

# Les Biocarburants de seconde génération : état de l'art et perspectives

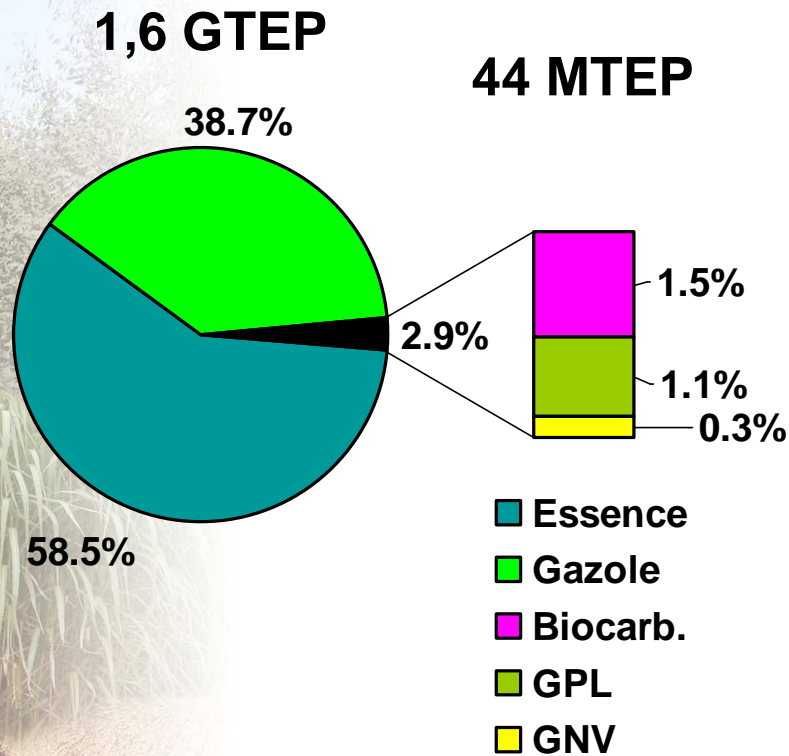
Jean-François GRUSON  
Frédéric MONOT  
IFP



1. Introduction: un phénomène mondial
2. Biocarburants de 1ère génération et équivalents
3. Les nouvelles filières : génération 2
  - Un enjeu: les potentiels de production
  - Un défi: les technologies et l'économie
  - Un crédit: les bilans environnementaux...

## *Les carburants alternatifs aujourd'hui*

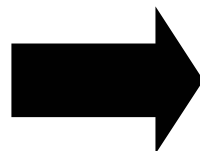
### Consommation mondiale d'énergie dans le secteur des transports en 2005



### *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>, etc)
- Réduire la pollution locale due à l'automobile : CO, HC, NO<sub>x</sub>, fines particules, O<sub>3</sub>

... Dans des conditions économiques acceptables...

