



LES BIOCARBURANTS DE 2ÈME GÉNÉRATION PROCHES DE L'INDUSTRIALISATION

ASPROM – 10/10/2018 G.FERSCHNEIDER – IFPEN



● Lutte contre le changement climatique & indépendance énergétique

● Réglementation EU & France

➤ UE: REDI/FDQ/ILUC (2020)

- ✓ REDI : 10% incorporation (PCI) de ENR dans le transport
- ✓ FQD : 6% réduction de l'intensité carbone des carburants
- ✓ ILUC : 7% plafond d'incorporation des biocarburants G1 (concurrence alimentaire & impact ILUC)
(objectif 0,5% biocarburants avancés)

➤ France: LTECV (2030) 15% de la consommation finale des carburants & PPE (2023)

- ✓ Essence : 1,6% en 2018 ⇒ 3,4% en 2023
- ✓ Gazole : 1,0% en 2018 ⇒ 2,3% en 2023

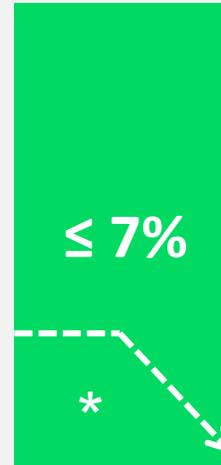
BIOCARBURANTS EN EUROPE REDII: OBJECTIFS D'INCORPORATION POUR LA PÉRIODE 2020-2030

- Les états-membres imposent un objectif aux fournisseurs de carburants pour augmenter l'utilisation d'énergies renouvelables.
- Cible pour 2030 :

14 %
d'énergies renouvelables dans le
secteur transport

*Cette cible sera revue en 2023 par la CE
Sous certaines conditions, un état-membre peut avoir
une cible inférieure*

- Pour être éligibles, les biocarburants doivent répondre à des **critères de durabilité**
→ mécanisme de certification
→ conditionne l'éligibilité à un soutien financier



Biocarburants plafonnés (en compétition avec l'alimentaire et à fort risque ILUC)

Plafond défini au niveau national : contribution ne devant pas dépasser 1% de plus que le niveau de consommation atteint en 2020, avec un maximum de 7%

* « High ILUC risk + significant expansion of production on high carbon stock lands » (vise en particulier l'huile de palme) : diminution progressive pour atteindre 0% en 2030. Les ressources concernées seront définies en 2019.



Biocarburants avancés (incitations pour les biocarburants à faible risque ILUC)

Éligibilité basée sur la ressources et/ou la technologie (liste en Annexe IX Partie A)

Coef. multiplicateur : * 2



Mesures complémentaires
(Coefficients multiplicateurs)

Biocarburants pour aviation & maritime * 1.2

Biocarburants issus de graisses animales et huiles usagées (Annexe IX Partie B) * 2 avec une contribution plafonnée à 1.7%

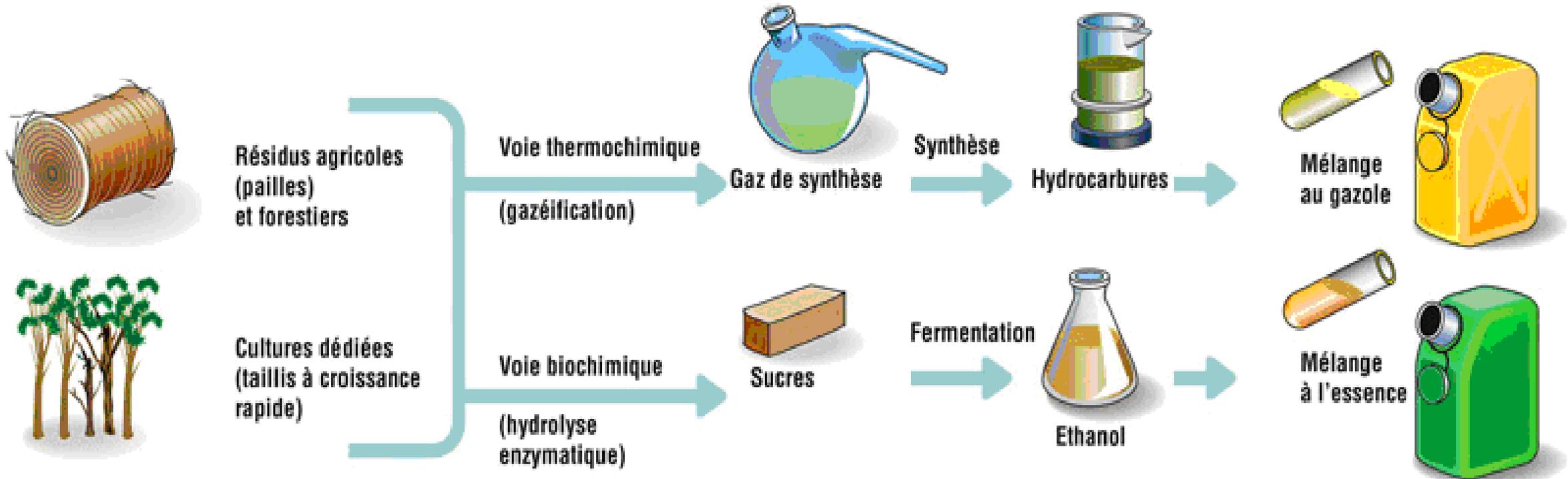
Électricité : * 1.5 pour rail et * 4 pour routier

● Développer des procédés industriels de production de biocarburant 2G à partir de coproduits agricoles, forestiers ou de cultures dédiées :

- ✓ Compétitifs économiquement dans l'environnement réglementaire
- ✓ Flexibles vis-à-vis des matières premières
- ✓ Durables (ACV & critères RED)

● Mise sur le marché

- ✓ Licences de procédé
- ✓ Catalyseurs et Biocatalyseurs :
 - Catalyse chimique : FT, hydrogénation, oligomérisation, isomérisation,...
 - Catalyse biochimique: Cocktail enzymatique, levures,...



