

# Les biocarburants d'aujourd'hui et de demain Enjeux et perspectives

Dr. Anne JAECKER –VOIROL

Professeur à l'IFP School

Titulaire de la chaire "Biocarburants" PSA – IFP School – Fondation Tuck



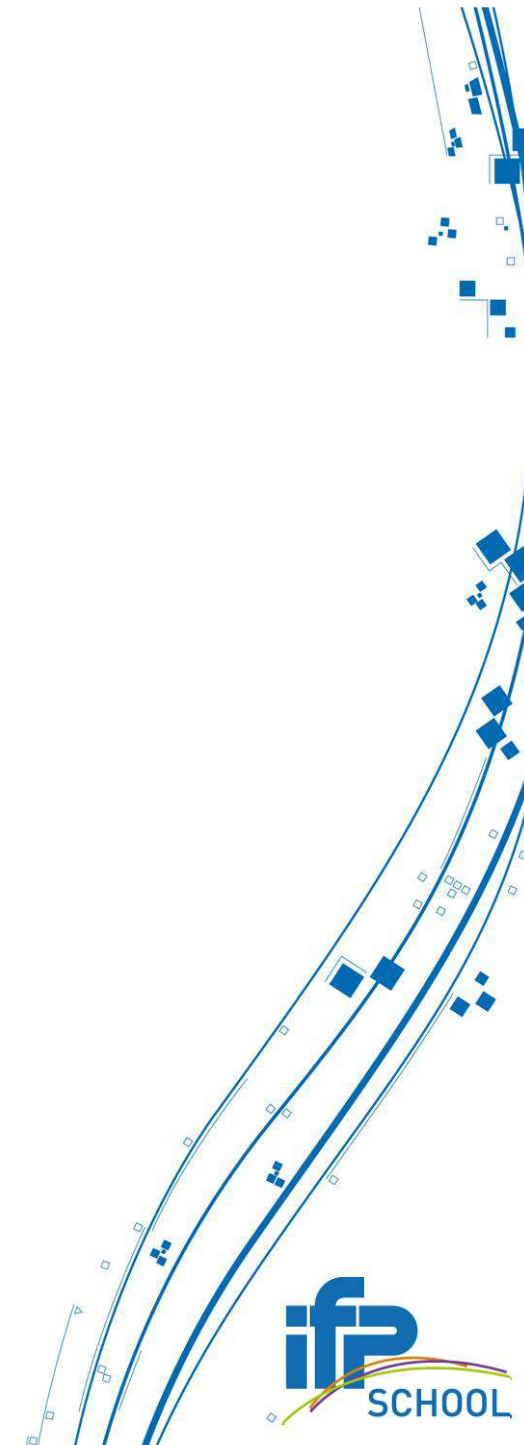
# Les biocarburants d'aujourd'hui et de demain : enjeux et perspectives

---



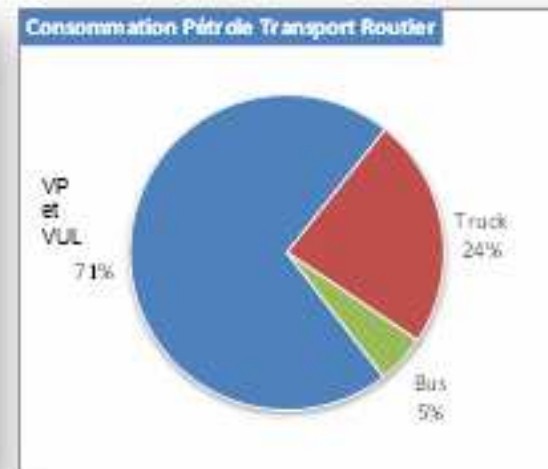
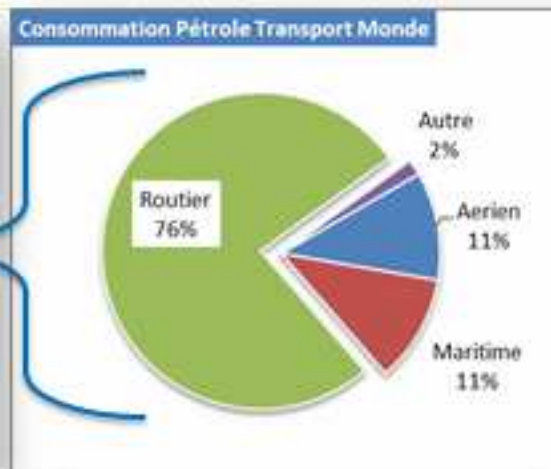
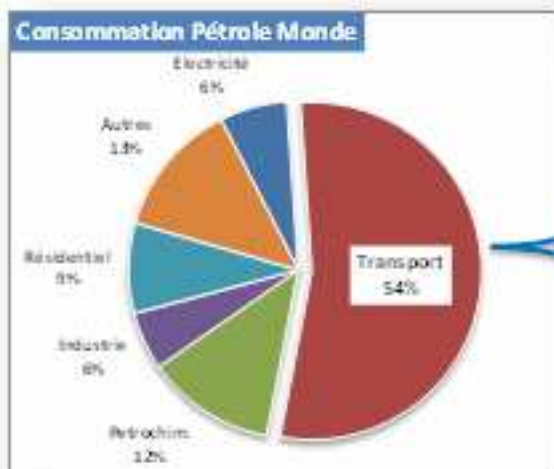
- Le contexte général
  - Définitions et généralités
- Les différentes générations de biocarburants
  - Les biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération
  - Les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération
  - Les biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération
- Développement de la production de biocarburants
- Conclusions

# Le contexte général



# Secteur Transport

*Un transport routier majoritaire*



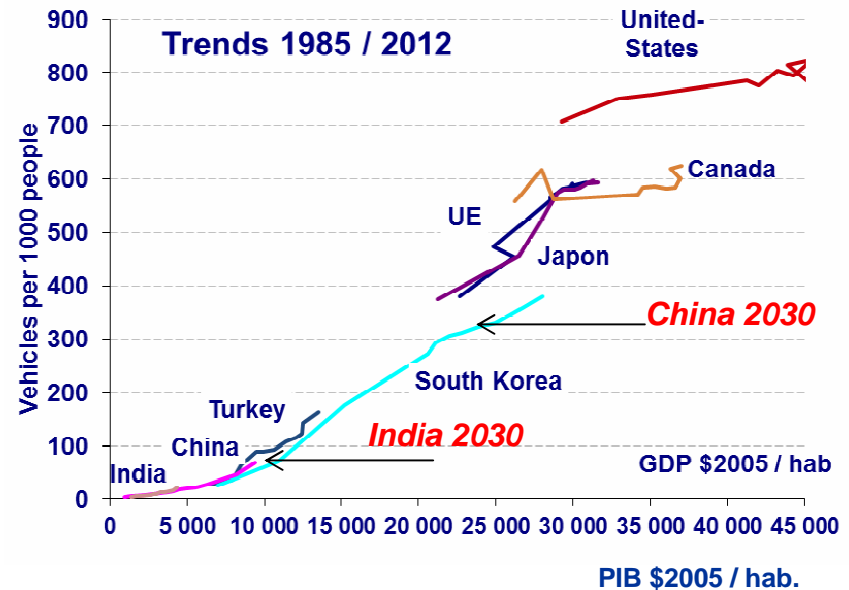
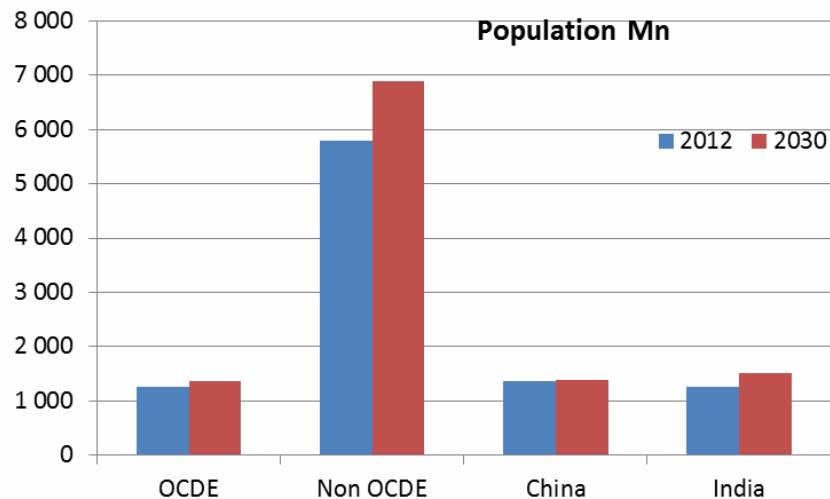
- Secteur des Transports : 54% de la consommation de pétrole dans le monde
- Plus des 3/4 de cette consommation pour le transport routier
- les *VP et VUL* : 71% de la consommation du secteur routier

# Le contexte mondial



Population 7 à 8,3 Md

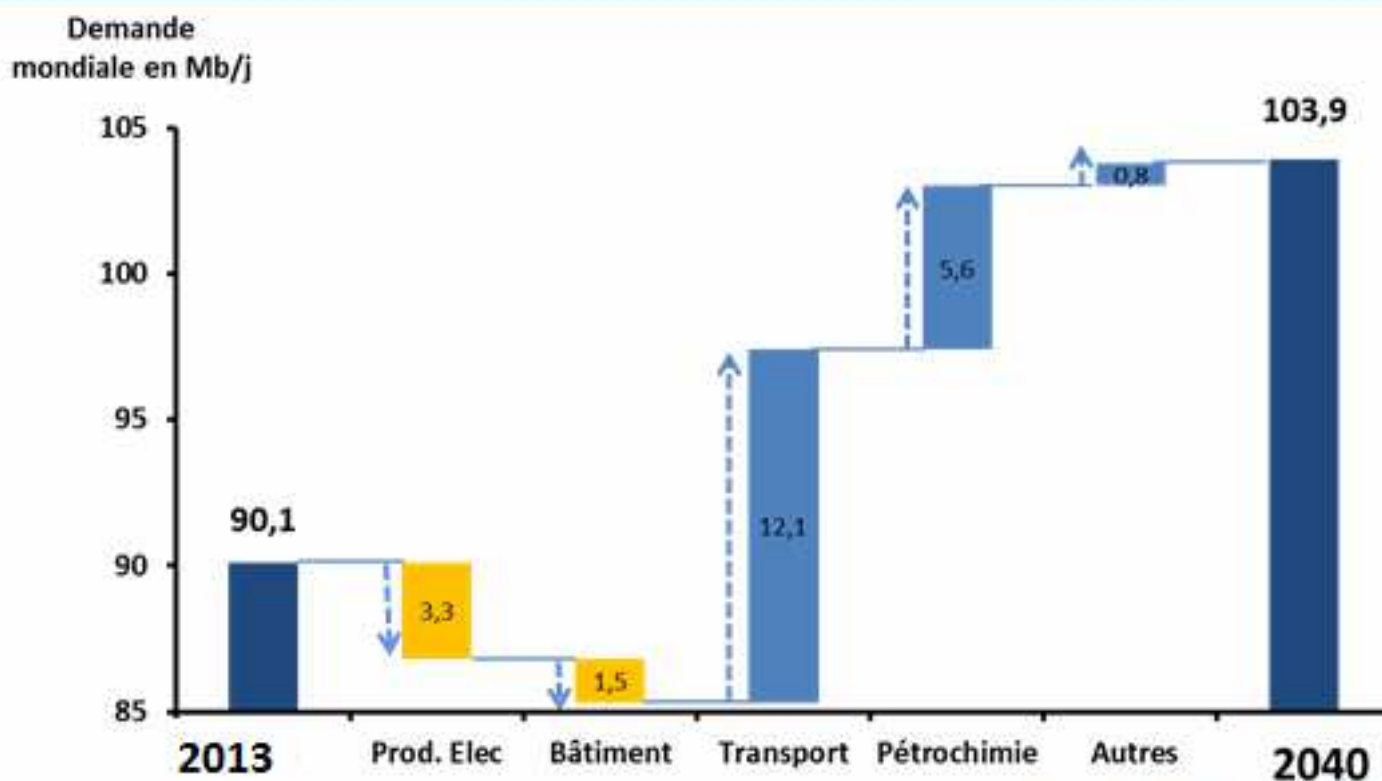
Nb. de véhicules/ 1000 hab en fonction du PIB/hab



Source : DOE EIA IEO2013 & IEA WEO 2013 **2012 - 2030**

Forte croissance du nb. de véhicules notamment dans les pays en voie de développement