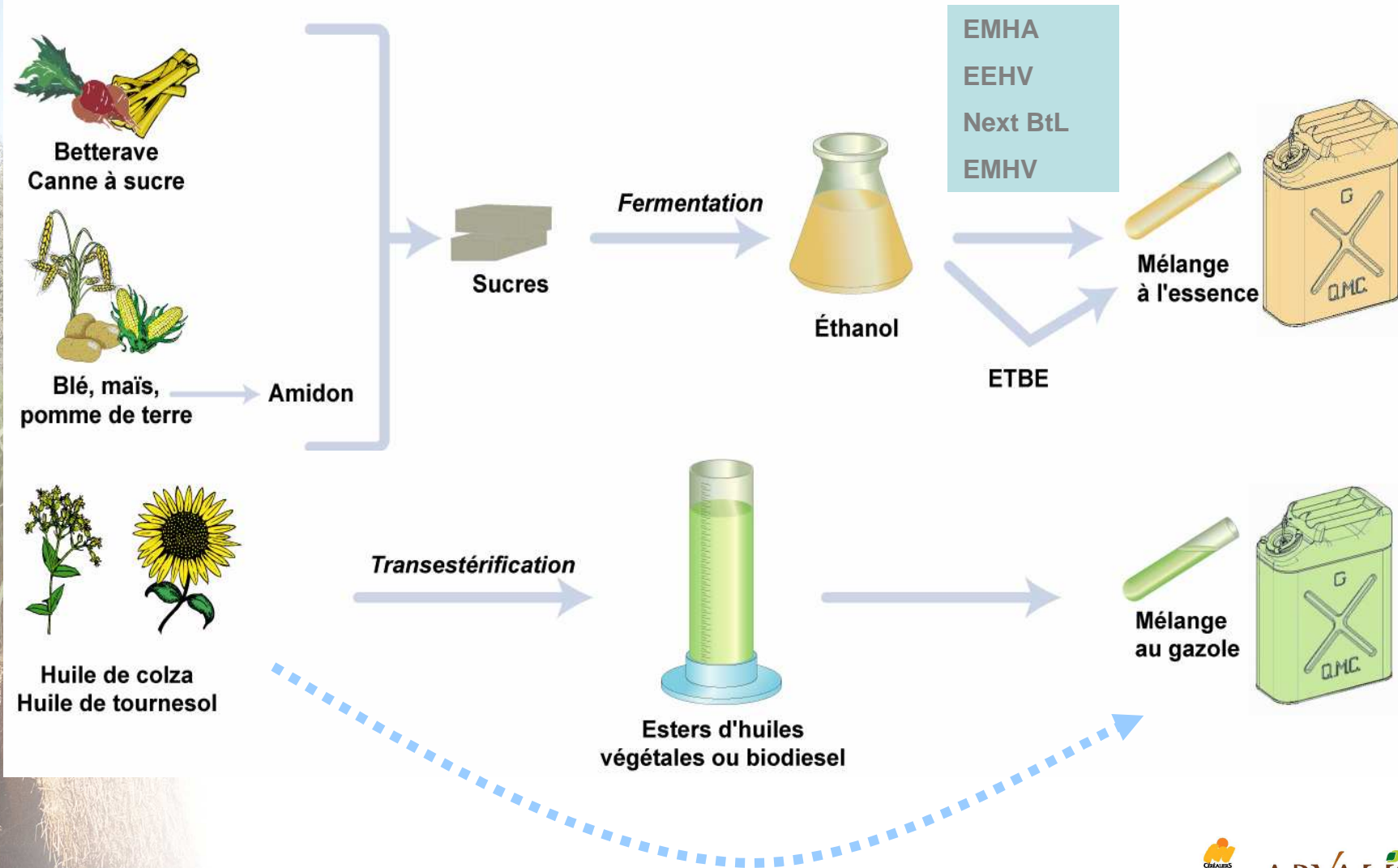


**Les biocarburants, une solution répondant à ces enjeux**

1. Introduction: un phénomène mondial
2. Biocarburants de 1ère génération et équivalents
3. Les nouvelles filières : génération 2
  - Un enjeu: les potentiels de production
  - Un défi: les technologies et l'économie
  - Un crédit: les bilans environnementaux...

# Biocarburants de 1ère génération

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



© ifp

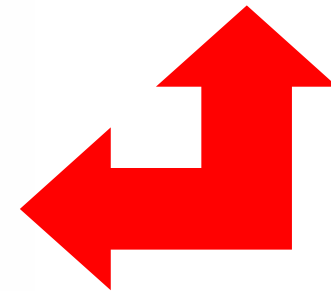
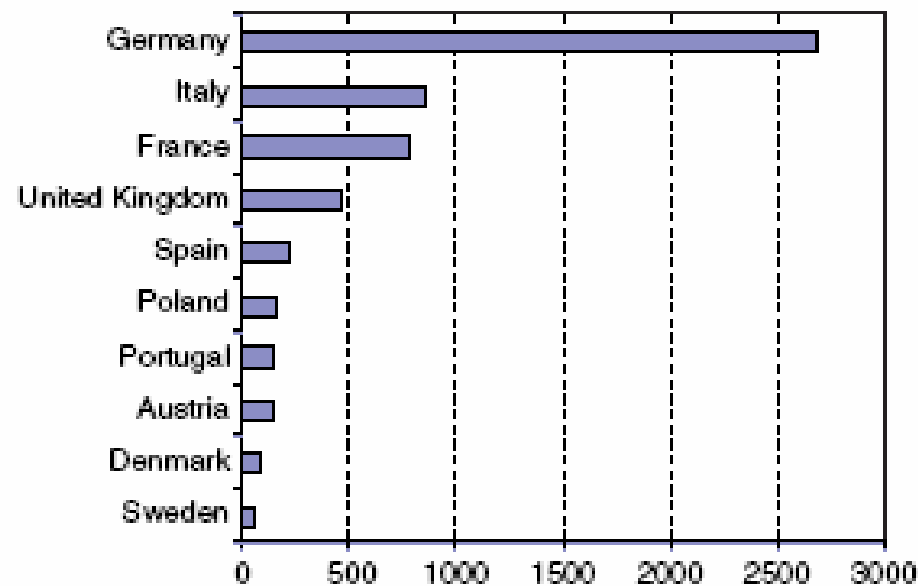
## *L'évolution en Europe*

**En 2005 : 4,2 Mt or 3,5 Mtep (+70% comparé à 2004)**

**80% of EMHV**

**1,2% de la consommation de l' UE dans les transports routiers  
(objectif : 2%)**

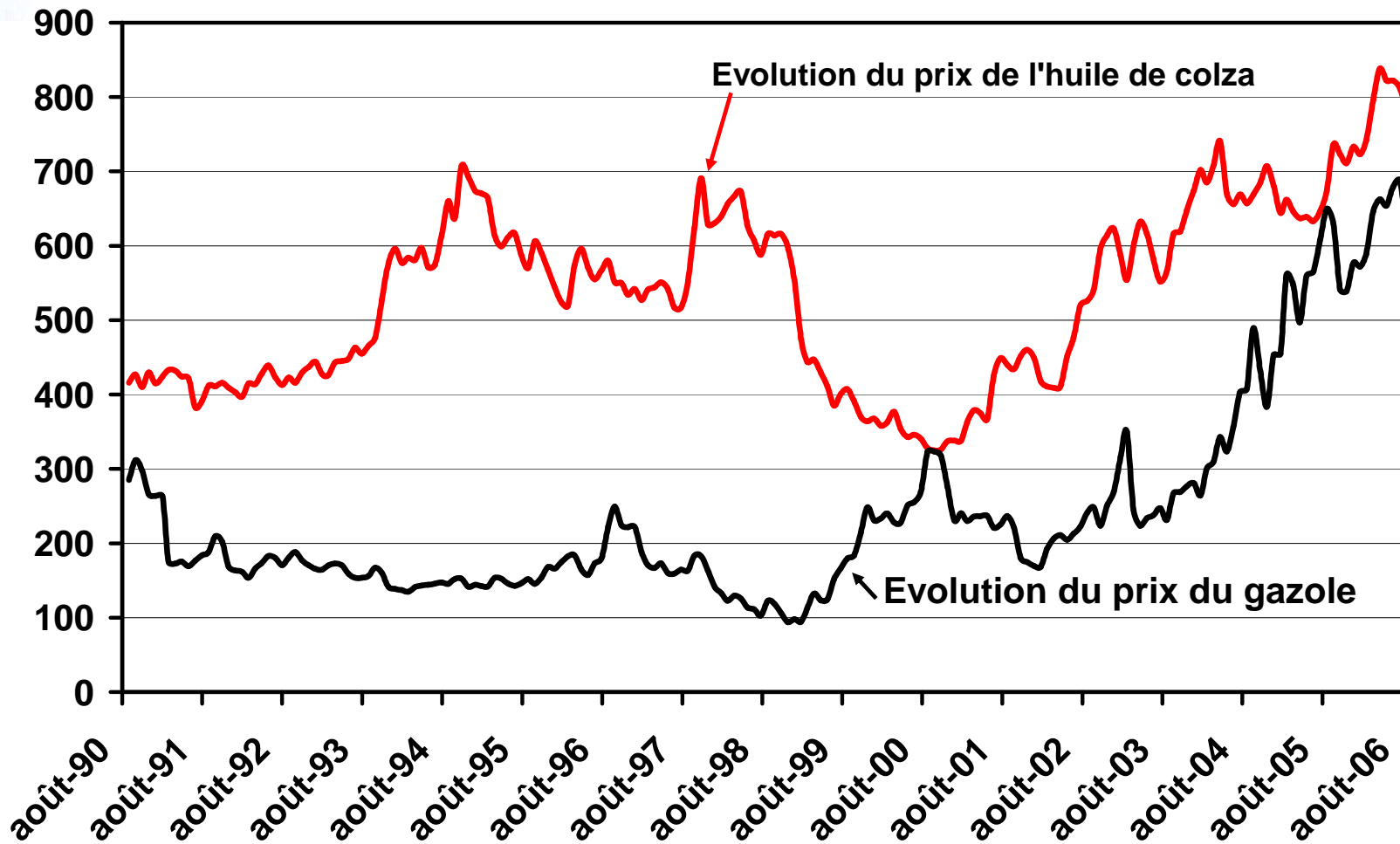
**mais un fort accroissement des capacités en 2006 : 6,1 Mt**



