



Institut de recherche  
et de développement  
en agroenvironnement



# La nanocellulose cristalline: Applications possibles en phytoprotection



J. Bouchard, G. Chouinard, S. Beck, V. Phillion

Société de protection des plantes du Québec  
Sheraton Four Points Québec, 5 juin 2013

# La NanoCellulose Cristalline

---



Nom de code: NCC

# AVERTISSEMENT

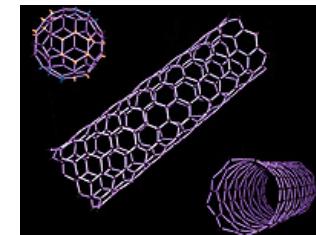
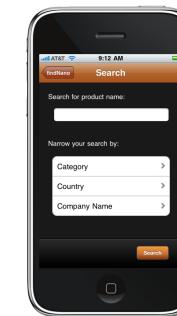
La présentation qui suit  
contient des suggestions **subliminales**  
d'applications agricoles de la NCC  
Nous préférons vous en avertir

# Nanomatériaux et nanotechnologie au quotidien

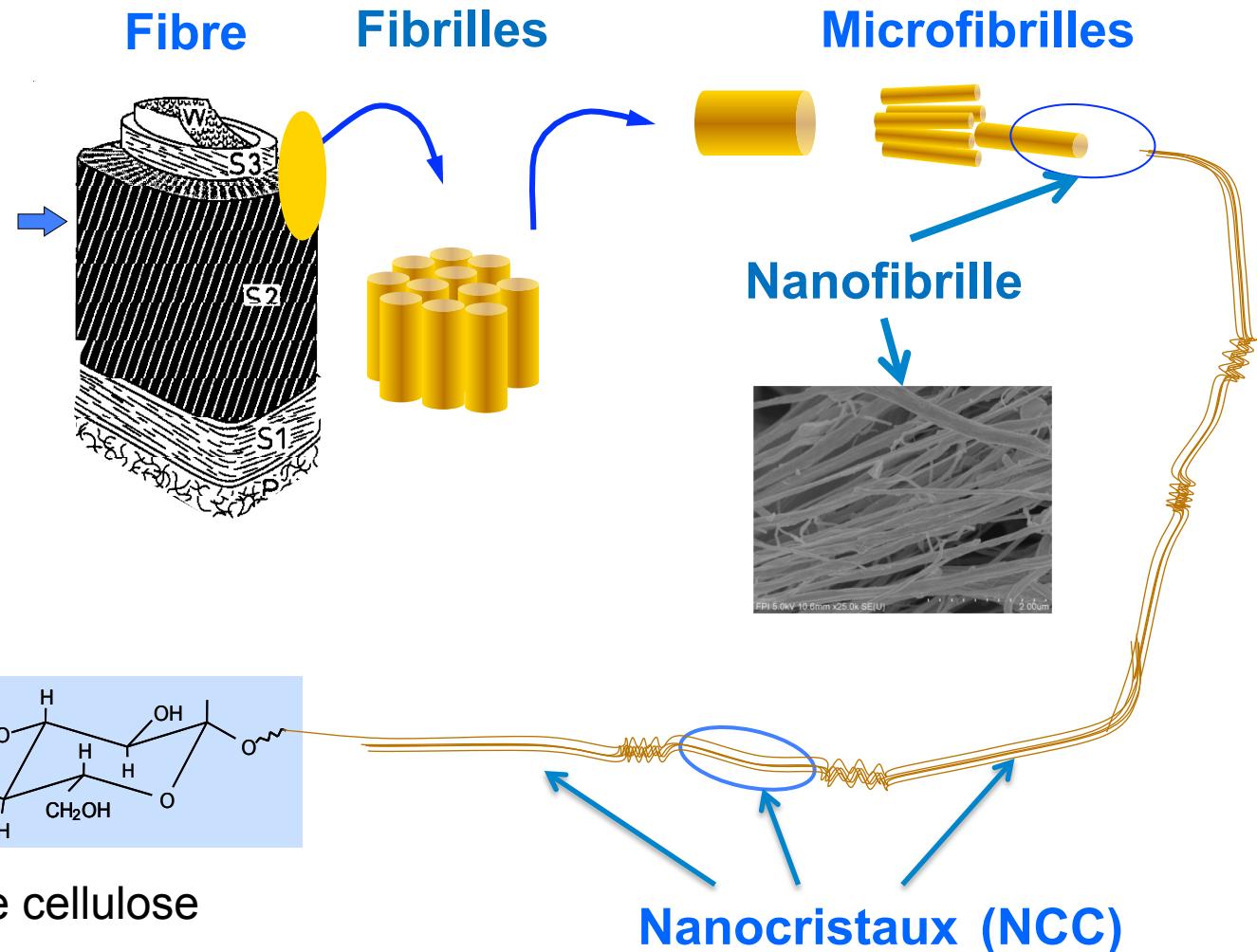
## Créations de mère nature



## Créations de l'homme



# L'arbre: une merveille d'architecture

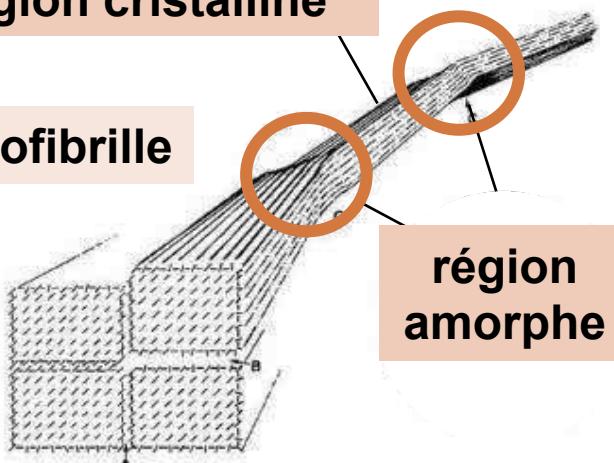


# De l'arbre à la NCC

région cristalline

nanofibrille

région amorphe



*digestion des régions amorphes avec de l'acide sulfurique concentré*

NCC



fibre micrométrique

/ 1000



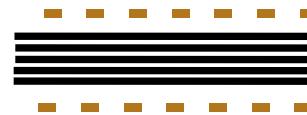
particule nanométrique

# Propriétés physico-chimiques de la NCC

## géométrie

 ~6 nm de large  
