

# Utilisation de nanocristaux d'amidon pour l'amélioration des propriétés de biopolymères

Saïd Elkoun  
Prof. département de génie mécanique  
Faculté de génie  
Université de Sherbrooke  
2500, boul. Université, J1K 2R1, Sherbrooke  
Tél. : (819) 821-8000 # 65136  
Courriel: [said.elkoun@Usherbrooke.ca](mailto:said.elkoun@Usherbrooke.ca)



*COLLOQUE SUR LES BIO-RENFORTS POUR LES COMPOSITES  
BOUCHERVILLE, 7 SEPTEMBRE 2011*

**FACULTÉ DE GÉNIE**  
[www.USherbrooke.ca/genie](http://www.USherbrooke.ca/genie)

 UNIVERSITÉ DE  
SHERBROOKE

# Introduction (1/2)

**Contexte :** Depuis quelques années, un intérêt croissant est porté aux matériaux polymères renforcés par des particules rigides ayant une dimension de l'ordre du nanomètre : les “nanocomposites”.

Nanoparticules les plus utilisées sont dérivés des produits pétroliers

↳ *Exemple : noir de carbone, particules de silice ou feuillets d'argile*

Inconvénient → Charges non issus de ressources renouvelables ou non-biodégradables

Ainsi, dans le contexte actuel de valorisation de la biomasse et de développement durable il n'est pas étonnant de voir que plusieurs équipes s'intéressent à l'utilisation de la cellulose, de la chitine ou de l'amidon comme renfort dans les matrices polymères.

## Introduction (2/2)

### Avantage de l'amidon :

- matière abondante, renouvelable, biodégradable et bon marché.
- se présente sous forme de poudre blanche constituée de grains micrométriques.

### Utilisation actuelle :

- industrie agroalimentaire, papetière et textile.
- Depuis une quinzaine d'années, l'amidon est également :

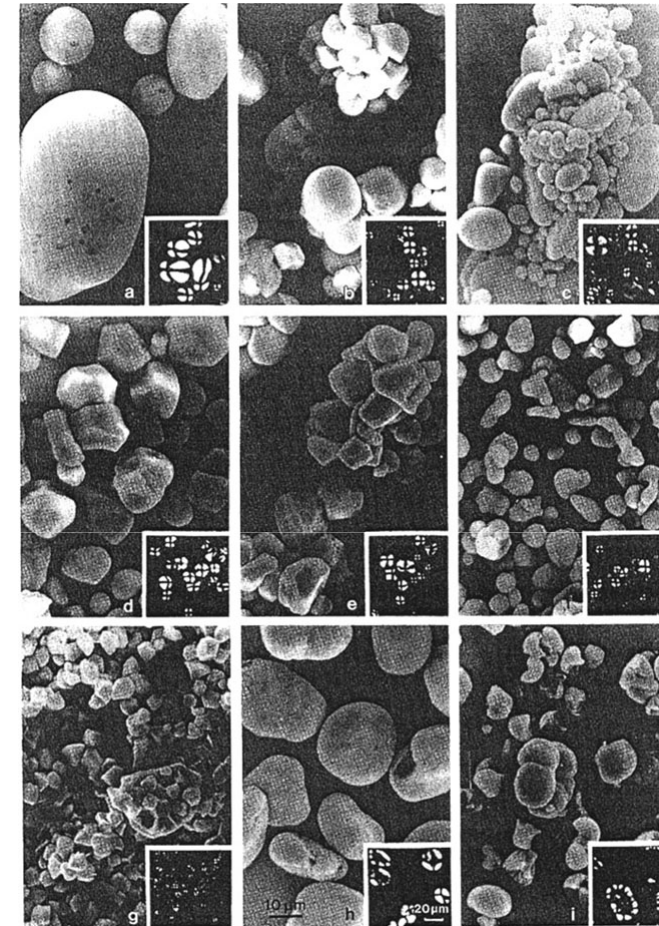
1) *mélangé avec des polymères synthétiques.*

