



## Incorporation du CO<sub>2</sub> dans l'acide succinique par voie biologique

Nancy, 26 Mars 2015

Julie ANTHONI



Incorporation de CO<sub>2</sub> par voie biologique:

- Contexte
- L'acide succinique: Pourquoi? Comment?
- Les différentes voies de production
- Application de l'acide succinique: le PBS
- Synergie de plaque

# BIOAMBER : Production d'acide succinique d'origine végétale

Bio amber



- Premiers contacts R&D établis en 2005
- Société à 50/50 entre ARD and DNP Green Technology (2008)
- Couverture géographique :
  - ARD: centre de R&D appartenant à un consortium agri-industriel français
  - DNP: bureaux aux USA et au Canada et plusieurs actionnaires asiatiques
- Production d'acide succinique d'origine végétale et de ses dérivés
- Fermentation de glucose
- Démarrage de la production industrielle en décembre 2009
- Vente des parts ARD de BioAmber 2010.

# Pourquoi l'acide succinique: molécule plate-forme



Le DOE a identifié 12 molécules plate-formes pouvant être produites à partir de sucres par voie biologique ou par conversion chimiques

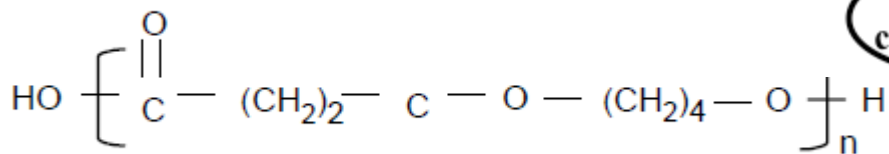
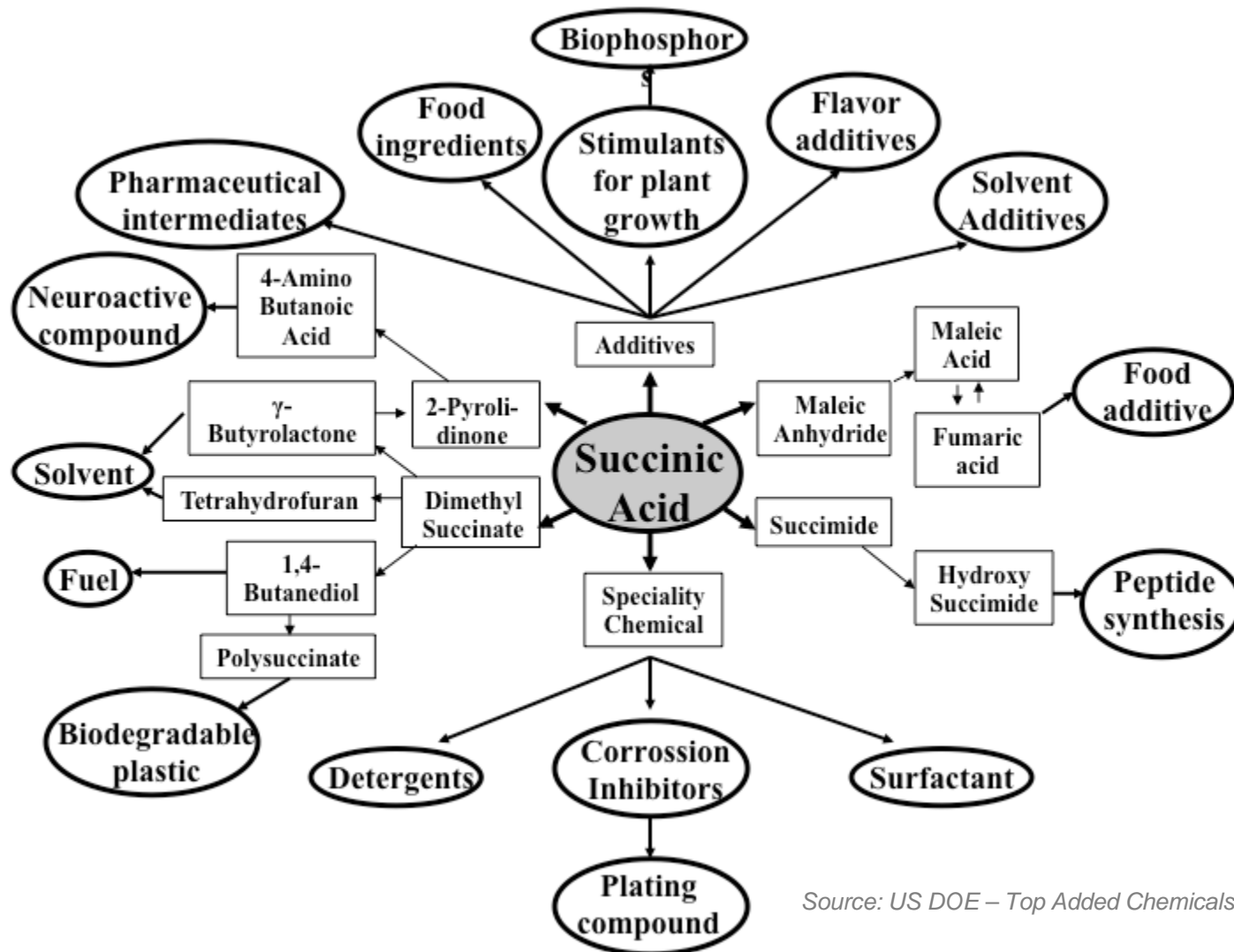
Ces molécules plate-formes peuvent-être transformées en de nombreuses autres molécules à forte valeur ajoutée

Building Blocks
1,4 succinic, fumaric and malic acids
2,5 furan dicarboxylic acid
3 hydroxy propionic acid
aspartic acid
glucaric acid
glutamic acid
itaconic acid
levulinic acid
3-hydroxybutyrolactone
glycerol
sorbitol
xylitol/arabinitol

Source: US DOE – Top Added Chemicals from Biomass

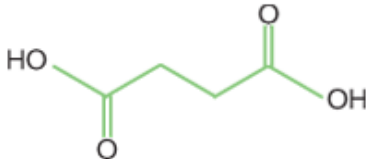
# Pourquoi l'acide succinique: molécule plate-forme

Quels dérivés pour l'acide succinique ?



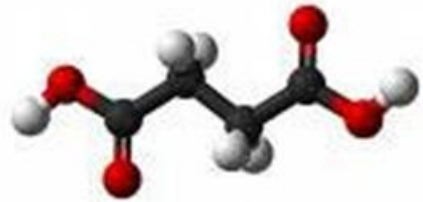
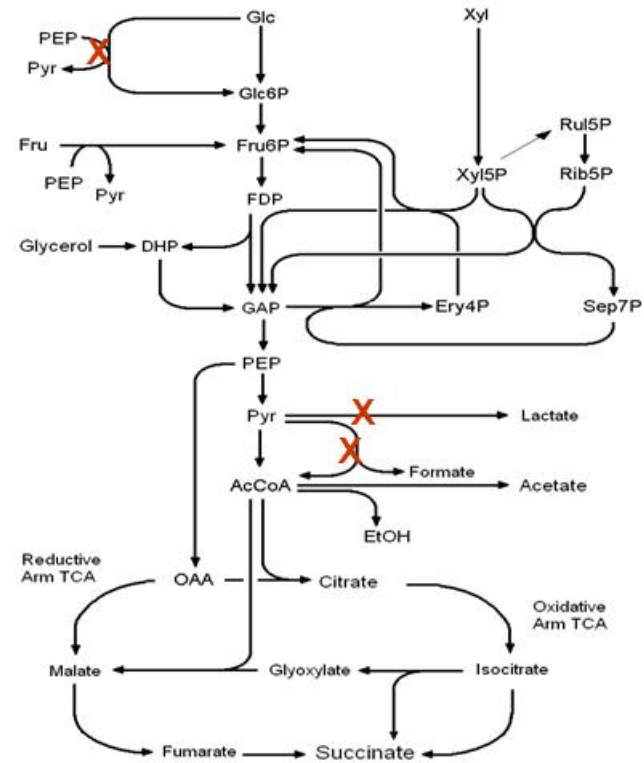
Source: US DOE – Top Added Chemicals from Biomass

- ✓ Acide succinique :
  - Diacide carboxylique intervenant dans le métabolisme carboné de nombreux microorganismes.