~100 nm de long

## chimie de surface

 charges négatives

assurent la stabilité colloïdale en suspension

## états physiques

**liquide:** suspension aqueuse  
colloïdale stable

**solide:** poudre sèche



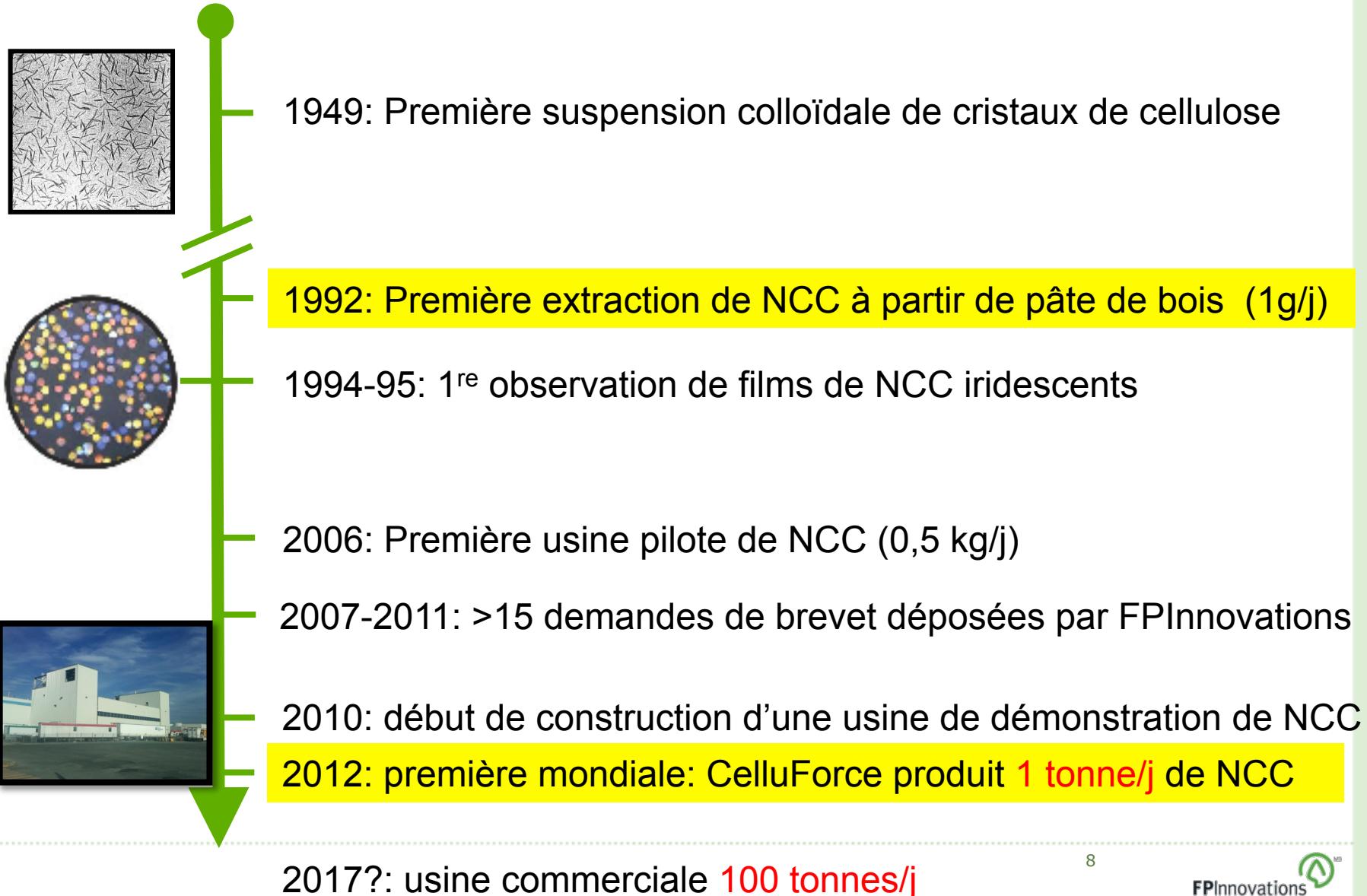
<1%

5%

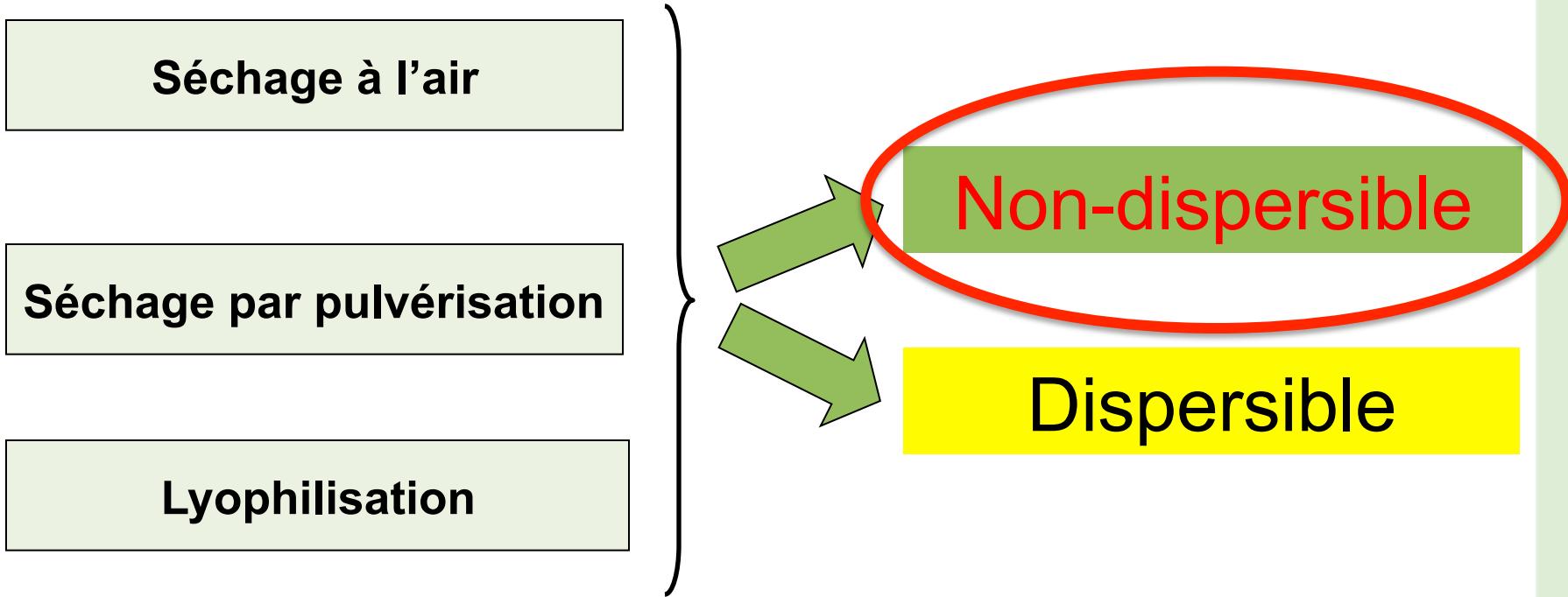
> 7%

100%

# Histoire de la NCC



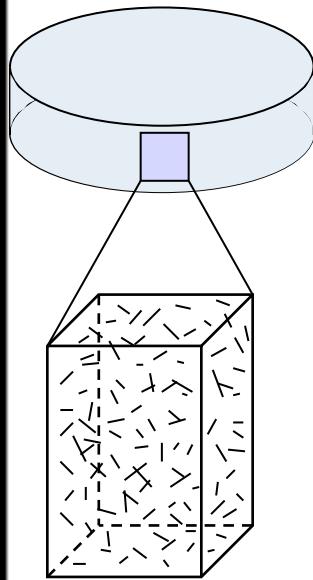
# Dispersibilité dans l'eau



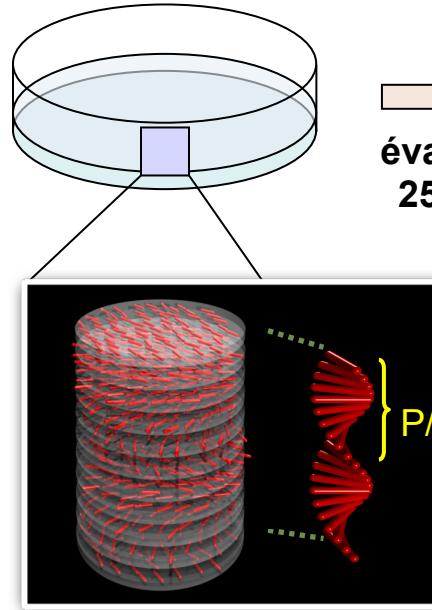
*Treatment simple, rendement 100%, réversible,  
facilement intégrable dans la ligne de production*

