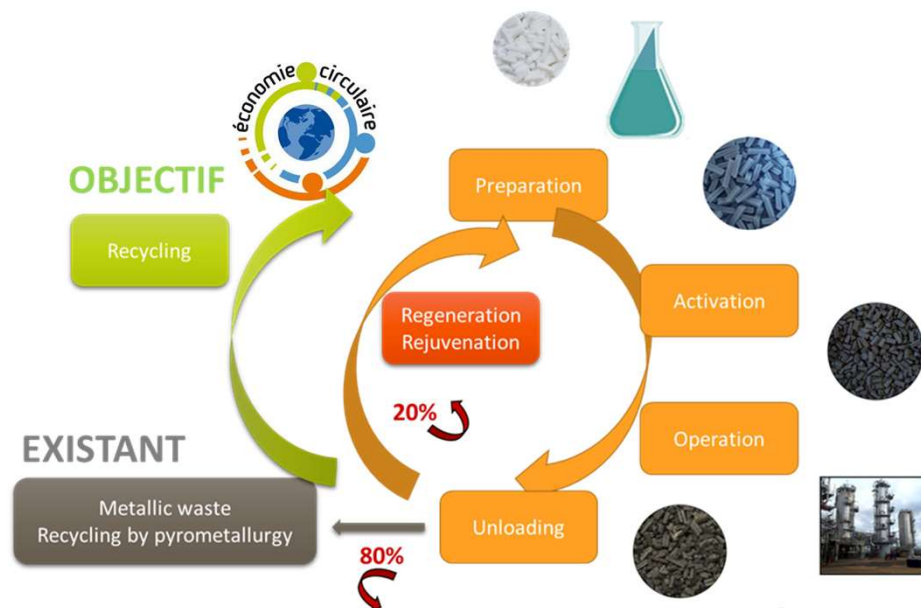
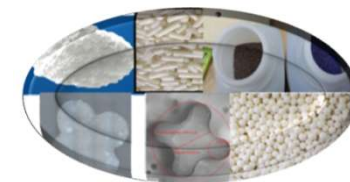
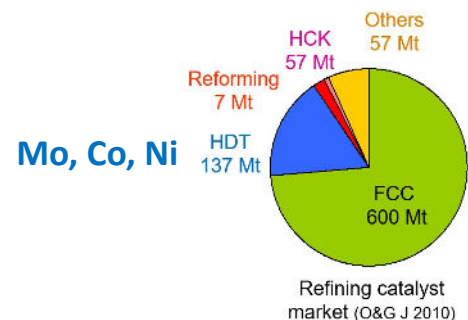
Recyclage longtemps négligé pour les métaux de transition....

- **Prix** : envolée
- **Sécurisation** : difficultés potentielles d'approvisionnement
- **Incitation** : réglementation
- **Enjeux environnementaux** : stress hydrique, émission CO₂, ...

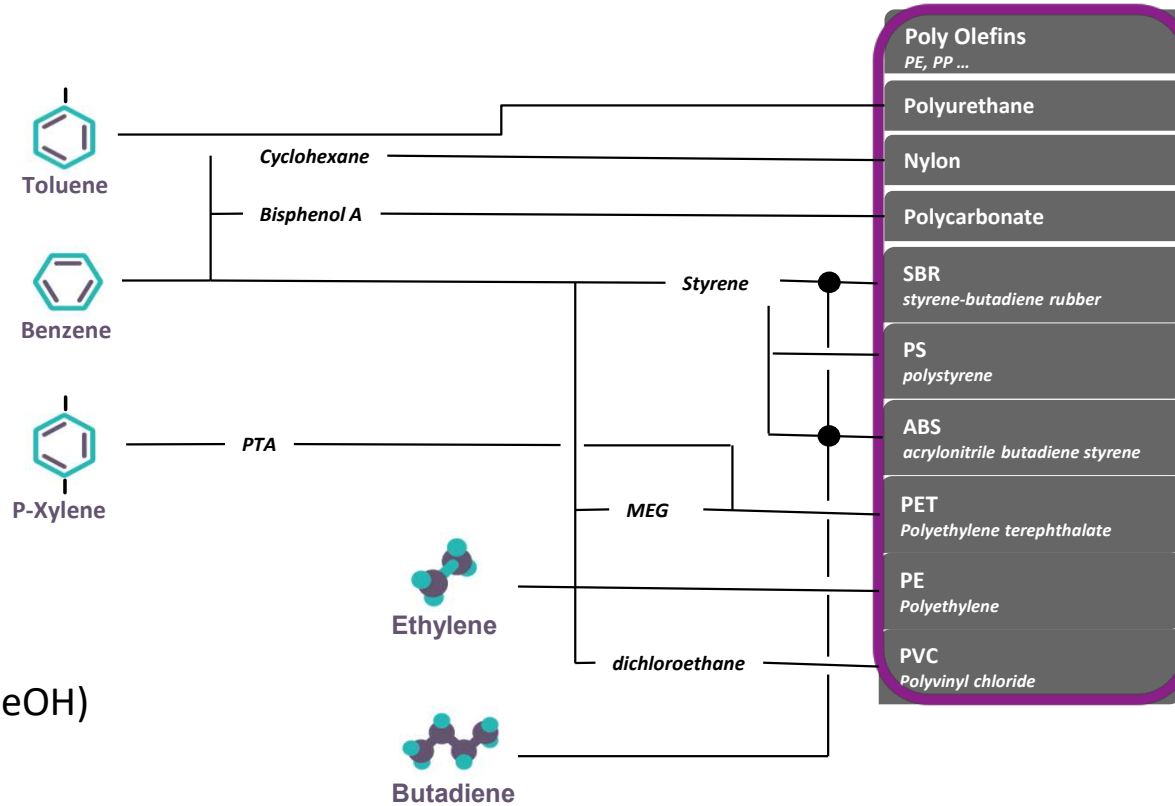
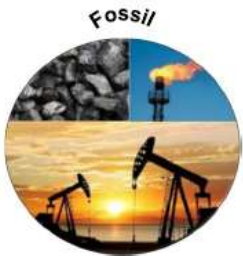


Méthodologie commune aux procédés de recyclage

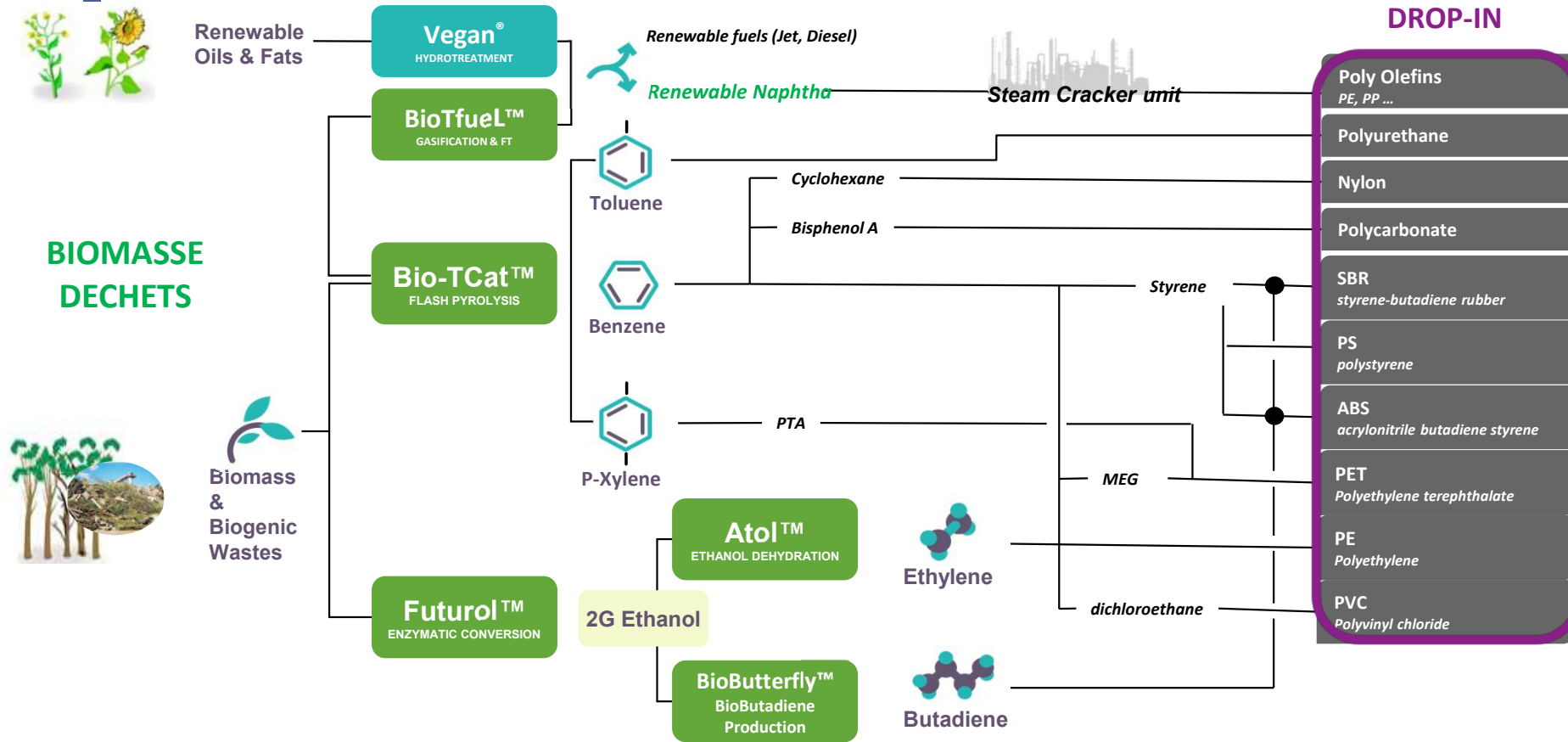
- **Marché** : Dimension des flux & tri préalable
- **Procédés éco efficaces** : ACV et économies par rapport aux miniers
- **Innovation** : recyclage des métaux sans les séparer (eco-conception)



