

Ingénierie de consortia microbiens pour la production de bioplastiques du type mcl-PHA

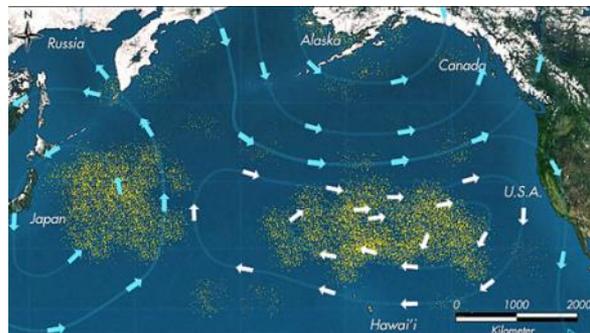
*Cristina Perez-Rivero, Jillian Marc, Lucas Auer
et Guillermina Hernandez-Raquet**

Paris, Jeudi 8 juin 2017



La problématique des plastiques « classiques »

- Plastiques “classiques” issus des ressources pétrochimiques
- Récalcitrants à la dégradation biologique



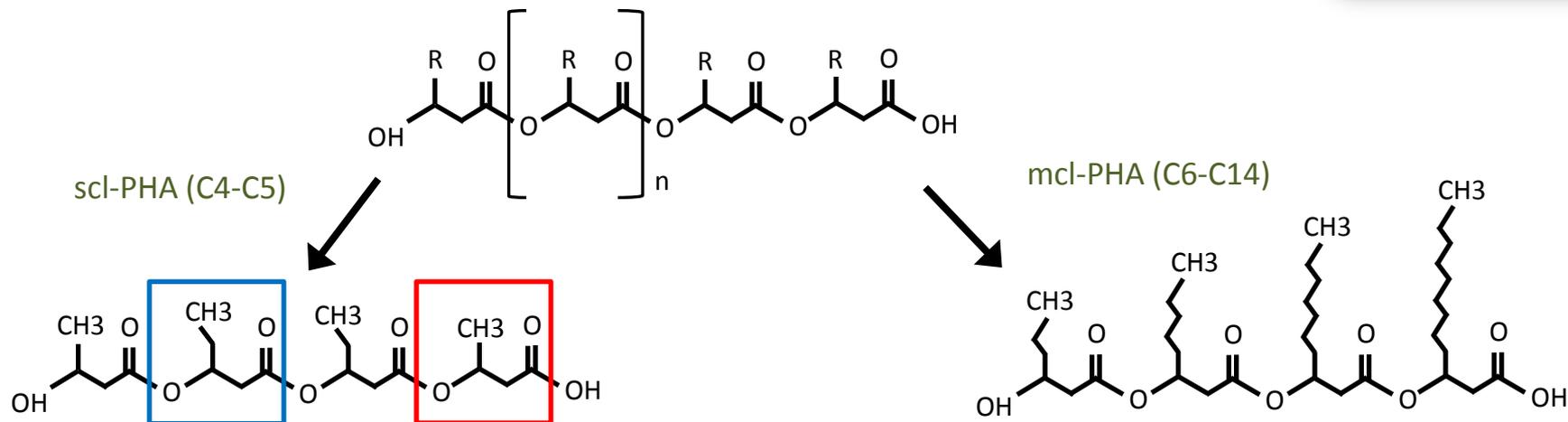
- > Les bioplastiques biodégradables → alternative aux plastiques classiques
- > Les nouvelles réglementations favorisent l'utilisation des plastiques biodégradables
- > Croissance du marché mondial de bioplastiques: **20% par année**

Les PHAs - biopolymère biosourcé et biodégradable



PHA = **P**olyesters de 3-**H**ydroxy-**A**lcanoates

Composé de réserve accumulé par différentes bactéries – limitation nutritionnelle



➤ **scl-PHA** : majoritairement des homopolymères
PHB, **PHV** : propriétés proches des plastiques conventionnels
PHB rigide et friable

