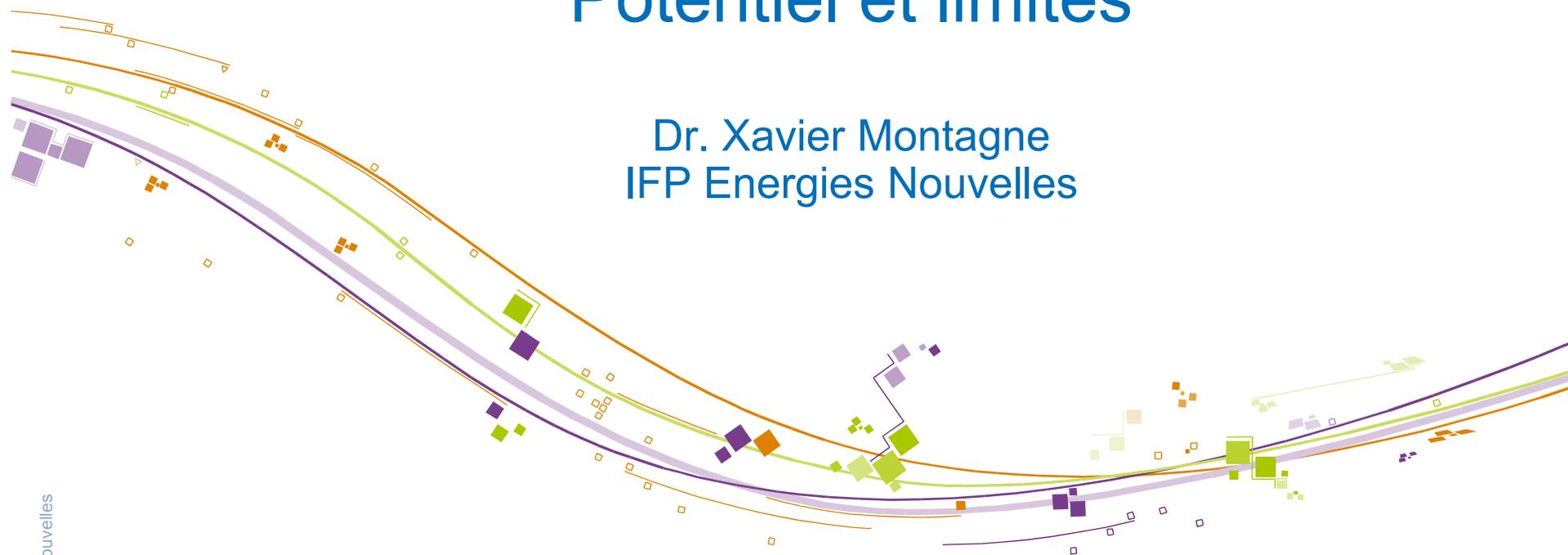
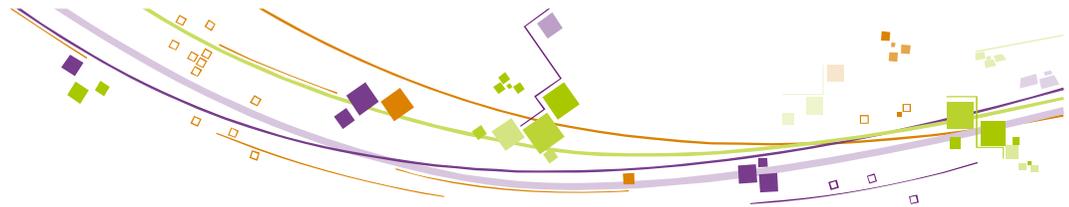


# Biocarburants : Potentiel et limites

Dr. Xavier Montagne  
IFP Energies Nouvelles

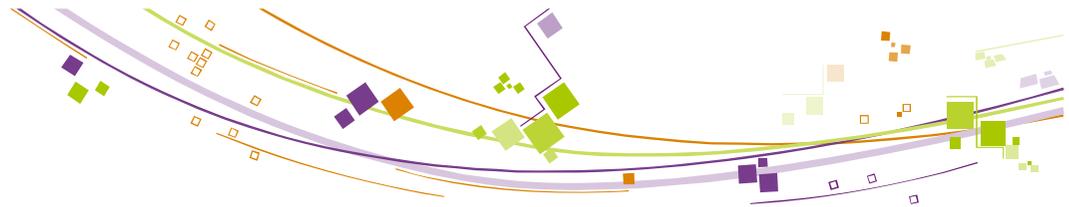




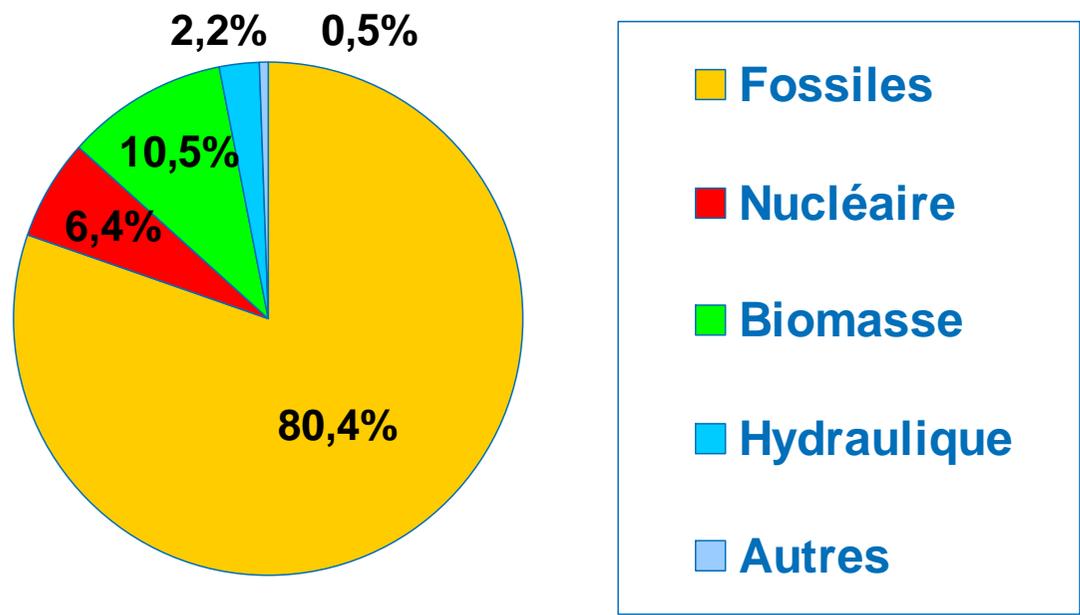
# Le contexte énergétique

---

- **Maîtrise de la demande en énergie**
  - Doublement possible à l'horizon 2050 de la demande sous l'effet des pays émergents
- **Diversification du bouquet énergétique**
- **Effervescence de la R&D dans le domaine de l'énergie**
- **Maîtrise des moyens de transport et de stockage de l'énergie**

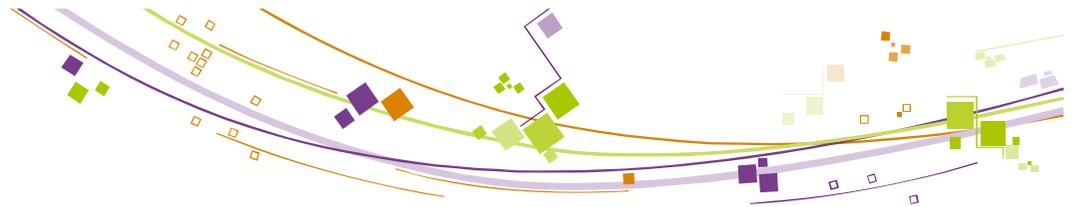


# Production d' énergie primaire dans le monde

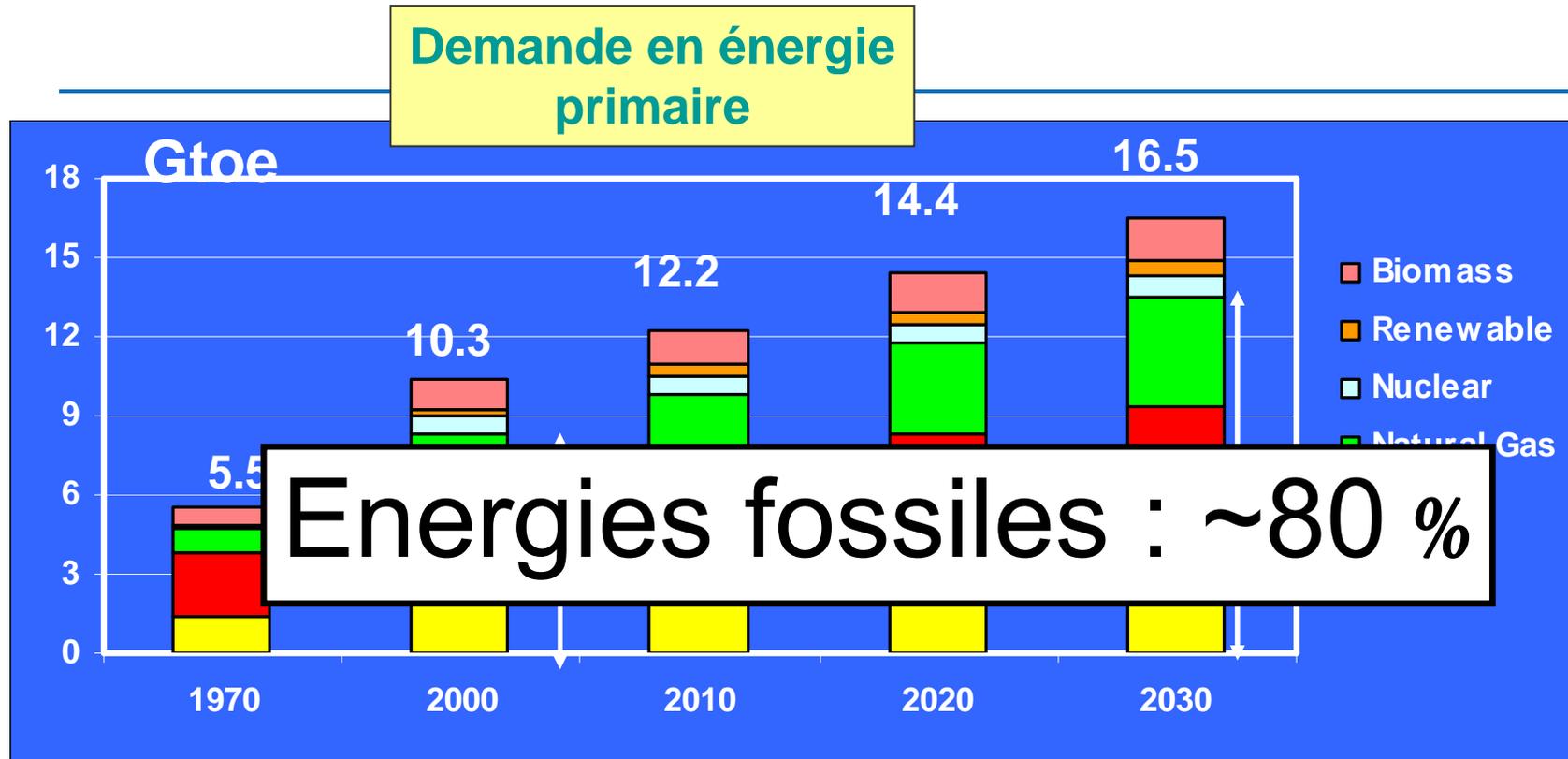


**MONDE**  
12000 Mtep

Sources: IEA et MEDDM (2008)