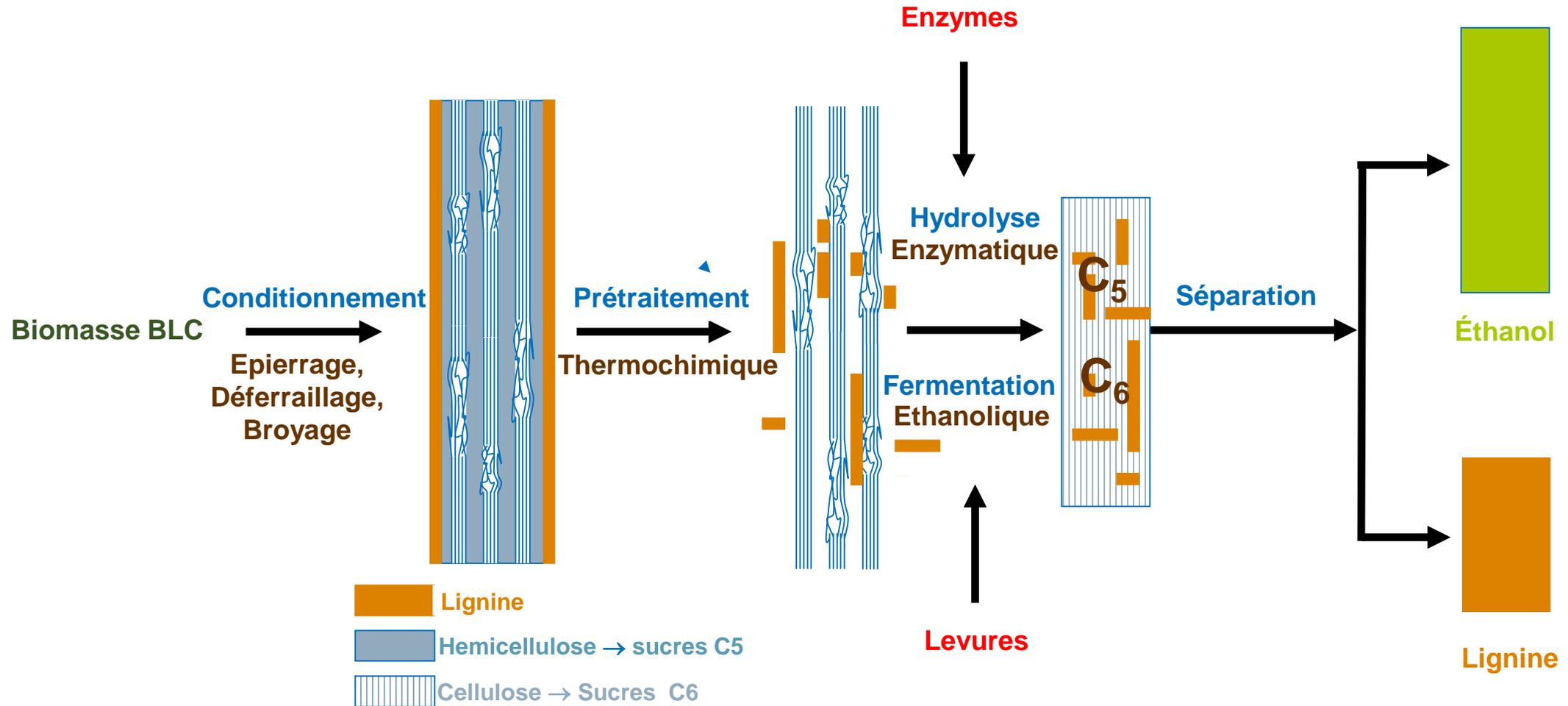
BIOETHANOL 2G - FUTUROL

2018-ASPROM



FUTUROL: LES PRINCIPES DU PROCÉDÉ

Extraction et fermentation des sucres



● 11 Partenaires

R&D



INDUSTRIELS



FINANCIERS



● Porté par la S.A.S Procéthol 2G 

● Budget : 76,4 M€ avec un soutien (40%) de 

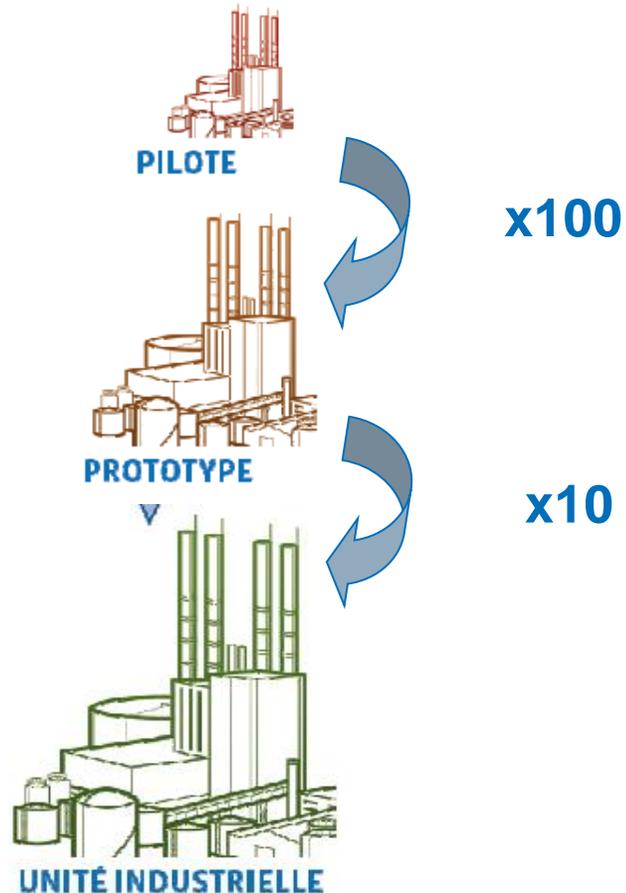
● Durée : 8 ⇒ 10 ans 2008-2018

RESSOURCE	PROCÉDÉ				
Ressource INRA	Prétraitemen t ARD	Hydrolyse IFPEN	Fermentation INRA	Production Enzymes IFPEN	Coproduit + Recyclage ARD
	Intégration IFPEN				

- Une mobilisation des acteurs nationaux reconnus dans leur compétence

FUTUROL : LES ETAPES CLEFS DU DÉVELOPPEMENT

ÉNERGIES NOUVELLES



- R&D**
 - ✓ Laboratoire : COP 1kg de biomasse
 - ✓ Pilote : COP + Technologies 1t/j de biomasse
- Démonstrateur extrapolation**
 - ✓ Prétraitement 100t/j de biomasse
 - ✓ Production d'enzymes 180 m³
 - ✓ Marche continue 1t/j de biomasse
- Unité industrielle**
 - ✓ Procédé 1000t/j MP de biomasse



2008 R&D Laboratoire

2011 Pilote 1t/j

2016 Prototype Prt. 100t/j - Pilote continu 1t/j

2017 Commercialisation

● Objectifs

- ✓ Développement de systèmes de cultures adaptés à un usage énergétique

● Principaux résultats

- ✓ Définition des pratiques culturales des cultures dédiées : TCR peuplier, Miscanthus...
- ✓ Déterminations des Impacts environnementaux : ACV, besoins hydriques...
- ✓ Insertion des nouvelles cultures au sein des exploitations agricoles ou des itinéraires forestiers
- ✓ Outils de recensement de la ressource disponible et d'implantation possible des unités industrielles au regard de la disponibilité biomasse



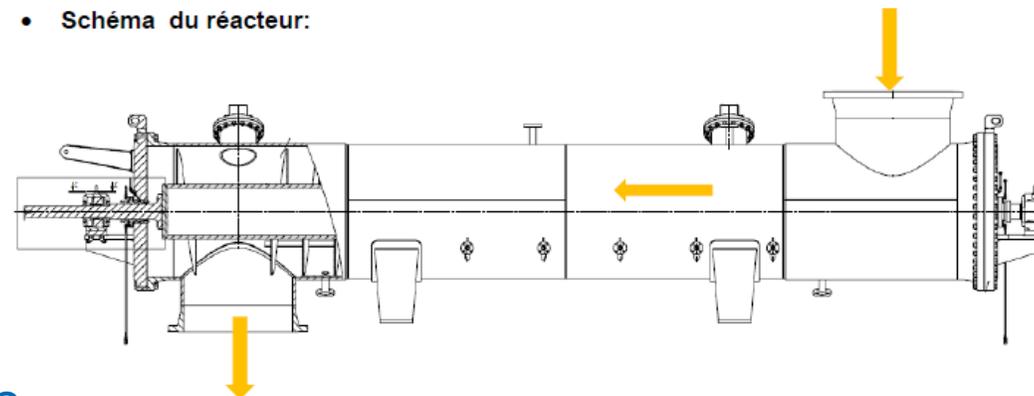
● Objectifs

- ✓ Rendre la cellulose réactive a l'hydrolyse enzymatique

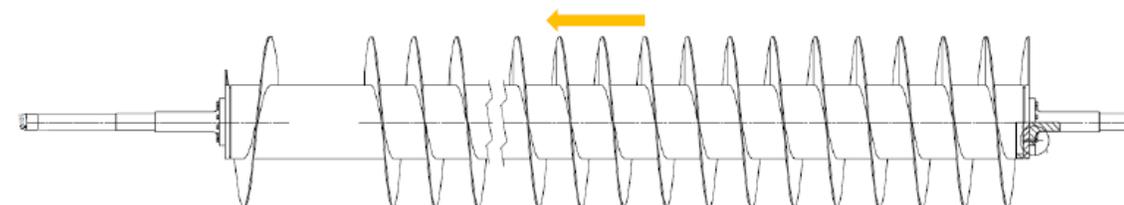
● Principaux résultats

- ✓ Choix d'une voie chimique : Hydrolyse acide
- ✓ Validation d'une technologie industrielle continue : Impréginateur et réacteur d'hydrolyse avec explosion de la biomasse acide par détente rapide
- ✓ Maitrise de l'opérabilité de l'échelle pilote à l'échelle industrielle

• Schéma du réacteur:



• Schéma de la vis de transport :

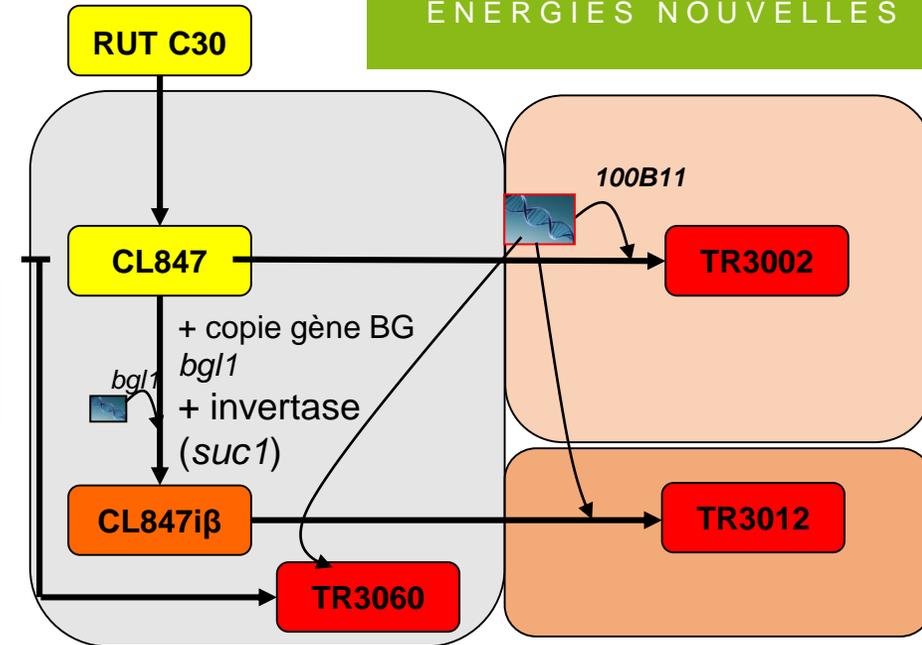
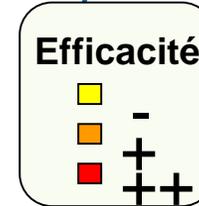


Objectifs

- ✓ Une souche performante à faible coûts (T. Reesei)

Principaux résultats

- ✓ Nouvelle souche CL847 ⇒ TR3012
- ✓ Protocole de production et de validation des inoculas
- ✓ Validation de la production à l'échelle industrielle (30 l ⇒ 180 m³)
- ✓ Production ex situ ou in situ sur coproduits du procédé
- ✓ Dose d'enzymes/4



Objectifs

- ✓ Produire un vin à haute teneur en alcool en fermentant les sucres C₅ & C₆

Principaux résultats

- ✓ Ethanol Red C₆ + CNI 548 C₅ ⇒ Nouvelles levures Lesaffre
 - H99Acr C₅ & C₆ (Futurol)
 - Cellux 3 et Cellux 4 C₅ & C₆ (Commerciales)
- ✓ Protocole de propagation substrat coproduit adapté à l'inhibition
- ✓ Titre alcoolique élevé

Leaf
LESAFFRE ADVANCED FERMENTATIONS

CelluX™ 4
Dry ethanol yeast

CelluX™ is a genetically modified strain of *Saccharomyces cerevisiae* that has been developed for the cellulosic ethanol industry. With a high ethanol tolerance, this yeast strain demonstrates the ability to resist stresses and maintains higher cell viability especially during fermentations of hydrolyzed cellulosic material.

