



# Bio-raffineries : Les ressources pour les polymères de demain

Partenaires :

le cnam



Sponsors :



Atelier de Prospective du GFP  
ENSAM- PARIS  
26 janvier 2012





# Introduction du sujet et présentation de la journée

**Pr. Luc Avérous**

BioTeam

*LIPHT : Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies*

*ECPM : École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)*  
*Université de Strasbourg (UniStra)*

*email : [luc.averous@unistra.fr](mailto:luc.averous@unistra.fr)*

*Website : [www.BIODEG.NET](http://www.BIODEG.NET)*





# Programme de la journée

---

---

9 :30- 10 :00 : Accueil des participants avec café

10:00 - 10:35 : Introduction du sujet et présentation de la journée. Luc Avérous (LIPHT-ECPM, Strasbourg)

- **Partie I : Présentation de bioraffineries - Quels synthons peut-on produire à partir de bioraffineries ?**

10:35-11:10: Bioraffinerie à partir de ressources ligno-cellulosiques. Michael O'Donohue (INRA/INSA-Toulouse)

11:10-11:45 : Bioraffinerie à partir de ressources oléagineuses. Matthieu Chatillon (Novance - Compiègne)

11:45-12:20 : Bioraffinerie à partir d'amidons et co-produits. Patrick Fuertes (BioHub - Roquette, Lestrem)

12 :20 - 13:30 : Repas

- **Partie II : De quels synthons a-t-on besoin pour produire les polymères de demain ?**

13:30 - 14:05 : A la recherche de structures aromatiques ou équivalentes pour polyesters, polyamides et thermodurcissables. Jean-Pierre Pascault (INSA - Lyon)

14:05 - 14:40: Quels synthons aliphatiques pour le développement de polymères biosourcés ? Eric Pollet (LIPHT-ECPM, Strasbourg)

14:40- 15:15 : Au delà du caoutchouc naturel dans l'industrie du caoutchouc. Claude Janin (LRCCP- Vitry-sur-Seine & Elastopole)

- **Partie III : Table Ronde**

15:15 - 16 :50 : Table ronde et conclusions, organisée et animée par Madame Sylvie Latieule Rédactrice en chef du magazine Formule Verte



# Programme de la journée

---

---

10:00 - 10:35 : Introduction du sujet et présentation de la journée. **Luc Avérous** (LIPHT-ECPM, Strasbourg)

- **Partie I : Présentation de bioraffineries - Quels synthons peut-on produire à partir de bioraffineries ?**

10:35-11:10: *Bioraffinerie à partir de ressources ligno-cellulosiques.* **Michael O'Donohue** (INRA/INSA-Toulouse)

11:10-11:45 : *Bioraffinerie à partir de ressources oléagineuses.* **Matthieu Chatillon** (Novance - Compiègne)

11 :45-12:20 : *Bioraffinerie à partir d'amidons et co-produits.* **Patrick Fuertes** (BioHub - Roquette, Lestrem)

- **Partie II : De quels synthons a-t-on besoin pour produire les polymères de demain ?**

13:30 - 14:05 : *A la recherche de structures aromatiques ou équivalentes pour polyesters, polyamides et thermodorcissables.* **Jean-Pierre Pascault** (INSA - Lyon)

14:05 - 14:40: *Quels synthons aliphatiques pour le développement de polymères biosourcés ?* **Eric Pollet** (LIPHT-ECPM, Strasbourg)

14:40- 15:15 : *Au delà du caoutchouc naturel dans l'industrie du caoutchouc.* **Claude Janin** (LRCCP- Vitry-sur-Seine & Elastopole)

- **Partie III : Table Ronde**

15:15 - 16 :50 : *Table ronde et conclusions, organisée et animée par Mme Sylvie Latieule* Rédactrice en chef du magazine Formule Verte



# Programme de la journée

---

---

10:00 - 10:35 : Introduction du sujet et présentation de la journée. Luc Avérous (LIPHT-ECPM, Strasbourg)

- *Partie I : Présentation de bioraffineries - Quels synthons peut-on produire à partir de bioraffineries ?*

10:35-11:10: *Bioraffinerie à partir de ressources ligno-cellulosiques. Michael O'Donohue (INRA/INSA-Toulouse)*

11:10-11:45 : *Bioraffinerie à partir de ressources oléagineuses. Matthieu Chatillon (Novance - Compiègne)*

11 :45-12:20 : *Bioraffinerie à partir d'amidons et co-produits. Patrick Fuertes (BioHub - Roquette, Lestrem)*

- *Partie II : De quels synthons a-t-on besoin pour produire les polymères de demain ?*

13:30 - 14:05 : *A la recherche de structures aromatiques ou équivalentes pour polyesters, polyamides et thermodorcissables. Jean-Pierre Pascault (INSA - Lyon)*

14:05 - 14:40: *Quels synthons aliphatiques pour le développement de polymères biosourcés ? Eric Pollet (LIPHT-ECPM, Strasbourg)*

14:40- 15:15 : *Au delà du caoutchouc naturel dans l'industrie du caoutchouc. Claude Janin (LRCCP- Vitry-sur-Seine & Elastopole)*

- *Partie III : Table Ronde*

15:15 - 16 :50 : *Table ronde et conclusions, organisée et animée par Madame Sylvie Latieule Rédactrice en chef du magazine Formule Verte*



# *Notions de bioraffinerie*

Pr. Luc Avérous

BioTeam

*Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT)  
École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)  
Université de Strasbourg (UniStra)*

*email : [luc.averous@unistra.fr](mailto:luc.averous@unistra.fr)*

*Website : [www.BIODEG.NET](http://www.BIODEG.NET)*

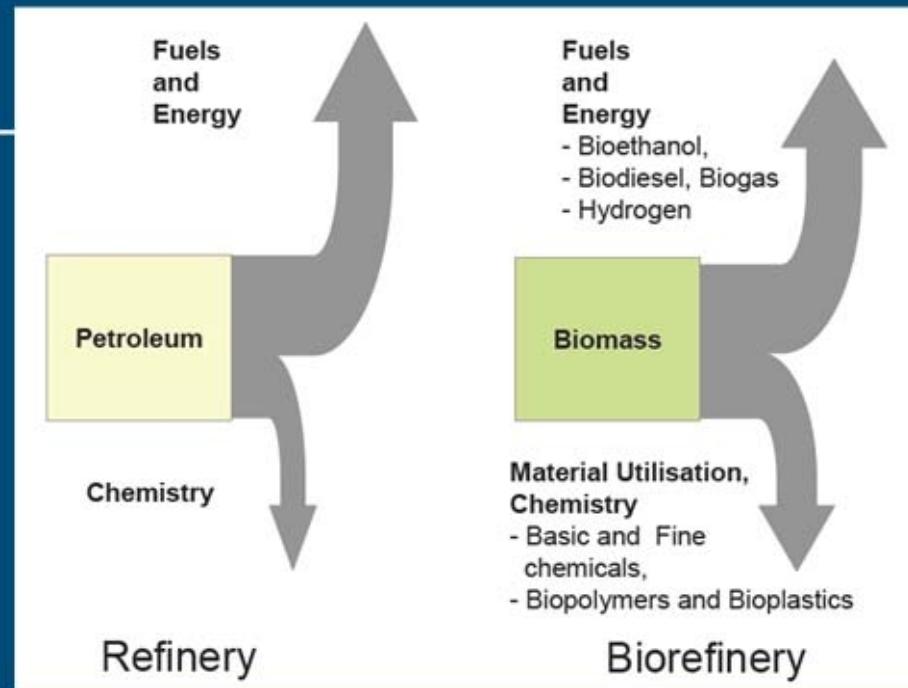


# MUTATION - TRANSITION



- Transition progressive d'une société basée sur le pétrole à une société basée sur les bio-ressources.
- Cette transition nécessitera de trouver :
  - (i) de nouvelles voies d'élaboration de matériaux existants
  - (ii) de nouveaux matériaux.

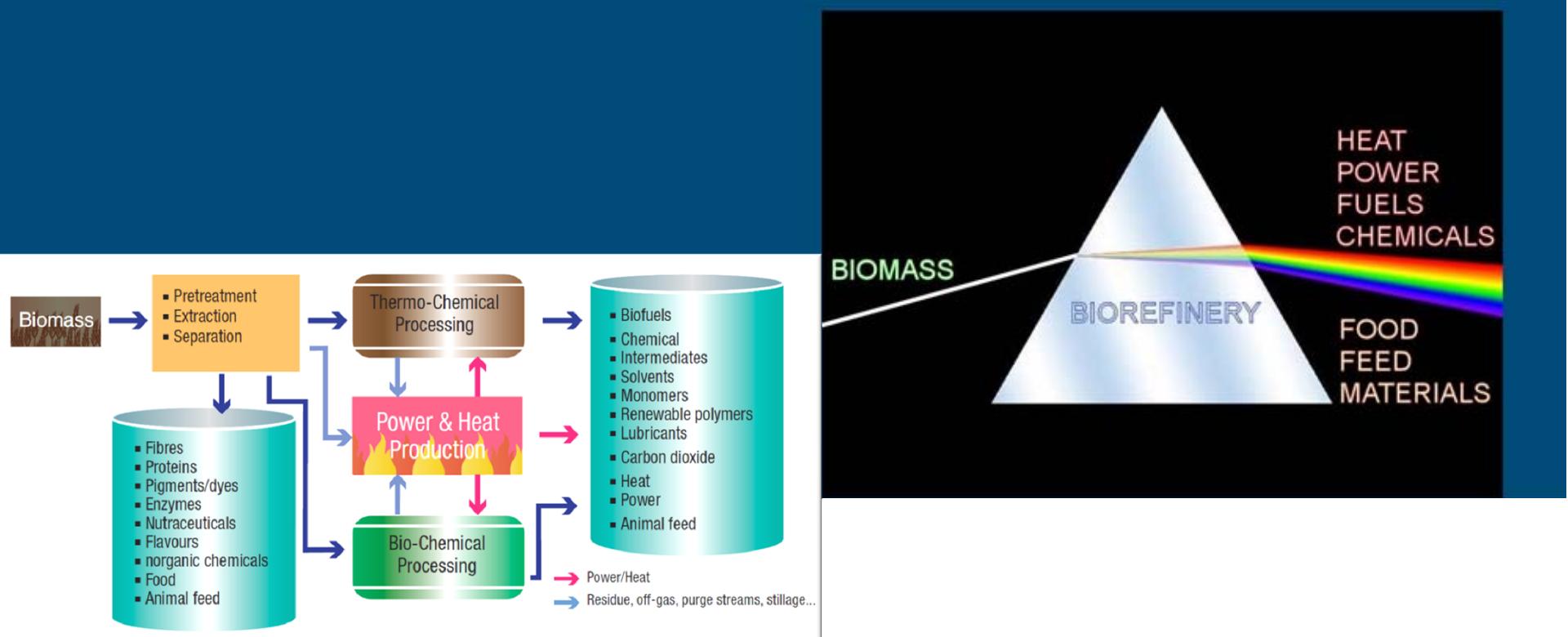




- Le concept de bioraffinerie est analogue à celui d'une raffinerie de pétrole actuelle.
- Les bioraffineries industrielles sont la voie la plus prometteuse pour la création d'une nouvelle industrie bio-sourcée.

## ■ Qu'est-ce qu'une bioraffinerie ?

Une bioraffinerie est une installation intégrant des procédés de conversion (physique, chimique et biochimique) de la biomasse pour la production notamment de produits chimiques (synthons, polymères, solvants ...).