# Préparation de films de NCC

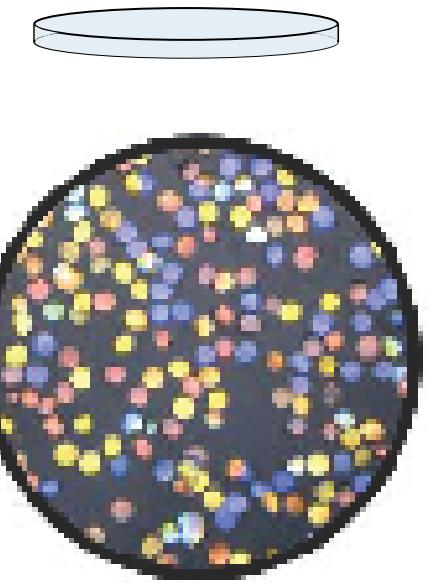
suspension  
isotrope



suspension  
anisotrope



film de NCC iridescent  
20-120 microns

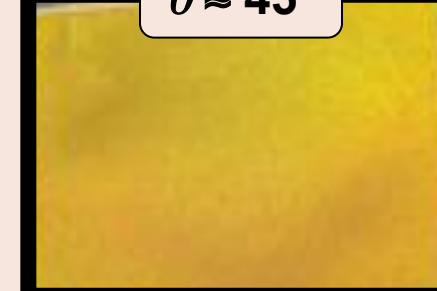


la longueur  
d'onde  
réfléchie  
dépend de  
l'angle  
d'observation

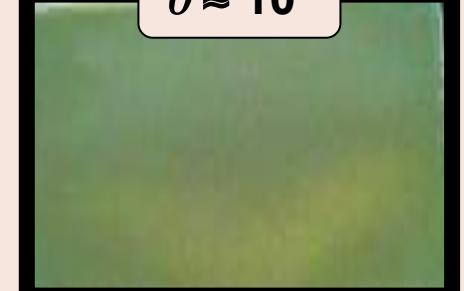
$$\theta \approx 90^\circ$$



$$\theta \approx 45^\circ$$

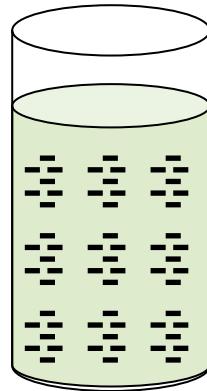


$$\theta \approx 10^\circ$$

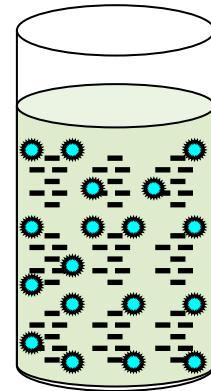


# Films géants de NCC, résistants et flexibles

suspension  
de NCC



addition de  
polymère  
couple soluble

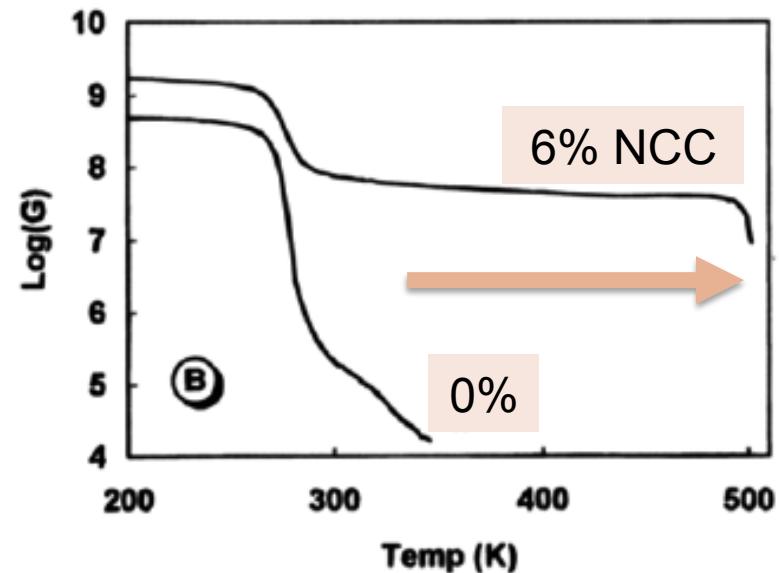
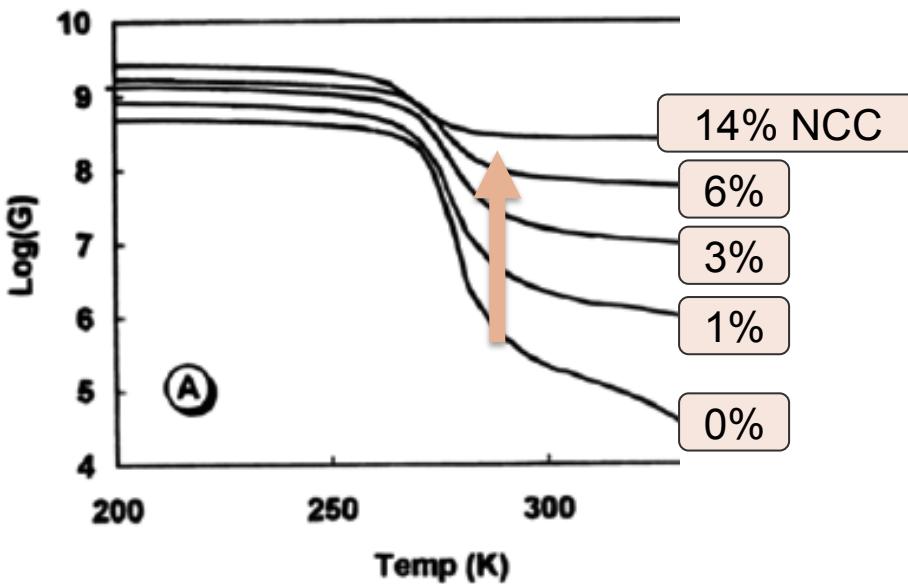


