

Une des valorisations énergétiques de la biomasse : les biocarburants



Le développement durable

- Répondre aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs
- Définition du développement durable selon la Commission Brundtland (1987)

La biomasse

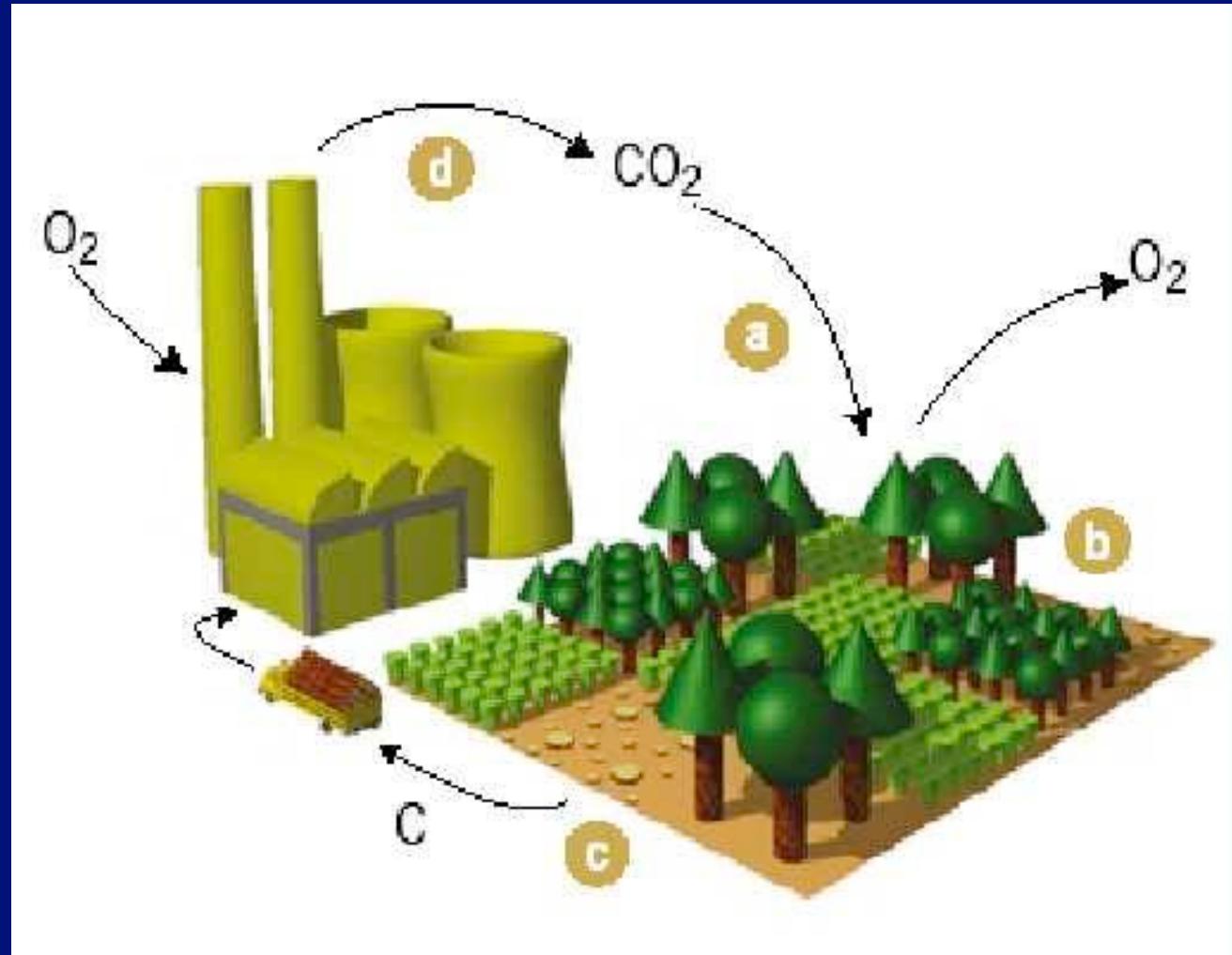
- Selon l'Union Européenne :

La fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (comportant les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux.

- Biomasse lignocellulosique
 - Bois, pailles, cultures dédiées..
- Biomasse alcooligène
 - Betterave, blé, maïs...
- Oléagineux
- - Colza, soja, tournesol....



La biomasse : bilan CO_2 nul



source : [iea bioenergy](#)

CNAM 27/04/06

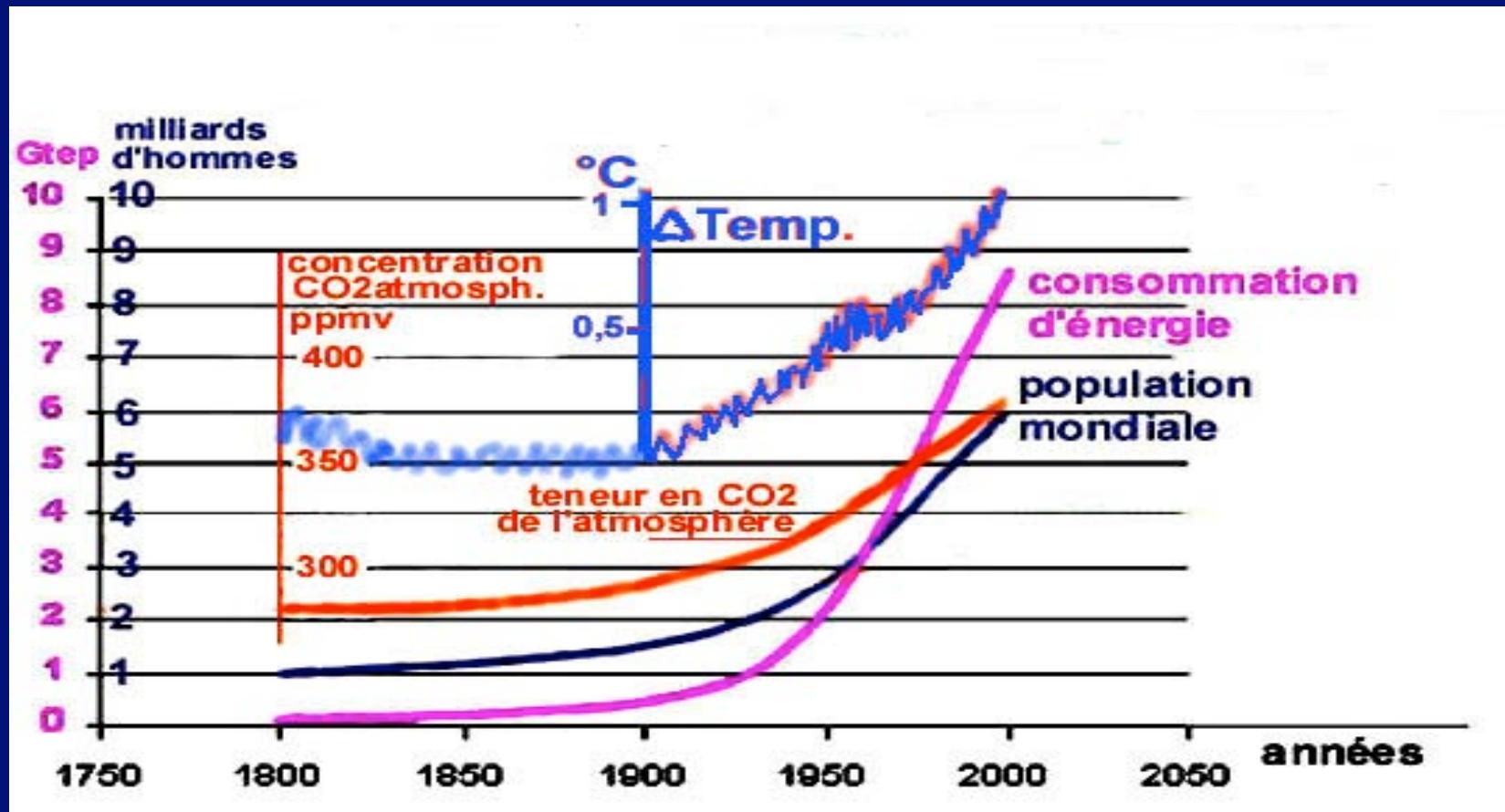
Les enjeux des secteurs agricoles et forestiers

- Valorisation des surplus agricoles
- Valorisation des déchets agricoles
- Optimisation de l'utilisation des surfaces cultivées (jachères)
- Valorisation des productions et résidus forestiers

