

Les nanomatériaux à base de cellulose

Eric Loranger, Ing., Ph.D

Codirecteur I2E3

Département de génie mécanique



INSTITUT d'INNOVATIONS
en **écomatériaux**, **éco**produits
et **éco**énergies *à base de biomasse*

UQTR

**LE RENDEZ-VOUS DES
ÉCOMATÉRIAUX**

7^e Édition, 25 et 26 octobre 2022

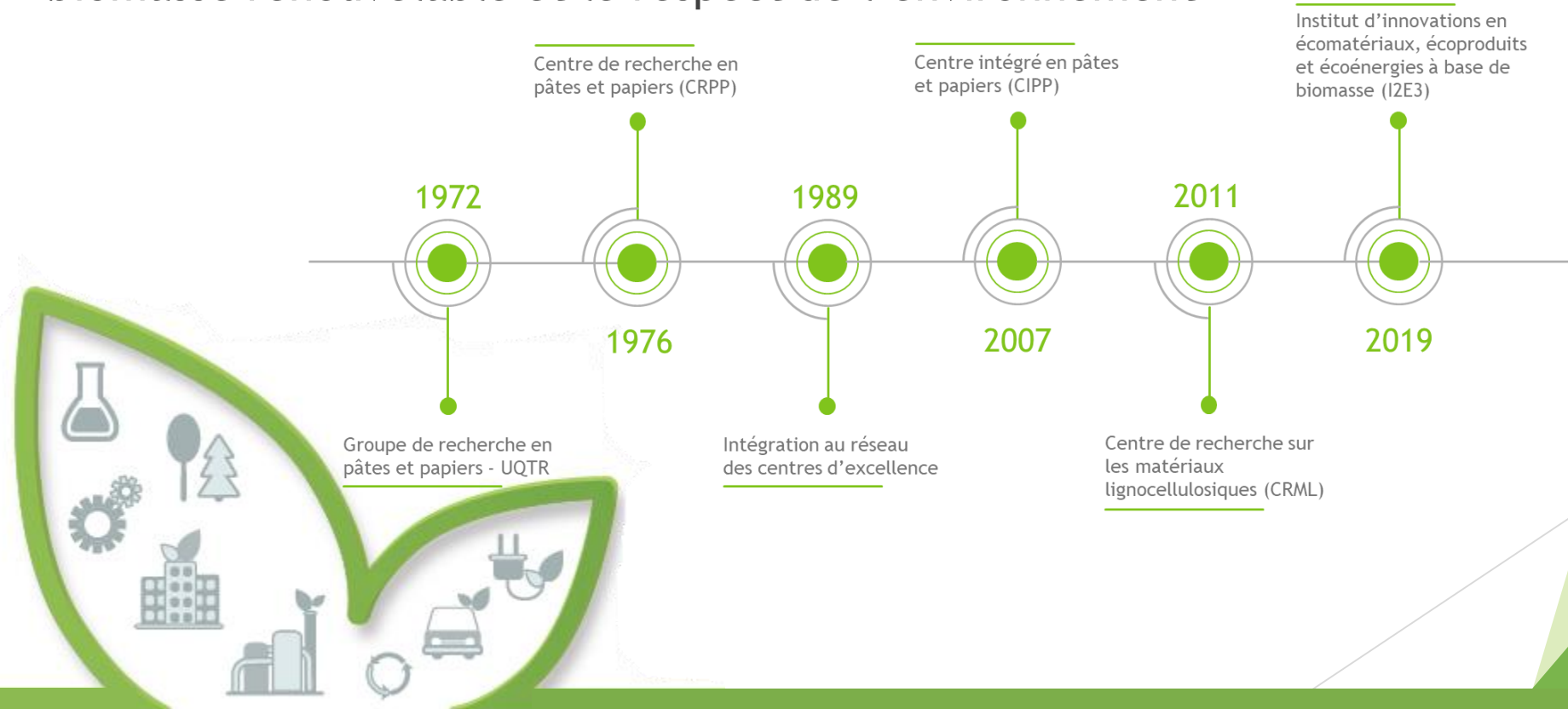
Val-des-Sources, Québec

Plan de présentation

- ▶ Présentation d'I2E3
- ▶ Profil personnel et mes axes de recherche
- ▶ La nanocellulose, en bref!
- ▶ Applications développées
 - ▶ Films barrières, antibactériens et/ou conducteurs d'électricité
 - ▶ Verres de sécurité et/ou pare-balles
- ▶ Conclusions et perspectives

Institut d'Innovations en Écomatériaux, Écoproduits et Écoénergies à base de biomasse

- I2E3 se veut une entité pluridisciplinaire et multisectorielle participant à l'avancement de la bioéconomie circulaire basée sur l'utilisation de la biomasse renouvelable et le respect de l'environnement



Axes de recherche et de formation

Écoproduits



Écomatériaux



Écoénergies



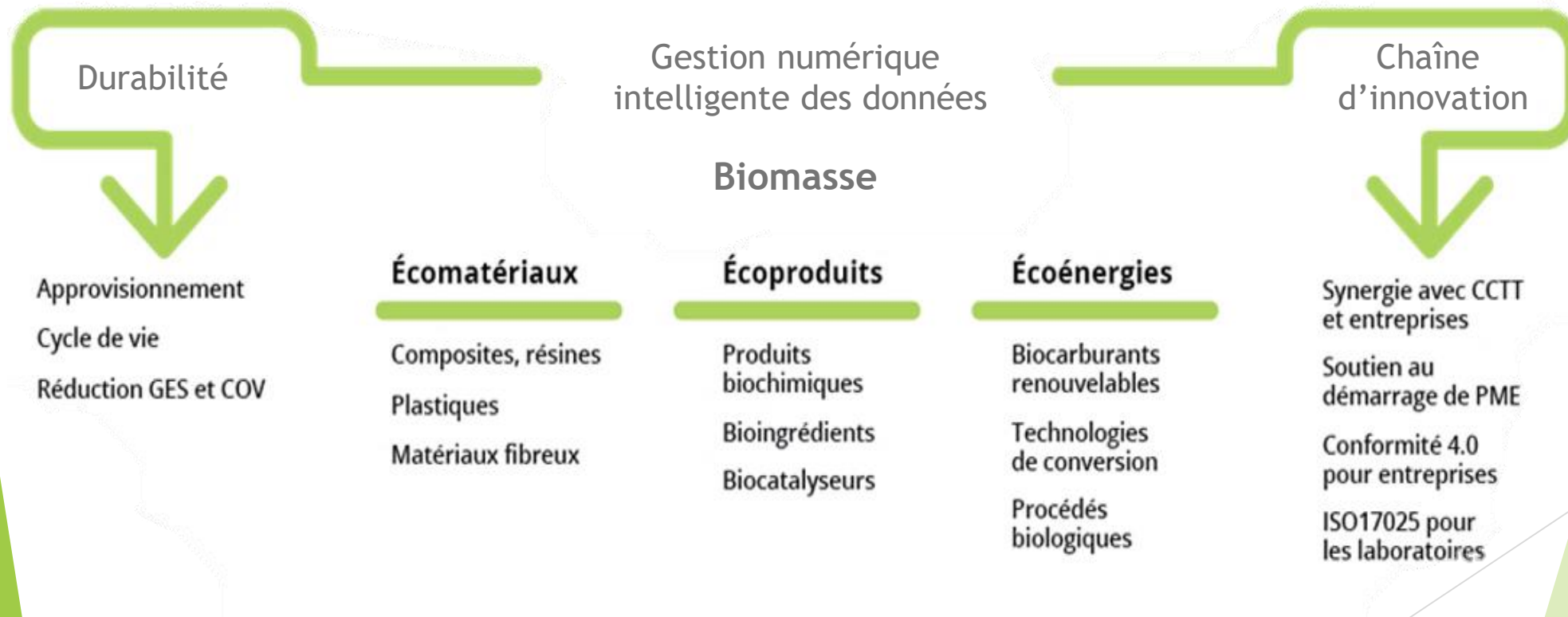
- ▶ Formation et recherche dans des créneaux stratégiques
- ▶ Déploiement aligné des chercheurs, étudiants et partenaires
- ▶ Recherche collaborative où se côtoient innovation et valeur ajoutée
- ▶ Projets aux enjeux porteurs et mobilisateurs
- ▶ Envergure nationale pour une portée internationale