concentration/  
évaporation



# Renforts des matériaux plastiques

## NCC dans un latex polymère



gain en résistance mécanique

gain en résistance thermique

# Quelques applications de la NCC

- Appareils médicaux
- Cosmétiques
- Industrie pharmaceutique
- **Films protecteurs** et emballages
- Encres, papiers de sécurité (ex.)
- Vernis, revêtements
- Réflexion infrarouge: **barrière thermique**
- Réflexion ultraviolet: barrière UV
- Matériaux structuraux biodégradables (aérospatiale, automobile, etc.)



Film de NCC



Papier



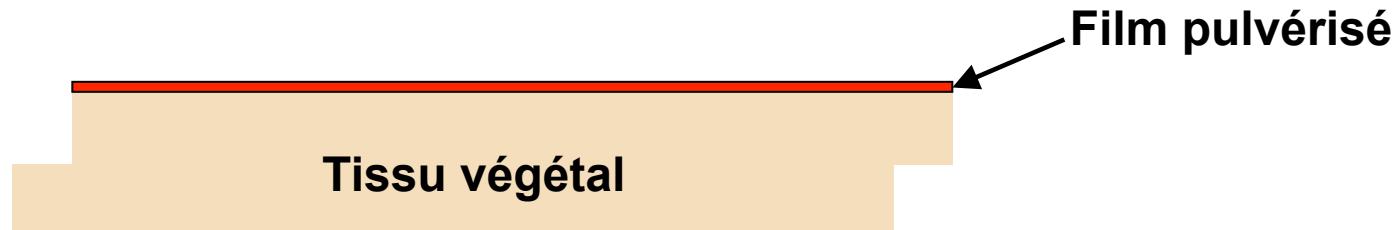
# La NCC dans les vernis de plancher



## NCC dans les vernis à base d'eau pour plancher de bois franc

- Augmente la résistance à l'abrasion
- Augmente la dureté
- Pas d'effet sur la transparence
- Effets spéciaux optiques décoratifs

# La NCC dans une pulvérisation phytosanitaire?



## NCC dans les bouillies pour pulvérisation sur pommier

- Augmente la **résistance à l'abrasion** ?
- Augmente la **dureté** ?
- Pas d'effet sur la **transparence** ?
- Pas d'effet sur la **physiologie** ?
- Prolonge la **durabilité** des protections ?

# La NCC dans une pulvérisation phytosanitaire

## **Nom du projet :**

Potentiel de la nanocellulose cristalline pour la protection écologique des arbres fruitiers

## **Objectif:**

Améliorer par la NCC les propriétés phytosanitaires d'une bouillie protectrice à pulvériser sur pommier

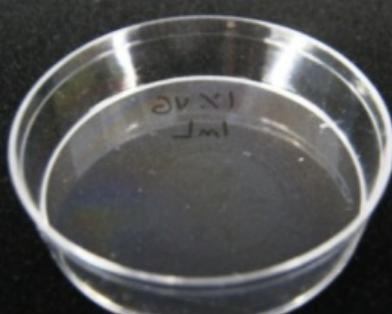
## **Phases du projet:**

1. En labo: caractérisation physico-chimique de différents mélanges NCC+matrices pulvérifiables (2011-2012)
2. Sélection d'un ou de plusieurs mélanges pour essais phytosanitaires (2012)
3. En labo : bio-essais sur insectes et acariens ravageurs du pommier (2013)
4. Essais en conditions naturelles : tavelure du pommier (2012-2013)
5. Essais terrain: programme de protection intégré (2014)

# La NCC dans une pulvérisation phytosanitaire

2011: matrice de pinolène (VG) ou de polymère acrylique (Mi)