Les enjeux du secteur des transports

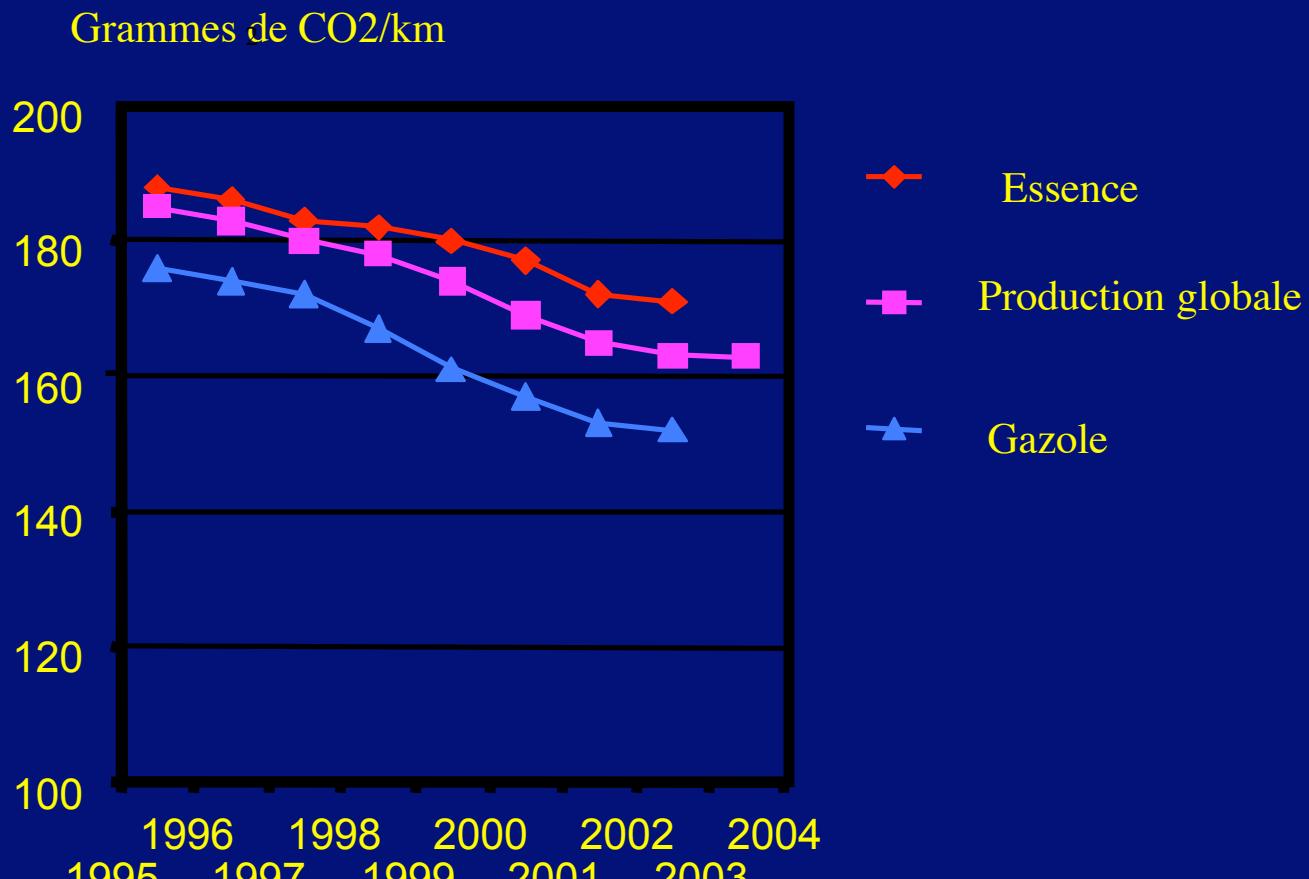
- Réduire la production de gaz à effet de serre
- Réduire la pollution locale due à l'automobile
 - CO, HC, NO_X, particules, O₃
- Réduire la dépendance énergétique vis-à-vis du pétrole
 - dans des conditions économiques acceptables

Evolutions concomitantes de la consommation mondiale d'énergie, la population mondiale, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère et de la température atmosphérique moyenne



Source : DGEMP 22 décembre 2004. Académie des Technologies Commission Energie Environnement

Réduction des émissions de CO2 moyennes des véhicules (g CO2/km parcouru)



Source : ACEA

CNAM 27/04/06

8

Les progrès attendus

- Objectif (ACEA) = 140 g CO₂/km en 2008
- Nouvelles technologies
 - « down-sizing »
 - véhicules « stop and start »
 - nouveaux procédés de combustion diesel
 - moteurs hybrides

Evolution de la formulation des carburants
(Euro 4 - Euro 5)

Les composés oxygénés : la réglementation

Filière essence : EN228

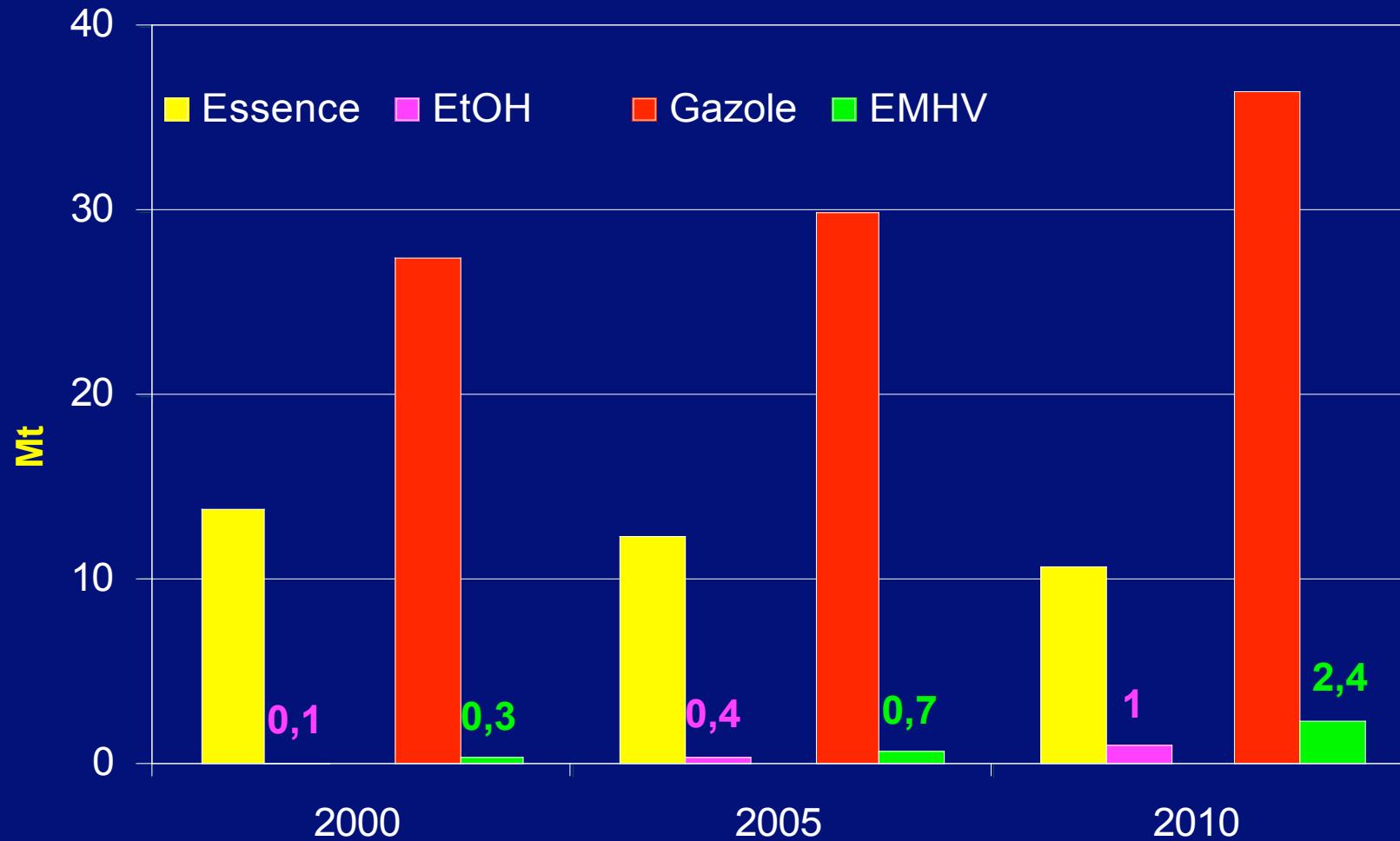
MeOH (+ cosolvant)	< 3 %
<u>Éthanol</u>	< 5 %
MTBE	<15 %
<u>ETBE</u>	<15 %
Autres Ethers (C5+)	<15 %
Alcool TerButylique	<7 %
AIP/AIB	<10 %

Teneur maximale en oxygène :
2,7 % en masse (essence)