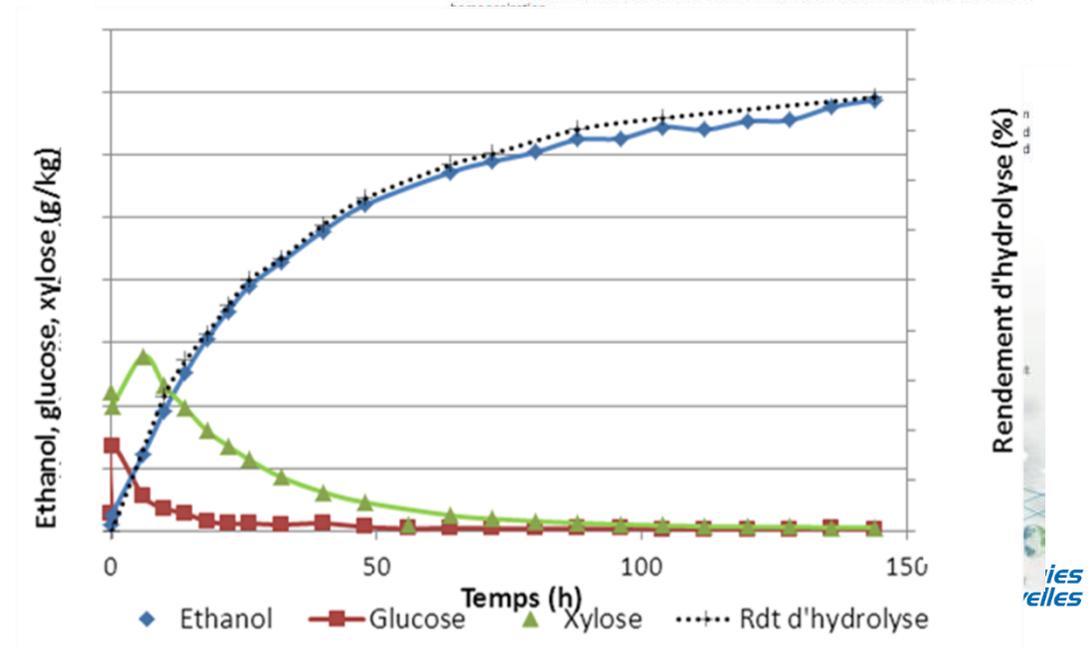
Ingredients : Yeast (*Saccharomyces cerevisiae* expressing xylose isomerase from *Clostridium*), emulsifier: sorbitan monostearate (E491).

Instructions of use:

Direct pitching (no propagation):
A minimum of 4-8 lbs per 1000 gallons of mash (0.5-1.0 kg per m³) to achieve an initial viable cell concentration approximately 36 -72 billion viable cells per gallon (10-20 million per milliliter) in the fermentation vessel.

Indirect pitching (short propagation):
In state-of-art facilities, exerting strict control over contamination issues, dry yeast can be propagated during a short period. The required quantity of yeast will be dependent on fermentation capacity of desired objectives at the ethanol plant.

Prior to using in fermentation, the yeast should be rehydrated in 5 times its weight of sterile water. This is done at 89°F ± 6°F (32°C ± 3°C) for 15-30 minutes to ensure "conditioning" and a perfect

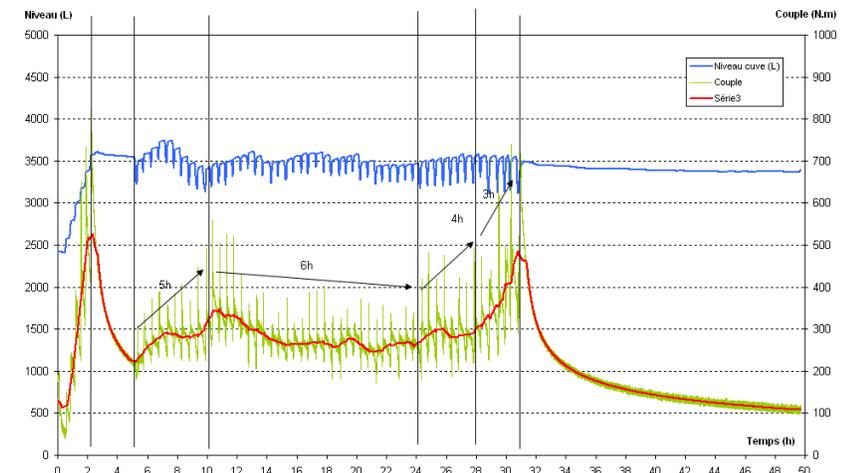
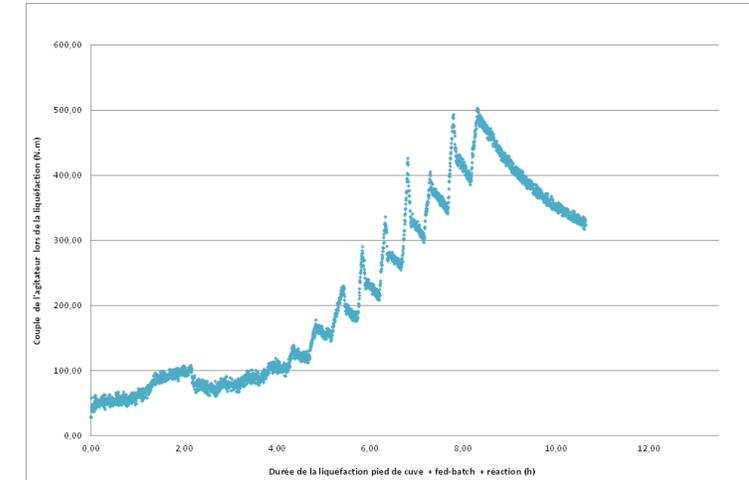
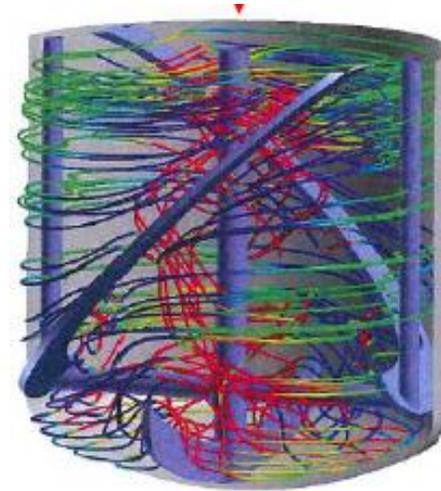


● Objectifs

- ✓ Hydrolyse de la biomasse prétraitée (solide) \Rightarrow hydrolysate (liquide)

● Principaux résultats

- ✓ Choix d'un agitateur adapté au changement de phase
- ✓ Définition d'une procédure opératoire



FUTUROL - PRINCIPAUX RESULTATS

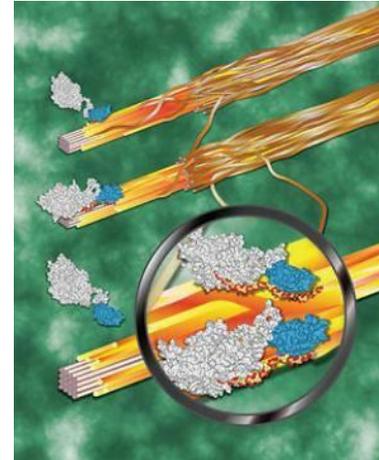
HYDROLYSE ENZYMATIQUE

● Objectifs

- ✓ Transformer la cellulose en sucres simples

● Principaux résultats

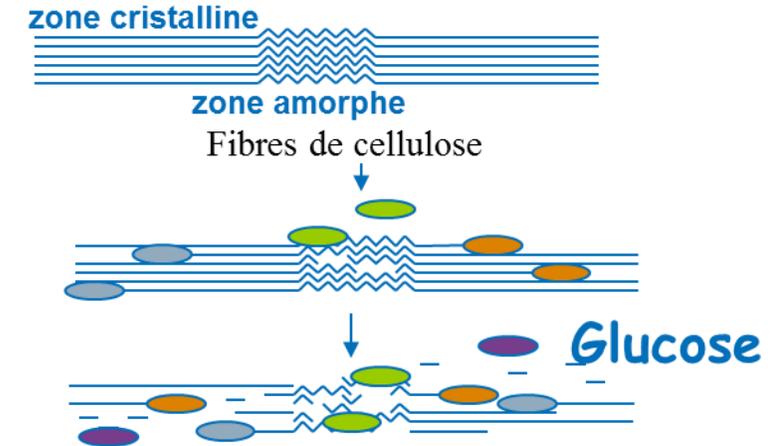
- ✓ Intensification par la levée des inhibitions
 - SHF : Hydrolyse puis fermentation
 - SSF : Hydrolyse et fermentation C_6
 - SSCF : Hydrolyse et fermentation C_5 & C_6
- ✓ Modèle cinétique



ÉNERGIES NOUVELLES

Sécrétome *T. reesei*

- CBHI (orange oval) Cellobiohydrolases
- CBHII (blue oval) Cellobiohydrolases
- Egs (green oval) Endoglucanases
- β -glucosidase (purple oval) β -glucosidase



● Objectifs

- ✓ Maîtriser les consommations de réactifs, d'eau, d'énergie, et les rejets

● Principaux résultats

- ✓ Optimisation des séparations
- ✓ Définition des recyclages
- ✓ Production d'énergie : vapeur et électricité



- Extraction des lignines par filtre presse

- Concentration de l' éthanol par distillation

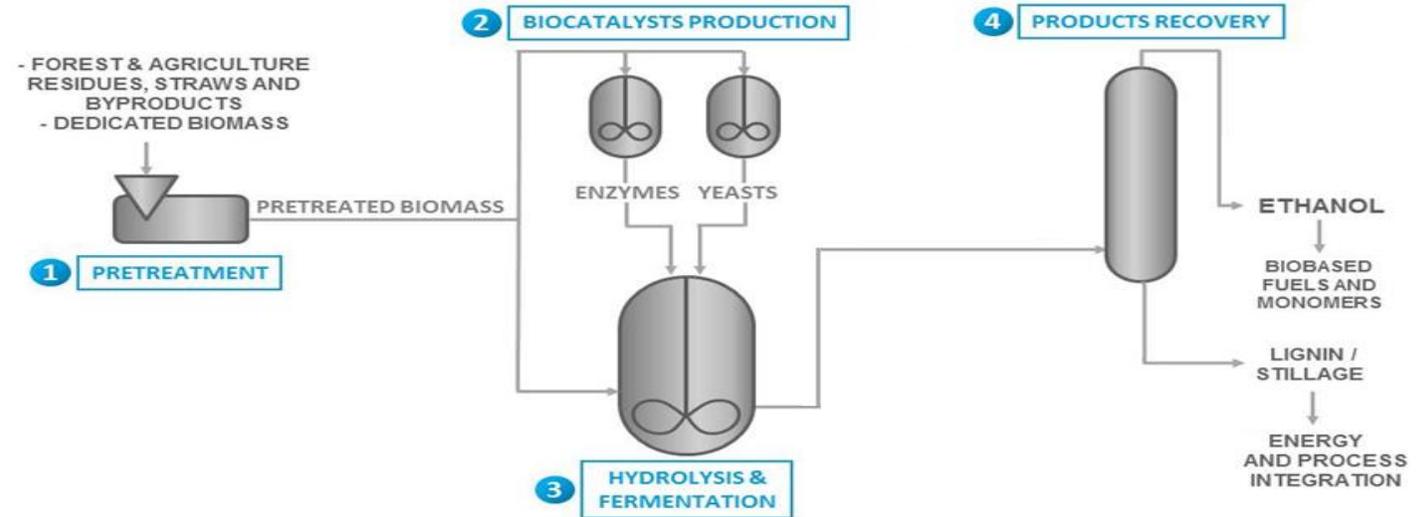


● Objectifs

- ✓ Dossier procédé

● Principaux résultats

- ✓ Schémas de procédé
- ✓ Évaluation technico-économique
- ✓ ACV
- ✓ Technologies critiques validées
- ✓ Portefeuille PI (~28 brevets), LIBEX
- ✓ Références sur plusieurs biomasses
- Paille de blé, de riz, Corn cob, Corn stover
 - ✓ Miscanthus
 - ✓ Bagasse, Feuille de canne
 - ✓ Peuplier TCR
 - ✓ Bambou
 - ✓ Epicéa,...