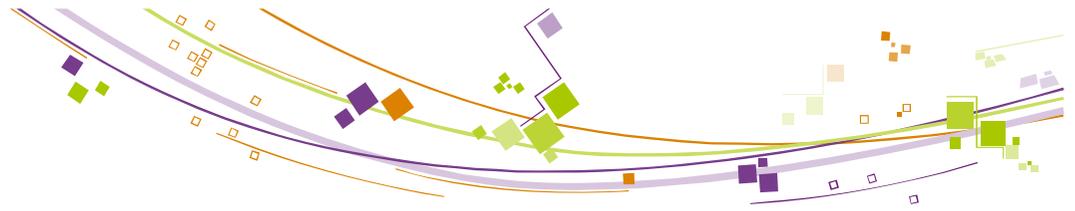


## Evolution 1970 - 2030 de la demande mondiale



**Estimation : + 60% 2000 – 2030**

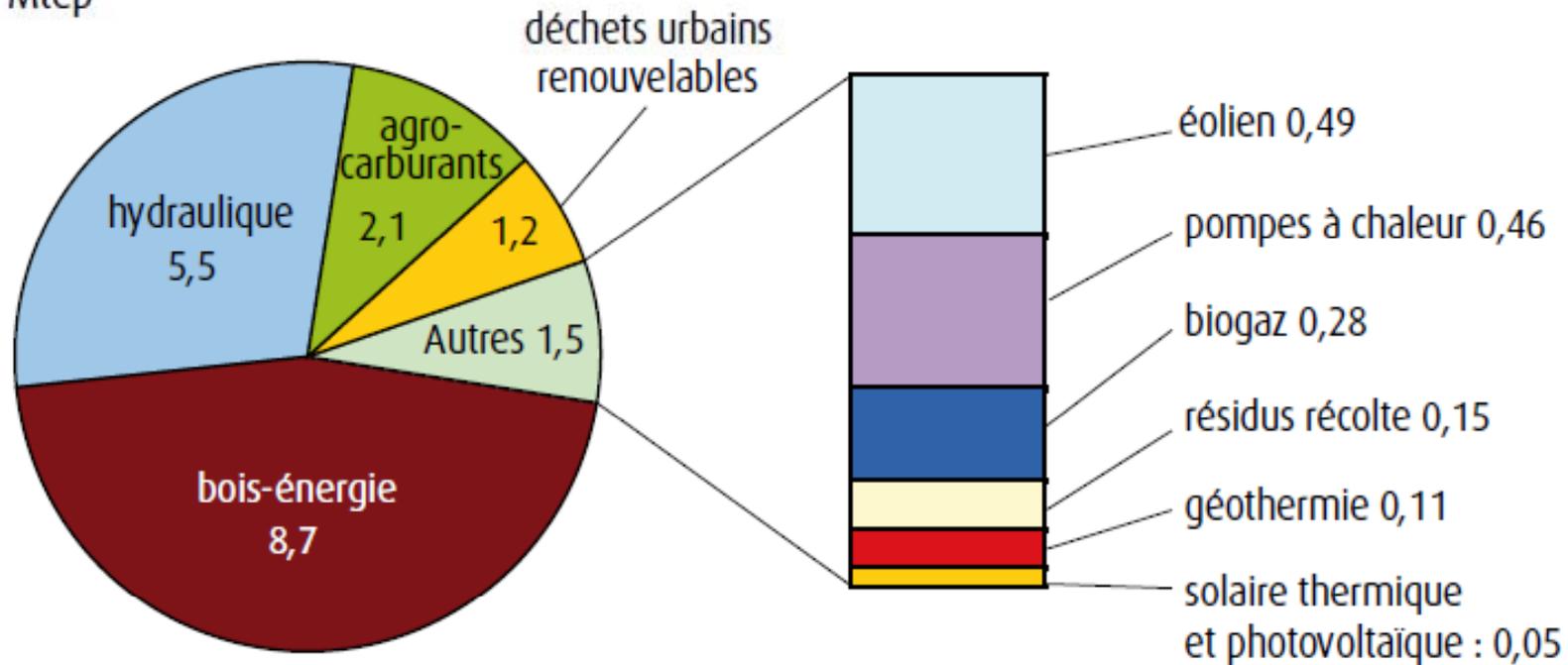
Source : IEA WEO

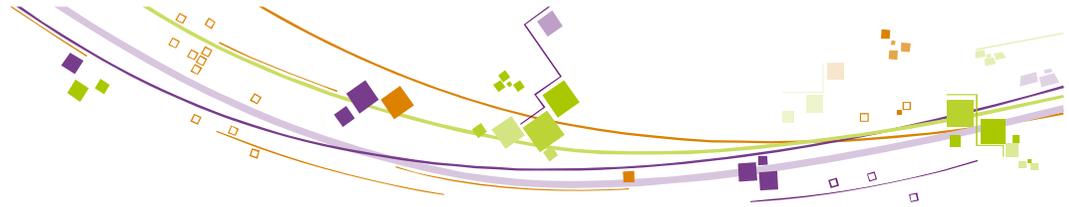


# Les énergies renouvelables en France

## Production d'énergies renouvelables (ENR) par filière en 2008

Mtep



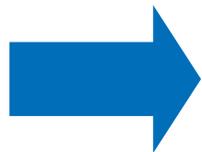


## Contexte énergétique : Les enjeux du secteur des transports

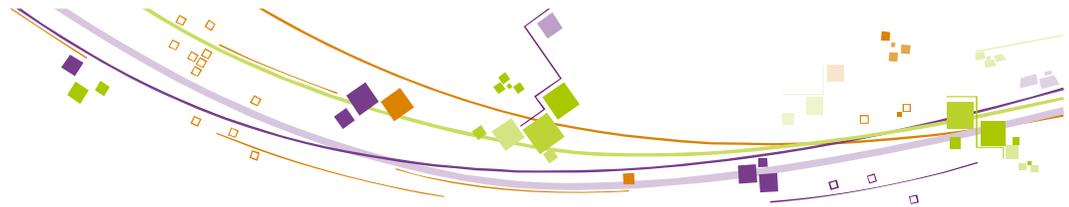
---

- Réduire la dépendance énergétique vis à vis du pétrole
- Réduire la pollution globale : gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)
- Réduire la pollution locale : CO, HC, NO<sub>x</sub>, fines particules, O<sub>3</sub>
- Réduire les nuisances : bruit, .....

... dans des conditions économiques acceptables...



**Quels impacts sur les technologies et sur le mix énergétique**

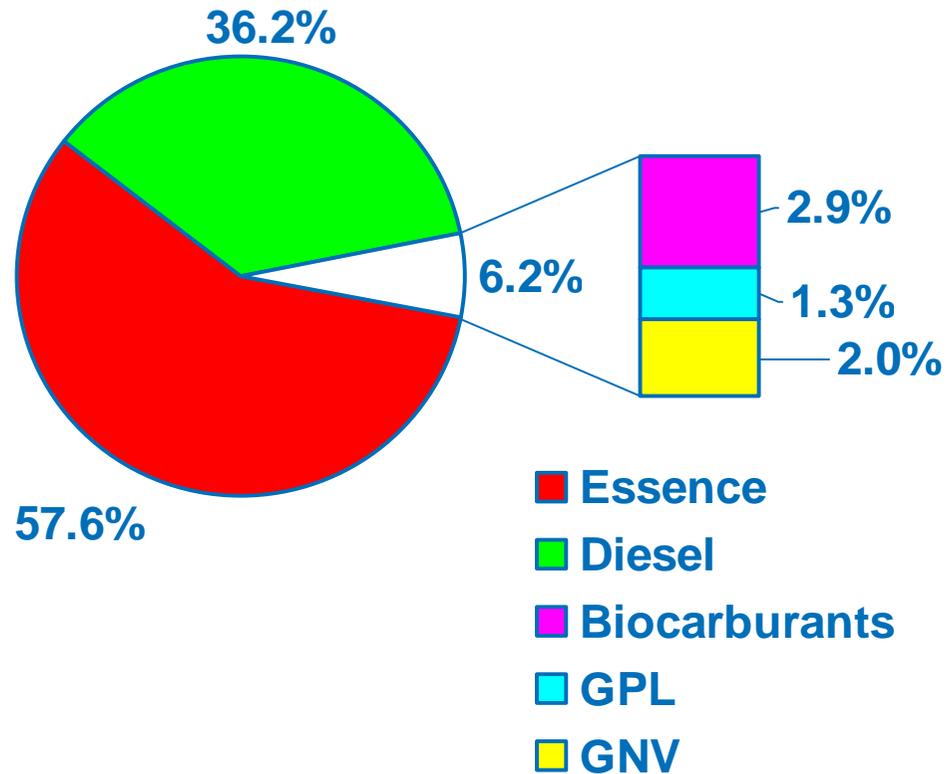


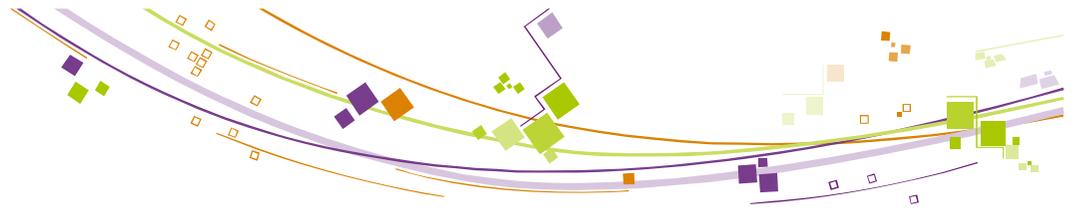
# Carburants : Consommation mondiale

## Consommation mondiale de carburant dans le secteur routier

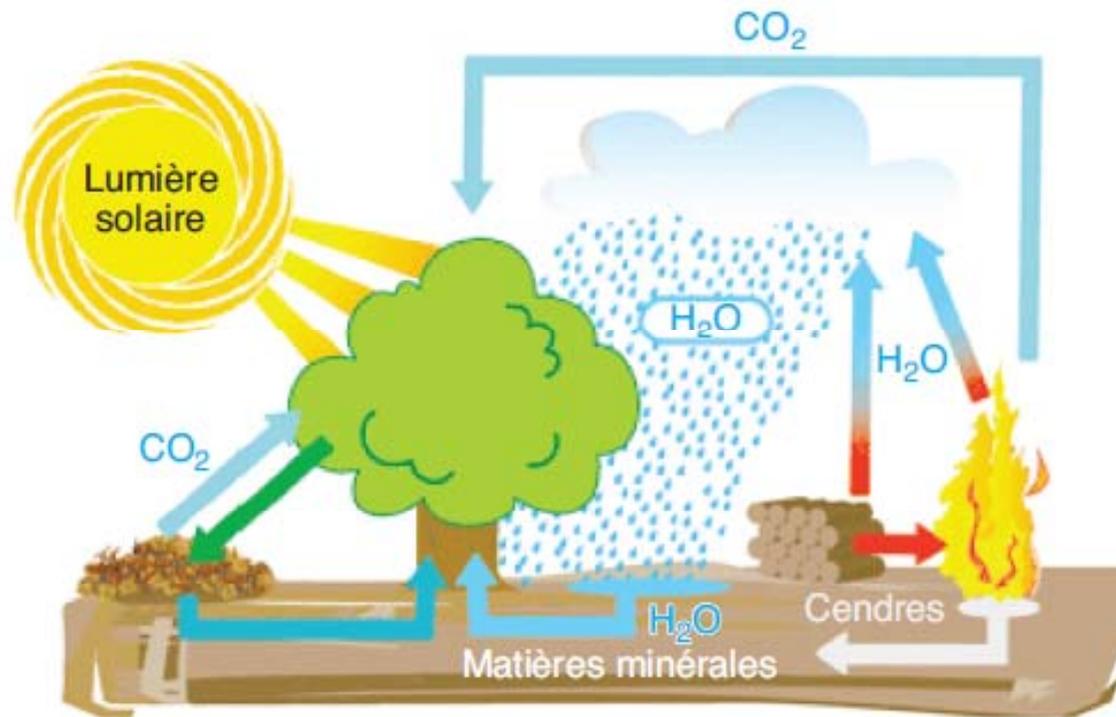
En 2009, la consommation de carburants pour le transport

- dépend du pétrole pour 94%
- représente 50 % de la consommation pétrolière
- représente environ 20 % de la consommation d'énergie



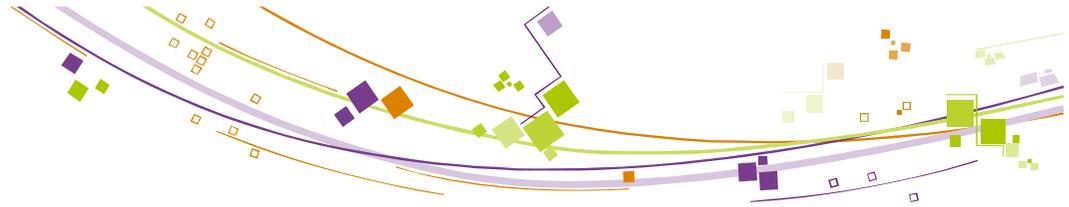


# Principal atout de la biomasse : la photosynthèse



Source : Panorama IFP 2010

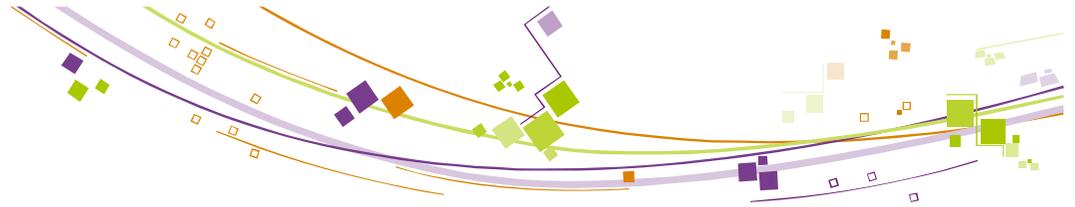
**Croissance de la biomasse = Photosynthèse**



# Biomasse et énergie

---

- **Ressources agricoles**
  - Biocarburants de première génération
- **Bois et déchets végétaux**
  - Production de chaleur / électricité
  - Méthanisation et Méthanation
  - Biocarburants de seconde génération, Pyrolyse
- **Microorganismes**
  - algues
  - levures
- **Transformation chimique :**
  - de la biomasse et des biocarburants
- **CO<sub>2</sub> comme ressource : bioressource ou non?**