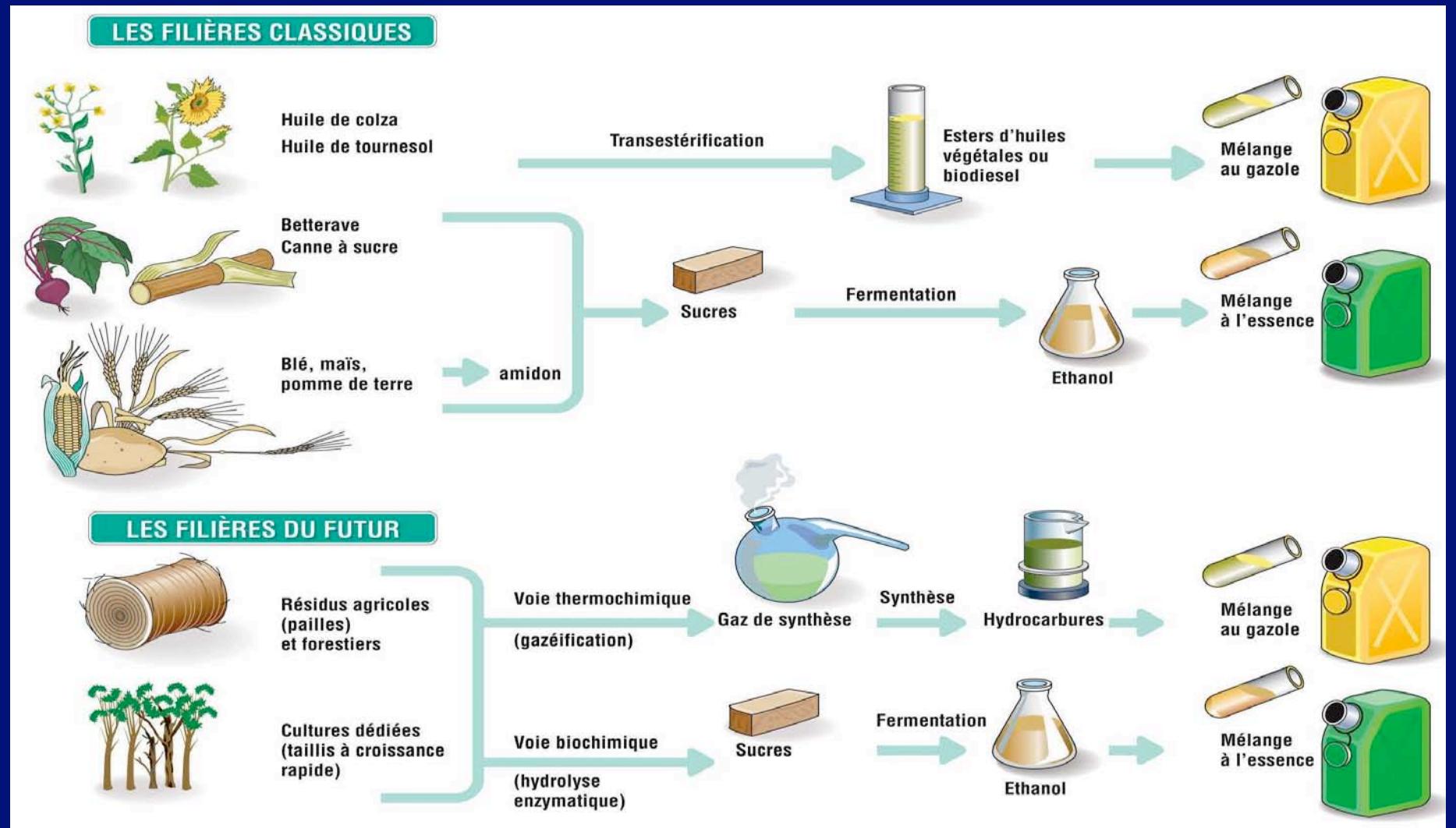
Filière gazole : EN590

EMHV 5 %
France :
Cas particulier des EMHV 30
utilisés en régime dérogatoire

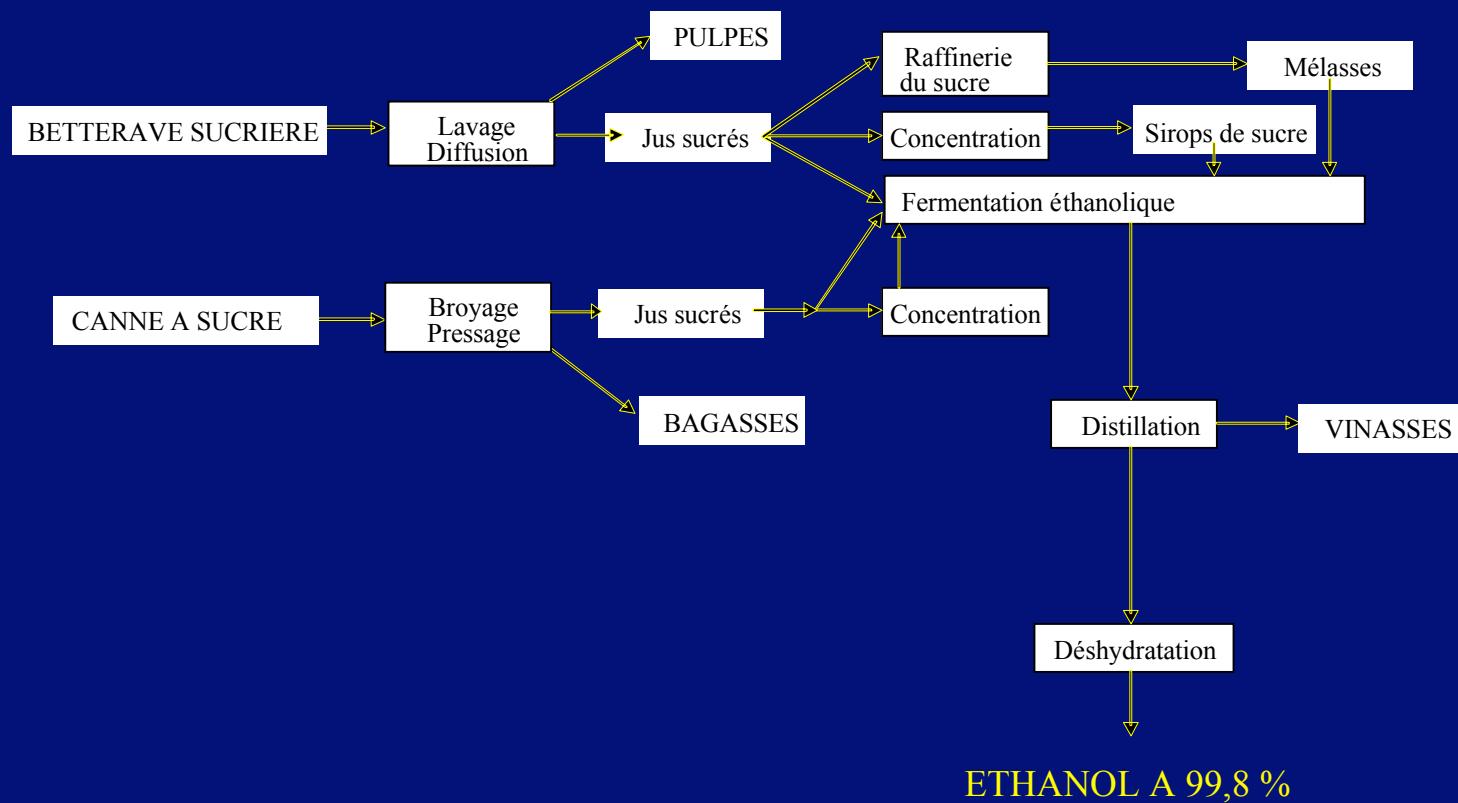
Objectifs d 'incorporation des biocarburants en France : 5,75% (en énergie) en 2008