FUTUROL : LE PILOTE PDC DE POMACLE – 1t/j

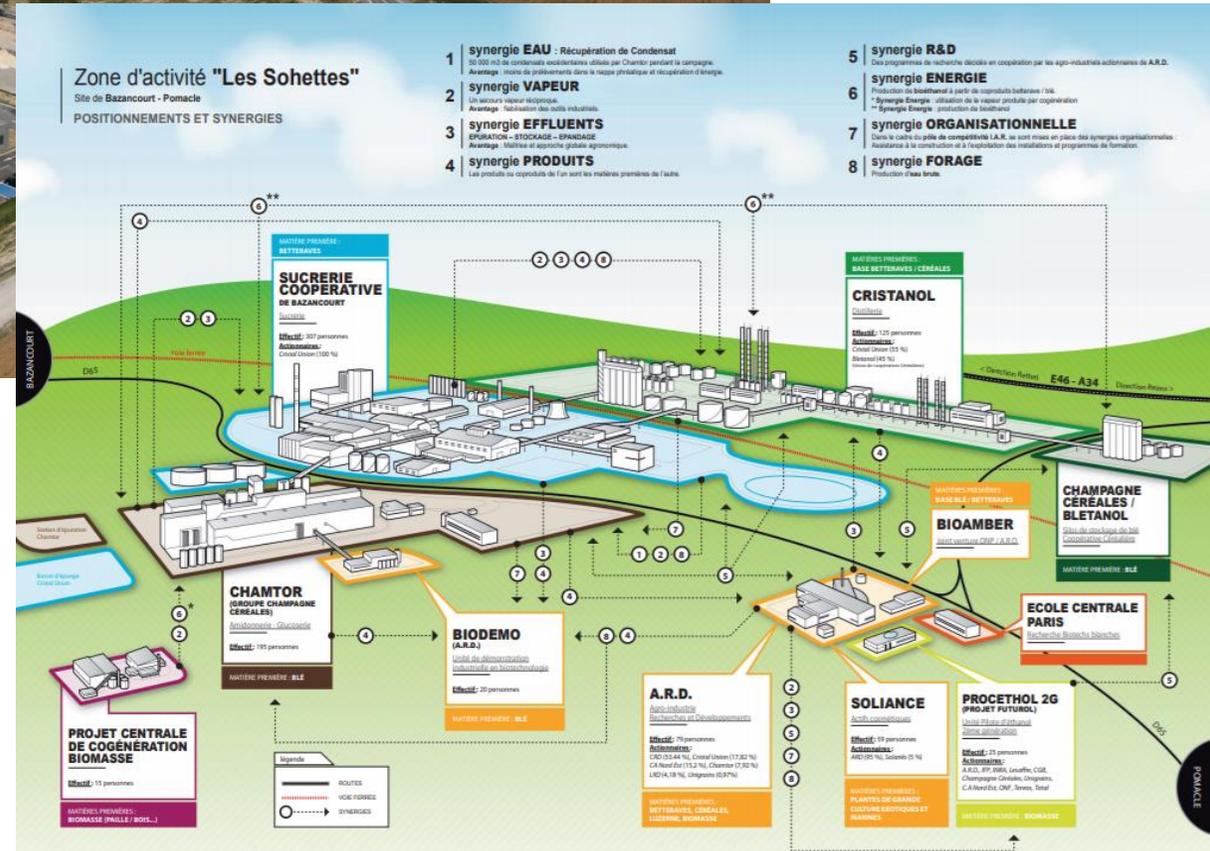
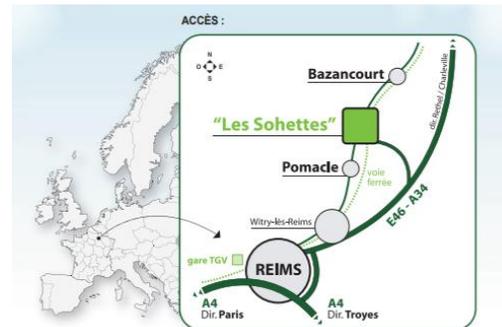
ÉNERGIES NOUVELLES

19 Millions



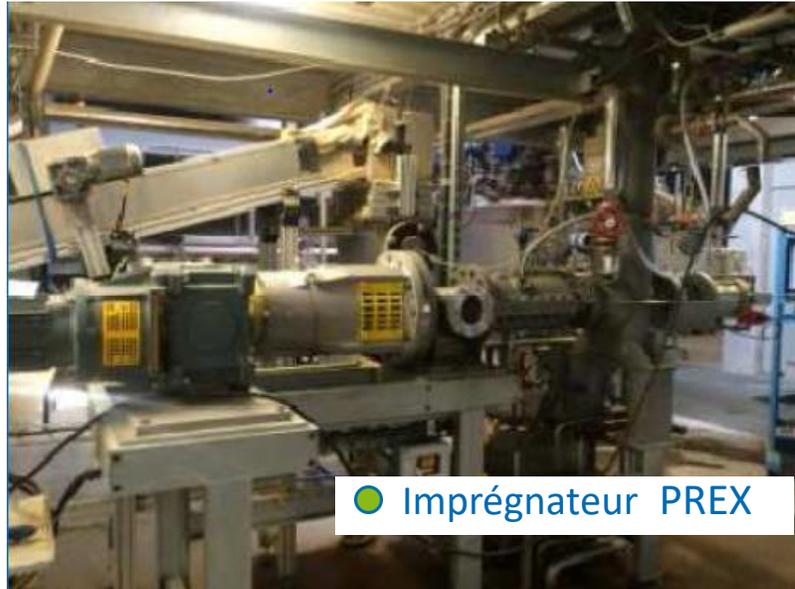
1 t/j
capacité

> 8 000 h
de Fonctionnement



FUTUROL: LE PILOTE – PRETRAITEMENT

ÉNERGIES NOUVELLES



● Imprégnateur PREX



● Cyclone



● Réacteur hydrolyse STEX



● Traitement de gaz



● Liquéfacteur



● Fermentateurs



● Distillation



● Filtre presse

FUTUROL : DEMONSTRATEUR PRETRAITEMENT - 100 t/j

ÉNERGIES NOUVELLES



Bucy-Le-Long



(Bucy-Le-Long, France)