# Différents Types de Bioraffineries :

- Bioraffinerie à Ligno-cellulose - utilise matières premières “sèches” (bois, paille...).
- Bioraffinerie Récolte Entière (ou de céréales) - matières premières telles que céréales ou maïs.
- Bioraffinerie Verte - utilise biomasse “humide” telle que herbe verte, luzerne, trèfle, jeunes céréales....
- Bioraffinerie Double Plateforme - incluant plateforme production de sures et plateforme de syngas.
- Bioraffinerie des oléagineux - Basé sur la ^product
- ...



## => Sources d'approvisionnement de base

---

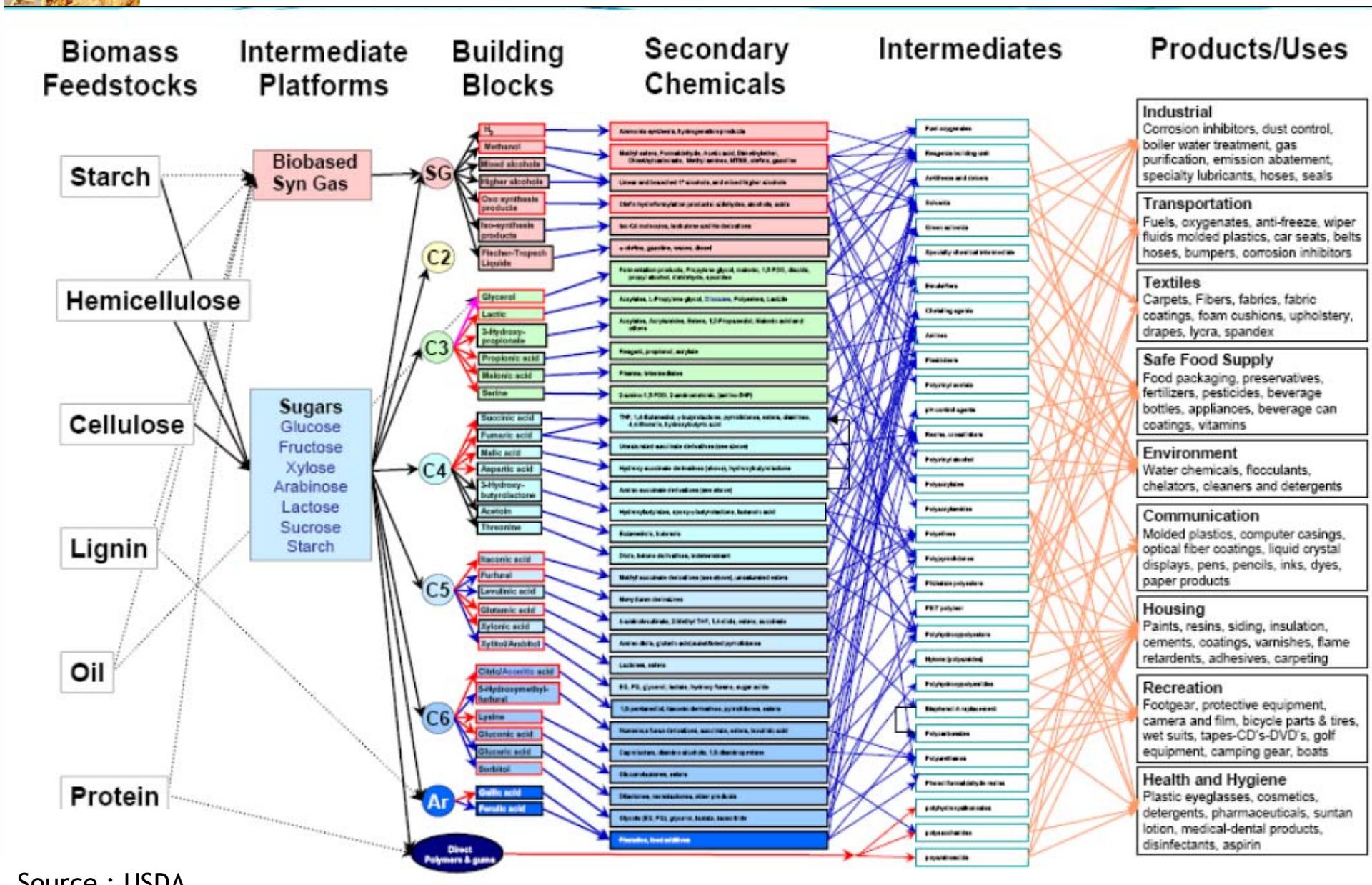
---

- *Polyesters bactériens : PolyHydroxyAlcanoates (PHA), ...*
  - *Cellulose*
  - *Hémicellulose*
  - *Lignines et Tanins*
  - *Dérivés terpéniques*
  - *Amidons*
  - *Protéines (animales et végétales)*
  - *Triglycérides (acides gras, glycérol)*
- 





# *Produits issus de la biomasse végétale*



Source : USDA



# *Qques molécules issus de la biomasse vég*

Molécule	Origine biomasse	Etat développement	Applications	Producteurs
Acide acétique		-		
Ethanol	Sucre, amidon (cellulose)	Commodité	Biocarburant, (PE, PVC)	ADM, Cargill, Tereos, etc.
Ac. acrylique	Glycérol, sucres	R&D		Arkema, OPX,
Glycérol	Huiles, co-produit biodiesel	Commodité	Epichlorhydrine, (HPA,PDO)	Sofiproteol, ADM, Cargill
3 HPA	Amidon, (glycérol)	R&D industrielle	Acrylates, PDO	Cargill-Novozymes
Ac. lactique	Amidon, sucre	Commodité-	Alimentaire, solvants, PLA	Purac, Cargill, Galactic, etc.
Acide malonique				?
1,3 propanediol (PDO)	Amidon maïs (glycérol)	Commercial	Polymères et divers	DuPont (Met Ex)
Acide propionique		Commercial		BASF
Serine				
Acetoin				
Ac. aspartique	Mélasses	-	Agroalimentaire	
1-butanol	Sucre, lignocellulose	R&D	Carburant	Arbor, Cobalt, Met Ex, etc.
1,4 - butanediol	Glucose (xylose)	R&D	Solvants, polymères, GBL	Genomatica
Ac. fumrique	Amidon, sucres	-		
3-hydroxybutyrolactone				
Ac malique				
Ac. succinique	Amidon	Pré commercial		Bio Amber, Roquette, Purac
Thréonine	Sucre, amidon	Commodité	Feed	ADM, Ajinomoto
Arabinitol				
Furfural	Xylose (hémicellulose)	Commercial		Transfuran chemicals
Ac. glutamique		Commercial		
Isoprène	Sucre, amidon	R&D, pilote	Pneumatiques, carburants	Genencor, Amyris
Ac. itaconique	Amidon	Commercial		Itaconix
Ac. levulinique	Sucre, (lignocellulose)			Technologie Biofine/Biometix
Proline				
Xylose, xylitol	Hémicelluloses	Commercial	Furanes	
Ac. xylonique				
Ac aconitique				
Acide adipique	Huiles	R&D	Polyamide 6.6 (=Nylon 6.6)	Projet Verdezyne
Ac citrique		Commercial	Alimentaire	ADM, Cargill
2,5 FDCA	Fructose (amidon)	R&D	Polymères, carburants	Avantium
Ac. glucarique	Glucose	R&D		Rivertop Renewables
Glucose	Amidon, (sucre, cellulose)	Commodité	Chimie du glucose	Majorité des amidonniers
HMF	Glucose (amidon)	Commercial	Plastiques, carburants	
Levoglucosan				
Lysine	Mélasses	Commercial	Feed, pharma	ADM, Ajinomoto
Sorbitol	Amidon	Commodité	Food, pharma, isosorbide	Nombreux amidonniers

Source adaptée : Rapport ADEME sur les bioraffineries (Oct. 2010)

3 HPA :  
acide 3-hydroxypropionique

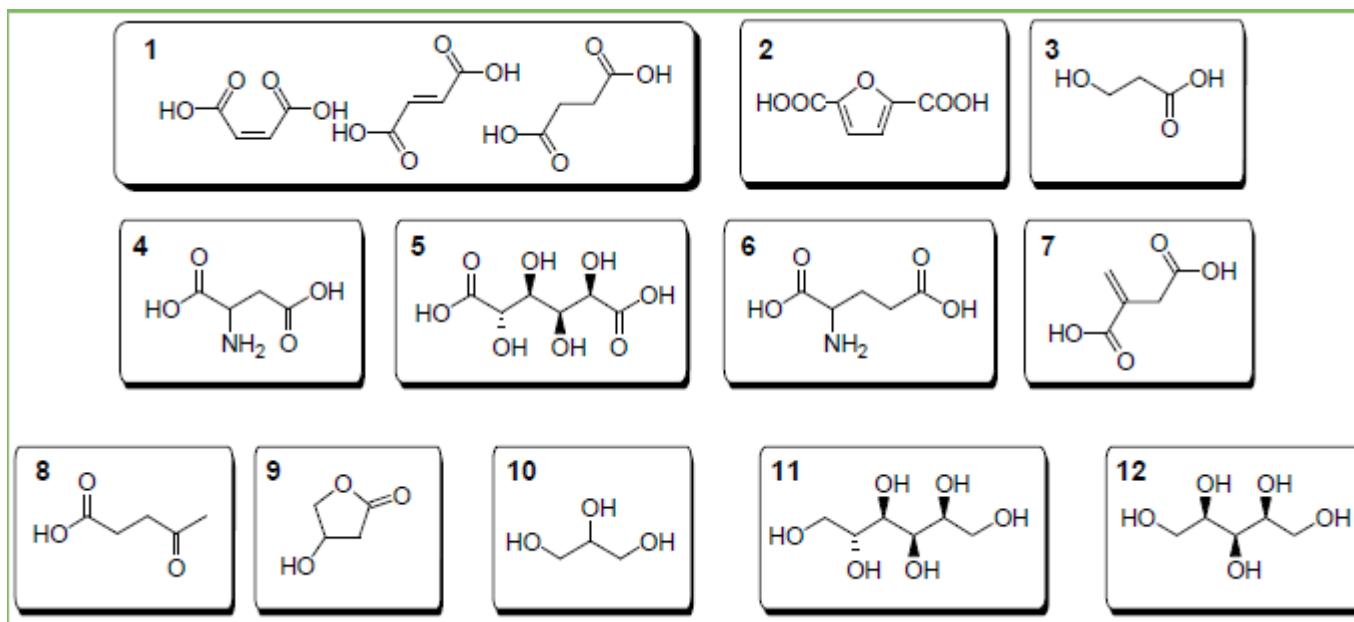
2,5 FDCA :  
Acide 2,5-furane dicarboxylique