Équipe / Ressources / Partenaires



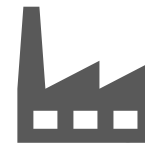
- ▶ 11 Chercheurs réguliers
- ▶ 12 Chercheurs collaborateurs et associés
- ▶ 8 Autres collaborateurs
- ▶ 5 Professionnels de recherche
- ▶ 3 Techniciens
- ▶ 19 Postdoctorants
- ▶ 72 Étudiants (maîtrise et doctorat)
- ▶ 288 Étudiants diplômés
- ▶ 130 Partenaires privés, publics et institutionnels
- ▶ 3881 Contributions scientifiques

Écosystème et synergie



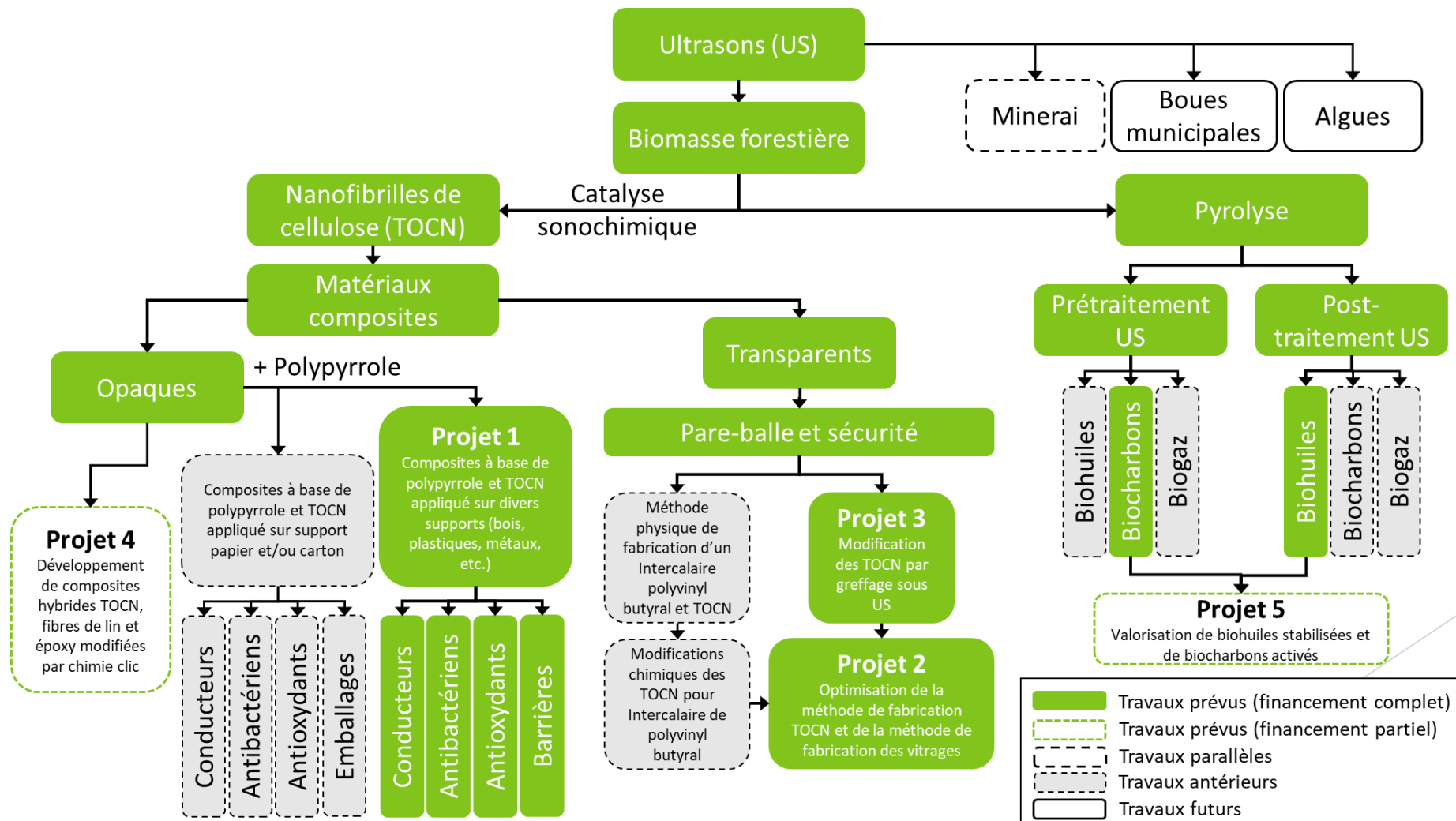
Profil personnel

- ▶ Scolarité
 - ▶ BACC en génie chimique, UQTR (1995-1999)
 - ▶ Maitrise en Sciences des pâtes et papiers, UQTR (1999-2003)
 - ▶ Doctorat en Sciences de l'environnement, UQAM/UQTR (2005-2009)
 - ▶ Post-Doctorant, UQTR/CRML (2009-2012)
- ▶ Professeur à l'UQTR depuis juin 2012
- ▶ Chargé de cours à ULVAL depuis mai 2016
- ▶ Codirecteur d'I2E3 depuis 2019



Mes axes de recherche

Thématique générale: Utilisation des ultrasons dans la transformation de biomasse forestière en matériaux avancés

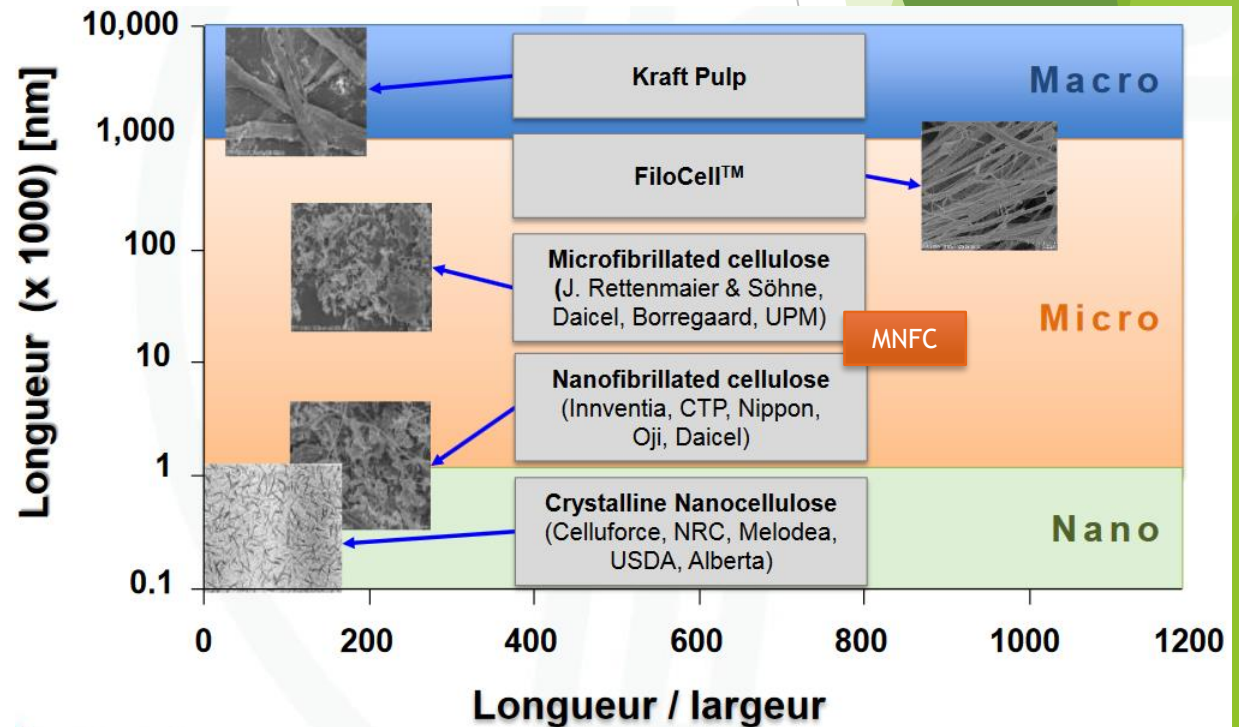


La nanocellulose

En bref!