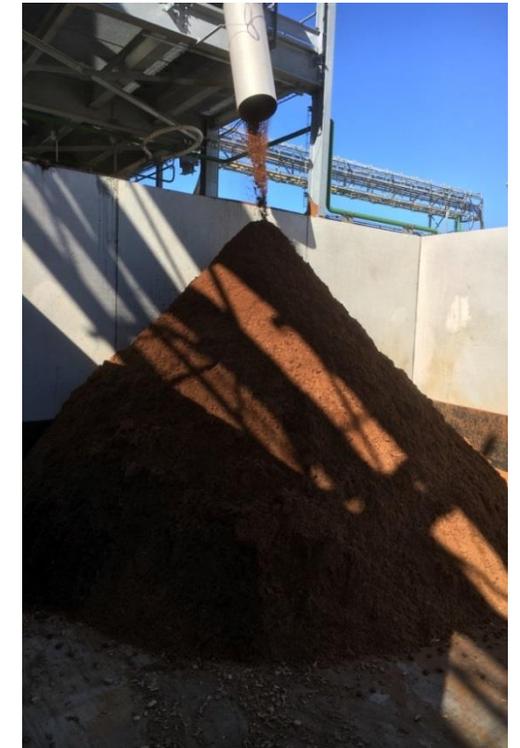
Démarrage en 2016

9
Millions



100 t/j
capacité

> 4 000 t
de Biomasse prétraitée

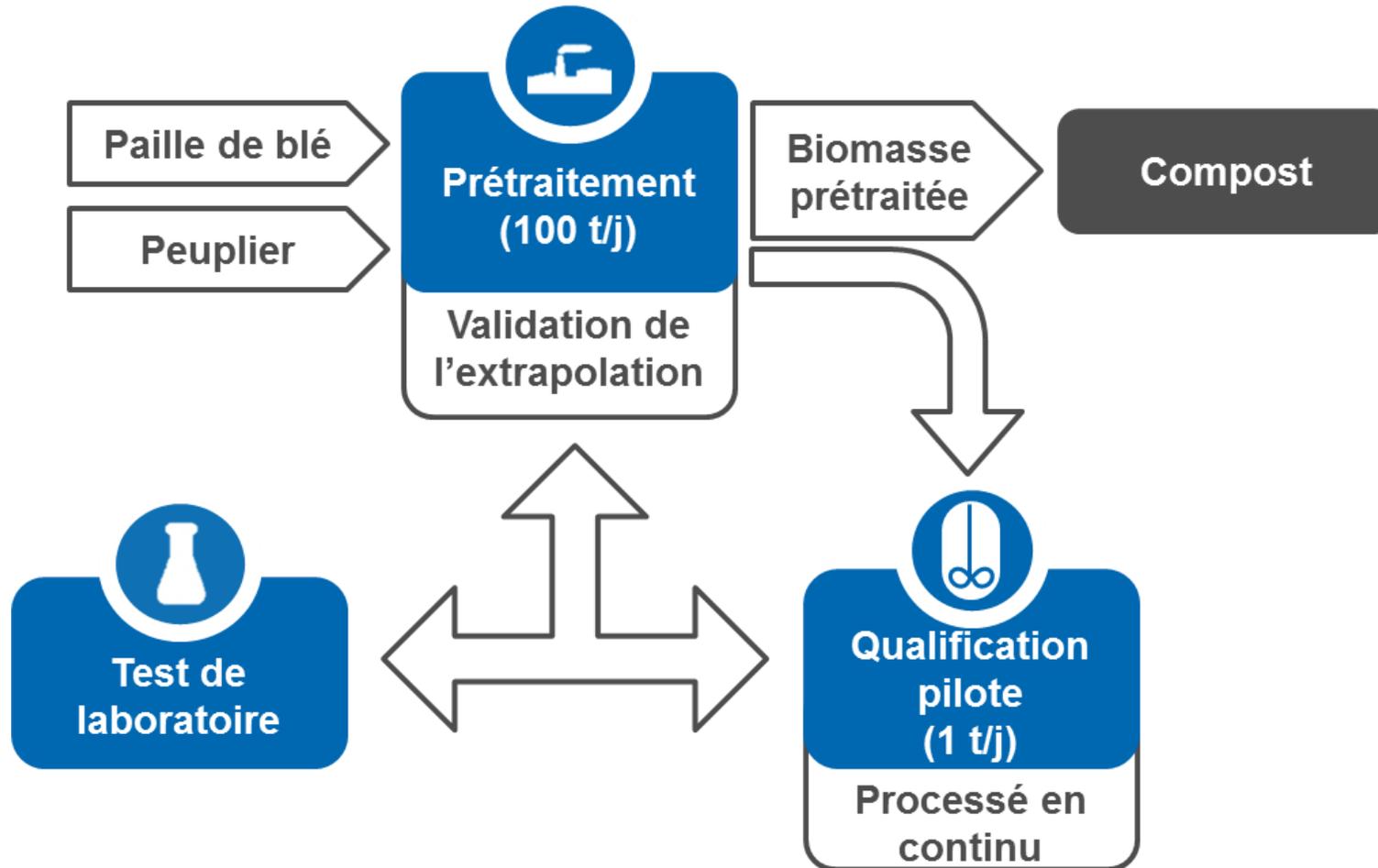


● Prototype prétraitement

● Paille et Plaquettes de peuplier

● Biomasse prétraitée

FUTUROL – DEMONSTRATEUR DE PRETRAITEMENT VALIDATION DU SCALE UP INDUSTRIEL



FUTUROL – DEMONSTRATEUR DE PRETRAITEMENT EN QUELQUES CHIFFRES

ÉNERGIES NOUVELLES

1 650 t

Plaquettes de
peuplier

Equivalent à
935 500

Litres d'éthanol

+9 000

Résultats
analytiques

2 350 t

De paille de blé

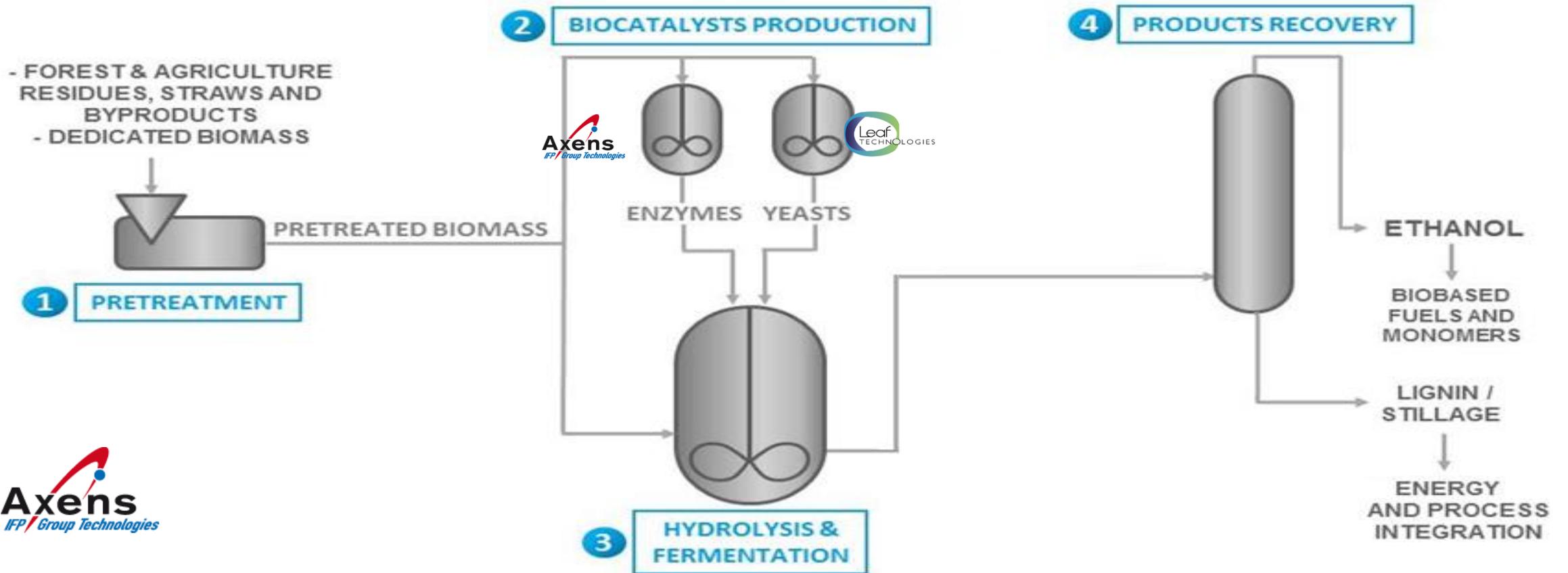
+30

Conditions opératoires
testées

+65

Tests SSCF
de qualification
des marcs

FUTUROL – UN PROCÉDE COMMERCIAL UN PROCÉDÉ SIMPLE EN 4 ÉTAPES



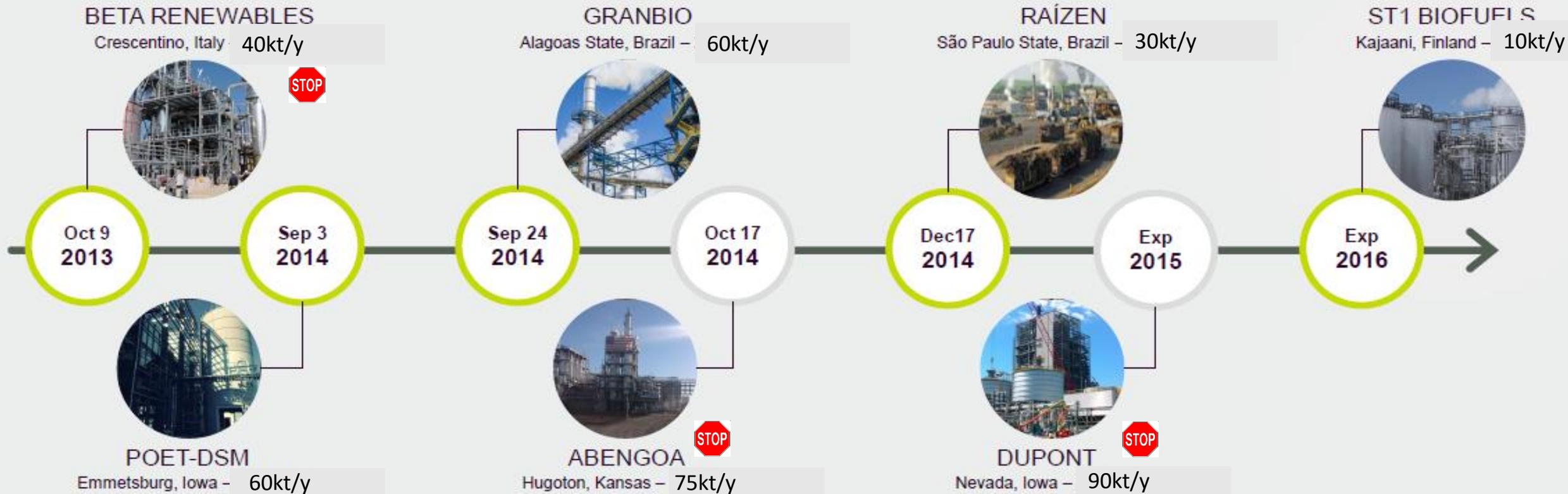
● Caractéristiques principales

- ✓ Taille caractéristique de l'unité : ≈ 80 kt/an d'éthanol – 320 kt/an biomasse (DAF)
- ✓ Produits : Ethanol (PCI = 27MJ/kg vs. essence 43MJ/kg) et Electricité
- ✓ Rendement masse : $\approx 25\%$
- ✓ Rendement énergie (élec. incl.): $\approx 50\%$; [$\approx 40\%$ sur l'éthanol]
- ✓ Réduction GES : $\approx 90\%$ (avec dLUC)

● Opération du démonstrateur en [2016 – 2017]

● Commercialisation démarrée en 2017

FUTUROL - COMMERCIALISATION: LA CONCURRENCE



Versalis buys Biochemtex, Beta Renewables

By [Erin Voegele](#) | September 27, 2018

Italian oil and gas company Eni has announced Versalis, its chemical subsidiary, has purchased a group of green businesses owned by the Mossi & Ghisolfi Group, including Biochemtex and Beta Renewables. The acquisition was completed via a bidding process ordered by the Court of Alessandria in Italy. The Mossi & Ghisolfi Group filed for bankruptcy in 2017.

Information released by Eni indicates the transaction includes assets and resources related to development activities, industrialization, licensing of technologies and bio-chemical processes based on the use of renewable resources, especially biomass, for the four companies of Biochemtex, Beta Renewables, Ipb (Italian Bio Products), and Ipb energia.

Beta Renewables' Proesa technology converts biomass into second-generation sugars, which can be further processed into biofuels or biobased chemicals. The technology is currently employed at a biorefinery in Crescentino, Italy, which produces cellulosic ethanol and renewable electricity.