RESSOURCES : LA PETROCHIMIE DU FOSSILE



VERS LE RENOUVELABLE : LA CARBO-CHEMIE



Axens

TotalEnergies

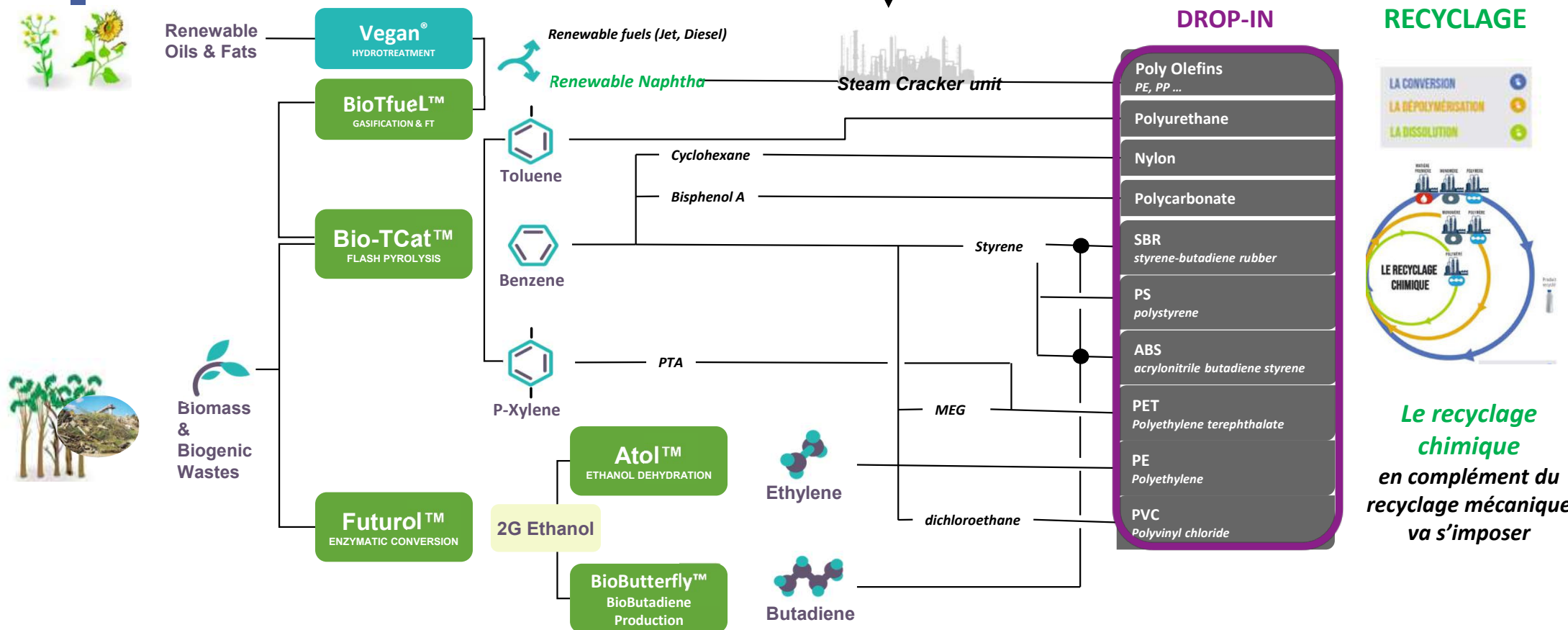
C22

ResiCare

MICHELIN



PLACE DU RECYCLAGE



DU DROP-IN AUX NOUVEAUX INTERMEDIAIRES

Déchets plastiques



DROP-IN

Renewable Oils & Fats

Vegan®
HYDROTREATMENT

BioTfuel™
GASIFICATION & FT

Bio-TCat™
FLASH PYROLYSIS

Biomass & Biogenic Wastes

Futurol™
ENZYMATIC CONVERSION

2G Sugars
ENZYMATIC CONVERSION

Renewable fuels (Jet, Diesel)

Renewable Naphtha

Steam Cracker unit



2G Ethanol

2G sugars

Atol™
ETHANOL DEHYDRATION

BioButterfly™
BioButadiene Production

Cyclohexane

Bisphenol A

PTA

MEG

dichloroethane

Ethylene

Butadiene



Styrene

MEG

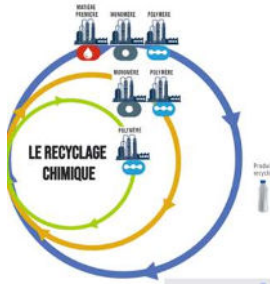
dichloroethane

- Poly Olefins
PE, PP ...
- Polyurethane
- Nylon
- Polycarbonate
- SBR
styrene-butadiene rubber
- PS
polystyrene
- ABS
acrylonitrile butadiene styrene
- PET
Polyethylene terephthalate
- PE
Polyethylene
- PVC
Polyvinyl chloride

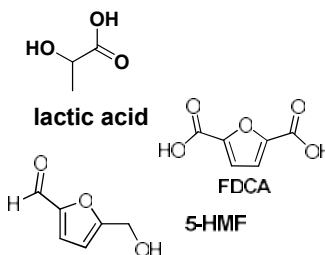
NEW PLASTICS
Recyclable, Biodegradable or Compostable
(Ex. : PEF, PLA...)

