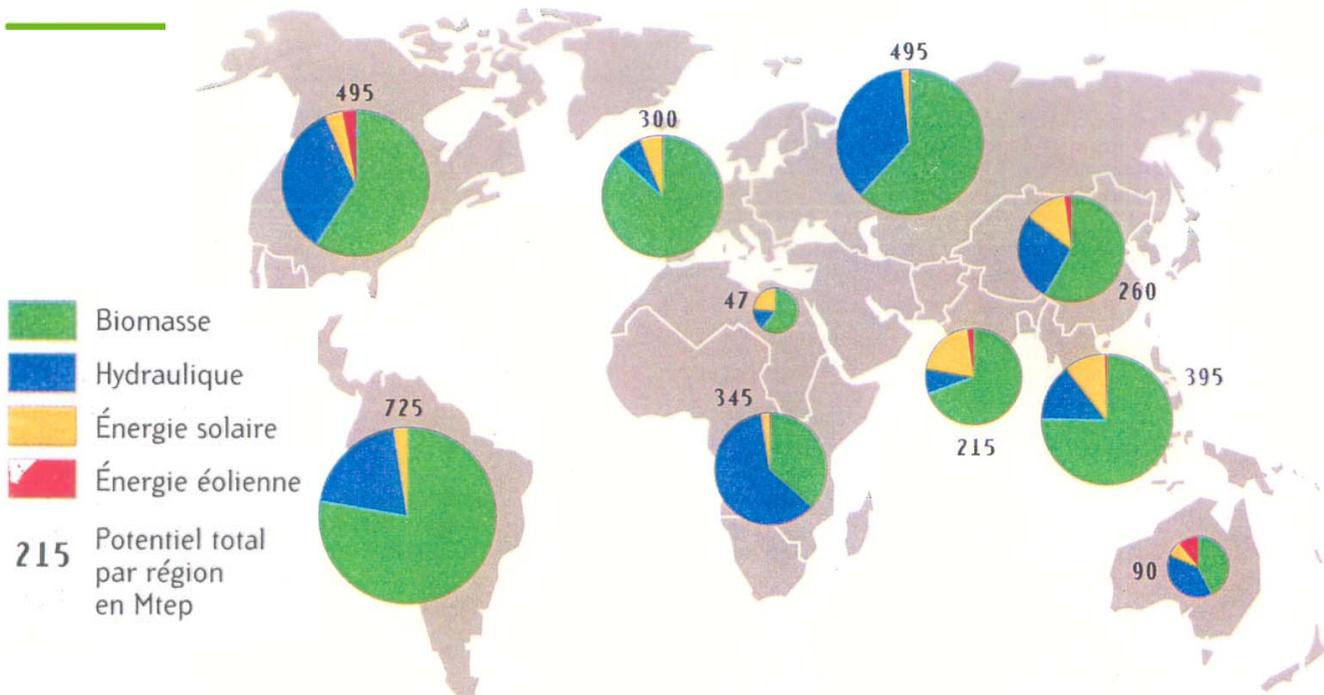


# Potentiel mondial d'énergies renouvelables



## 36. LES POTENTIELS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES DES ANNÉES 90

*Les potentiels annuels des différentes énergies renouvelables réellement accessibles dans les années qui viennent sont importants. Les énergies du soleil, du vent, de la biomasse et l'hydraulique représentent un potentiel raisonnablement mobilisable de plus de 40 % des besoins actuels d'énergie du monde, 25 % pour les pays industrialisés, 30 % dans les pays de l'Est, plus de 80 % dans les pays du Sud. La contribution principale pourrait provenir de la*

*bois avec 1 600 Mtep mobilisables sans risque de déforestation, puis de l'hydraulique encore très peu mis en œuvre en Afrique, en Amérique latine et en ex-URSS. Le solaire et l'éolien offrent une contribution plus faible au bilan global mais sont essentiels pour le développement de plus de deux milliards d'individus qui n'ont pratiquement aucun espoir d'être raccordés au réseau électrique. Source : B. Dessus, B. Devin, F. Pharabod, « Le potentiel mondial des énergies renouvelables », La Houille blanche, 1992.*

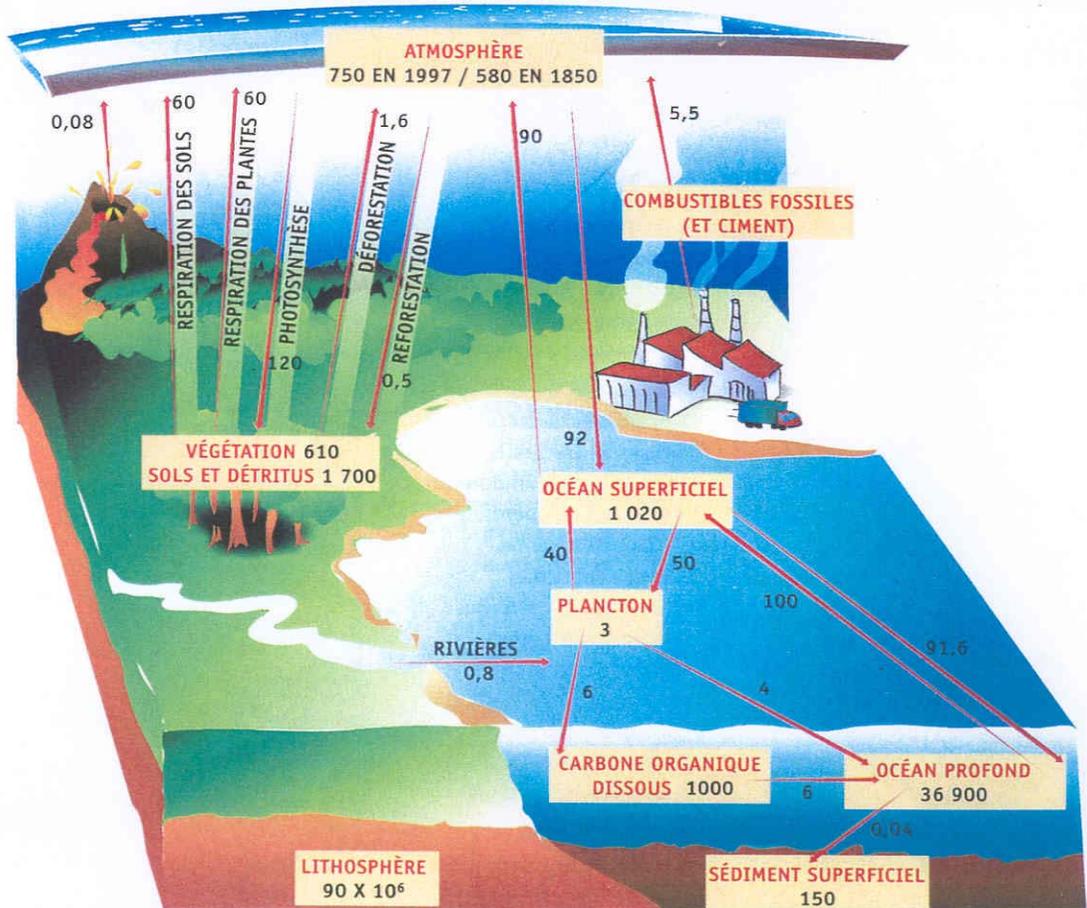
# Le potentiel annuel mondial des énergies renouvelables raisonnablement mobilisable actuellement (en MTEP)