La nanocellulose: Définition

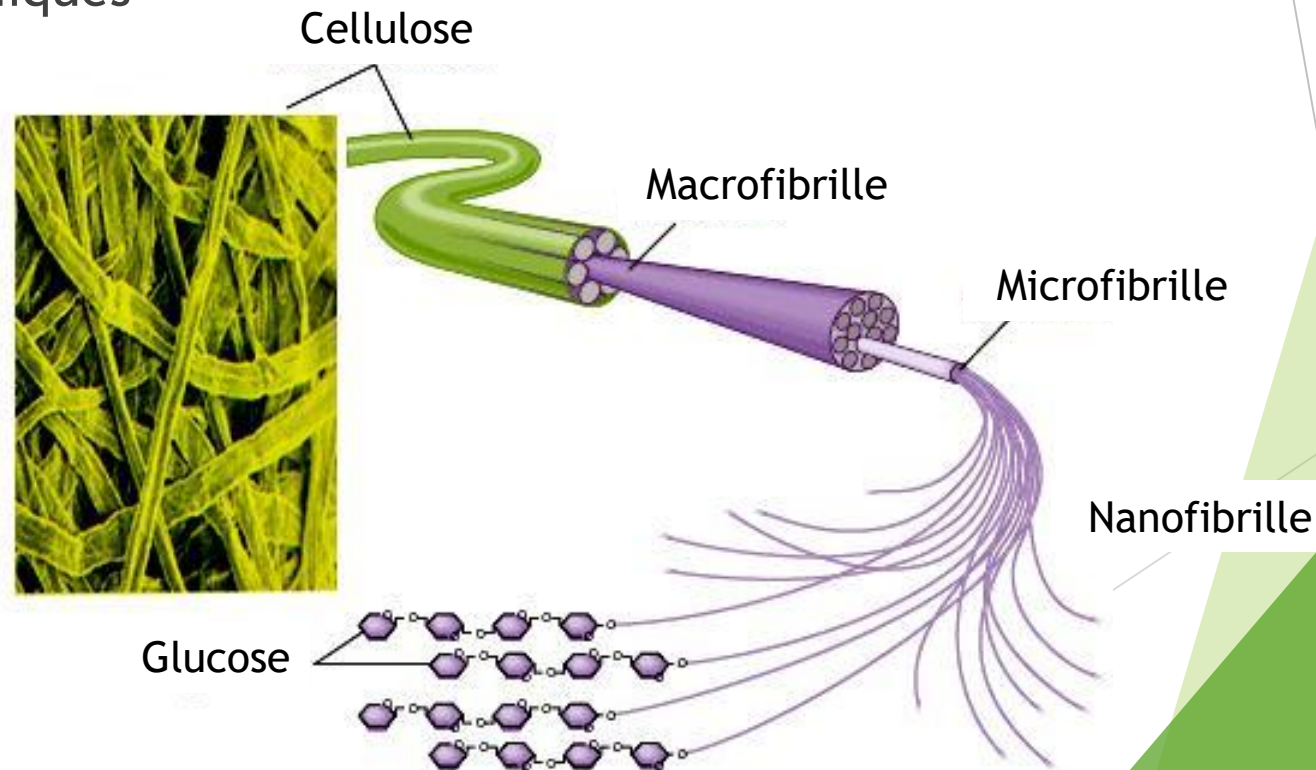
- ▶ Selon¹: Cellulose formée de cristaux dont une des dimensions se situe à l'échelle nanométrique, qui a été obtenue à partir de fibres de bois par hydrolyse contrôlée ou par des moyens mécaniques
- ▶ **CNC** → Nanocellulose cristalline (« crystalline nanocellulose » ou « cellulose nanocrystal »)
- ▶ **NFC** → Nanofibrilles de cellulose (« nanofibrillated cellulose »)
- ▶ **MFC** → Microfibrilles de cellulose (« microfibrillated cellulose »)
- ▶ **MNFC** → MicroNanofibrilles de cellulose (« MicroNanofibrillated cellulose »)
- ▶ **FC** → Filament de cellulose (« Cellulose filaments », FiloCell™)



¹ Le grand dictionnaire terminologique [<http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca>]

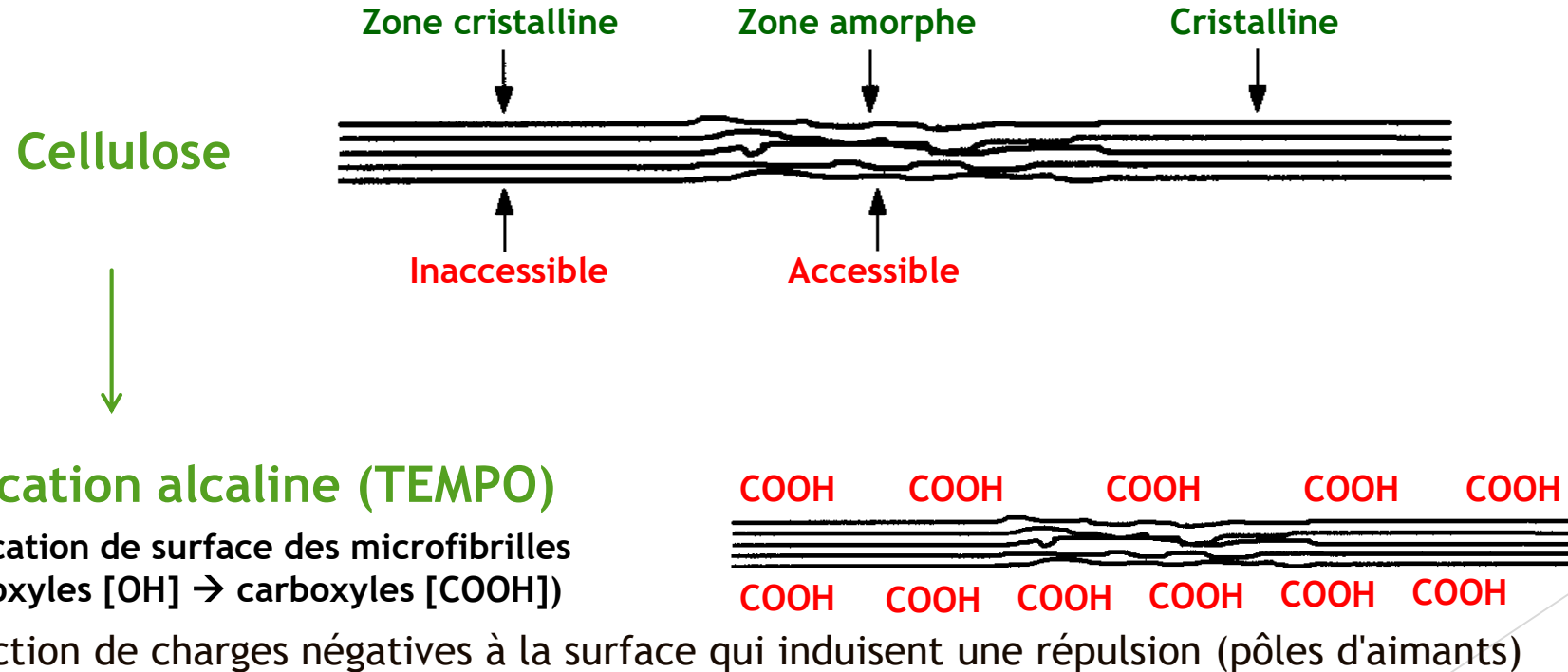
La nanocellulose: Fabrication

- ▶ Processus mécanique ou chimique, l'objectif est de libérer les nanofibrilles de cellulose de la matrice du bois
- ▶ On peut aussi « aider » la défibrillation avec des prétraitements, encore ici, mécaniques ou chimiques
- ▶ Un prétraitement chimique suivi d'une défibrillation mécanique est probablement la meilleure façon de faire actuellement...