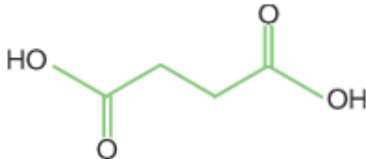


- ✓ La souche utilisée pour la production de cette molécule est une souche génétiquement modifiée
- ✓ Elle peut produire l'acide succinique à partir de sucre en C6 (glucose) et croître sur C5 (xylose).

Biochemical pathway for succinic acid production via *E. coli* fermentation

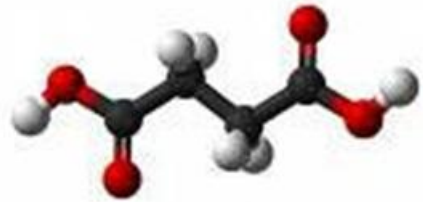
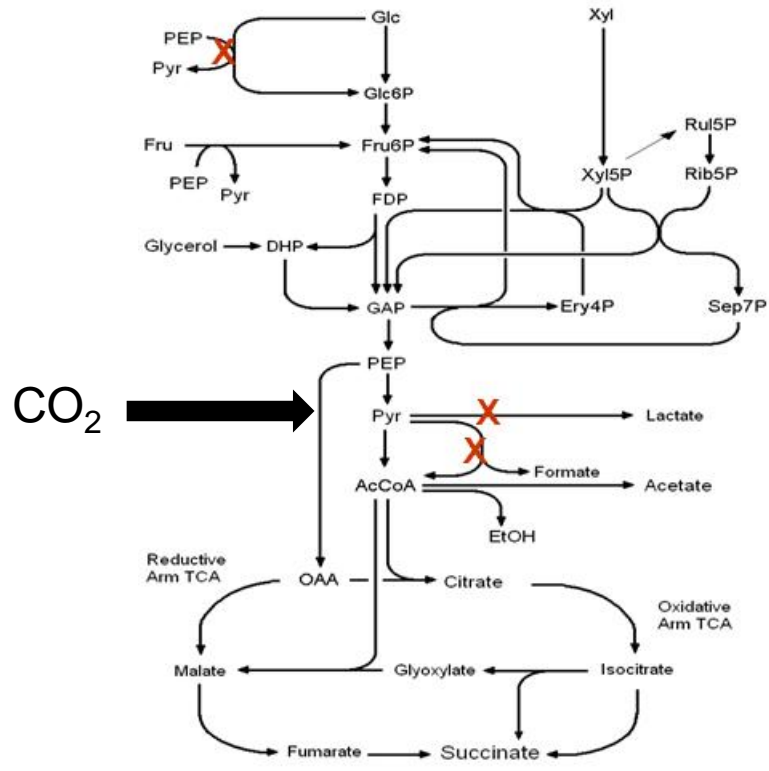


- ✓ Acide succinique :
  - Diacide carboxylique intervenant dans le métabolisme carboné de nombreux microorganismes.

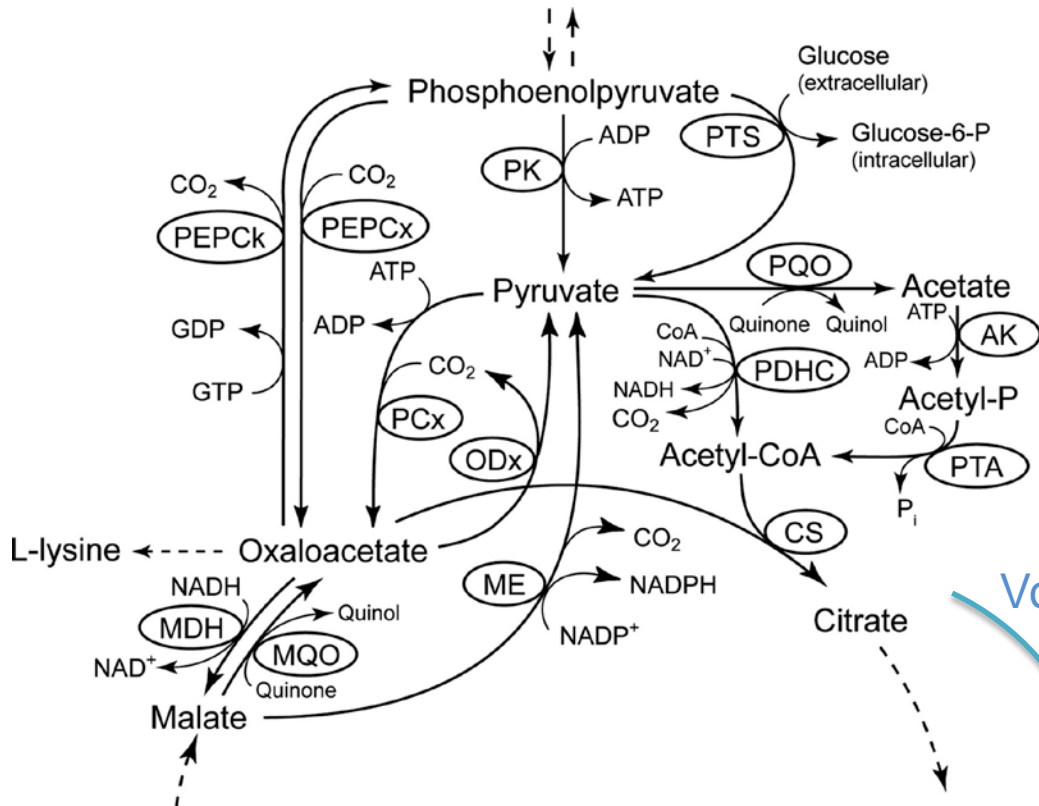


- ✓ La souche utilisée pour la production de cette molécule est une souche génétiquement modifiée
- ✓ Elle peut produire l'acide succinique à partir de sucre en C6 (glucose) et croître sur C5 (xylose).

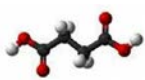
Biochemical pathway for succinic acid production via *E. coli* fermentation