# Biomasse et Biocarburants (1)

---

## ■ Ressources agricoles

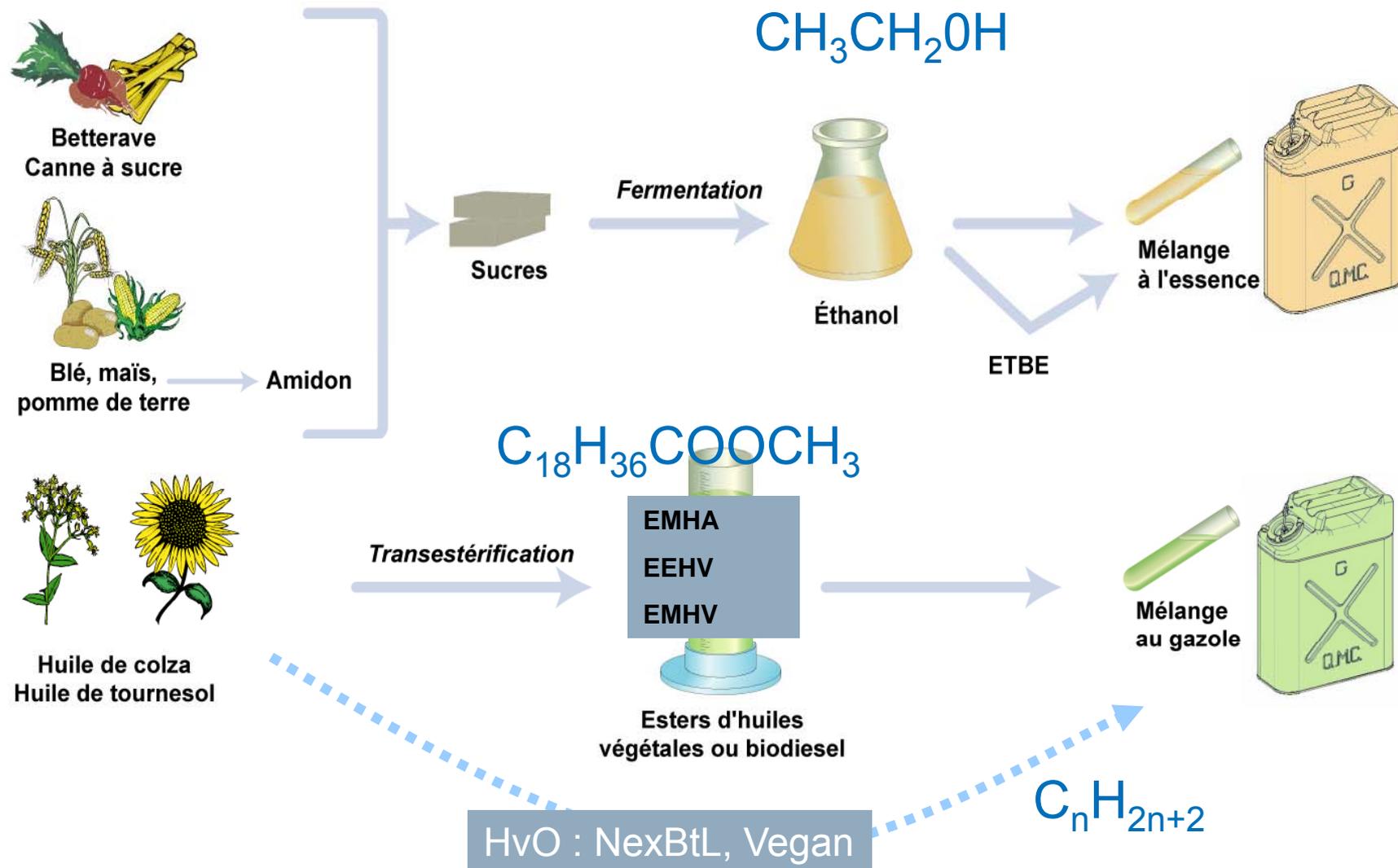
### ■ Biocarburants actuels : dits de première génération

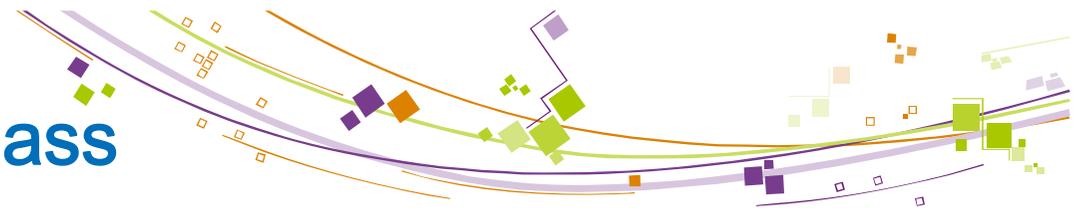
- Ressources en compétition avec l'alimentaire
- Procédés mature
- Ressource limitée pour l'énergie

### ■ *Prendre garde à la compétition d'usage des sols (directe et indirecte)*

# Biocarburants de 1ère génération

*Un volume limité et une concurrence avec le marché de l'alimentaire*

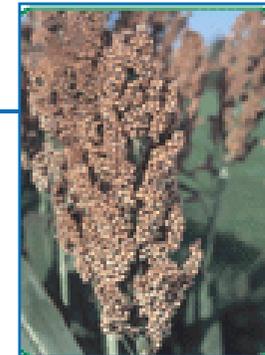




**Biomass from agriculture**

Current situation

■ **Starch plant**



■ **Sugar plant**



Brazil

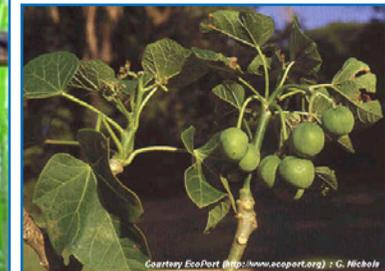


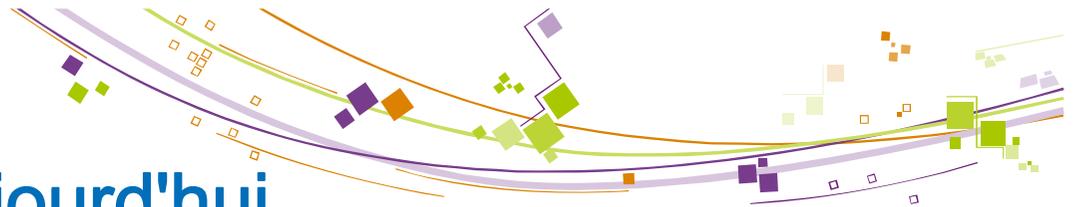
USA

■ **Vegetable oil plant**



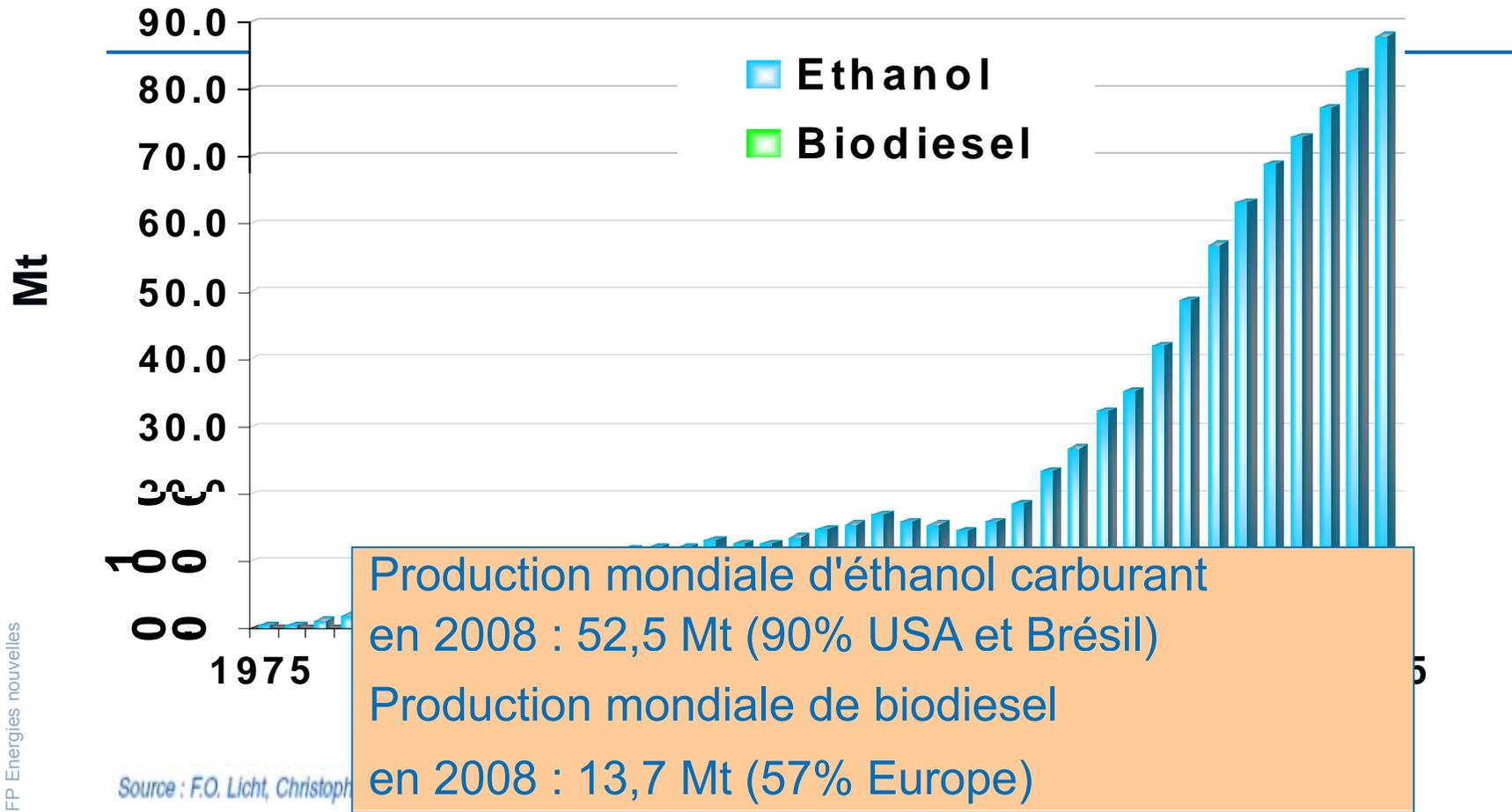
EU

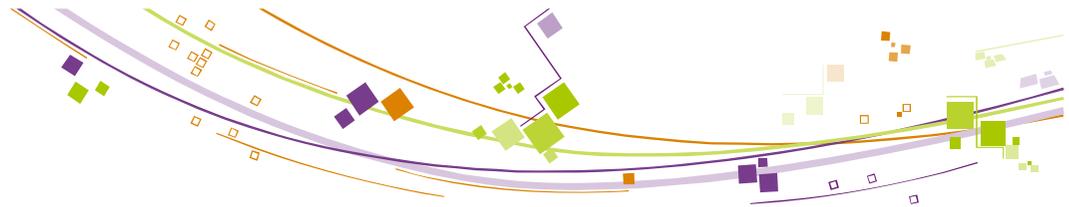




# Les biocarburants aujourd'hui

## Production au niveau mondial



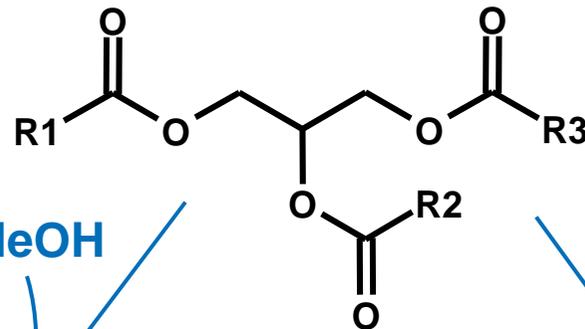


# Deux procédés IFPEN à base de lipides

Lipides

Biodiesel

**Esterfip-H™**



3 MeOH

H<sub>2</sub>

Nouveau  
kérosène

**VEGAN™**

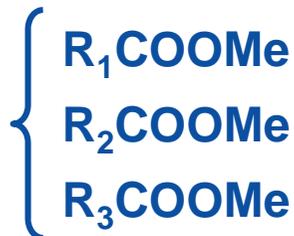
Hydrogénation

Iso-Paraffines renouvelables  
(C<sub>14</sub>- C<sub>18</sub>)