La nanocellulose: Mon labo

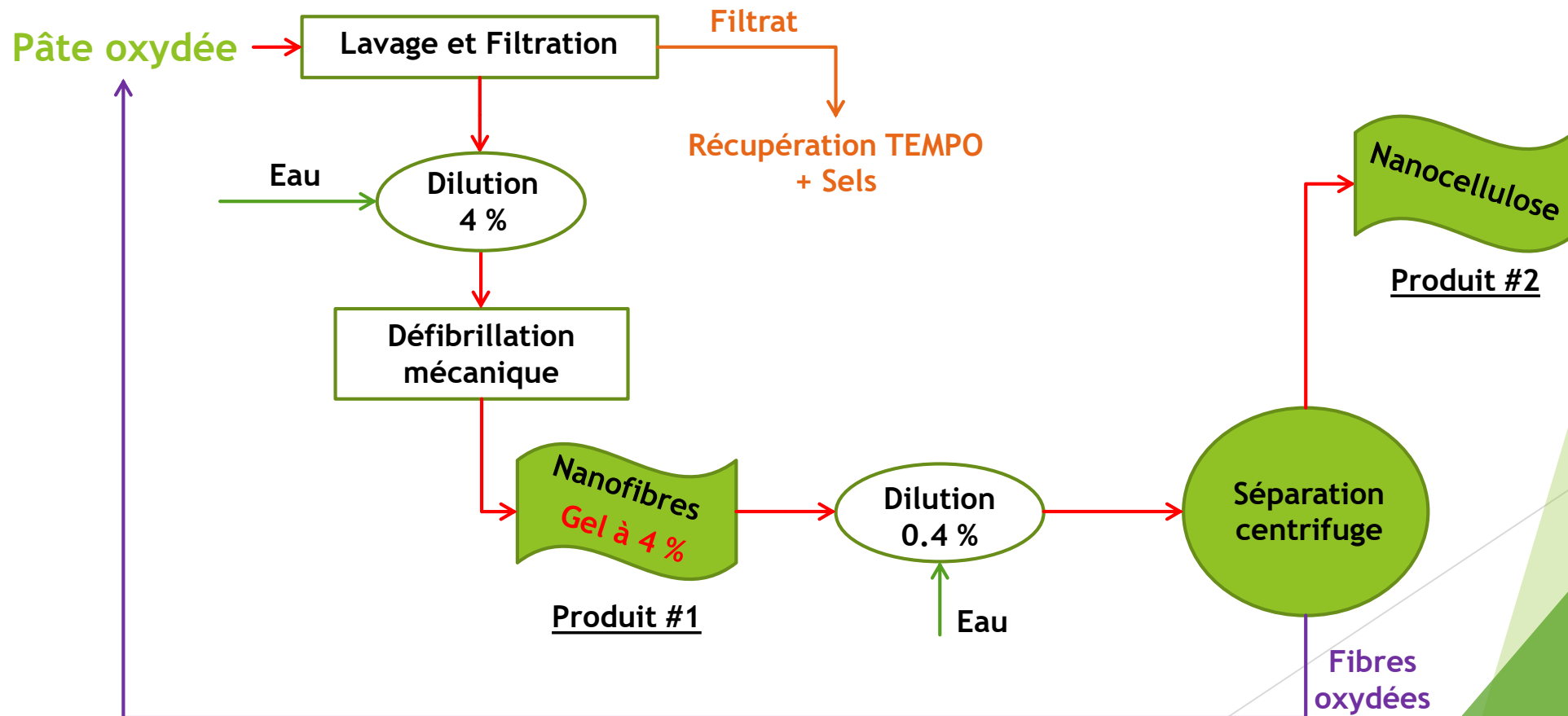
- Oxydation par TEMPO sous ultrasons qui catalysent la réaction!



TOCN = « TEMPO Oxidized Cellulose Nanofibers »

La nanocellulose: Mon labo (suite)

► Procédé global de fabrication

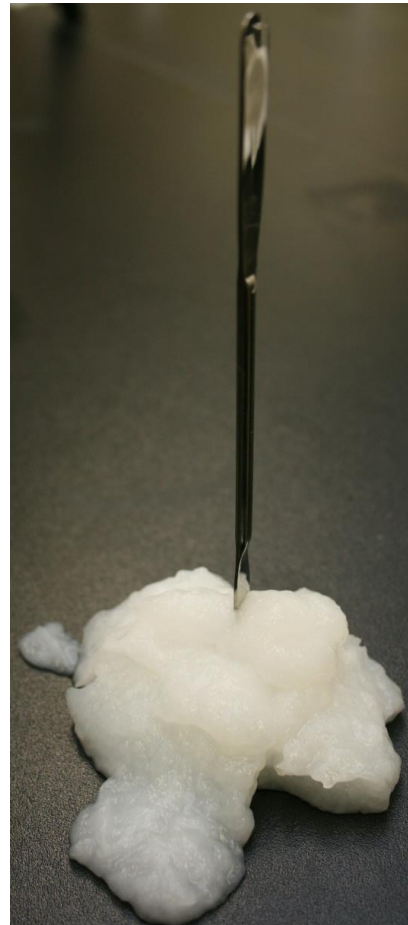


La nanocellulose: Mon labo (suite)

Pâte oxydée



Produit #1: Gel de nanofibres



Produit #2: Nanocellulose



La nanocellulose: Mon labo (suite)

Film de nanofibres (gel)

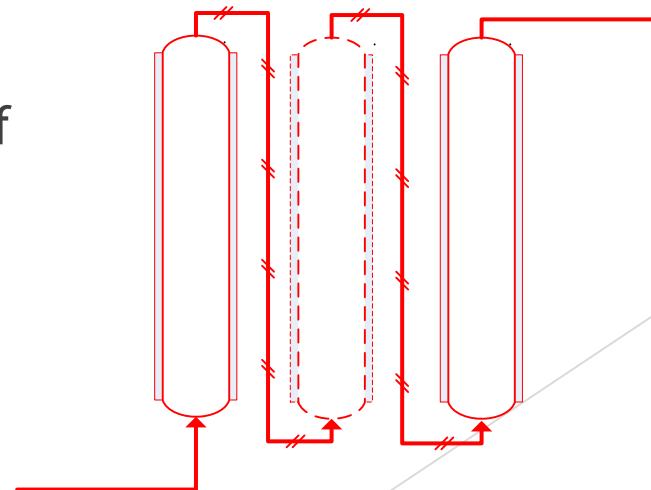


Film de nanocellulose



La nanocellulose: Mon labo (suite)

- ▶ Actuellement
 - ▶ Capacité de production de nanofibres du sonoréacteur est de 1kg/jour
- ▶ Mise à l'échelle industrielle pour avoir 1 Tm/jour possible à partir de notre pilote
 - ▶ 2 lignes de 90 réacteurs en série
 - ▶ 2 pompes seulement
 - ▶ Coût global de production très compétitif
- ▶ ***Il faut trouver une application!***

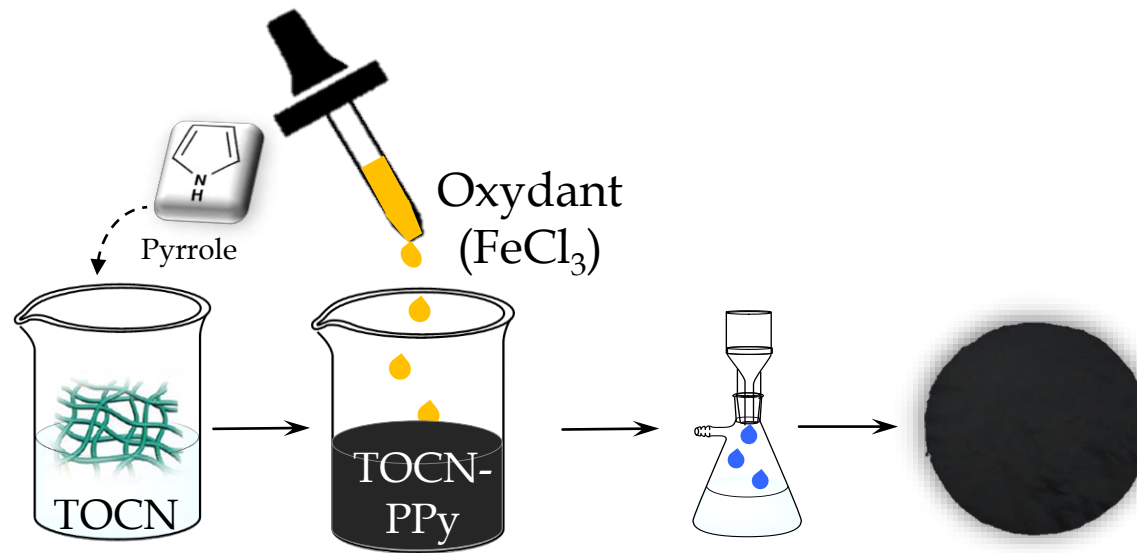


Applications développées

Films barrières, antibactériens
et/ou conducteurs d'électricité

Films conducteurs

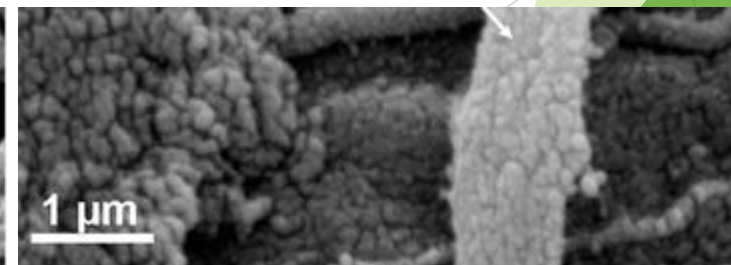
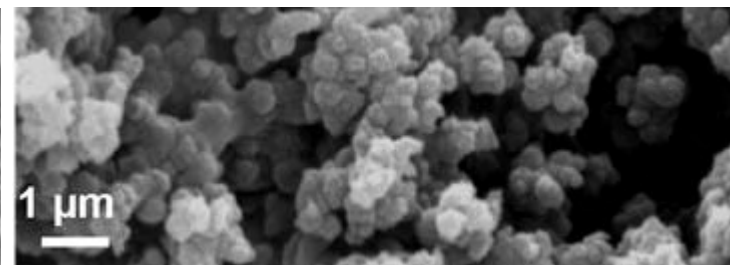
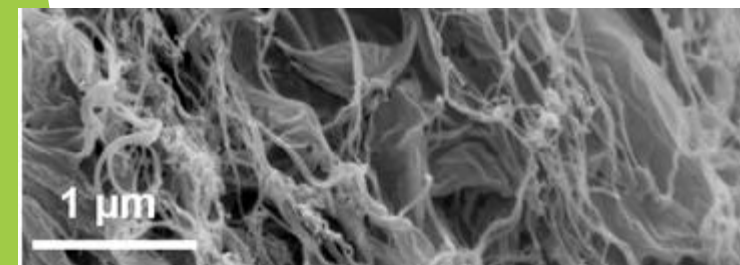
- TOCN avec ajout d'un polymère, le polypyrrole (PPy)