➤ **mcl-PHA** : majoritairement des hétéro-polymères
Elastomères, caoutchoucs

Propriétés des PHAs

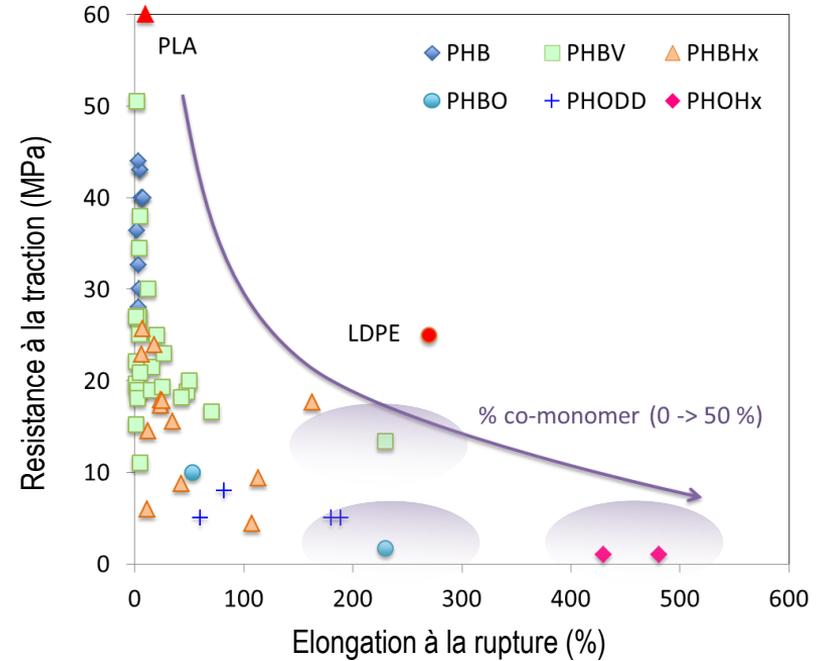
Différentes propriétés en fonction du nombre de carbones dans les monomères:



Poly-hydroxydecanoate - PHD
Hiroe *et al.*, ACS Sust. Chem. Eng. 2017

- ✓ **Biocompatible**
- ✓ **Faible perméabilité à l' O₂**
- ✓ **Résistance aux solvants et aux UV**