# *Les briques du futur ?*

- *Synthons stratégiques :*

## Top 12 du DoE - USA (2004)



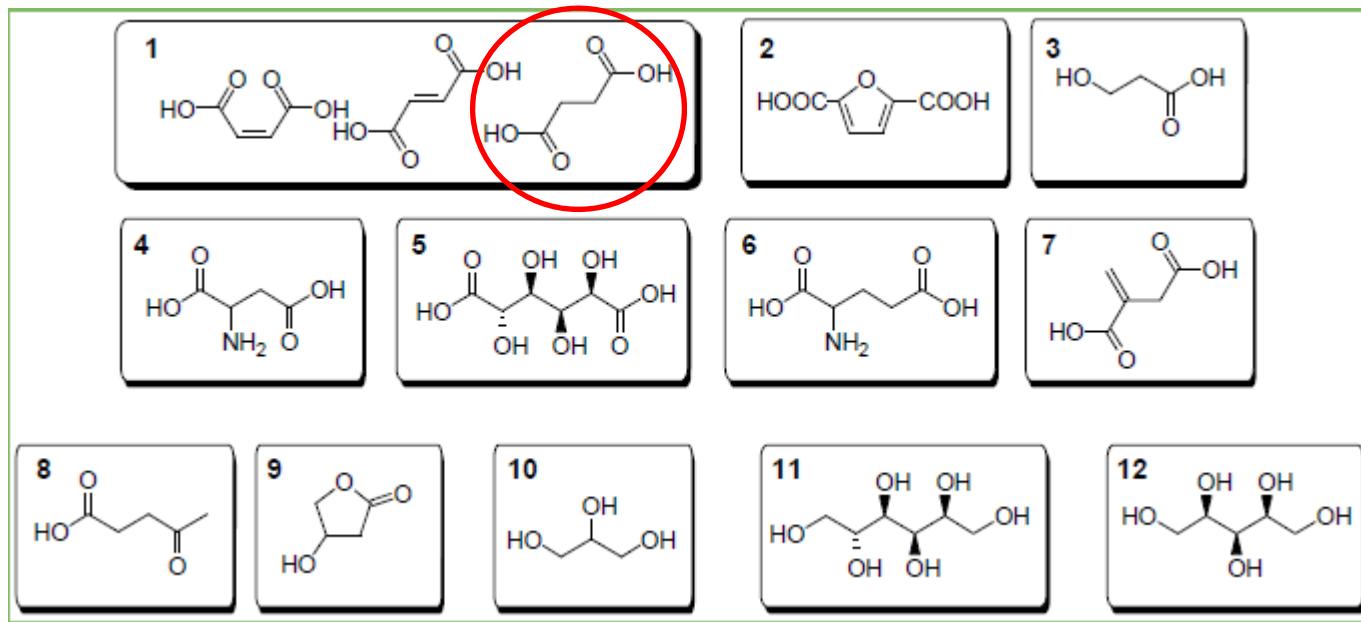


# Les briques du futur ?

- *Synthons stratégiques :*

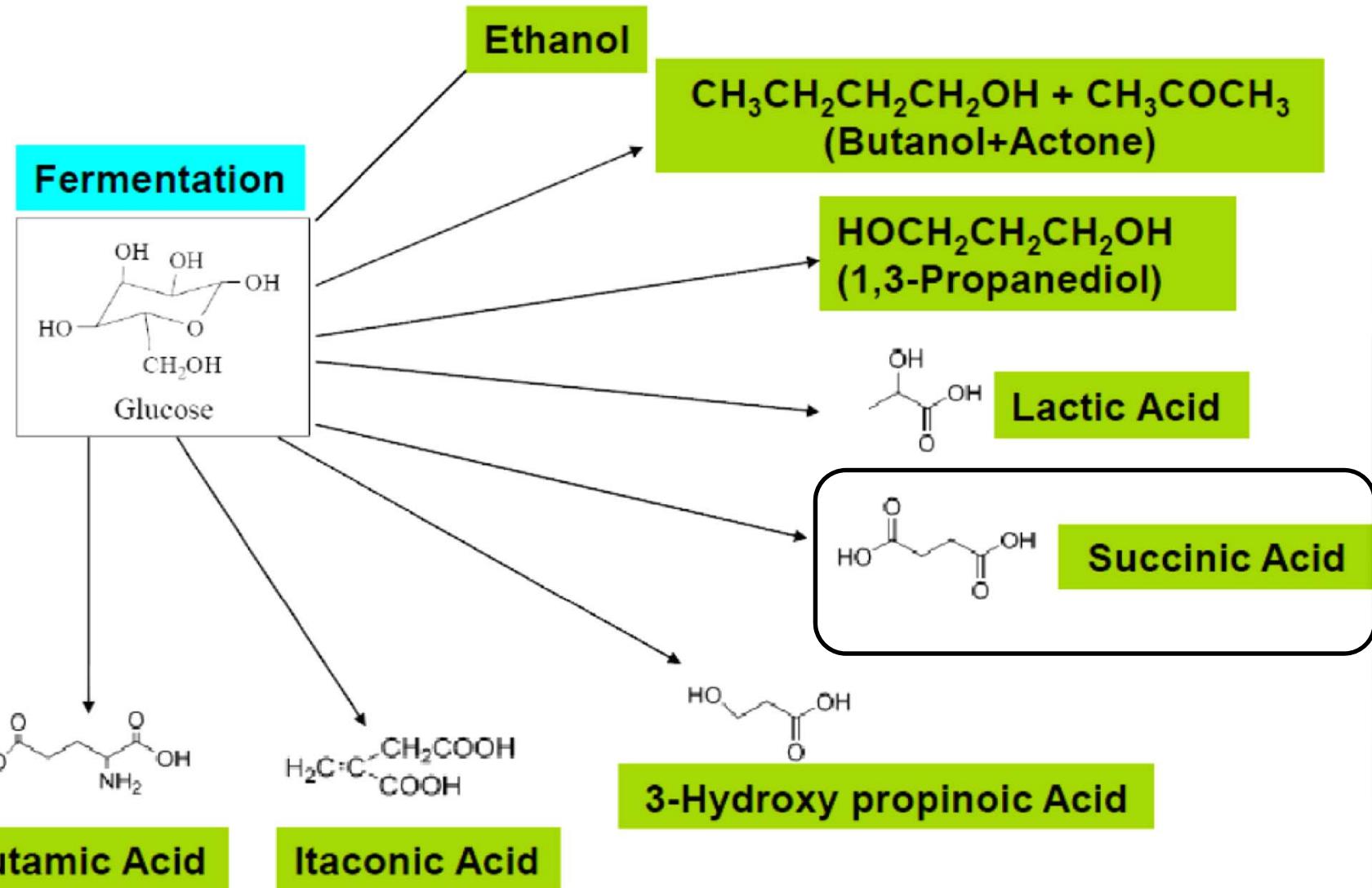
Top 12 du DoE - USA (2004)