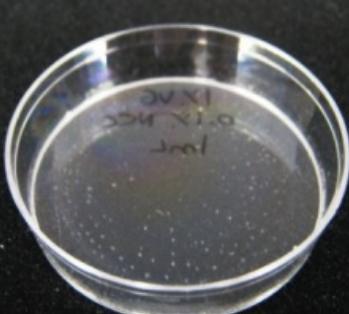
0 NCC : VG



0.02 NCC : VG



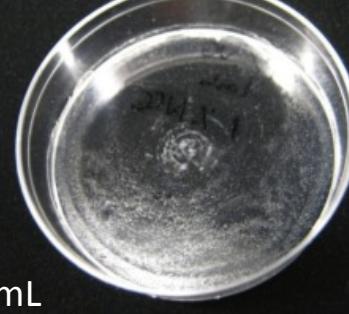
0.10 NCC : VG



0.50 NCC : VG

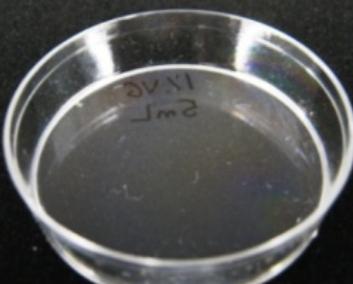


1.00 NCC : VG



1 mL

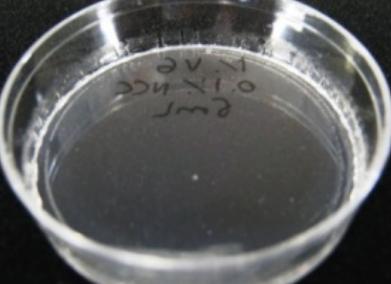
0 NCC : VG



0.02 NCC : VG



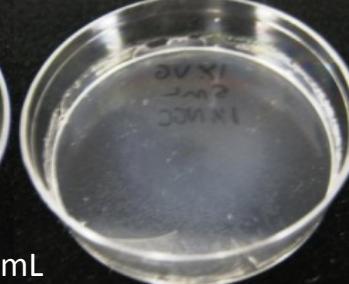
0.10 NCC : VG



0.50 NCC : VG



1.00 NCC : VG

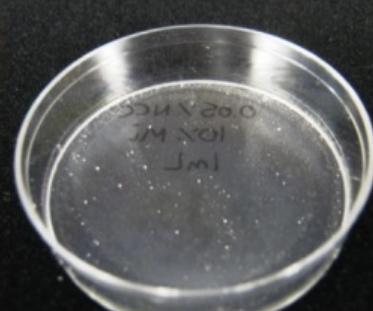


5 mL

0 NCC : Mi



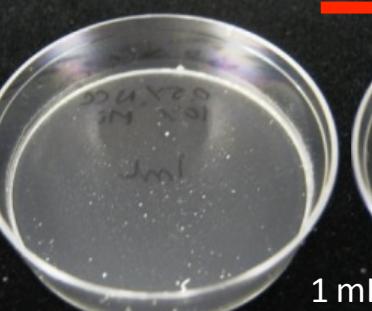
0.005 NCC : Mi



0.01 NCC : Mi



0.05 NCC : Mi



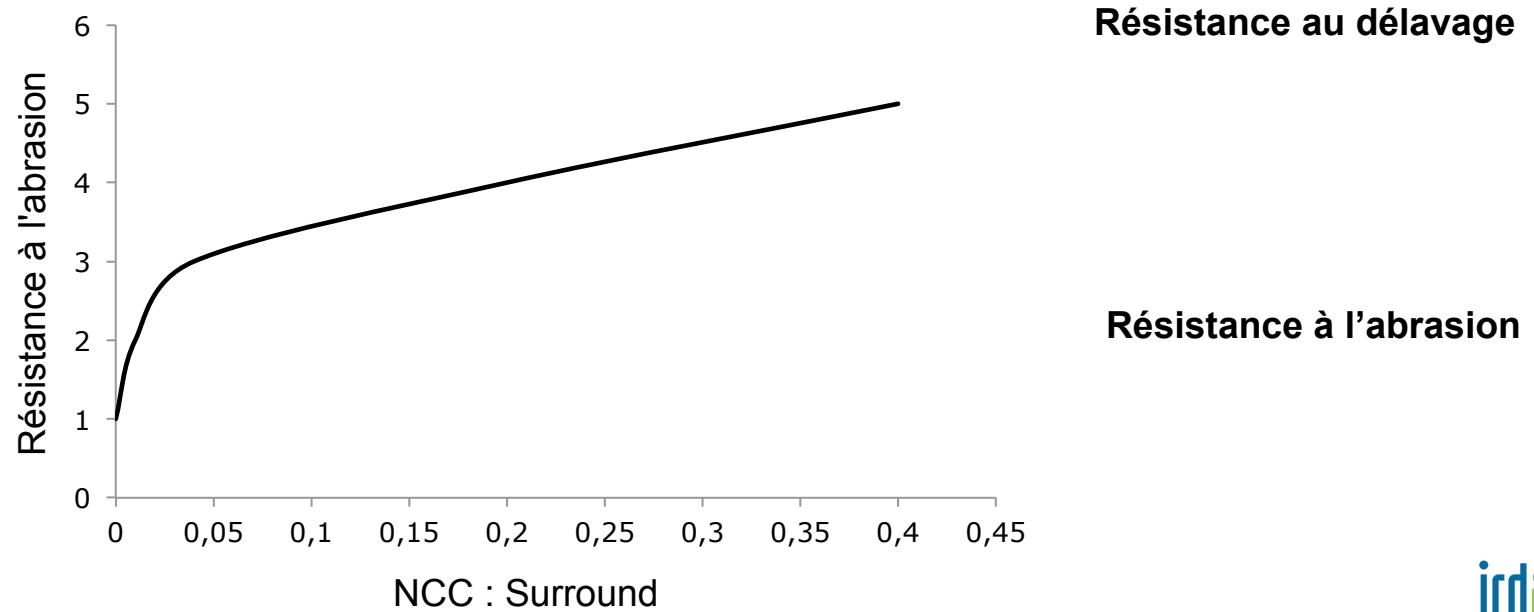
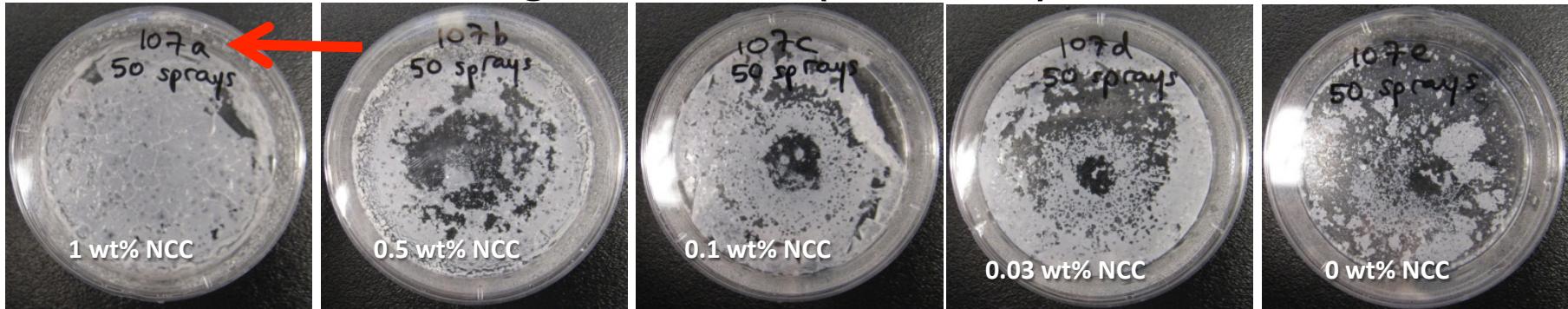
0.1 NCC : Mi



1 mL

# La NCC dans une pulvérisation phytosanitaire

## 2012: matrice d'argile kaolinite (Surround)



# La NCC dans une pulvérisation phytosanitaire

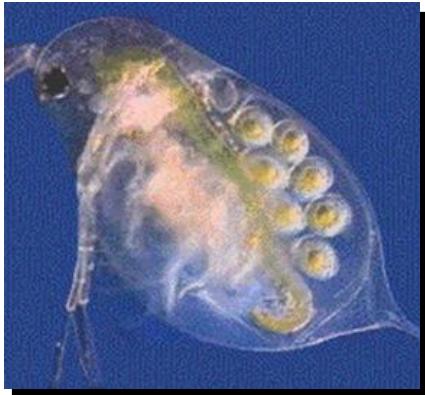
## 2013: essais de lutte contre certains ravageurs du pommier

- **Tavelure (*Venturia inaequalis*)**
- **Tétranyque rouge (*Panonychus ulmi*)**  
– œufs hivernants
- **Tétranyque à deux points (*Tetranychus urticae*)**  
– formes mobiles
- **Charançon de la prune (*Conotrachelus nenuphar*)**  
– femelles
- **Carpocapse (*Cydia pomonella*) - chenilles**



## La NCC est-elle toxique?

# Toxicité aiguë comparée



Daphnia magna  
(puce d'eau)

Matériaux	48 h CL-50, (mg/L)
NCC (4 lots, 60-100 nm)	> 2 000
NaCl (sel de table)	~5 500
TiO <sub>2</sub> (filtrée, 30 nm)	5,5
Fullerene (filtrée, 10-20 nm)	0,5

NCC est « pratiquement non-toxique »