monomères + longs → + flexibilité et résistance

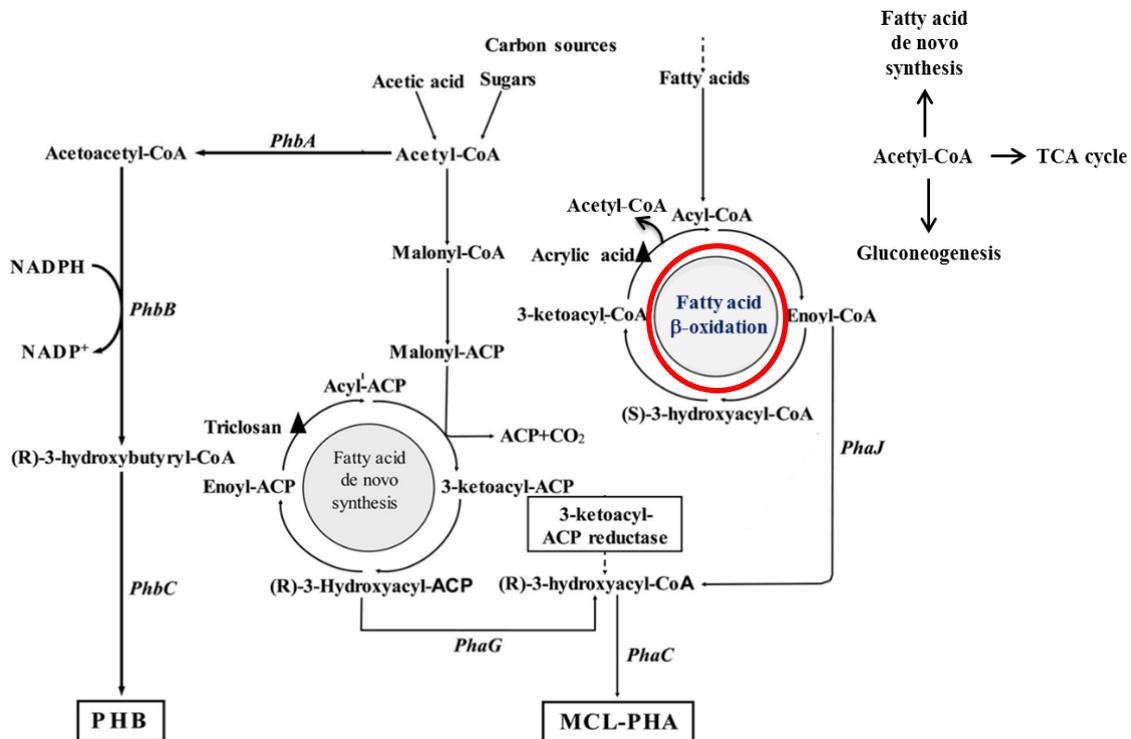


Microorganismes producteurs de PHAs et types de PHA synthase

<p>I</p> <p>Espèces: <i>C. necator</i>, <i>A. latus</i>, <i>Burkholderia sp</i>, <i>Vibrio cholerae</i>,</p>		<p>$3\text{HA}_{\text{SCL}}\text{-CoA}$ (~C3-C5) $4\text{HA}_{\text{SCL}}\text{-CoA}$, $5\text{HA}_{\text{SCL}}\text{-CoA}$, $3\text{MA}_{\text{SCL}}\text{-CoA}$</p>
<p>II</p> <p>Espèces: <i>Pseudomonas sp</i>, <i>Burkholderia caryophylli</i>.</p>		<p>$3\text{HA}_{\text{MCL}}\text{-CoA}$ (~≥C5)</p>
<p>III</p> <p>Espèce: <i>Allochromatum vinisum</i>.</p>		<p>$3\text{HA}_{\text{SCL}}\text{-CoA}$ ($3\text{HA}_{\text{MCL}}\text{-CoA}$ [~C6-C8], $4\text{HA}\text{-CoA}$, $5\text{HA}\text{-CoA}$)</p>
<p>IV</p> <p>Espèce: <i>Bacillus sp</i>.</p>		<p>$3\text{HA}_{\text{SCL}}\text{-CoA}$</p>

(Rehm, 2003)

Biosynthèse des PHA à partir de différents substrats



scl-PHA (PHB) → à partir des acides organiques à courte chaîne carbonée ou à partir des sucres

mcl-PHA → **β-oxydation** des acides gras ou via la **synthèse de novo** à partir de sucres

Souches pures → modification génétique pour orienter le métabolisme

Cultures mixtes → régulation de la β-oxydation utilisant des inhibiteurs e.g l'acide acrylique

Production de PHAs

MMC = Culture mixte microbienne

Prix PHA 4-5€/kg
Pétrochimique PP ~1€/kg

Souche pure



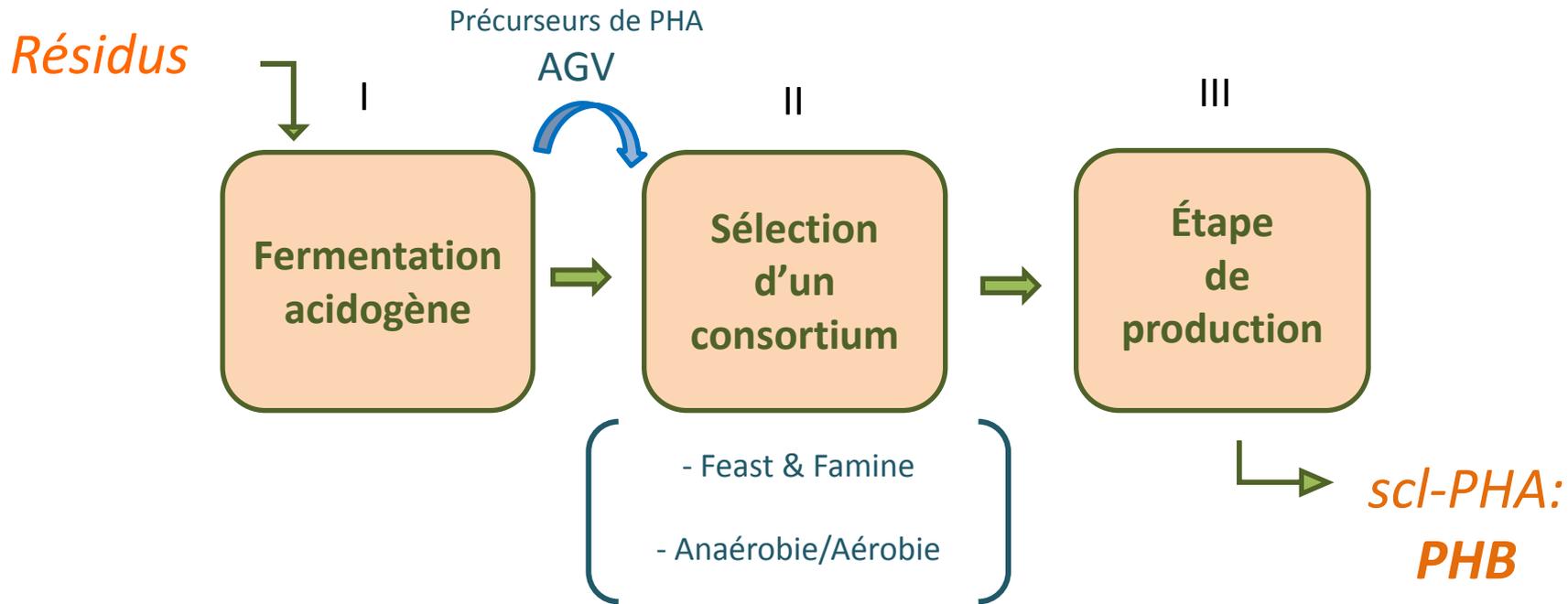
- Souche pure / OGM
- Conditions stériles
- Sources de carbone purifiés (40-50% coût total de production)