# BioAmber Proprietary Technology: SA via Fermentation V1



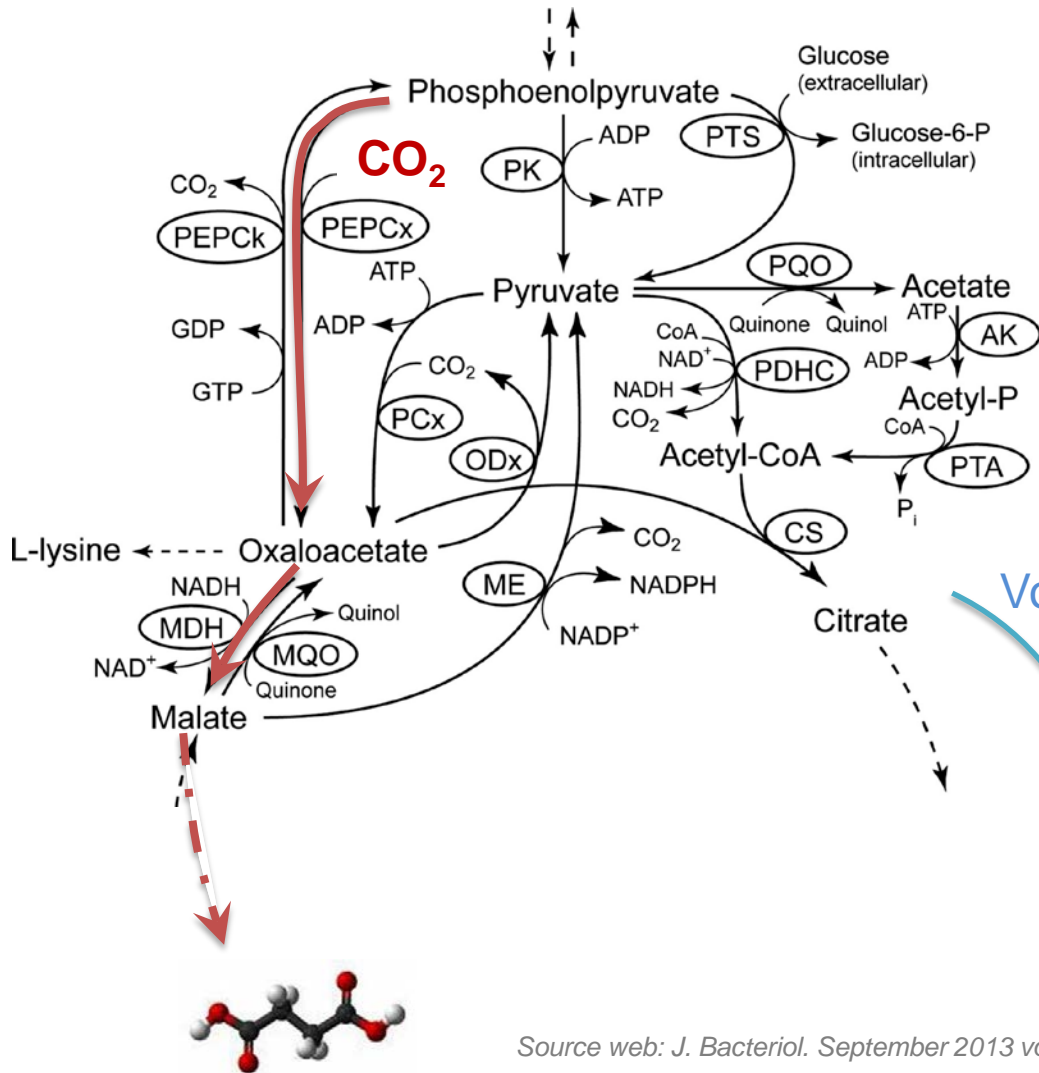
Voie oxydative classique



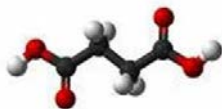
Source web: J. Bacteriol. September 2013 vol. 195 no. 18 4283-4296



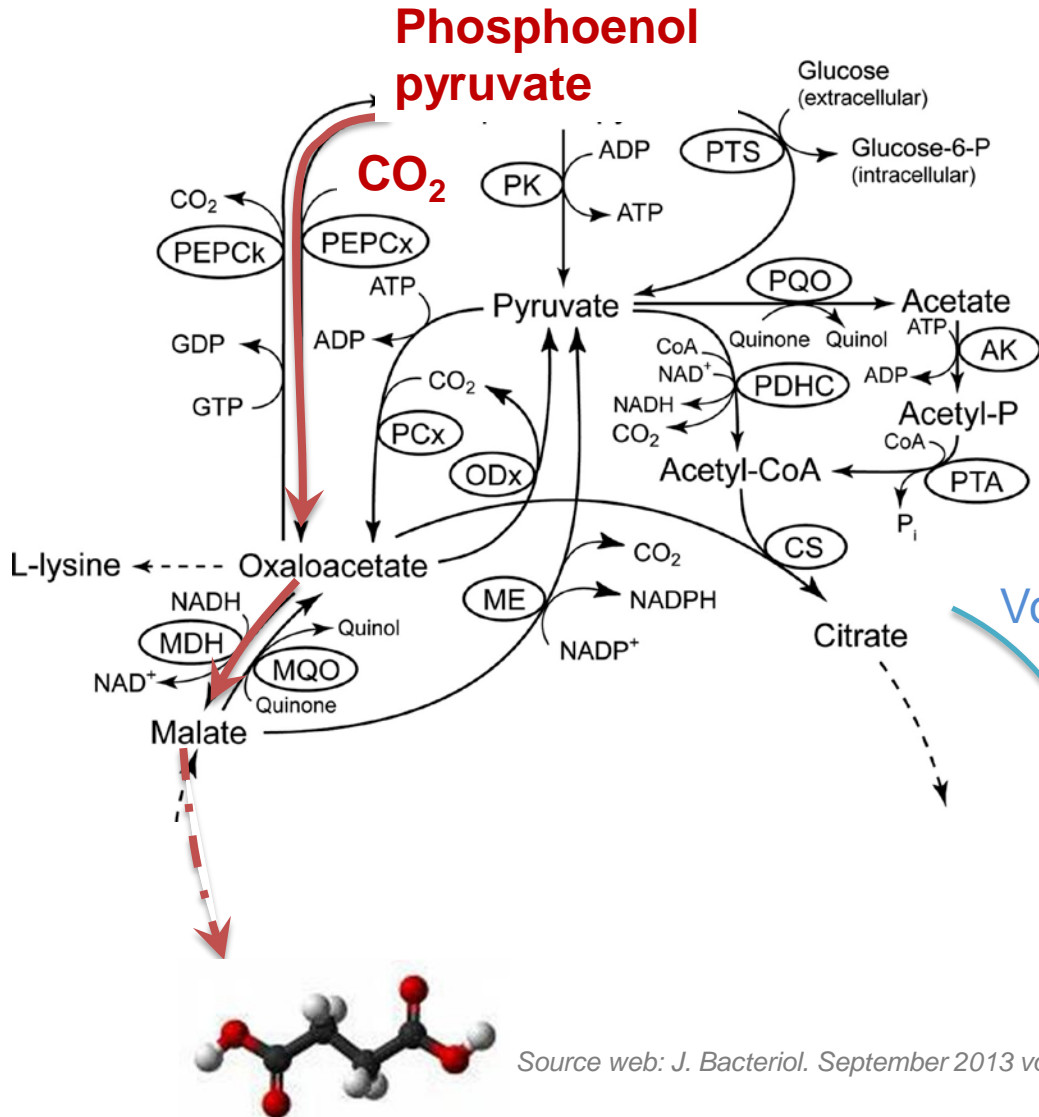
# BioAmber Proprietary Technology: SA via Fermentation V1



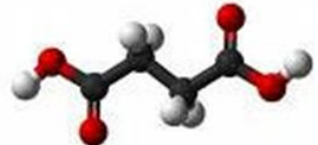
Voie oxydative classique



Source web: J. Bacteriol. September 2013 vol. 195 no. 18 4283-4296



Voie oxydative classique



Source web: J. Bacteriol. September 2013 vol. 195 no. 18 4283-4296

# Production d'acide succinique:

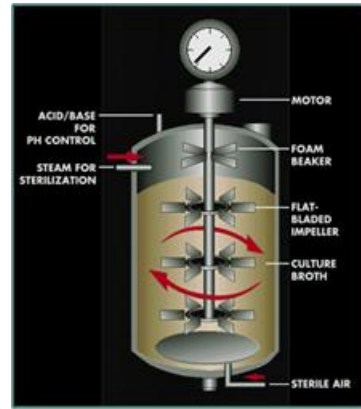
Glucose, O<sub>2</sub>  
*E. Coli* Bacterium

## BIOMASS



Glucose  
CO<sub>2</sub>

## BIOCONVERSION



Chemicals  
Energy

## PURIFICATION



Acide Succinique

- Cette technologie a une bonne empreinte carbone:....consommation de CO<sub>2</sub>

# Les voies de production de l'acide succinique:

Quelles voies possible pour produire de l'AS?