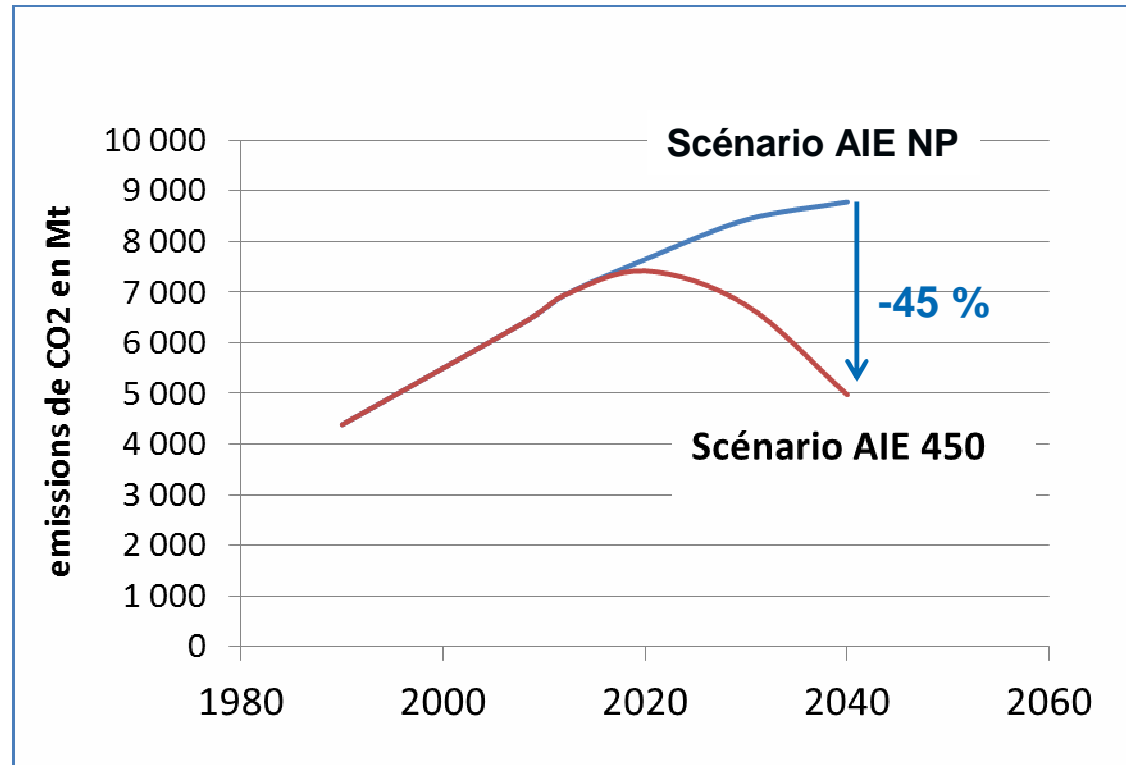
## Une demande de pétrole tirée par le secteur transport et les pays non OCDE



Source : IFPEN d'après AIE

- Croissance de la demande de pétrole modérée pour les années à venir (# 1%)
- Demande tirée par le secteur transport
- Depuis 2013, la consommation des pays non-OCDE a dépassé celle des pays OCDE
- D'ici 2040 les pays non-OCDE représenteront la totalité de l'accroissement de la demande.

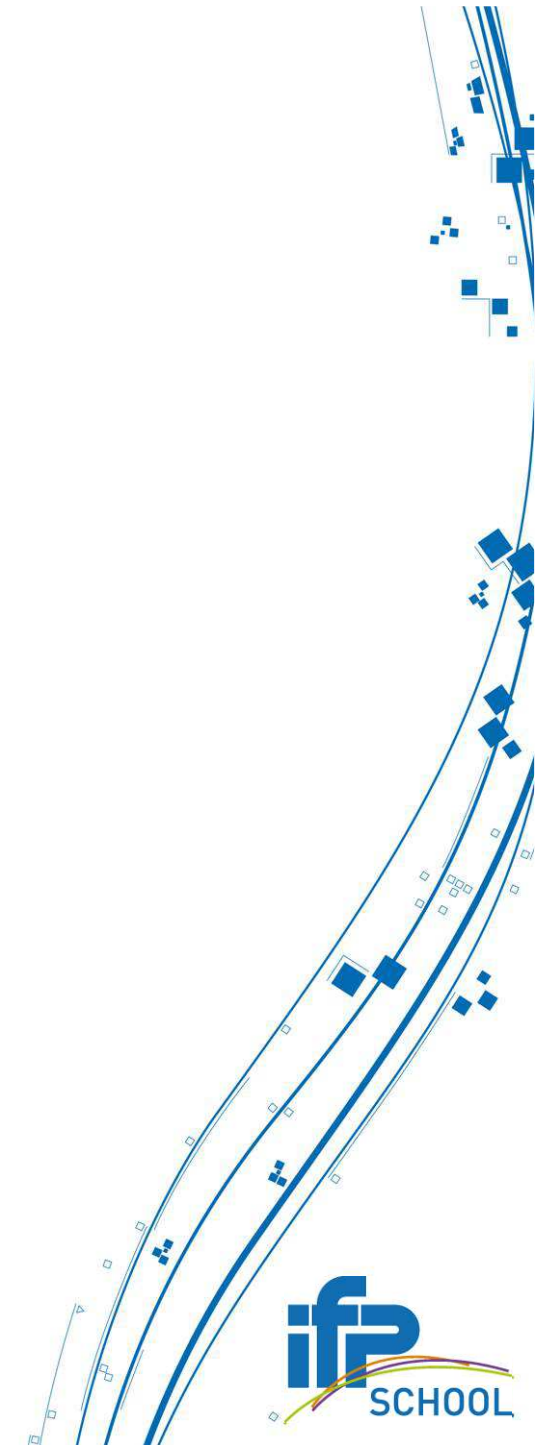
# Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur transport dans le monde



- L'enjeu pour limiter la croissance de la température à +2°C
  - 2030 : réduction de 25 % des émissions du transport
  - 2050: réduction de 50 % des émissions du transport

# les biocarburants

## Définition et généralités





# Définition des biocarburants

---



- Définition de la directive 2009/28/CE :
  - «biocarburant»: un combustible liquide ou gazeux utilisé pour le transport et produit à partir de la **biomasse**;
  - «biomasse»: la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux
    - Le préfixe " bio " ne réfère pas à production agricole sans pesticides ni engrais chimiques
    - Certains préfèrent plutôt parler d' "**agrocarburants** ".

# La biomasse : 3 raisons de s'y intéresser

---



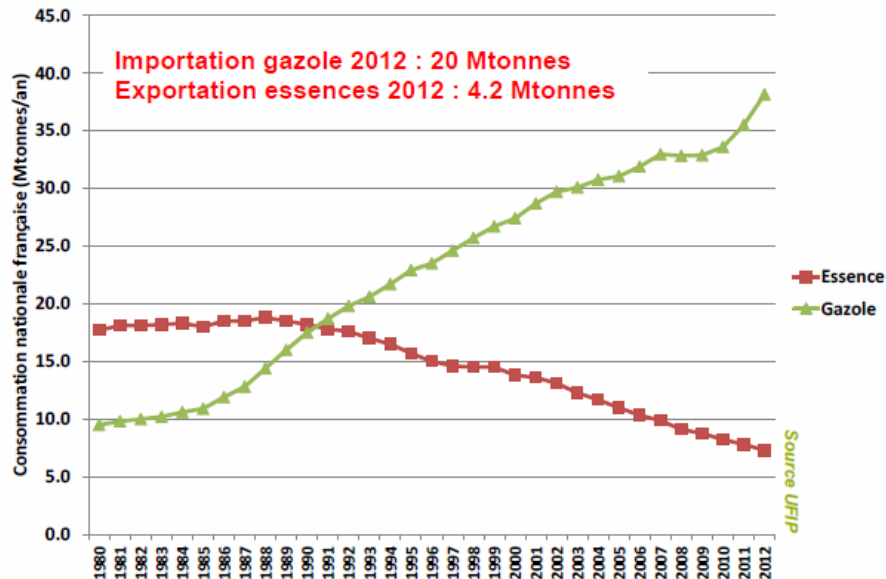
- **Indépendance énergétique**
  - Prix des sources fossiles - pétrole brut
- **Impact environnemental**
  - Carbone renouvelable ; réduction des émissions de gaz à effet de serre
- **Activité économique agricole**
  - Nouveaux débouchés, nouveaux emplois

=> incitations réglementaires dans différents pays

# Consommation en France



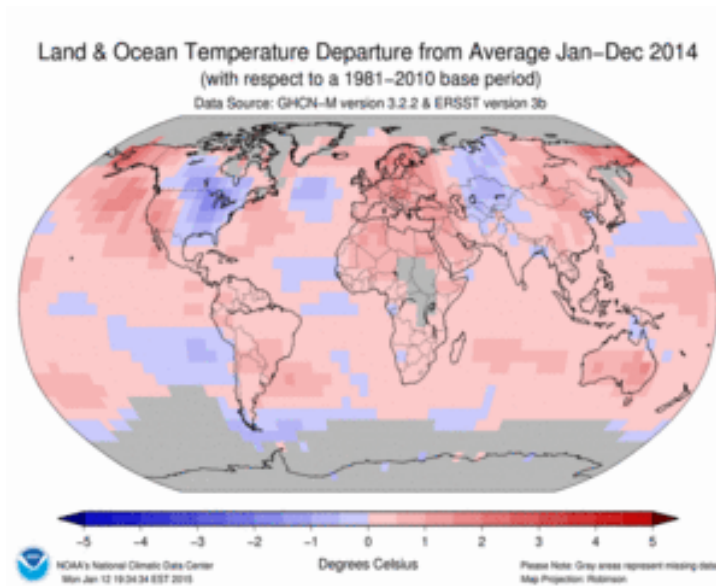
- Intérêt n°1 des biocarburants :
- Accroître l'indépendance énergétique des pays non producteurs de pétrole comme la France.



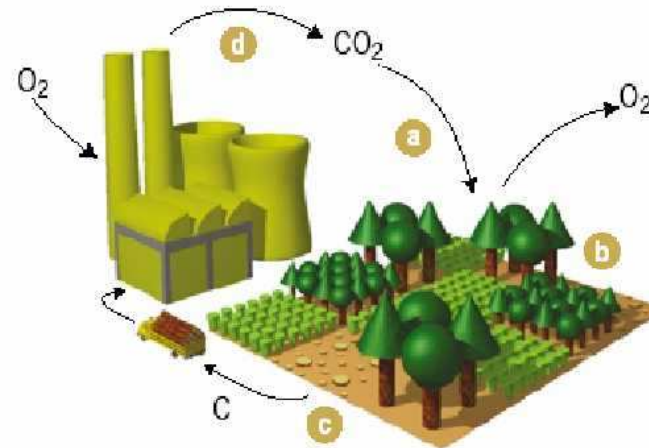
- L'utilisation de biodiesel réduit une partie des importations nécessaires pour alimenter le parc des véhicules diesel.
- L'utilisation de bioéthanol est moins intéressante puisque le marché essence est déjà excédentaire.

# Le réchauffement climatique

- Intérêt n°2 des biocarburants :
- Limiter les émissions de CO<sub>2</sub> liées au transport en utilisant des ressources renouvelables.