MMC PHA



- Consortium microbien
- Culture ouverte – non stérile
- Utilisation de résidus : AGV, glycérol, huiles végétales, graisses résiduelles...

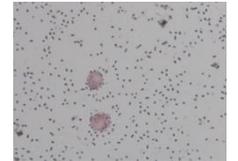
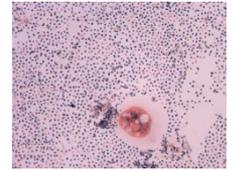
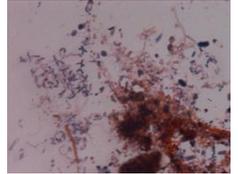
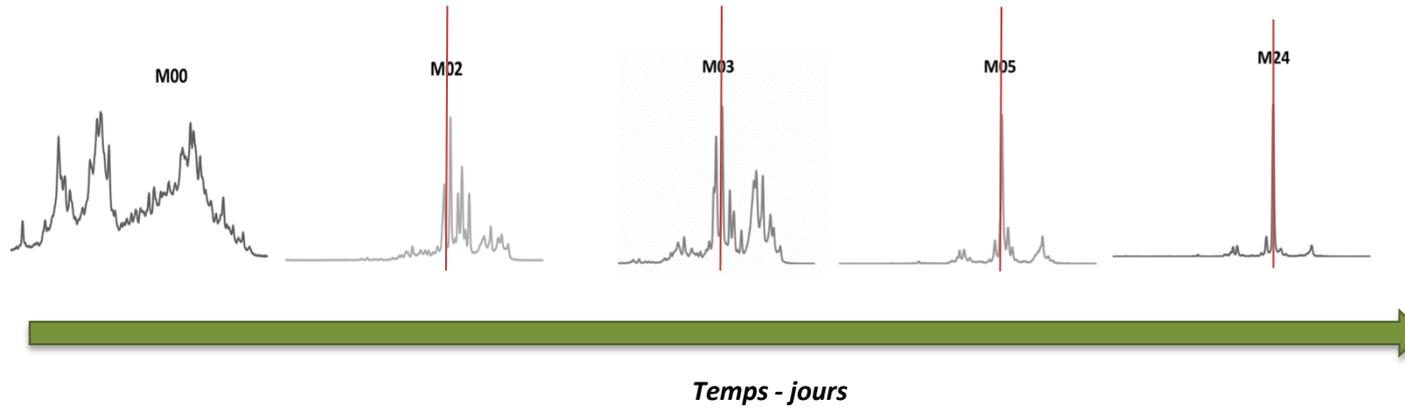
Stratégies de production de PHA avec MMC et à partir de résidus organiques



Études précédentes : consortiums microbiens issus des stations d'épuration et utilisation des **AGV** pour la production de PHB

Chemostat – Limitation nutritionnelle - P

>80% PHB
Brevet



Stratégies de production de mcl-PHA

> Souche pure :

Pseudomonas sp.