Eni said the acquisition “reinforces Versalis’ competitive position in the biobased chemical industry, creating synergies with ongoing research projects, and will allow the development of an integrated technological platform of chemicals from biomass, in line with the strategy undertaken in recent years.”



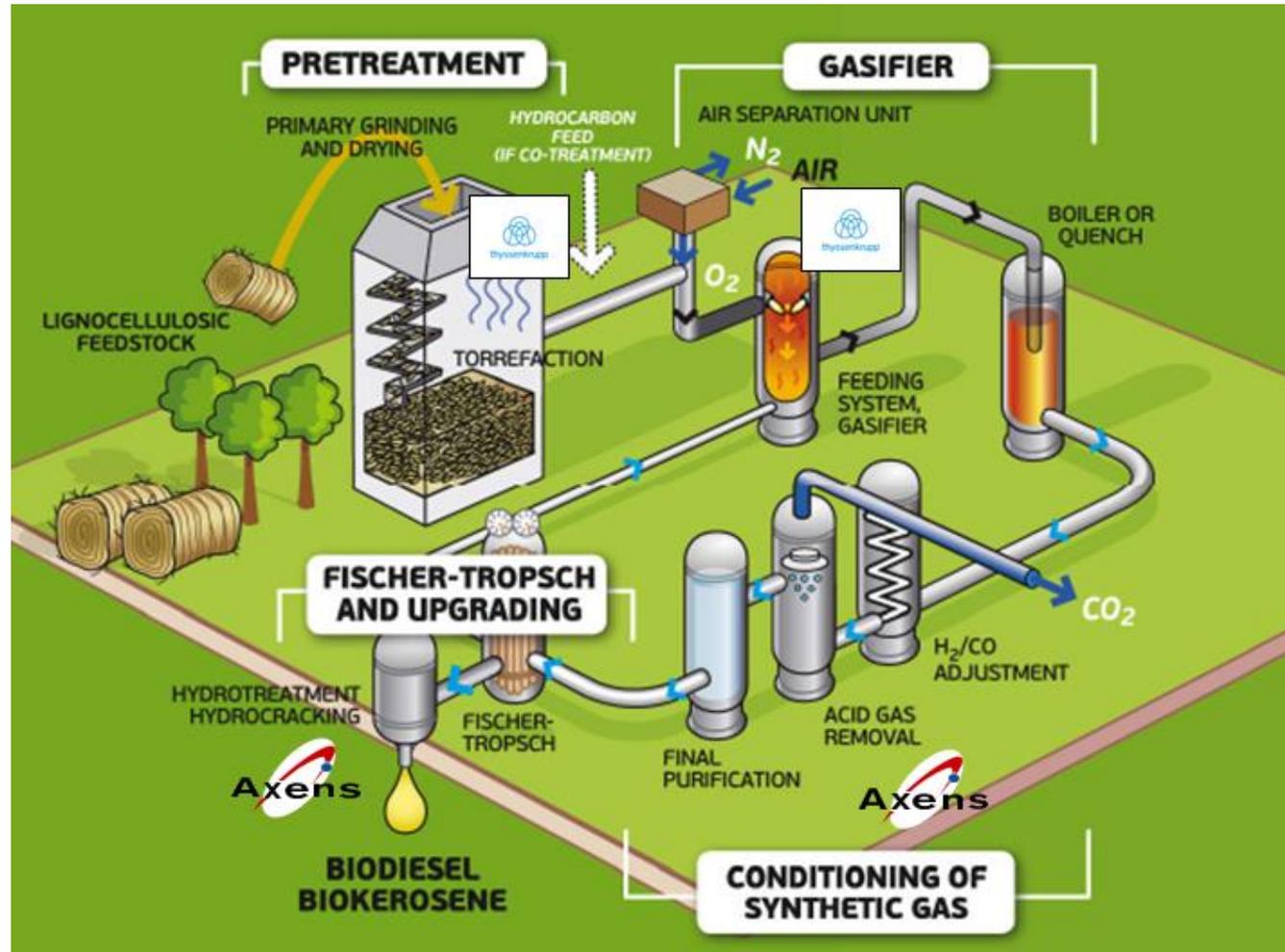
Beta Renewables' Proesa technology is employed at a biorefinery in Crescentino, Italy.
Chemtex International

BTL 2G – BioTfuel

2018-ASPROM



BioTfuel : LES PRINCIPES DU PROCEDE



Prétraitement
de la
Biomasse

Gasification

Rectification

Purification

Fischer-Tropsch

Up grading

● 6 Partenaires

R&D



INDUSTRIELS

Avril



BAILLEURS DE LICENCE

Axens
IFP Group Technologies



thyssenkrupp

● Porté par la S.A.S B^{io}Tfuel

● Budget : 180 M€ avec le soutien de

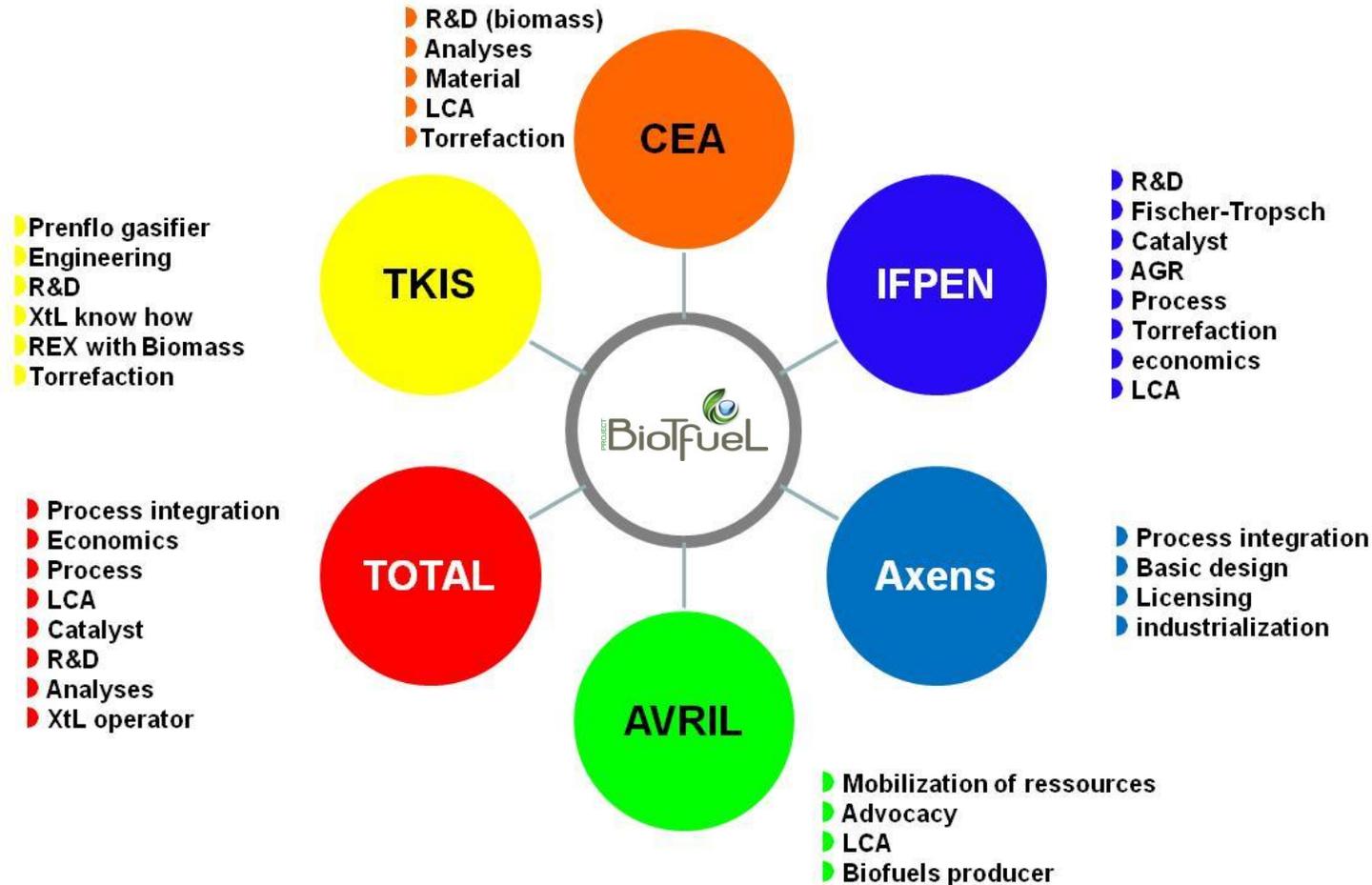
● Durée : 10 ans (2009-2019)



