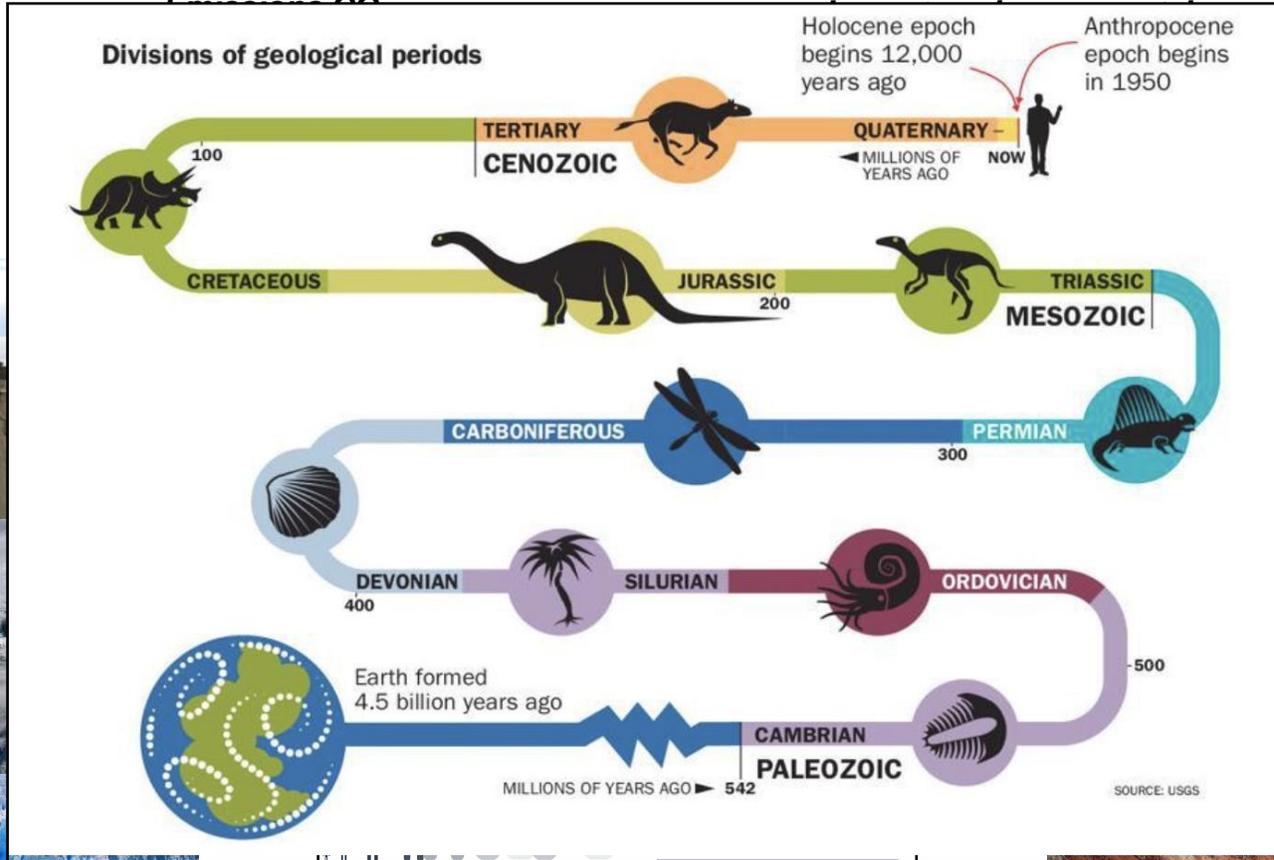


# “Synthèse de produits chimiques d'intérêt à partir de biomasse : quels potentiels et quelles limites dans un contexte de réchauffement climatique ?”

Francois Jérôme (DR CNRS)  
Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers



CS-Metz, 09 Octobre 2024





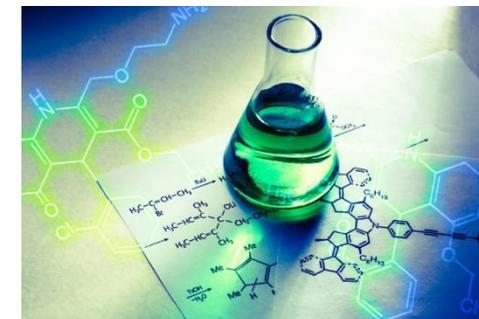
Energie

85-90%



Carbone fossile

10-15%



Produits chimiques

## RESSOURCES RENOUVELABLES







## BIOMASSE

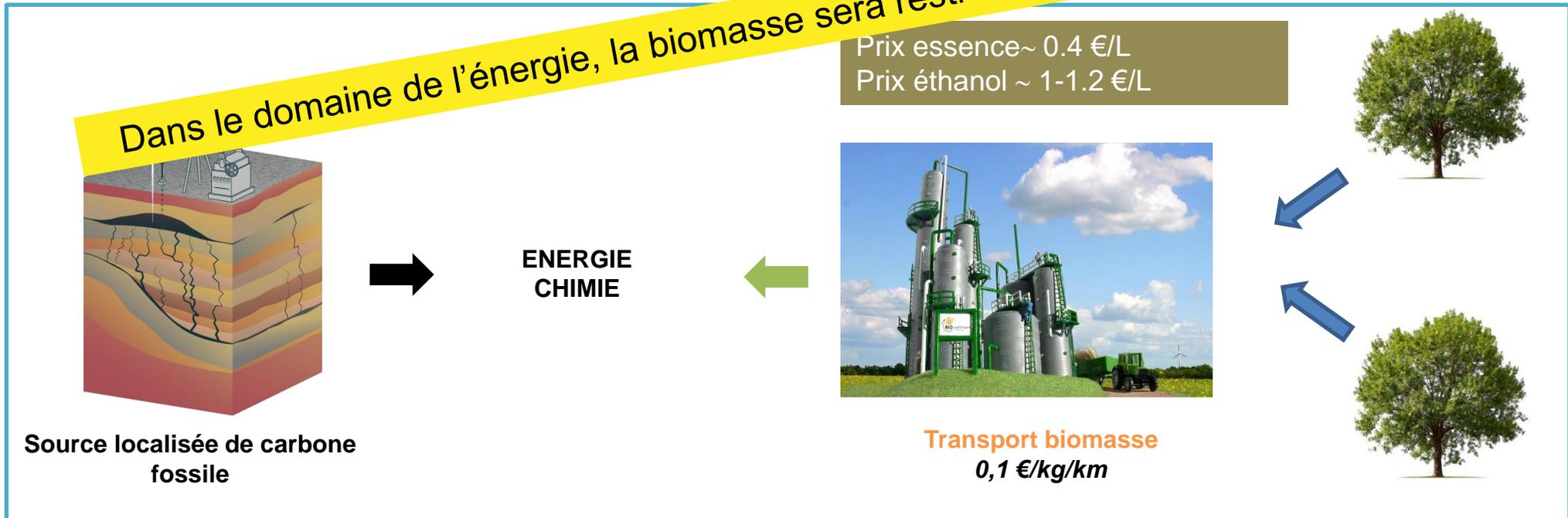
- 79 GTEP/an stockés par la photosynthèse (source AIE)
- Consommation mondiale d'énergie: 12 GTEP/an (+2,5% par an)
- Alimentaire: 2 GTEP/an



GTEP = gigatonne equivalent pétrole

En théorie : assez de biomasse sur terre pour produire de l'énergie, des produits/matériaux et se nourrir