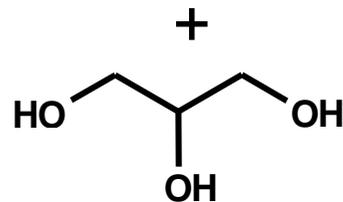
+

H<sub>2</sub>O, propane, CO<sub>2</sub>, CO

EMHV



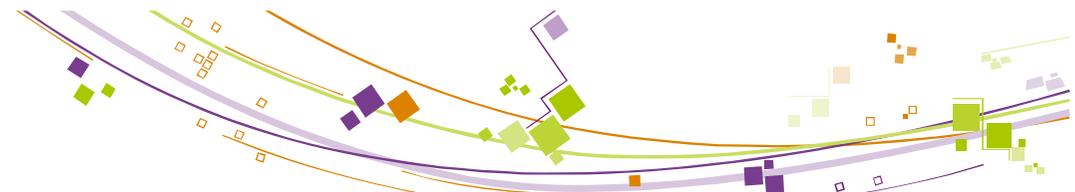
Glycerine

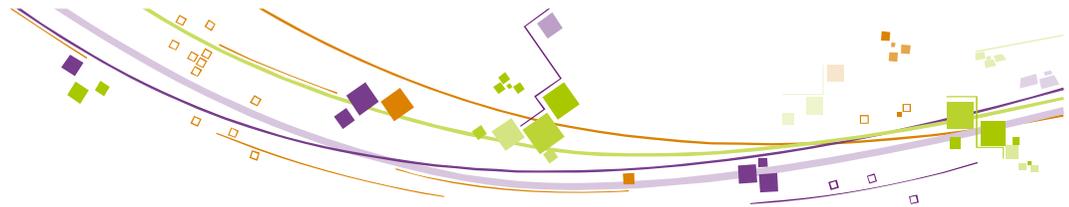


# Biodiesel

## Le procédé Esterfip-H

### Expérience



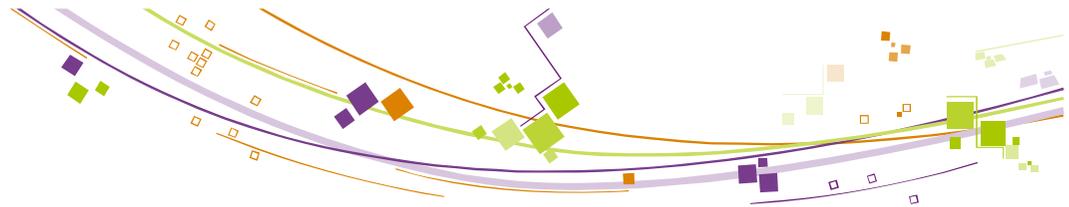


# Les filières biocarburants actuelles (génération 1)

Enjeux liés à la ressource



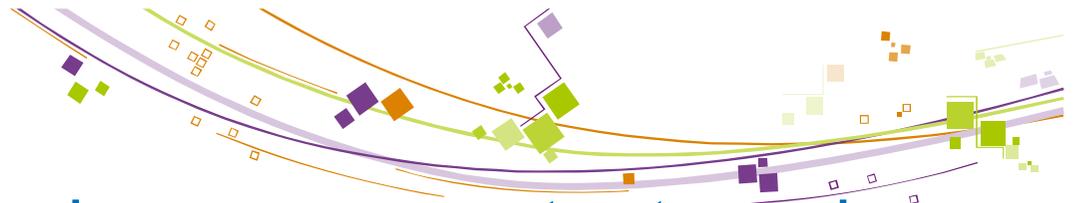
Source: Global Biofuel Center, 2008



## Biomasse et biocarburants (2)

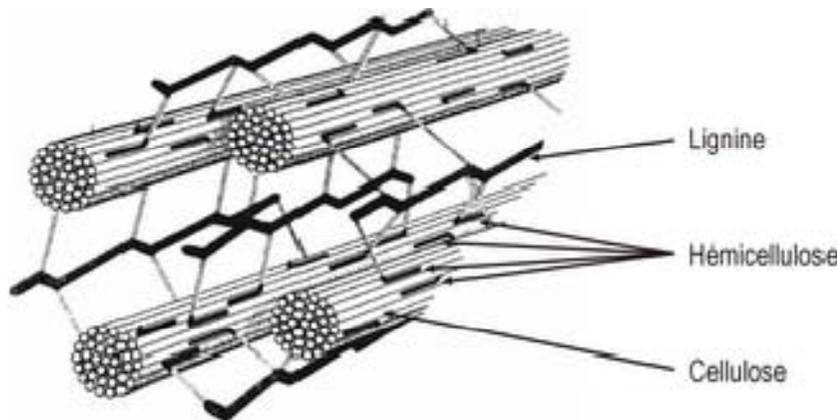
---

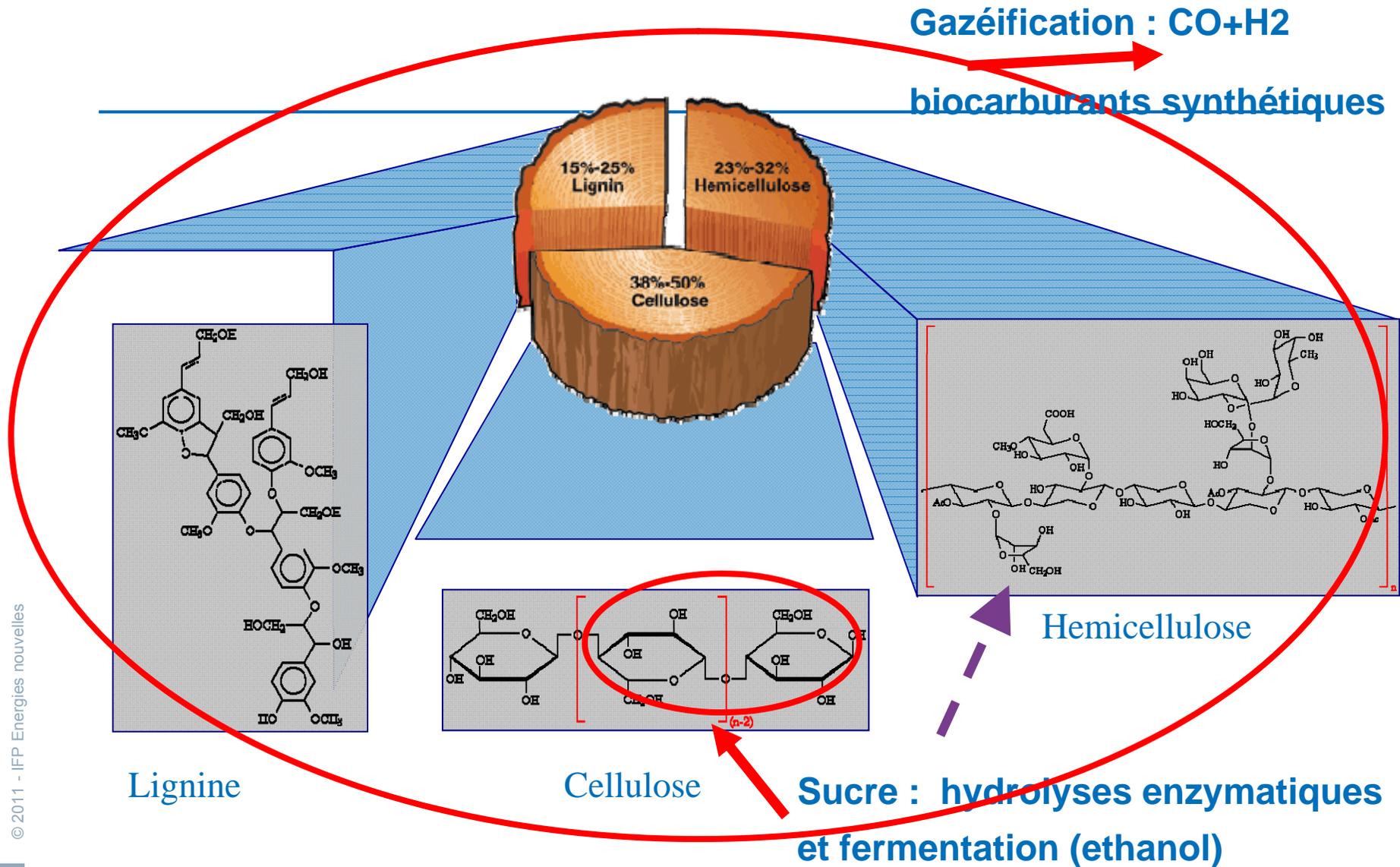
- **Bois et déchets végétaux : filière de seconde génération**
  - Ressource qui n'est pas en compétition directe avec l'alimentaire
  - Gisement de biomasse et coût d'accès
  - Approche technologique de valorisation plus ouverte mais plus compliquée
    - Traitement biochimique
    - Traitement thermochimique
    - Pyrolyse
  - *Prendre garde à la compétition d'usage des sols (directe et indirecte)*



## De nouvelles technologies pour un autre type de ressources: la lignocellulose

- La biomasse lignocellulosique fait référence à la biomasse végétale qui est composée de cellulose, hémicellulose et lignine.
- Les polymères d'hydrates de carbone (cellulose et les hémicelluloses) sont étroitement liés à la lignine, par l'hydrogène et les liaisons covalentes.