et de

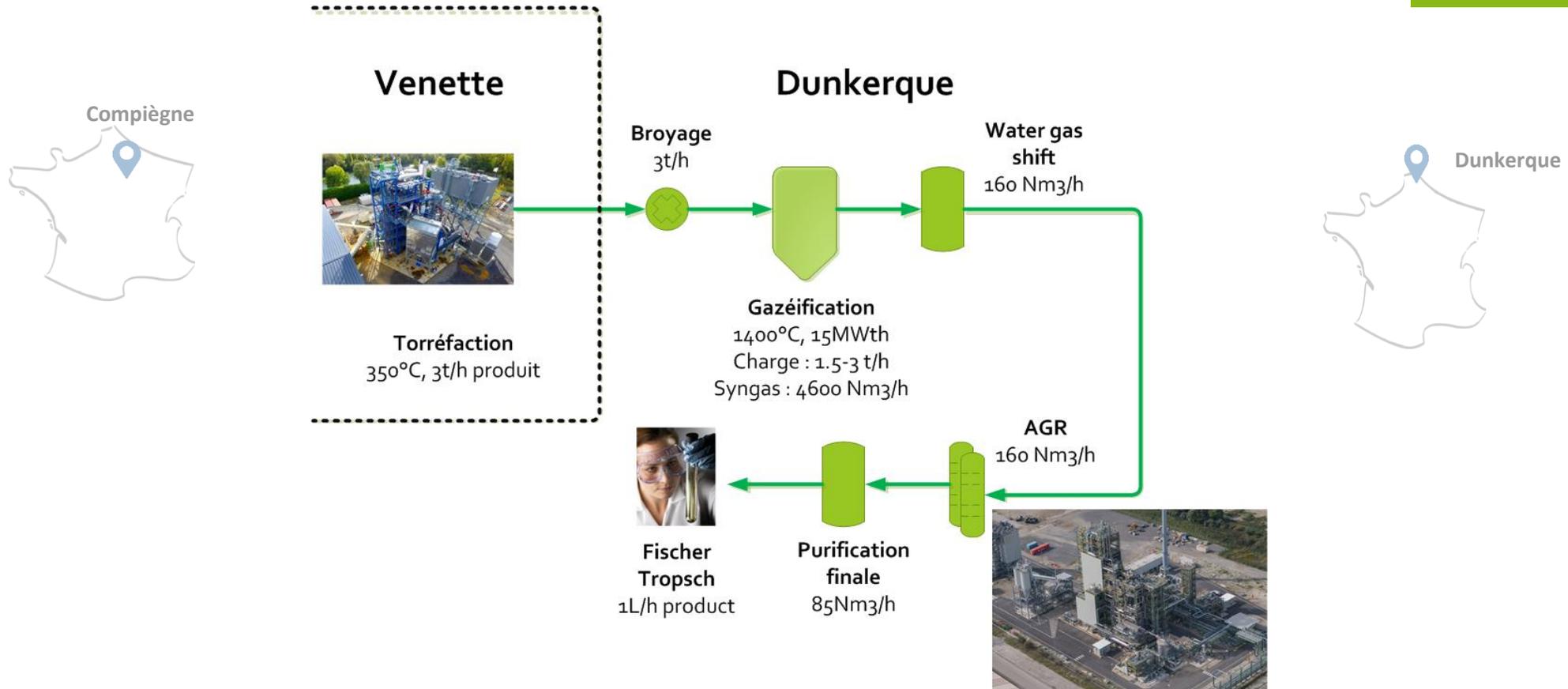


BioTfuel: ORGANISATION R&D



● Une mobilisation des acteurs nationaux et européens reconnus dans leur compétence

BioTfuel: UN DEMONSTRATEUR MULTI ECHELLE



2010

Sélection Technologies



2012

Basic & Financement

2015

Construction démos 3 t/h



Aujourd'hui

Mise en route



2019

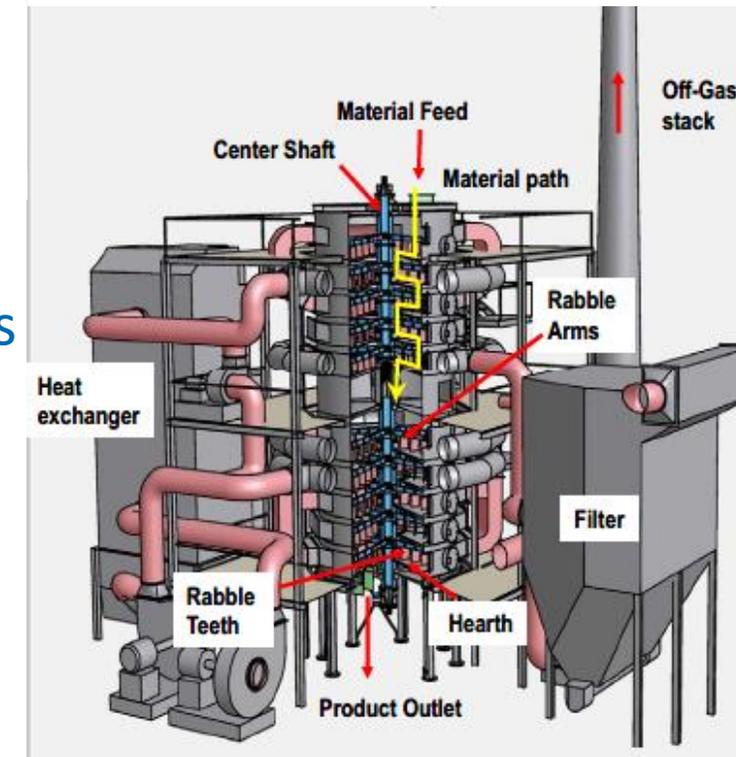
BioTfuel: LA TORRÉFACTION

● Objectifs

- ✓ Rendre la biomasse plus friable
- ✓ Homogénéiser la qualité de la biomasse
- ✓ Améliorer les propriétés de transport

● Principaux résultats

- ✓ Validation d'une technologie industrielle continue
- ✓ Validation sur deux typologies de biomasse paille et bois
- ✓ Maitrise de l'opérabilité à l'échelle industrielle



BioTfuel: LA GAZEIFICATION

● Objectifs

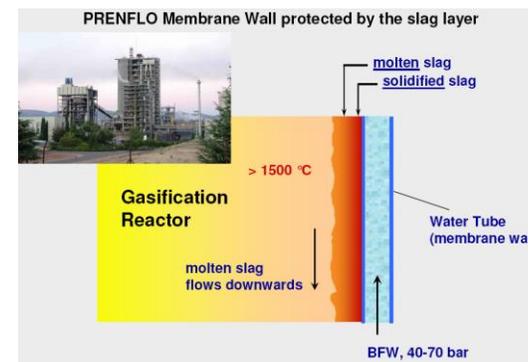
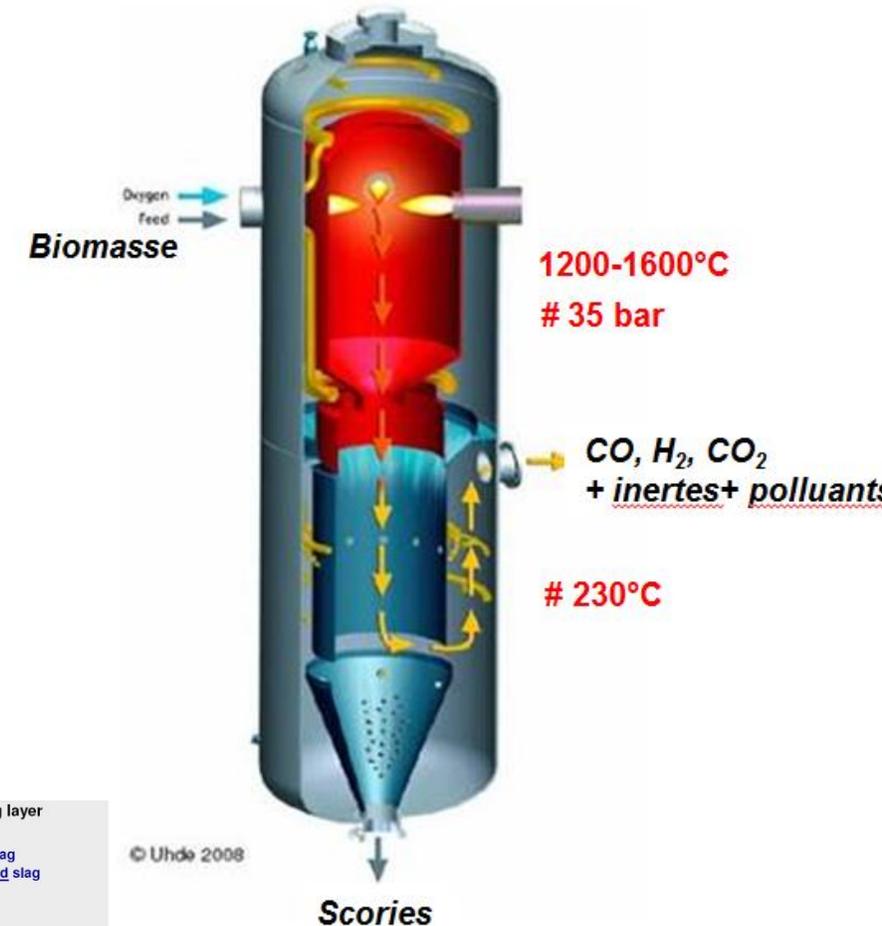
- ✓ Produire un gaz de synthèse



- ✓ Faible taux de cendres
- ✓ Faible teneur en CH_4
- ✓ Taux de conversion C > 99%

● Principaux résultats

- ✓ Sélection d'une technologie industrielle
- ✓ Construction d'un démonstrateur
- ✓ Mise en service en cours



● Objectifs

- ✓ Validation de la qualité du gaz de synthèse
 - ✓ Production
 - ✓ Purification
- ✓ Points de référence pour les garanties du procédé

● Gasel™ technologie: gaz de synthèse => distillats moyens

- ✓ Technologies + catalyseurs
- ✓ Validation sur charges représentatives à l'échelle pilote
- ✓ Commercialisé



Fischer-Tropsch Pilot Plant
20b/j



BioTfuel: FISCHER TROPSCH & UPGRADING

ÉNERGIES NOUVELLES

PRETRAITEMENT TORREFACTION

Compiègne



Charge: 3 t/h

Dunkerque



GASEFIEUR & FISCHER TROPSCH



Charge: 3 t/h
Syngas: 4 600 Nm³/h

● Caractéristiques principales

- ✓ Biomasse : Flexibilité vis-à-vis de la charge
- ✓ Taille caractéristique de l'unité : ≈ 200 kt/an de C_{5+} - 1 million de t/an biomasse (DAF)
- ✓ Produits : Biogazole/Biojet (PCI équivalent produits fossiles) et Electricité
- ✓ Rendement masse : $\approx 15-20\%$
- ✓ Rendement énergie (élec. incl.) : $>50\%$, [$\approx 40\%$ sur C_{5+}]
- ✓ Réduction GES : $>90\%$