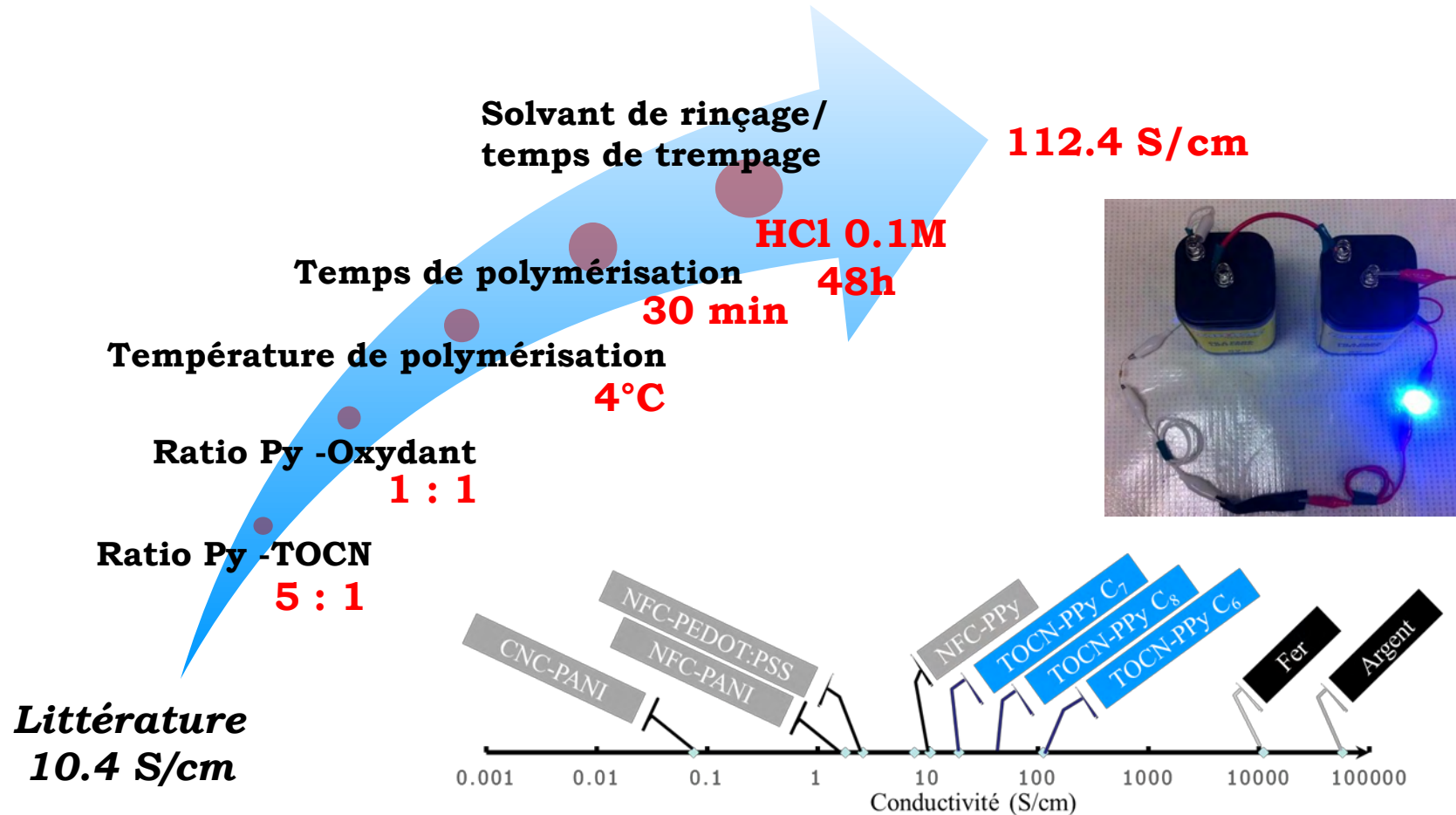
Nanofibres

Polypyrrole

Enrobage



Films conducteurs (suite)

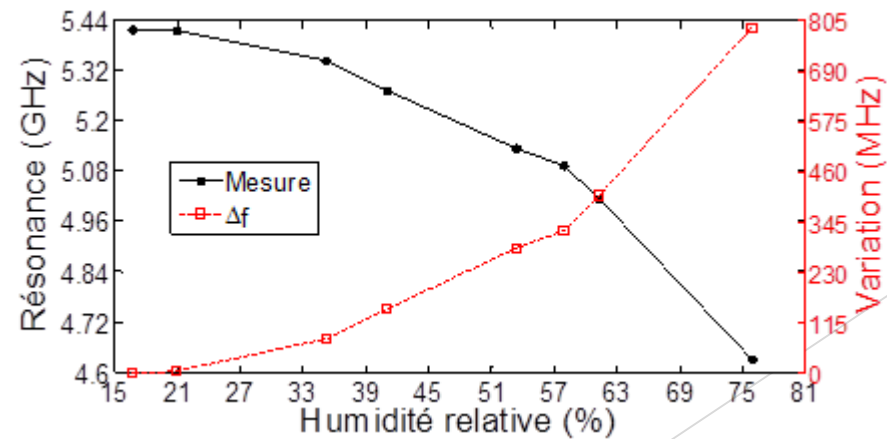
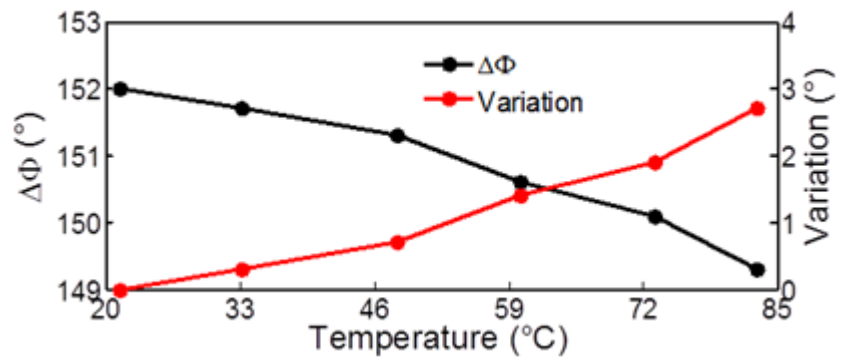
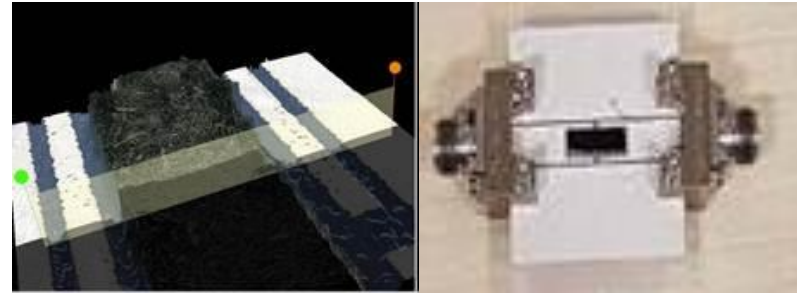


Bideau, B., Cherpozat, L., Loranger, E., Daneault, C. « Conductive nanocomposites based on TEMPO-oxidized cellulose and poly(N-3-aminopropylpyrrole-co-pyrrole) », Industrial Crops and products, 93, pp.139-141, December 2016.

Bideau, B., Loranger, E., Daneault, C. « Comparison of three polypyrrole-cellulose nanocomposites synthesis », Journal of advances in nanomaterials, 1:2, December 2016, pp. 105-114.