- Utilisation d'une partie du CO<sub>2</sub> émis pour la croissance des plantes



# Des débouchés pour l'agriculture

---



- Intérêt n°3 des biocarburants :
- Développer de nouveaux débouchés pour l'agriculture
  - 1992 (PAC) : Jachère obligatoire pour lutter contre surproduction de céréales et oléagineux.
  - 2008 : Suppression des jachères obligatoires.
  - Alternative à la jachère, les biocarburants utilisent actuellement en France environ 6 % de la surface agricole utile
  - Surface agricole utile 29 Mha

	<i>Alimentaire</i>	<i>Biocarburants</i>
<i>Blé tendre + Maïs</i>	<i>6,41 Mha (21,8%)</i>	<i>0,22 Mha (0,7%)</i>
<i>Oléagineux</i>	<i>2,26 Mha (7,7%)</i>	<i>1,45 Mha (4,9%)</i>
<i>Betteraves</i>	<i>0,37 Mha (1,3%)</i>	<i>0,04 Mha (0,1%)</i>

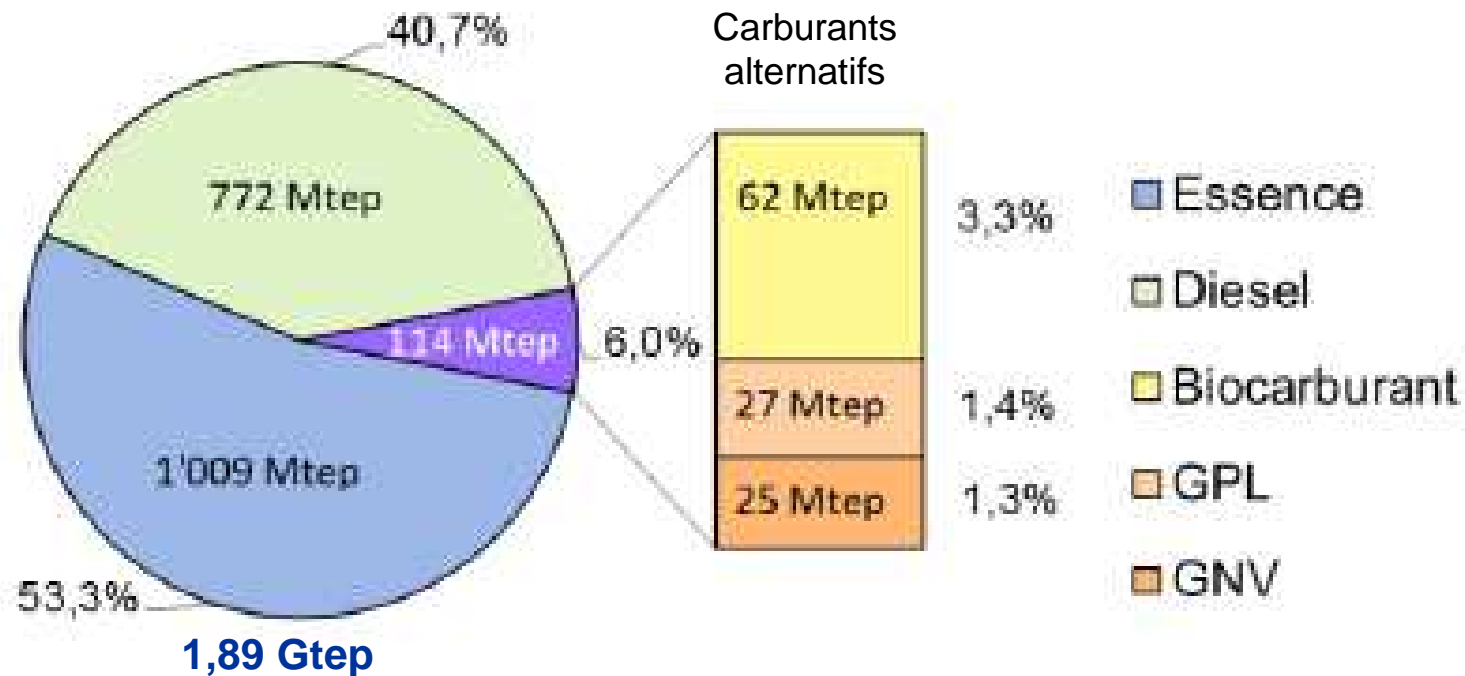
# Réglementation et objectifs Européens

---



- Directive 2003/30/CE (article 3)
  - 2% du contenu énergétique des carburants routiers en 2005
  - 5,75% du contenu énergétique des carburants routiers en 2010
- Directive 2009/28/CE (article 3)
  - 10% du contenu énergétique des carburants routiers en 2020
  - Nécessité d'utiliser des biocarburants "durables"
    - Actuellement, gain minimal de 35% de réduction de CO<sub>2</sub> par rapport à l'équivalent fossile
    - 50% en 2017 et 60% en 2018 pour les nouvelles installations
- Directive 2009/30/CE
  - Modification des spécifications des carburants pour autoriser
    - Maximum 10% vol. pour les essences et 7% vol. pour le gazole
- Spécifications françaises gazole CSR 4-0-05 (janvier 2015)
  - 8% vol. spécifications administratives
  - 7% vol. spécifications inter syndicales + EN 590

# Consommation mondiale



**Figure 1 : Consommation mondiale d'énergie dans les transports en 2012 (Source : IFPEN, KBC, OCDE, WLPGA, NGV Journal)**

# Les différentes familles de biocarburants

---



- Les biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération
  - Bioéthanol 1G à partir de plantes sucrières ou amylacées
  - Biodiesel à partir de plantes oléagineuses
  - Compétition avec l'alimentaire
  
- Les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération
  - Bioéthanol 2G ou biodiesel à partir de lignocellulose
  - Biocarburants issus de déchets
  
- Les biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération
  - Biocarburants à partir de lipides ou hydrocarbures produits par des microalgues

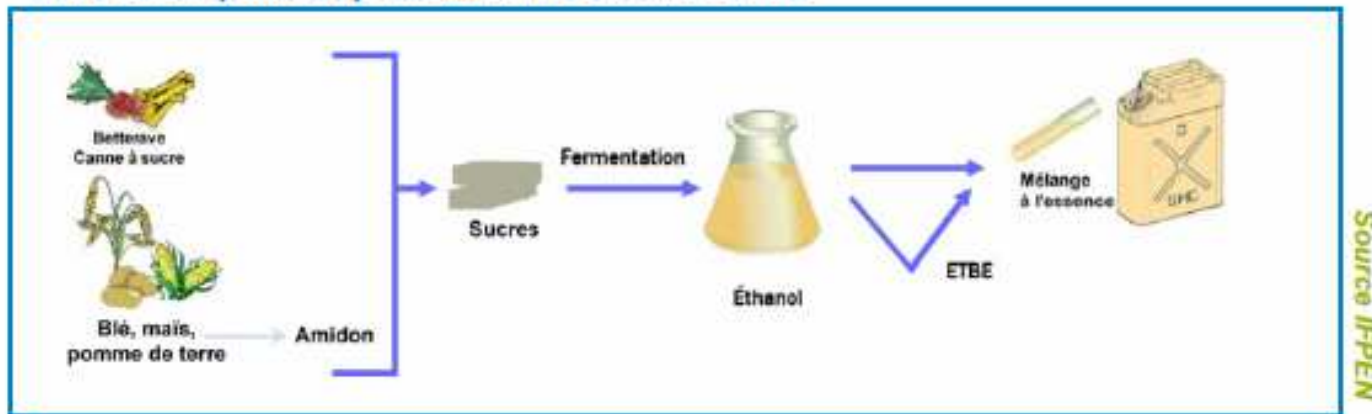


# Les biocarburants de 1<sup>ère</sup> génération



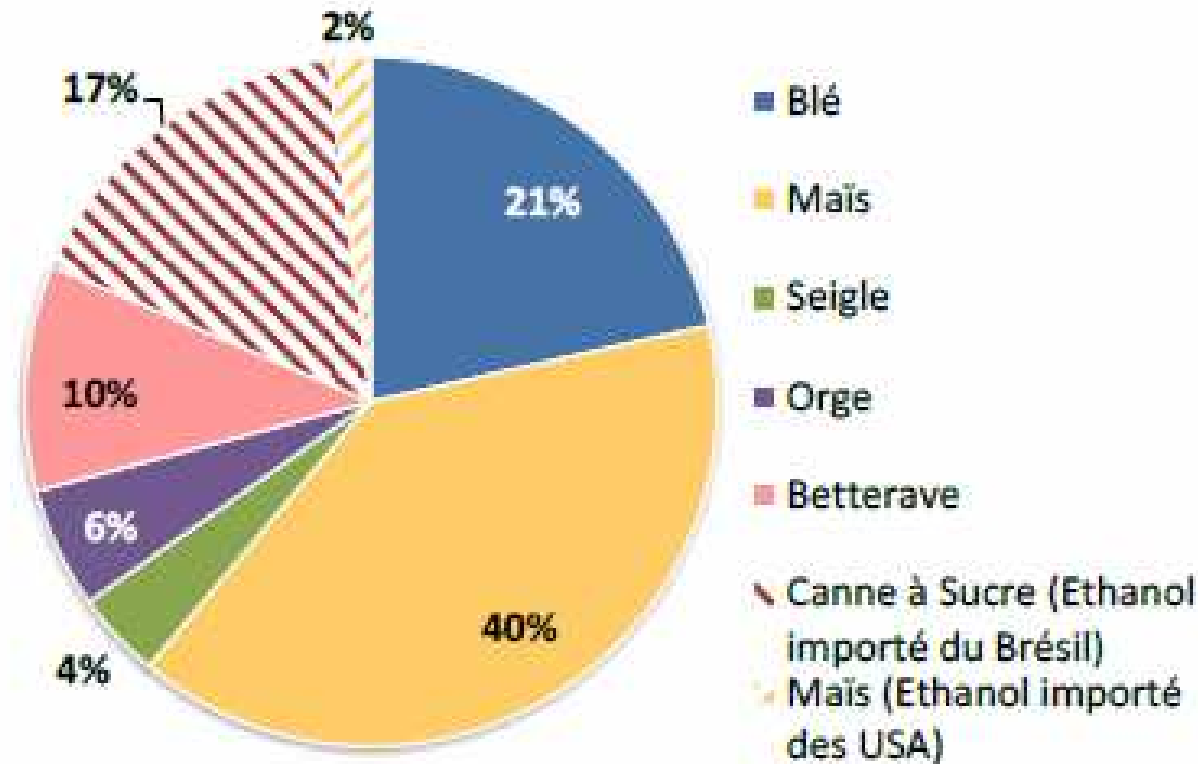
# Les biocarburants "essence": Bioéthanol

Schéma simplifié de production de bioéthanol 1G



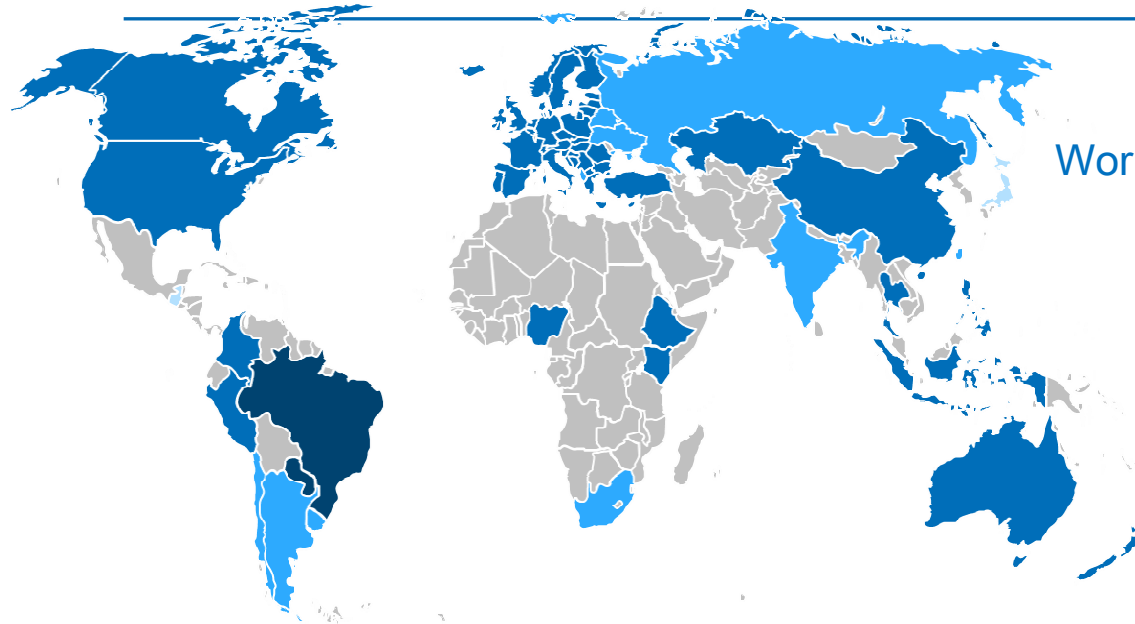
- Ethanol : Avantages
  - Indice d'octane 120, Résistance au cliqueti,
  - Composé oxygéné : émissions HC, CO, particules →
- Ethanol : Inconvénients
  - Volatilité, affinité avec l'eau, corrosion, compatibilité avec les matériaux, augmentation de la consommation,
- Teneur en France et en Europe
  - SP98 : 5% max – SP95 : 5% - SP95E10 : 10%
  - ETBE : 15%
  - E85 (flexfuel) E100 (flotte dédiée)

# Les biocarburants "essence": Bioéthanol



**Figure 9** : Composition moyenne du mix de ressource pour l'éthanol consommé en Europe en 2013 (*Source* : IFPEN, USDA, FO Licht)