> Culture ouverte :

Substrat structurellement similaire / différent

acide organique à moyenne chaîne carbonée / glucose, glycérol

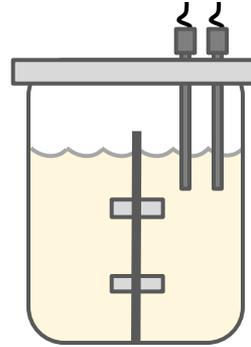
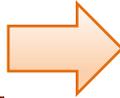
+ inhibiteur β -oxydation des acides gras

Projet FUN PLAST

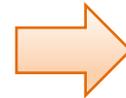
Production de poly-hydroxyalcanoates à moyennes chaînes (mcl-PHA; C₆ à C₁₄)
consortia microbiens + résidus organiques



Résidus agricoles



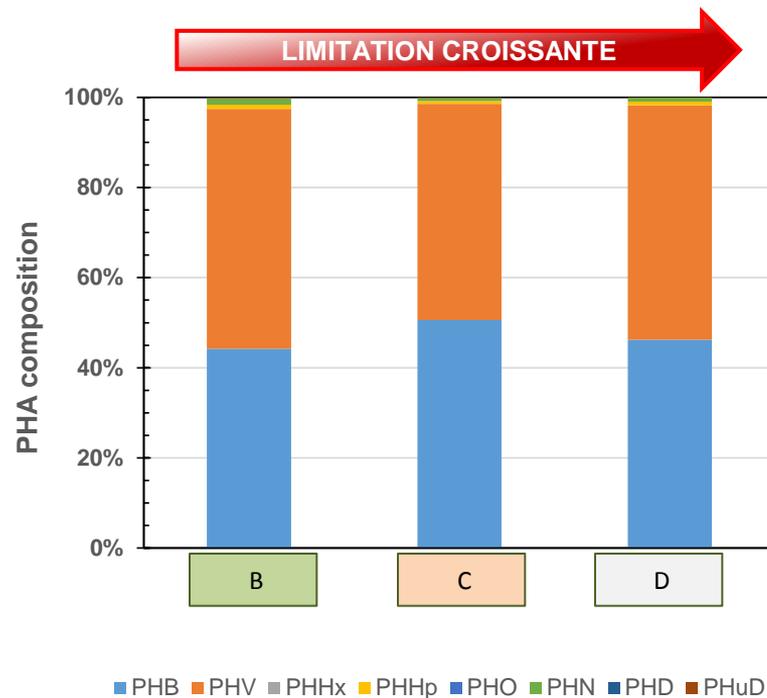
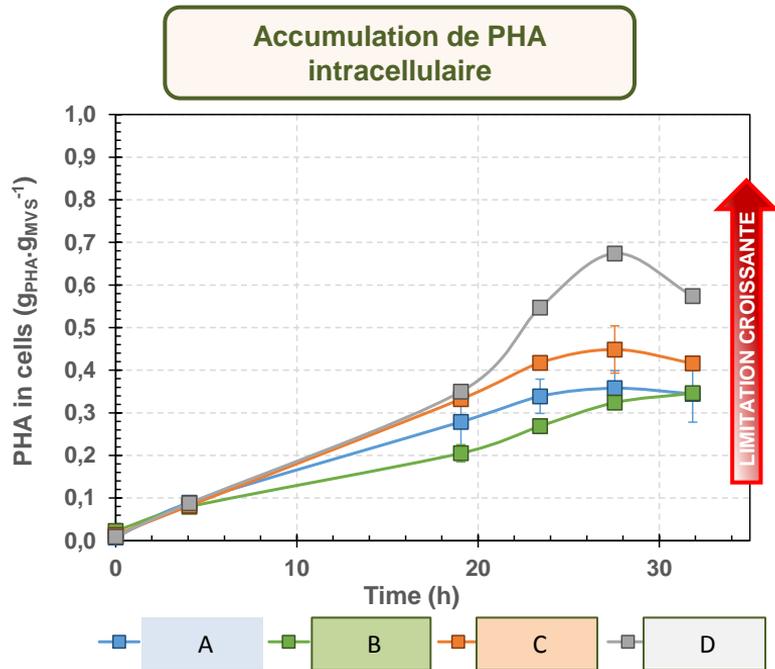
Consortia microbiens