Films conducteurs (suite)

- ▶ Utilisation comme capteur environnemental sensible à la température et l'humidité!
 - ▶ Transmission par Radiofréquence (RF)



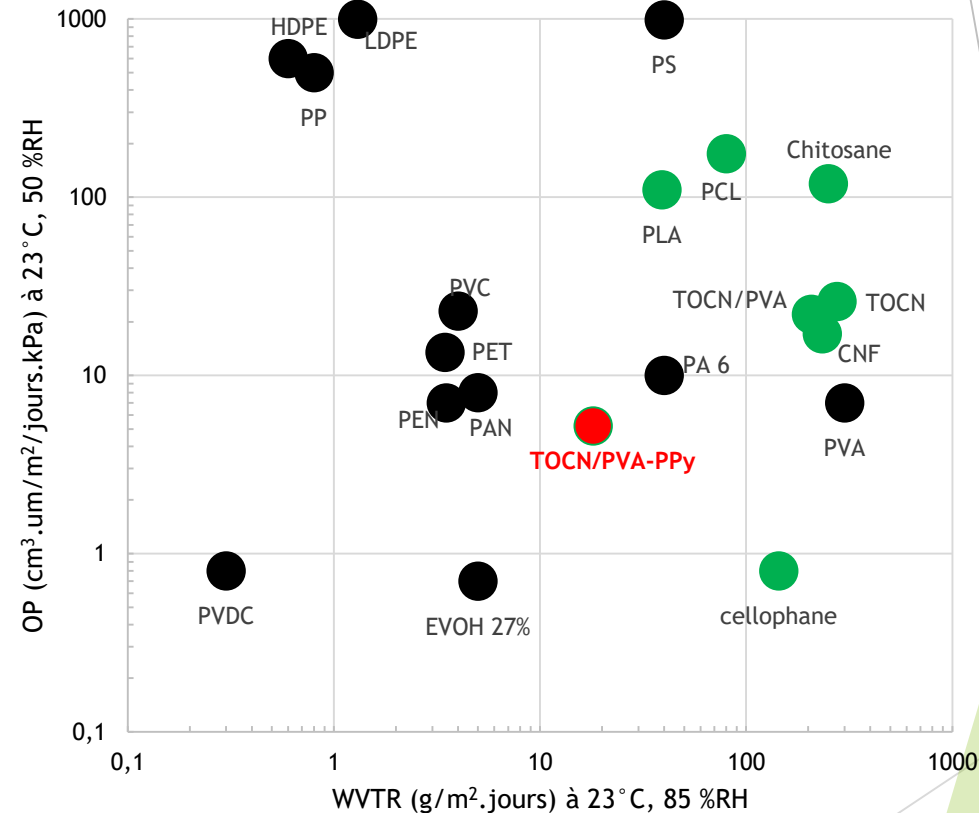
Films barrières

- TOCN + polypyrrole (PPy) avec ajout de polyvinyl alcool (EVOH)



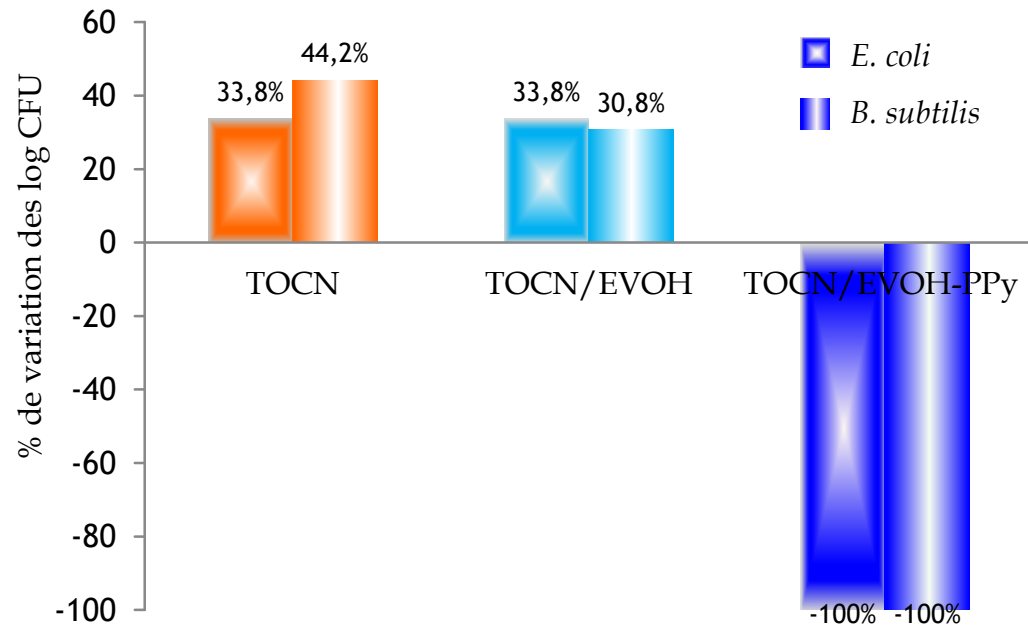
Films barrières (suite)

- ▶ Cellulose (TOCN) est sensible à l'humidité
- ▶ Confirmation que le Polypyrrole (PPy) confère une protection contre l'humidité (**rouge**), surtout pour une teneur en TOCN > 80%
- ▶ Bonnes propriétés barrière à l'oxygène
- ▶ Concurrencer certains plastiques (noir), surtout pour un matériau naturel (**vert**)

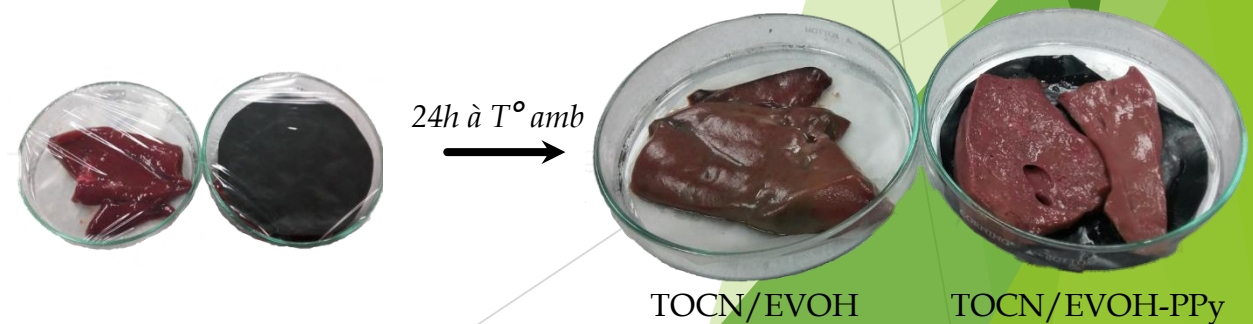


Films antibactériens

- ▶ Exactement les mêmes films que pour l'application barrière
 - ▶ Destruction de la totalité des bactéries testées
 - ▶ Effet bactéricide du PPy