# Teneur en éthanol dans le monde



World Wild Fuel Charter

24-25%vol max

7-10%vol max

5%vol max

3%vol max

No blends / data

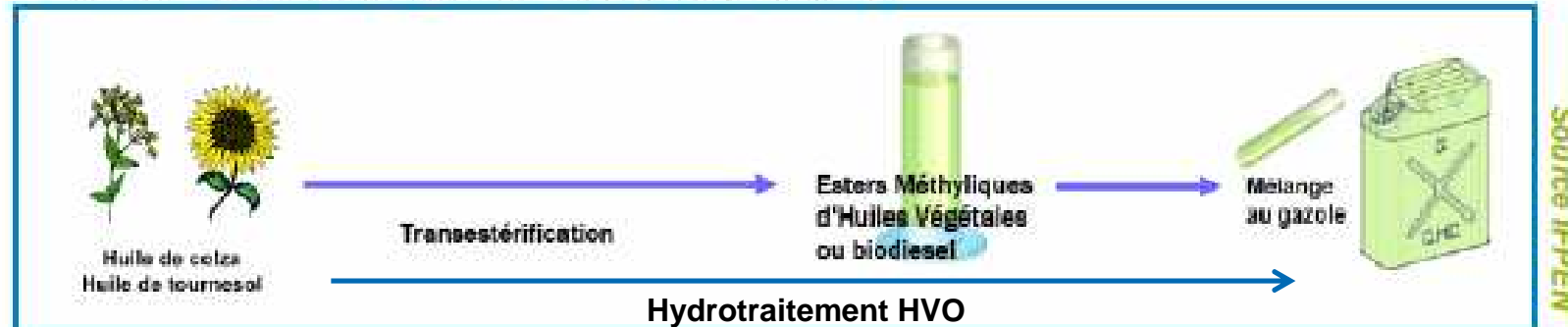
	2013*		2012*		2011*	
	C (Mtep)	TI (%)	C (Mtep)	TI (%)	C (Mtep)	TI (%)
Europe	2,81	3,2%	2,94	3,2%	3,00	3,3%
Am. du Nord	26,87	5,9%	26,54	5,9%	25,97	5,6%
Am. Latine	12,08	15,8%	10,31	13,9%	10,91	15,0%
Asie-Pac.	2,28	0,9%	2,14	0,9%	1,96	0,8%
Afrique	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,05	0,1%
<b>Monde</b>	<b>43,33</b>	<b>4,2%</b>	<b>41,93</b>	<b>4,2%</b>	<b>41,89</b>	<b>4,2%</b>

**Tableau 2 : Statistiques de consommation (C) en Mtep et taux d'incorporation (TI) de l'éthanol biocarburant par zone**  
(Source : FO Licht, IFPEN)

\*statistiques en cours de validation

# Le biodiesel : EMHV

Schéma simplifié de production de biodiesel 1G



## ■ Biodiesel : Avantages

- Composé oxygéné : émissions HC, CO, particules →
- Réduction de l'usure, bon indice de cétane

## ■ Biodiesel : Inconvénients

- Propriétés à froid; viscosité,
- Stabilité à l'oxydation,
- Attention à la composition

## ■ Teneur en France et en Europe

- B8 en station, B7(EN590), B30 et B100 (flottes captives)
- HVO 50 % dans le kéro possible

# Le biodiesel : EMHV et HVO

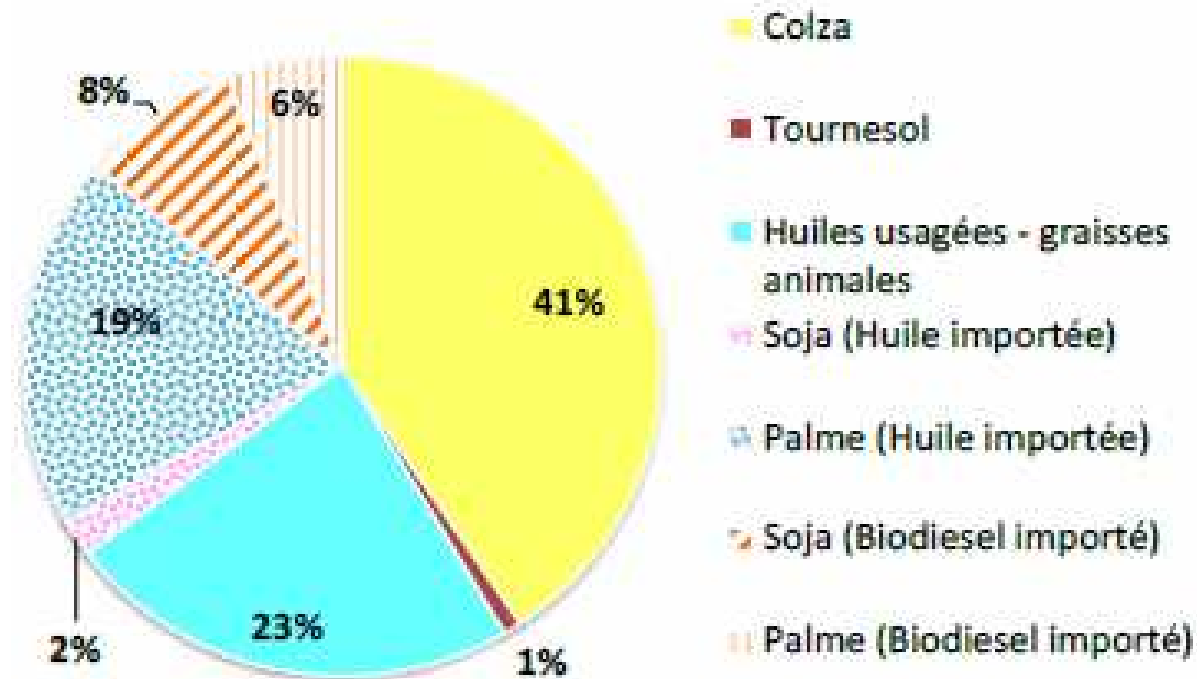
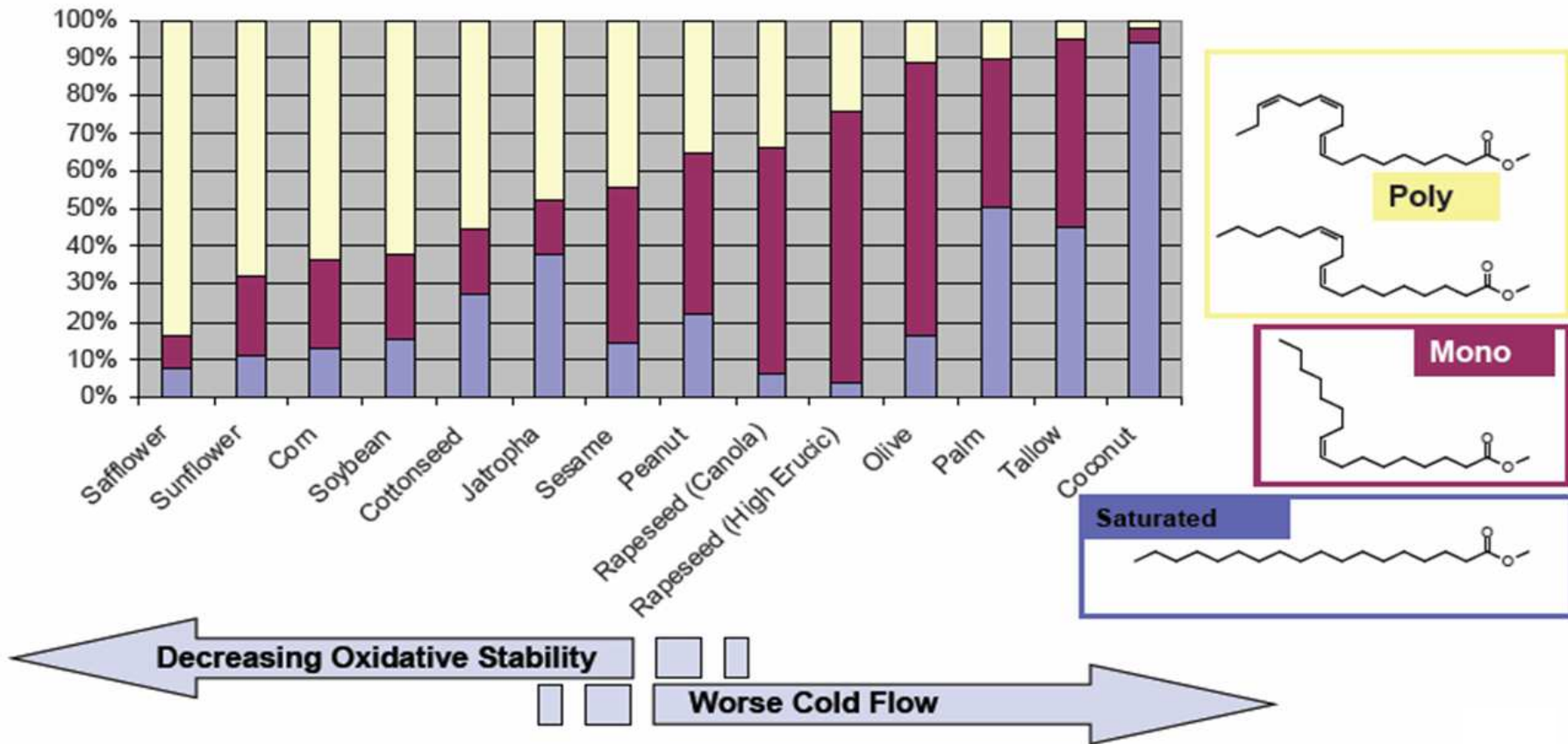


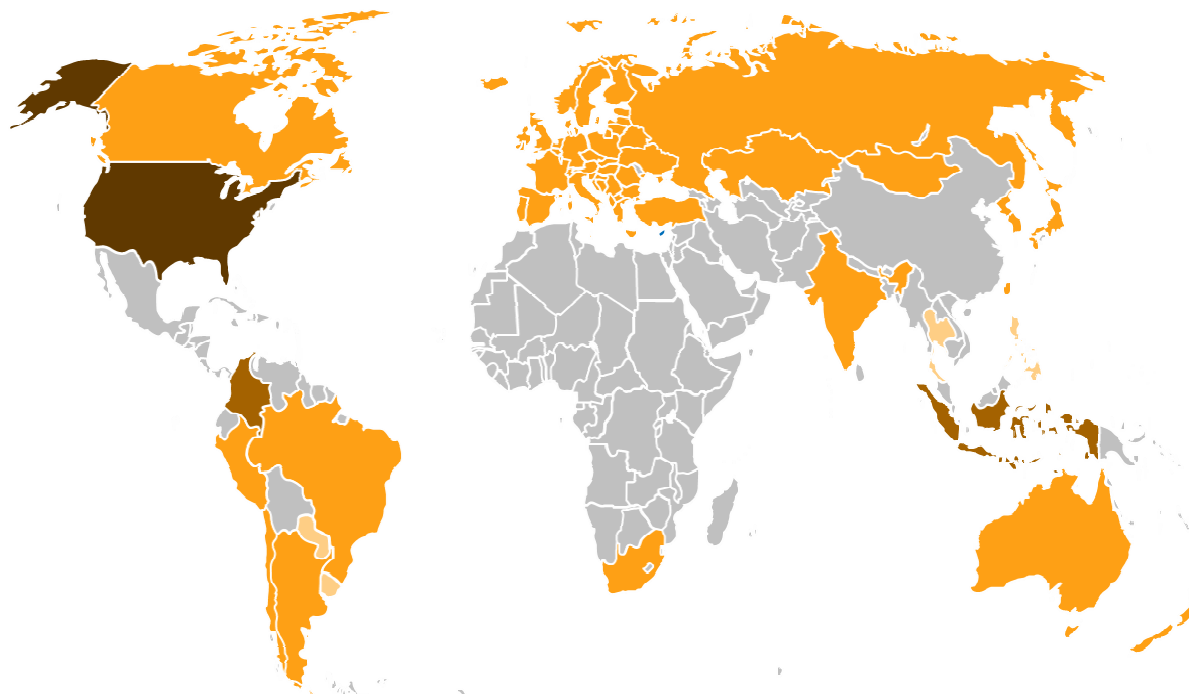
Figure 10 : Composition moyenne du mix de ressource pour le biodiesel consommé en Europe en 2013, EMHV et HVO (*Source : IFPEN, USDA, FO Licht*)