NEW PRODUCTS/ INTERMEDIATES

LA CONVERSION
LA DÉPOLYMERISATION
LA DISSOLUTION



Le recyclage chimique en complément du recyclage mécanique va s'imposer



Axens

TotalEnergies

C22

ResiCare

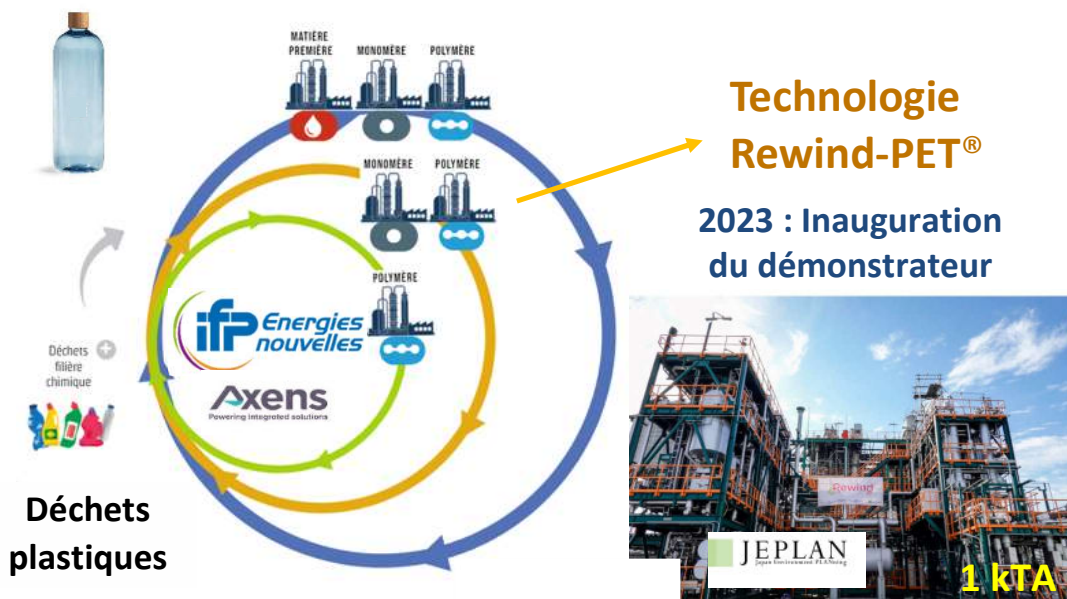
MICHELIN

ifp Energies nouvelles

Polymères / Plastiques

Des technologies innovantes à un stade préindustriel

Recyclage chimique des plastiques



Technologie Rewind-PET®

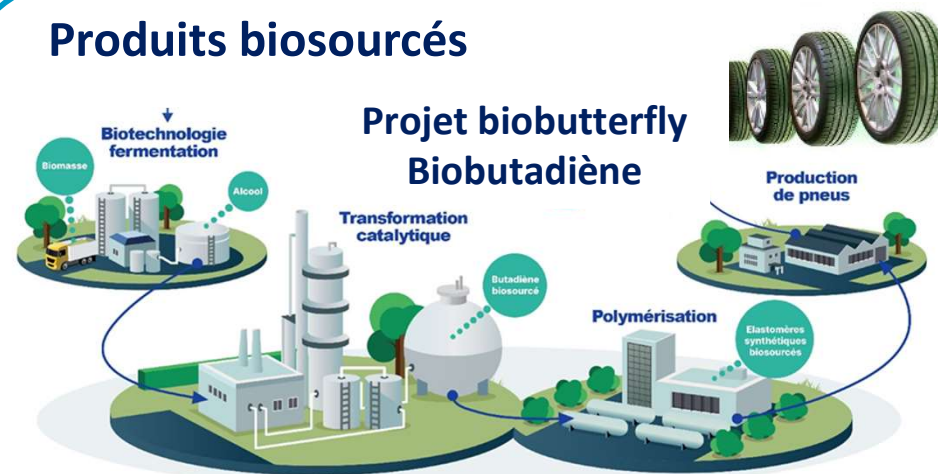
2023 : Inauguration du démonstrateur

Déchets plastiques

TORAY
Innovation by Chemistry
Toray Films Europe

Objectif : 1ère industrielle en France
Site : Saint-Maurice-de-Beynost (01)
Capacité : 30 000 t/an de PET recyclé fin 2025

Produits biosourcés



Objectif : 1ère unité industrielle en 2030 sur le site de Bassens
Capacité : 25000 t/an de biobutadiène

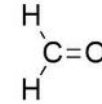
2013 Lancement projet R&I
2024 Inauguration du pilote



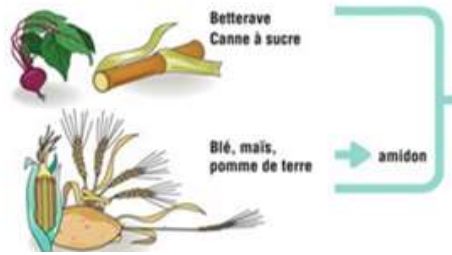
VERS DE NOUVEAUX INTERMEDIAIRES

Des travaux à la rencontre de deux ambitions en chimie verte :

- IFPEN : Acteur de la transition énergétique
- ResiCare : Filiale Michelin, produire des pneus 100 % renouvelables (2030)
Remplacement formaldéhyde par 5-HMF dans colle

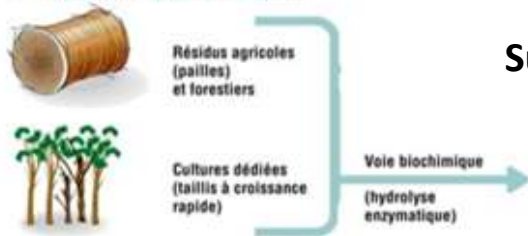


Formaldéhyde

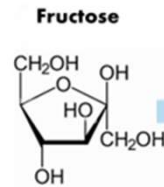


Sucres
1G

LES FILIÈRES DU FUTUR



Sucres
2G

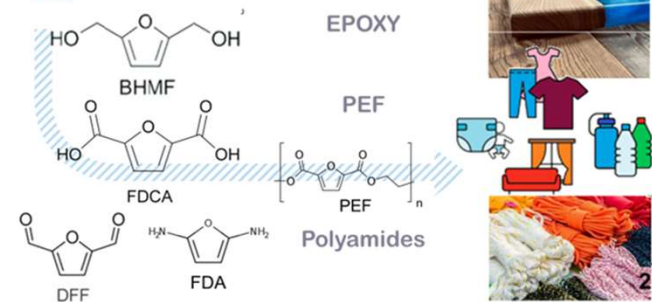
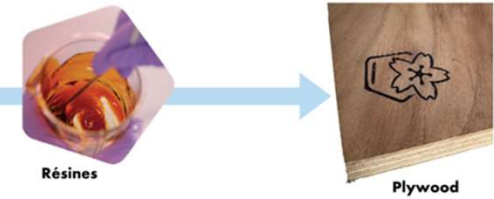