La fabrication de biocarburants

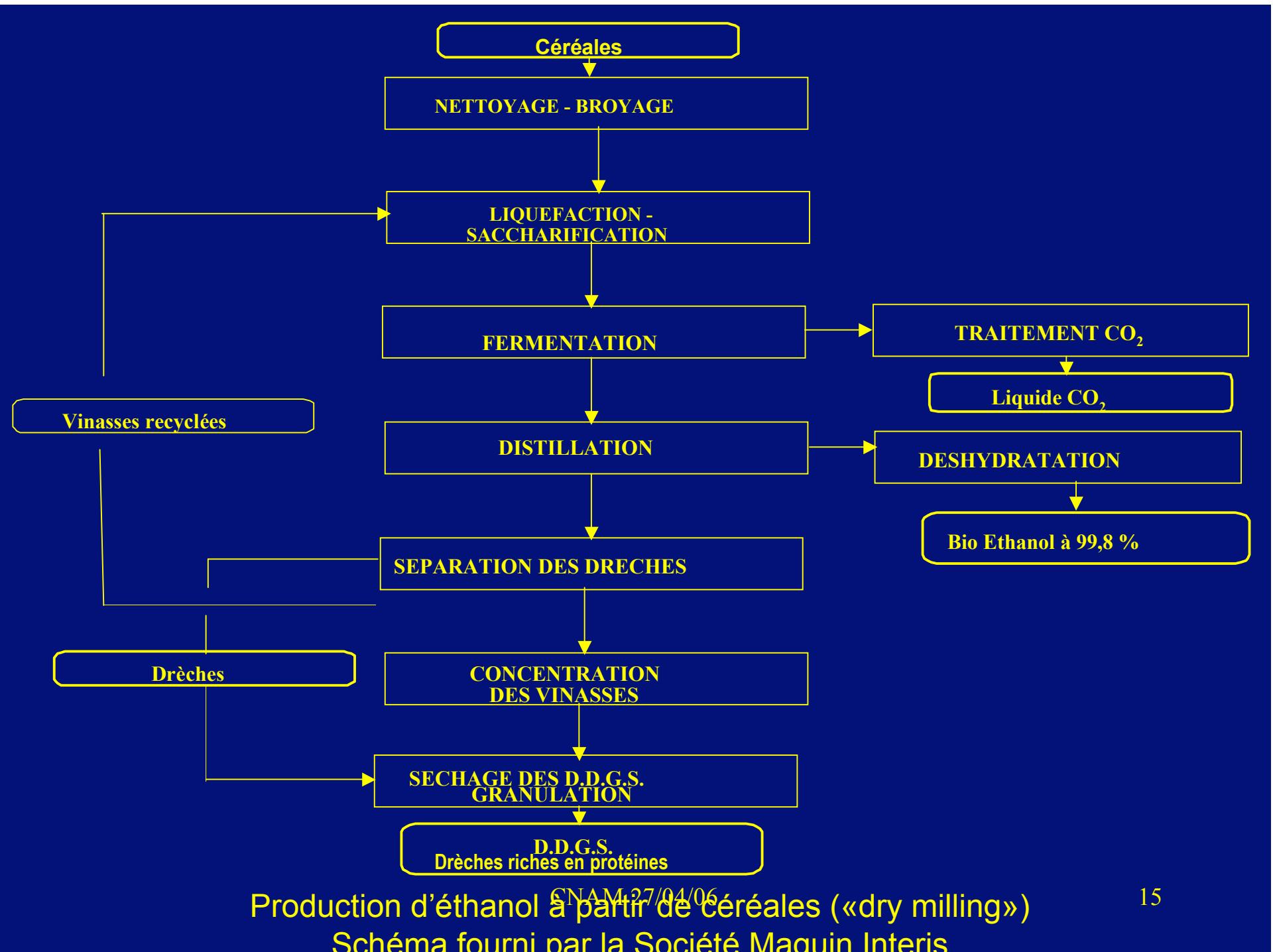


Production d'éthanol ex plantes sucrières



Les rendements des plantes sucrières et leur potentiel alcooligène

Plante sucrière	Rendement agricole t/ha	Teneur en sucre de la plante (% poids)	Rendement éthanol l/t plante	Rendement éthanol m ³ /ha	Rendement énergétique TEP/ha
Betterave	70-75	15	92	6,5-7,0	3,3-3,5
Canne à sucre	80-90	14-15	85	7,0-8,0	3,5-4
Sorgho sucrier	50-60	16	80	4,0-5,0	2-2,5



Les rendements des cultures céréalier̄es et leur potentiel alcooligène

Céréale	Rendement agricole t/ha	Teneur en amidon du grain (% poids)	Rendement éthanol l/t grain	Rendement éthanol m ³ /ha	Rendement énergétique TEP/ha
Blé	7,2-8,3	62-65	370	2,7-3,1	1,4-1,6
Maïs	7,2-8,5	72	400	2,9-3,4	1,5-1,7
Orge	5,0- 7,0	56-59	320	1,6 – 2 ,2	0,8 – 1,2

Les filières d'aujourd'hui

Des volumes importants de co-produits à valoriser

Éthanol

0,75 t. de pulpes/t. d'éthanol ex-betterave



Marché de valorisation
des co-produits

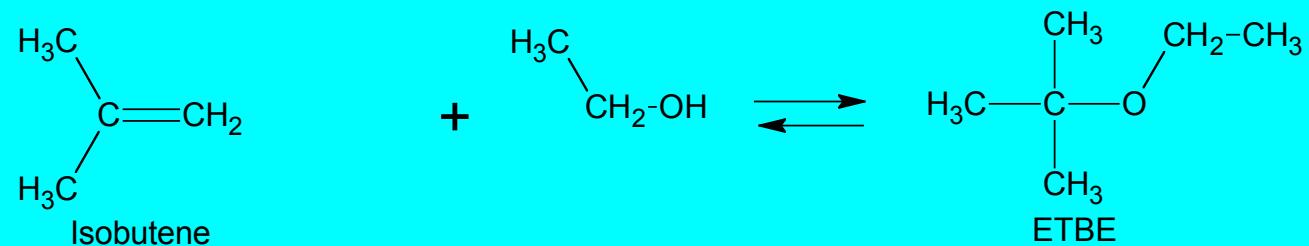
Alimentation
animale

1,2 t. de drèches/t. d'éthanol ex-blé



Alimentation
animale

Réaction de synthèse de l'ETBE



Les caractéristiques essentielles

	Ethanol	E.T.B.E.	Eurosuper
Température d'ébullition (°C)	78,3	72,8	30 - 200
RON *	120	117	95
MON *	99	101	85
<i>Pression de vapeur (bar)</i>	<i>1,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,45 - 0,90</i>
<i>Pouvoir calorifique inférieur (kJ/l)</i>	<i>21 285</i>	<i>26 910</i>	<i>32 018</i>

Moteur à allumage commandé : pourquoi l'incorporation d'éthanol ?

Les points forts

- Une miscibilité dans la coupe essence en toute proportion
 - Europe E5
 - Brésil E24 (entre 20 et 24 %)
 - Etats Unis : E10
 - Carburant à très fortes teneurs : E 85
- Un impact positif sur les émissions de :
 - CO, HC, réduction de 5 à 10 %
 - CO₂ Wt

Moteur à allumage commandé : l'éthanol mais... Les points faibles

- Volatilité - Tension de vapeur

L'Incorporation de 5 % d'EtOH conduit à un accroissement de 50 à 80 mb de la tension de vapeur : *accroissement des émissions par évaporation de 30 à 50 %*

- il faut ajouter l'EtOH dans un carburant à volatilité réduite

- Tolérance à l'eau

- démixtion à basse température en présence d'eau
- migration de l'éthanol vers les pieds d'eau

- Perte de l'intérêt "octane" de l'éthanol

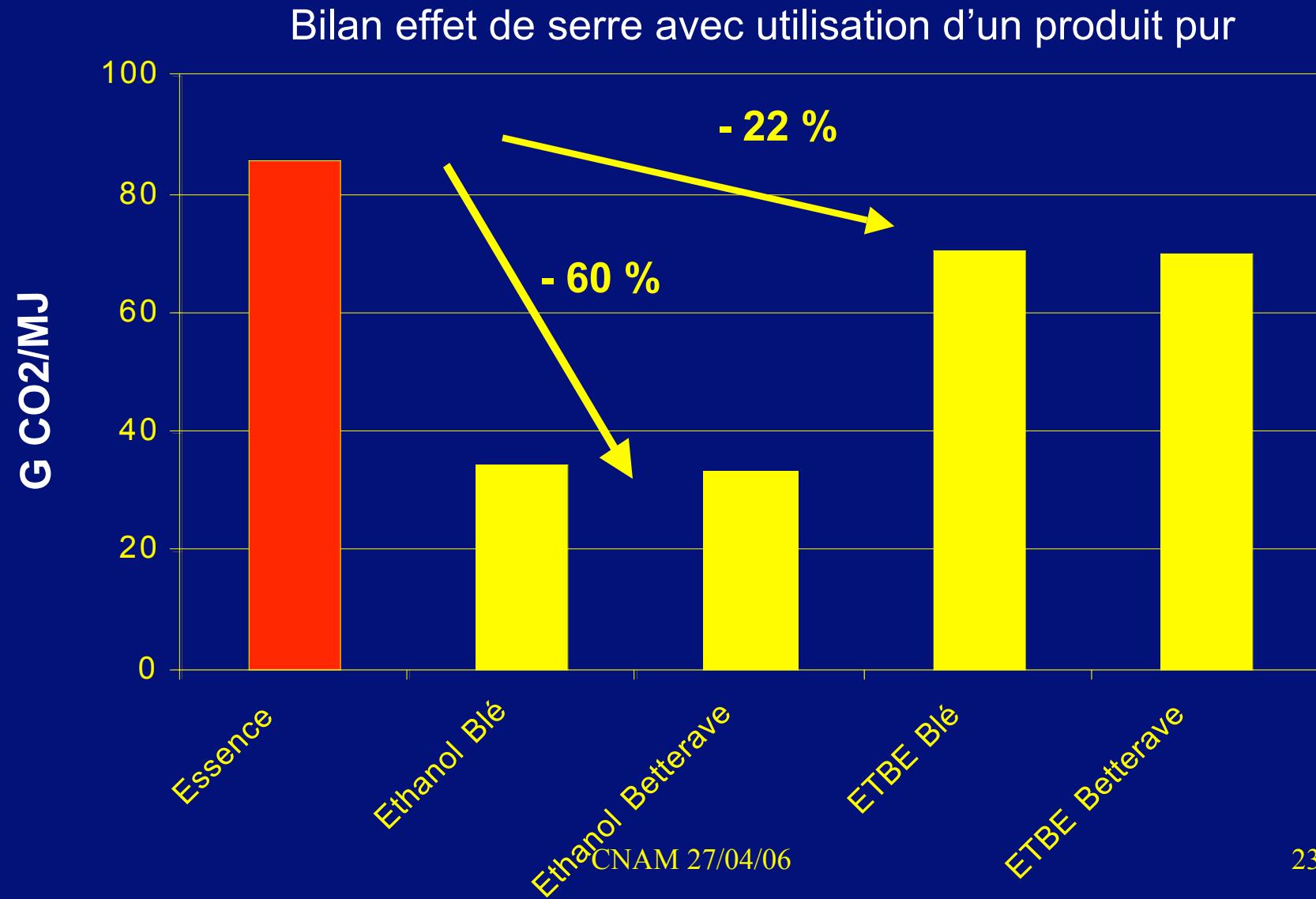
L'ETBE ne présente pas ces inconvénients