# Evaluation toxicologique



## FPInnovations

Essais de toxicité aigüe et chronique sur des poissons et des puces d'eau



## Université d'Ottawa

Essais d'éclosion et de survie sur le poisson zèbre



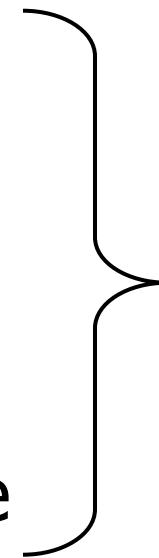
## Environnement Canada

Essais sur différentes espèces aquatiques

**NON-TOXIQUE :  
similaire au sel de table**

# Toxicité chez les mammifères

- Inhalation
- Ingestion
- Dermatologie



Aucun effet court-terme

Effets long-termes  
présentement à l'étude

La NCC enregistrée en tant que nouvelle substance  
avec l'approbation de



Environment  
Canada      Environnement  
Canada

en vertu du *Règlement concernant les substances nouvelles*

# Que retenir?

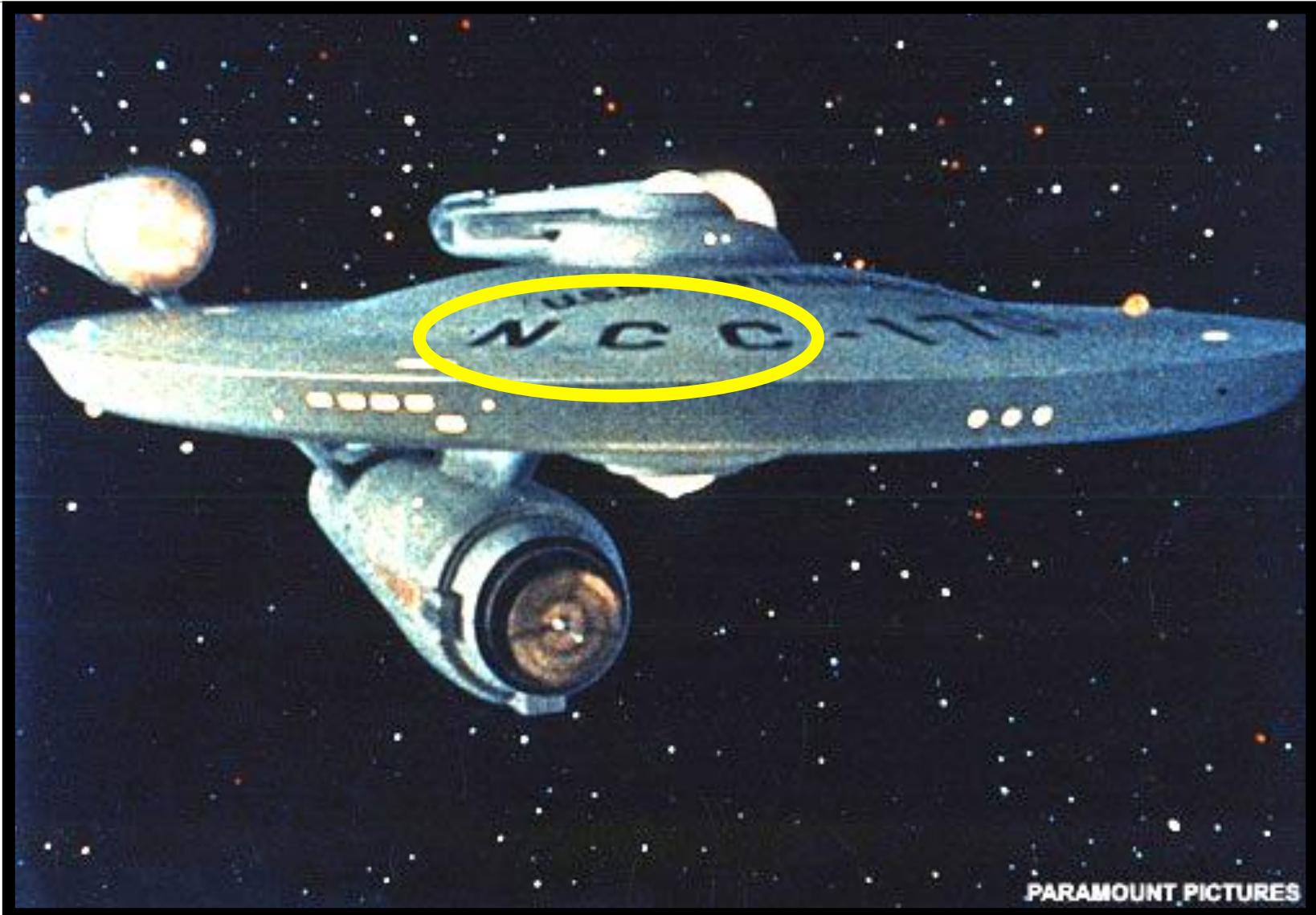
NCC:

Abondante  
Renouvelable  
Versatile  
Non-toxique

Utilisation  
Agricole:

Possible  
Intéressante  
Environnementale  
En cours de développement

# La NCC, matériau du 23<sup>eme</sup> siècle?



# Remerciements

- L'équipe de chercheurs de FPInnovations (Jean Bouchard, Stéphanie Beck) et collègues de l'IRDA (Daniel Cormier, Vincent Phillion)
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (Soutien à l'innovation en agroalimentaire)
- Partenaires de FPInnovations (CelluForce, RNCAN, CNRC, MDEIE, MRI, MRNF, CRSNG, NanoQuébec, compagnies membres de FPInnovations)
- GSI Horticultural (maintenant WellPlant inc.)
- L'équipe du laboratoire de PFI (Mikael Larose, Gabrièle Meunier, Maude Lachapelle, Franz Vanoosthuyse, Sylvie Bellerose, Valentin Joubert, Julie Augustin...)

Des (nano)questions ?