Identification of Actual and Potential Pathways to Building Blocks from Sugars						
Building Blocks	Yeast or Fungal	Bacterial	Yeast or Fungal	Bacterial	Chemical & Catalytic Processes	Biotransformation
	AEROBIC FERMENTATIONS		ANAEROBIC FERMENTATIONS		CHEM-Enzyme TRANSFORMATIONS	
	Commercial Product - C	Commercial Product - C	Commercial Product - C	Commercial Product - C	Commercial Product - C	Commercial Product - C
<b>3 Carbon</b>						
3-Hydroxy propionic acid	X	X				
Glycerol	X	X	X	X	C	
Lactic acid	X		X	C		
Malonic acid	X				X	
Propionic acid				X		
Serine	X	C				C
<b>4 Carbon</b>						
3-Hydroxy butyrolactone					X	
Acetoin	X	X		X		
Aspartic Acid	X	X				X
Fumaric Acid	X	X			X	
Malic acid	X	X				
Succinic acid	X	X		X		X
Threonine	X	C				

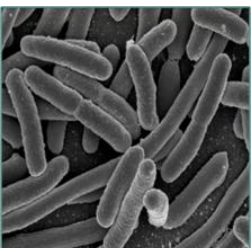
AEROBIE

ANAEROBIE

ENZ

Source: US DOE – Top Added Chemicals from Biomass

# Les voies de production de l'acide succinique:



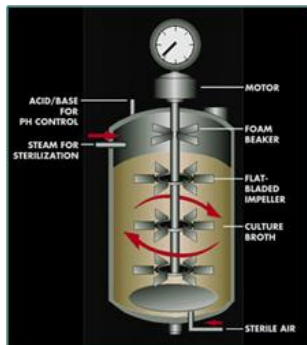
BIOMASS

Production  
d'acide  
succinique

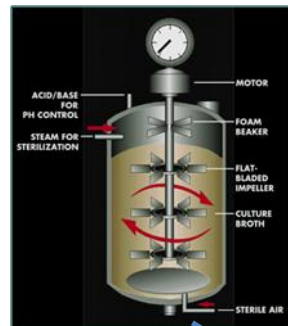
Rectification  
au pH de la  
souche

Formation de  
sel de  
succinate

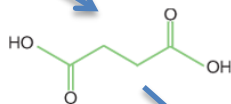
Produit final:  
acide  
succinique



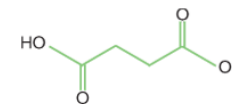
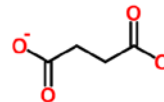
XOH-



Production:



Baisse du pH



# Production d'acide succinique:

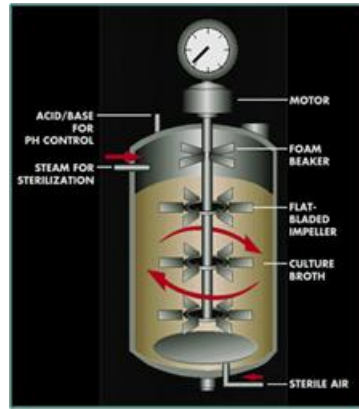
Glucose, O<sub>2</sub>  
*E. Coli* Bacterium

## BIOMASS



Glucose  
CO<sub>2</sub>

## BIOCONVERSION



Chemicals  
Energy

## PURIFICATION

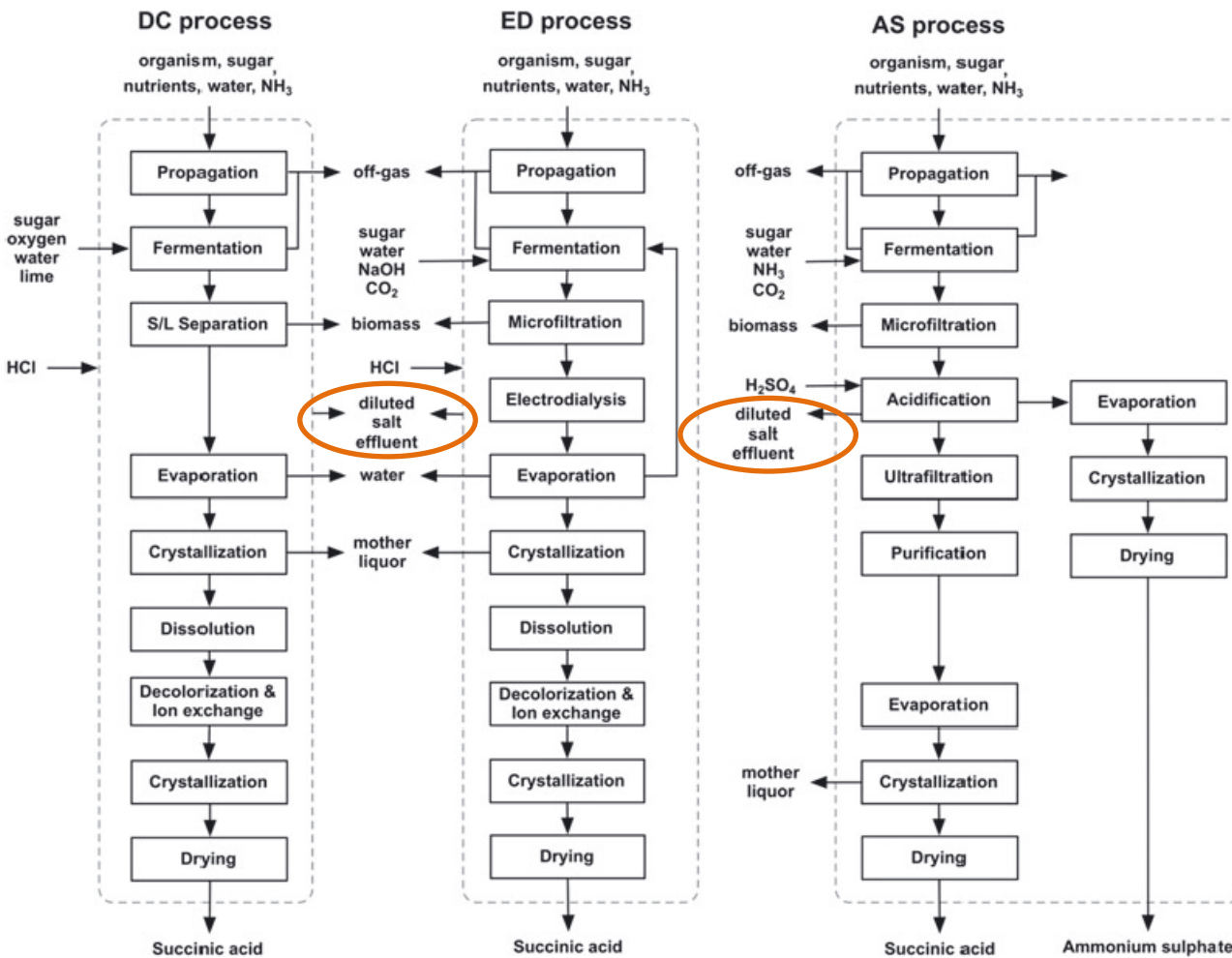


Acide Succinique

- Cette technologie a une bonne empreinte carbone:....consommation de CO<sub>2</sub>

# Comment produire l'acide succinique:

## Quel procédé choisir ?



Un procédé doit-être:

- Robuste,
- Économiquement rentable,
- Durable et avec le plus faible impact carbone possible,