# De nouvelles technologies pour un autre type de ressources: la lignocellulose

Les ressources à l'étude – la biomasse actuellement mobilisable

## ■ Les résidus agricoles

## ■ Les résidus forestiers

### ■ Résidus de culture



surplus de paille



chaume de maïs



bagasse de canne à sucre

### ■ Surplus de taillis



### ■ Issu de silo



### ■ Rémanents et bois de rebut



# De nouvelles technologies pour un autre type de ressources: la lignocellulose

Les ressources à l'étude – les cultures dédiées expérimentées

■ **Cultures annuelles plantes entières**



*Triticale*



*Sorgho sucre & sorgho fibre*

■ **Pérennes à forte productivité**



*Miscanthus*

■ **TCR**



*TCR de Saule*



*TCR de Peuplier*



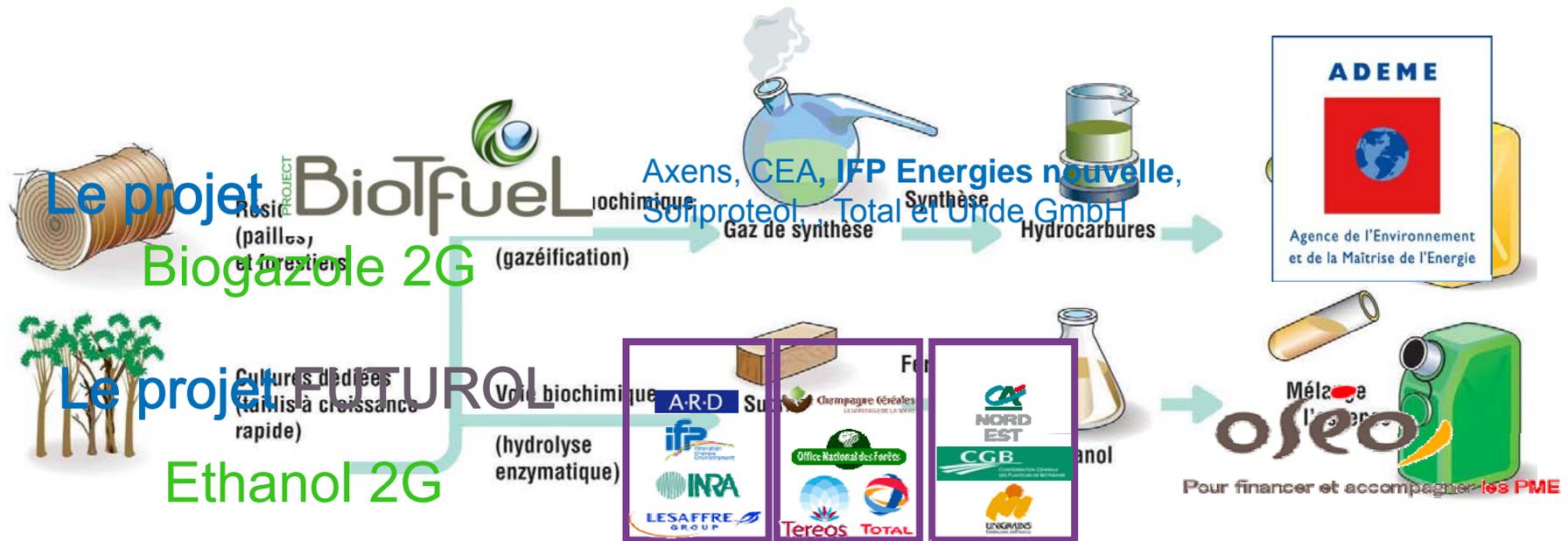
*Fétuque élevée*



*Switchgrass*

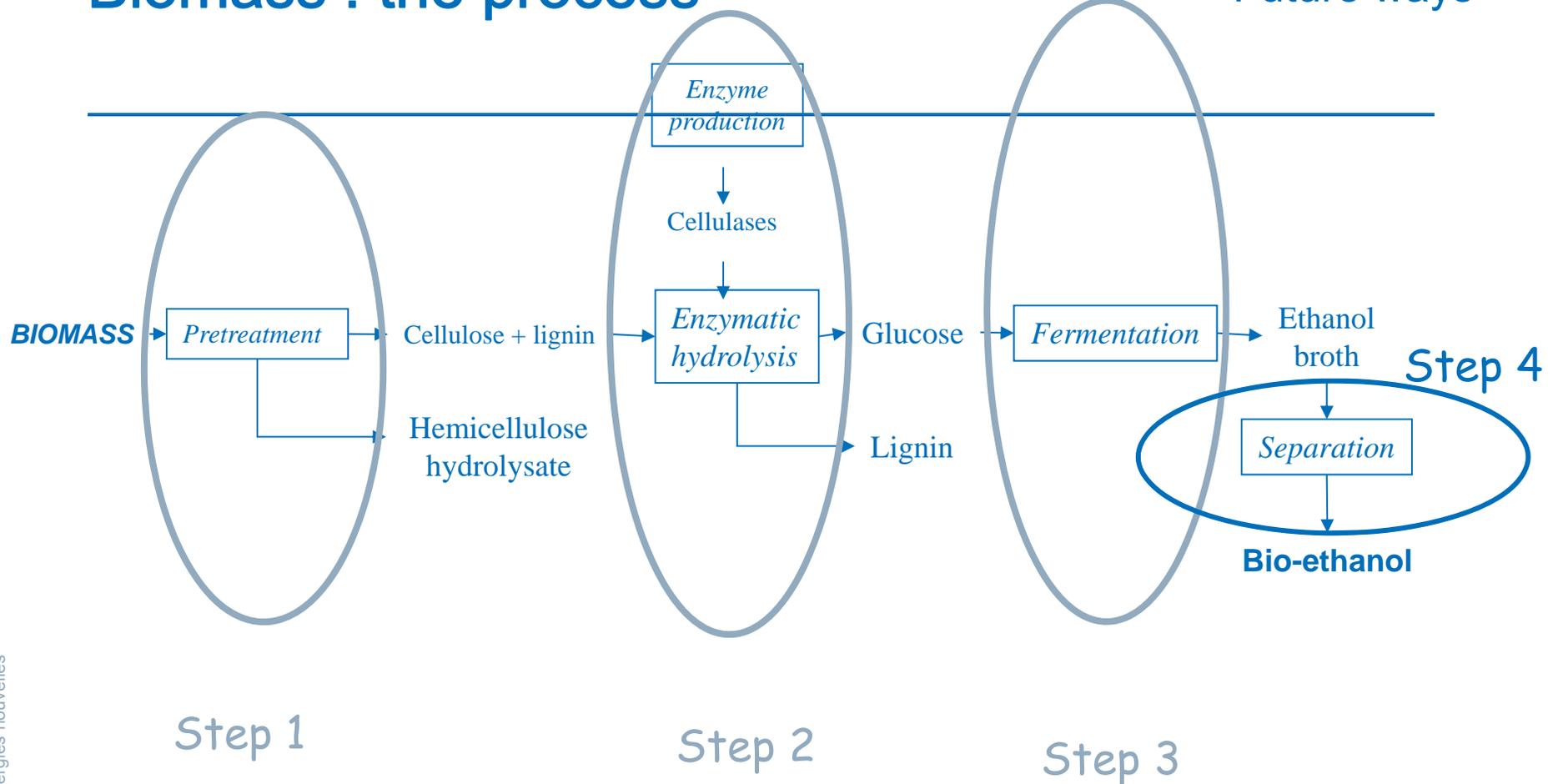


# Les biocarburants du futur (2<sup>em</sup> génération)



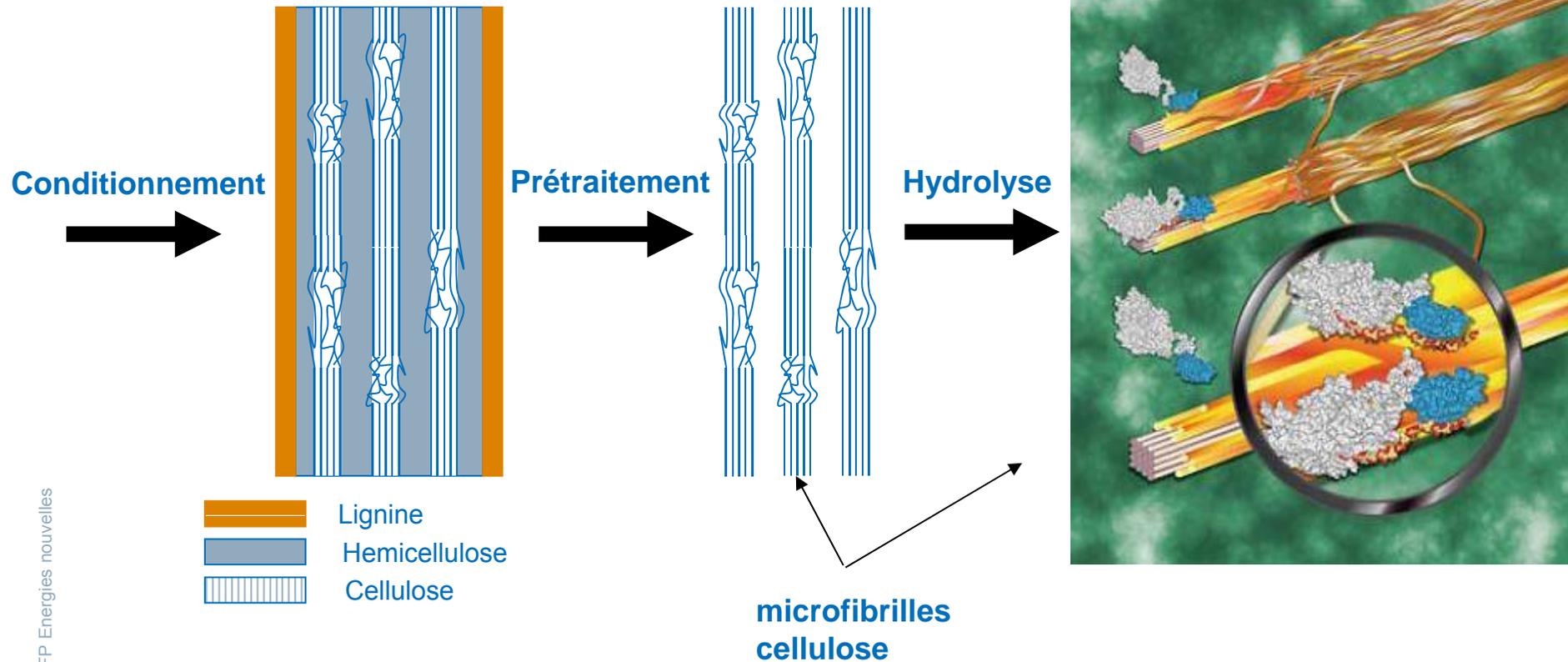
# Ethanol Production from Lignocellulosic Biomass : the process

Future ways

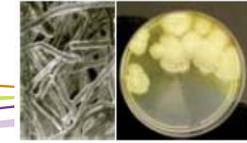


## Principe de la Libération des Sucres

Action des enzymes CBH



# LE PROCEDE



COPRODUITS AGRICOLES  
ET FORESTIERS  
RESIDUS  
BIOMASSE DEDIEE



**PRETRAITEMENT**

BIOMASSE  
PRETRAITEE

BACTERIES  
CHAMPIGNONS

ENZYMES

**HYDROLYSE  
ENZYMATIQUE**

SUBSTRAT  
FERMENTESCIBLE

**DISTILLATION**

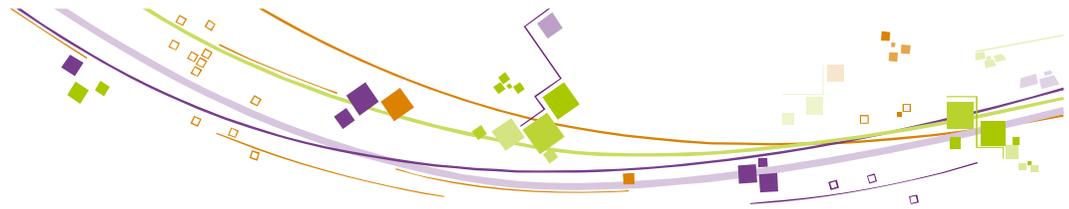
ETHANOL

**FERMENTATION**

LEVURES



# Le projet FUTUROL



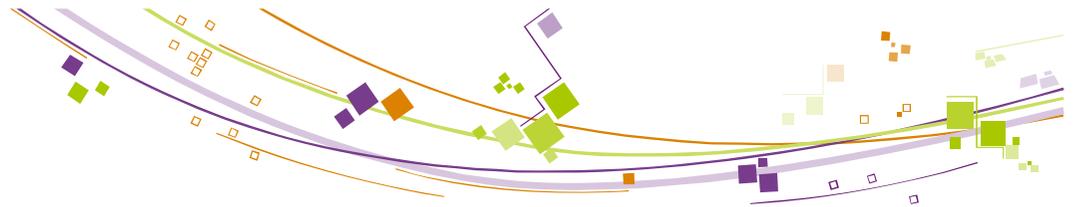
- Budget : 74 M€ avec un soutien d'Oséo
- 11 partenaires



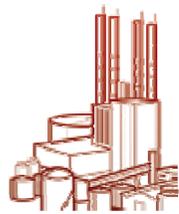
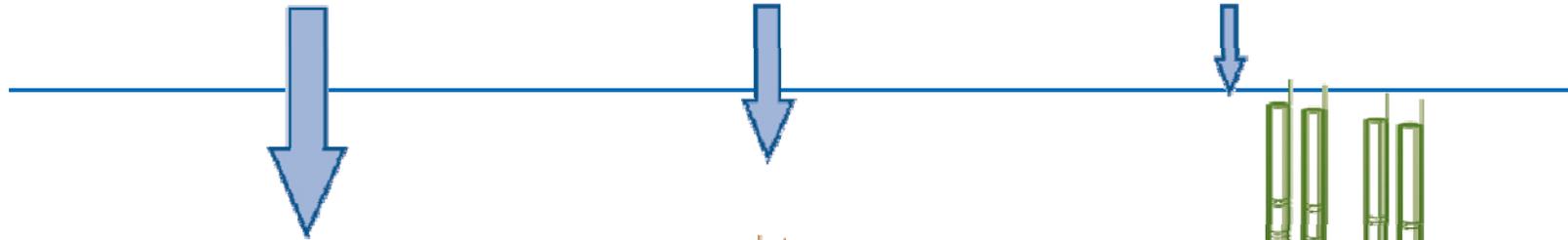
Pour financer et accompagner les PME

ACTEURS R&D	ACTEURS INDUSTRIELS	ACTEURS FINANCIERS
   	   	  

- Initié et labellisé par le pôle de compétitivité Industrie et Agro Ressources (IAR)
- Porté par la société Procéthol-2G

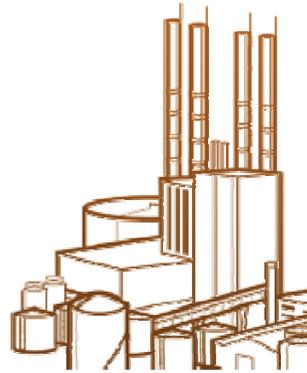


**LABORATOIRE**



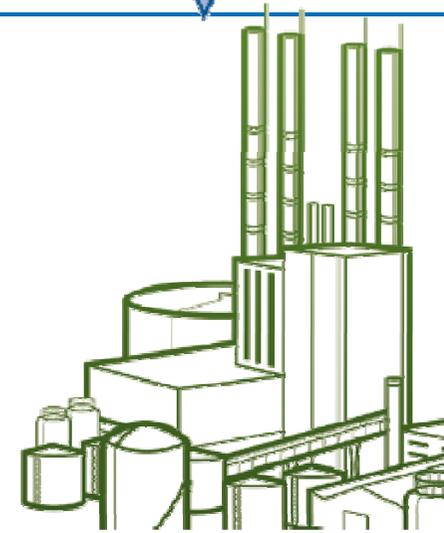
**PILOTE**  
180.000 litres/an

**2010**



**PROTOTYPE**  
3.500.000 litres/an

**2015**



**UNITÉ INDUSTRIELLE**  
180.000.000 litres/an

**2016**



**FACTEUR 20**

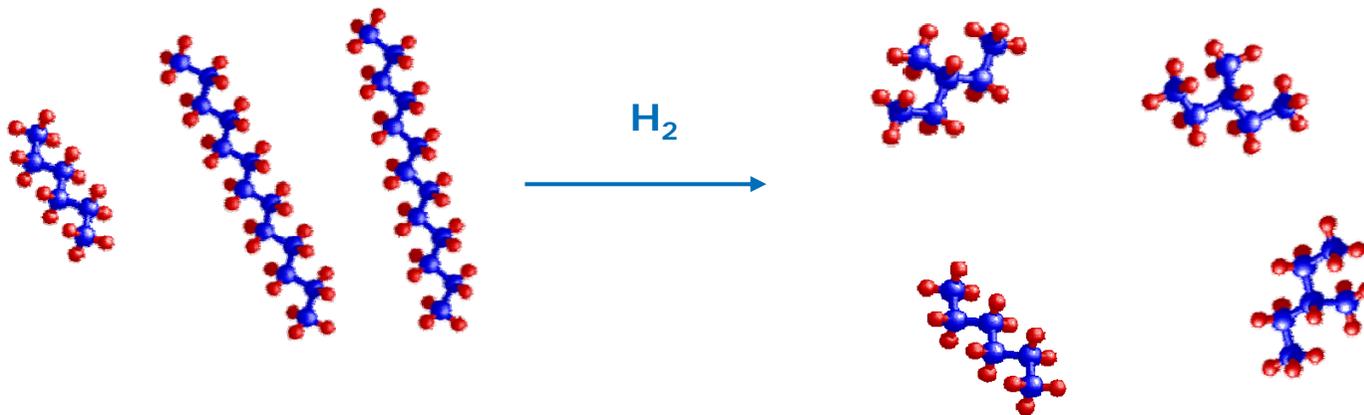
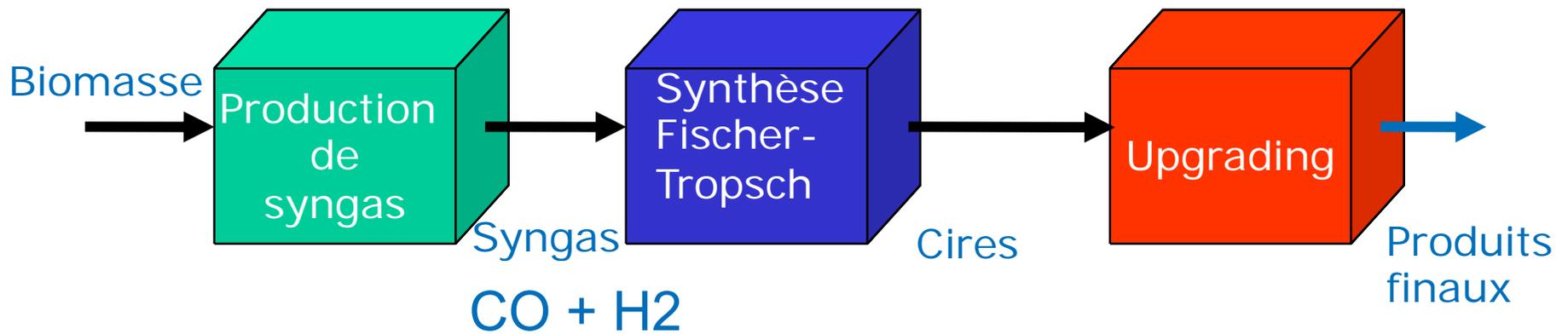