# Propriétés des EMHV



Des propriétés qui varient en fonction de la ressource

# Teneur en biodiesel dans le monde



Worldwild Fuel Charter

20%vol max

10%vol max

4-7%vol max

1-2%vol max

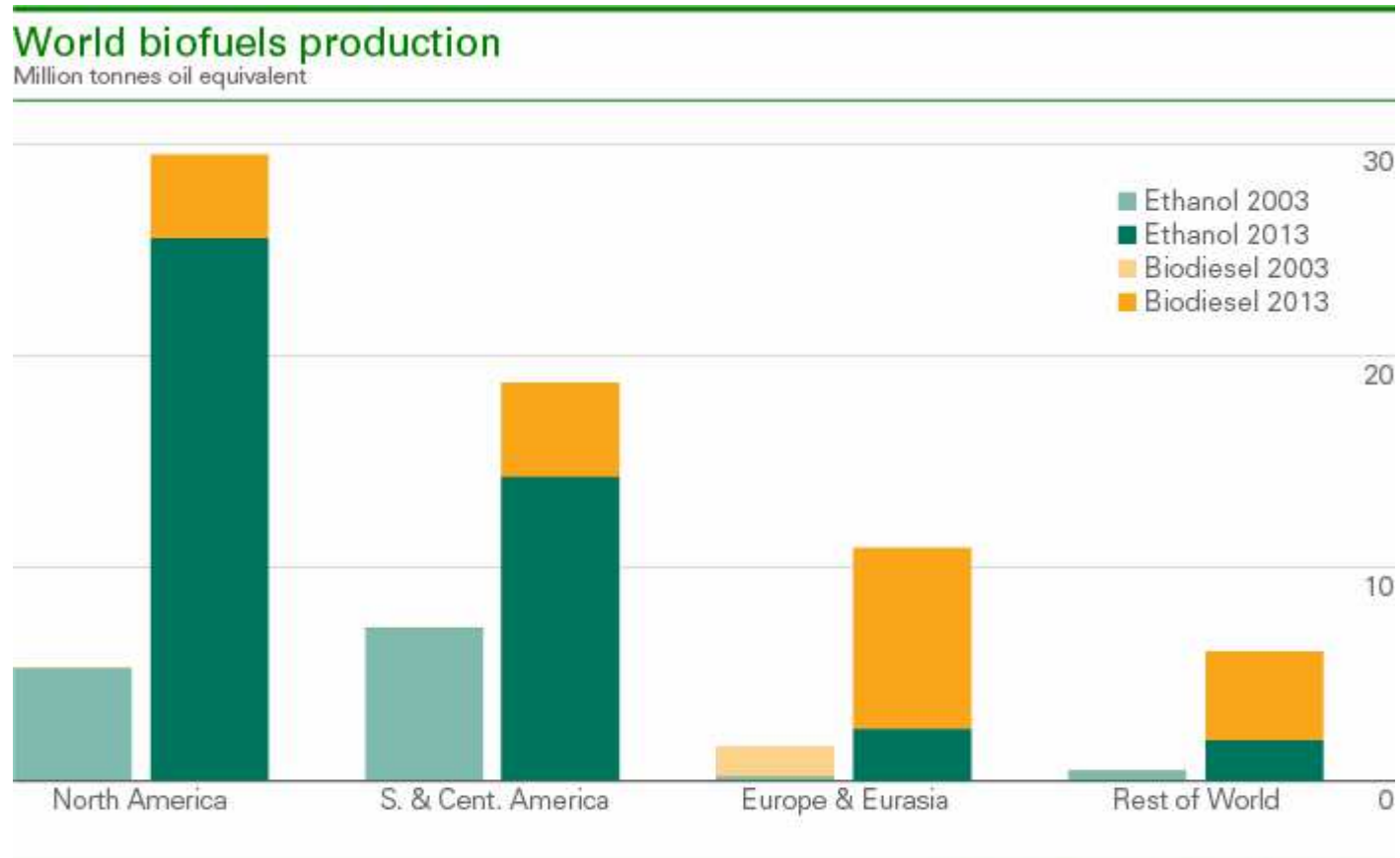
No blends / data

	2013 <sup>+</sup>		2012 <sup>+</sup>		2011 <sup>+</sup>	
	C (Mtep)	TI (%)	C (Mtep)	TI (%)	C (Mtep)	TI (%)
Europe	9,23	4,5%	9,89	4,8%	10,84	5,4%
Am. du Nord	4,38	2,9%	2,76	1,9%	2,65	1,4%
Am. Latine	3,75	5,3%	3,46	5,1%	2,91	4,9%
Asie-Pac.	2,22	1,0%	2,55	1,1%	0,73	0,2%
Afrique	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
<b>Monde</b>	<b>20,47</b>	<b>2,7%</b>	<b>18,66</b>	<b>2,4%</b>	<b>17,13</b>	<b>1,4%</b>

**Tableau 3** : Statistiques de consommation (C) en Mtep et taux d'incorporation (TI) du biodiesel EMHV par zone  
(*Source* : FO Licht, IFPEN)



# Production mondiale de biocarburants



BP Statistical Review of World Energy 2014  
© 2014 BP p.l.c.

# Les biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération



# Les biocarburants 2<sup>ème</sup> génération

---



- Les biocarburants 2G sont issus de la biomasse lignocellulosique, ressource non-vivrière, disponible en grande quantité et sous différentes formes :
  - résidus agricoles : pailles de céréales, tiges, bagasses de canne à sucre ;
  - résidus d'exploitation forestière (branches, rameaux, troncs abîmés laissés en forêt) ;
  - déchets de l'industrie du bois (sciures, rebuts) et du papier (papiers usagés, liqueurs noires) ;
  - cultures dédiées à fort rendement : plantes annuelles (triticale, luzerne, etc.), cultures pérennes à rotation rapide (miscanthus, canne de Provence, peuplier, saule, etc.) ;
  - déchets ménagers (fraction organique) et industriels (palettes, etc.).

# Les biocarburants 2<sup>ème</sup> génération

---



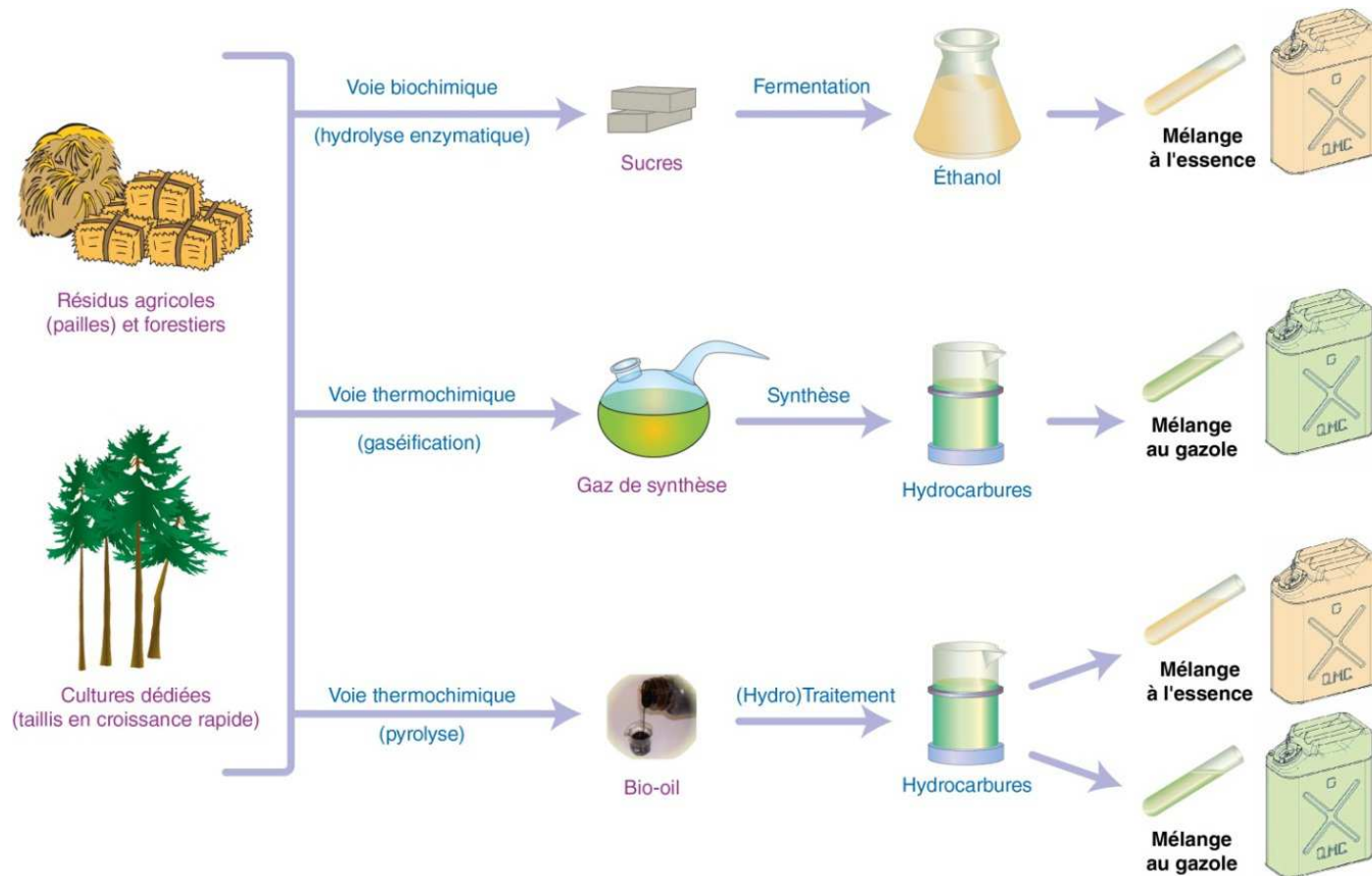
## ■ Avantages

- Gisement mondial de biomasse beaucoup plus important
- Coût visé plus faible de la biomasse
- Moins d'intrants et d'énergie à la culture
- Emissions gaz à effet de serre plus faibles que G1
  - Division par 10 des émissions GES par rapport au fossile
- moins d'impact sur les ressources en eau
- Pas de compétition directe avec l'alimentaire

## ■ Inconvénients

- Unités industrielles en démarrage
- Ressources G2 en compétition avec les autres usages : matériaux, chimie, chaleur, électricité

# Les biocarburants 2<sup>ème</sup> génération



# Autres voies biocatalytiques ou catalytiques

---

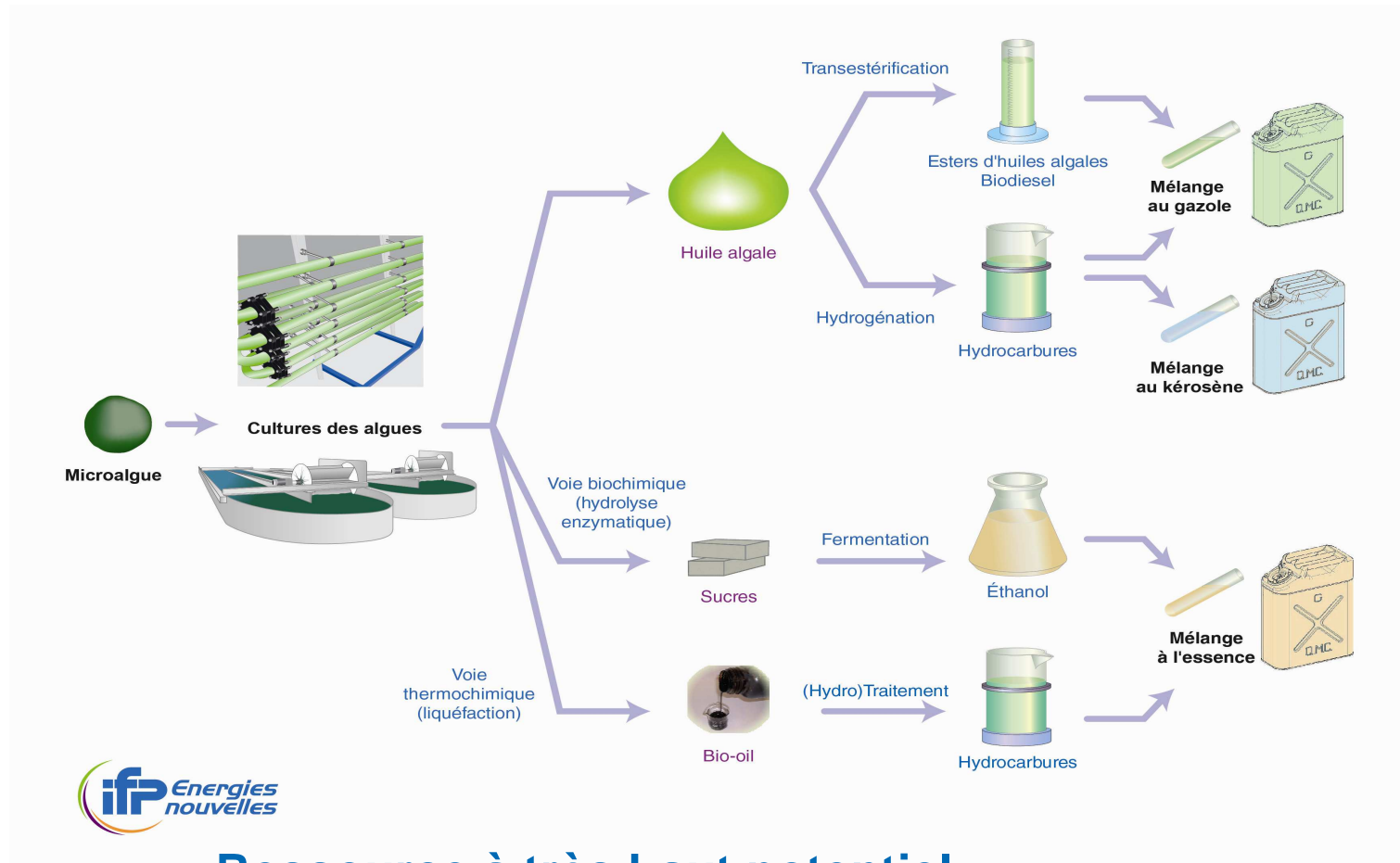


- Transformations biocatalytiques de sucres pour produire des alcanes ou des alcools plus longs (Gevo, Amyris, GBE,...)
  - utilisation de différentes techniques génétiques pour générer les micro organismes adhoc
  - le procédé reste à développer autour du micro organisme
- Conversion des sucres par voie catalytique directe (APR Virent,...)
  - diversité de produits => cible chimie prioritaire ?
- Gazéification + conversion biocatalytique du gaz de synthèse (INEOS Bio,...)
  - Compétitivité économique % éthanol ?
  - Cible chimie ?