Dans le domaine de l'énergie, la biomasse sera restreinte à de petites unités





**Eolien**



**Solaire**



**Géothermie**



**Hydroélectrique**



**Usine marée-motrice**

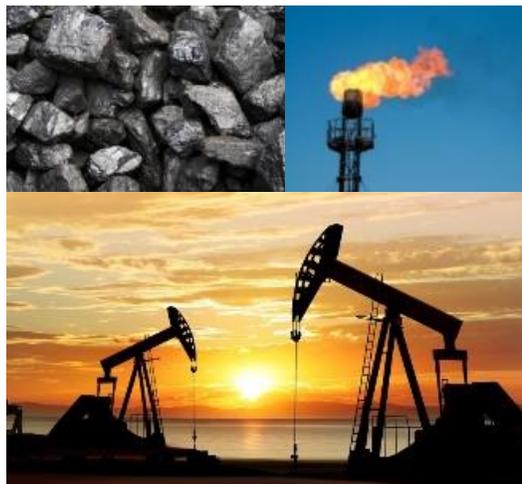


**Wave power**



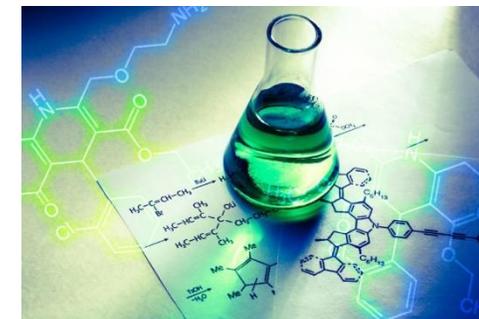
Energie

85-90%



Carbone fossile

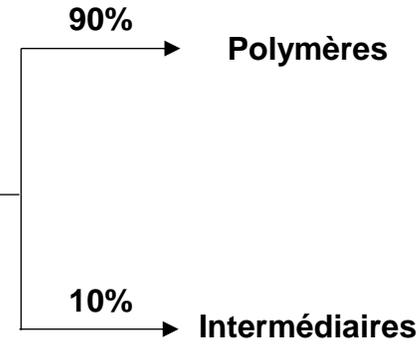
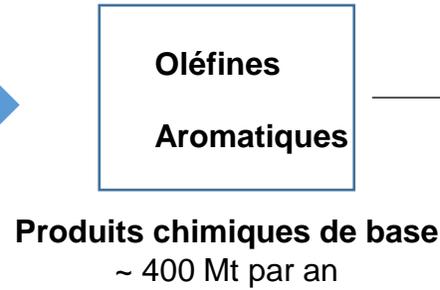
10-15%



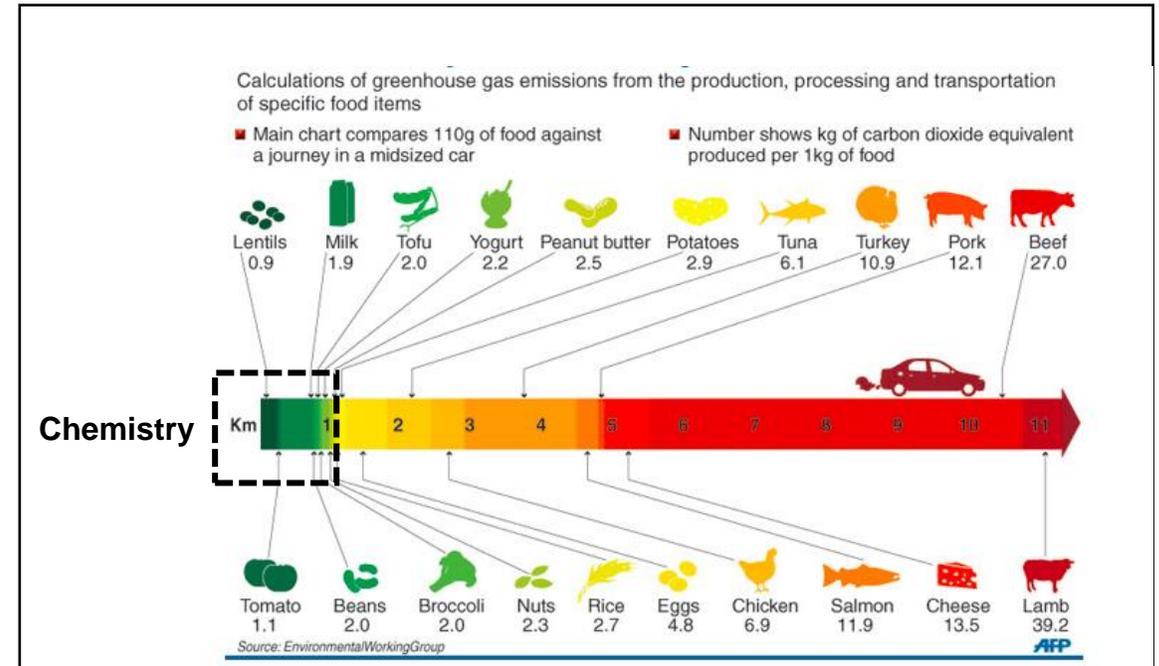
Produits chimiques



L'industrie chimique consomme :  
 - 10% de carbone fossile (mat. première)  
 - 7% en tant qu'énergie



5 % des émissions globales de CO<sub>2</sub> (~ 1,5 Gt/year)  
 Moyenne : 1-2.5 Kg<sub>CO2</sub> / Kg<sub>produit</sub>





L'industrie chimique consomme :  
 - 10% de carbone fossile (mat. première)  
 - 7% en tant qu'énergie



**Oléfines**  
**Aromatiques**

**Produits chimiques de base**  
~ 400 Mt par an

90%

**Polymères**

10%

**Intermédiaires**



**5 % des émissions globales de CO<sub>2</sub> (~ 1,5 Gt/year)**  
**Moyenne : 1-2.5 Kg<sub>CO2</sub> / Kg<sub>produit</sub>**



**Augmentation prix**

Pétrole de \$42 par bbl  
 Gaz de \$5.5 par GJ  
 H2 fossile de \$900 par tonne



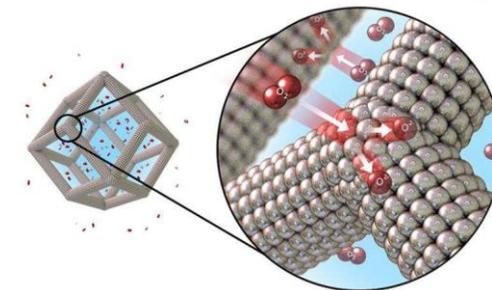
**Augmentation prix produits chimiques ~ \$200-1000 par tonne d'ici 2050**