**FACTEUR 50**



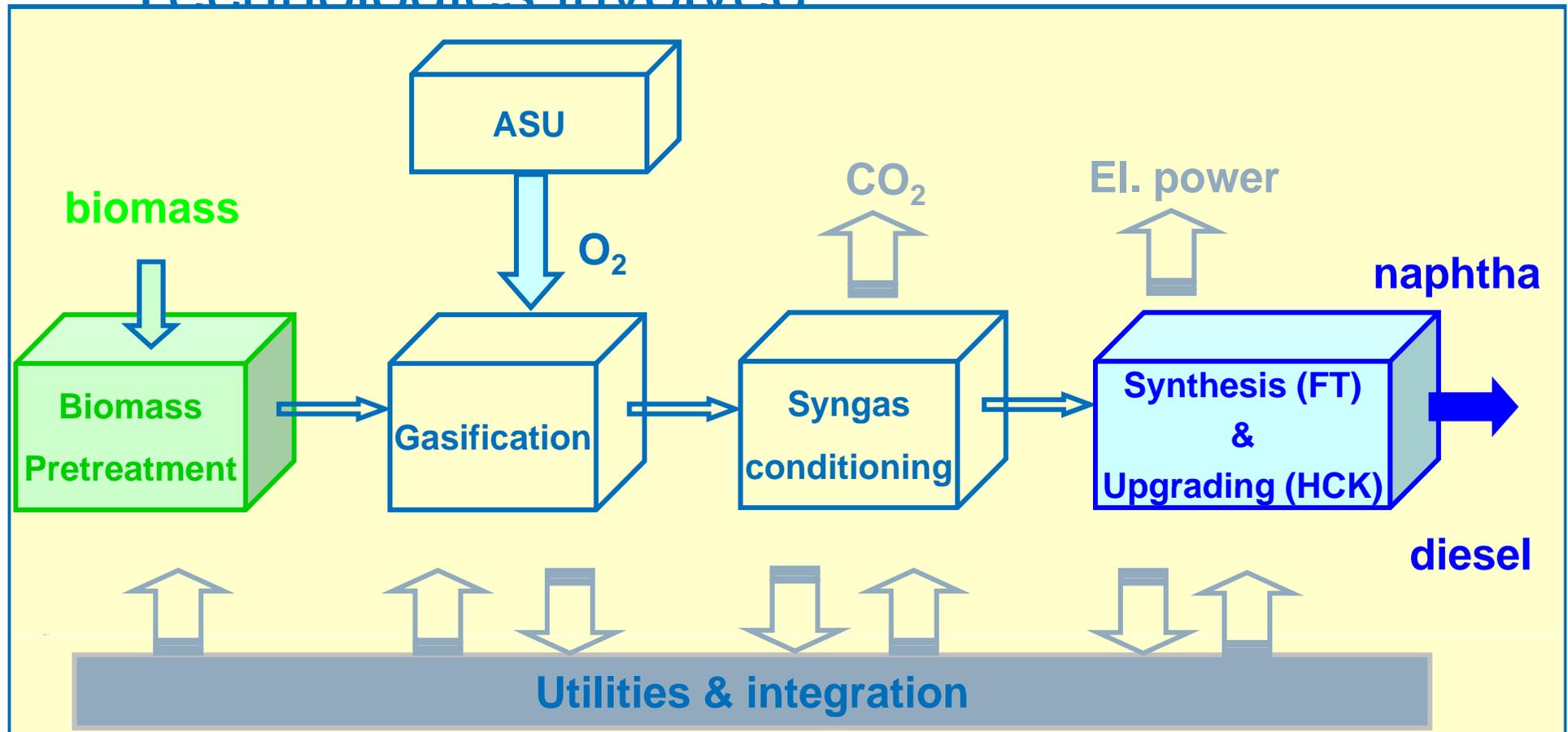
# Biogazole 2G

## Le procédé BtL (Biomass to liquids)



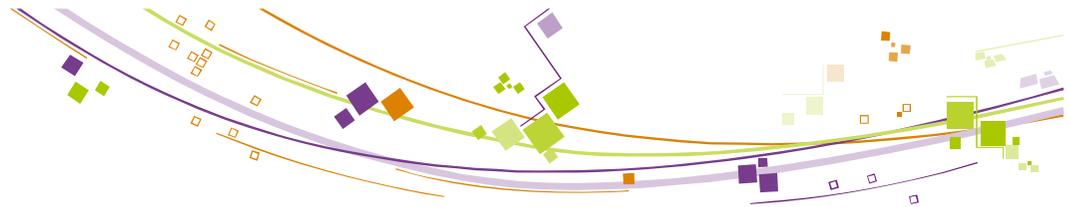


# BtL : Biohydrocarbons Technologies involved

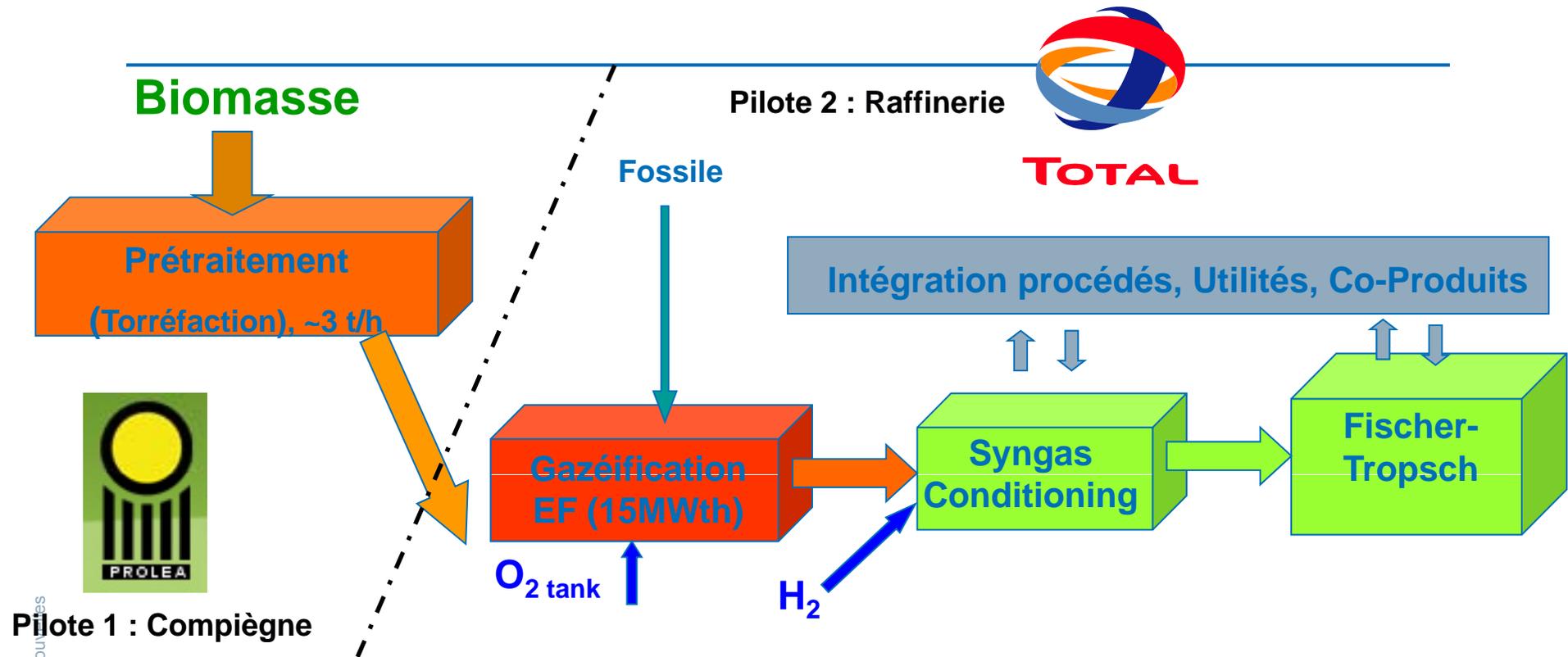


**XTL chain = complex process, looks like GTL...**

**≠ 1<sup>st</sup> generation biofuels**



# BioTfuel: Pilotes multi-échelles

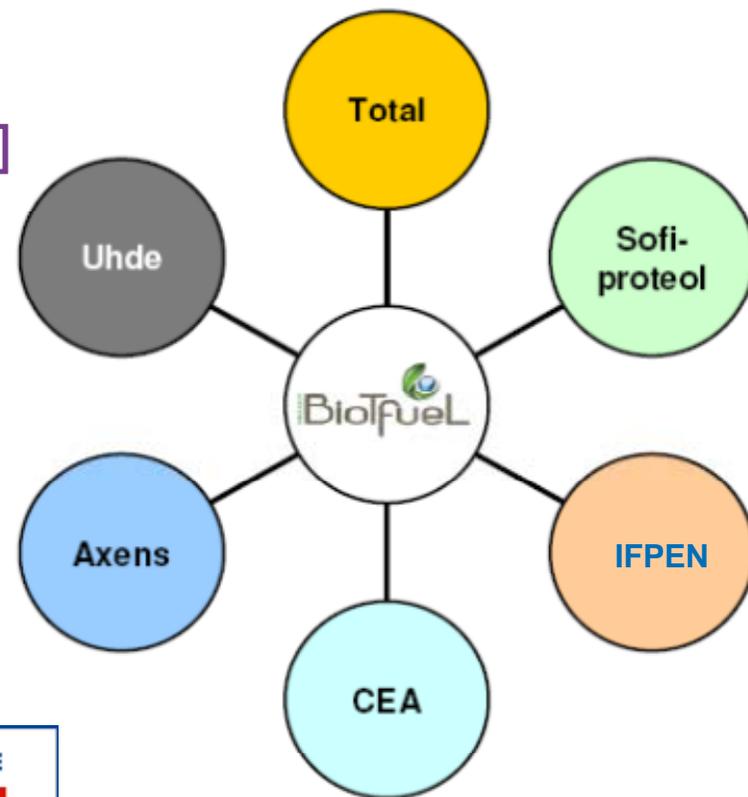


Etudes technico-économiques, PI, ACV et évaluations multicritères, matériaux & corrosion, analyses, HSE, traitement des rejets, intégration des process, modélisation & simulation, études d'extrapolation, management du projet



# BioTfuel chiffres clefs & objectifs

- Le projet BioTfuel:
  - 7 années de programme [2010- 2016]
    - R&D = 7 ans
    - Programme de test = 5 ans
  - 6 partenaires
  - 2 sites pour les unités de démo
    - Sofiprotéol site de Venette
    - Total site de Dunkerque
  - Budget = 112.7 M€
    - Soutiens publics: 33.3 M€