# L'économies des biocarburants

## Les EMHV

Évolution comparée du prix d'huile de colza et du gazole en Europe  
\$/t



# La biomasse en Europe

## Des solutions pour satisfaire la demande : Intérêts et Limites

- L'utilisation du surplus agricole:
  - peu coûteuse
  - relativement simple à mettre en place
  - forte concurrence du marché alimentaire extra-européen sur les produits agricoles mobilisés
- Le recours à l'importation:
  - offre de matière première facilement adaptable aux besoins
  - peu d'intérêt à grande échelle pour les pays "agricoles"
  - solution incontournable pour les "petits pays"
- L'utilisation du surplus ligno-cellulosique à plus long terme:
  - volumes disponibles importants, pas de surface supplémentaire
  - concurrence des usages (électricité, bois énergie, biomatériaux etc.)
  - difficultés d'approvisionnement
  - procédés de conversion au stade R&D

**Surplus: 74 Mt de produits agricoles sur 8,2 Mha dont 90% de surface de céréales**

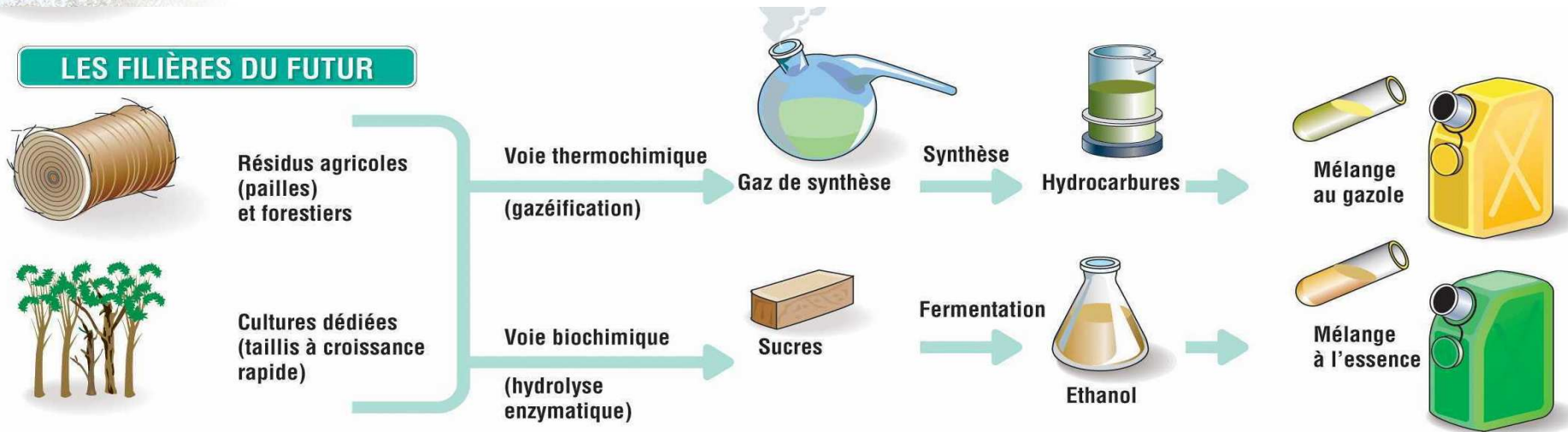


1. Introduction: un phénomène mondial
2. Biocarburants de 1ère génération et équivalents
3. Les nouvelles filières : génération 2
  - Un enjeu: les potentiels de production
  - Un défi: les technologies et l'économie
  - Un crédit: les bilans environnementaux...