Source : B. Dessus, B. Devin, F. Pharabod,  
"Le Potentiel mondial des énergies renouvelables"  
La Houille Blanche 1992

POTENTIEL ANNUEL	HYDRO	SOLAIRE	EOLIEN	BIOMASSE	TOTAL
PAYS DU NORD	555	38	42	740	1375
PAYS DU SUD	320	162	18	1490	1990
TOTAL	875	200	60	2230	3365

# Le cycle du carbone

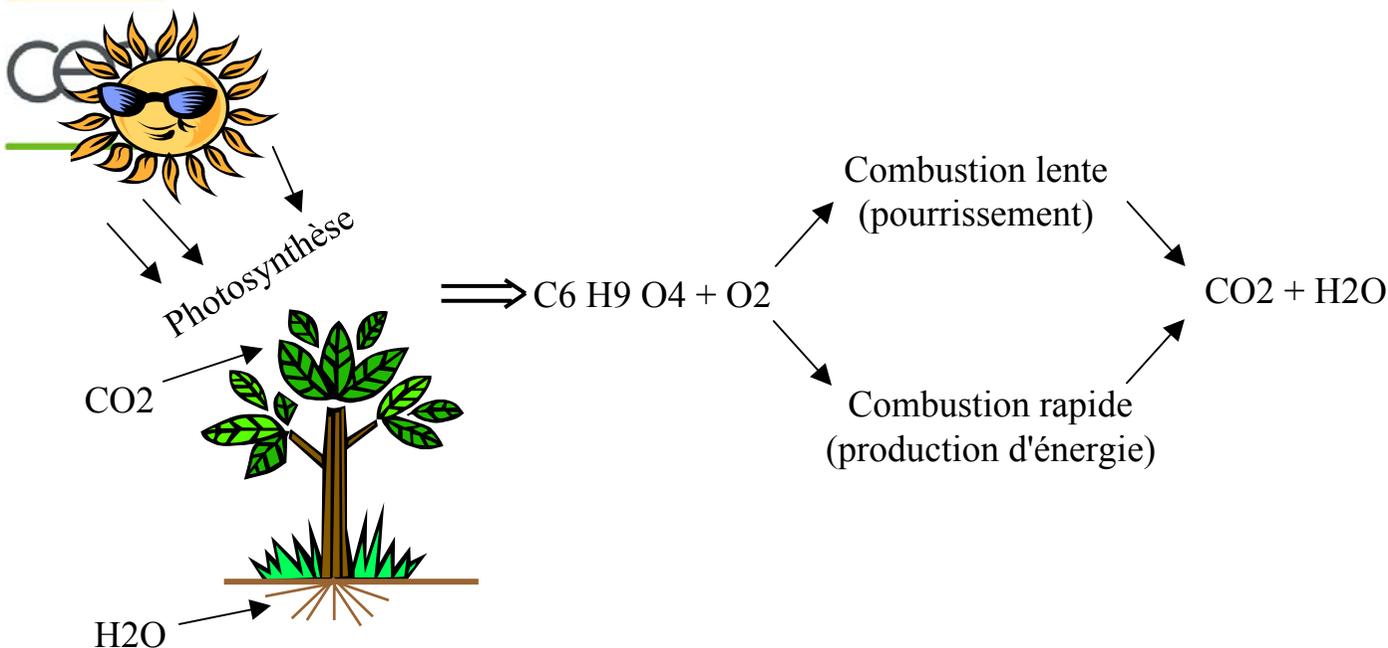


Le cycle du carbone. Les flux annuels (flèches) et les quantités dans les réservoirs (rectangles) sont exprimés en milliards de tonnes de carbone. La moitié du carbone produit par l'homme reste dans l'atmosphère. L'autre est éliminée par les océans et la biosphère continentale selon des mécanismes encore mal compris.