TRL 2-4



Force :
MEP ResiCare – utilisation du 5HMF
dans des résines validées à TRL 8/9

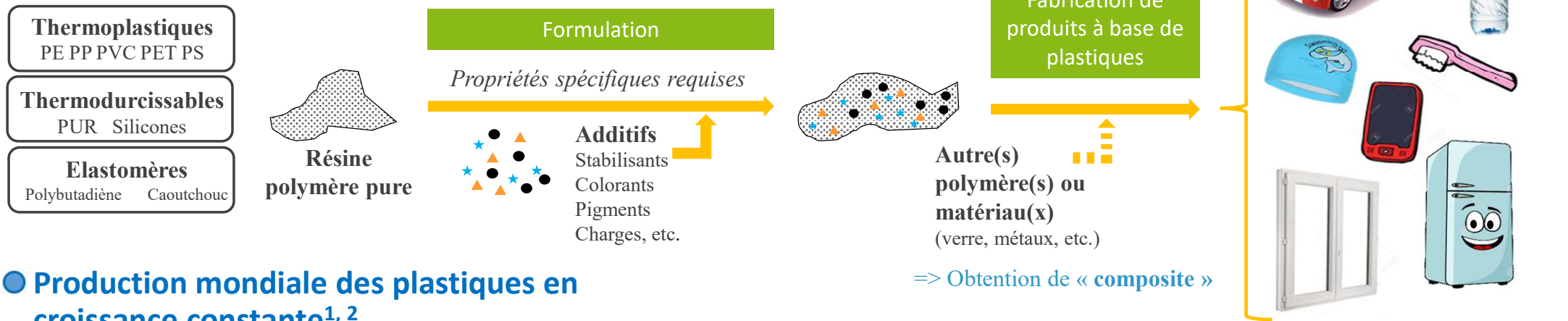
TRL 8-9



ANNEXES

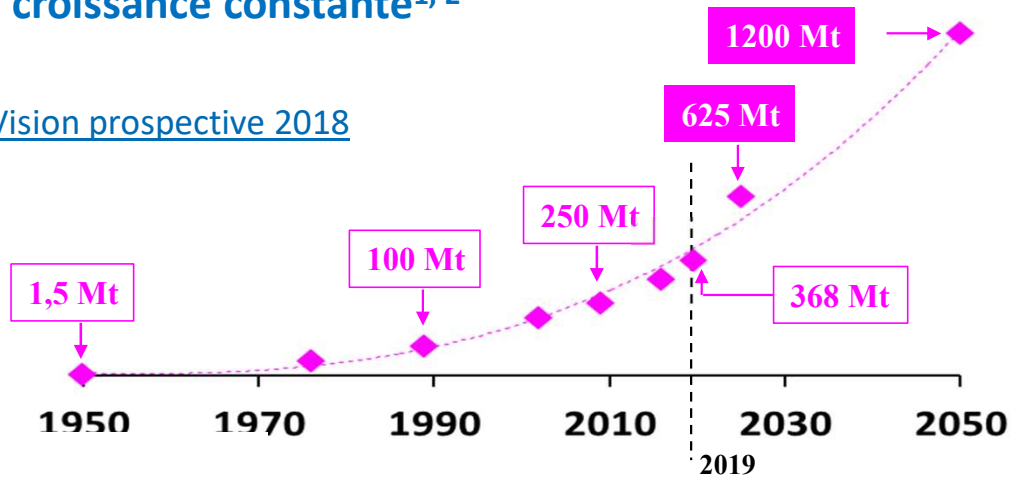
CONTEXTE ET ENJEUX

- Les plastiques : des polymères variés avec présence d'additifs et ajout éventuel d'autres polymères et/ou matériaux



- Production mondiale des plastiques en croissance constante^{1, 2}

Vision prospective 2018



- Un fort enjeu environnemental

- Plus de 50% des 9,1 Gt produites à date ont fini dans l'environnement
- Prévisions de 250 Mt dans les océans à 2025!¹

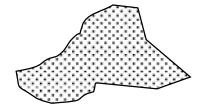
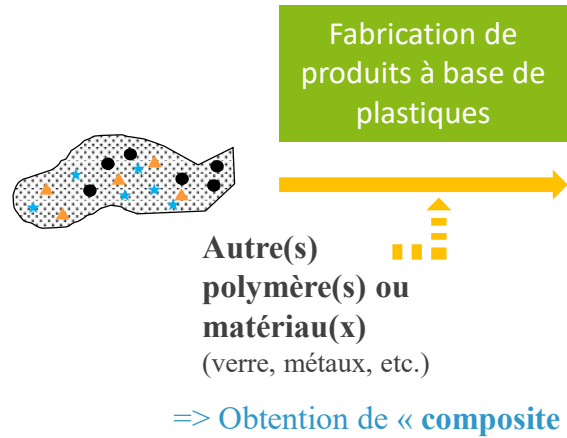
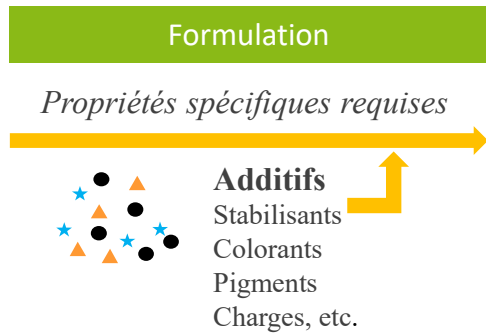
1 : "The new plastics economy : rethinking the future of plastics", Fondation Ellen MacArthur, 2016
 2 : Plastics Eutrope, Website

CONTEXTE ET ENJEUX

- Les plastiques : des polymères variés avec présence d'additifs et ajout éventuel d'autres polymères et/ou matériaux

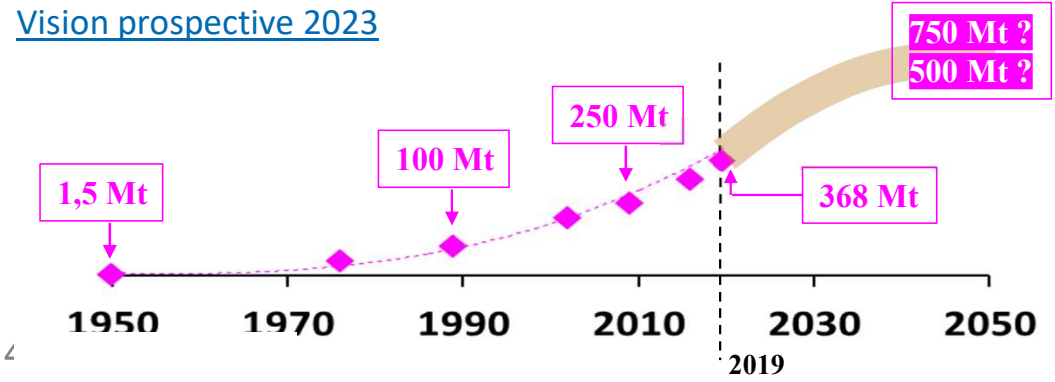
- Thermoplastiques**
PE PP PVC PET PS
- Thermodurcissables**
PUR Silicones
- Elastomères**
Polybutadiène Caoutchouc

Résine polymère pure

Climat, Environnement et Économie circulaire

- Production mondiale des plastiques en croissance constante



- Un fort enjeu environnemental

- Plus de 50% des 9,1 Gt produites à date ont fini dans l'environnement
- Prévisions de 250 Mt dans les océans à 2025!¹

1 : "The new plastics economy : rethinking the future of plastics", Fondation Ellen MacArthur, 2016
2 : Plastics Eutrope, Website

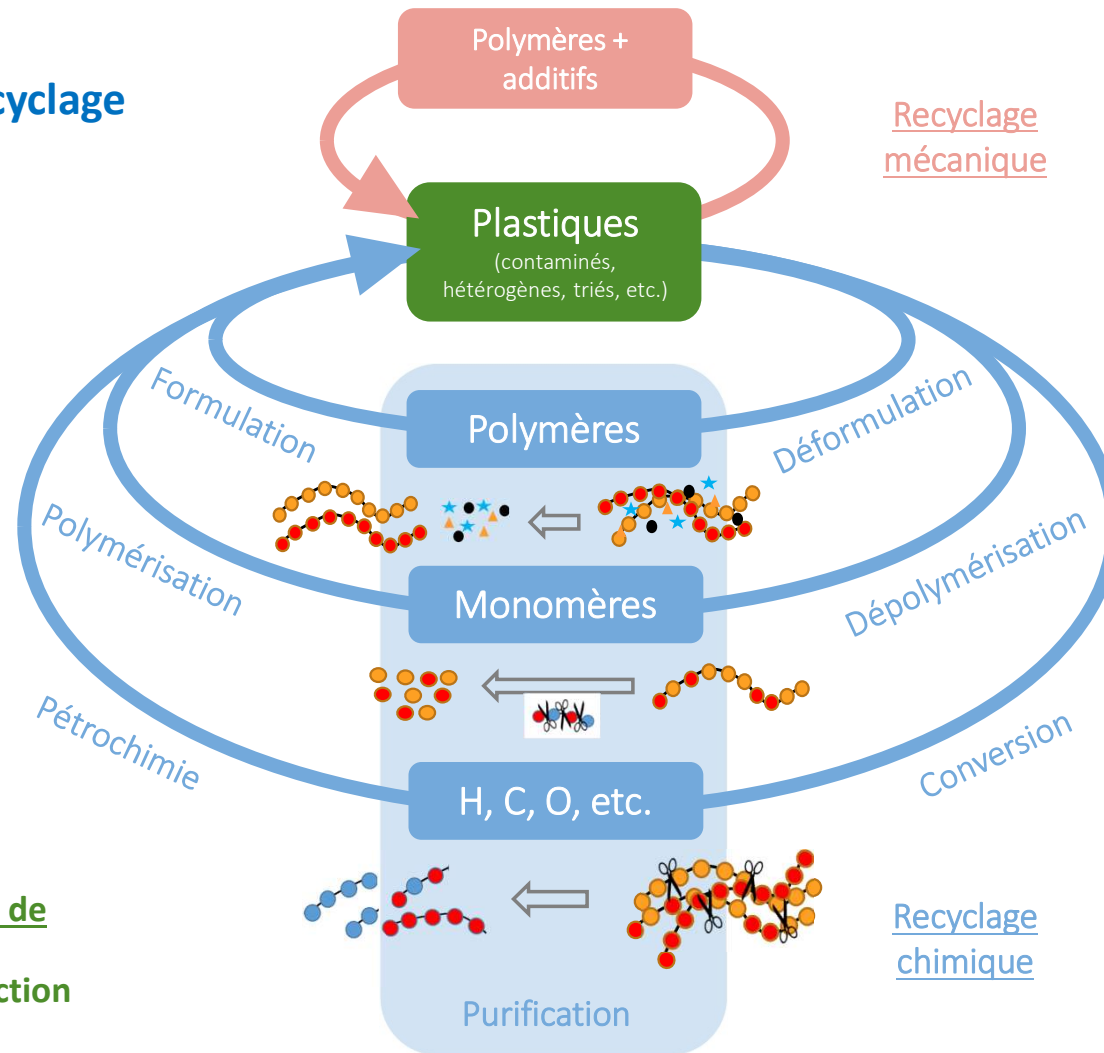
BOUCLES DU RECYCLAGE CHIMIQUE ET SPECIFICITES

● Recyclage chimique complémentaire au recyclage mécanique

Plus grande disponibilité des déchets

Préparation - Prix décroissant de la charge

Technologies éprouvées



Favoriser des boucles de recyclage courtes et l'obtention de produits à haute valeur ajoutée