2) *utilisé en tant que thermoplastique (propriétés mécaniques comparables à celles du polyéthylène basse densité)*

## Structure de l'amidon (1/2)

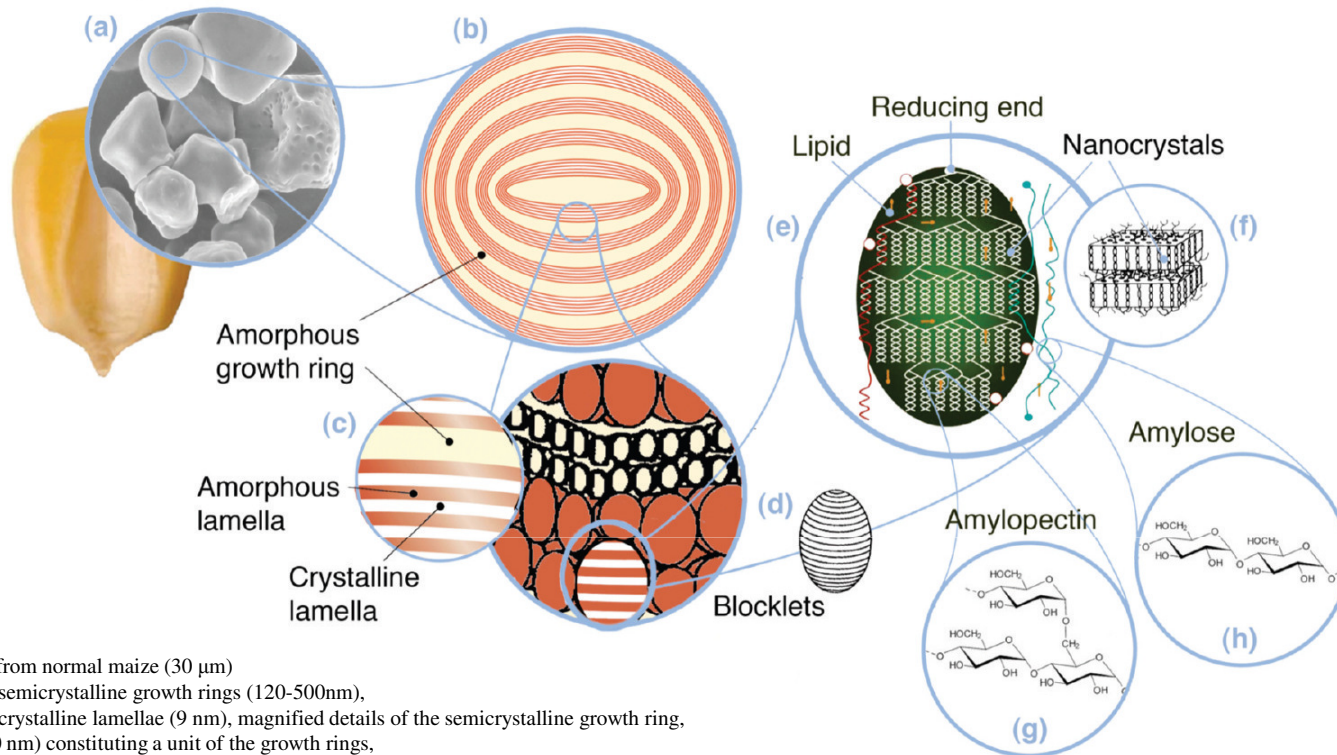
→ L'amidon présente une structure semi-cristalline

<i>Origine</i>	<i>Forme</i>	<i>Taille (µm)</i>
(a) Pomme de terre	Ellipsoïdale	15-100
(b) Manioc	Hémisphérique, sphérique	5-35
(c) Blé	Lenticulaire, polyédrique	2-30
(d) Maïs standard	Polyédrique	5-25
(e) Maïs cireux	Polyédrique	5-25
(f) Amylomaïs	Filamenteuse	5-20
(g) Riz	Polyédrique	3-8
(h) Pois lisse	Réniforme	5-10
(i) Pois ridé	Rosette	30-40



DUPRAT F., GALLANT D., GUILBOT A., MERCIER C., ROBIN J.P. (1980) "L'amidon", in : *Les polymères végétaux*, Ed. Bernard Monties, 176-231.