**Croissance annuelle de l'industrie chimique ~ 3% / year**



**Capture et stockage du  
CO<sub>2</sub>**



**Nouvelles technologies, plus  
performantes en termes d'eau, d'atomes,  
d'énergie, etc.**



**How to optimize the  
chemical industry ?**



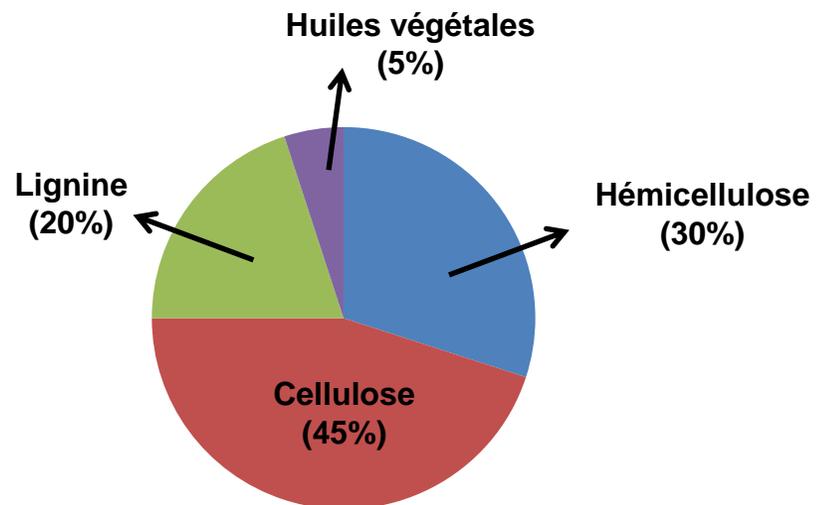
**Electrification  
(énergie renouvelable)**