Challenges scientifiques & techniques

Boucles de recyclage plus courtes

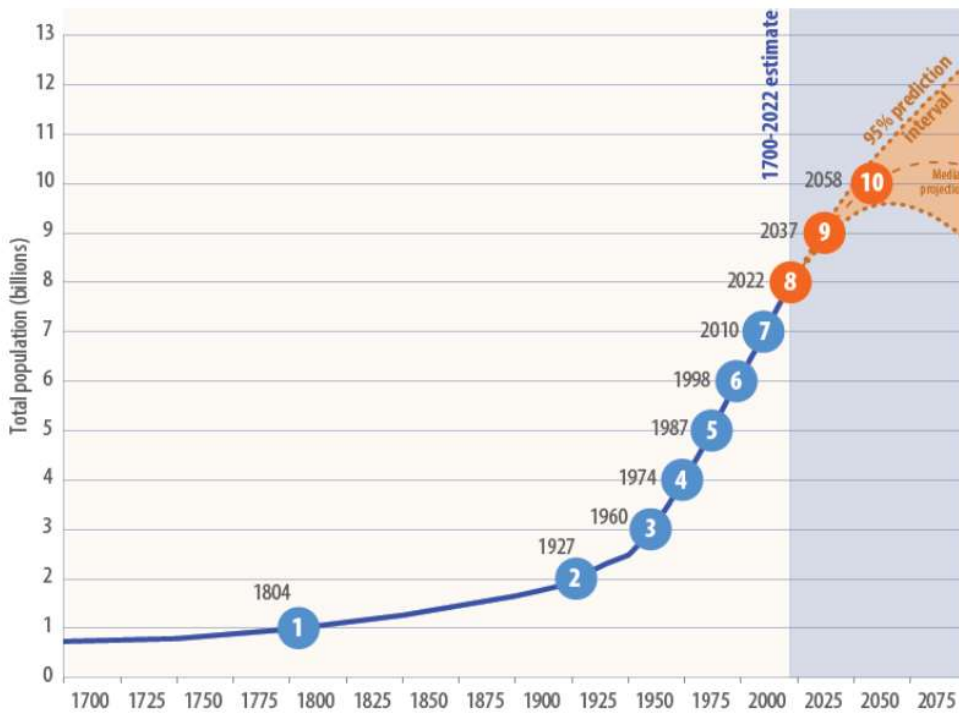
Opérations minimisées

ACV favorables

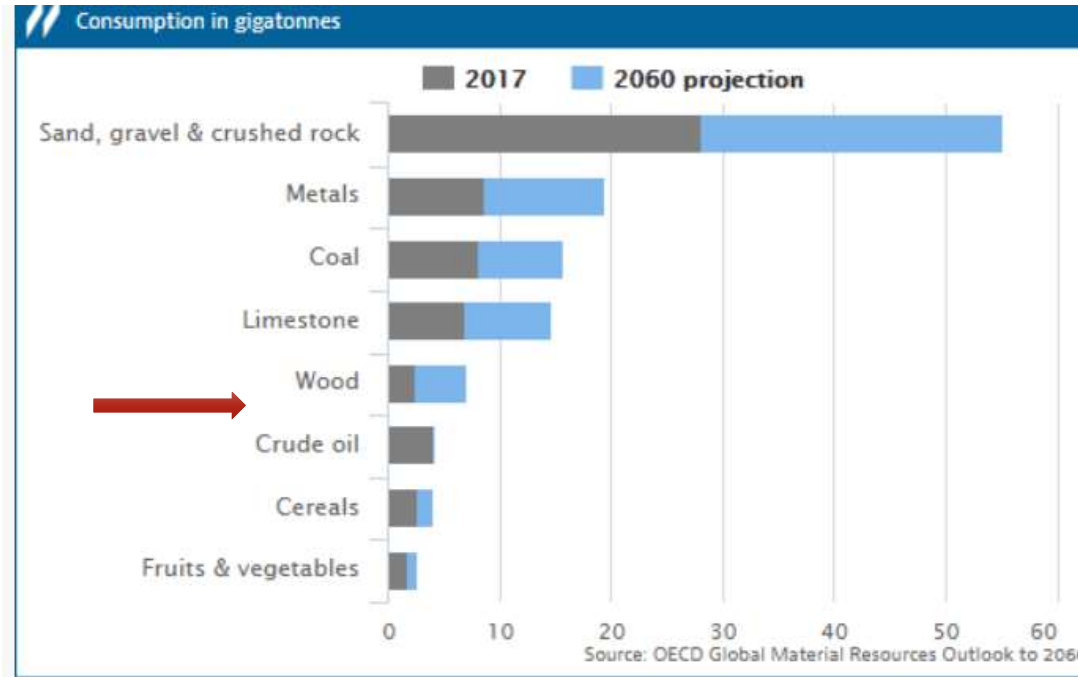
Favoriser la massification de flux en mélange et/ou complexes pour la production de coupes H, C, N, etc.

RISE OF POPULATION AND NEEDS

Global population size: estimates for 1700-2022 and projections for 2022-2100



<https://www.un.org/development/desa/dpad/publication/un-desa-policy-brief-no-140-a-world-of-8-billion>
<https://web.archive.oecd.org/2018-10-23/496914-raw-materials-use-to-double-by-2060-with-severe-environmental-consequences.htm> (oct. 2023)
 Stephane Bourg, OFREMI, Journée technique Axelera 6/4/2023



- 16 years to open a new mine
- 10% of the world's primary energy is used to extract and refine metals

- New EU list March 2023
- Recommendation for 2030: at least 15% of critical materials must be recycled

Ursula von der Leyen, CRM Act, Tweeter 16 mars 2023

European Critical Raw Materials Act

2030 benchmarks for strategic raw materials:

EU EXTRACTION
At least **10%** of the EU's annual consumption for extraction

EU PROCESSING
At least **40%** of the EU's annual consumption for processing

EU RECYCLING
At least **15%** of the EU's annual consumption for recycling

EXTERNAL SOURCES
Not more than **65%** of the EU's annual consumption of each strategic raw material at any relevant stage of processing from a single third country

European Commission

RECYCLAGE DES CATALYSEURS

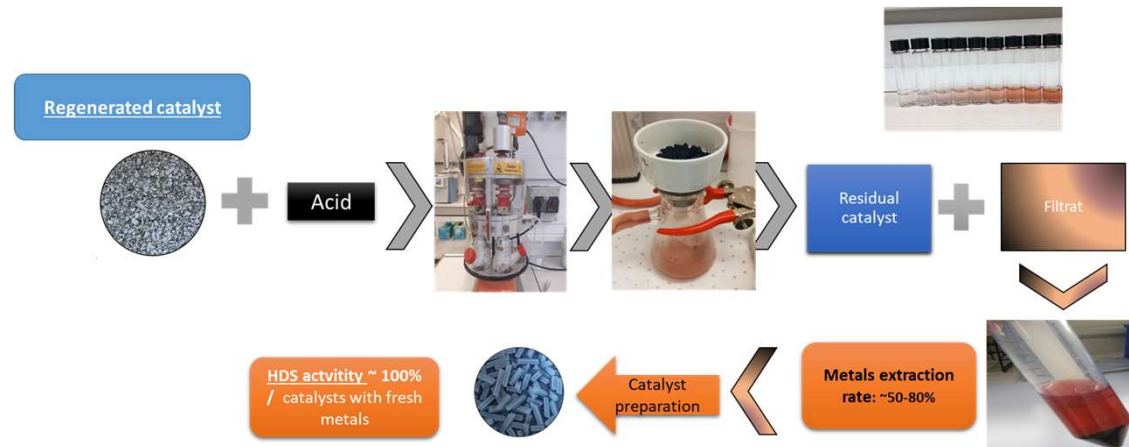
Refining - Hydrotreatment : ~ 20% of catalyst market