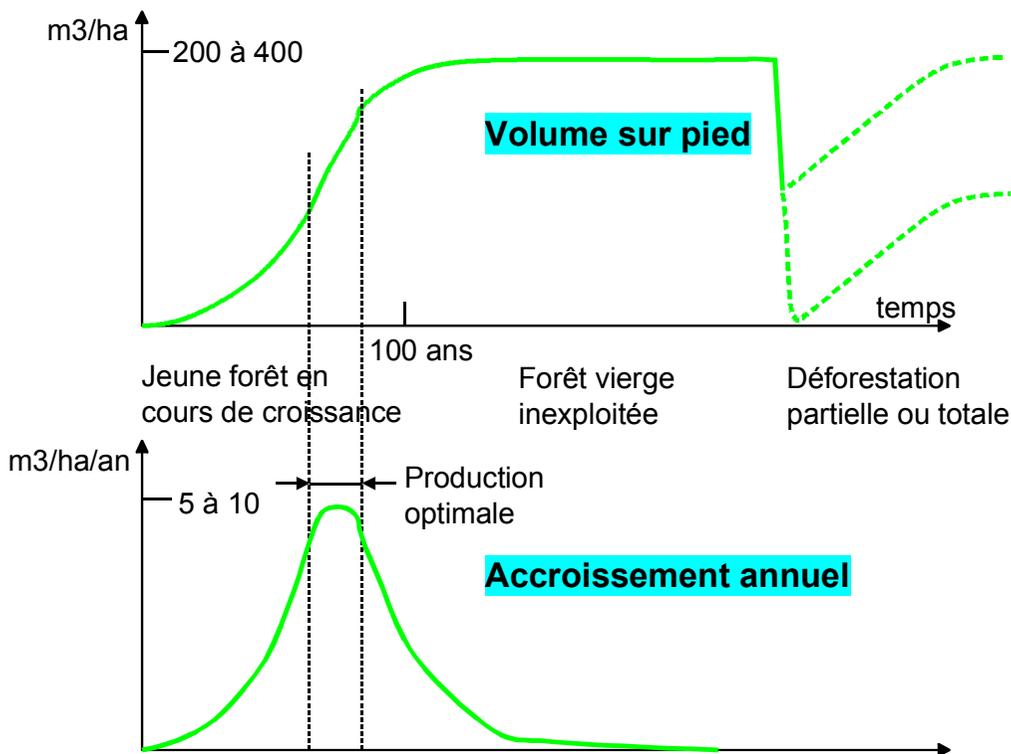
$$\begin{aligned} \text{Émissions} &= 0,08 + 1,1 + 5,5 \\ &= 6,7 \cdot 10^3 \text{ Mt carbone/an} \\ \text{Soit} &\approx 1 \text{ t/an/habitant} \end{aligned}$$

$$\text{Absorption} = 2,8$$

# LE CYCLE DU CARBONE



## MODE DE GESTION FORESTIERE



# LA BIOMASSE

---



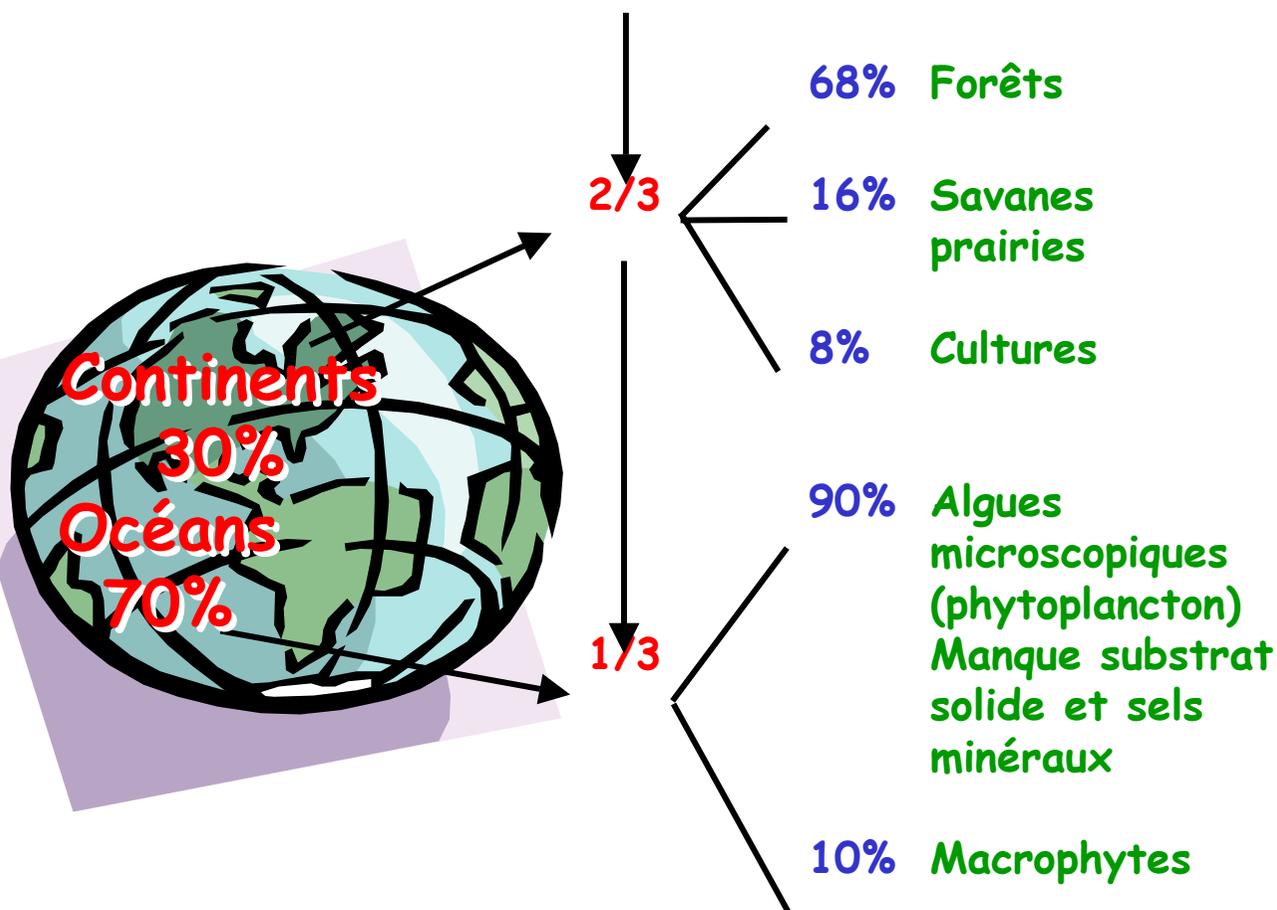
- ◆ Ensemble des végétaux qui se développent à la surface de la terre
- ◆ Réalise le captage et le stockage de l'énergie solaire
- ◆ Production saisonnière et dispersée
- ◆ Large éventail de caractéristiques (granulométrie, densité, degré hygrométrique)
- ◆ Densité énergétique modérée (18000 à 20000kJ/kg contre 40000 à 45000 pour le pétrole)
- ◆ Coûts de collectage, stockage, transport élevés