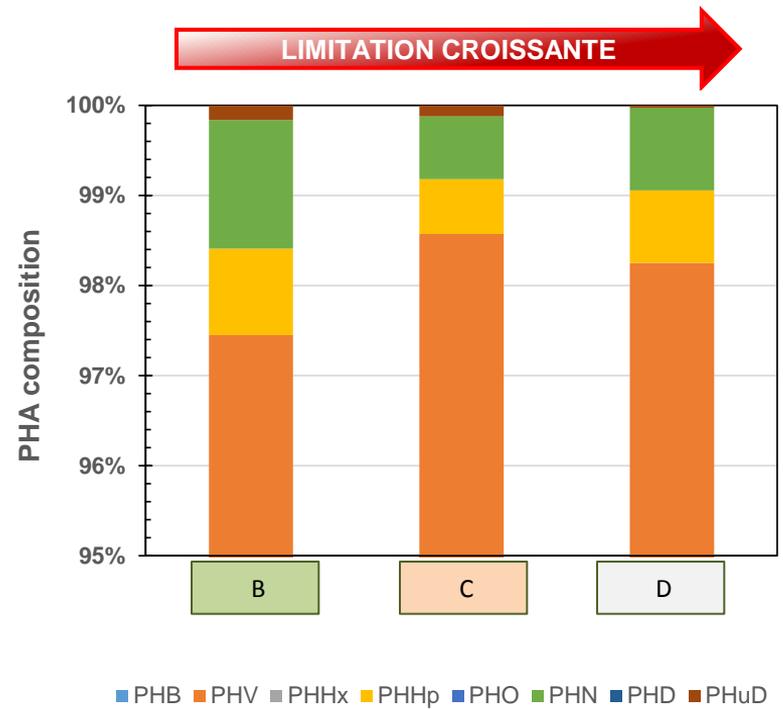
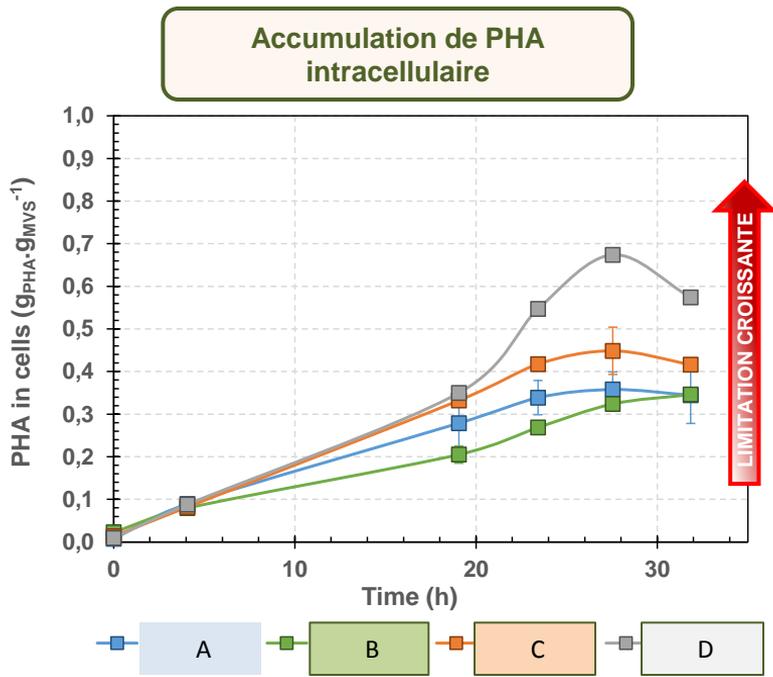
Bioplastiques fonctionnalisés
à intérêt industriel

Quelles sont les conditions opératoires permettant de favoriser la sélection de microorganismes producteurs de mcl-PHA ?