# Les nouvelles filières : génération 2

## Utilisation du surplus ligno-cellulosique

- A partir de ~ 2015:



## *Les nouvelles filières*

### *Objectifs*

- Production de biocarburants à partir de résidus agricoles et forestiers, de cultures dédiées et de déchets organiques
- **Avantages :**
  - Coût des matières premières faible a priori,
  - Des ressources supplémentaires
  - Pas de compétition avec la filière alimentaire,
  - Pas de co-produits et volumes de biocarburants produits plus importants
  - place pour l'innovation technologique
  - qualité des carburants "BTL"

# Quels potentiels pour les biocarburants en 2010 (UE)

Mt/an			Scénario ETOH	Scénario EMHV	Scénario BtL	Scénario DME
<b>Surplus agricole</b>	Betterave	40	Éthanol	1,9	1,9	1,9
	Blé, Maïs	51	Éthanol	11		
	ou Colza, Tournesol	28	Diester		11,3	
	ou Bois	91	BtL		14	
			DME			20
<b>Jachère</b>	Blé, Maïs	20	Éthanol	4,3		
	ou Colza, Tournesol	13	Diester		4,45	
	ou Bois	36	BtL		5,6	
			DME			8
<b>Forêts</b>	Bois (déchet)	20	Éthanol	3		
			BtL		3,15	3,15
			DME			4,5
<b>Agriculture</b>	Bois (paille)	14,3 (MTEP)	Éthanol	6	6	6
Demande des transports routiers EU 25 + N+ S			Éthanol	26,2	7,9	7,9
			Diester		15,75	
			BtL		3,15	22,75
			DME			32,5
			<b>Total</b>			<b>26,2</b>