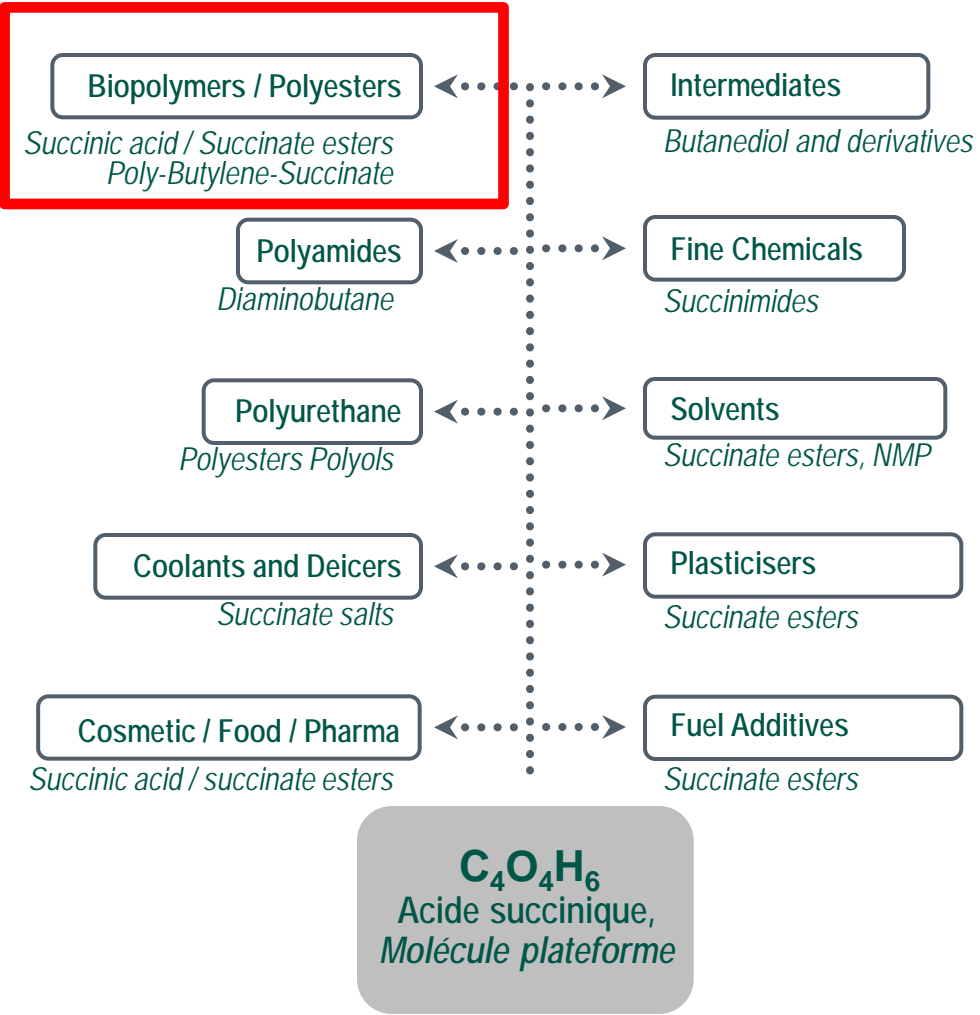
Un procédé doit permettre l'obtention d'un produit à **haute pureté** (dans le cadre des molécules plate-forme : synthèses chimiques)

Dans le cas d'un acide organique, on préférera une **fermentation à bas pH**:

- protection contre les contaminations,
- faible génération de sels,
- moindre consommations énergétiques,
- simplification du procédé de purification,
- réduction des coûts.

Source: Biofpr (Biofuels, Bioproducts & Biorefining)  
Cok B., et al., 2013. Succinic acid production derived from carbohydrates: an energy an greenhouse gas assessment of a platform chemical toward a bio-based economy; Utrecht University

# Pourquoi l'acide succinique: molécule plate-forme



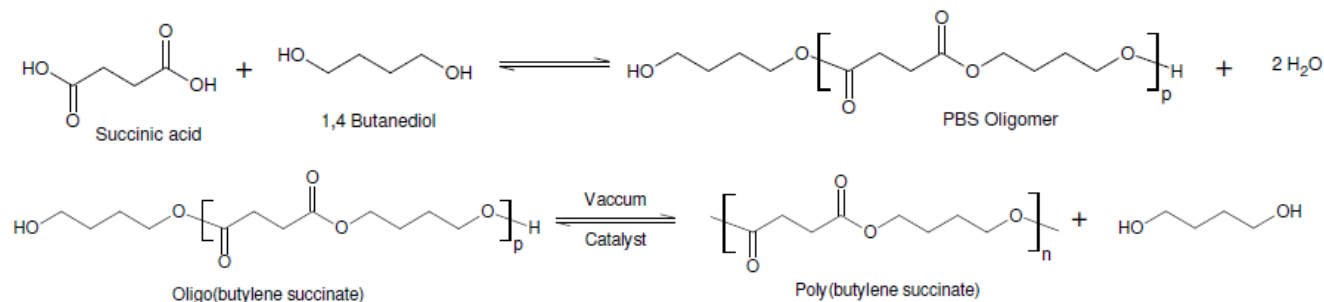
## Données 2008:

- Le marché de cette molécule est estimé entre 30,000 et 50,000 tonnes.
- Selon le rapport de l'USDA intitulé "US Biobased Products", le marché de l'acide succinique pourrait "facilement représenter plus de 1 milliard de \$ par an d'ici 2015".
- Selon Frost & Sullivan, le marché de l'acide succinique va passer de 30,000T/an en 2008 à 180 000T/an



# Application de l'acide succinique: polybutylene succinate (PBS)

- Le Polybutylene succinate est un polyester biodegradable



- Application packaging

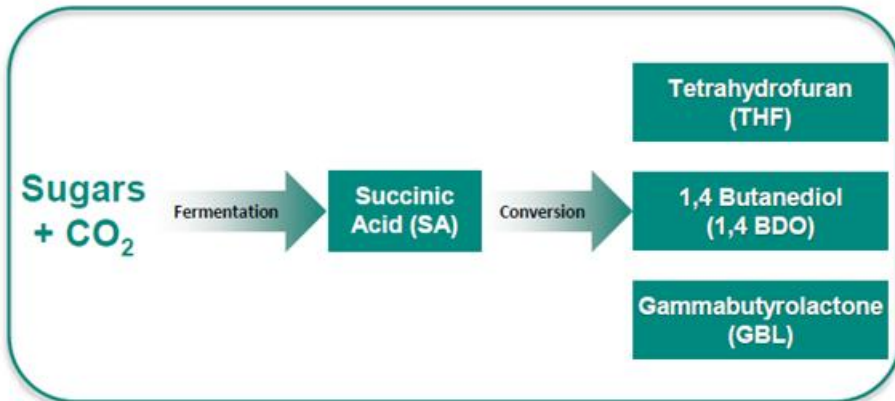
- PBS taux de transmission d'Oxygen → 3 fois plus faible que le PLA

- Performances thermiques et mécaniques: propriétés

Table 1. Physical properties of PBS and PBSA compared with PLA and some commodity plastics [1].