Acide nonanoïque (C9) comme substrat modèle pour la production de PHA-mcl



Acide nonanoïque (C9) comme substrat modèle pour la production de PHA-mcl



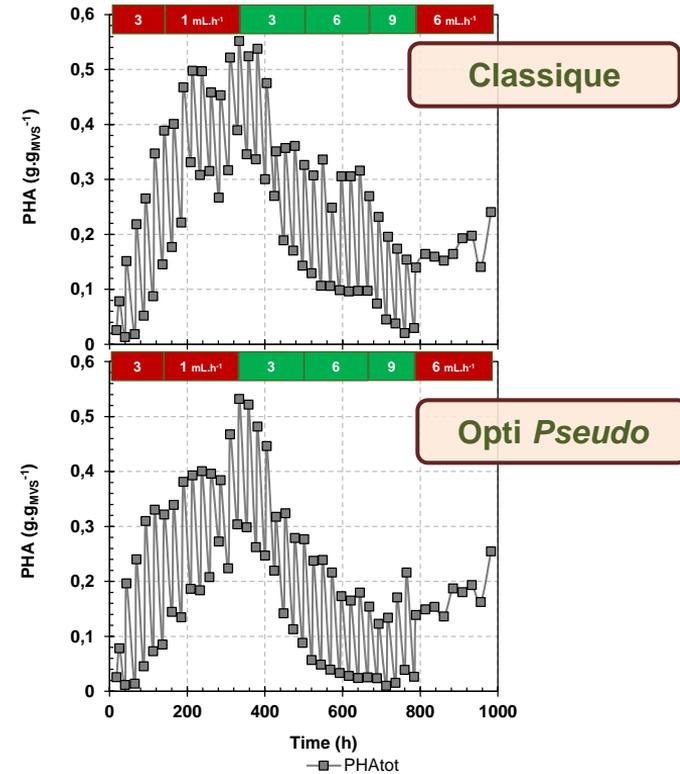
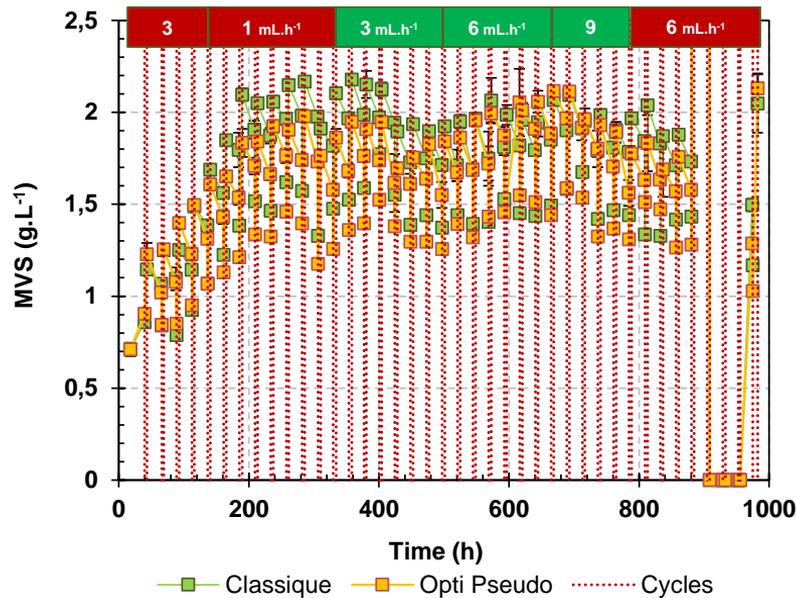
Production de PHA (PHB/HV) = fonction inverse de l'apport en phosphore

Acide nonanoïque (C9) comme substrat modèle pour la production de PHAs

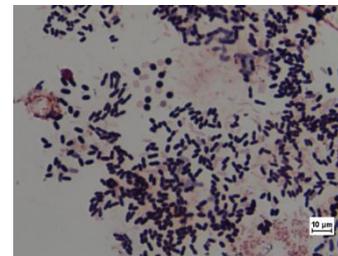
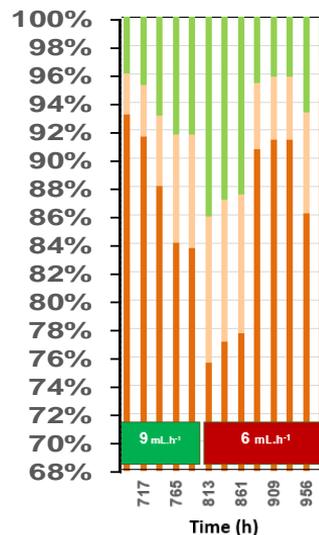
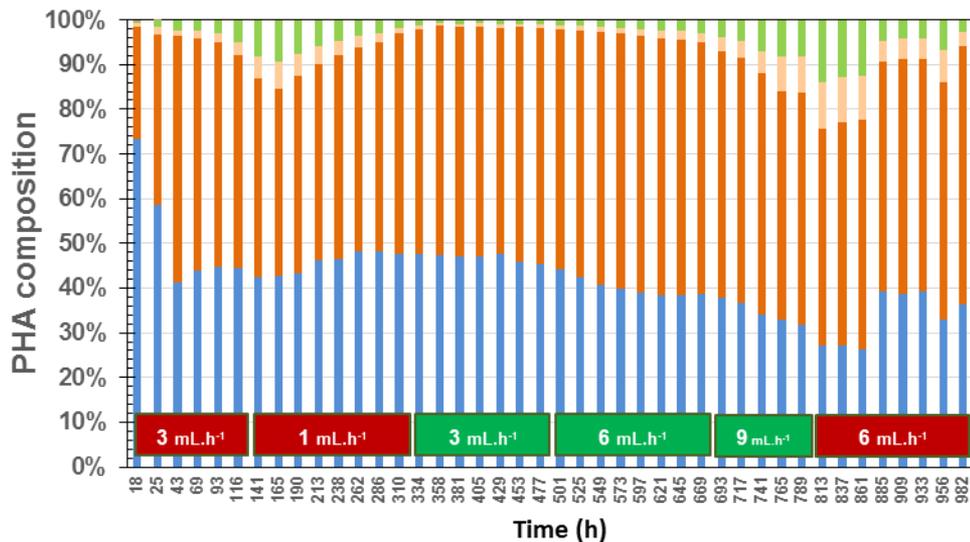
Procédés de type Feast & Famine