Ethanol : Utilisation à fort taux d'incorporation

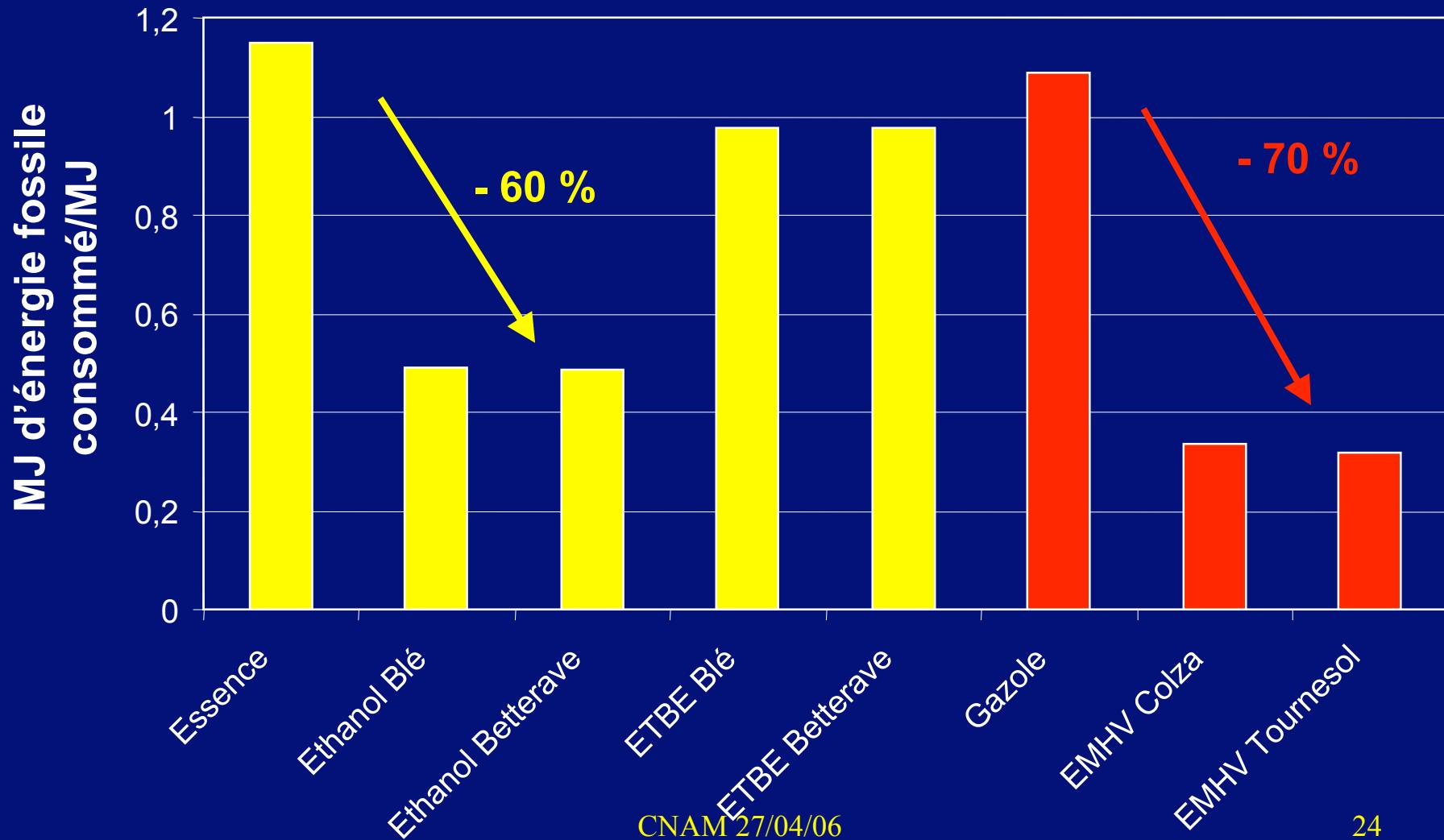
Pur ou E85

- soit appliqué aux FFV (Flexible Fuel Vehicles)
- soit appliqué à des moteurs dédiés
 - optimisation du moteur pour exploiter les gains en indice d'octane apportés par l'éthanol (taux de compression, courbe d'avance)
 - bas niveaux de CO₂
 - mais nécessité de matériaux adaptés

Un bilan effet de serre positif

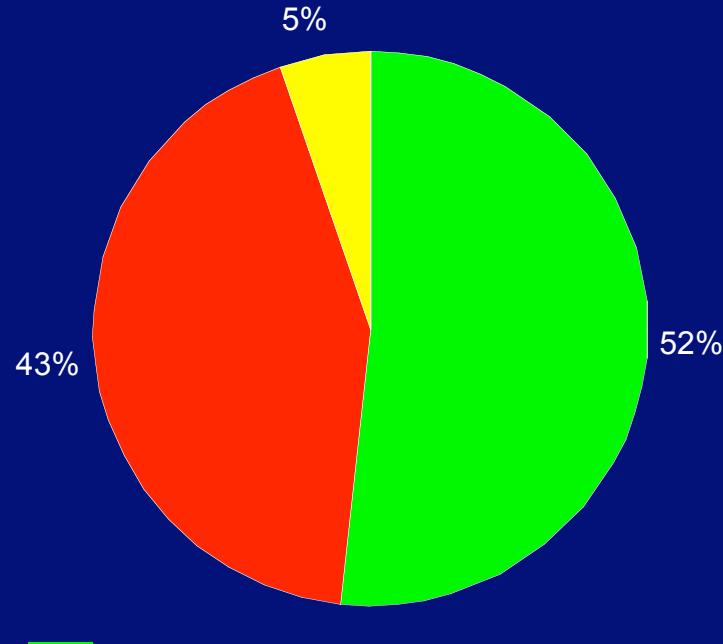


Bilan consommation d'énergie fossile non renouvelable (Etude ADEME/DIREM 2002)

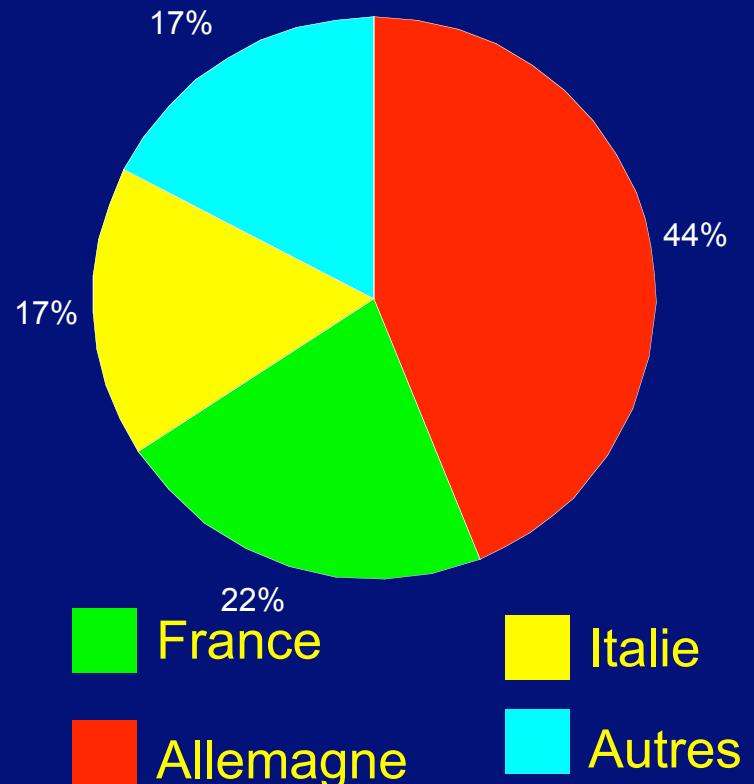


État de la situation dans le monde

Production mondiale d'éthanol
carburant : 19 Mt



Production mondiale d'EMHV
carburant : 1,6 Mt



Consommation mondiale de pétrole dans les transports : 1,7 Gt

Ethanol pur introduit dans l'essence

Estimation des surfaces cultivées en France

Année	2008
Incorporation d'éthanol (t)	985 000
Ethanol ex betteraves (t)	348 400
Rendement éthanol (t/ha)	6,50
Surface cultivée en betteraves (ha)	53 600
Utilisation de la sole betteravière (%)	12,5
Ethanol ex blé (t)	636 600
Rendement éthanol (t/ha)	2,36
Surface cultivée en blé (ha)	270 000
Utilisation de la sole blé (%)	5,4