# PRODUCTION ET REPARTITION PLANETAIRE DE LA BIOMASSE



## ♦ PRODUCTION ANNUELLE :

↳ 172 milliards de tonnes sèches  
Soit 15 fois l'énergie fossile consommée



## ♦ QUANTITÉ STOCKÉE :

↳ 1800 milliards de tonnes sèches  
Soit énergie équivalente à réserve fossile connue

# La biomasse

## Inventaire du potentiel national

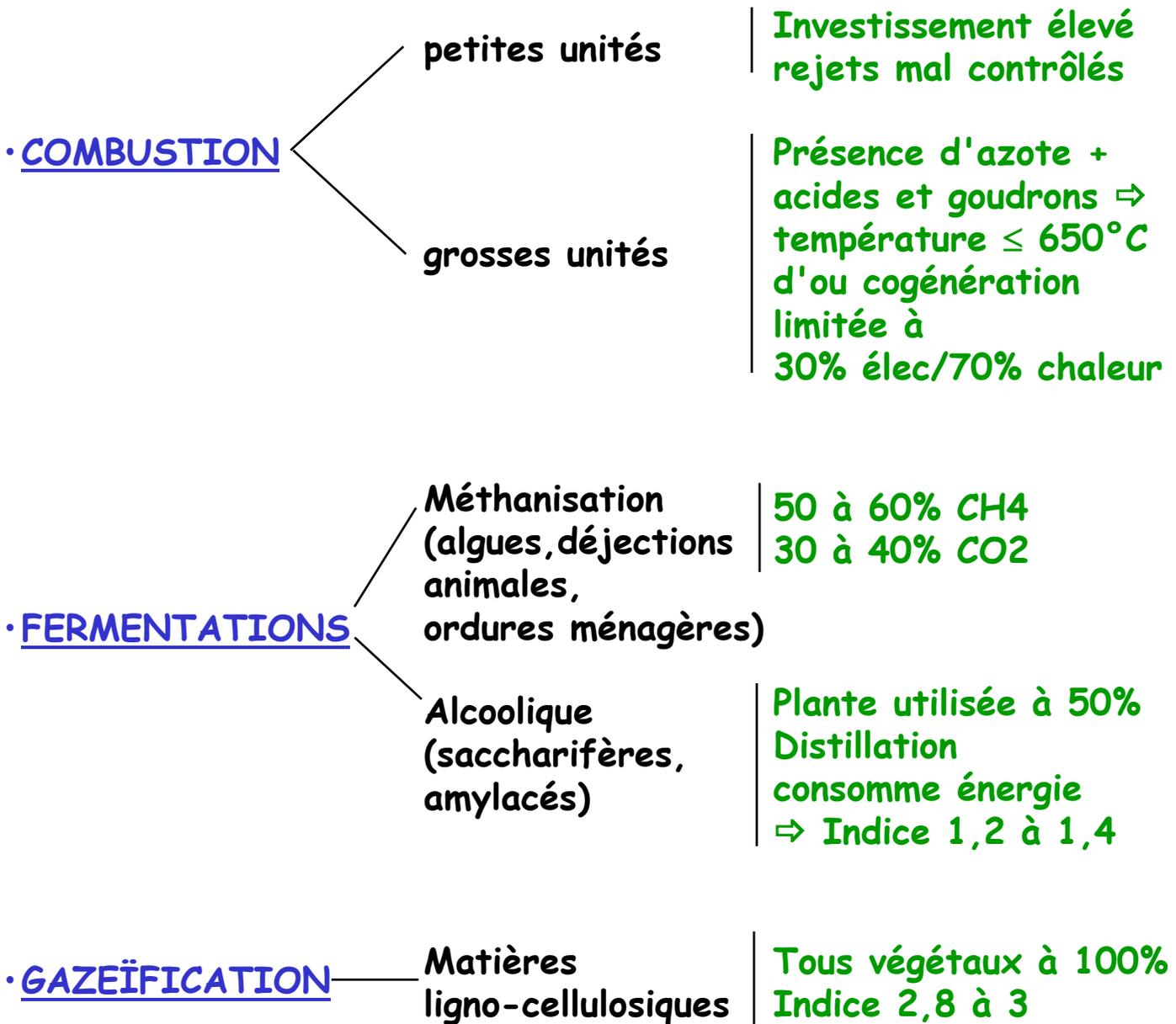


- Selon : ♦ (1) X. DEGLISE, J. LEDE, Entropie n° 94 (1980)  
 ♦ (2) R. DUMON  
 ♦ (3) Débat énergie et environnement SOUVIRON (1994)  
 ♦ (4) Rapport CEE (octobre 1998)  
 ♦ (5) <http://www.boisenergie.ifn.fr>

	Mm <sup>3</sup>	Mtonnes
♦ PLAQUETTES FORESTIERES (5)		
-Rémanents (2)	4	
-Eclaircies de plantation (2)	2	
-Taillis (potentiel 50 Mm <sup>3</sup> ) (1)	10	
	<hr/> 16	8
♦ DECHETS DE 1ère et 2ème TRANSFORMATION (1)		
-Ecorces, délignures, sciures	Non utilisés	7
-Copeaux, chutes, rebus	Mal utilisés	5
	<hr/> 12	6
♦ DECHETS INDUSTRIELS BANALS (3)		
-40 Mt dont 25% disponibles (bois en fin de cycle)		10
♦ DECHETS MENAGERS (3)		
-20 Mt dont 60% disponibles		12
♦ RESIDUS AGRICOLES (2),(4)		
-Paille et tiges de céréales, maïs et oléagineux		
-Taille, noyaux, coquilles,...	43 Mt dont utilisables	19
♦ CULTURES ENERGETIQUES (2),(4)		
-Taillis à courte révolution (peupliers, eucalyptus, saules)		
-Plantes herbacées (canne de Provence, céréales)		36
		<hr/> 91