Need to recycle critical metals (Co, Ni ...) ... development of hydrometallurgy

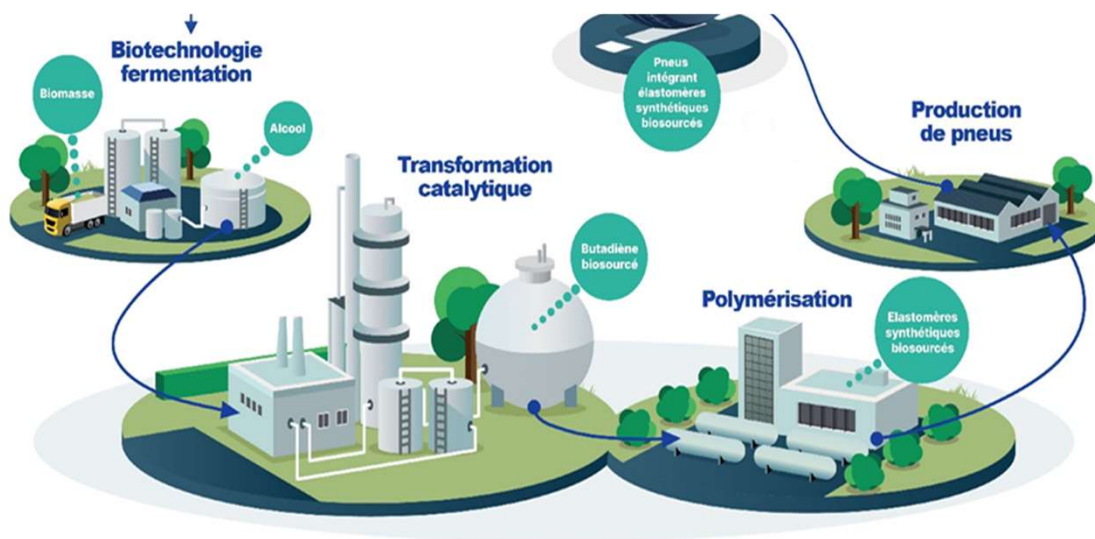
Performance is no longer the only requirement for the development of new hydrotreating catalysts

- ⇒ Cost Control
- ⇒ Consideration of environmental footprint
- ⇒ Securing metal supplies
- ⇒ Incentive / obligation in the years to come to incorporate recycled material in the preparation of catalysts
- ⇒ One solution : metal recovery by hydrometallurgy route

⇒ Catalysts prepared with recycled metals deliver the same performance as catalysts with 100% fresh metals
⇒ Paving the way for a circular economy for these materials



BIO-BUTADIENE INAUGURAYION DU DEMONSTRATEUR A BASSENS



Incertitude marché ?

positionnement des pétrochimistes
qui se proposent de mettre sur le
marché un bio-butadiène
bioattribué à partir de **bio-naphta**
Principe de la mass balance

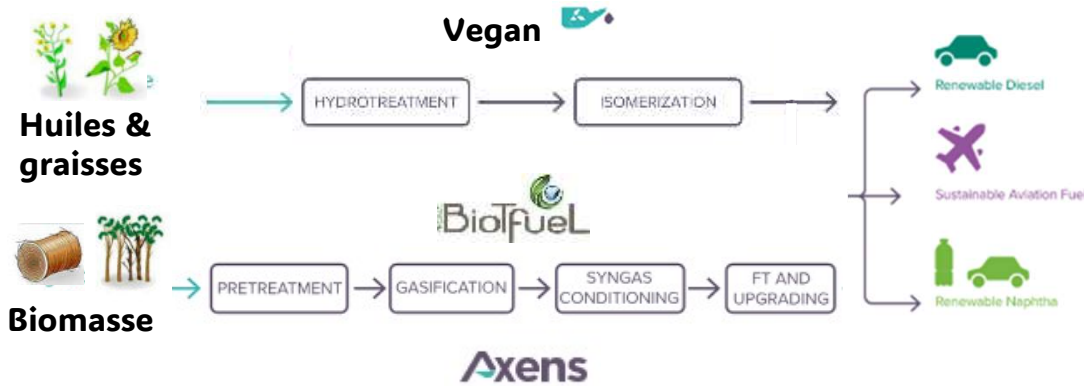
Projet biobutterfly



**Objectif : 1ère unité industrielle
en 2030 sur le site de Bassens
Capacité : 25000 t/an de biobutadiène**

DÉCARBONATION DES MOBILITÉS (1/2)

Vers des premières industrielles, en France !



➤ Raffinerie de La mède



Technologie Vegan

Capacité : 500 000 t/an de diesel renouvelable

➤ BioTJet

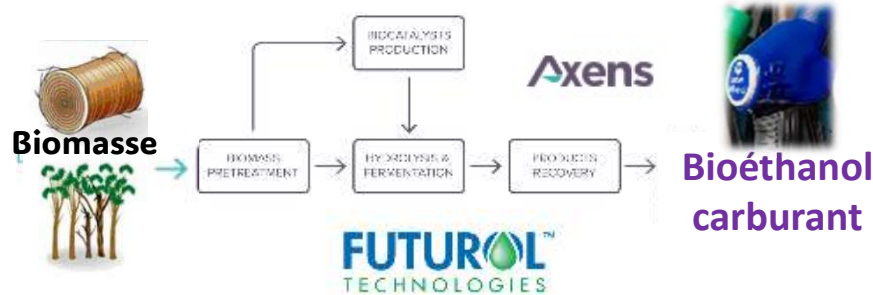


Technologie BioTfuel

Site d'implantation : Lacq (Nouvelle aquitaine)

Capacité : 110 000 t/an de carburants durables

Biocarburants



➤ NACRE (Nouvelle Aquitaine Cellulosic Residues Ethanol)