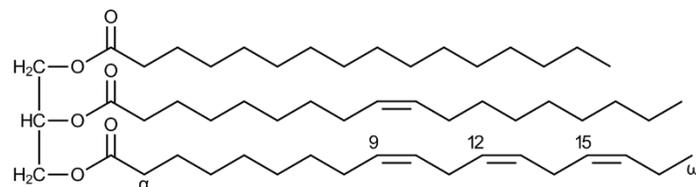
**Resources renouvelables**



**Recyclage**



*Production de biomasse: 180 million tonnes/an*



**Huiles végétales**



**Structures similaires à celles des hydrocarbures**



**Transfer industriel sans grand changement majeur de technologie**



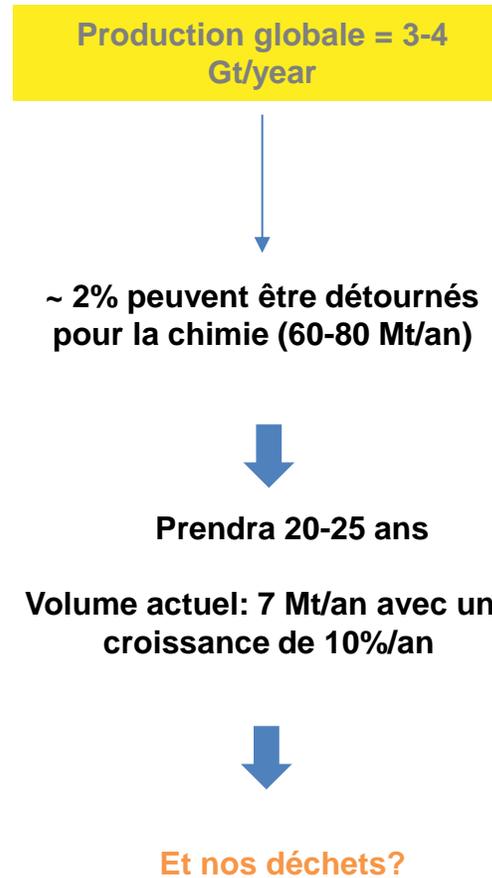
Sucres



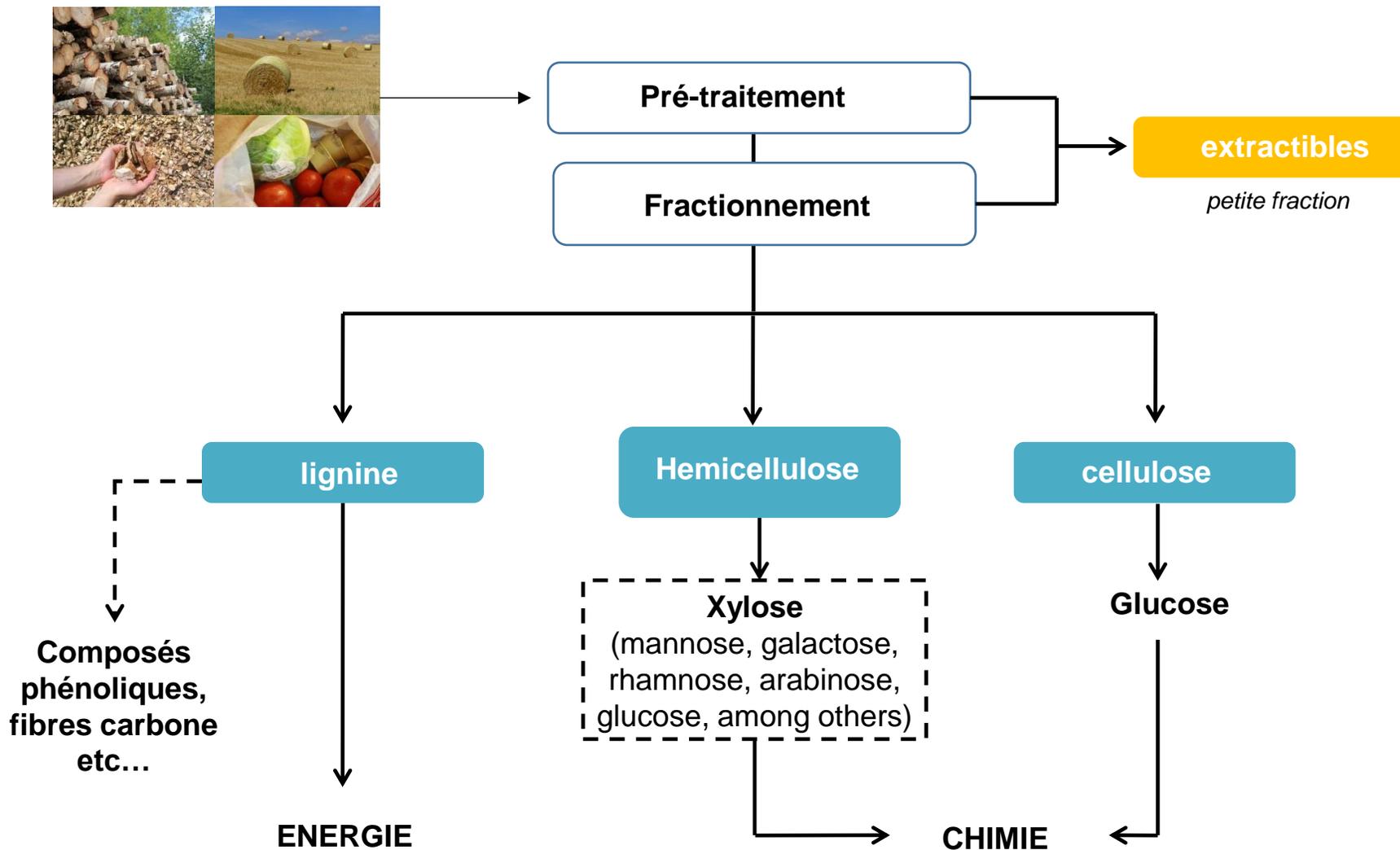
Produits chimiques

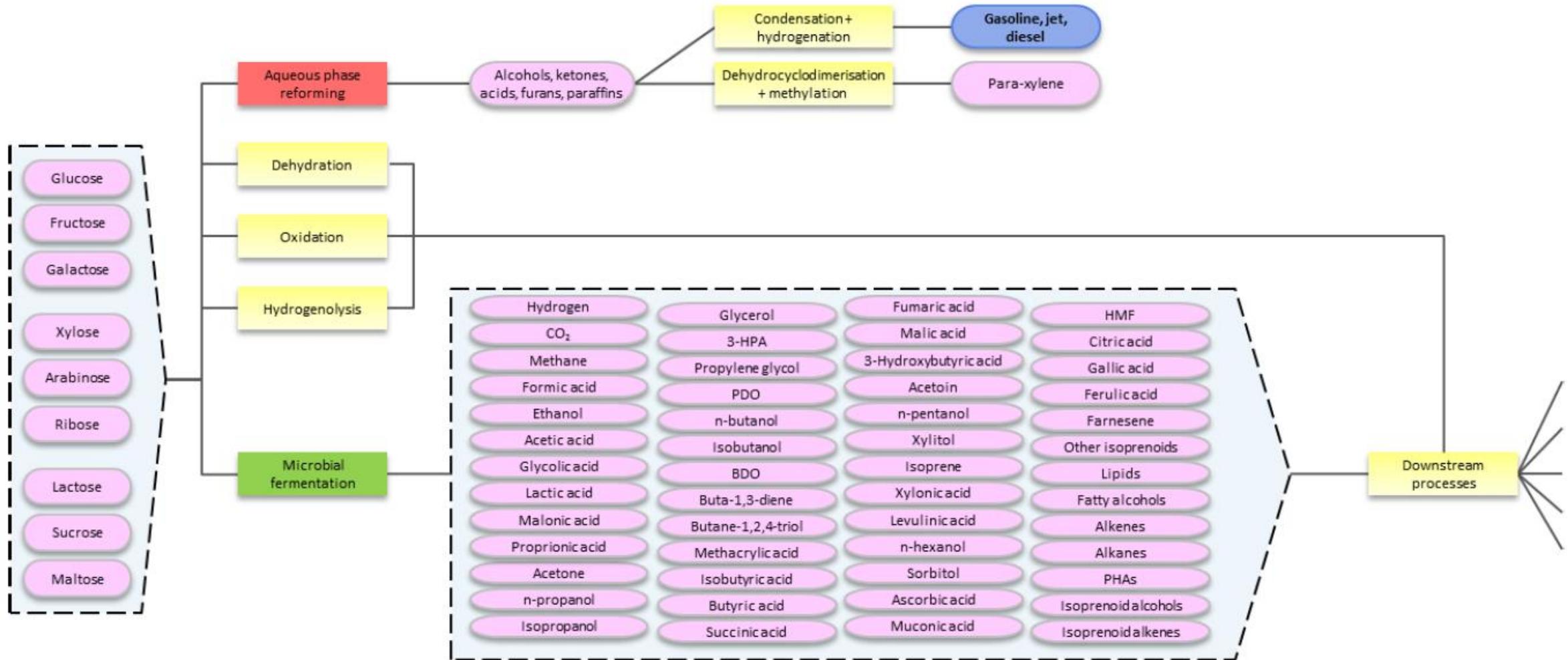


Huiles  
végétales





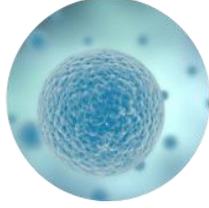




TRL	1-3	4	5	6	7	8	9
	<b>Research</b>	<b>Pilot</b>		<b>Demonstration</b>		<b>Commercial</b>	
		3-HPA				LC ethanol	1G ethanol
		Acrylic acid			Succinic acid		Lactic acid
		BDO via succinic acid		BDO direct		Acetic acid	
		LC butanol		n-butanol			ABE
		Iso-butene					
	Isoprene						
		p-xylene					
		FDCA				Xylitol	
		5-HMF		Levulinic acid		Furfural	
	Adipic acid					Itaconic acid	
						Ethylene	
				PHAs		Ethylene glycol	
				Algal lipids			

**Key**

Biological
Intracellular
Chemical
Thermo-chemical

## Spécifications industrielles

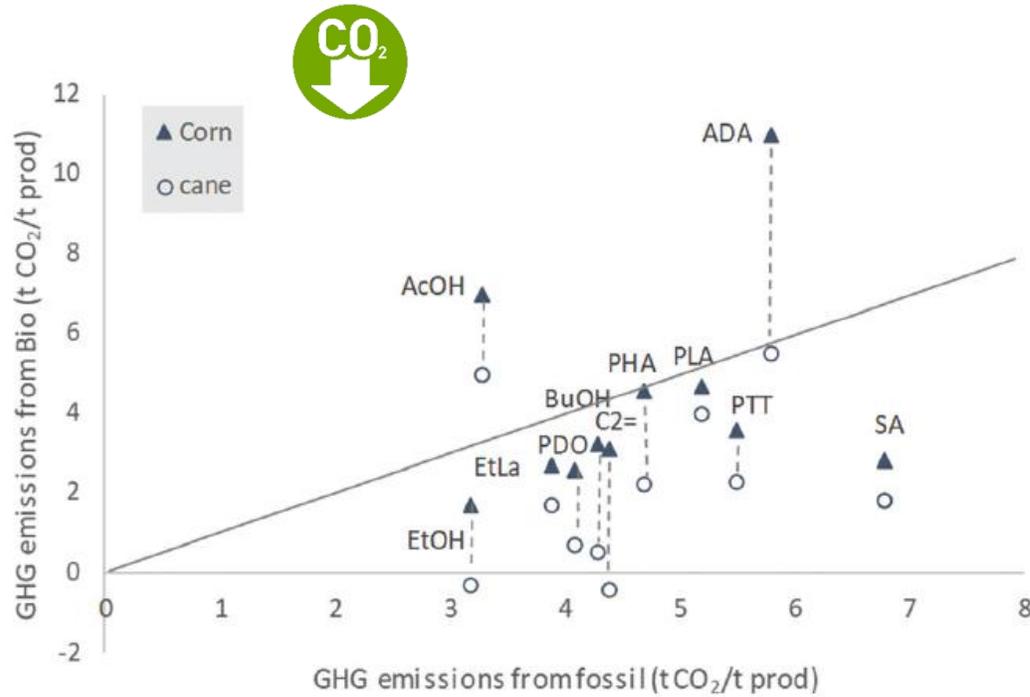
### Comment convertir (sélectivement) des solutions concentrées de biomasse?

/m<sup>3</sup>/h

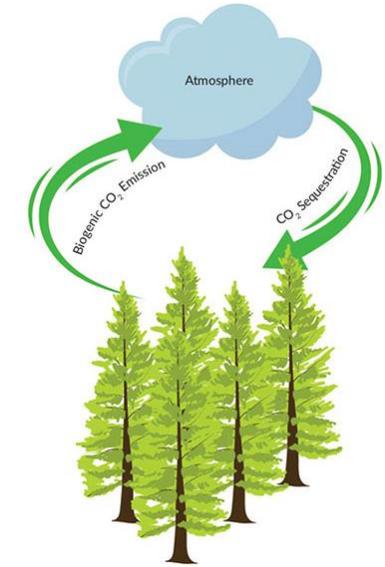
Consommation catalyseur: 1-100t<sub>prod</sub>/kg<sub>cat</sub>

Concentration > 15 wt% (except for highly exothermic reactions)

*J. P. Lange et al, Angew. Chem. Int. Ed. 2015, 54, 13186-13197*  
*J. P. Lange et al. Catal. Sci. Technol. 2016, 6, 4759-4767*



AcOH	acetic acid
ADA	adipic acid
BuOH	n-butanol
EtOH	ethanol
EtLa	ethyl lactate
PDO	1,3-propanediol
PHA	polyhydroxyalkanoate
PLA	polylactide
PTT	polytrimethyleneterephthalate
SA	succinic acid