Soit équivalent à 39 Mtep en énergie primaire (1tonne anhydre = 0.43tep)  
 ou 12 Mtep en énergie finale (  $\eta$  énergie = 30 % net)

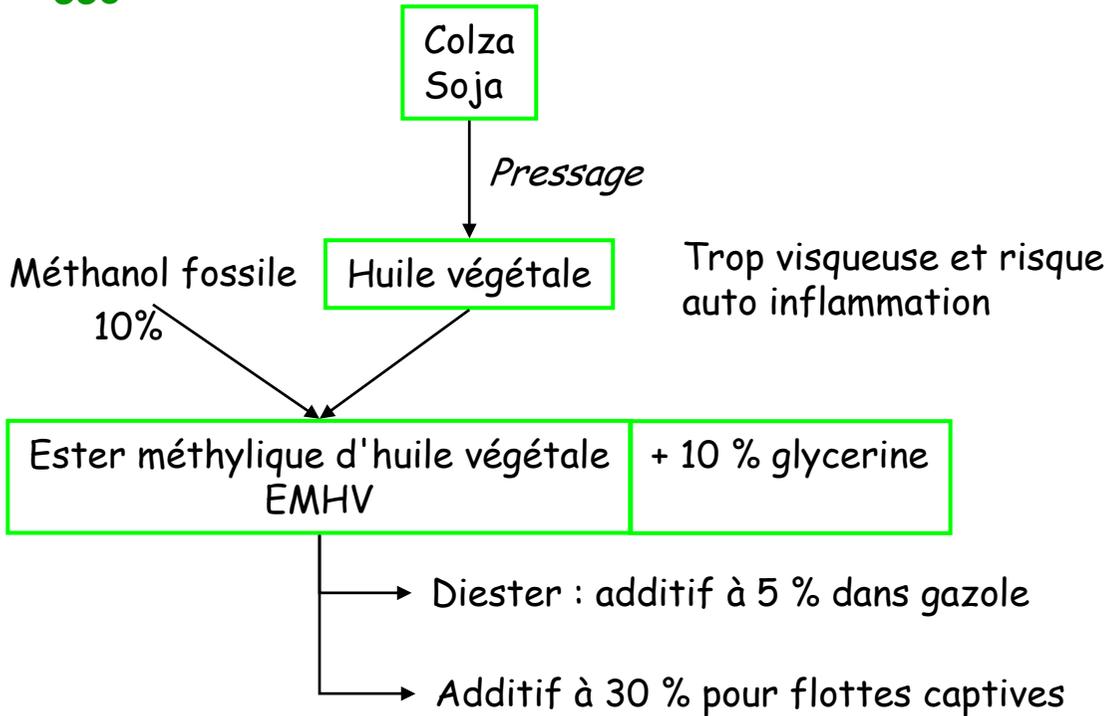
# Filières de transformation énergétique de la biomasse



# Filière Biocarburant : Biomasse-Huile végétale

♦ Références :

-(1) E. Poitrat. Biocarburants. Les techniques de l'ingénieur. BE 8 550



Indices énergétiques :

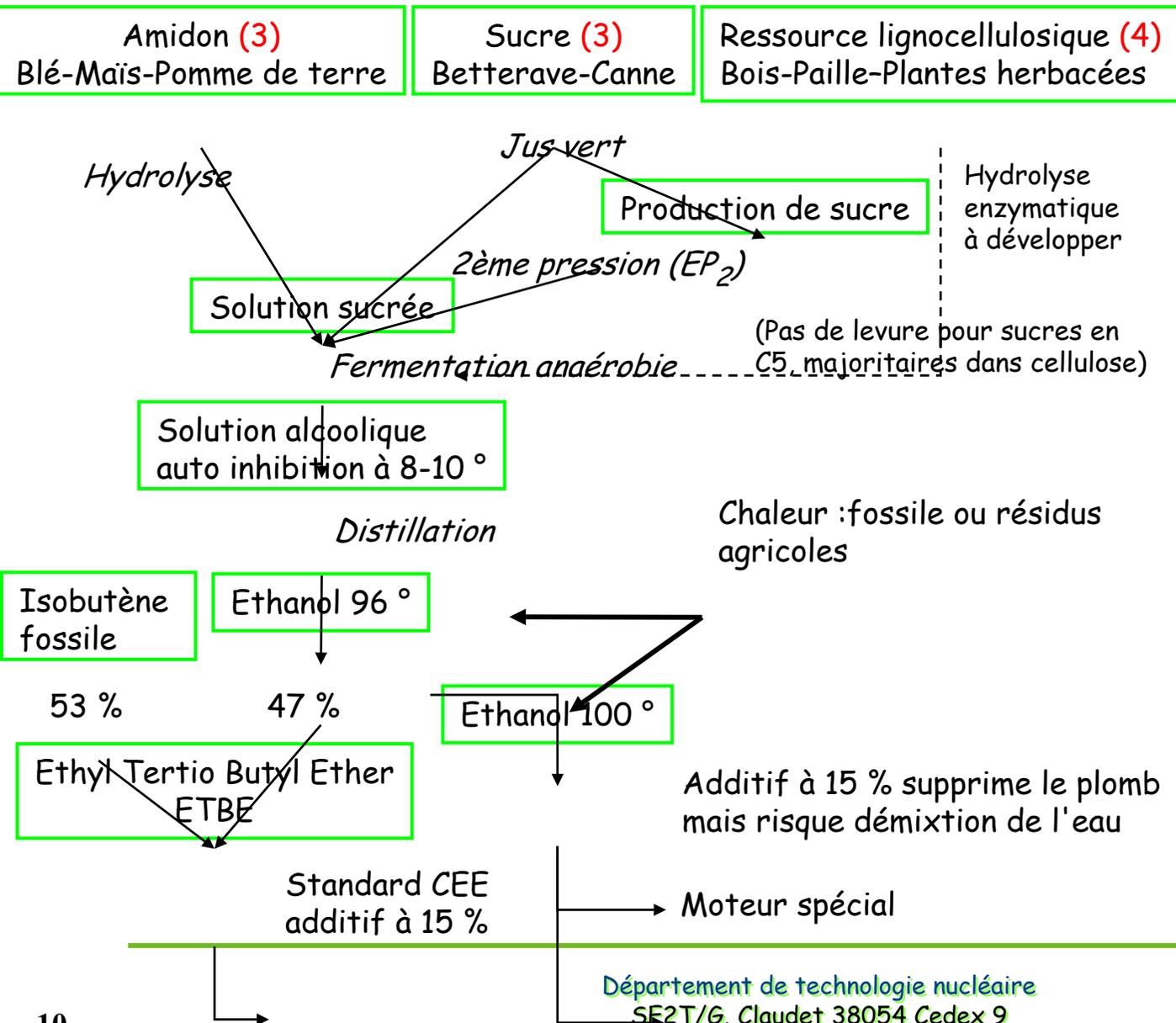
$$I_c = \frac{\text{Energie carburant}}{\text{Energie fossile utilisée}}$$