MTEP

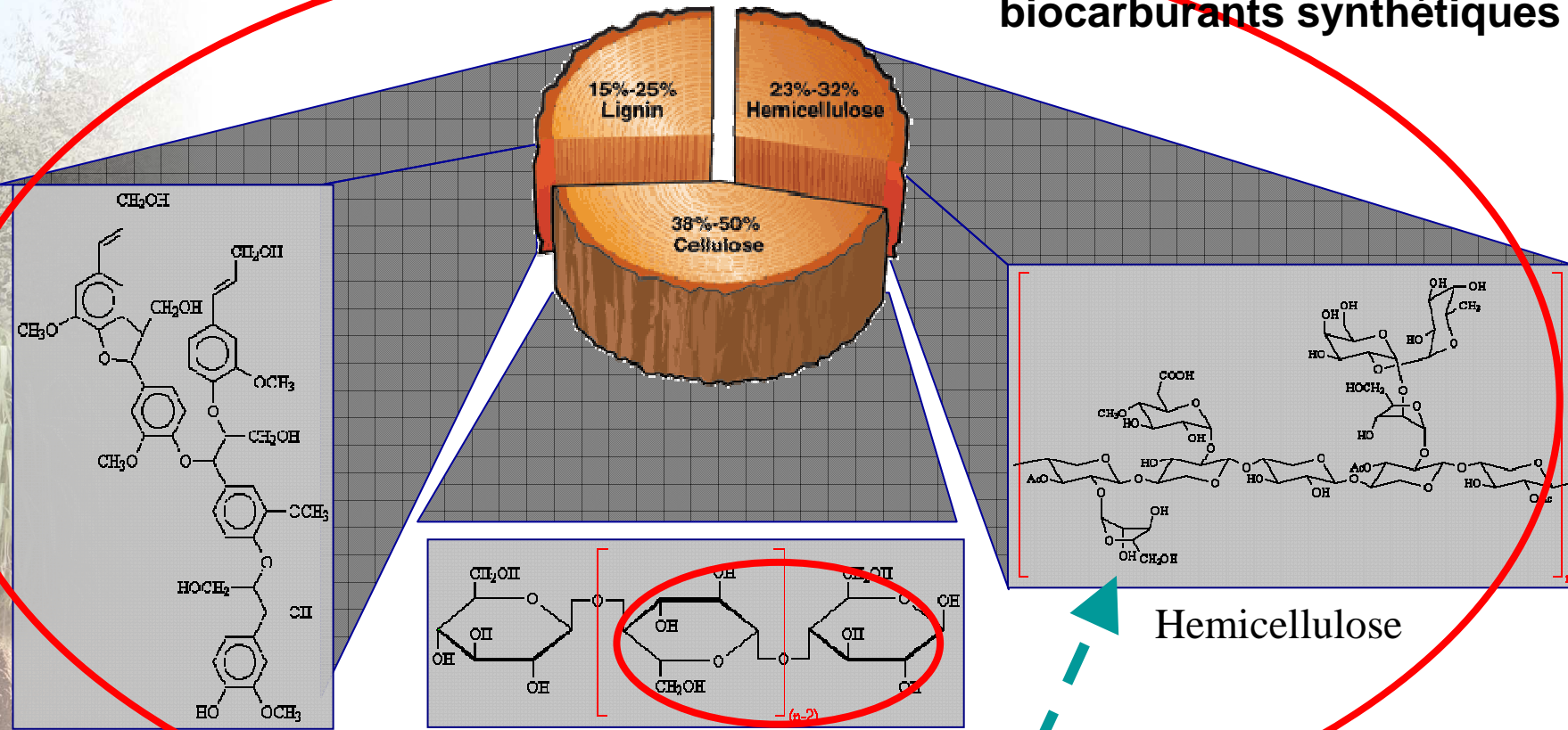
Source : JRC/EUCAR/CONCAWE, 2004

	2010
Essence	137
Gazole	194
<b>Totale</b>	<b>331</b>

# Les nouvelles filières : générations 2

**Gazéification : CO+H<sub>2</sub>**

**biocarburants synthétiques**



Lignine

Cellulose

Hemicellulose

**Sucre : hydrolyses enzymatiques  
et fermentation (ethanol)**

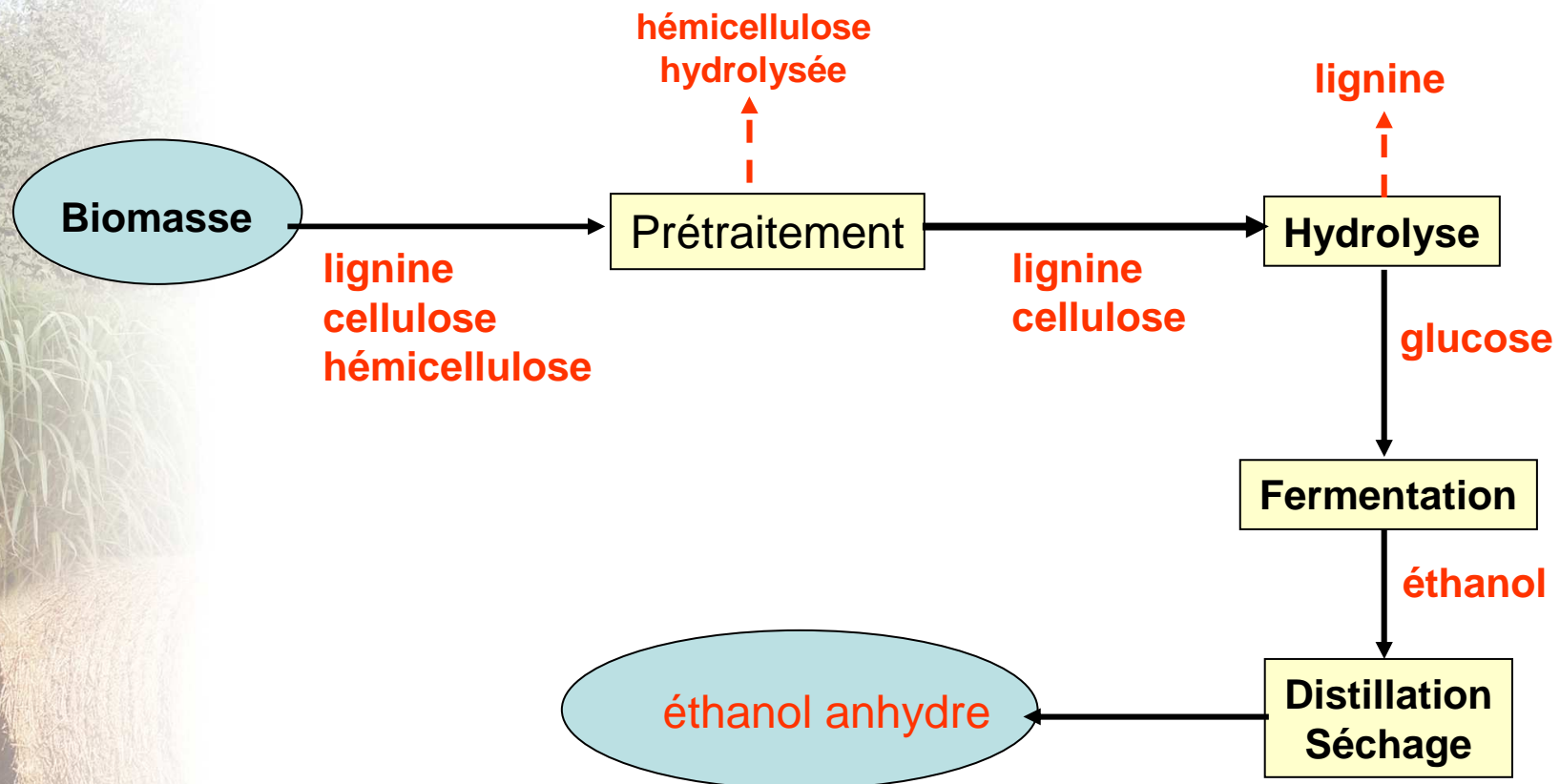
# *Ethanol lignocellulosique : la matière première*

- Composition

Biomasse	Lignine (%)	Cellulose (%)	Hémicellulose (%)
Bois tendre	27-30	35-40	25-30
Bois dur	20-25	45-50	20-25
Paille de blé	15-20	33-43	20-25

## Ethanol lignocellulosique : le procédé (1)

- Quatre étapes principales



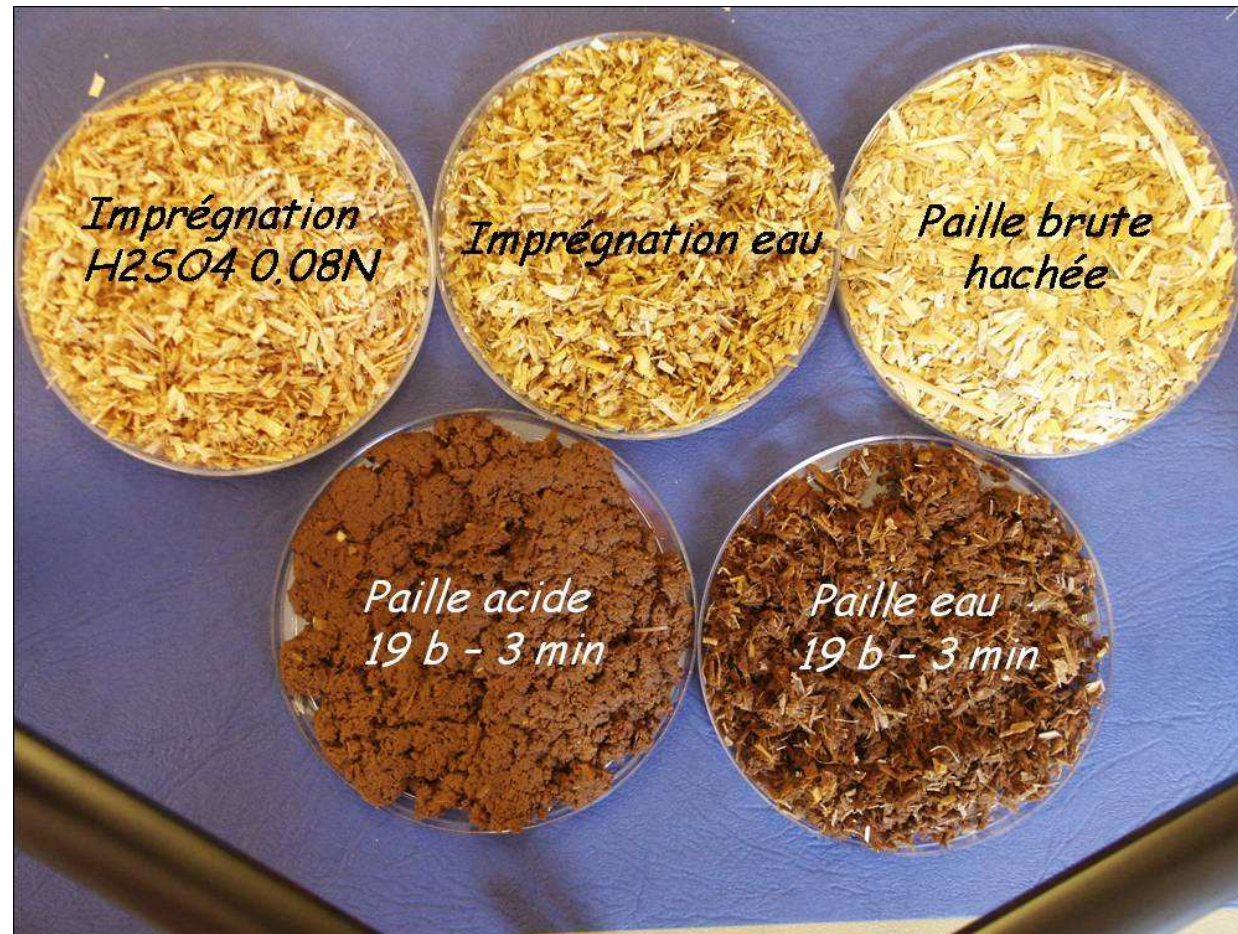
## *Ethanol lignocellulosique : le procédé (2)*