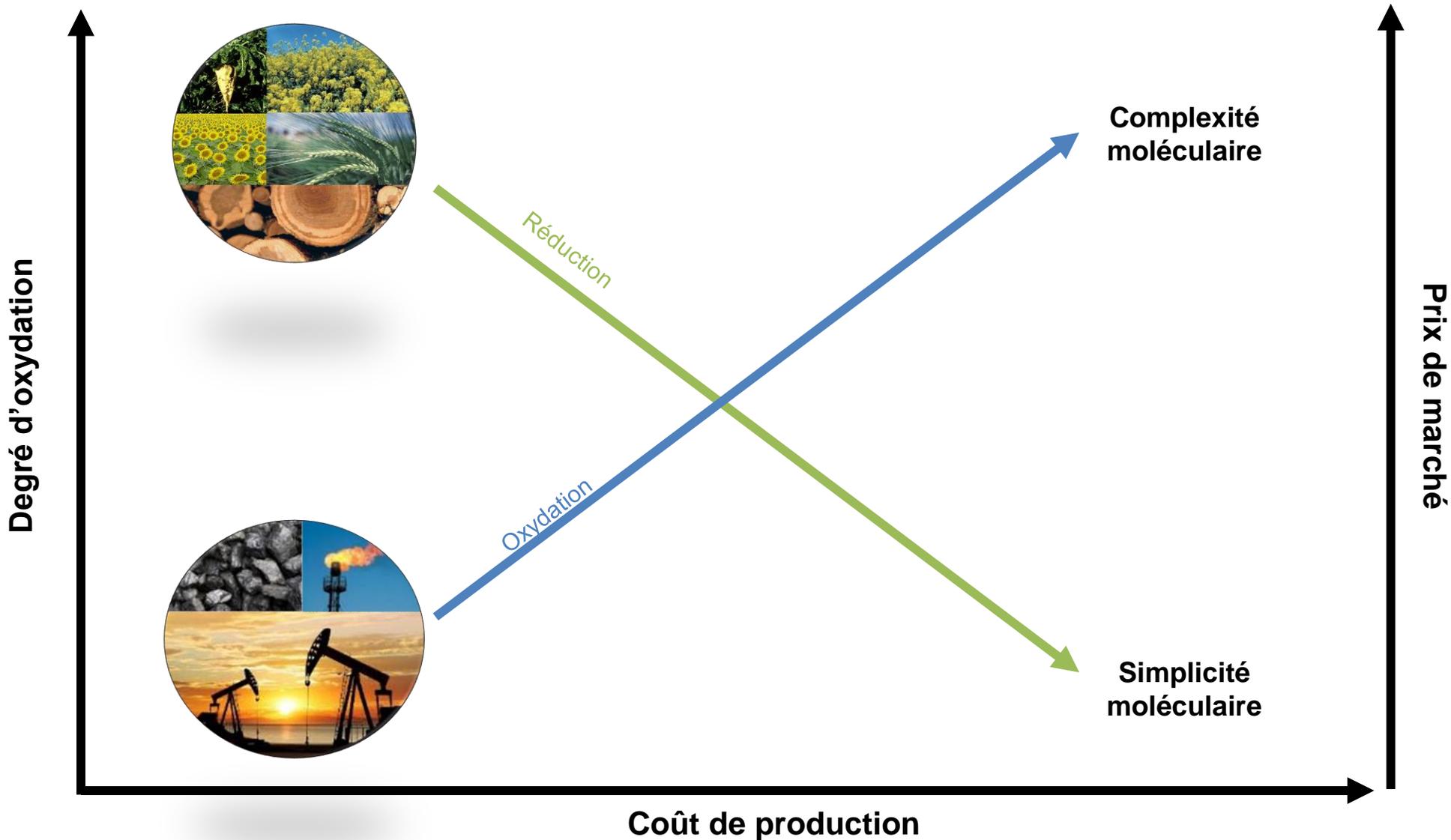
**Les procédés biosourcés sont bien souvent plus énergivores**

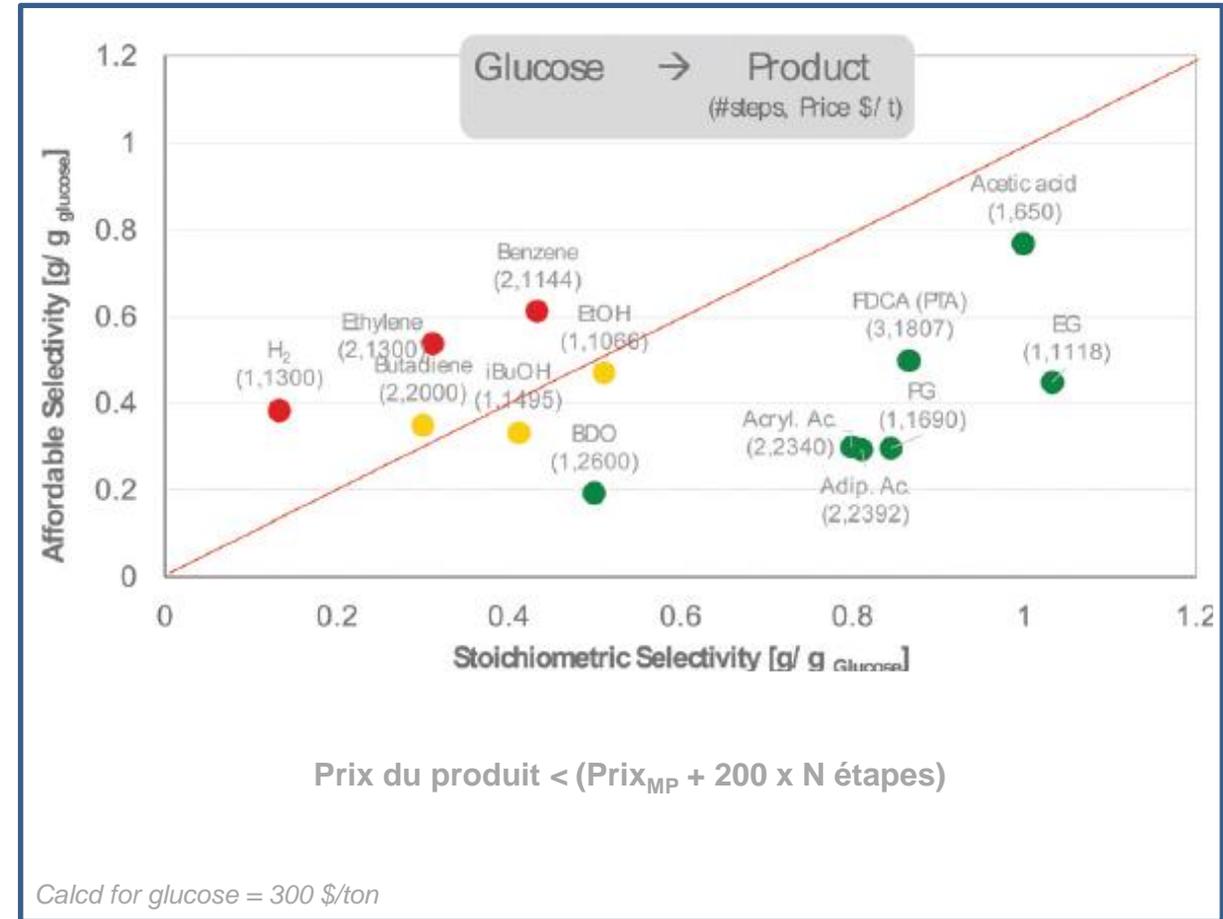
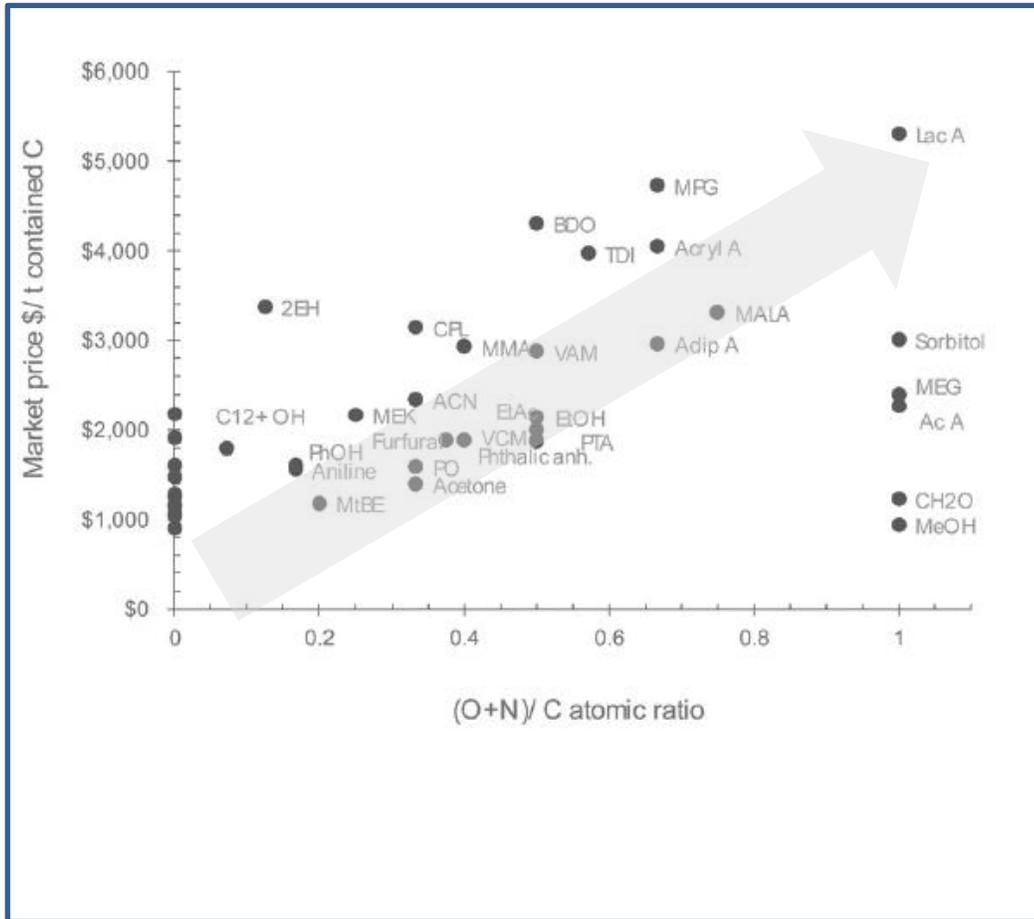