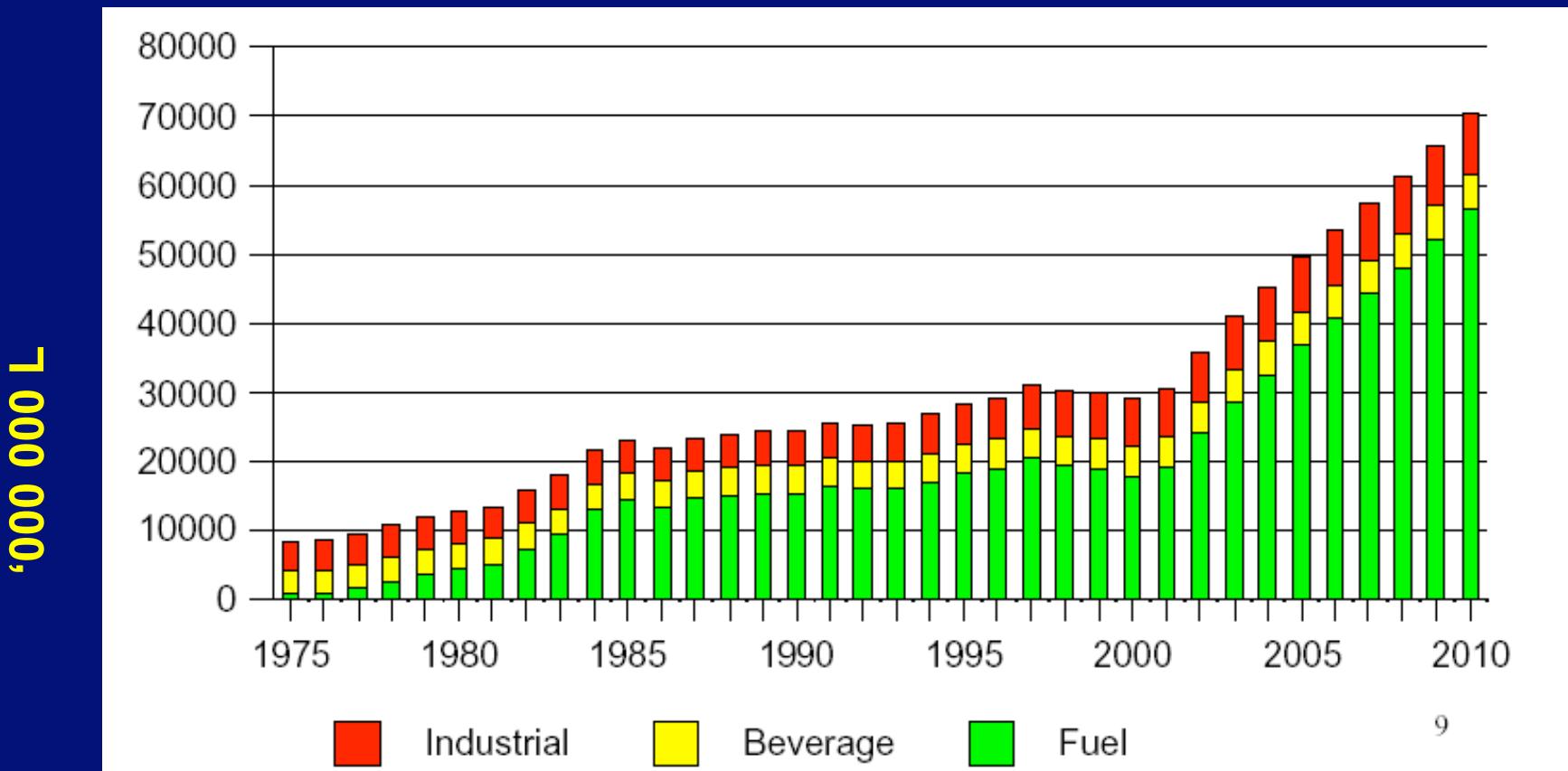
Sole betteraves = 430 000 ha Sole blé = 5Mha (environ) d'éthanol = 0,792

(1) = Ratio 70/30 jusqu'à une production de 132 200 t d'éthanol, qui s'inverse au-delà de cette production

Bioéthanol ex biomasse

alcooligène

Production mondiale d'éthanol



9

Production mondiale de bio-éthanol : 33 Mt en 2004, dont 24 Mt à usage carburants (19 Mt en 2003)

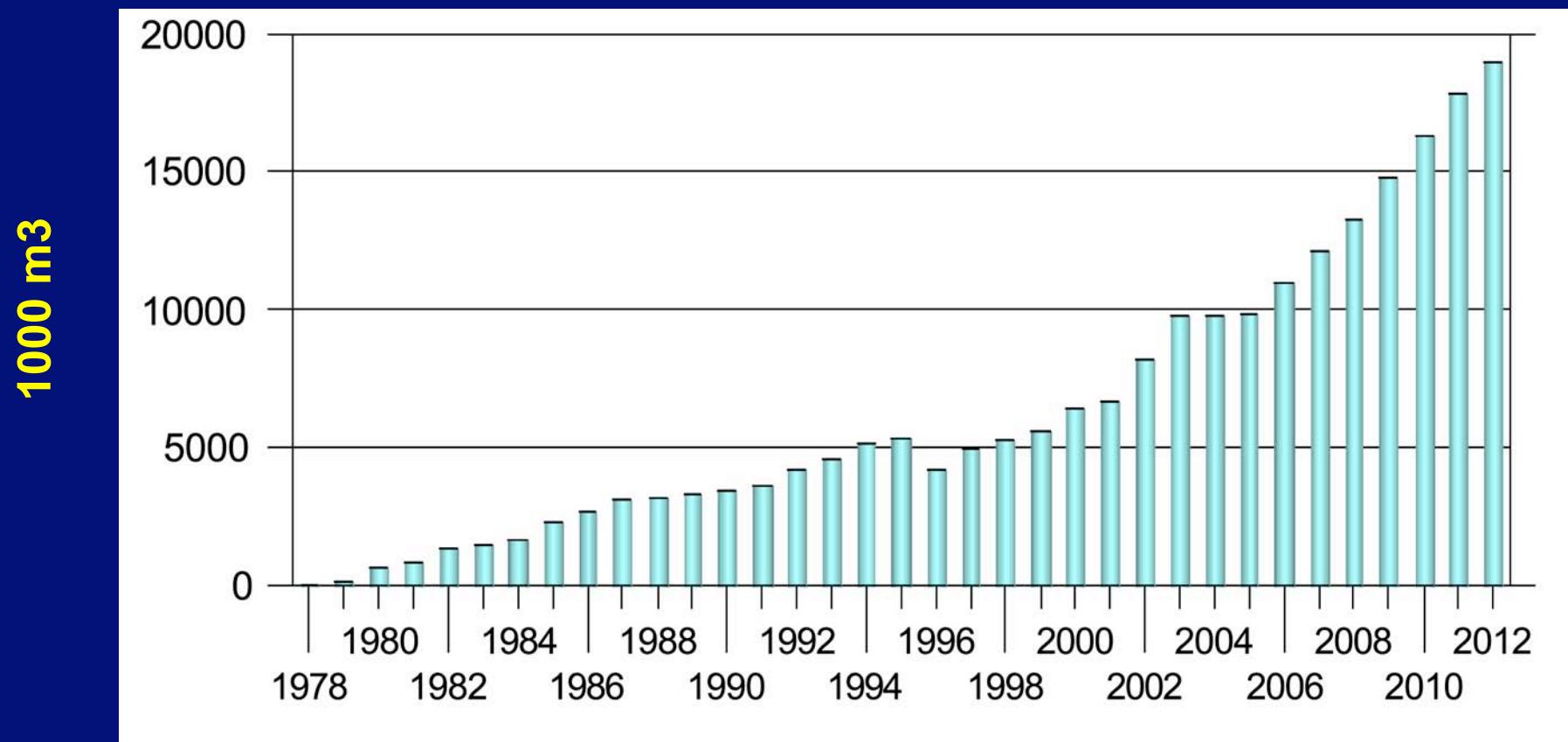
CNAM 27/04/06

(52% au Brésil, 43% aux USA)

27

Bioéthanol ex biomasse alcooligène

Production d'éthanol carburant aux États-Unis



Les filières d'aujourd'hui

Principales limites

Le coût

Coûts comparés des principales filières biocarburants

Ethanol Europe	Ethanol Etats-Unis	Ethanol Brésil	EMHV Europe
0,4-0,6 €/l	0,3 \$/l	0,23 \$/l	0,35-0,65 €/l
19-29 €/GJ	14 \$/GJ	11 \$/GJ	10,5-20 €/GJ

Sources : AIE/IEA

Ordre de grandeur de prix des carburants pétroliers

Brut à 25 \$/bl \longrightarrow 0,2 \$/l ou 6\$/GJ

Brut à 50 \$/bl \longrightarrow 0,4 \$/l ou 12\$/GJ

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,
- Pas de compétition avec la filière alimentaire,
- Pas de co-produits et volumes de biocarburants produits plus importants