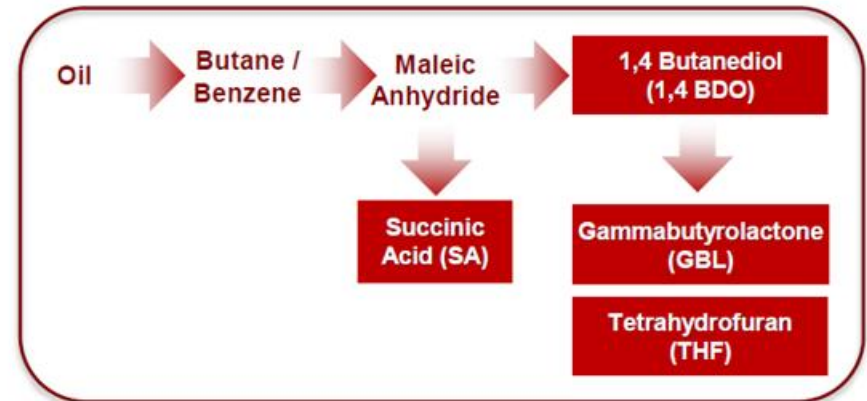
Items	PLA (LACEA)	PBS (Bionolle) #1000	PBSA #3000	PP MA210	HDPE	LDPE F082
Glass transition temperature (°C)	55	-32	-45	-5	-120	-120
Melting point (°C)	170-180	114	96	163	129	110
Heat distortion temperature (°C)	55	97	69	110	82	49
Tensile strength (Mpa)	66	34	19	33	28	10
Elongation at break (%)	4	560	807	415	700	300
Izod impact strength (J/m)	29	300	>400	20	40	>400
Degree of crystallinity (%)		35-45	20-30	56	69	49

# PBS monomers : Acide succinique, 1,4-Butanediol



**We are Cheaper and Cleaner**

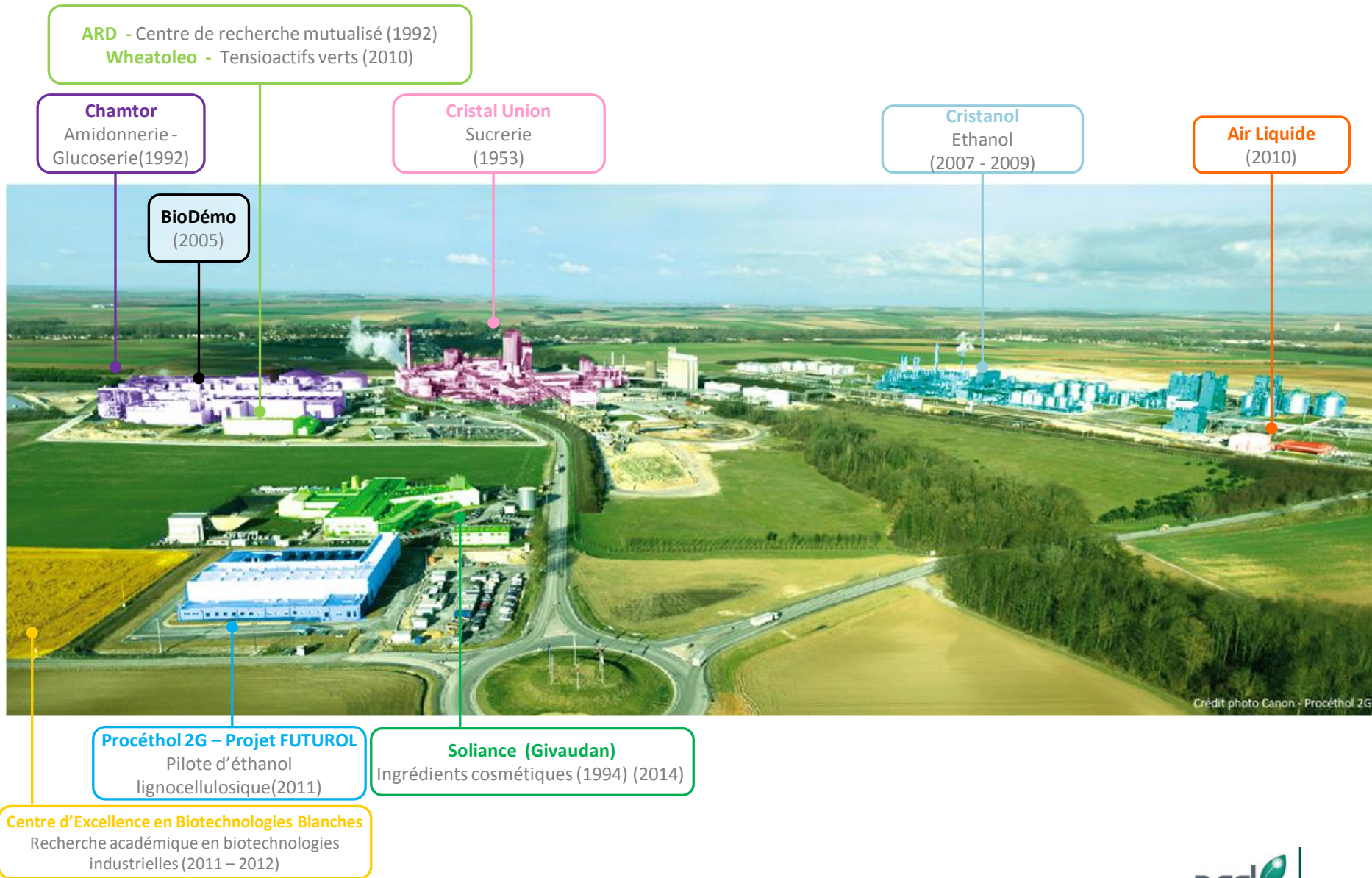
## Conventional Oil-Based Process<sup>(1)</sup>



<sup>(1)</sup> Typical petrochemical process for making SA and BDO, but not the only process

- La production de Bio PBS nécessite du 1,4 butandiol et du succinique

# Synergie plaque: Au cœur de la bioraffinerie



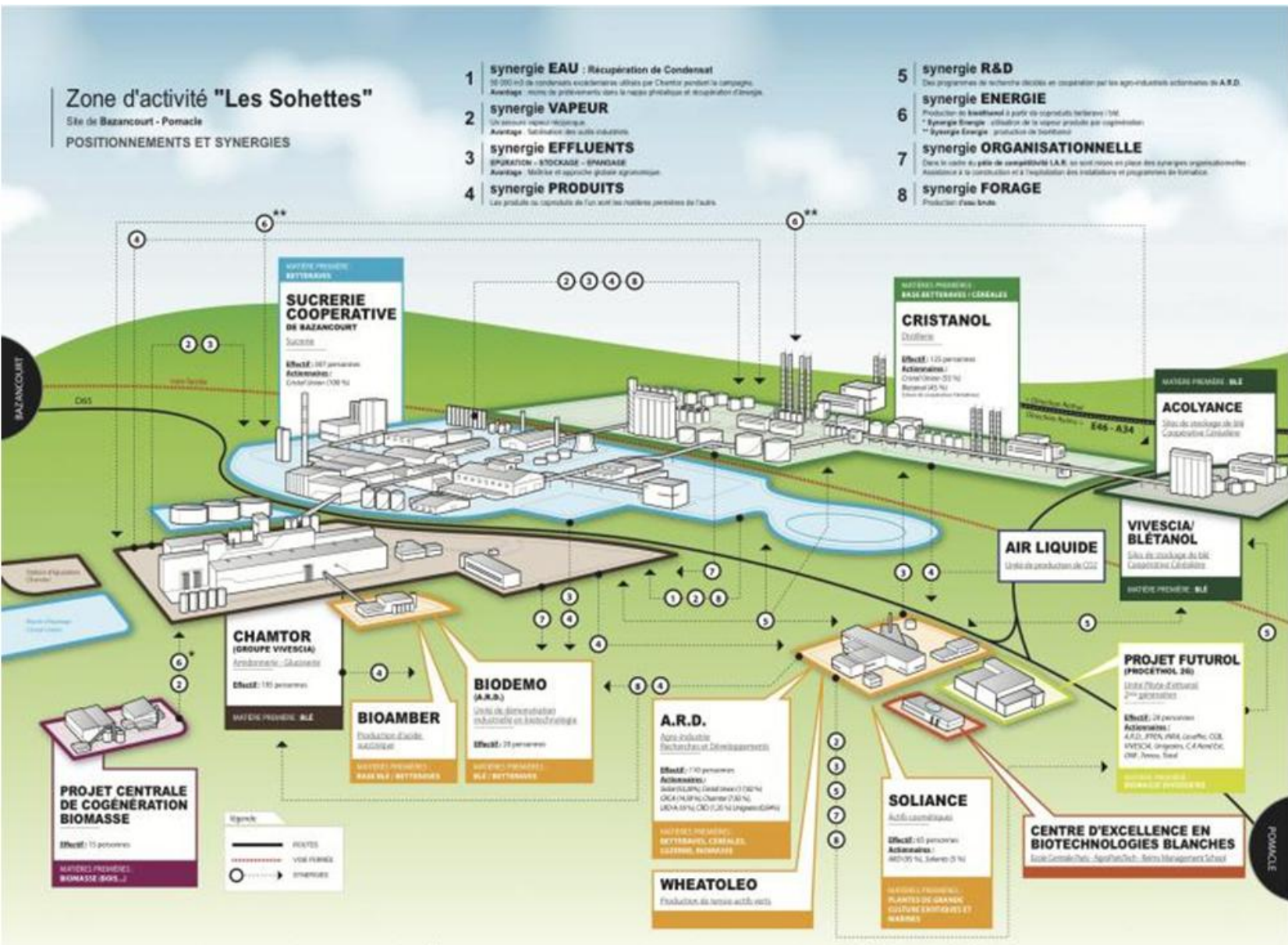
# Synergie plaque: Au cœur de la bioraffinerie