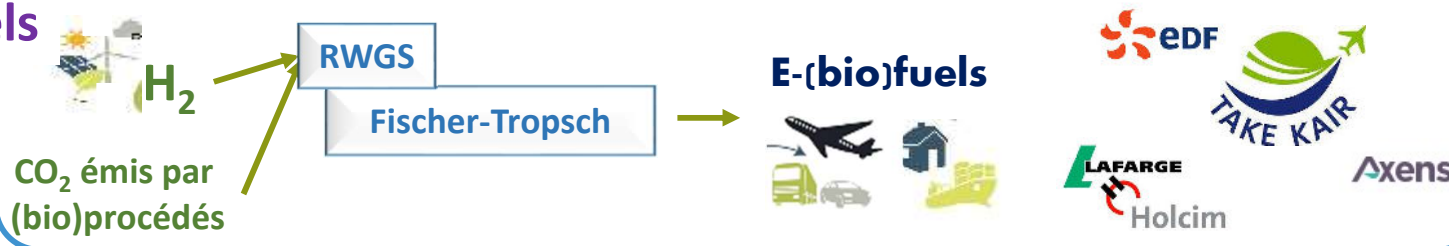


Technologie Futurol

Site d'implantation : Lacq

Capacité : 30 000 t/an de bioéthanol

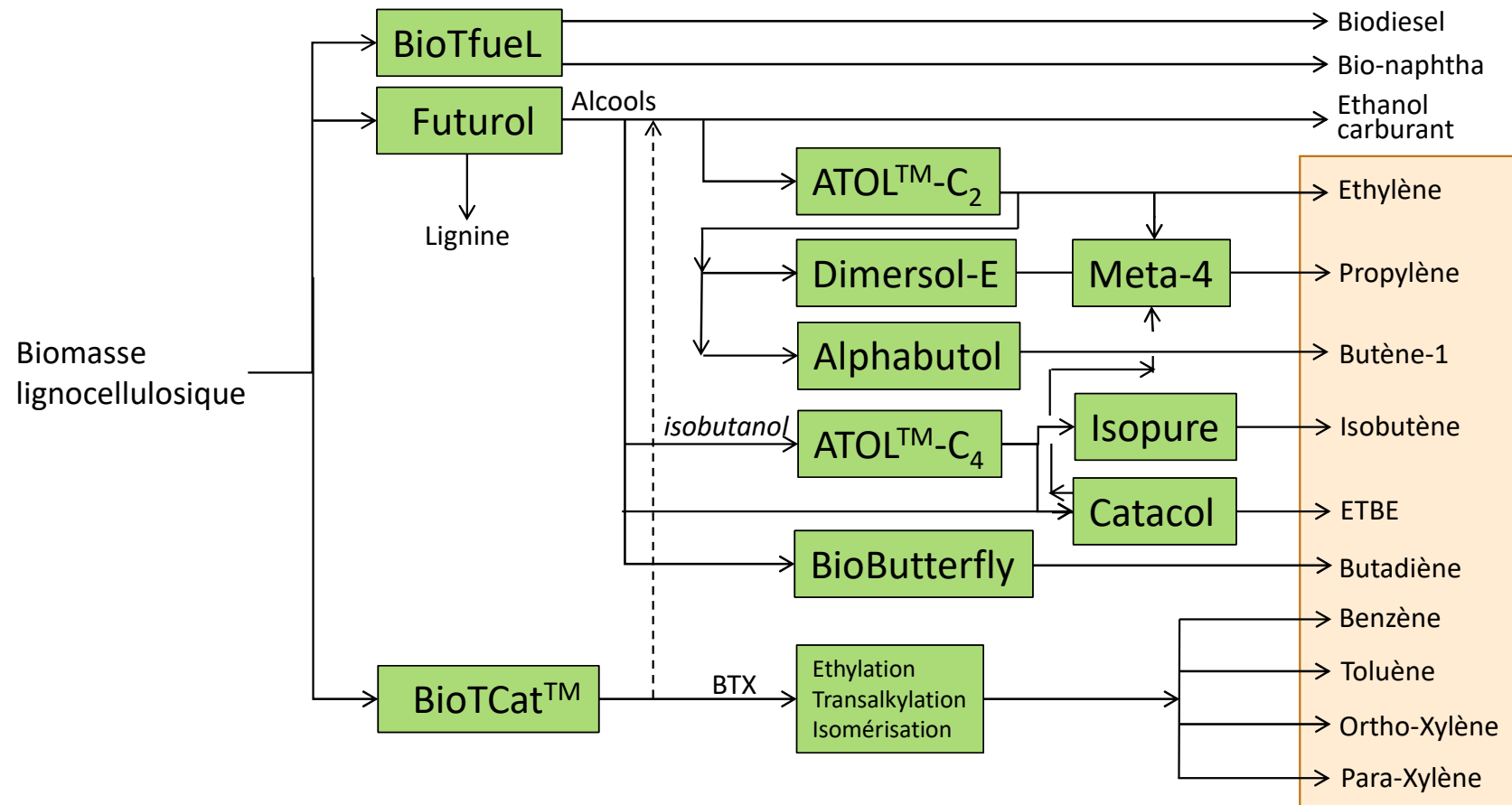
E-fuels



Le concept de bioraffinerie

Exemple d'un schéma de production d'intermédiaires de 1^{ère} génération

HYDROCARBURES
RESPONSABLES

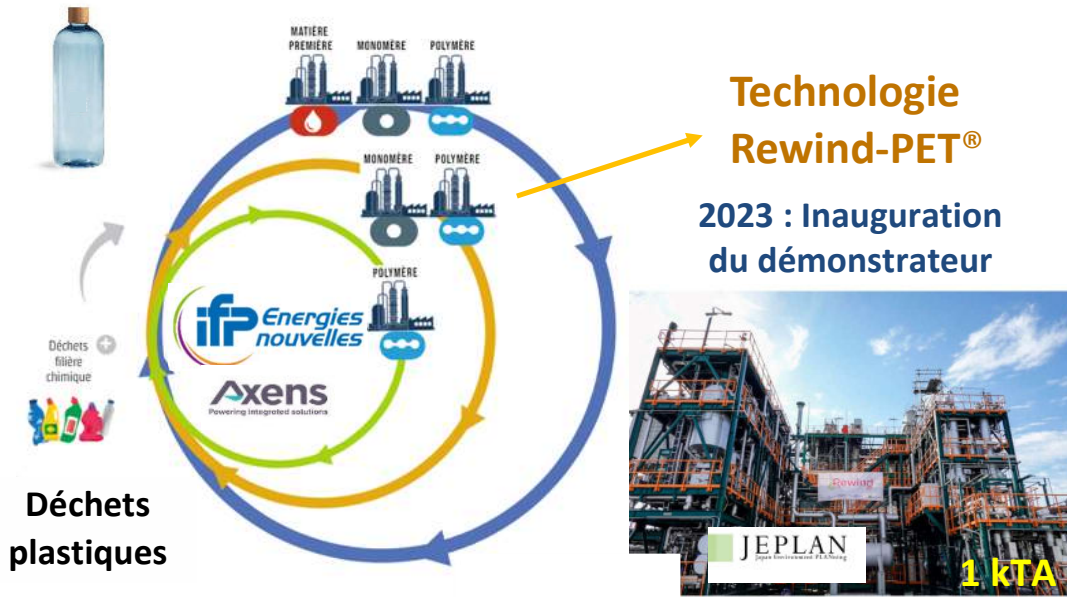


- Des molécules plateforme telles que les alcools permettent une synergie biocarburants / produits pétrochimiques
- La complexité d'une bioraffinerie pétrochimique atteint celle d'une raffinerie de pétrole

POLYMÈRES / PLASTIQUES

Des technologies innovantes à un stade préindustriel

Recyclage chimique des plastiques



Technologie Rewind-PET®

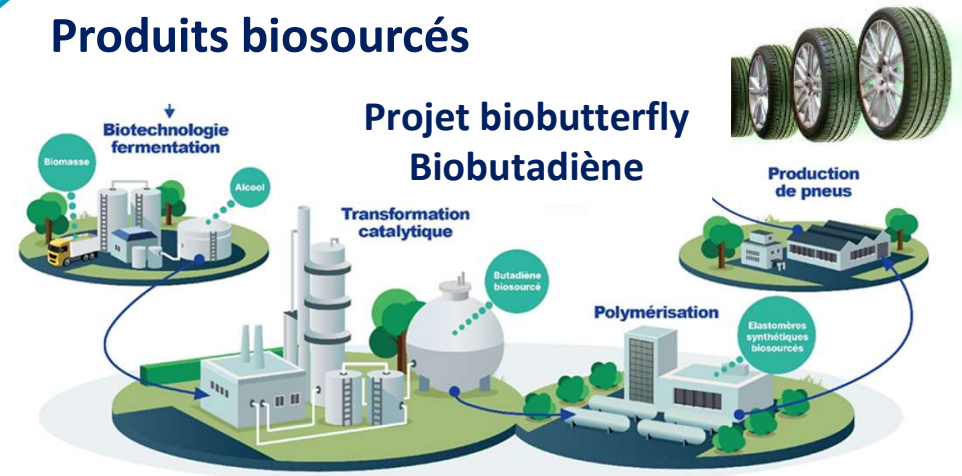
2023 : Inauguration du démonstrateur

Déchets plastiques

TORAY
Innovation by Chemistry
Toray Films Europe

Objectif : 1ère industrielle en France
Site : Saint-Maurice-de-Beynost (01)
Capacité : 30 000 t/an de PET recyclé fin 2025

Produits biosourcés



Projet biobutterfly
Biobutadiène

Objectif : 1ère unité industrielle en 2030 sur le site de Bassens
Capacité : 25000 t/an de biobutadiène