## Acide Succinique



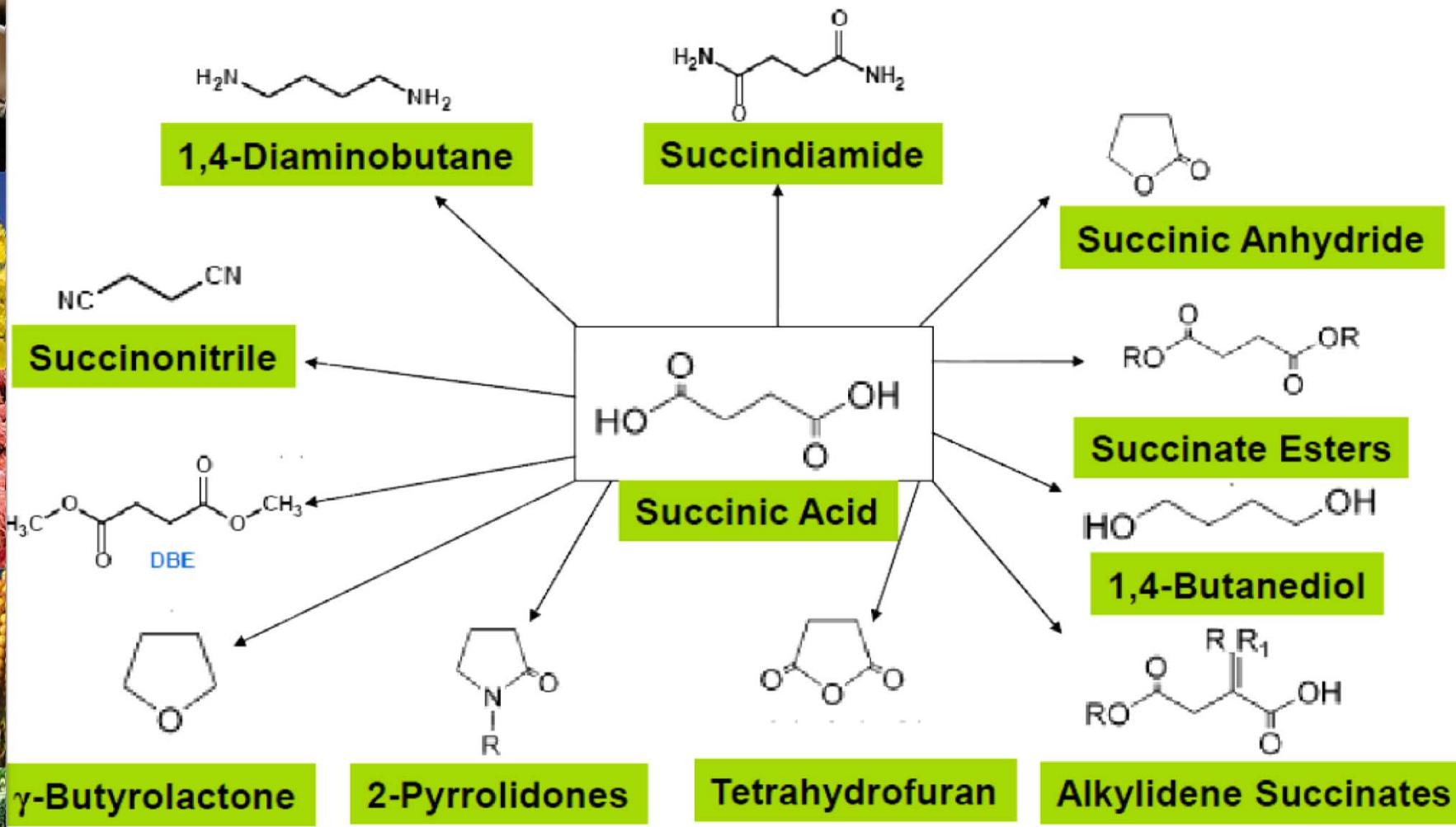


# Combinaison BioTech + Chimie



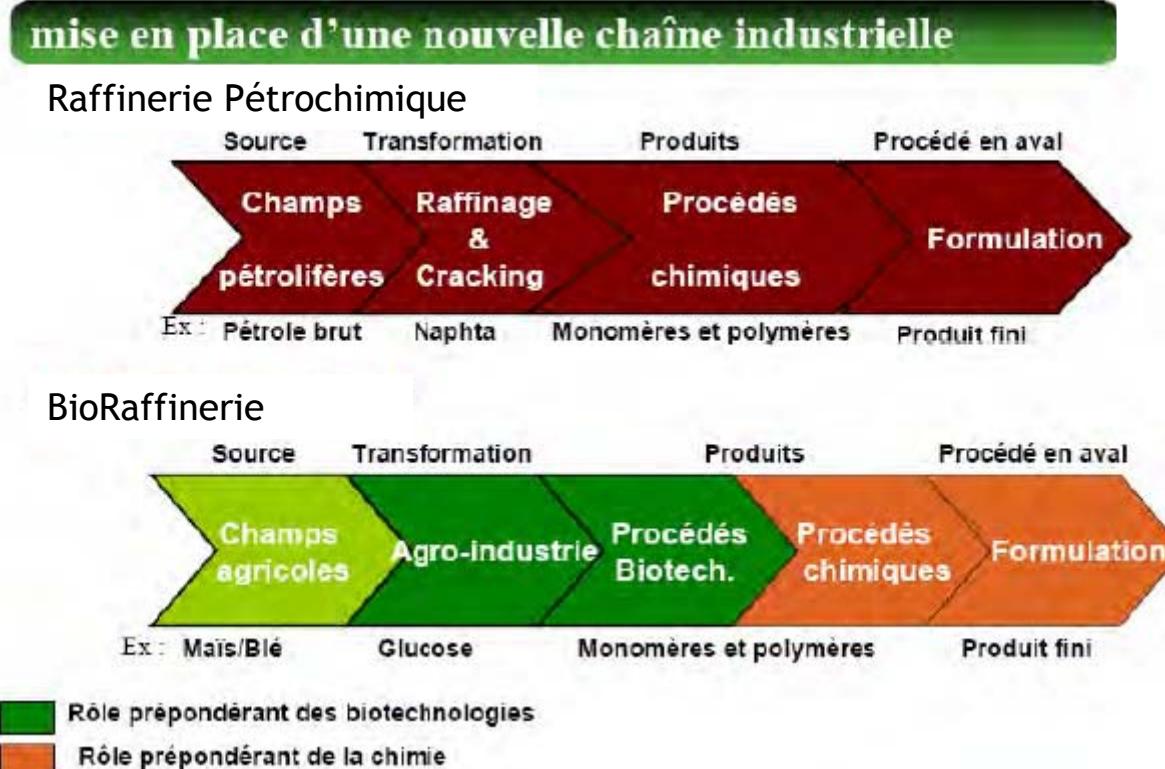


# Combinaison BioTech + Chimie





# Création d'une nouvelle chaîne de valeur Industrielle :



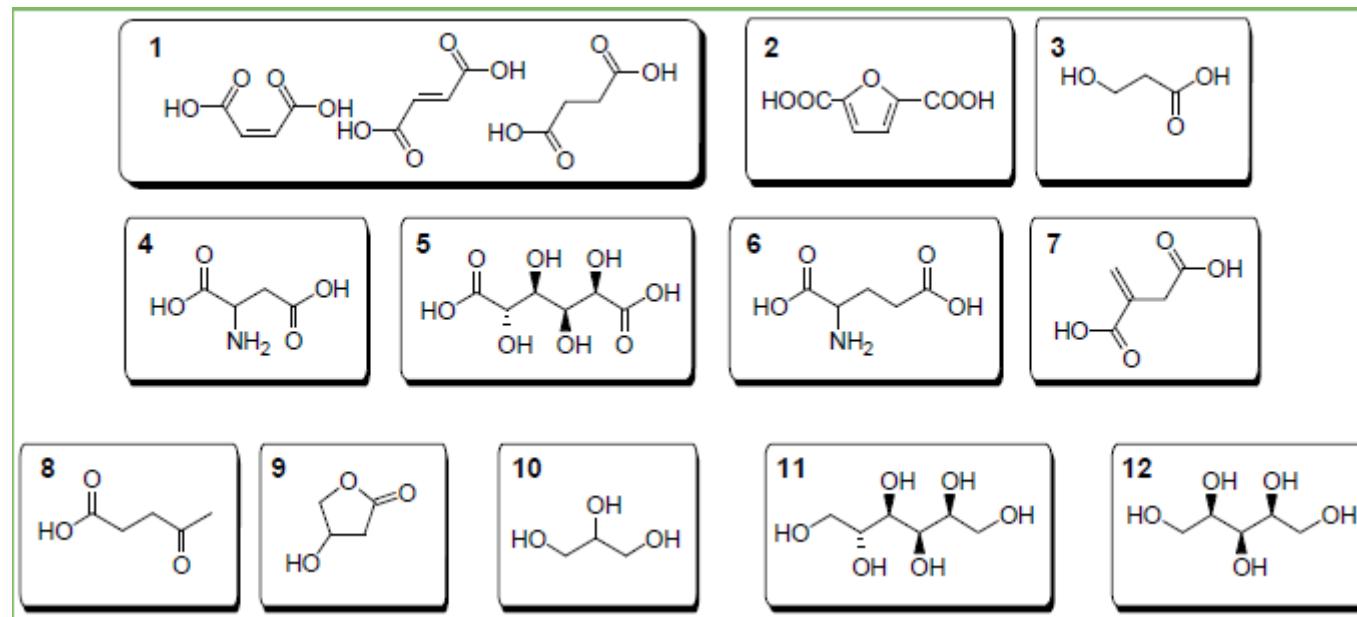
Sources : ACDV & Rapport ADEME sur les bioraffineries (Oct. 2010)



# Les intermédiaires du futur ?

- *Synthons stratégiques :*

Top 12 du DoE - USA (2004)



Ethanol => Ethylène ?



# Programme de la journée

---

---

9 :30- 10 :00 : Accueil des participants avec café

10:00 - 10:35 : Introduction du sujet et présentation de la journée. Luc Avérous (LIPHT-ECPM, Strasbourg)

• *Partie I : Présentation de bioraffineries - Quels synthons peut-on produire à partir de bioraffineries ?*

10:35-11:10 : *Bioraffinerie à partir de ressources ligno-cellulosiques. Michael O'Donohue (INRA/INSA-Toulouse)*

11:10-11:45 : *Bioraffinerie à partir de ressources oléagineuses. Matthieu Chatillon (Novance - Compiègne)*

11:45-12:20 : *Bioraffinerie à partir d'amidons et co-produits. Patrick Fuertes (BioHub - Roquette, Lestrem)*

• *Partie II : De quels synthons a-t-on besoin pour produire les polymères de demain ?*

13:30 - 14:05 : *A la recherche de structures aromatiques ou équivalentes pour polyesters, polyamides et thermodurcissables. Jean-Pierre Pascault (INSA - Lyon)*

14:05 - 14:40: *Quels synthons aliphatiques pour le développement de polymères biosourcés ? Eric Pollet (LIPHT-ECPM, Strasbourg)*

14:40- 15:15 : *Au delà du caoutchouc naturel dans l'industrie du caoutchouc. Claude Janin (LRCCP- Vitry-sur-Seine & Elastopole)*

• *Partie III : Table Ronde*

15:15 - 16 :50 : *Table ronde et conclusions, organisée et animée par Mme Sylvie Latieule Rédactrice en chef du magazine Formule Verte*



# *Les polymères biosourcés*

Pr. Luc Avérous

*Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT)  
École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)  
Université de Strasbourg (UniStra)*

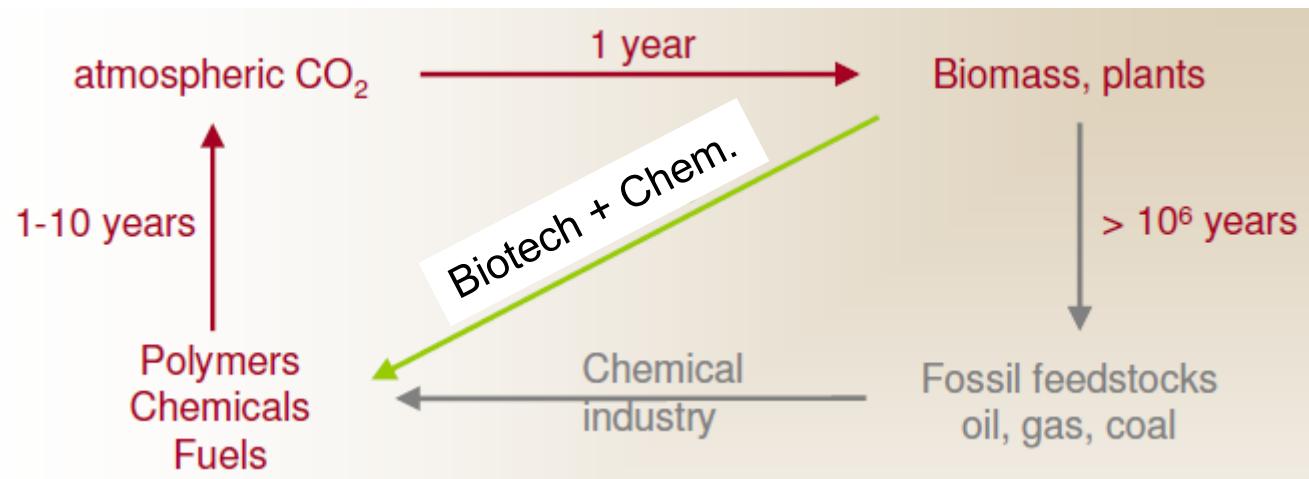
*email : [luc.averous@unistra.fr](mailto:luc.averous@unistra.fr)*

*Website : [www.BIODEG.NET](http://www.BIODEG.NET)*





# Origine Fossile vs. Biomasse : une question de temps !



Pétrole, Gaz ... : Des intermédiaires séquestrants !



# Quelques définitions :

---

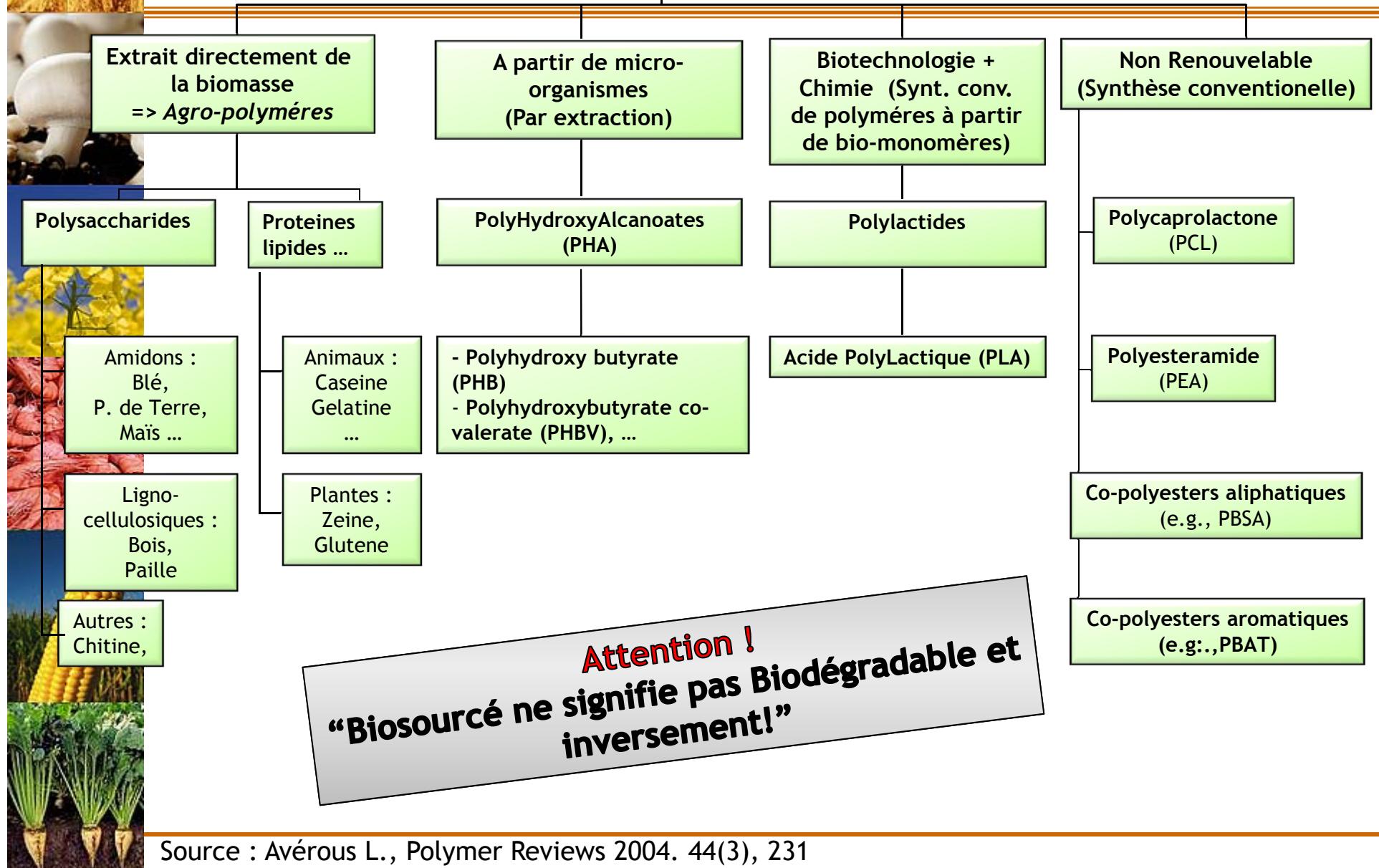
---

- **Mat. Biosourcé, issue de la biomasse, renouvelable ...**
  - Début de vie (origine du C) - Mat. pas nécessairement biodégradable.
- **Mat. Biodégradable - Compostable**
  - Fin de vie - Mat. pas nécessairement biosourcé.
    - > Biodégradabilité en compost :
      - Normes EN 13432 (Emballage)
      - Normes ASTM D6400, D6868 (revêtements)
      - Normes ISO 17088 (Intern.)
    - > Biodégradabilité en milieu marin :
      - Normes D 7021 ...