Alterner périodes d'excès de carbone et périodes limitées en C

Enrichissement progressif



Acide nonanoïque (C9) comme substrat modèle pour la production de PHAs

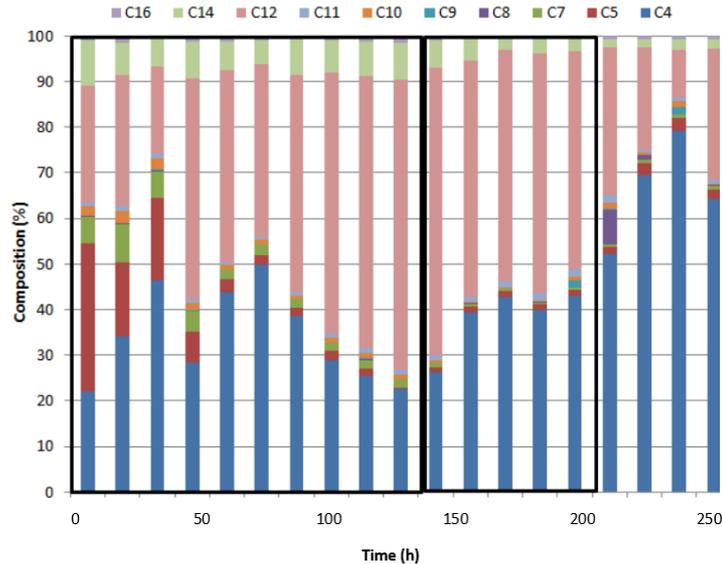


25% mcl PHA

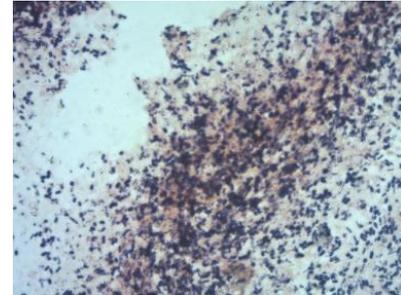
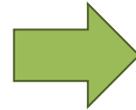
- C9 PHN
- C7 PHHp
- C5 PHV
- C4 PHB

Utilisation d'acide oléique (C18) pour la production de PHA-mcl

Procédés discontinus alimentés
palières de limitation en P



75% mcl -PHA
C4 & C12 & C14





Model substrates

Oil production residues

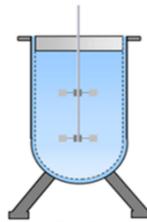


Cooking oil

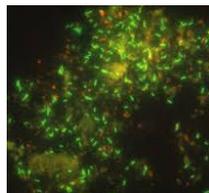


FOG from WWT

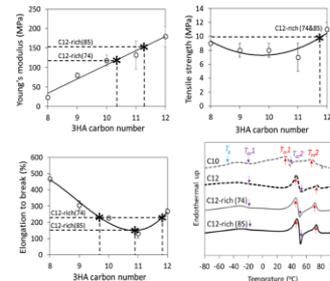
Culture conditions



MCL-PHA
Copolymers
microbial selection



PHA properties



Products



PHA biodegradable



Initial 120 days 140 days

Removal



Merci pour votre attention !

hernandg@insa-toulouse.fr