$$I_e = \frac{\text{Energie carburant} + \text{coproduit}}{\text{Energie fossile utilisée}}$$

Filière utilisée	Ic (1)	Ie (1)	productivité		Production 2003
			Huile (1) t/ha	Carburant net tep/ha	
Colza : huile végétale EMHV	1,9	4,68 2,99	1,18 à 1,38	0,77	} 0,28Mtep
Tournesol : huile végétale EMHV					

# Filière Biocarburant : Biomasse-Ethanol

(1)



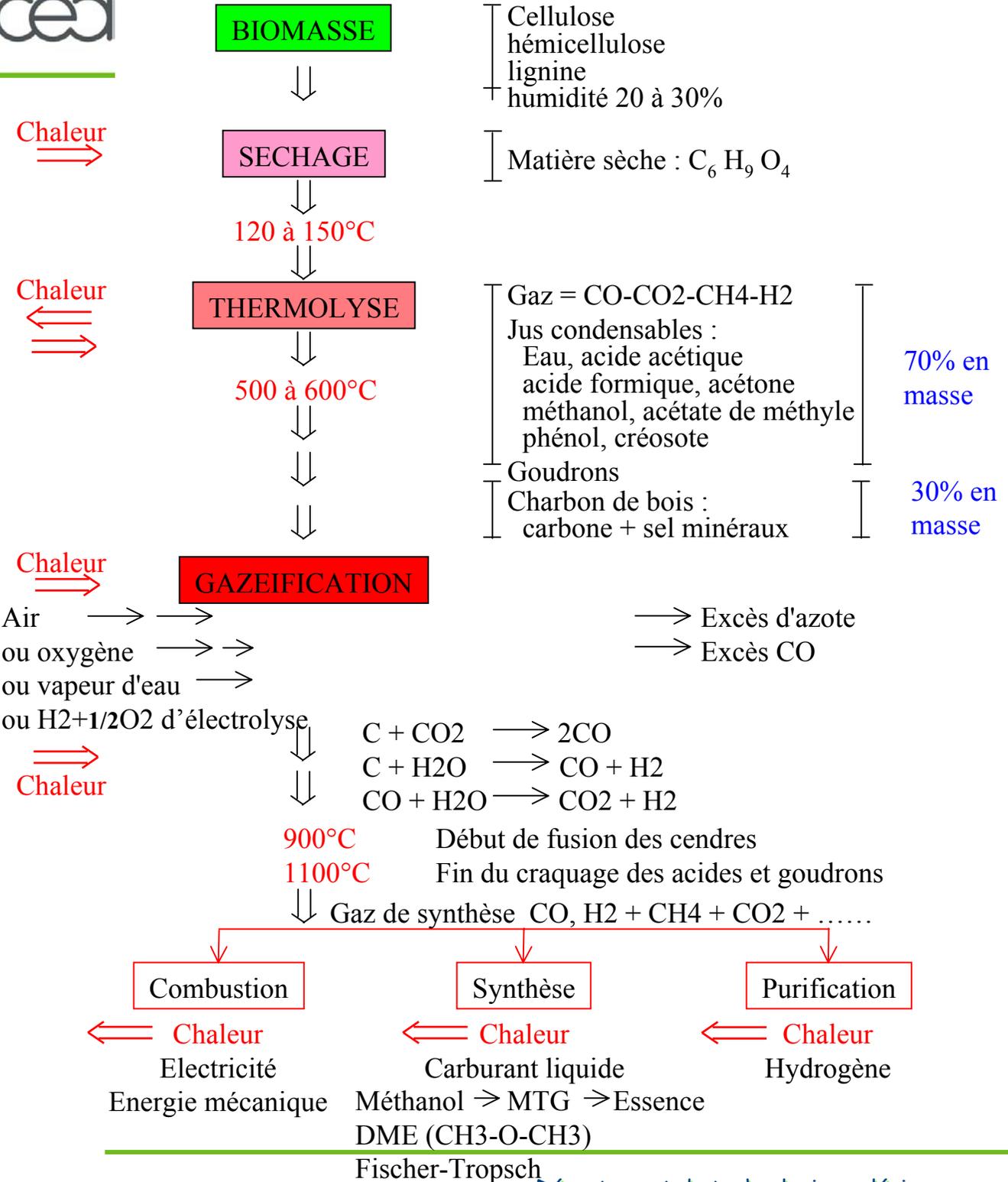
---

## ◆ Références :



- (1) Ph. Chartier, S. Mériaux. L'énergie de la biomasse - La Recherche n°113, Aout 1980.
- (2) Levi-Lambert et al. Biomasse et énergie. INRA. Mars 1980.
- (3) E. Poitrat. Biocarburants. Les techniques de l'ingénieur. BE 8 550.
- (4) J.C. Ogier et al. Production d'éthanol à partir de la biomasse lignocellulosique. Revue de l'IFP- Vol. 54 (1999) n°1, pp 67-94.
- (5) Etude ECOBILAN POUR SNPAA et ADEME-AGRIC (1996).
- (6) ECOBILAN et PRICEWATERHOUSE COOPERS-Etude ADEME/DIREM - Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants en FRANCE -Septembre 2002