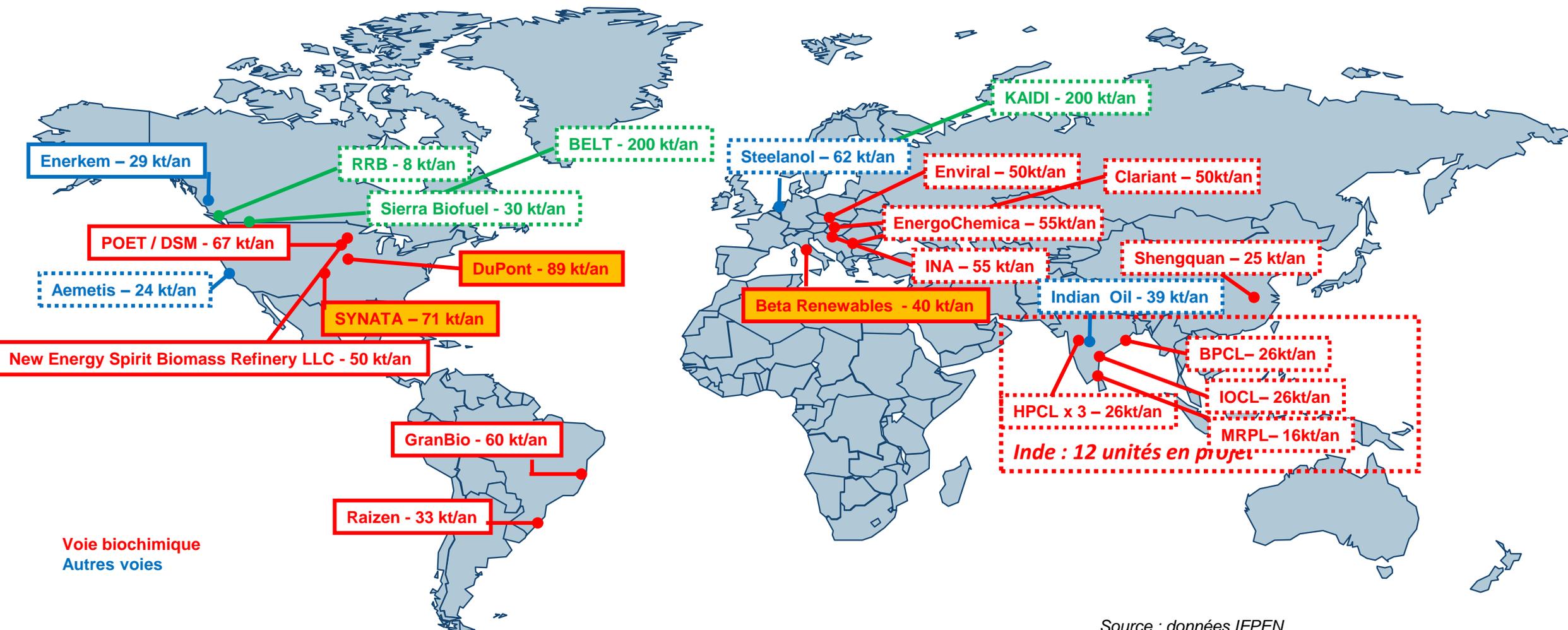
● Opération des démonstrateurs en [2017 – 2019]

● Commercialisation à partir de 2020

BIOCARBURANT 2G – LES DEBUTS D'UNE INDUSTRIALISATION

2018-ASPROM





Voie biochimique
Autres voies

Source : données IFPEN

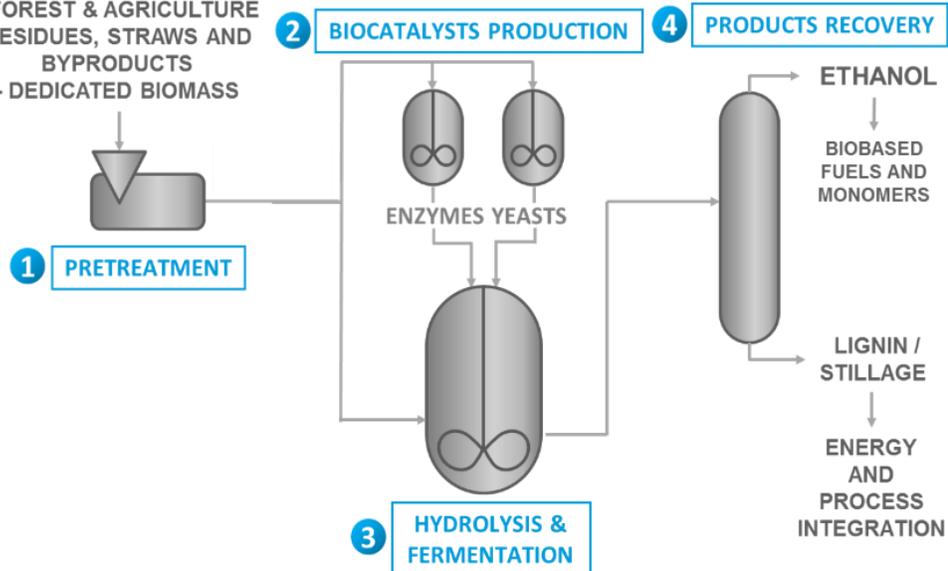
BIOCARBURANT 2G – SYNTHÈSE

2018-ASPROM



Une technologie:

- FOREST & AGRICULTURE RESIDUES, STRAWS AND BYPRODUCTS
- DEDICATED BIOMASS



76,4
Millions



28 Brevets

>110

communications

12 centres

R&D

Financial



UNIGRAINS
CÉREALIERS DE FRANCE



NORD
EST



CGB
CONSEIL GÉNÉRAL
DES PLANTEURS DE BETTERAVES

Industrial



Office National des Forêts



Tereos



VIVESCIA



TOTAL

R&D



ard



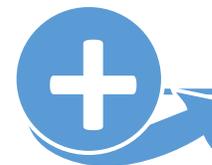
INRA
SCIENCE & IMPACT



ifP
Energies
nouvelles



LESAFFRE



- Un procédé simple, robuste & optimisé
- Flexibilité des charges
- Bio-Catalyseurs performants
 - Production In-situ : faible coût
 - Productivité en éthanol maximale



Laboratoire

2008



Pilote

2012



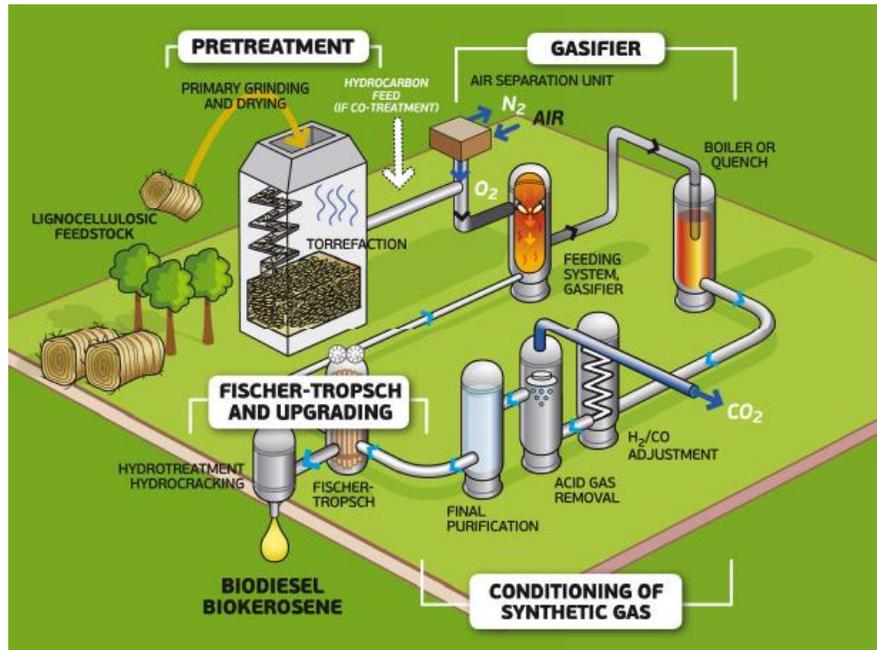
Extrapolation

2015



Commercialization

2017



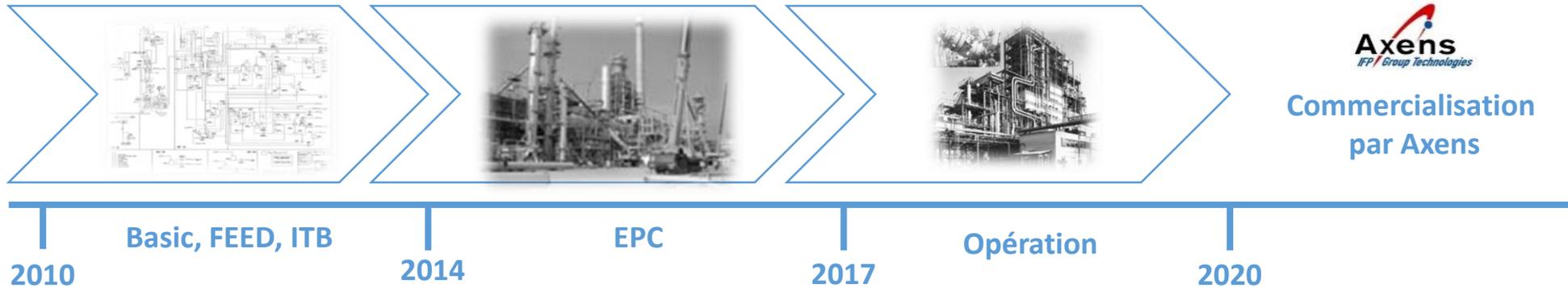
R&D

Industrials

Licensors



- Objectif
Développer, démontrer et commercialiser une chaîne B-XtL complète
- Validation
De toutes les étapes du procédé sur une grande variabilité de biomasse



Axens
IFP Group Technologies
Commercialisation
par Axens

180 Millions

10 ans
Projet

- Deux procédés de production de biocarburants 2G développés dans des programmes partenariaux européens soutenus par la France prêts à répondre à la demande du marché.
- Pour un succès du déploiement commercial il convient :
 - D'inscrire le déploiement des biocarburants avancés en complément des biocarburants conventionnels
 - De disposer d'un environnement réglementaire stable et de long terme
 - De disposer d'un soutien aux premières industrielles: fiscalité, aide à l'investissement, amortissement,..;
- Ces technologies permettront de répondre aux volontés politiques de pays en forte demande de carburant : la Chine, L'Inde, l'Indonésie, les Etats-Unis,....
- Au delà des carburants, ces procédés constitueront les procédés de bases de la bi raffinerie

Innovater les énergies

Retrouvez-nous sur :

 www.ifpenergiesnouvelles.fr

 @IFPENinnovation