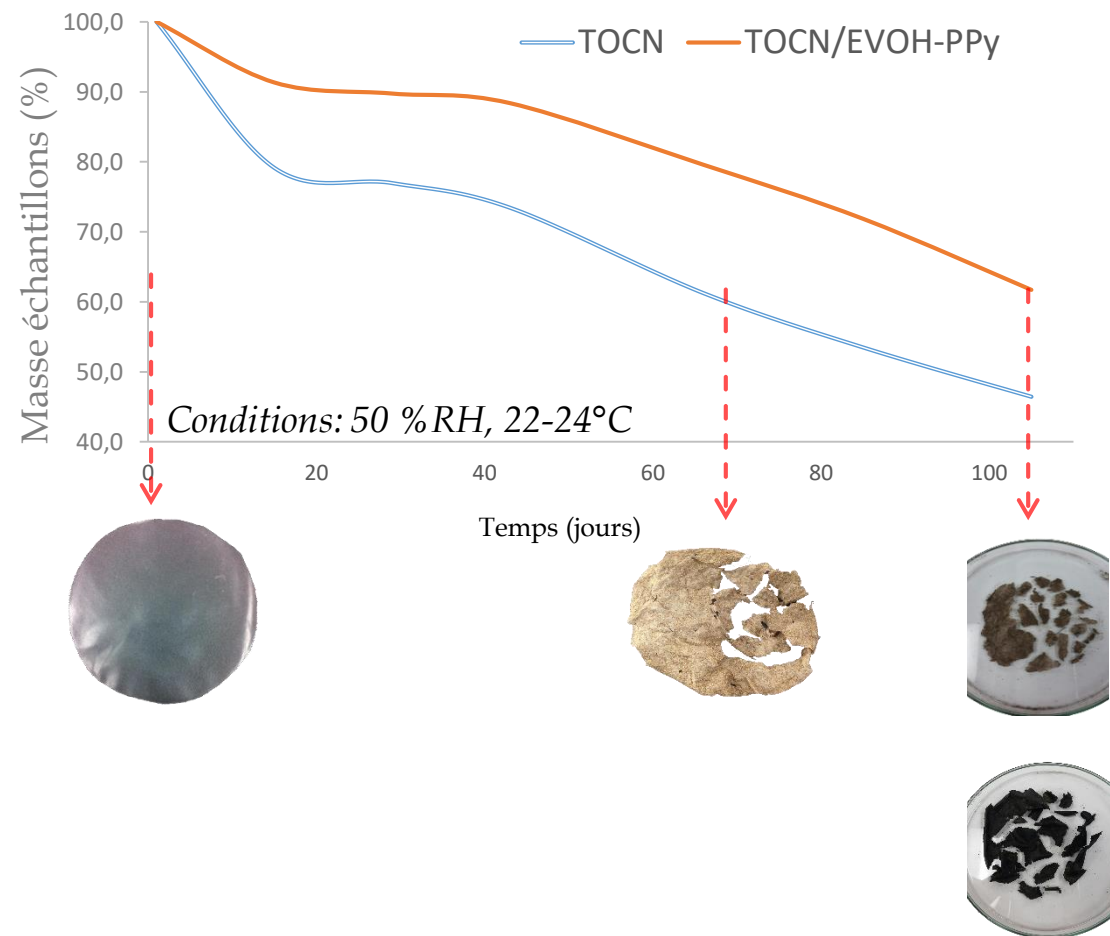


- ▶ Le foie garde une teinte relativement fraîche (pas de couleur verte ni d'odeurs), après une coupure de la chaîne du froid durant 24 h



Films antibactériens (suite)

- Dégradation de 40% après seulement 4 mois dans le sol



Films - Perspective dans le bâtiment

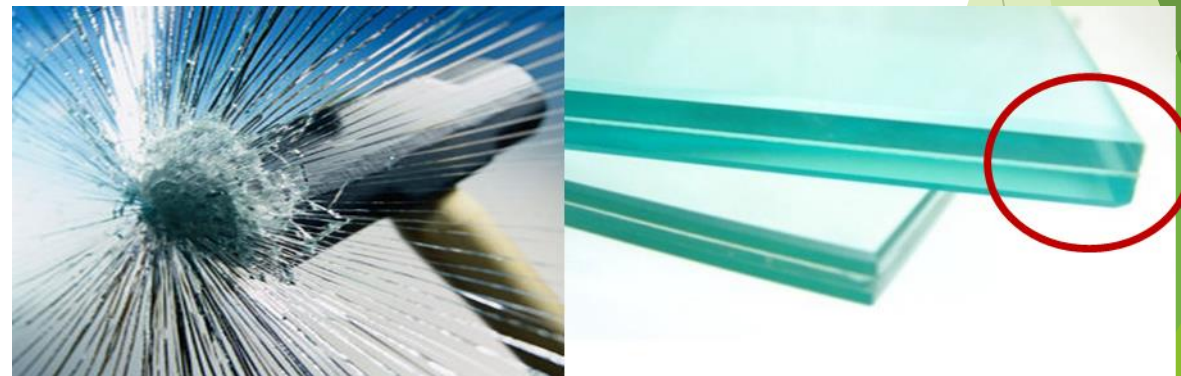
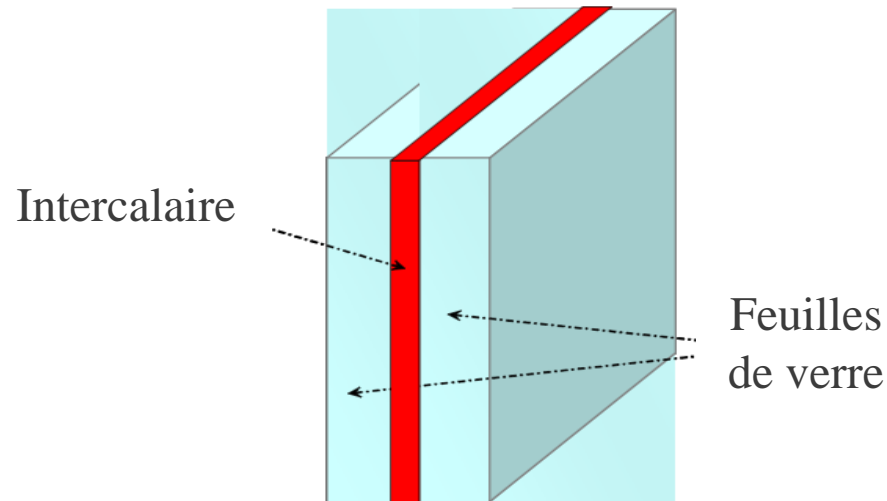
- ▶ **Pare-vapeur 2.0** (StormShield, TYVEK, etc.)
 - ▶ Partout où la couleur noire n'est pas vraiment un problème → Barrière, détecteur de fuite, antimoisissure, etc.
- ▶ Surface intérieure du **placoplatre ou du carton-fibre?**
- ▶ Essais actuels en laboratoire **comme peinture/revêtement**
 - ▶ Surfaces antibactériennes sur du bois (armoires, table, panneaux construction), des métaux et des plastiques → Pourquoi ne pas essayer avec du ciment/béton ou de l'asphalte...
 - ▶ Surfaces conductrices d'électricités (mur conducteur, cage de Faraday, etc.)
 - ▶ Surfaces barrières ± étanches → Directement sur les panneaux OSB de toi par exemple
- ▶ En général, on parle d'un NMT de 3
- ▶ Besoins: Des étudiants surtout et des partenaires industriels experts

Applications développées

Verre de sécurité et pare-balles

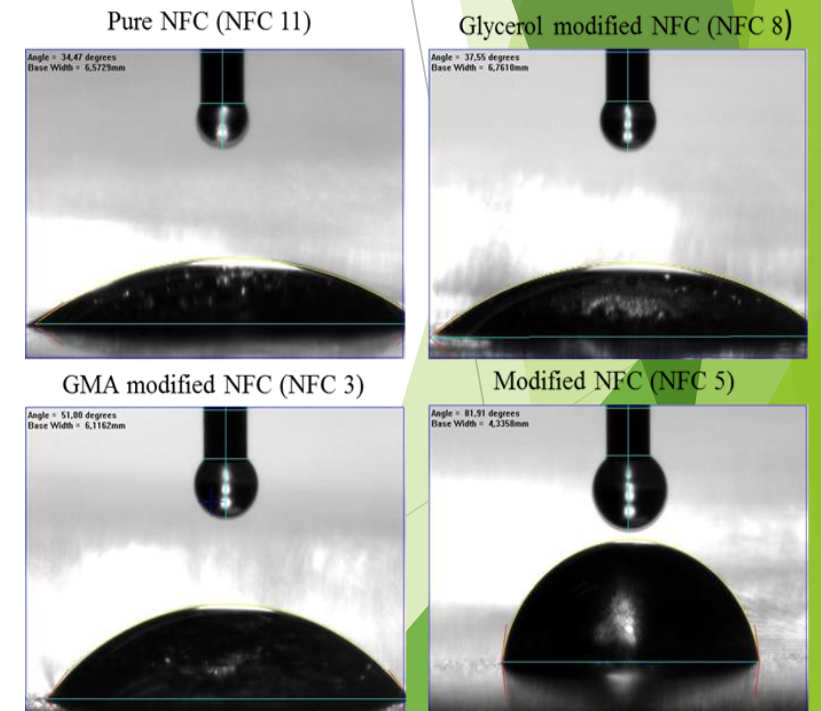
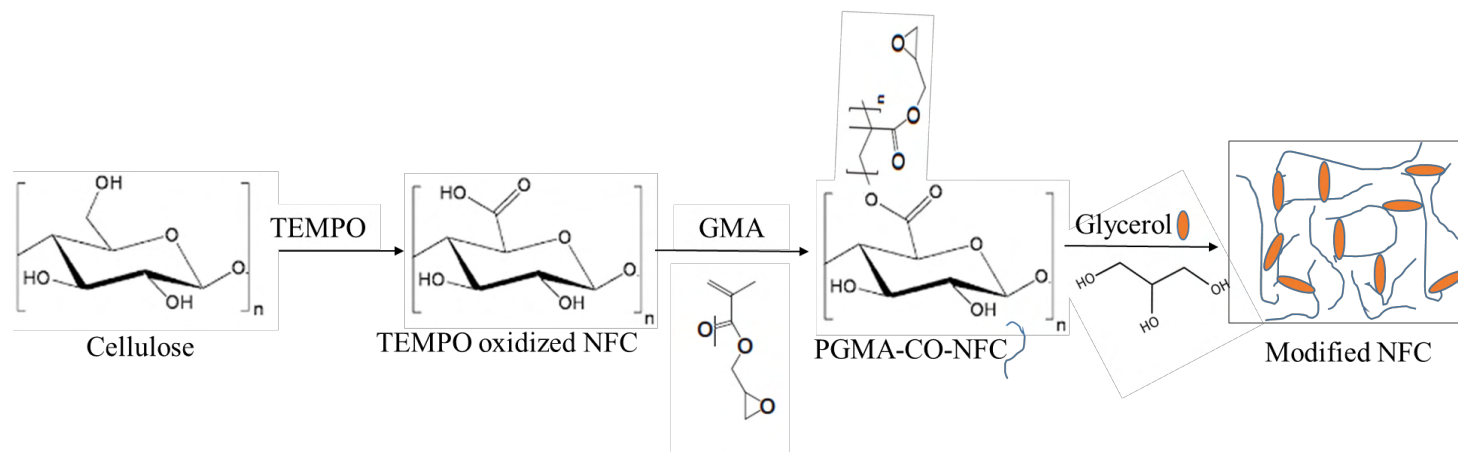
Verre de sécurité et pare-balles