# FILIERE THERMOCHIMIQUE de THERMOLYSE et GAZEIFICATION

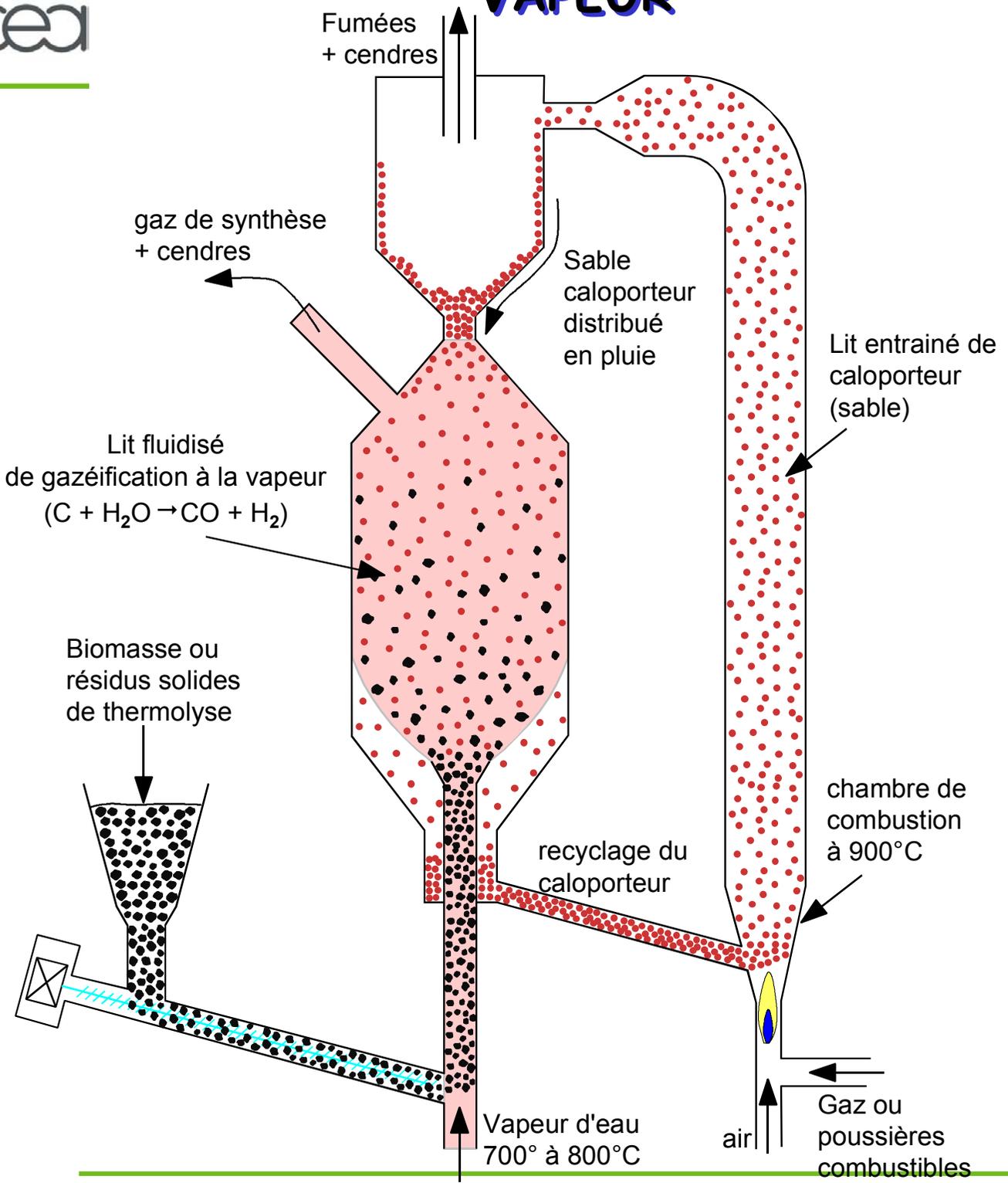


# Capacité des filières françaises de production de biocarburants



Filière ou Plante utilisée	Produit énergétique	Forme utilisable	Indice énerg. carburant = I <sub>c</sub>	Indice carb. +coproduits = I <sub>e</sub>	Carburant brut t/ha	Carburant net tep/ha	Capacité 2003 (brute)	Capacité 2010 (nette)	Capacité 2015/2020 (nette)
Betterave : Jus vert (Pas de sucre)	Ethanol	ETBE	1,42 <sup>(3,5)</sup>	2,5 à 3	5,2 <sup>(5)</sup>	(1t=0,64tep) 2,23 si I <sub>e</sub> =3	0,058Mtep	(2 000 000ha)	
EP <sub>2</sub> (Résidu de sucrerie)	Ethanol	ETBE	1,01 <sup>(3)</sup>						
50% Jus vert, 50% EP <sub>2</sub>	Ethanol	ETBE	1,18 <sup>(3,5)</sup> 0,92 <sup>(3,5)</sup>	2,05 <sup>(4)</sup> 1,02 <sup>(4)</sup>	2,6	0,85		2x0,7=	
Maïs	Ethanol	ETBE						1,4 Mtep	
Blé	Ethanol	ETBE	1,15 <sup>(5)</sup>	2,05 <sup>(4)</sup> 1,02 <sup>(4)</sup>	2 <sup>(5)</sup>	0,66			
Colza	Huile végétale	EMHV	1,9 <sup>(5)</sup>	4,68 <sup>(4)</sup> 2,99 <sup>(4)</sup>	1,18/1,38 <sup>(5)</sup>	(1t=0,9tep) 0,77	0,28 Mtep	(2 000 000ha)	
Tournesol	Huile végétale	EMHV		5,48 <sup>(4)</sup> 3,16 <sup>(4)</sup>		0,94		2x0,8=	1,6 Mtep
Biomasse Lignocellulosique: (Bois, paille, plante entière, déchets organ. et végétaux)	Méthanol		2,38 <sup>(6)</sup>		Avec 12 tonnes sèches/ha :	(1t=0,9tep)			(Avec 40 à 80Mt)
Filière thermochimique : (Gazéification-Synthèse)	Diméthyléther Hydrocarbure (Fischer-Tropsch)	BTL (Biomass to liquid)	Autoth=3 Alloth=5 (énergie ext. sans effet de serre)		2 4	1,19 2,88			5 à 10 Mtep 10 à 20 Mtep
(Gazéification-conversion)	Hydrogène								
Filière Biochimique :	Ethanol					?			