# Les biocarburants de 3<sup>ème</sup> génération



# Les micro algues



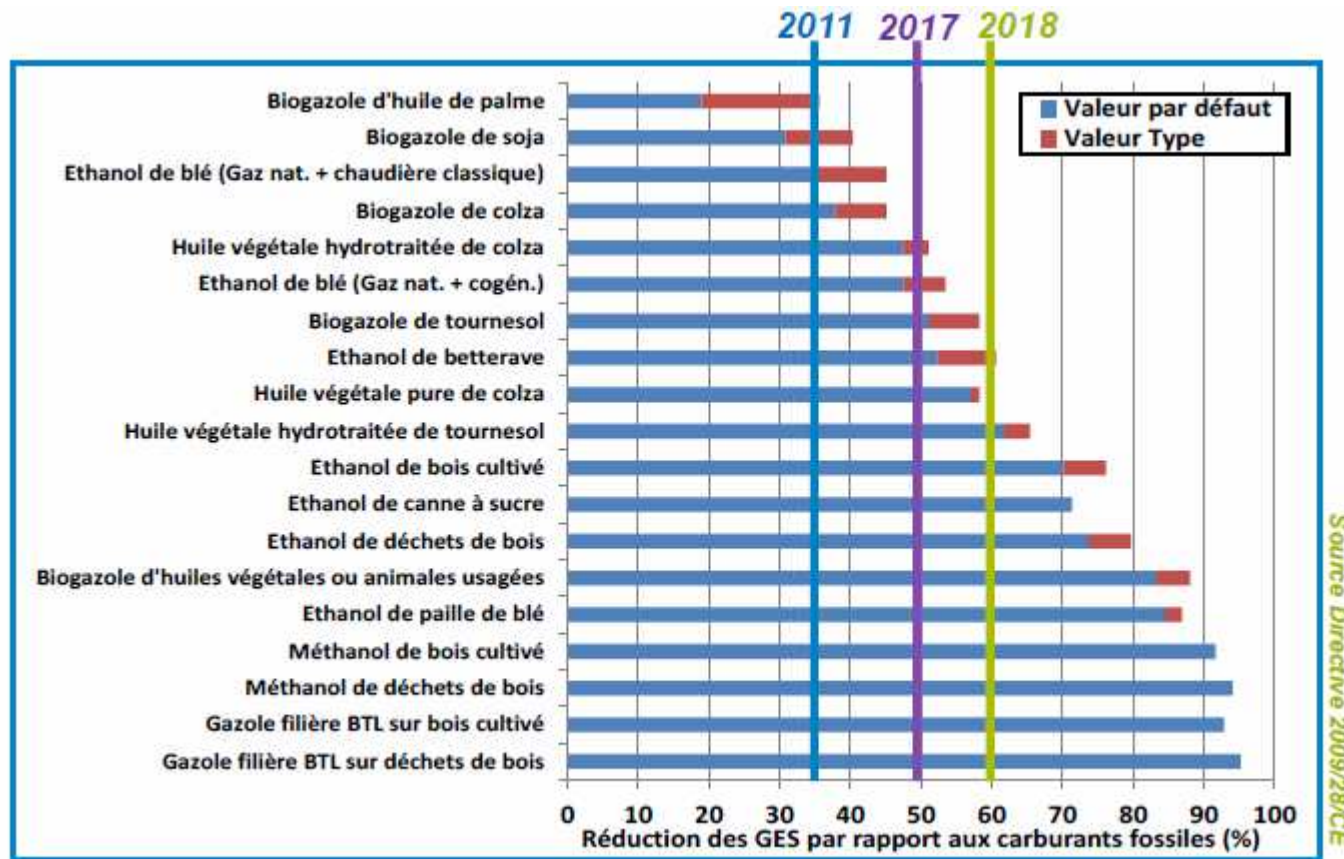
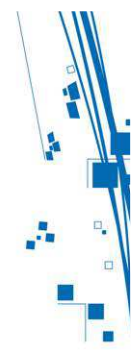
- Ressource à très haut potentiel
- Technologies en phase exploratoire
- Coûts de production très élevés



# Développement de la production de biocarburants

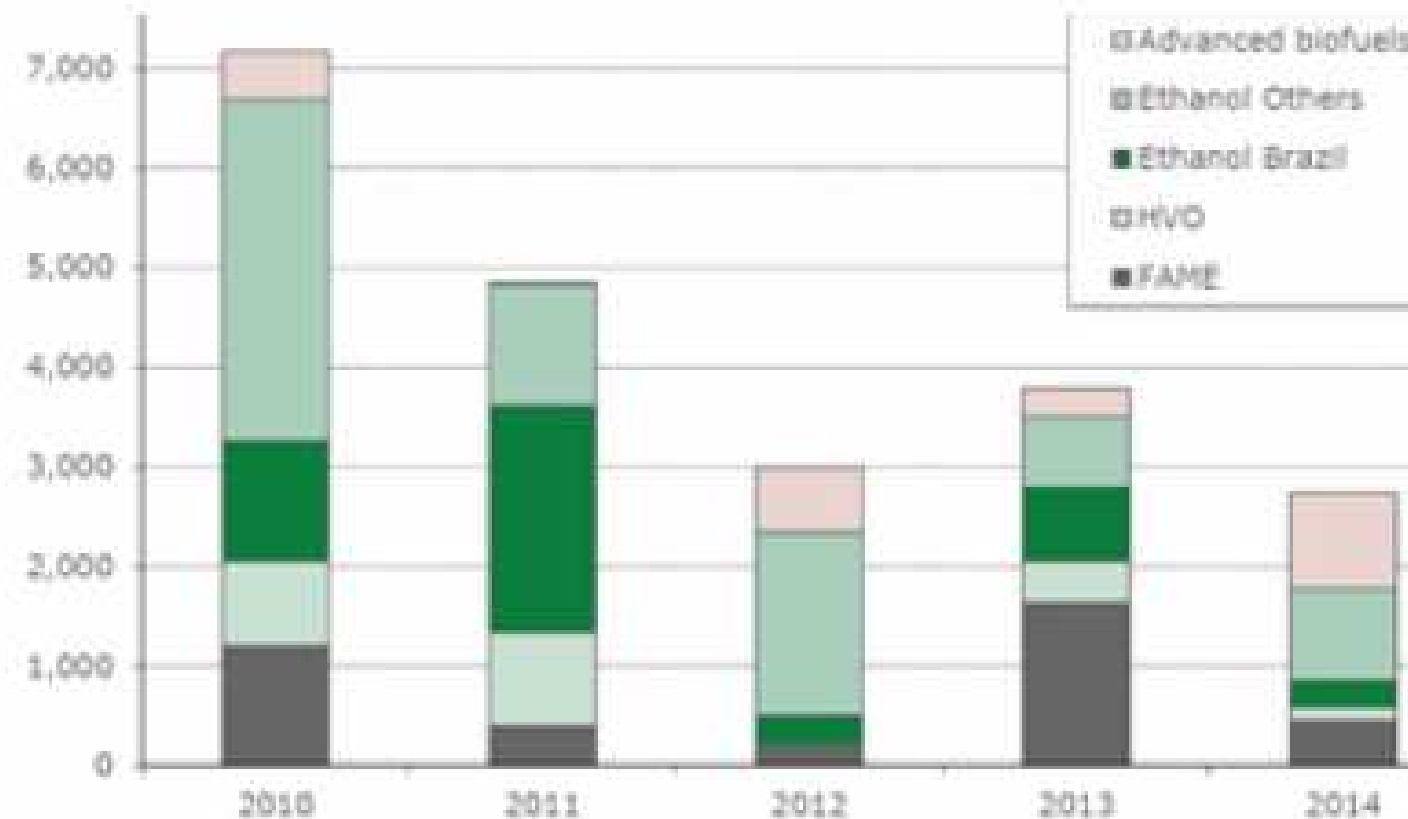


# Des biocarburants durables



=> Des biocarburants de seconde génération

# Les investissements



**Figure 4** : Investissements mondiaux dans la production de nouveaux biocarburants, en million de \$ (*Source* : FO Licht 2014)