## Structure de l'amidon (2/2)



- (a) starch granules from normal maize (30 µm)
- (b) amorphous and semicrystalline growth rings (120-500nm),
- (c) amorphous and crystalline lamellae (9 nm), magnified details of the semicrystalline growth ring,
- (d) blocklets (20-50 nm) constituting a unit of the growth rings,
- (e) amylopectin double helices forming the crystalline lamellae of the blocklets
- (f) nanocrystals: other representation of the crystalline lamellae called starch nanocrystals when separated by acid hydrolysis
- (g) amylopectin's molecular structure
- (h) amylose's molecular structure (0.1-1 nm)

*D. LE CORRE, J. BRAS and A. DUFRESNE, " Starch Nanoparticles : A Review ", Biomacromolecules, 2010, 11, 1139-1153*

# Nanocristaux d'amidon :

## *autre voie de valorisation de l'amidon ?*

- En 1975, Battista<sup>1</sup> a montré que l'hydrolyse acide des grains natifs permet d'obtenir un résidu insoluble très cristallin.
- En 1996, Dufresne *et al.*<sup>2</sup> ont montré que les microcristaux d'amidon obtenus par hydrolyse acide de grains d'amidon de pomme de terre permettent l'amélioration des propriétés mécaniques d'un copolymère de polystyrène et d'acrylate de butyle.
- En 2003, Putaux *et al.*<sup>3</sup> ont montré que des résidus obtenus par hydrolyse acide de grains d'amidon de maïs cireux avaient une morphologie en forme de plaquettes parallélépipédiques de taille nanométrique.



*Voie possible de valorisation de l'amidon = Utilisation des nanocristaux d'amidon comme renforts de matrices polymères ou biopolymères.*

<sup>1</sup>. BATTISTA O.A. (1975) "Microcrystalline amyloses", in: *Microcrystal Polymer Science*, M.G. Hill, 138-145.

<sup>2</sup>. DUFRESNE A., CAVAILLÉ J.Y., HELBERT W. (1996) "New nanocomposite materials: Microcrystalline starch reinforced thermoplastic.", *Macromolecules*, 29(23), 7624-7626.

<sup>3</sup>. PUTAUX J.L., MOLINA-BOISSEAU S., MOMAUR T., DUFRESNE A. (2003) "Platelet nanocrystals resulting from the disruption of waxy maize starch granules by acid hydrolysis.", *Biomacromolecules*, 4(5), 1198-1202

# Objectifs et intérêts des travaux

## Objectifs

- Préparation de nanocristaux d'amidon  
*(taille, distribution en taille, différentes morphologies et facteurs de forme)*
- Modification de surface des nanocristaux
- Incorporation de nanocristaux dans des matrices biopolymères( *i.e. PLA et PHA*)
- Élaboration de films nanocomposites et caractérisation

## Intérêts

- Amélioration de la cinétique de cristallisation
- Amélioration des propriétés mécaniques  
*(e.g. résistance, module, stabilité dimensionnelle)*
- Amélioration de la stabilité thermique
- Amélioration des propriétés barrière aux gaz et à l'eau.

# PROJETS

- Synthèse de nanocristaux d'amidon par hydrolyse acide et modification de surface:

↳ *Objectif : ↗ rendement, ↘ durée de la réaction, jouer sur la taille, la distribution et la morphologie*

- Élaboration de films nanocristaux/biopolymère en solution et étude des propriétés thermomécaniques

↳ *Objectif : étudier l'influence de la teneur en nanocristaux sur la cristallisation et les propriétés mécaniques*

- Élaboration de film nanocristaux/biopolymère par voie fondue et étude des propriétés rhéologiques et thermomécaniques

↳ *Objectif : étudier l'influence de la teneur en nanocristaux et des conditions de mise en œuvre sur la morphologie, les propriétés rhéologiques et thermomécaniques*