### Biosourcé ≠ Durable !!

- Qualité air et eau
- Usage des terres
- Biodiversité
- Déforestation
- Erosion sols
- Pratique agricole
- Etc...







**Garder un maximum d'oxygène dans les produits biosourcés**



Product category	EU Biobased production (kt/a)	Total EU production (kt/a)	EU bio-based production share (%)
Platform chemicals	181	60,791	0.3
Solvents	75	5,000	1.5
Polymers for plastics	268	60,000	0.4
Paints, coatings, inks and dyes <sup>(a)</sup>	1,002	10,340	12.5
Surfactants	1,500	3,000	50.0
Cosmetics and personal care products <sup>(a)</sup>	558	1,263	44.0
Adhesives <sup>(a)</sup>	237	2,680	9.0
Lubricants <sup>(a)</sup>	237	6,764	3.5
Plasticisers <sup>(a)</sup>	67	1,300	9.0
Man-made fibers	600	4,500	13.0
<b>Total</b>	<b>4,725</b>	<b>155,639</b>	<b>3.0</b>

<sup>(a)</sup> No total EU production data were found; it has been assumed that total EU production (fossil- and biobased) equals the total EU market (fossil- and bio-based consumption).



## Construction



## Automobile



## Packaging



## Détergence



## Cosmétique



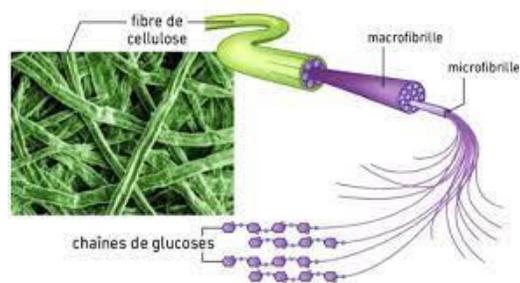
► Chiffre d'affaire : 10 milliards euros/an

► Bonne perception du public

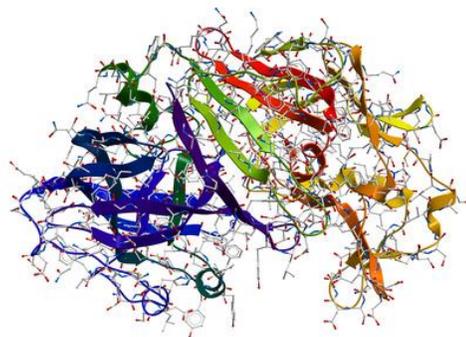
► 11% de matières premières biosourcées

► Taux de croissance 5% (projection à 15% en 2035)