# Les biocarburants de demain

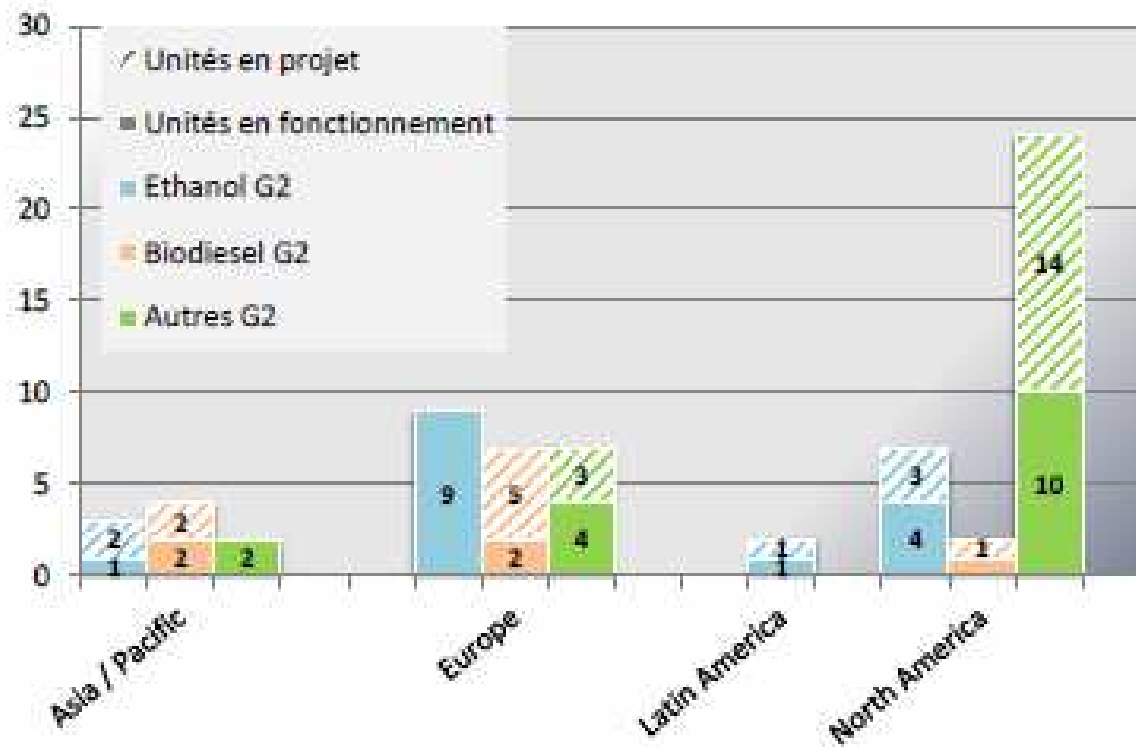
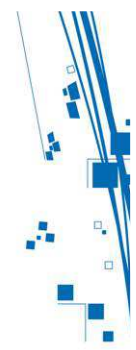
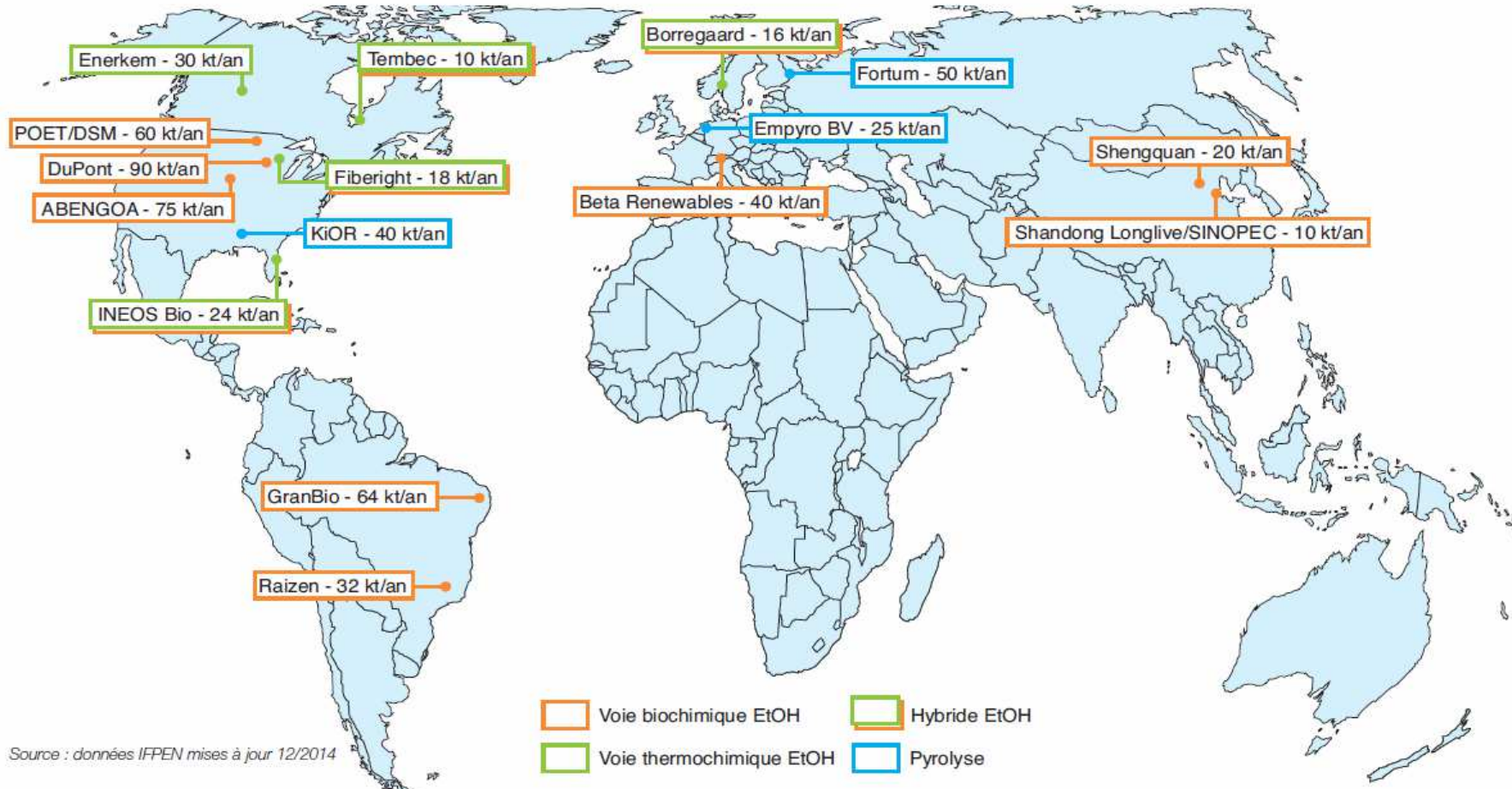
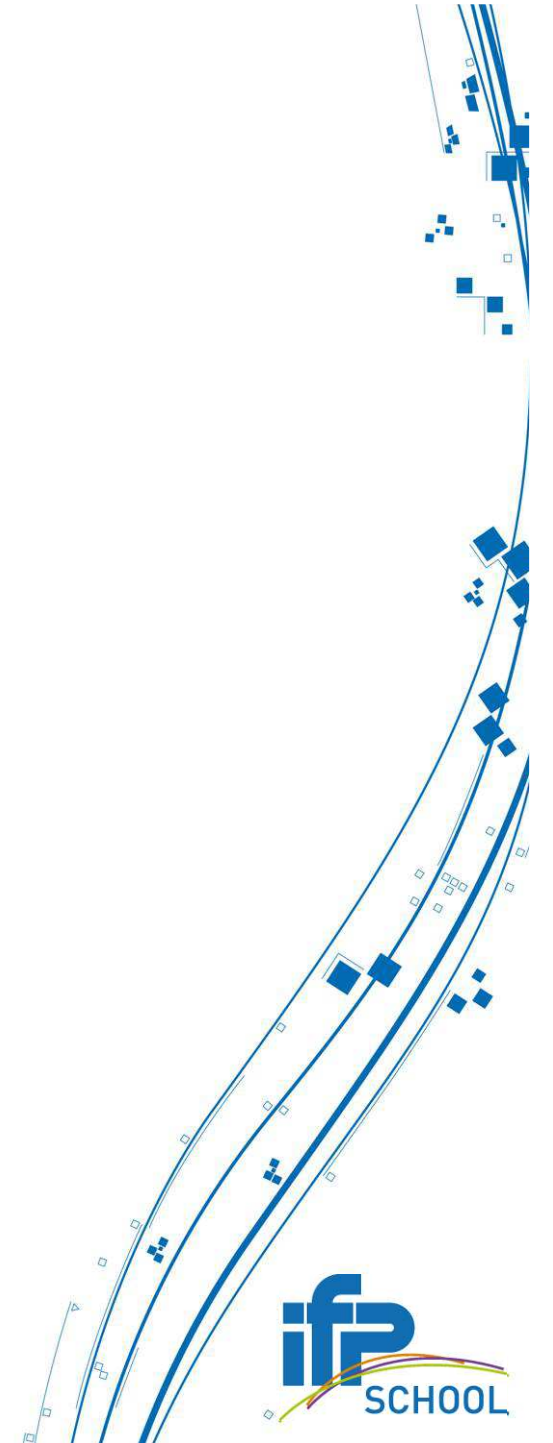


Figure 5 : Nombre d'unités pilote et démonstrateur de nouvelles technologies de biocarburants dans le Monde, en fonctionnement et en projet / construction, en 2014 (Source : IFPEN)

# Unités commerciales de biocarburants 2G en construction ou en production (capacité >10 000 t/an)

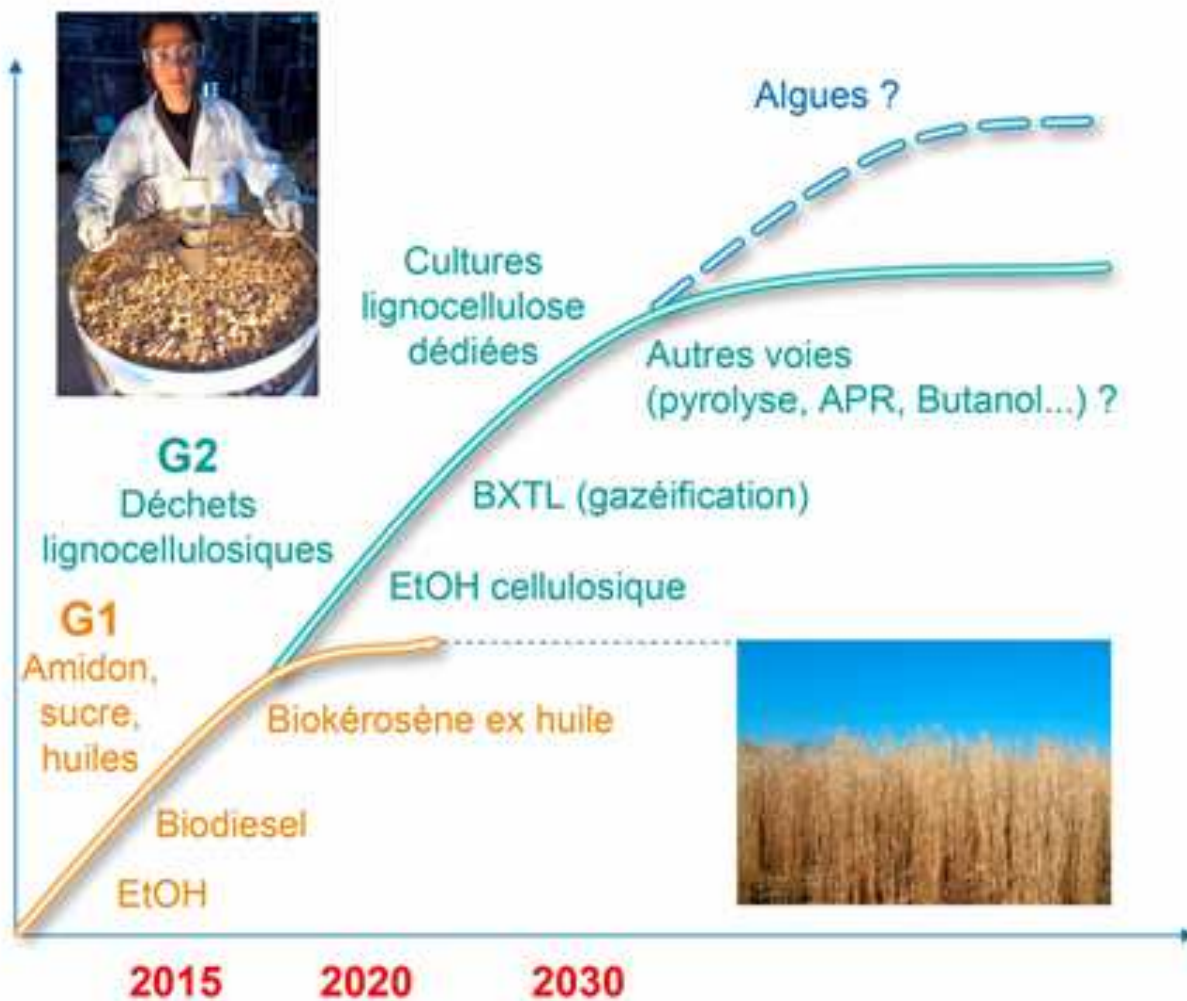


# Conclusions



# Feuille de route incorporation des biocarburants

Incorporation dans les carburants



# Conclusions

---



- La biomasse pour les carburants, le biogaz et la chimie
  - permet de sortir du «tout fossile»,
  - réduit les émissions de gaz à effet de serre
  - peut générer une activité économique de grande ampleur
- L'utilisation des ressources sucre, amidon et huiles est limitée en quantité
- Le relais est en passe d'être pris par la lignocellulose
- Un cadre réglementaire stable est nécessaire pour que ces filières naissantes puissent arriver à maturité et tenir leurs promesses

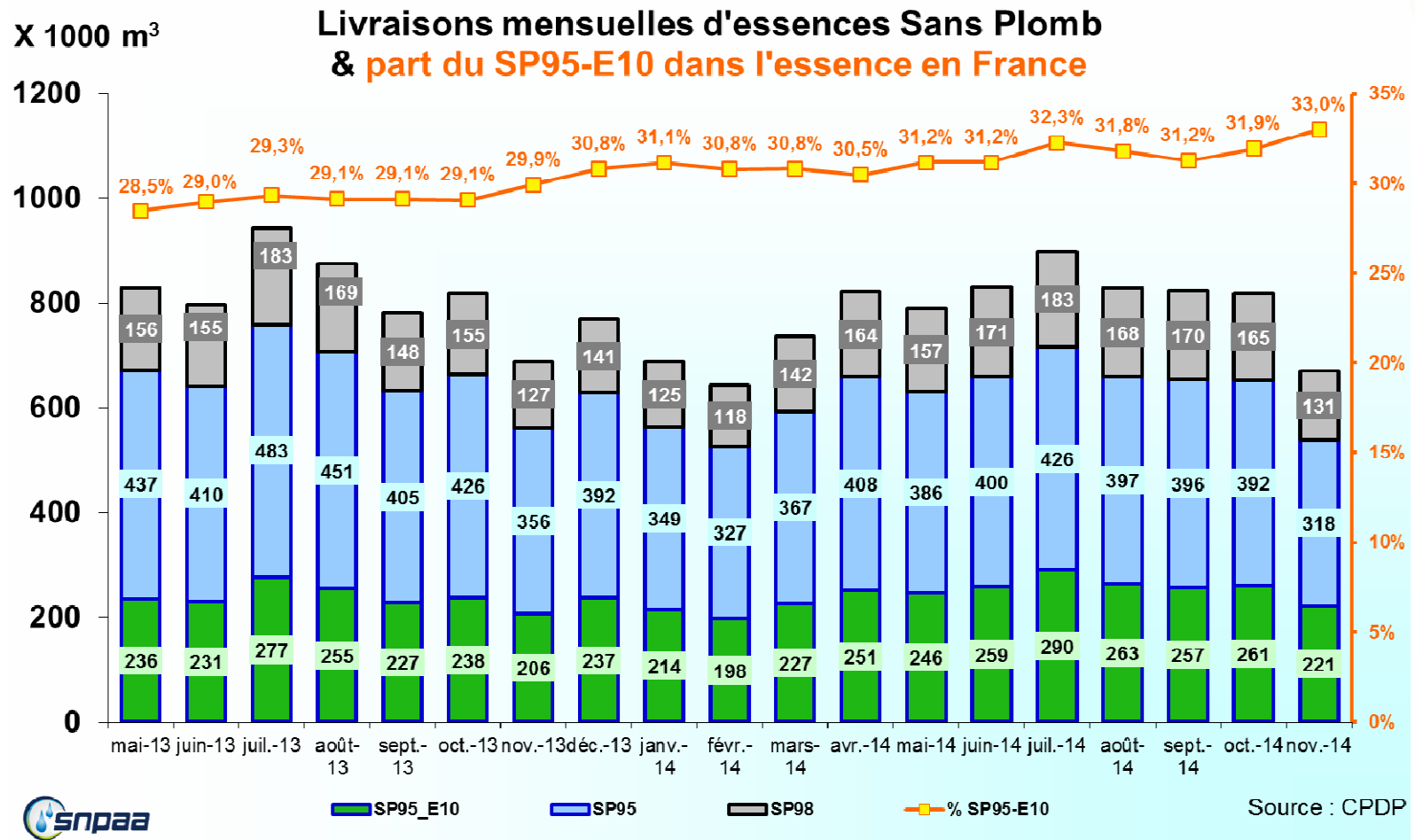




*Innover les énergies*

[www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr)