Production et répartition de la biomasse végétale dans le monde

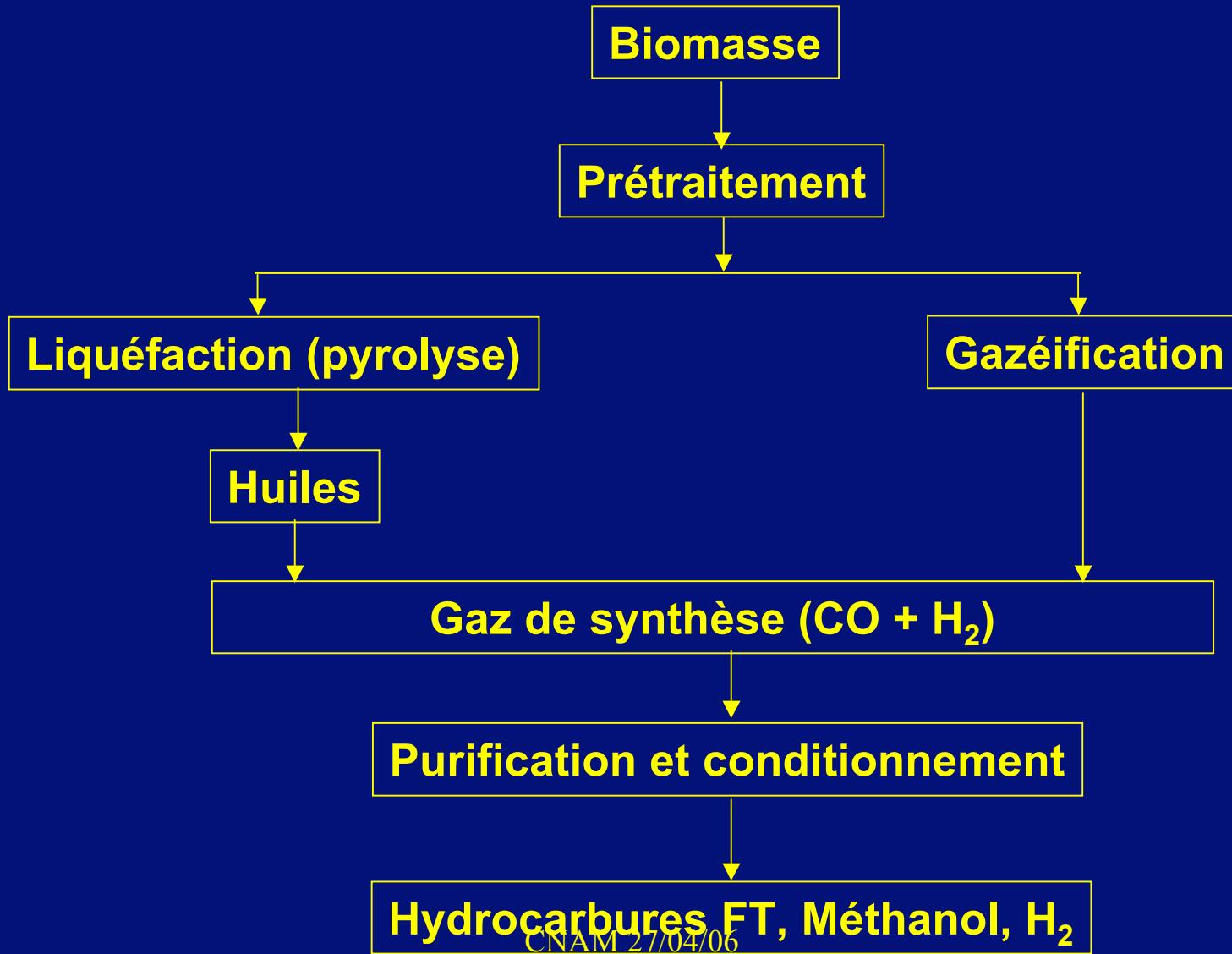
	Surface	Production annuelle	Production récupérable	Production récupérée
		en Gt m.s./an	en Gt m.s./an	en Gt m.s./an
Continents	14600 Mha	120 (51,6)*	44 (18,9)*	21 (9)*
Cultures	10 %	10 %	22 %	46 %
Pâturages	23 %	20 %	27 %	17 %
Forêts	34 %	60 %	38 %	37 %
Autres	33 %	10 %	13 %	0 %
Étendues d'eau	36500 Mha	90	~0	~0
Océans	99 %	99 %	-	-
Eau douce	1 %	1 %	-	-

* les chiffres entre parenthèses sont exprimés en Gtep

Composition moyenne de la biomasse lignocellulosique (%) masse)

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

Voie thermochimique



Voies thermochimiques

Pyrolyse de la biomasse

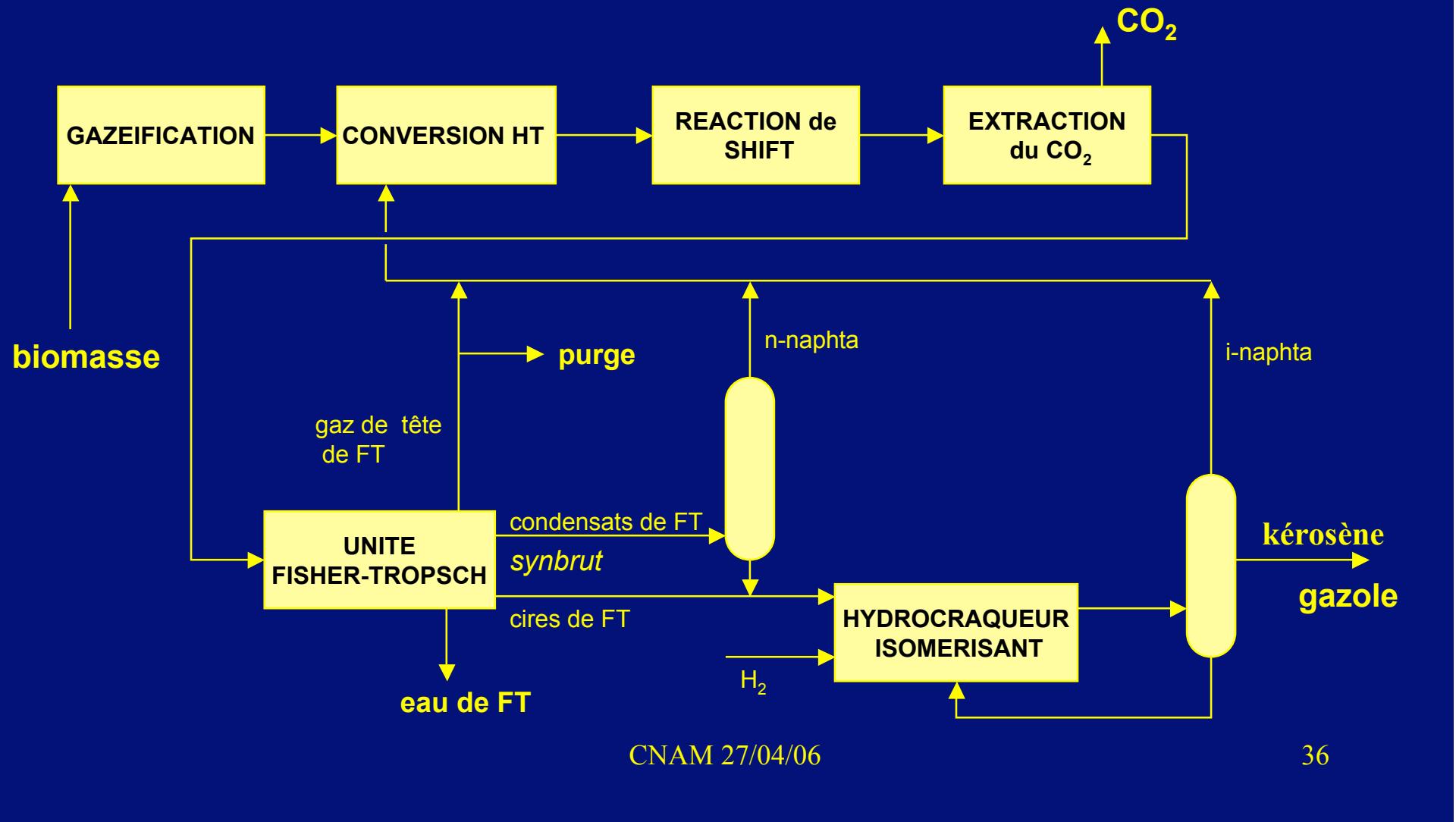
- Conversion sous l'action de la chaleur
 - solide (charbon végétal)
 - composés organiques condensables (huiles)
 - gaz permanents (CO_2 , CO , H_2 , CH_4)
- principaux paramètres réactionnels
 - vitesse de chauffage, température, temps de séjour, pression, granulométrie, teneur en eau
- pyrolyse rapide (500°C) = bio-oils
 - nombreux procédés (lit fluidisé, lit circulant, lit entraîné, sous vide, ...)

Voie thermochimique

Gazéification de la biomasse

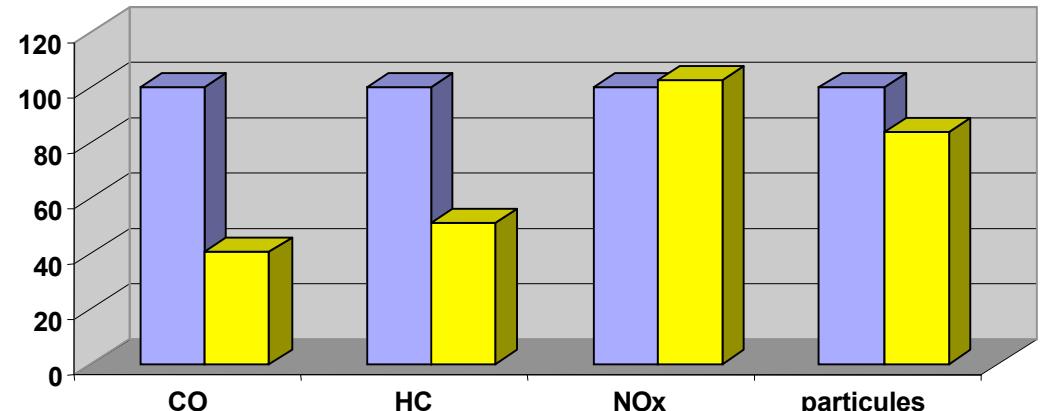
- Transformation thermique et chimique en présence d'un gaz de réaction : air, O₂ ou H₂O
- Syngas = H₂, CH₄, CO, CO₂, H₂O
- Usage biocarburants = conversion maximum en H₂, CO
- Transformation idéale
 - C₆H₉O₄ + 2 H₂O → 6 CO + 6,5 H₂

BTL : Schéma (IFP/CEA)