## Meilleure compréhension de la biomasse



## Meilleures connaissances des systèmes biologiques

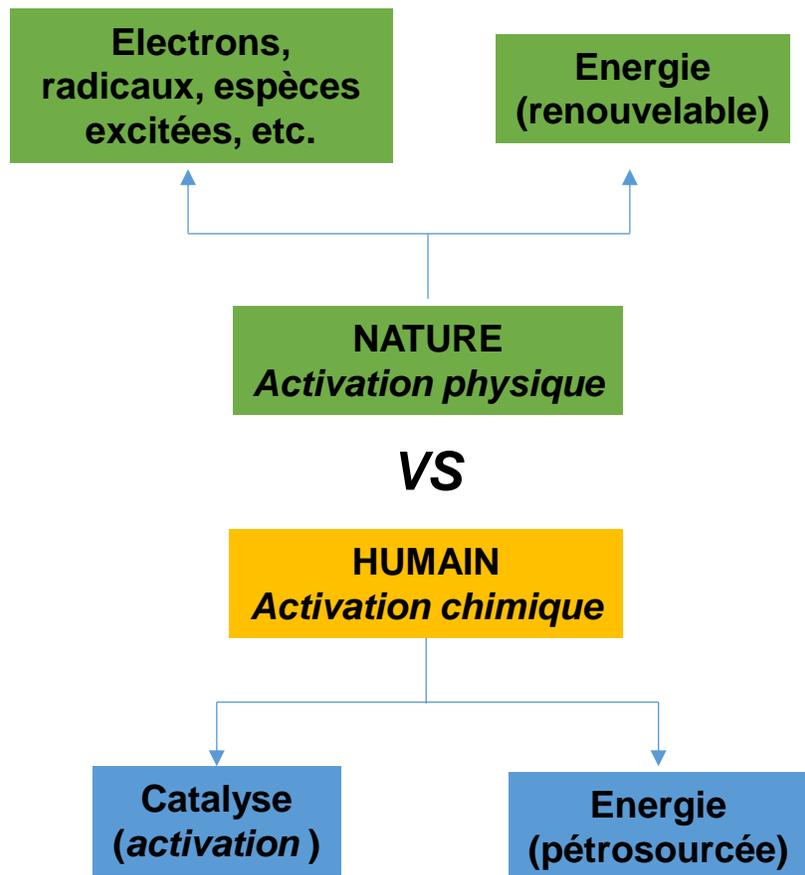


## Nouvelles technologies



## Nouveaux outils (AI, machine learning, etc...)





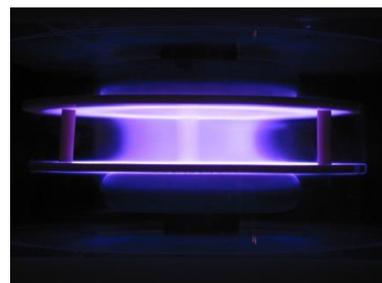
<b>Activation</b>	Champs électriques	Champs magnétiques	<b>Complexité moléculaire</b>
	Lumière	Chaleur	
<b>Selectivité</b>	Minéraux/roches	Enzymes	
	Eau		
<b>Diversité</b>	Eau		



**Micro-ondes**



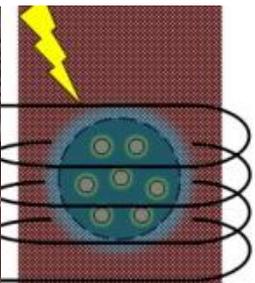
**Ultrasons**



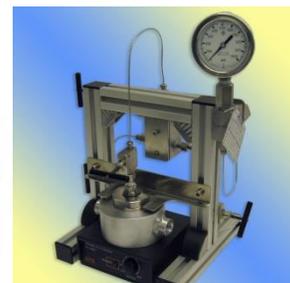
**Plasma**



**Electro-  
chimie**



**Champs  
magnétiques**



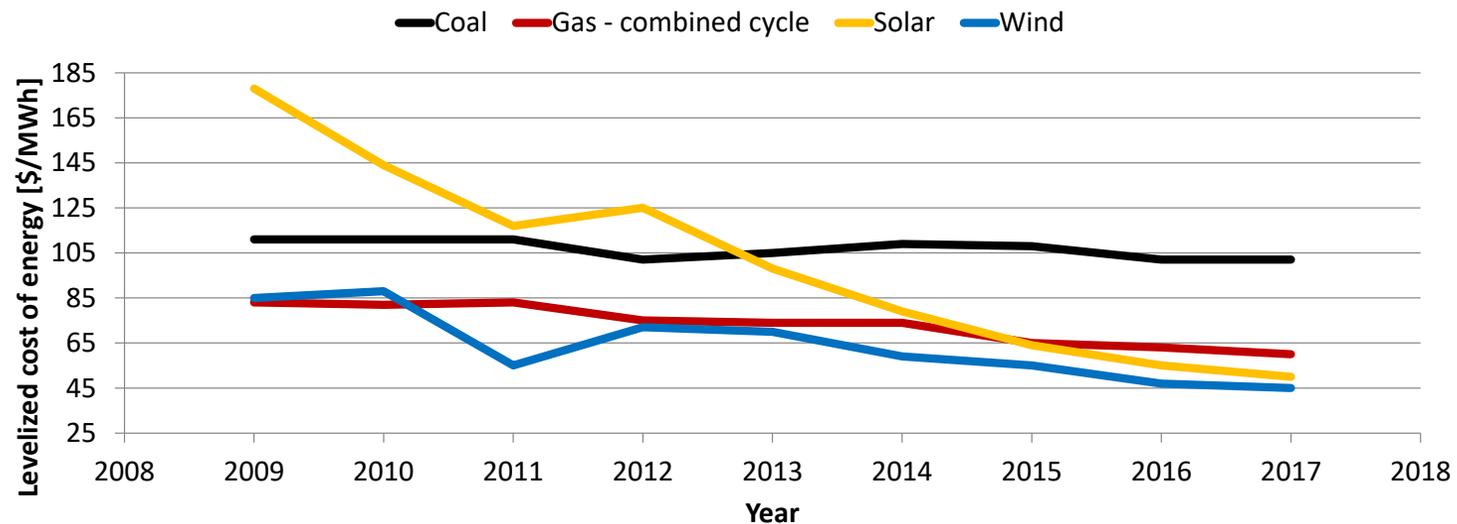
**Pression**

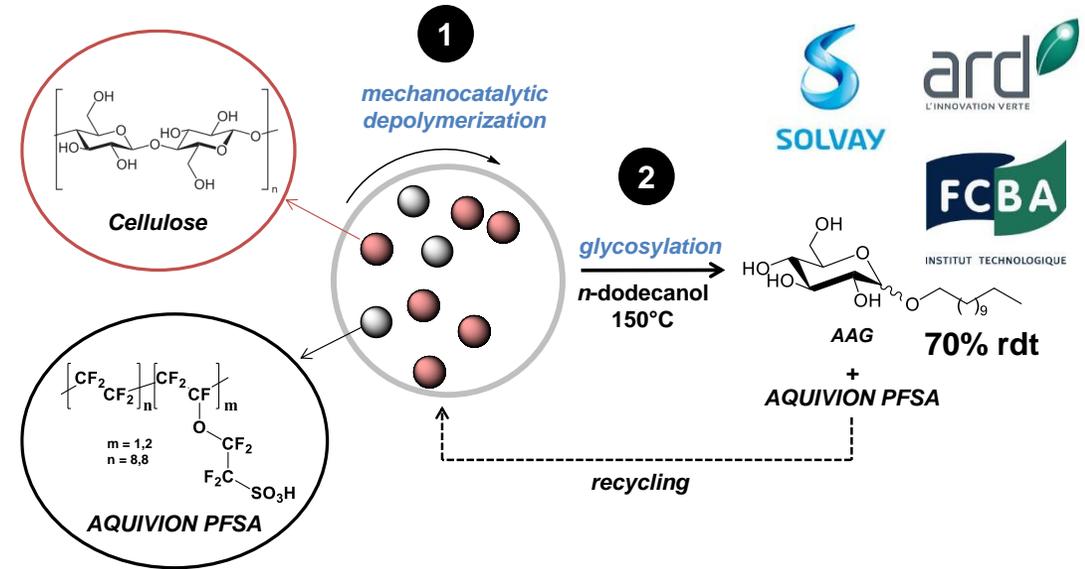
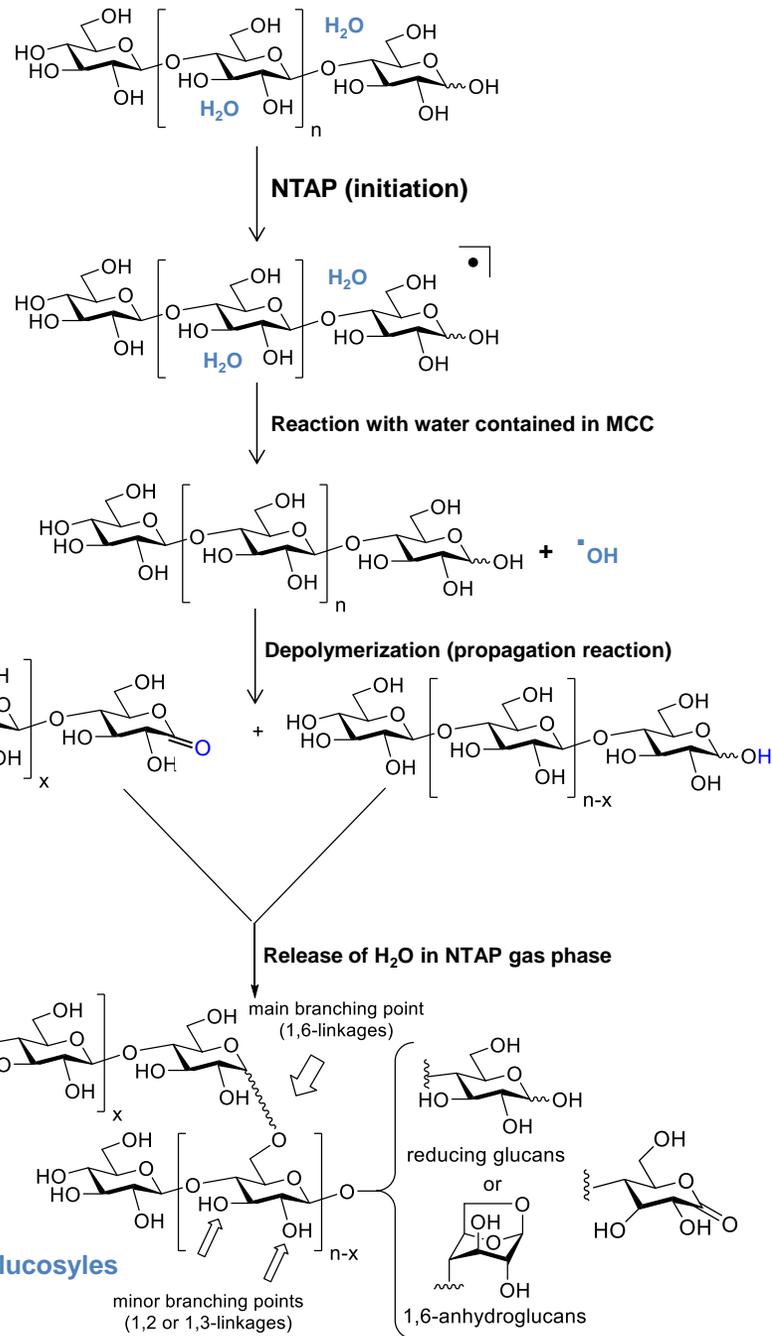
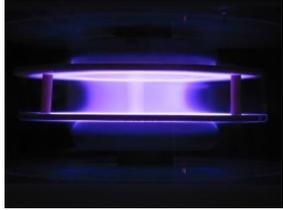