# Situation en France

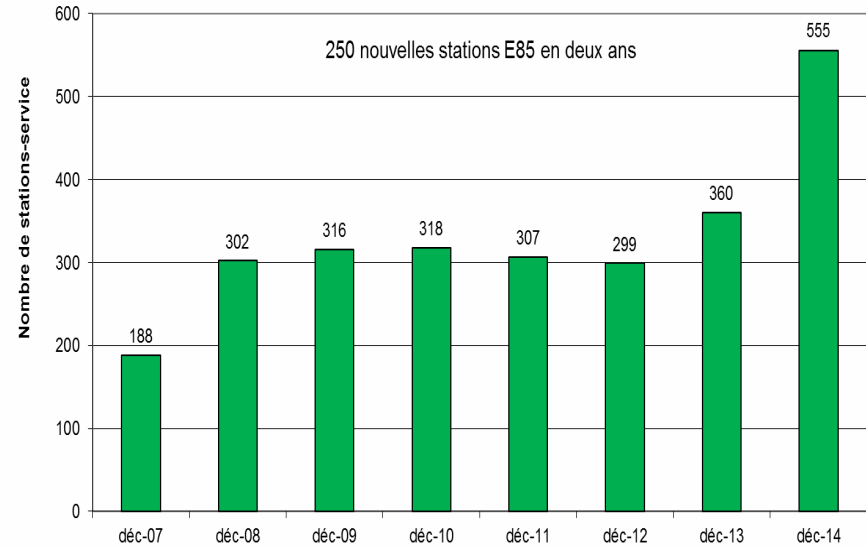
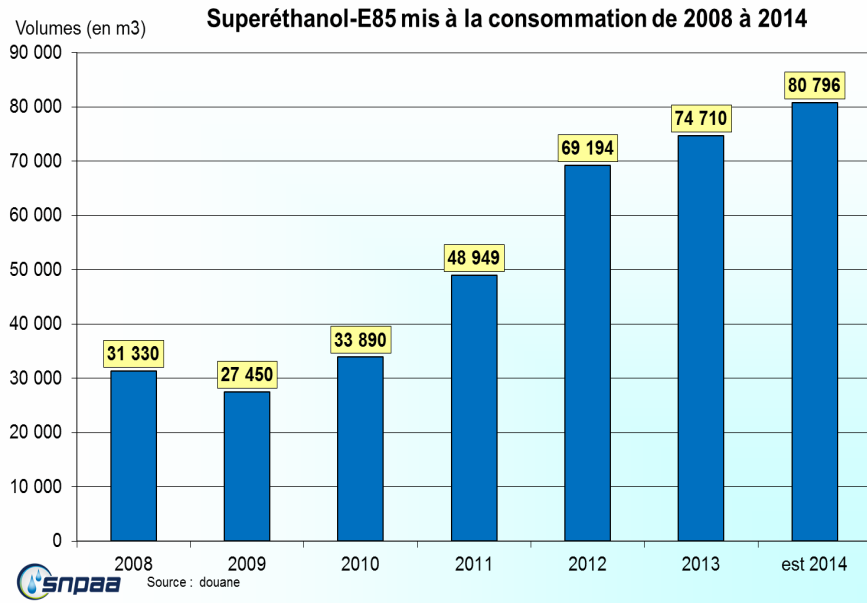


Nov 2014: SP95= 47,4% et SP98=19,6%.

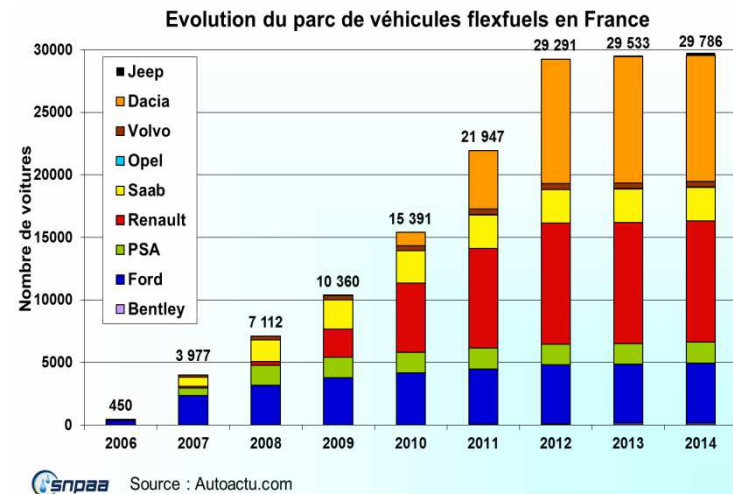
Année mobile: Décembre 2013 à Novembre 2014

SP98 : +6,3% ; SP95 : -7,2% SP95-E10 : +9,0% **Total essence: +0,0%**

# Situation en France



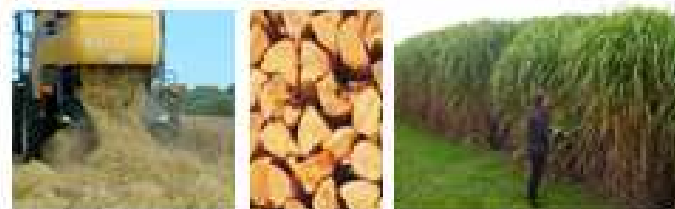
Adéquation entre la distribution et le parc roulant





## Ethanol G2 - Projet Futurol

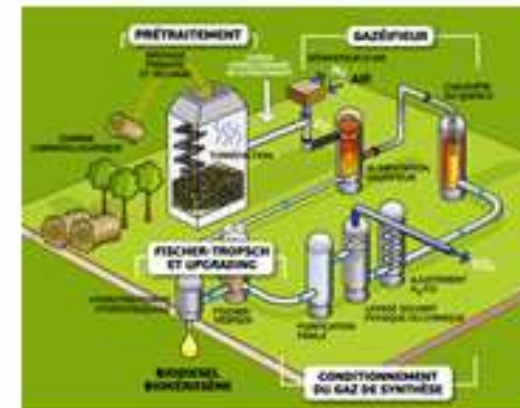
- **Objectif** : développer un procédé de production d'éthanol G2 à partir de lignocellulose issue de coproduits agricoles, forestiers ou de biomasse dédiée
- **Echéances**
  - 2010 : démarrage de l'unité pilote
  - 2015 : prototype (facteur 20)
  - 2016 : unité industrielle (facteur 50)
- **11 partenaires de la R&D** (ARD, IFPEN, INRA, Lesaffre) industriels (Office national des Forêts, Tereos, Total, Vivescia) et financiers (Crédit Agricole Nord Est, CGB, Unigrains)
- **IFPEN, acteur clé de la R&D**: production d'enzymes, mise au point de procédés, évaluation technico-économique, analyse de cycle de vie...



# Biodiesel et biokérosène G2

- BioTfuel : développer et mettre sur le marché une chaîne de procédés permettant de produire du biodiesel et du biokérosène G2

- Partenaires : Axens, CEA, IFPEN, Sofiprotéol, ThyssenKrupp, Total
- Échéance : 2020



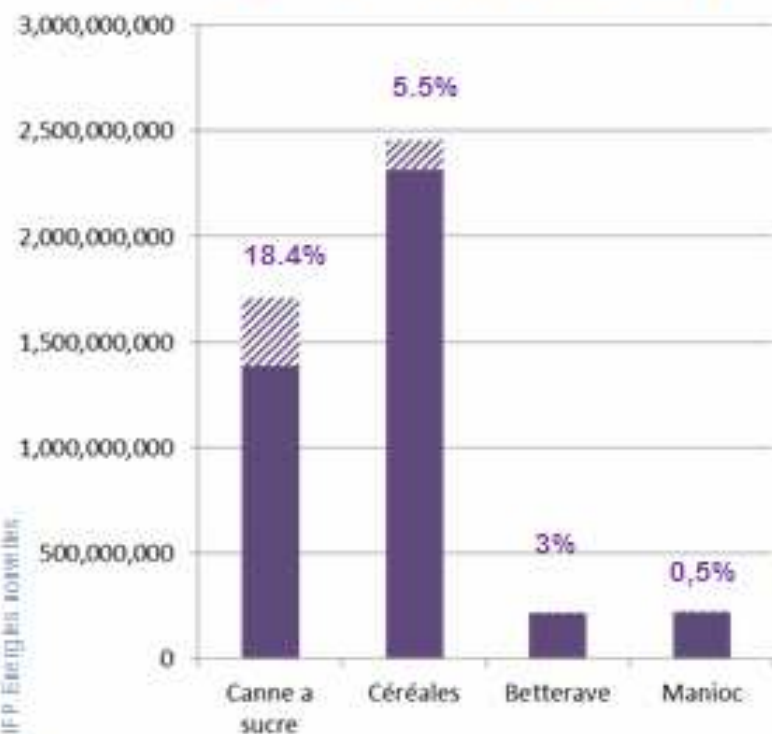
- Développement d'un procédé de production de biocarburants à partir de liquéfiats obtenus par pyrolyse

- Partenaires : Axens, Dynamotive, IFPEN
- Échéance : 2017

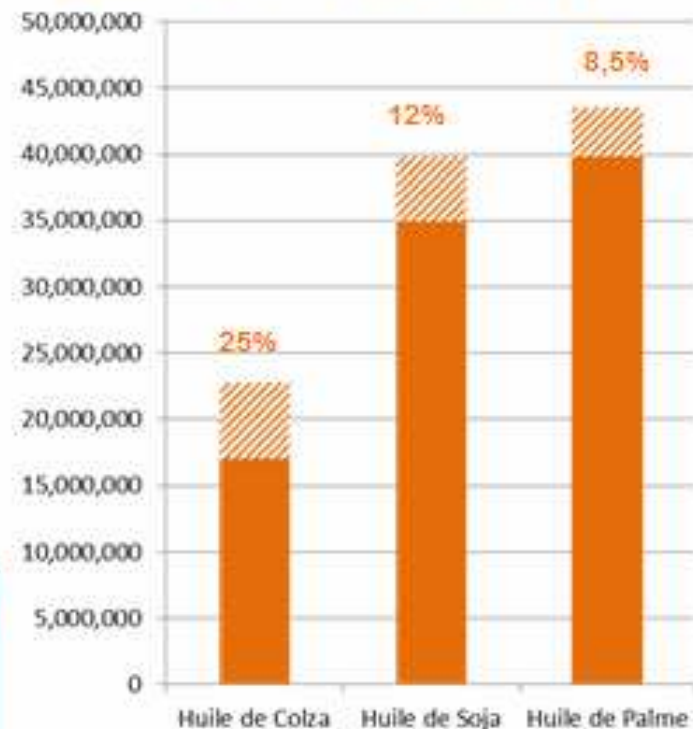
# Part de cultures dédiées aux biocarburants par rapport à la production mondiale (2010)

Tonnes/an

Cultures éthanol vs alimentaire



Cultures biodiesel vs alimentaire



Source: FO Licht's