# LIT FLUIDISE DOUBLE CORPS POUR GAZEIFICATION A LA VAPEUR



Département de technologie nucléaire

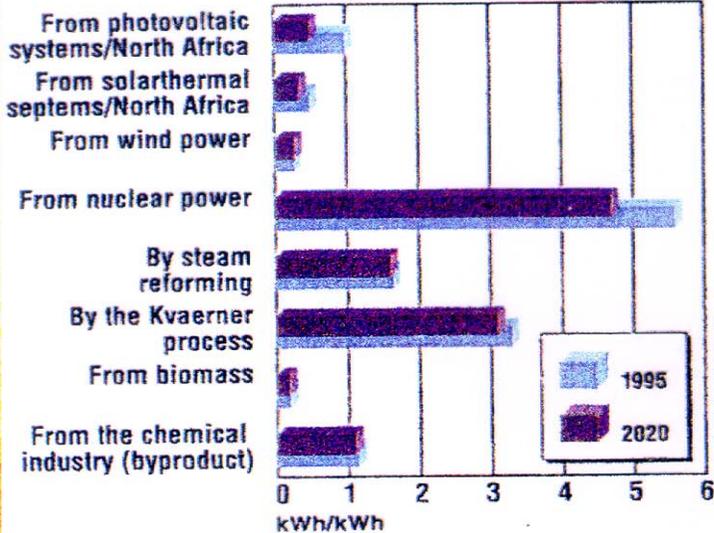
SE2T/G. Claudet 38054 Cedex 9

Tél.: 04/38/78/43/60 - Fax :04/38/78/51/77 - e mail : gclaudet@cea.fr

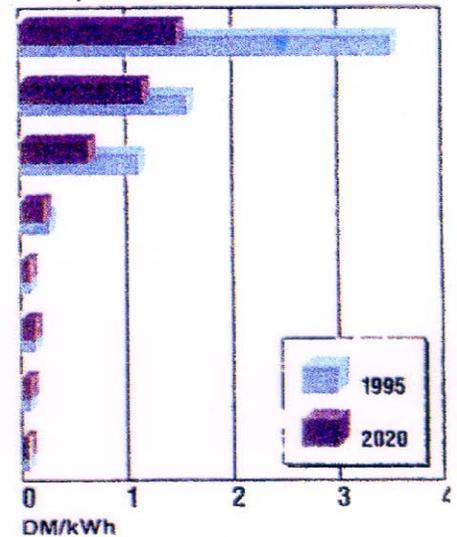
## Production of Gaseous Hydrogen (GH<sub>2</sub>)

Renewable not included

Primary energy input per kWh energy output

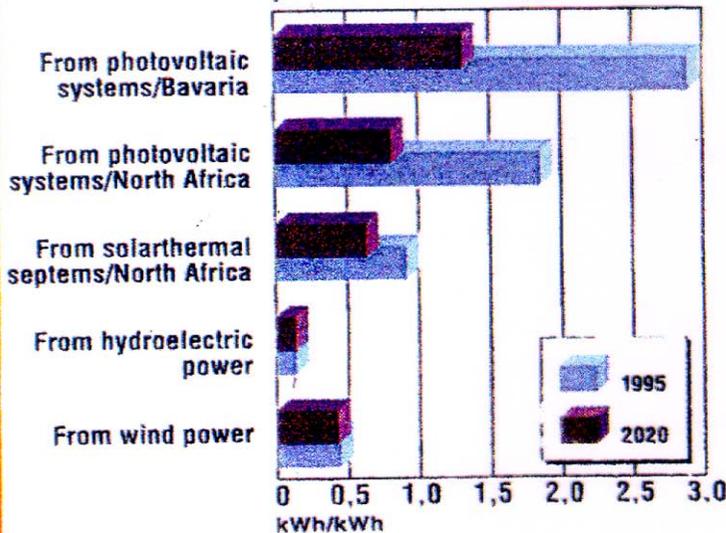


Costs per kWh output in DM

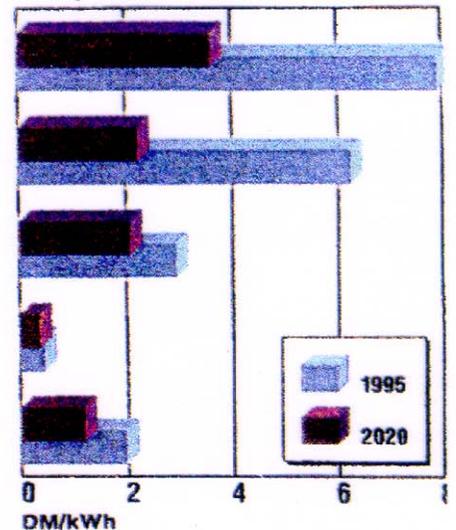


## Production of Liquefied Hydrogen (LH<sub>2</sub>)

Primary energy input per kWh energy output



Costs per kWh output in DM



Source : Hydrogen the Energy Carrier - Tüv Bayerns group