2013 Lancement projet R&I
2024 Inauguration du pilote



RECYCLAGE ET SYNTHÈSE DE MATÉRIAUX DE BATTERIES

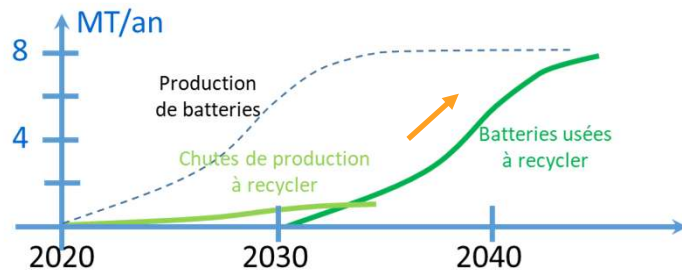
Eléments de contexte – IFPEN une forte ambition R&I



Perspectives Européennes à 2030



De 3 à >40 Gigafactories ; Production de batteries X25 ; Plus de 6 Mt de matière / an



Expertise et adjacence au domaine des batteries



15 ans de R&I (simulation/dimensionnement) et nouvelles générations (Li-S, SSB)

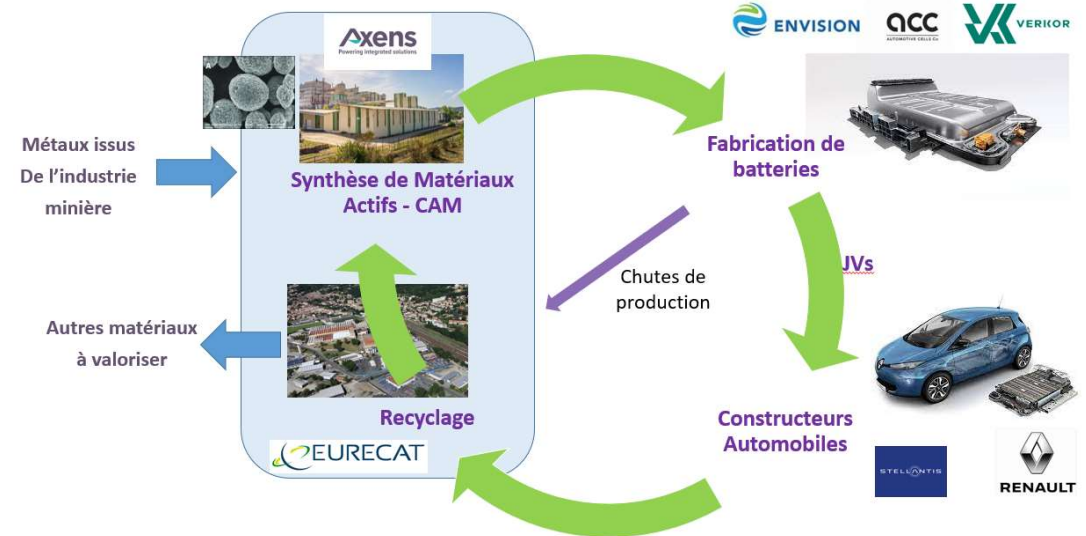


La circularité sur les sels métalliques issus du RECYCLAGE de catalyseurs est transposable aux métaux de batteries



La production de catalyseurs présente 80% de similitudes avec la synthèse de MATIERES ACTIVES DE CATHODE

Projets Industriels Groupe



Législation Européenne

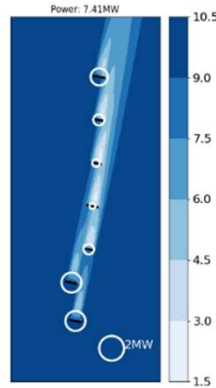


- Obligation de taux de recyclage par métaux
- Réintroduction obligatoire d'une proportion de matériaux recyclés dans les nouvelles batteries
- Empreinte carbone obligatoire des batteries

ENERGIES RENOUVELABLES

Eolien, éolien flottant, nouvelle filiales IFPEN

Conception (éoliennes / parcs)



- Analyse de la ressource en vent
- Solutions de contrôle d'éoliennes et de parcs
- Optimisation de design de parcs

Opération et maintenance



Jumeau numérique

- Monitoring de fatigue
- Production optimisée
- Extension de durée de vie



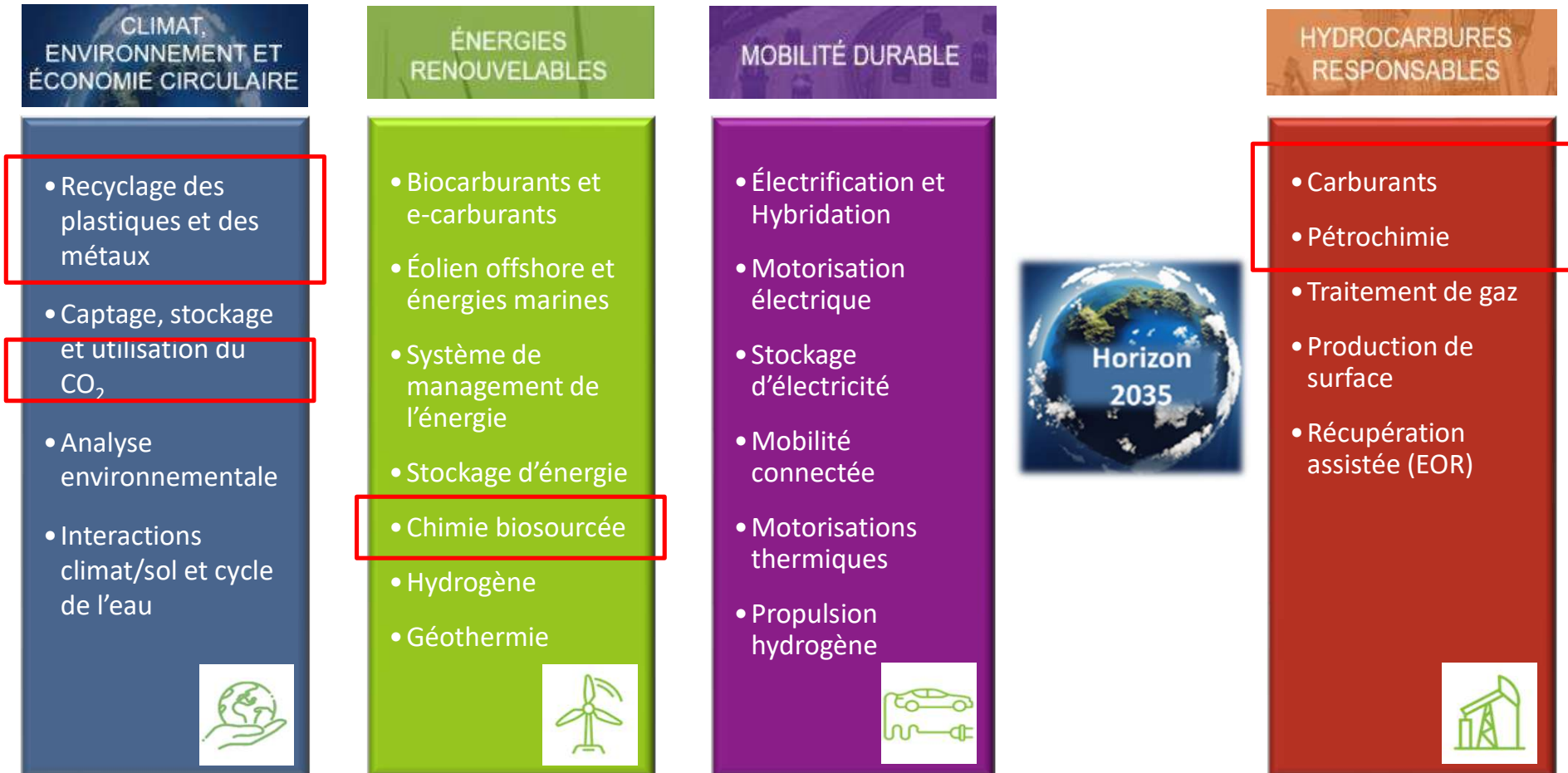
2023 : Premières éoliennes offshore avec flotteurs IFPEN/SBM



projet pilote : 3 éoliennes flottantes en mer

IFPEN : ACTIVITÉ R&I

Priorités stratégiques R&I et domaines d'activité



Recherche Fondamentale : socle pour le développement de nos innovations