- Quatre étapes principales
  1. le prétraitement
    - ✓ vise à rendre la cellulose accessible pour son hydrolyse ultérieure
    - ✓ permet parfois un fractionnement (libération de l'hémicellulose)
    - ✓ plusieurs technologies concurrentes (explosion à la vapeur, traitement en milieu acide dilué, thermohydrolyse, ...)
    - ✓ souvent consommateur d'énergie (chauffage fréquent)



## *Ethanol lignocellulosique : le procédé (3)*

- Action d'un prétraitement par explosion à la vapeur (sur paille de blé)



## *Ethanol lignocellulosique : le procédé (4)*

- Quatre étapes principales

- 2. l'hydrolyse

- ✓ conduit à l'obtention d'un sucre fermentescible, le glucose,
    - ✓ catalysée par des acides forts ou des enzymes (cellulases);
    - ✓ catalyse enzymatique aussi efficace que l'hydrolyse acide, n'engendre pas de déchets et est conduite dans des conditions douces de température et pression;
    - ✓ l'hydrolyse enzymatique de la cellulose est plus difficile que celle de l'amidon et est beaucoup plus coûteuse (environ 30% du coût de l'éthanol)

## *Ethanol lignocellulosique : le procédé (5)*

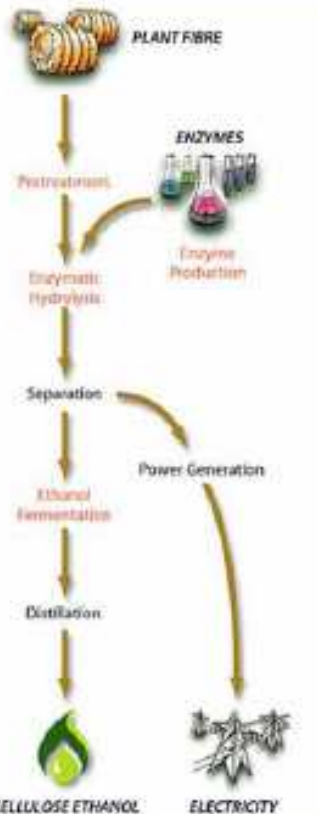
- Quatre étapes principales
  3. la fermentation
    - ✓ procédé semblable à la fermentation de l'amidon (levure) mais :
    - ☹ présence de lignine = limitation de la concentration initiale en glucose (teneur en matière sèche limitée) et donc de la teneur finale en éthanol,
    - ☠ présence éventuelle de composés toxiques libérés lors du prétraitement,
    - ☹ les sucres à 5 atomes de carbone issus des hémicelluloses ne sont pas convertis efficacement en éthanol.
  4. la distillation
    - ✓ identique à la distillation d'éthanol classique
    - ✓ nécessité de déshydrater pour un usage carburant

## *Ethanol lignocellulosique : les grands axes de recherche*

- Hydrolyse enzymatique :
  - obtenir des enzymes plus efficaces
  - diminuer le coût de production des enzymes
- Prétraitement
  - choix technologiques à effectuer : un bon prétraitement doit déstructurer la paroi végétale sans détruire les sucres (baisse du rendement et production d'inhibiteurs)
- Fermentation
  - conversion des pentoses en éthanol
  - résistance aux inhibiteurs
- Intégration du procédé
  - diminuer les consommations d'énergie
  - diminuer les demandes en eau

# Ethanol lignocellulosique

## logen: ethanol from ligno-cellulosic biomass



- Shell took minority share in logen (~US\$ 30 mln)
- Higher CO<sub>2</sub> reduction potential (90%)
- April 2004 start of eco-ethanol production
- Full scale commercial plant expected 2008/9
- Capacity 100-200 million litre; 350 – 700 Kton<sub>dm</sub> wheat straw