**Photo-  
chimie**



**Mechano-  
chimie**





► **Reduction des emissions de CO<sub>2</sub> par 7**

► **45 % de reduction des effluents aqueux**

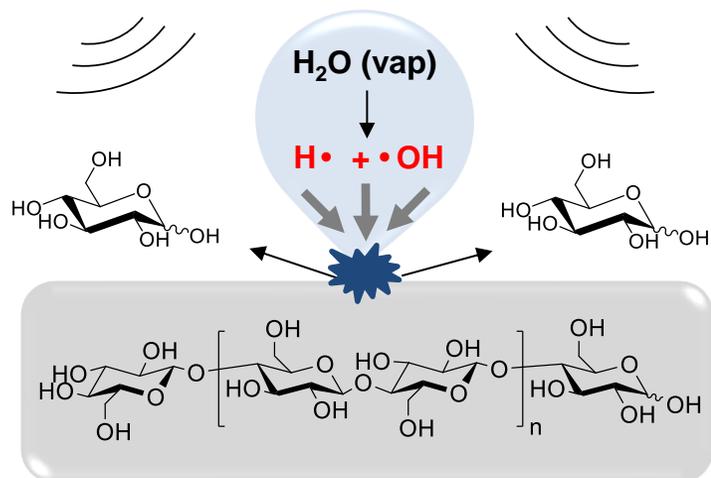


**biosedev.com**



## Depolymérisation cellulose

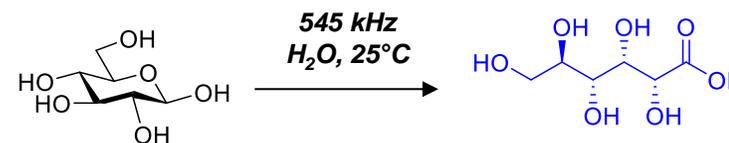
INRAE



*Chem. Sci.*, 2020, 11, 2664-2669

## Réaction d'oxydation

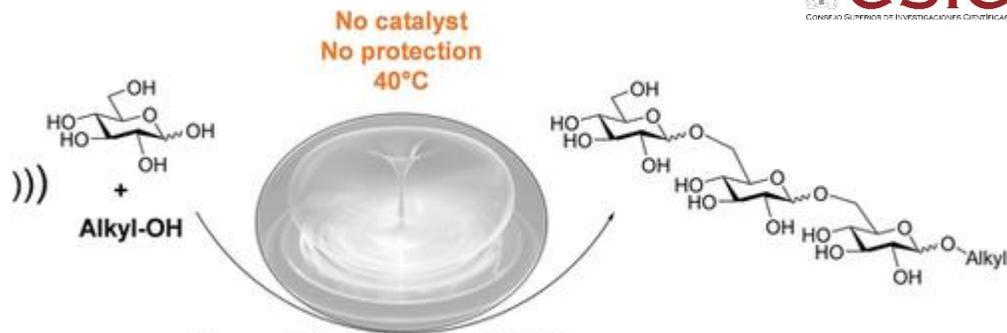
NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY SINGAPORE



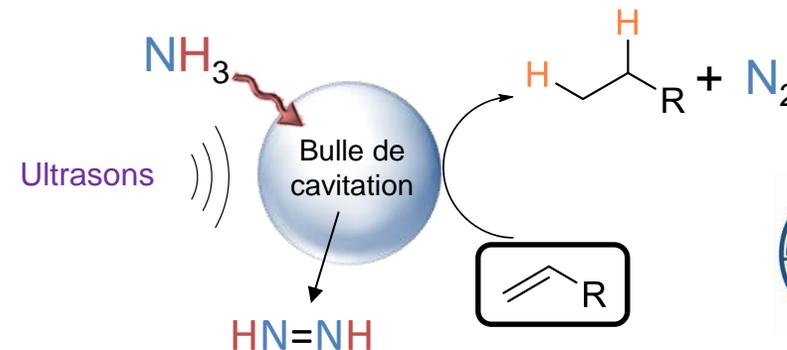
*Scientific Report.*, 2017, 7, 40650

## Polymérisation des sucres

CSIC  
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



*ChemSusChem.*, 2018, 11 (16), 2673-2676



Pas de catalyseur, pas d' $H_2$

*Angew Chem Int Ed.* 2021, 60, (48), 25230-25234  
*Angew Chem Int Ed.* 2022, accepted manuscript





➔ Electrification de la société =  
nouveaux champs d'exploration



## TAKEN HOME MESSAGES

**Un produit biosourcé n'est en aucun cas un produit durable**

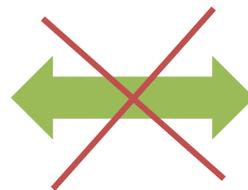
**Ne pas rentrer en compétition avec les procédés pétrosourcés: chercher la performances**



recyclabilité



Produits/matériaux non destinés à être dispersés dans la Nature



biodégradabilité



Produits/matériaux non destinés à être dispersés dans la Nature