# Polymères Biodégradables

## - Classification -





## *Quelques définitions (IUPAC):*

---

---

- **Biomacromolécules** : Macromolécules élaborées par des organismes vivants (protéines, polysaccharides, polymères bactériens ...) [Caractéristiques]
  - **Biopolymères** : substances constituées de biomacromolécules [Applications]
-



## *Quelques définitions (Suite) :*

---

---

- **BIOPLASTIQUES** : Terme “industriel” utilisé pour qualifier les polymères biodégradables dans l’environnement et/ou biosourcés. (e.g., PLA, PA11, PCL ...)



# *Le marché des bioplastiques*

Pr. Luc Avérous

BioTeam

*Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT)  
École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)  
Université de Strasbourg (UniStra)*

*email : [luc.averous@unistra.fr](mailto:luc.averous@unistra.fr)*

*Website : [www.BIODEG.NET](http://www.BIODEG.NET)*

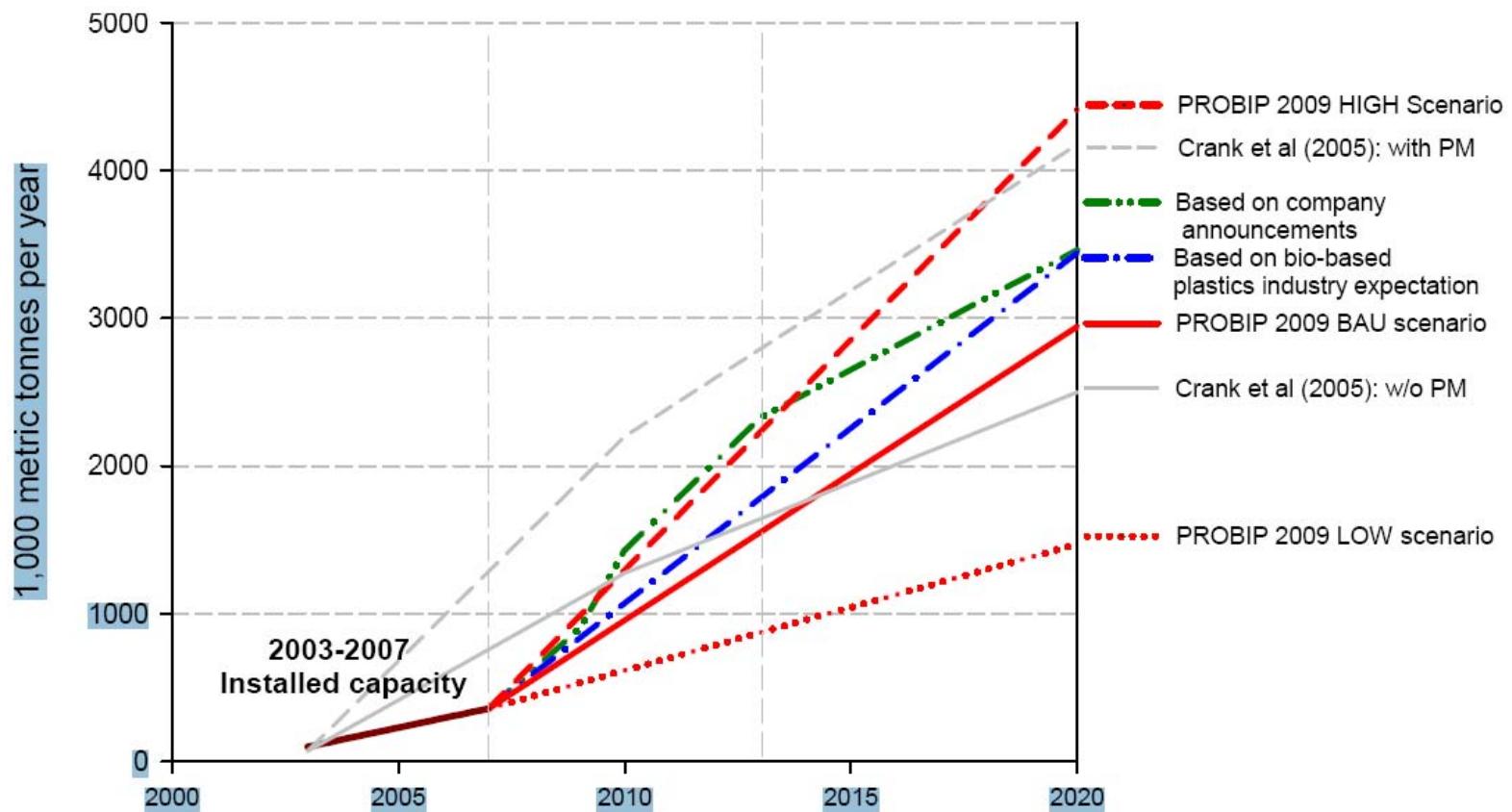




# Etude de Marché - PRO-BIP 2009

(Product overview and market projection of emerging bio-based plastics)

## Projection de production des bioplastiques au niveau mondial jusqu'à 2020



Nota : production mondiale des MP in 2010 = ~250 Millions Tonnes

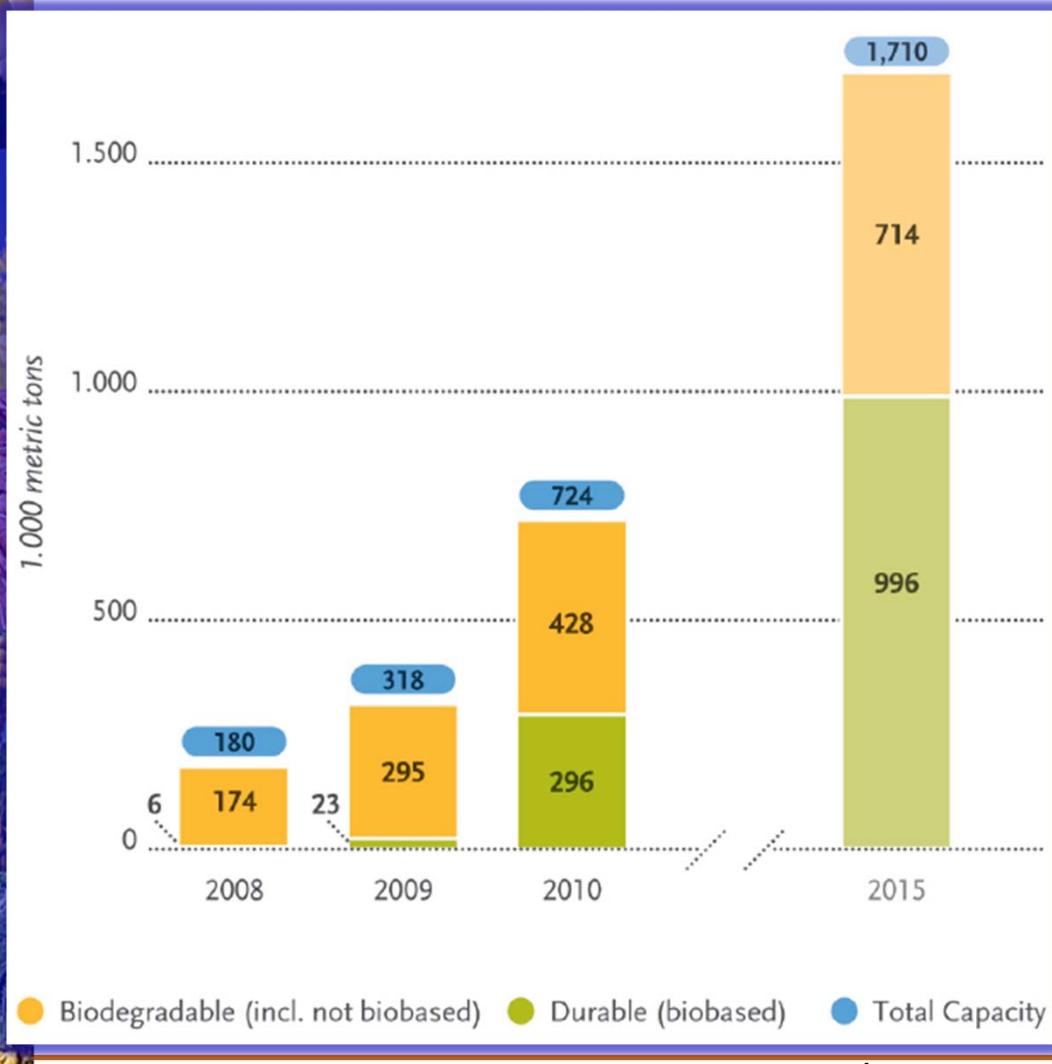
Source :PROBIP 2009



# Bioplastiques / Mondial - Tendances

## Quelques Indicateurs Economiques :

- Croissance : 10-20 % /an
- Marché : 1 Milliard \$/an



## Dernière Etude Prospective

(Ceresana en Dec. 2011) :