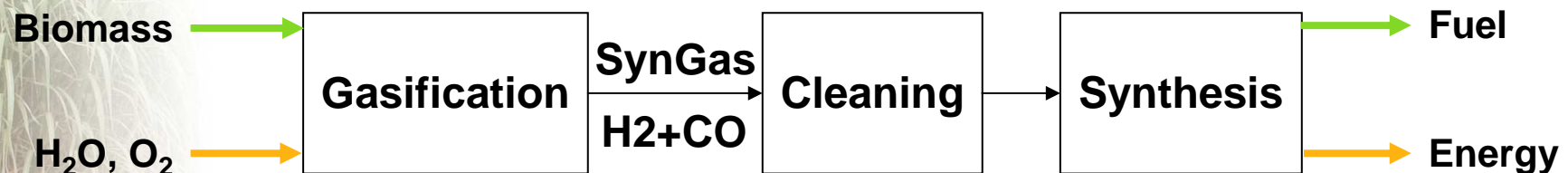


Photos: logen

# La voie thermochimique

**Pourquoi? pour répondre à la demande de gazole croissante en Europe particulièrement et pour fournir au transport aérien un "biojet"**

- Biomass gasification is the blocking technology  
it does not exist at an industrial level to produce biofuels
- Fischer-Tropsch synthesis  
It already exists at an industrial level (as for methanol or DME),



## *La voie thermochimique*

- Pressure
  - Disadvantage for thermodynamics
  - Advantage for the process (FT synthesis: 30 bars): avoiding compression
- N<sub>2</sub> - Inert gas leads to a high price in energy (thermal, compression)
- Pollutants
  - Tars cracked at high temperature (1300° C) or removed at low temperature
  - Inorganic compounds (corrosion, catalysts poisoning) removed at low T
- **Cleaning means low temperature**
- Recycling
  - FT synthesis by products: recycling to increase the overall mass yield
- Considering primary energy for endothermic steam gasification
  - Using oxygen lowers the mass yield (biomass burnt as primary energy)
  - Other primary energies must be CO<sub>2</sub> free (Nuclear power)

# La voie thermochimique

Quelques résultats de test pour 250 MWth (50 t/h de biomasse sèche)

Cas	(% masse) <b>C10+(C5+)</b>	rend.énergétiquz (%) <b>C10+(C5+)</b>	Bilan électrique (Mwe)
1	<b>11-14</b> (17-21)	<b>19-25</b> (29-33)	~33
2	<b>11-13</b> (15-19)	<b>28-34</b> (40-46)	~ -9 (surplus)
3	<b>16-20</b> (20-24)	<b>16-22</b> (28-34)	~125

- entre 0.7 and 1 €/litre de diesel équivalent
- Investissement pour une capacité de 50 t/h de biomasse sèche : 150 à 200 M€



## *La voie thermochimique*

**Le projet européen "Renew" avec une suite possible sur le 7ème PCRD:**

- Exploration of future BtL production processes with special emphasize on yield/biomass and fuel upgrading

### **CHOren: BTL from lignin or ligno-cellulosic biomass**

- Shell took minority share in CHOREN
- Higher CO<sub>2</sub> reduction potential
- Carbo-V®- process for syngas production; FT-synthesis from Shell
- Pilot plant in Freiberg is running
- Small scale demonstration plant: 18 million litre BTL capacity; start up in 2007 in Freiberg/D (67 kton biomass feedstock/a)
- Large scale industrial plant: 200 kton BTL/a, planned for 2009/10 in Germany; 1 million ton/a feedstock requirement