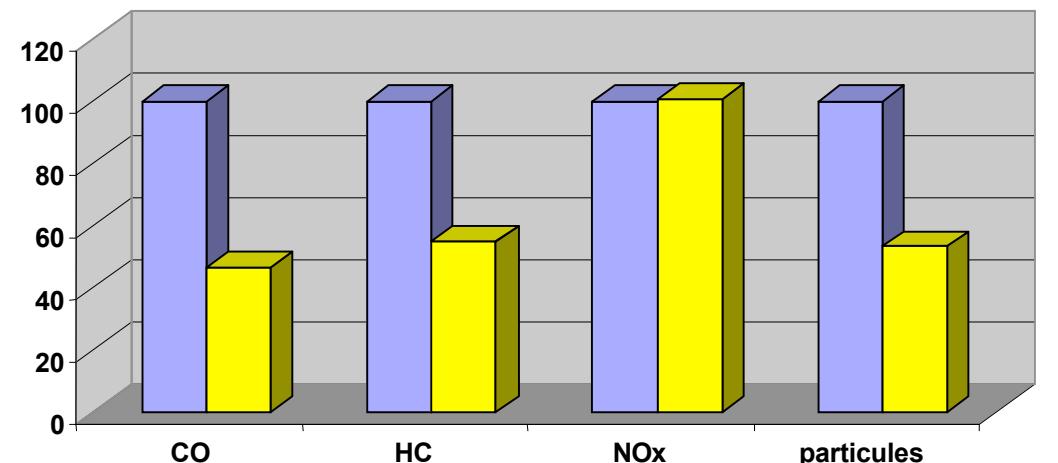


BTL et émissions

Véhicule équipé d'un système d'injection Common Rail



Véhicule muni d'injecteurs pompe

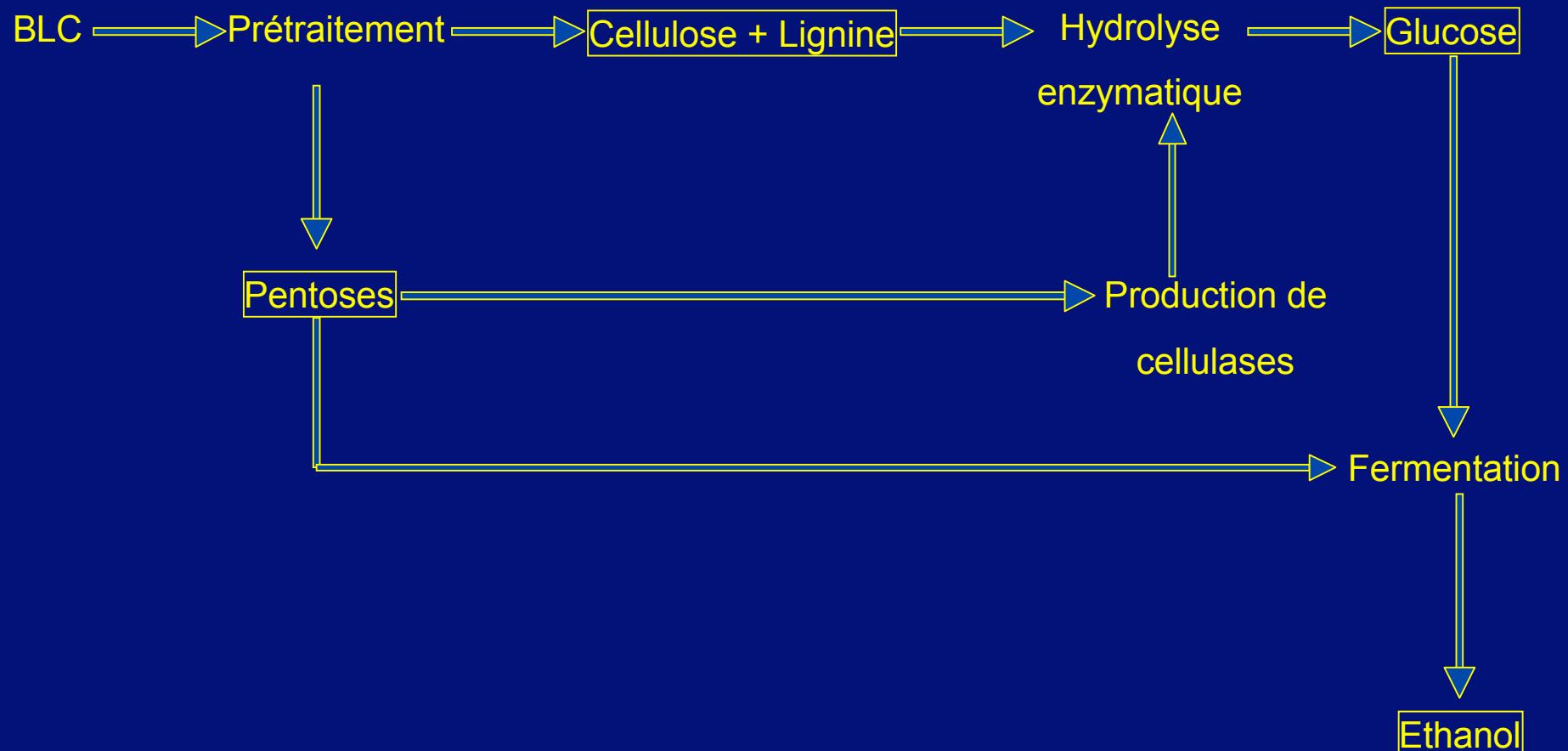


Ethanol ex Biomasse Lignocellulosique (BLC)

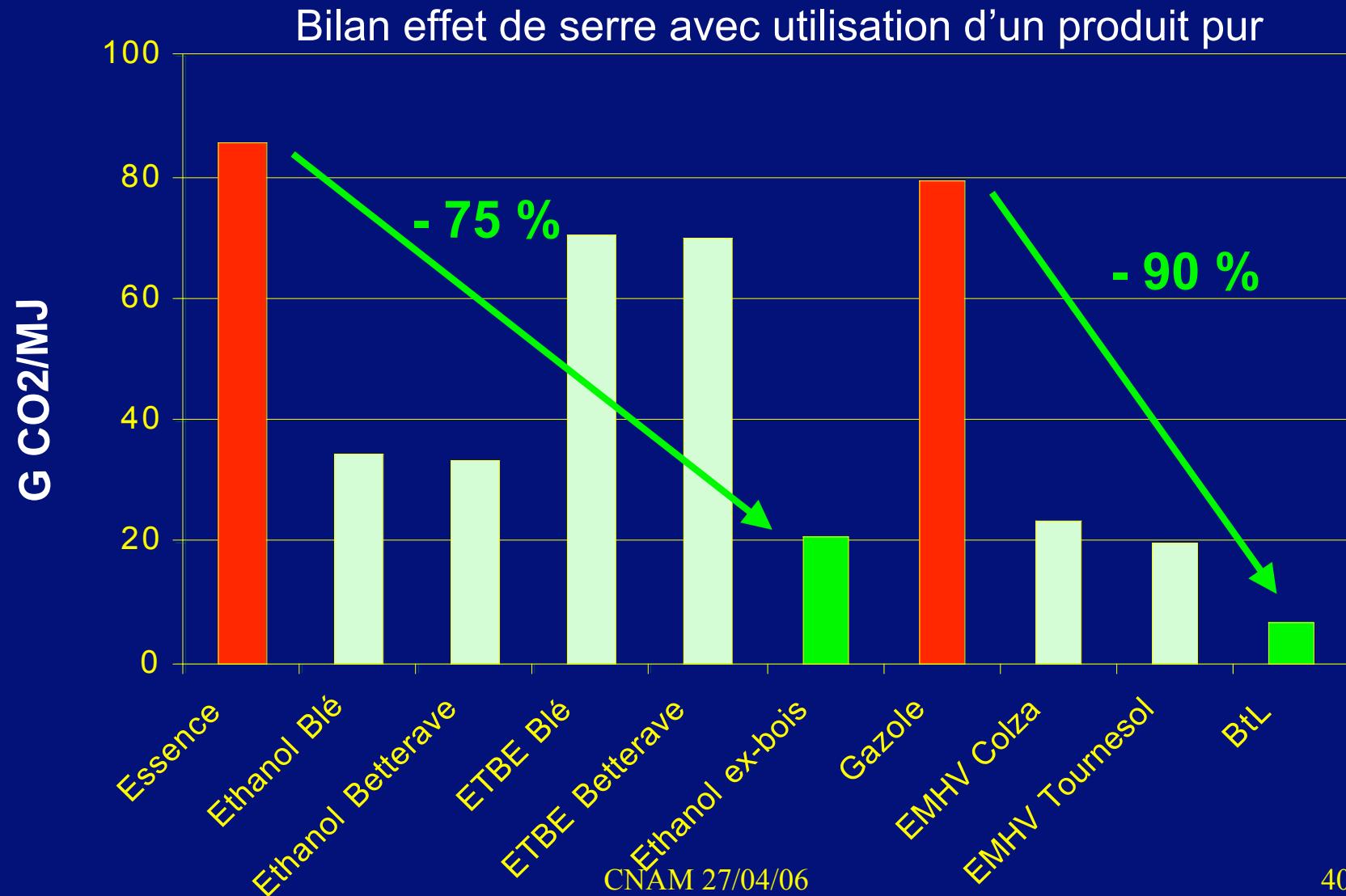
Intérêts principaux

- Potentiel de diminution du coût de l'éthanol
- Non concurrentiel avec usages alimentaires
- Bilan CO₂ plus favorable (peu d'intrants, utilisation lignine)

Production d'éthanol à partir de biomasse lignocellulosique (BLC)



Un bilan effet de serre positif



Source : Ademe/Direm 2002 - IFP

Conclusion

- L 'importance du développement des biocarburants va essentiellement dépendre :
 - - de la réduction de leurs coûts,
 - - de la diversification des ressources en biomasse