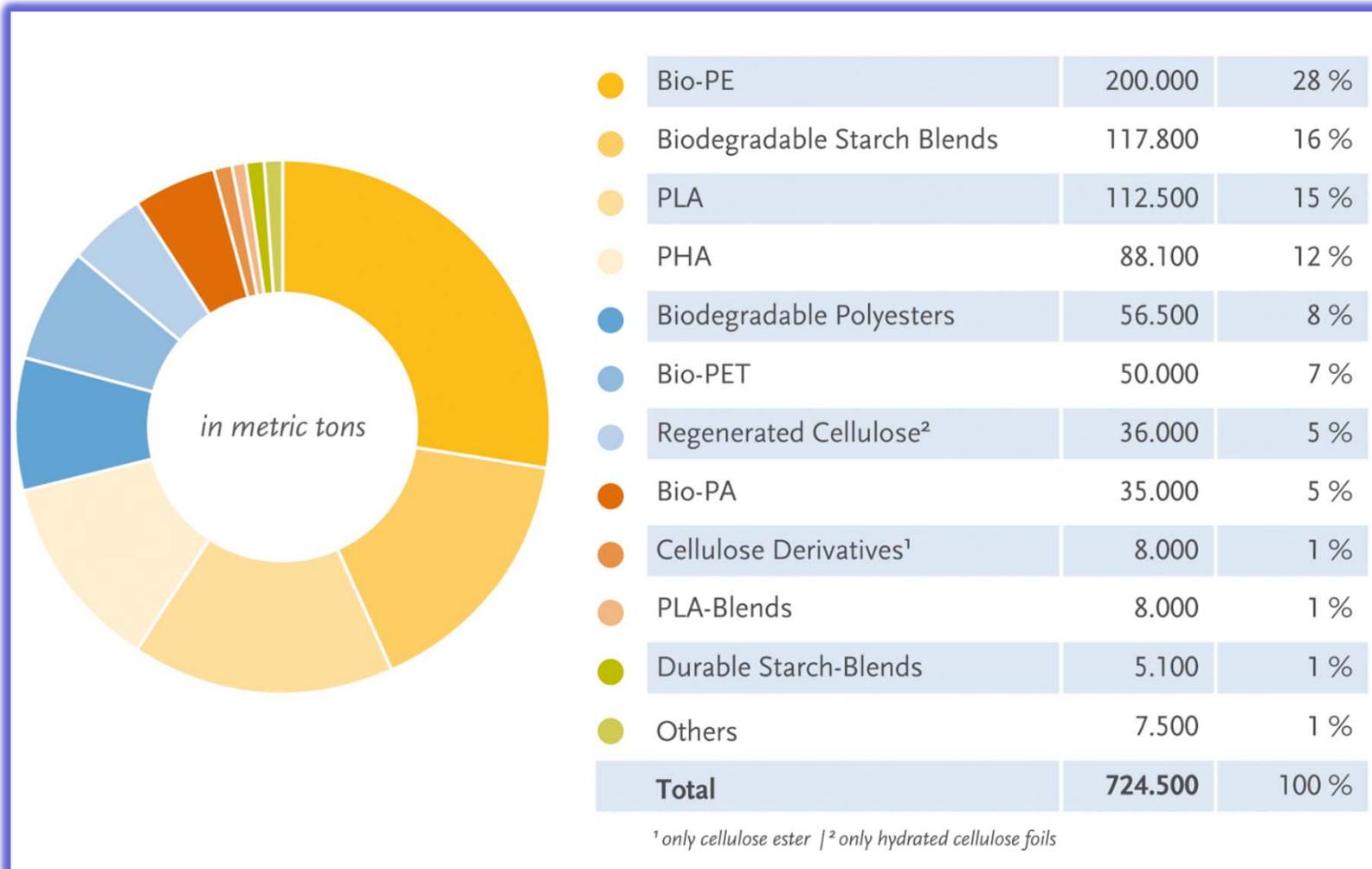
- En 2018 : 2,8 Milliard \$
- 18% par an

Source : European Bioplastics Association (publié Mai 2011)



# Bioplastiques / Production Mondiale

## - Capacité en Tonnes (2010) -

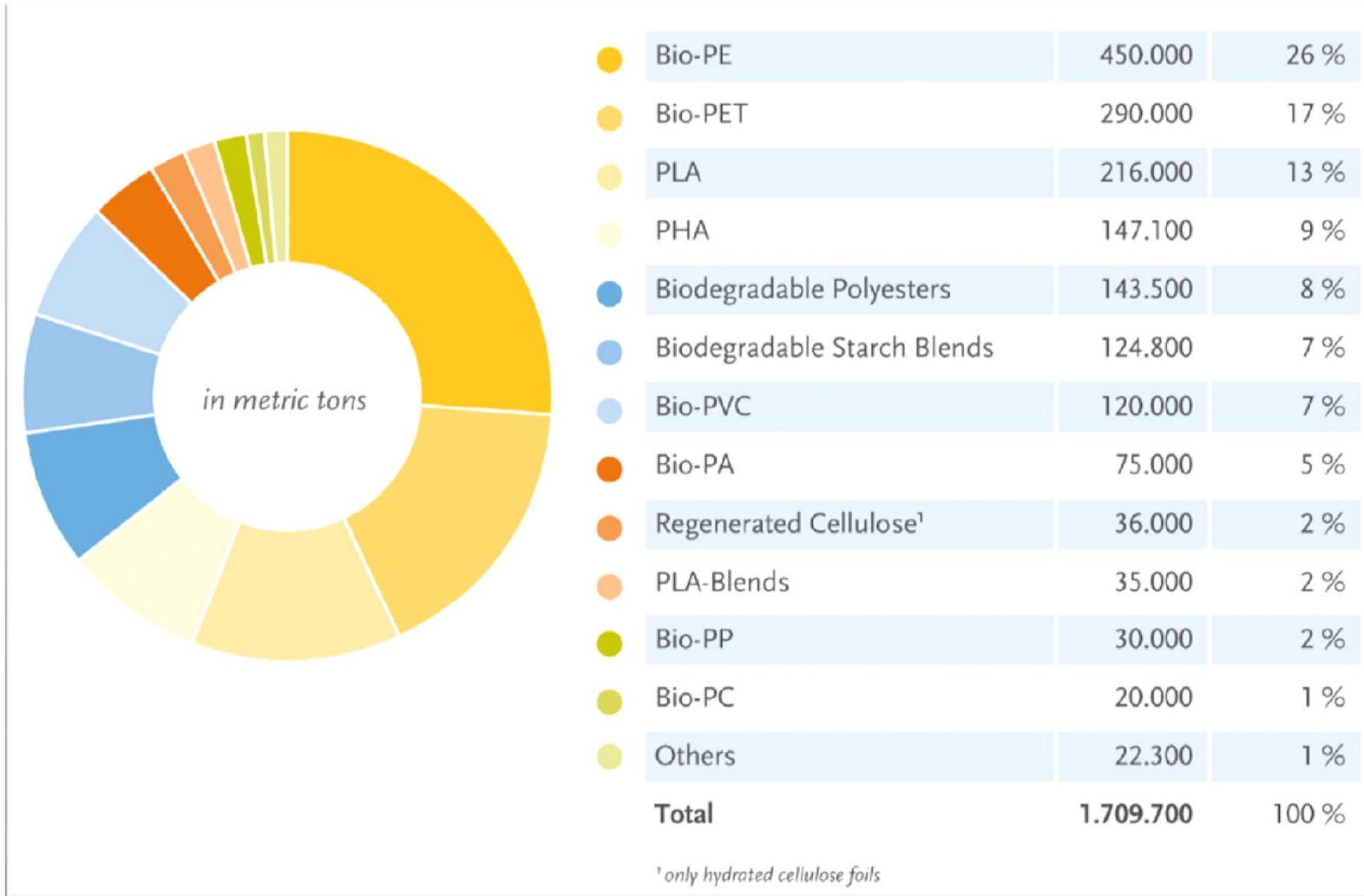


Source : European Bioplastics Association (publié Mai 2011)



# Bioplastiques / Projection Mondiale

## - Capacité en Tonnes (2015) -



Source : European Bioplastics Association (publié Mai 2011)



# Polymères Biosourcés et Biodégradables

Pr. Luc Avérous

BioTeam

*Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT)  
École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)  
Université de Strasbourg (UniStra)*

*email : [luc.averous@unistra.fr](mailto:luc.averous@unistra.fr)*

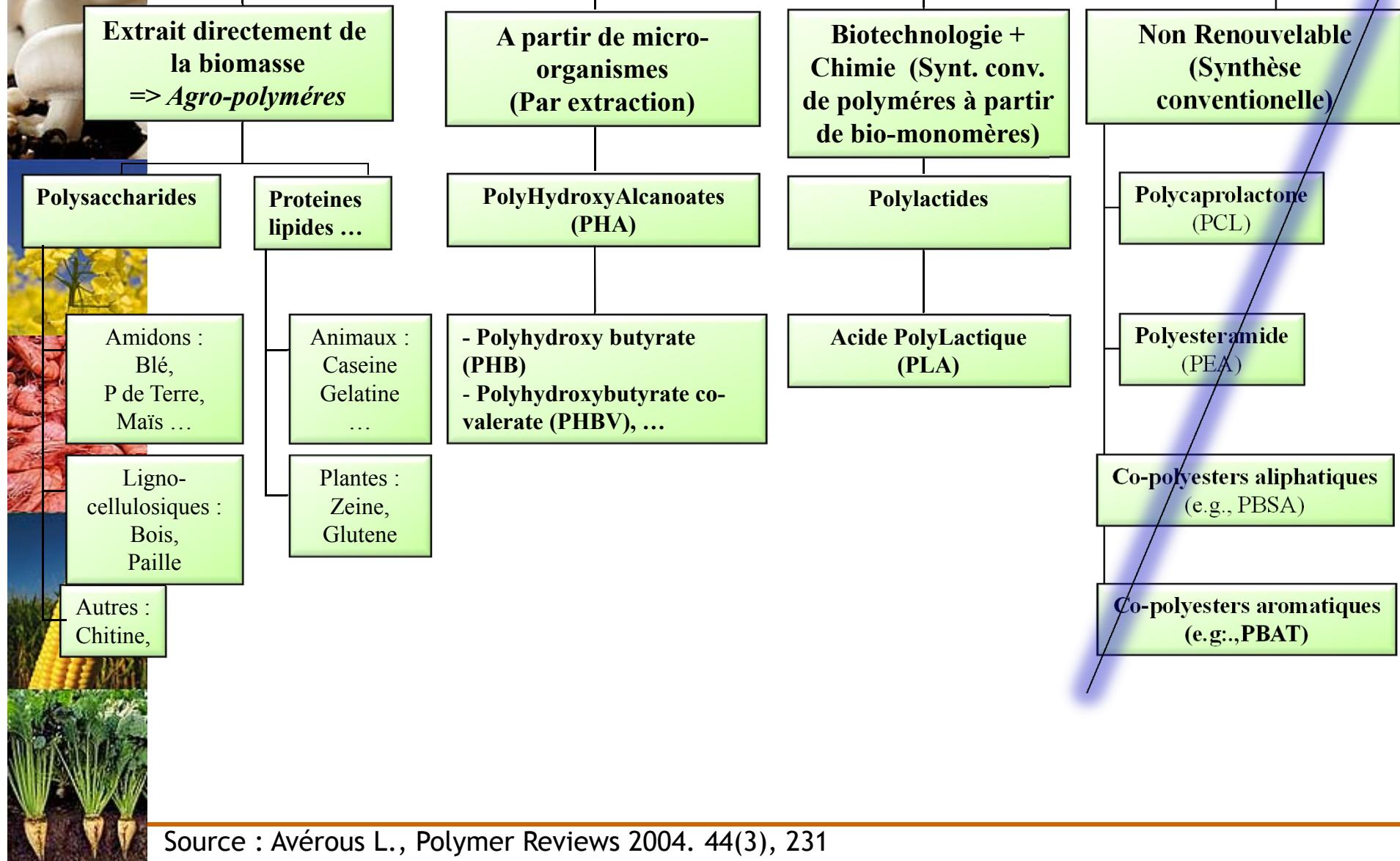
*Website : [www.BIODEG.NET](http://www.BIODEG.NET)*