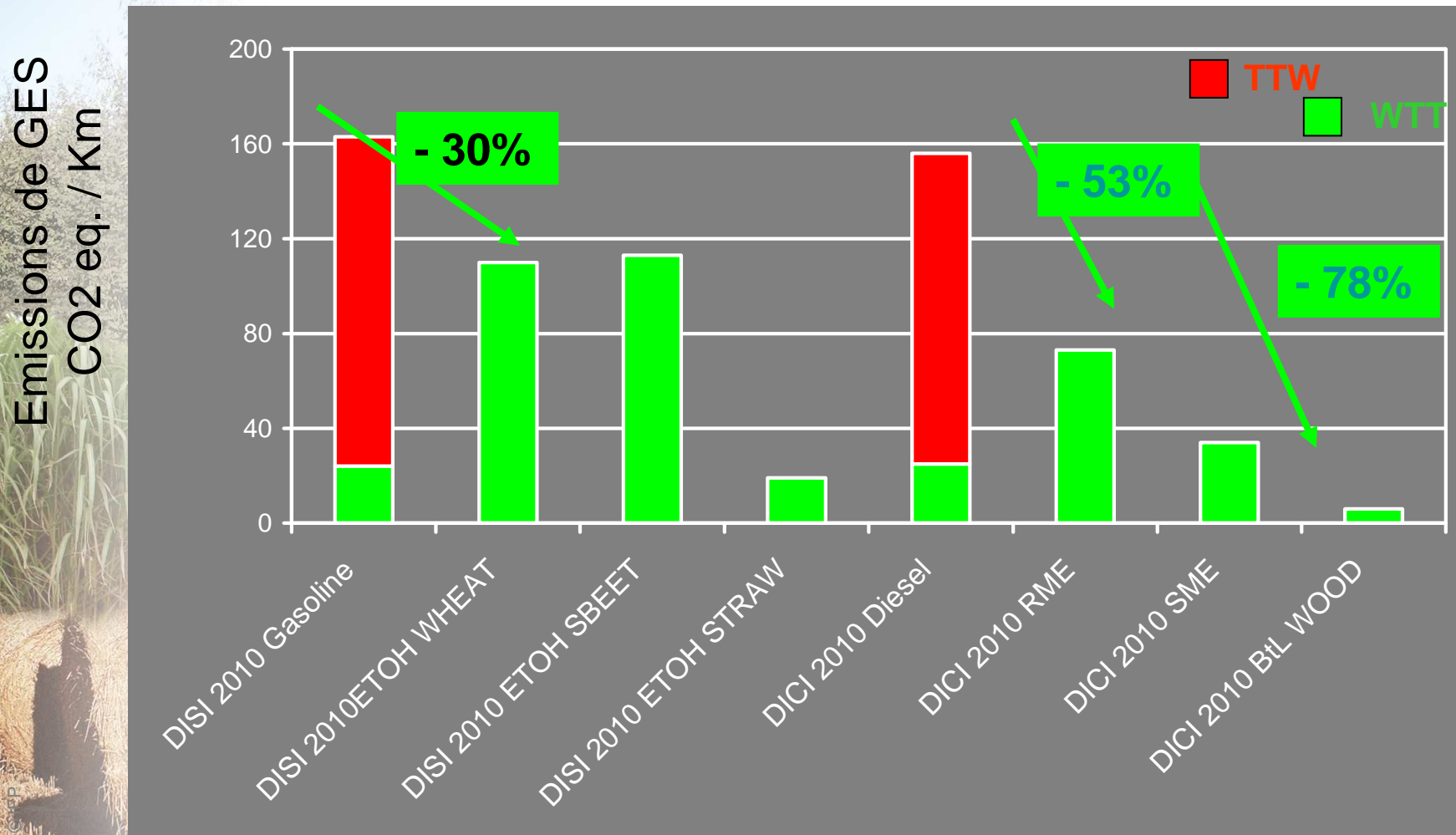


# Les bilans environnementaux

## Les études « du puits à la roue »

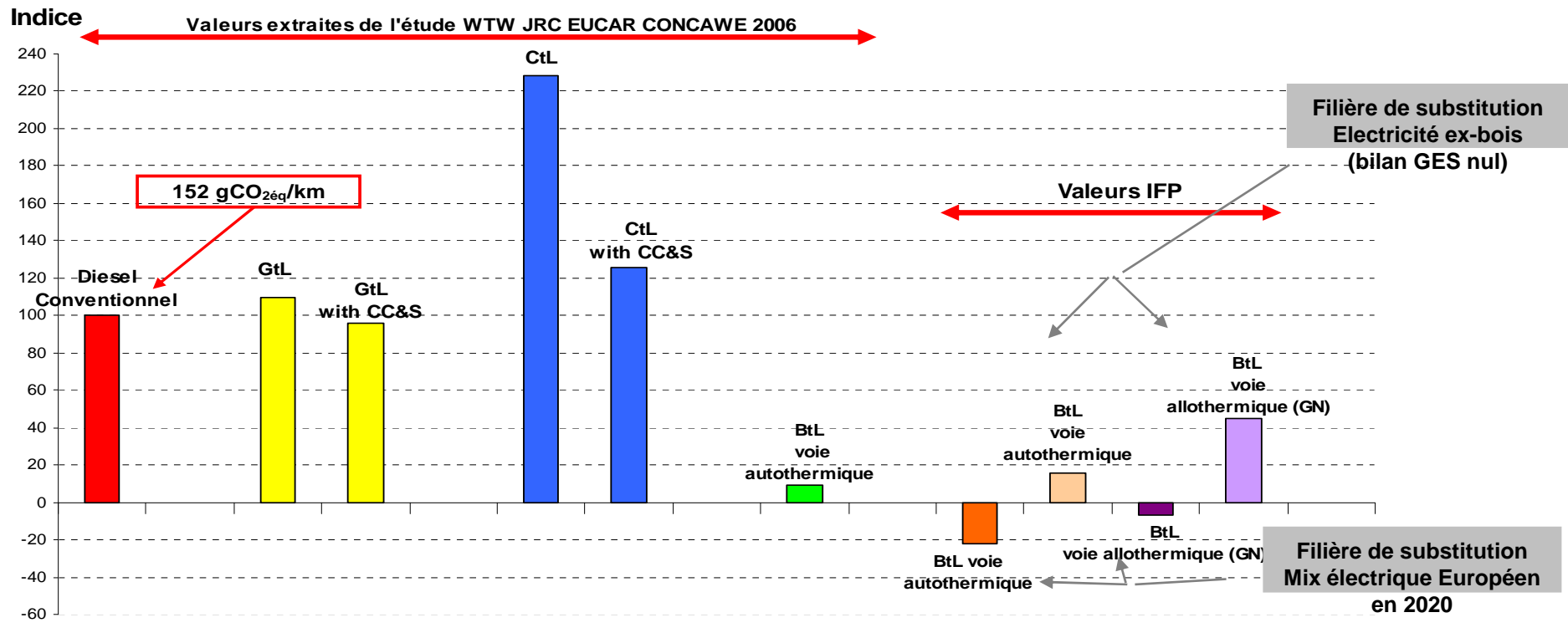
### Bilan effet de serre des biocarburants

Résultats de l'étude JRC/EUCAR/CONCAWE (Mai 06)



# Les filières BTL: WtW évaluation

Emissions de GES (CO<sub>2</sub>éq) WtW des carburants diesel de synthèse par rapport à la référence diesel conventionnel (ramenée à 100)



## *En guise de conclusion...*

- La biomasse ligno-cellulosique est déjà largement utilisée comme source d'énergie
- La ressource potentielle, en France et en Europe, apparaît aujourd'hui importante mais sa mise en oeuvre est un challenge
- Les usages possibles sont variés de la production de chaleur (largement développée) aux carburants liquides (post 2015)
- Les filières de conversion qui se développeront le plus devront faire face aussi à la concurrence des usages...
- Les technologies ne sont pas réellement au stade commercial et les coûts de production sont encore trop élevés
- L'évaluation environnementales de ces filières est a priori bonne au plan CO2, mais les aspects biodiversité doivent être approfondis en particulier à l'extérieur de l'Europe