## Zone d'activité "Les Sohettes"

Site de Bazancourt - Pomacle

POSITIONNEMENTS ET SYNERGIES

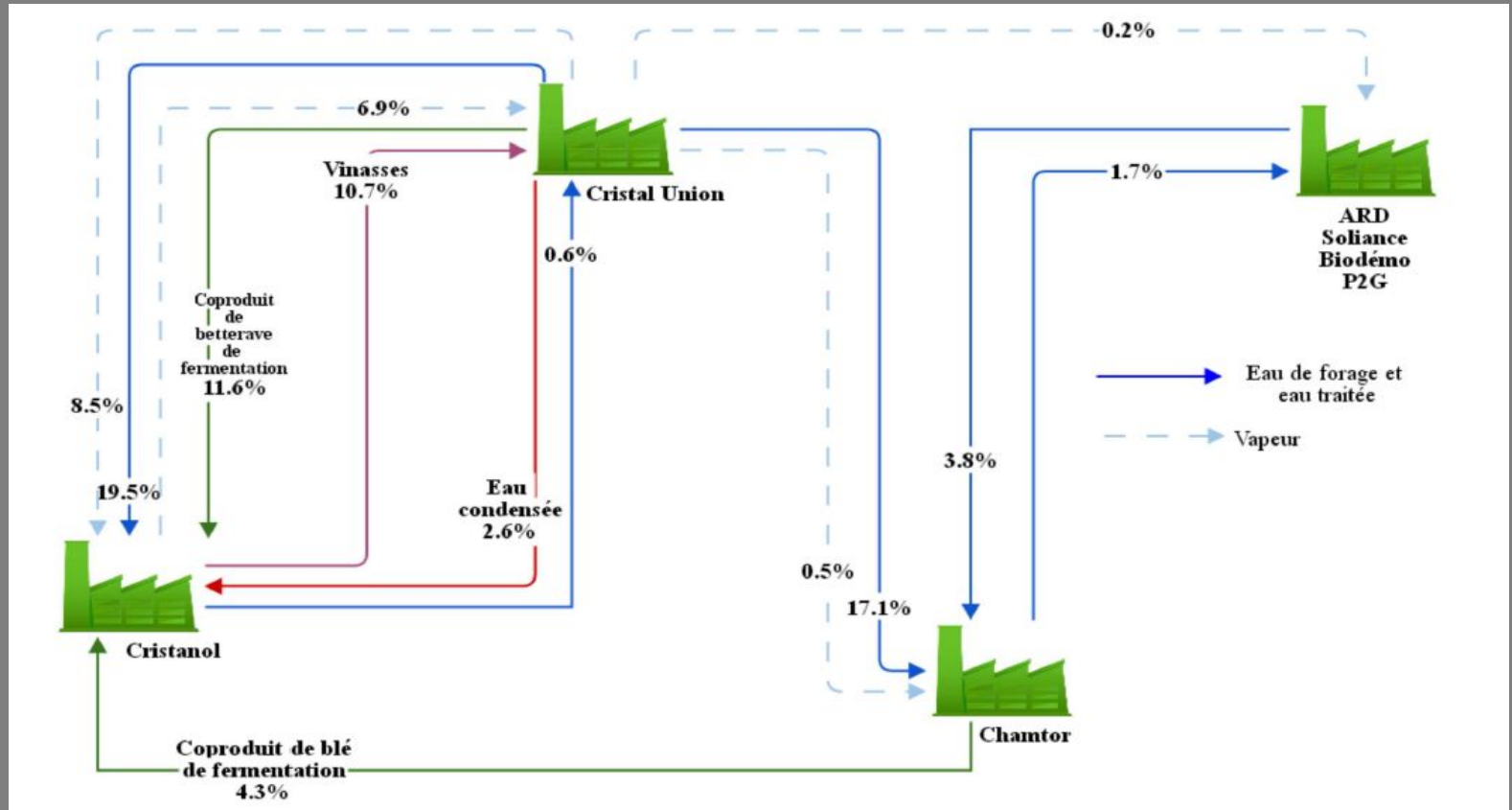
- synergie EAU** : Récupération de Condensat  
10 200 m<sup>3</sup> de condensats industriels utilisés par Chemtor pour le lavage.  
Avantage : moins de consommations dans le nettoyage et récupération d'énergie.
- synergie VAPEUR**  
Un réseau vapeur-chauffage.  
Avantage : fabrication des acides industriels.
- synergie EFFLUENTS**  
ÉPURATION - STOCKAGE - ÉPANDAGE  
Avantage : Méthode et approche globale agronomique.
- synergie PRODUITS**  
Les produits ou coproduits de l'un sont les matières premières de l'autre.
- synergie R&D**  
Des programmes de recherche dédiés et coopération par les agro-industriels adhérents de A.R.D.
- synergie ENERGIE**  
Production de biogaz à partir de coproduits agricoles / VM.  
\* Synergie Energie : utilisation de la vapeur produite par cogénération.  
\*\* Synergie Energie : production de biogaz.
- synergie ORGANISATIONNELLE**  
Dans le cadre du pôle de compétences I.A.R., se sont mis en place des synergies organisationnelles.  
Assistance à la construction et à l'exploitation des installations et programmes de formation.
- synergie FORAGE**  
Production d'eau brute.