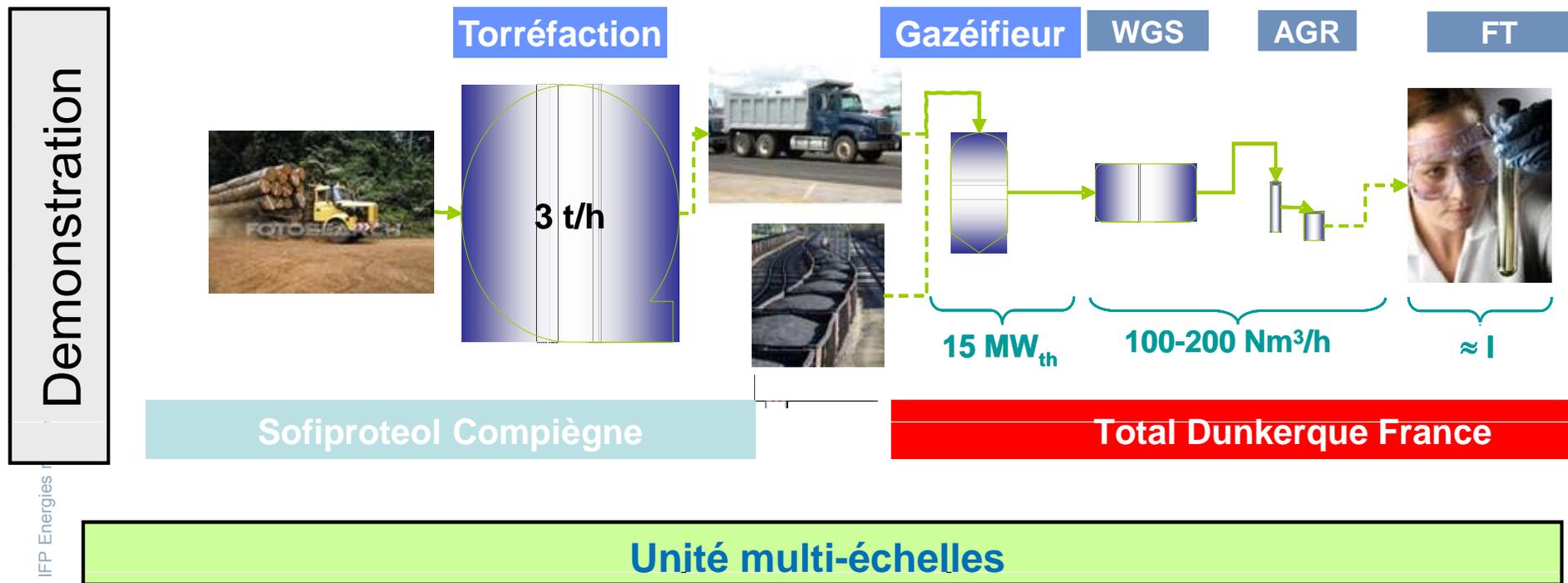


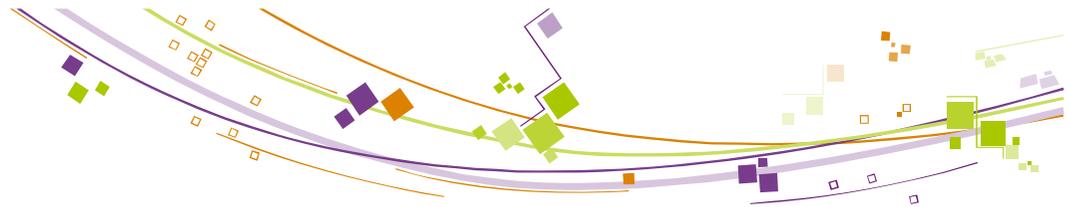


➤ Les unités de démonstration du projet BioTfuel:

▪ Unités multi-échelles pour

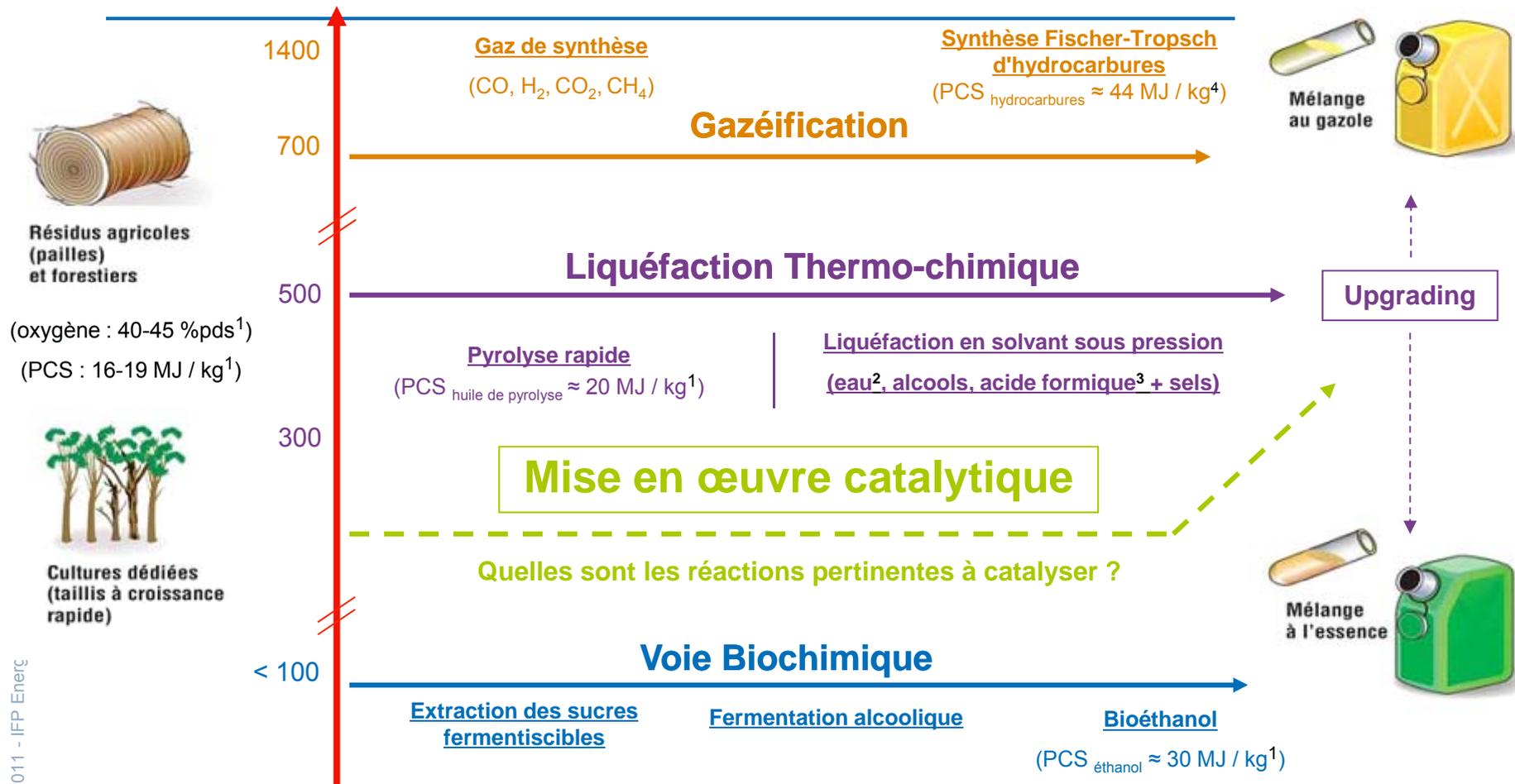
- obtenir les données permettant l'extrapolation à grande échelle
- valider différents schémas et configurations d'unité





# Voie de conversion de la lignocellulose

Température (°C)



<sup>1</sup>[Huber et al., 2006]    <sup>2</sup>[Goudriaan et al., 2000]    <sup>3</sup>[Kleinert et al., 2008]    <sup>4</sup>[Norton et al., 1998]

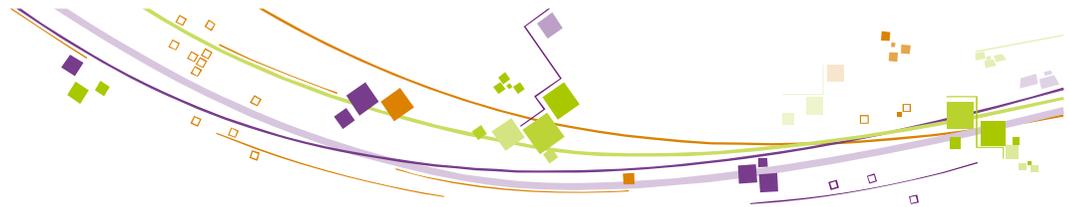


## Biomasse et Biocarburants (3)

---

- **Microorganismes : filière de troisième génération**
  - **algues**
  - **bactéries, levures**
    - Compétition avec l'alimentaire?
    - Compétition d'usage des sols ?
    - Productivité à l'ha
    - Ressources en rupture :
      - Production de lipides
      - Production d'hydrocarbures

Potentiel pour la production de biocarburants?



## Potentiel de production de biodiesel ou de biokérosène

Ressource	Productivité (L/ha)
Maïs	172
Soja	446
Colza	1190
Jatropha	
Noix de coco	
Huile de palme	5950
Micro-algues (à 70 % huile)	136 900
Micro-algues (à 30 % huile)	58 700

Une 3<sup>e</sup> génération ?

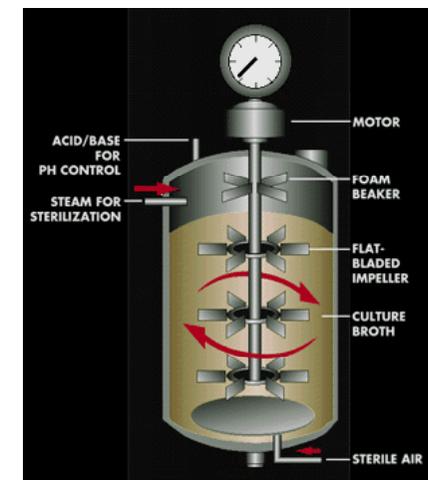
## 1- Algae production

- Two types of algae:
  - Autotrophic: Grow with light and inorganic carbon CO<sub>2</sub>
  - Heterotrophic: Grow without light with any organic source of carbon
- Three types of growing processes:
  - Open reactors: Raceway pond – lower yields
  - Tubular photo bioreactors many existing shapes
  - Fermentation (for heterotrophic algae) – best yields but only at lab scales

Raceway pond

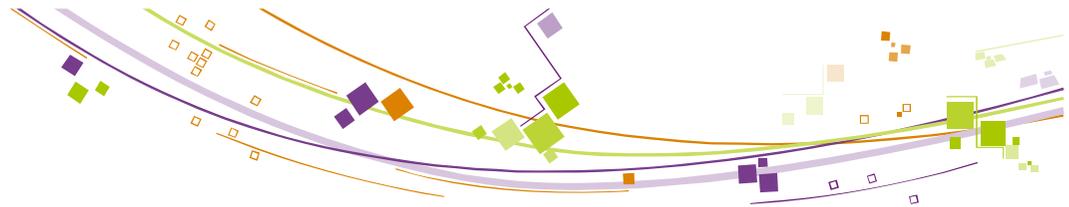


Fermentation



Tubular photo bioreactors

Nancy, Académie des sciences de Lorraine, 24 juin 2012, Dr. X. Montagne



## Molécules biosourcées (4)

---

- Transformation chimique de la biomasse:
  - Nouvelle approche du traitement de la cellulose : hydrolyse catalytique, pour aller vers des molécules d'intérêt (ex acide lactique)
  - Reforming de sucre par catalyse hétérogène : cible carburant – coupe essence - et aromatiques
  - Transformation chimique/biochimique d'intermédiaires issus de biomasse
    - Ethanol to Jet, to Diesel
    - Alcool to Jet
    - Sugar to Alcan (id reforming des sucres)

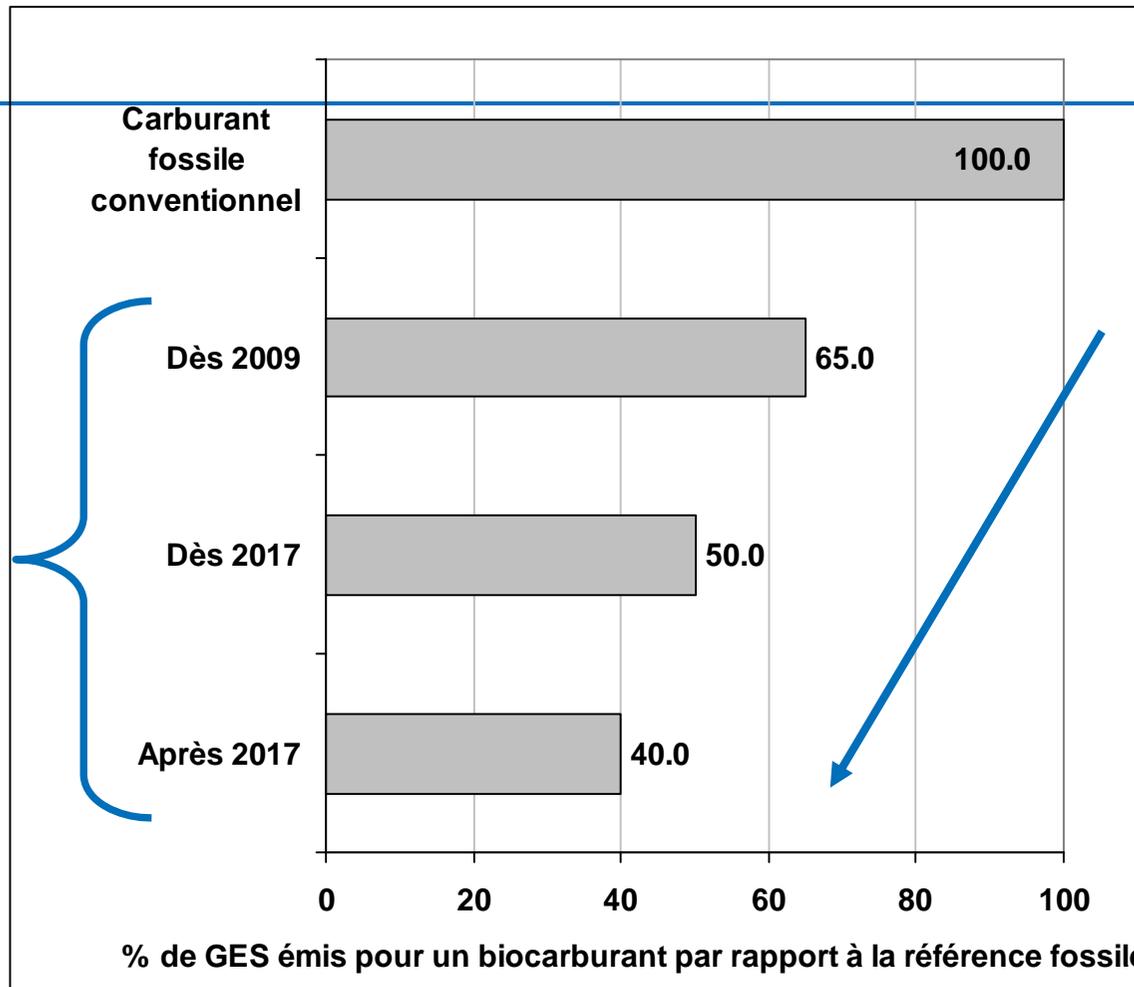


# Biocarburants et développement durable

---

- Biomasse et biocarburants :
  - bilan GES des G1 et G2
- La directive européenne EnR impose le respect de critères de durabilité pour qu'une filière soit éligible