# Polymères Biodégradables

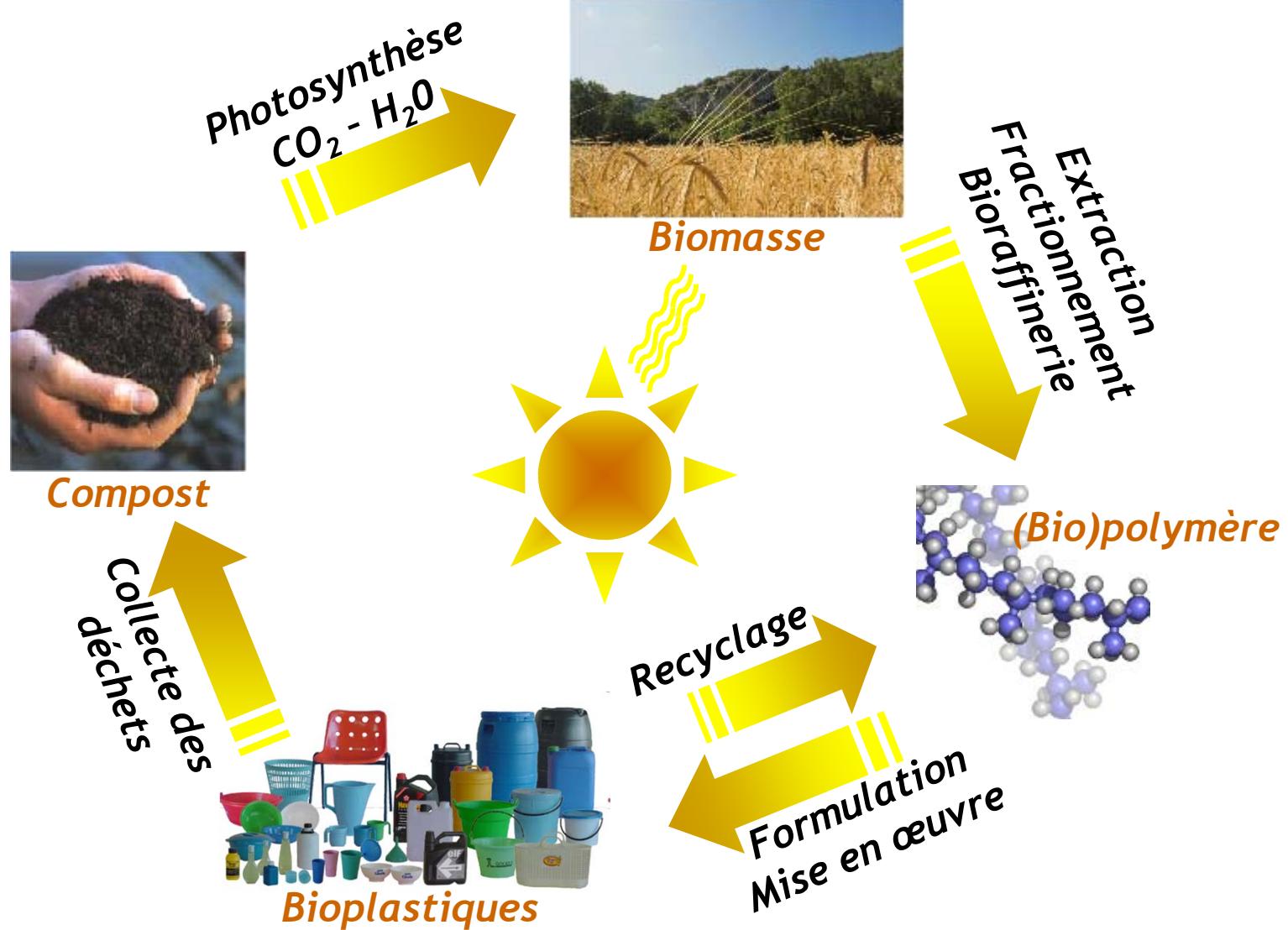
## - Classification -





# Cycle de vie « from cradle to cradle »

## - Développement durable -





# *Polymères Biosourcés non Biodégradables (Durables)*

Pr. Luc Avérous

BioTeam

*Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT)  
École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)  
Université de Strasbourg (UniStra)*

*email : [luc.averous@unistra.fr](mailto:luc.averous@unistra.fr)*

*Website : [www.BIODEG.NET](http://www.BIODEG.NET)*





## => Sources d'approvisionnement de base

---

---

- *Polyesters bactériens : PolyHydroxyAlcanoates (PHA), ...*
  - *Cellulose*
  - *Hémicellulose*
  - *Lignines et Tanins*
  - *Dérivés terpéniques*
  - *Amidons*
  - *Protéines (animales et végétales)*
  - *Triglycérides (acides gras, glycérol)*
- 

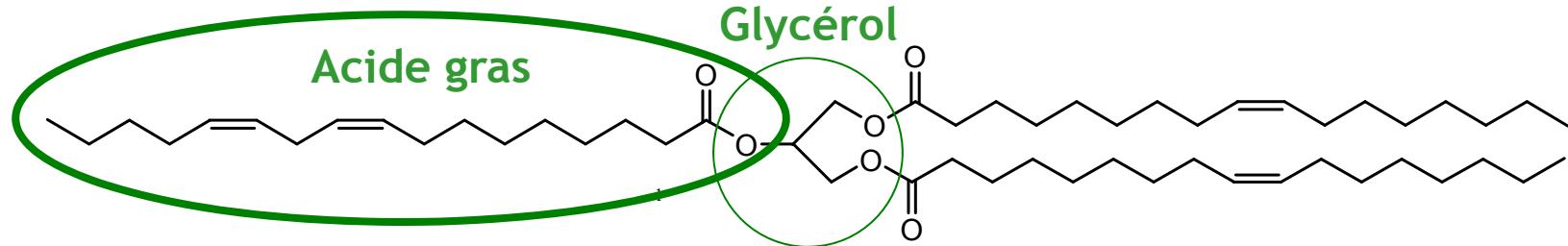




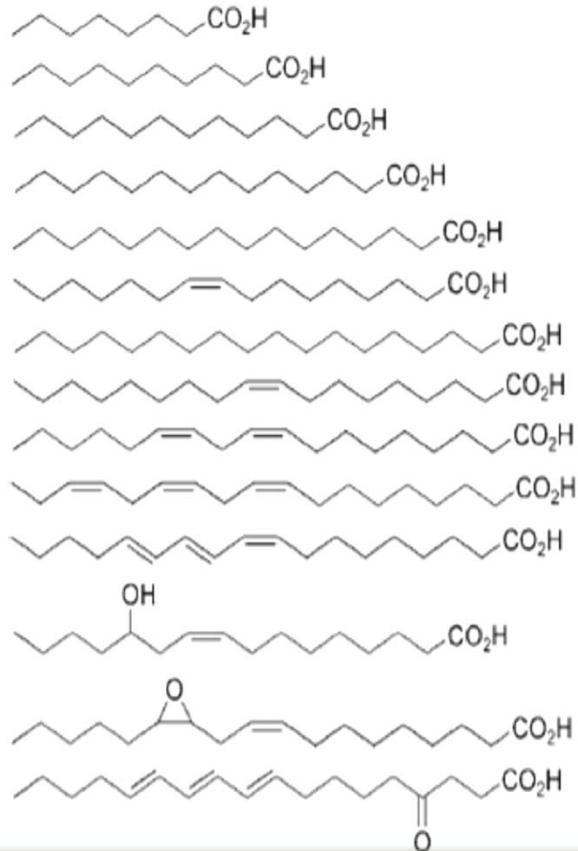
- *Exemple : Elaboration de polymères durables à partir d'huiles végétales*



# *Triglycerides et Acides Gras*



Caprylic  
Capric  
Lauric  
Myristic  
Palmitic  
Palmitoleic  
Stearic  
Oleic  
Linoleic  
Linolenic  
 $\alpha$ -Eleostearic  
Ricinoleic  
Vernolic  
Licanic