Legend:  
 — ROUTES  
 - - - - - VAPOR LINES  
 ○ PIPELINES

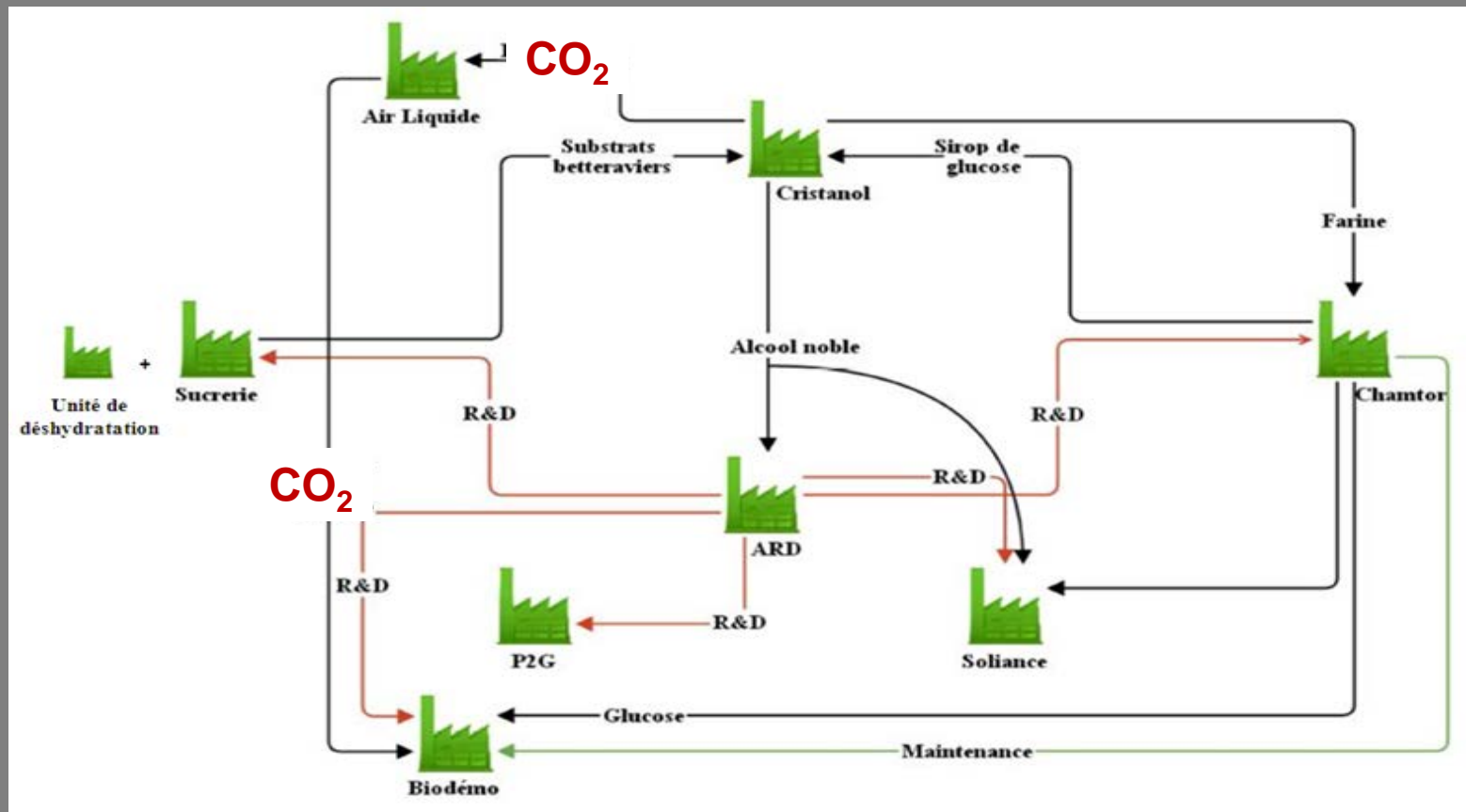
# Synergie de plaque

Flux d'eaux entre les entreprises



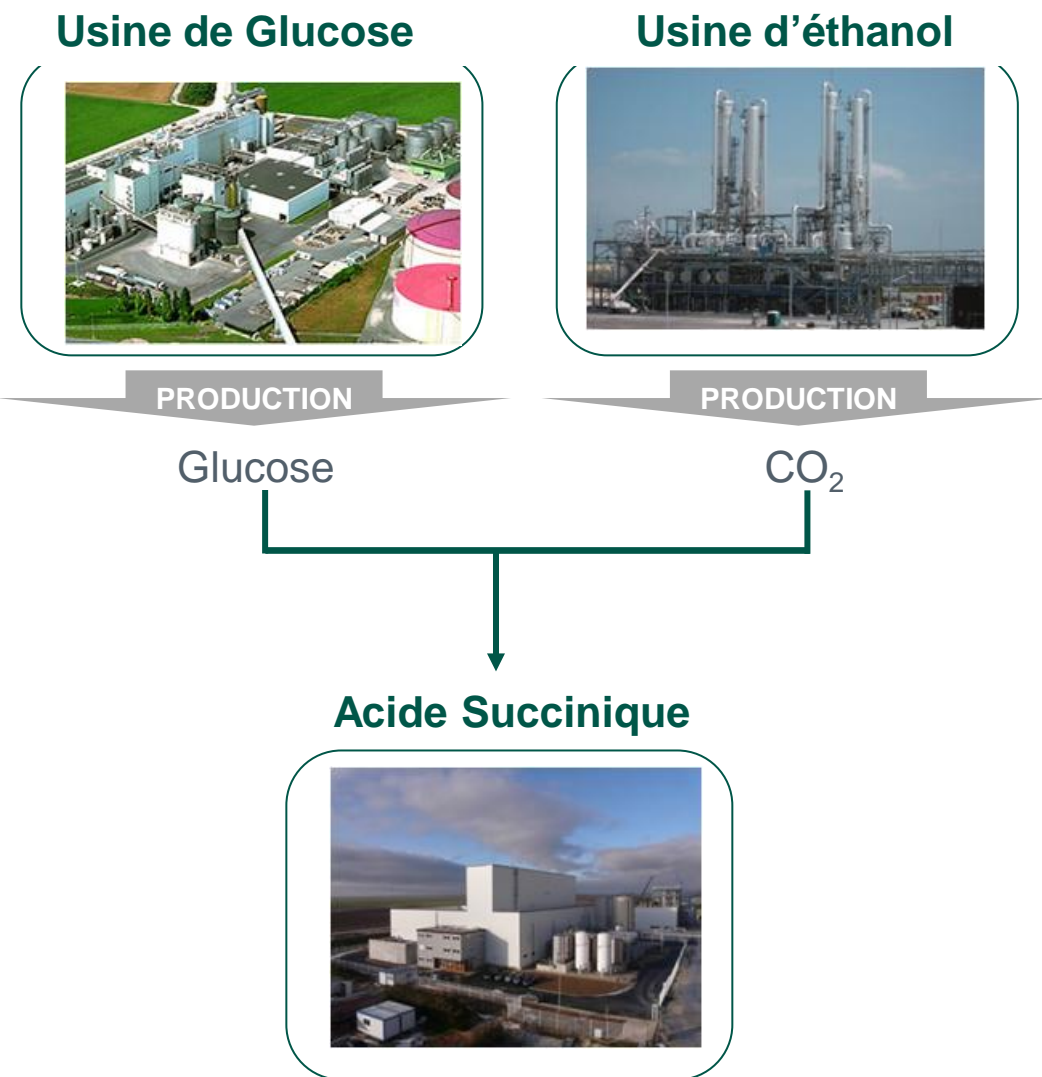
# Synergie de plaque

Flux de produits, coproduits et de services entre les entreprises



# Une synergie de plaque appliquée au succinique

- ✓ L'acide succinique: un building block dont la production par voie fermentaire consomme du CO<sub>2</sub>
- ✓ Production à l'échelle sur Biodemo d'acide succinique qualité chimie
- ✓ Développement d'une usine au Canada (Bioamber)
- ✓ Bénéfice de la synergie plaque en terme de vapeur, eau, rejets, ... mais aussi de CO<sub>2</sub>





- *US DOE – Top Added Chemicals from Biomass*
- *Biofpr (Biofuels, Bioproducts & Biorefining)*
- *Cok B., et al., 2013. Succinic acid production derived from carbohydrates: an energy and greenhouse gas assessment of a platform chemical toward a bio-based economy; Utrecht University*
- *Bioamber website*
- *Biotechnol.J.2010, 1149-1163*



**Merci pour votre attention**

**[j.anthoni@ard.fr](mailto:j.anthoni@ard.fr)**

**[www.ard.fr](http://www.ard.fr)**