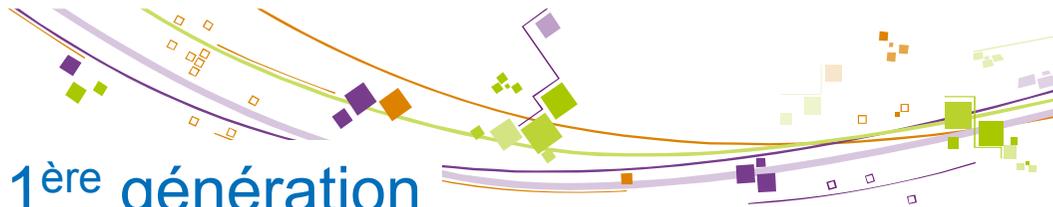
# Biocarburants critères de durabilité UE



Réduction des émissions de CO2

[1] Directive 2009/28/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables et modifiant puis abrogeant les directives 2001/77/CE et 2003/30/CE

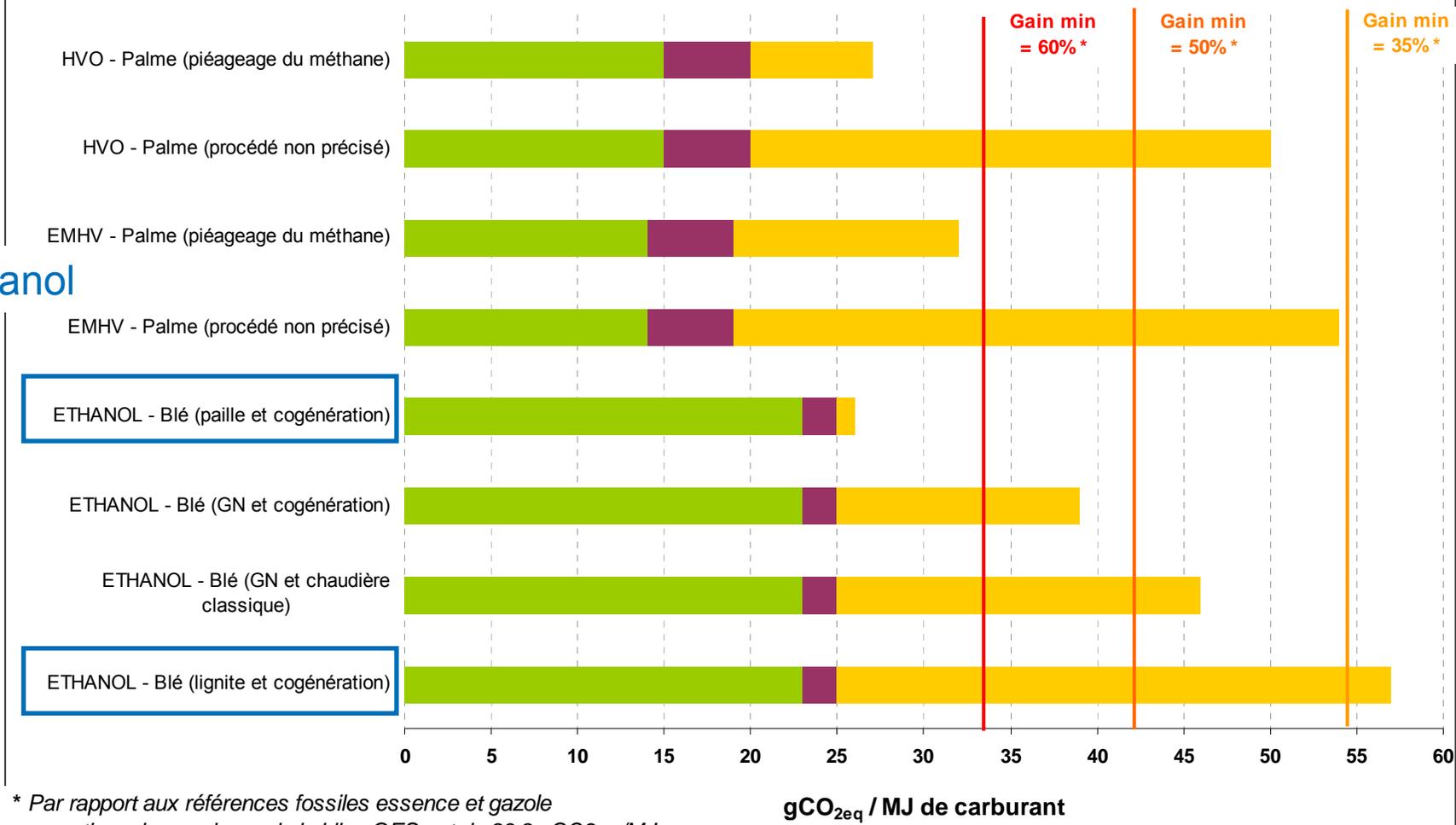
# Biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération



## Bilan GES du puits à la roue des filières biocarburants existantes

Source : Directive 2009/28/CE du 23.04.2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (Valeurs types détaillées)

■ Culture de la ressource   ■ Etapes de transport (ressource et carburant)   ■ Conversion

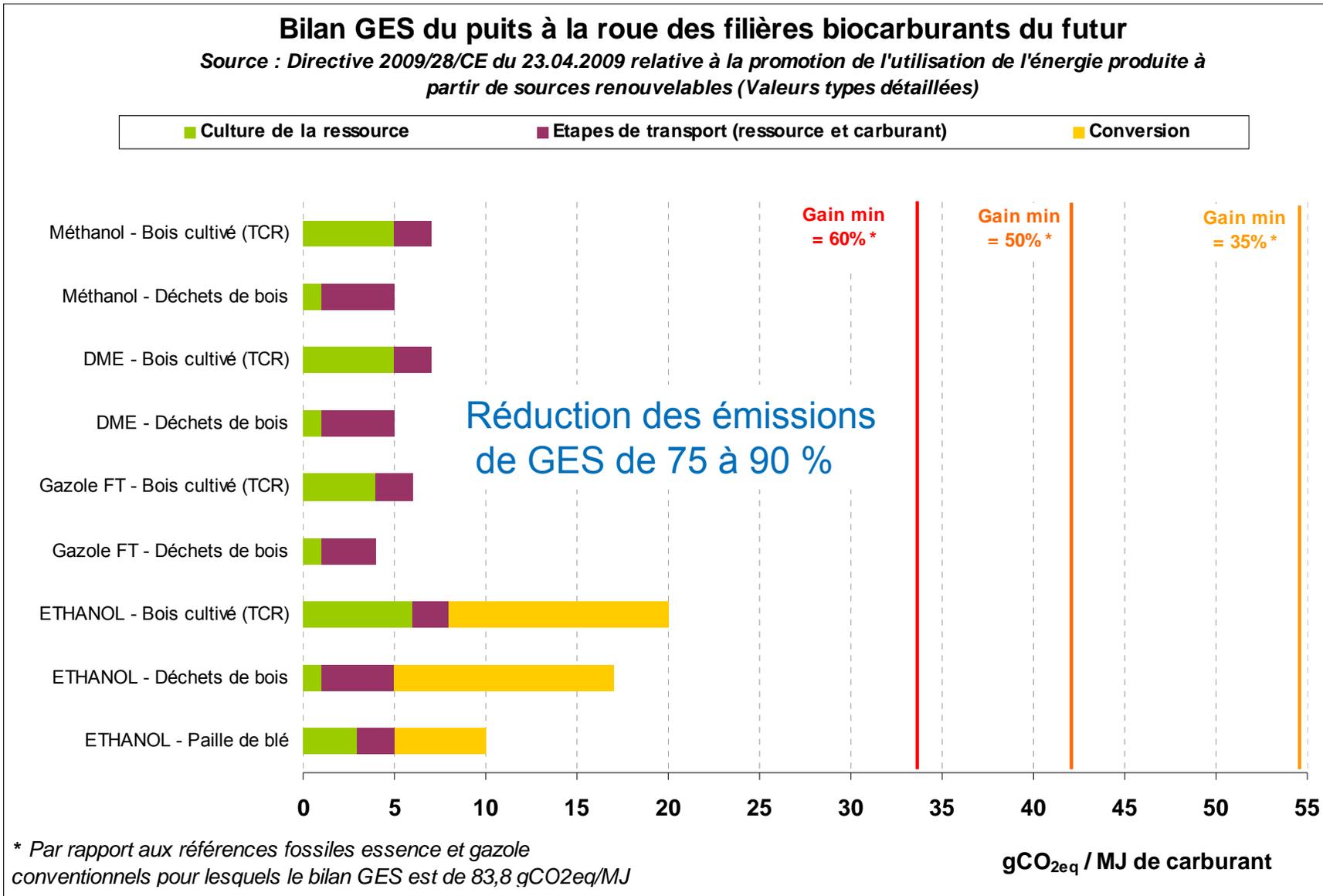
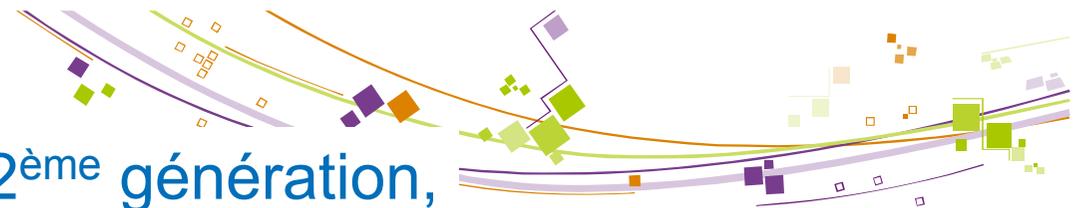


### Ethanol

© 2011 - IFP Energies nouvelles

\* Par rapport aux références fossiles essence et gazole conventionnels pour lesquels le bilan GES est de 83,8 gCO<sub>2eq</sub>/MJ

# Biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération,

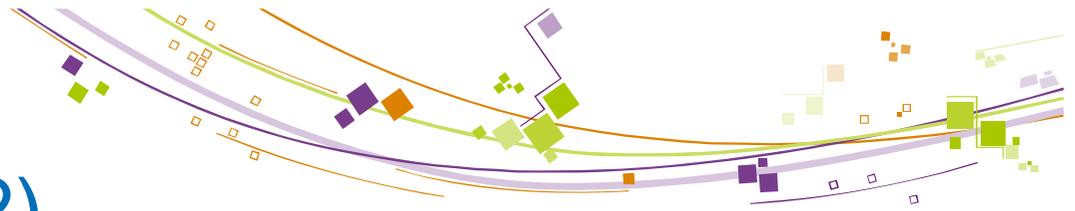




# CONCLUSIONS (1) : biocarburants : de la G1 à la G3

---

- Les biocarburants ont la capacité de
  - réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des transports
  - améliorer l'indépendance énergétique
- La 1<sup>ère</sup> génération est une réalité industrielle qui répond à ces questions mais elle plafonne en capacités et performances
- La 2<sup>ème</sup> génération est en préparation et permettra de compléter significativement l'offre à partir de 2020



## CONCLUSIONS (2)

### biocarburants : de la G1 à la G3

---

- La 3<sup>ème</sup> génération n'a pas encore montré son potentiel pour une production de carburants mais pourrait permettre d'atteindre des productivités plus élevées
- De nouvelles approches de transformation de la biomasse conduiront à élargir les possibilités pour la production d'énergie mais aussi pour la chimie, les matériaux, ...