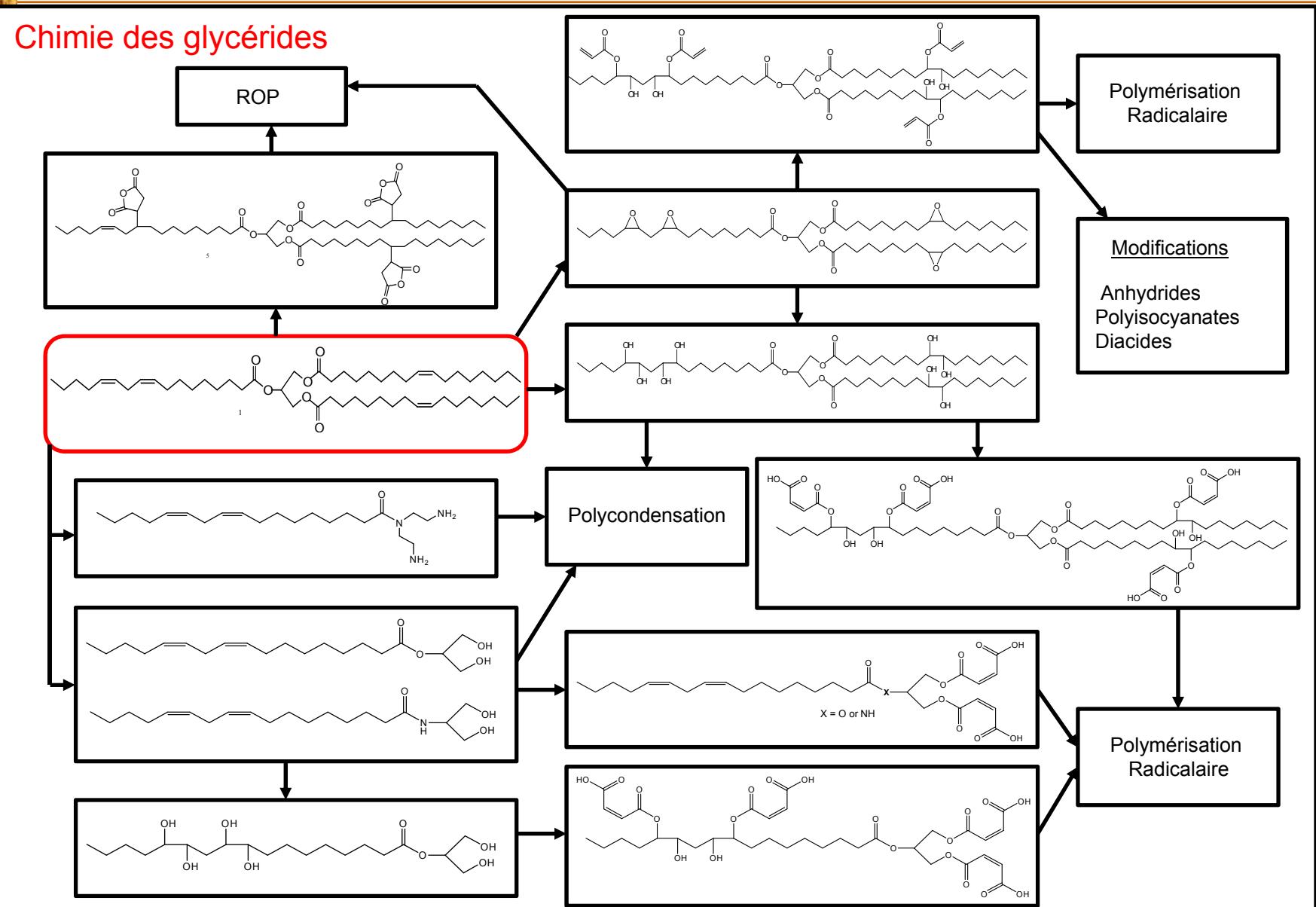


**Huile végétale =  
95% of triglycerides**



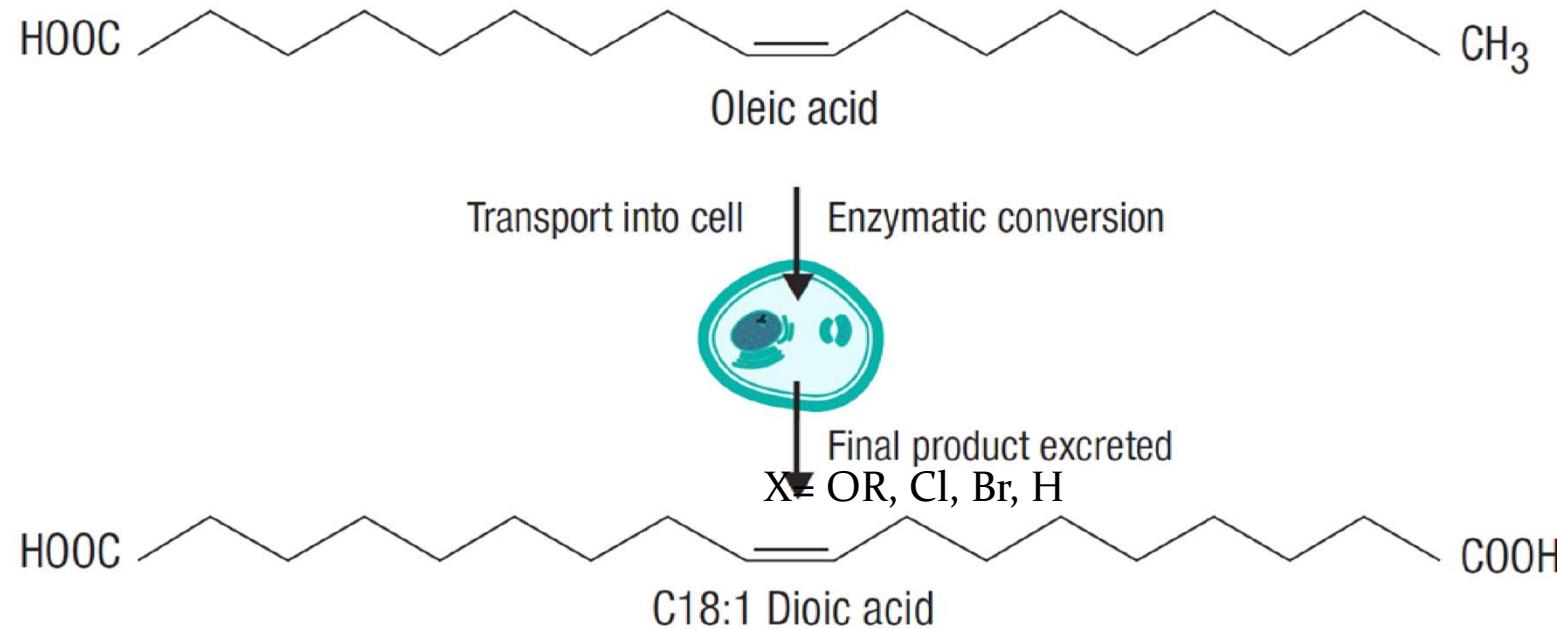
# *Une chimie riche ...*

Source : Pr. Wool (USA)





# *Et les Biotech ...*



### – Omega oxidation of oleic acid by whole yeast cell

Source : Pr. Gross (USA)

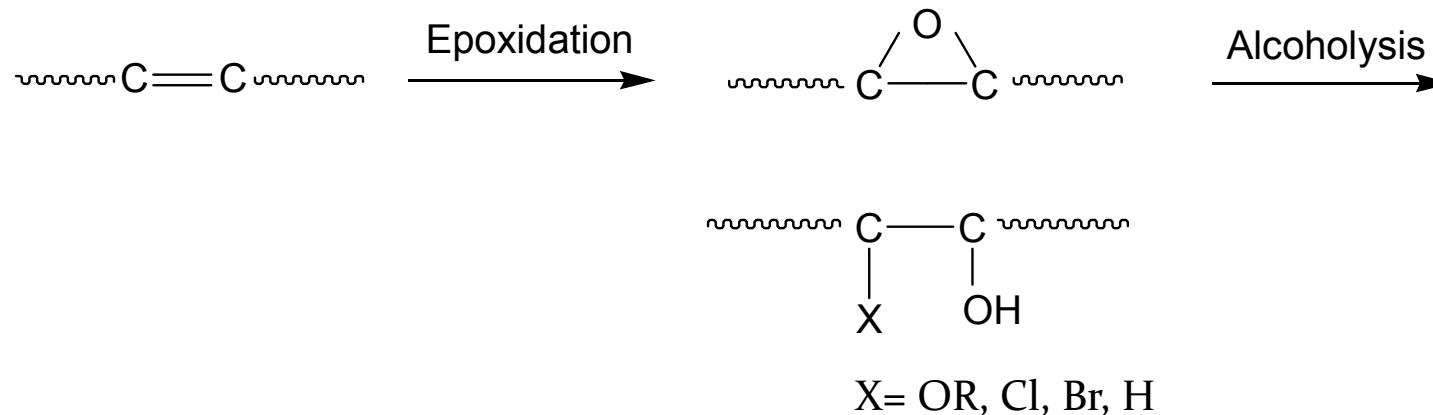
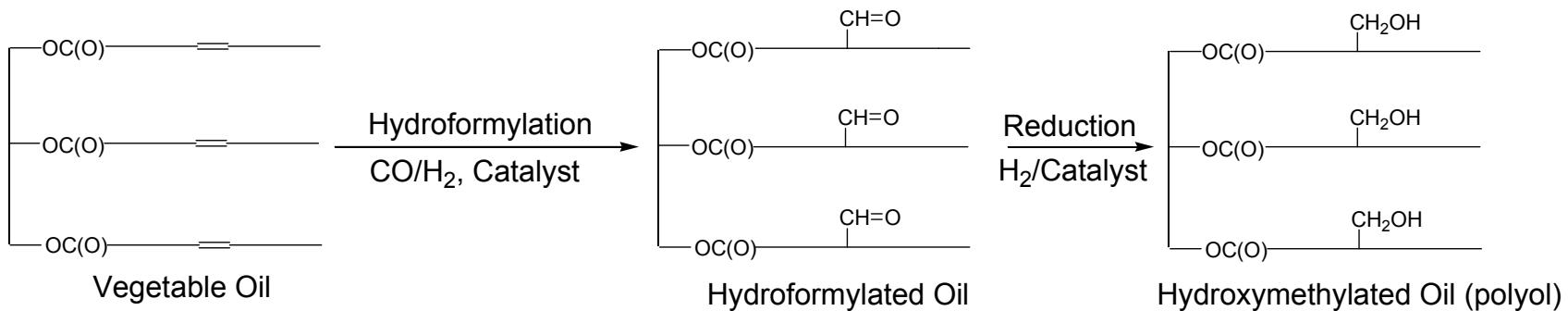


- 
- 
- 
- *Exemple : Production de polyurethanes Biosourcés*





## 2 voies pour la production de polyols à partir de glycerides :



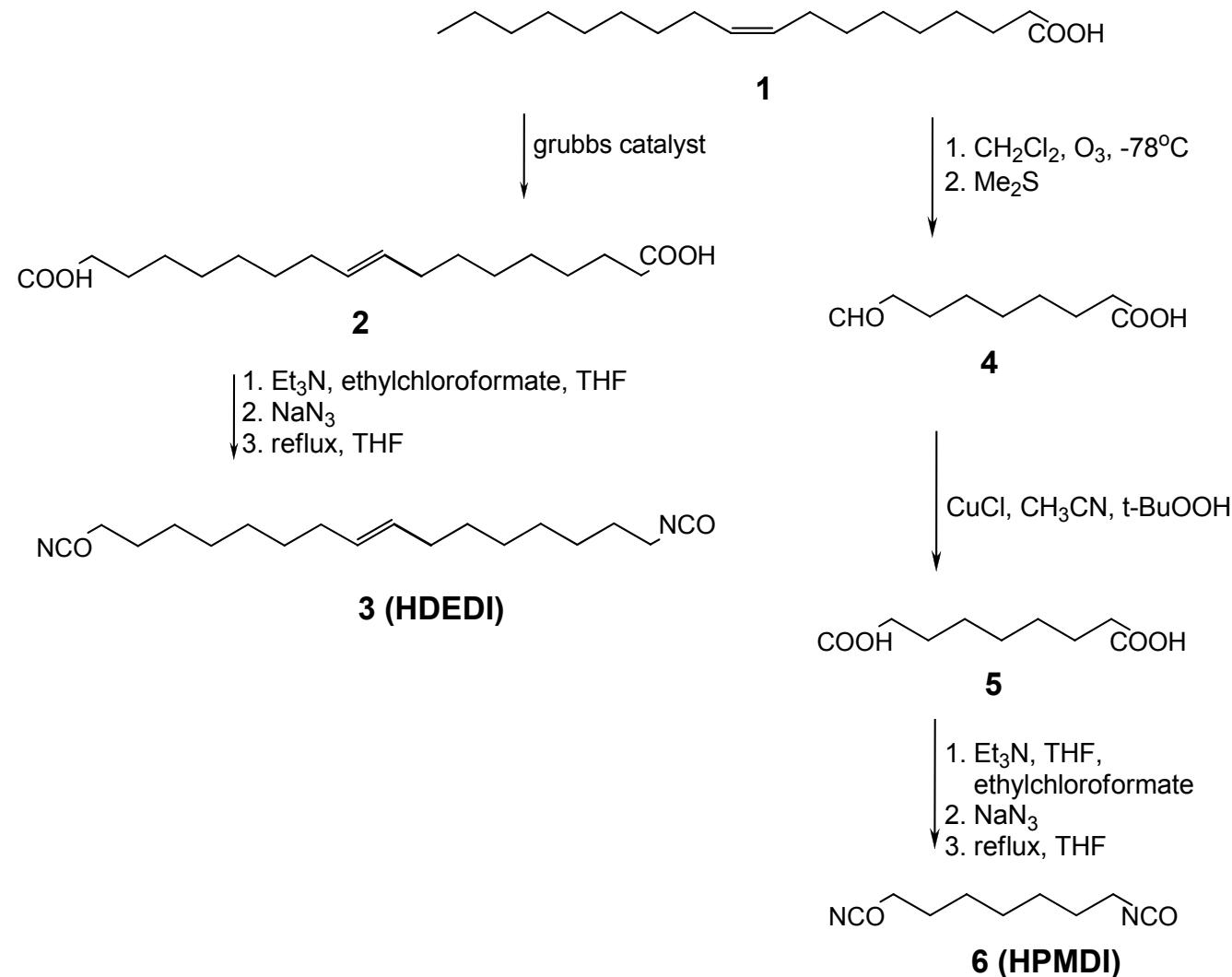
Source : Pr. Petrovic (USA)



# Production de Diisocyanates biosourcés à partir d'acides gras



## Diisocyanates biosourcés :



Source : Pr. Narine (Canada)



# *Polymères issus de l'oléochimie*

---

---

- *PA (exemple PA11)*
- *TPU*
- *PUR*
- *Polyesteramide*
- *Polyesters*
- *Polyolefines ...*



# Additifs

Pr. Luc Avérous

*Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT)  
École Européenne de Chimie, Polymères et Matériaux (ECPM)  
Université de Strasbourg (UniStra)*

*email : [luc.averous@unistra.fr](mailto:luc.averous@unistra.fr)*

*Website : [www.BIODEG.NET](http://www.BIODEG.NET)*





## Additifs

---

---

- *Plastifiants verts (Isosorbide, dérivés d'huiles végétales ...)*
  - *Antioxydant (e.g., Lignines)*
  - *Tenue Chaleur (Huile époxydée)*
  - *Tensio-actifs ...*
-



*Merci pour votre attention!*

---

---



Strasbourg (Alsace)

---



# Bio-raffineries : Les ressources pour les polymères de demain

Partenaires :

le cnam



Sponsors :



Atelier de Prospective du GFP  
ENSAM- PARIS  
26 janvier 2012