- ▶ Actuellement, ils sont composés à partir de polyvinylbutyral (PVB), polyuréthane, polycarbonate, etc. Des thermoplastiques issus du pétrole...
- ▶ Et si on pouvait les remplacer par la nanocelulose?
 - ▶ Il y a un problème fondamental, elle adore l'eau (hydrophile) et par le fait même, déteste les surfaces hydrophobes (plastique et verre)



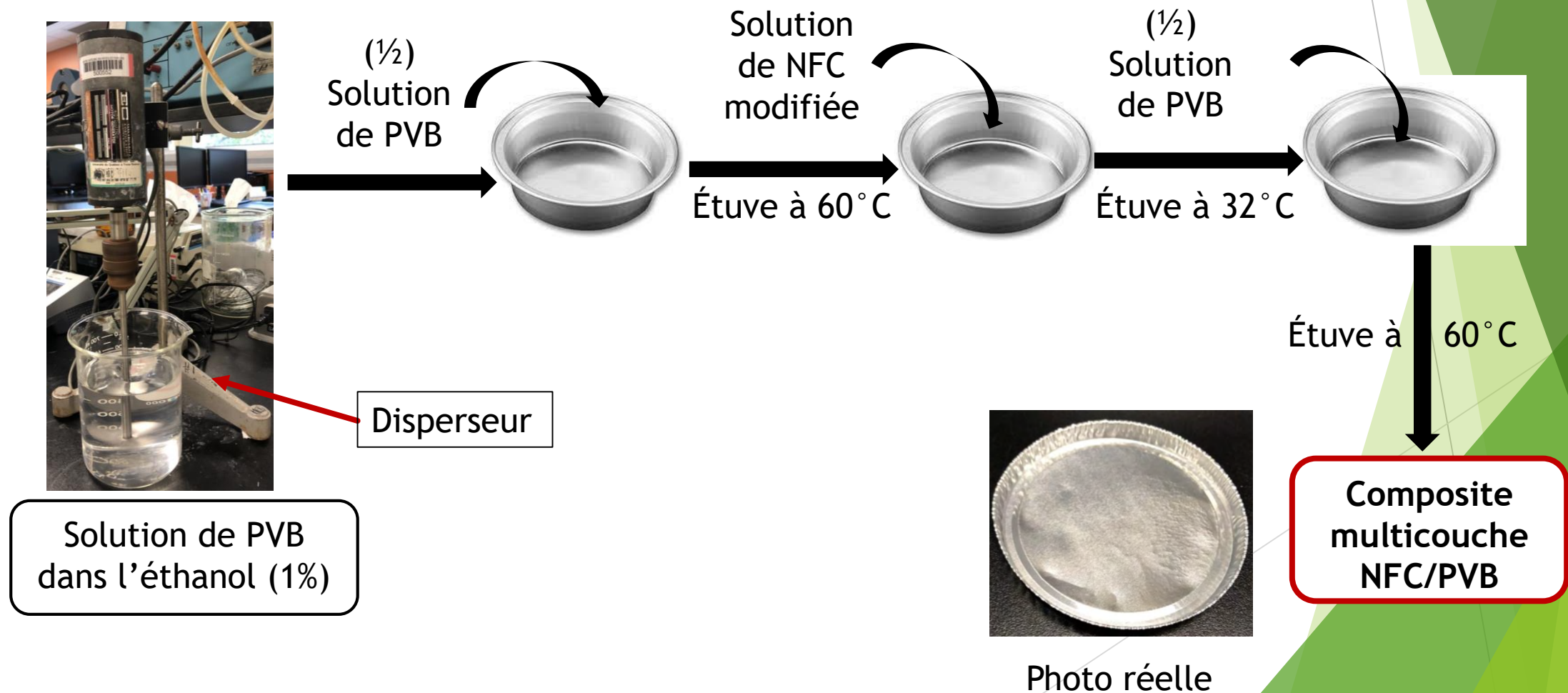
Verre de sécurité et pare-balles (suite)

- ▶ On doit donc faire une modification chimique de la surface des TOCN, avec du glycidyle méthacrylate (GMA) suivi par l'ajout d'un plastifiant (glycérol)



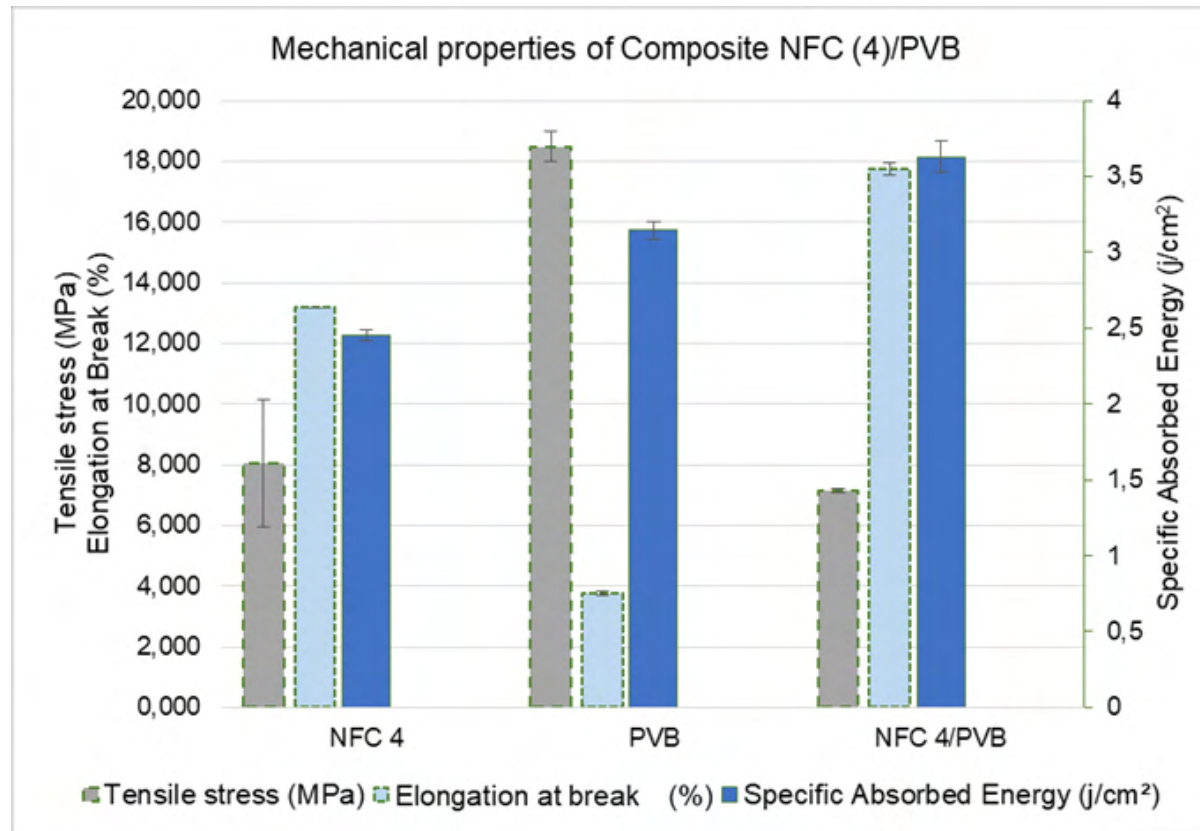
Verre de sécurité et pare-balles (suite)

- On doit aussi adapter la technique de fabrication...

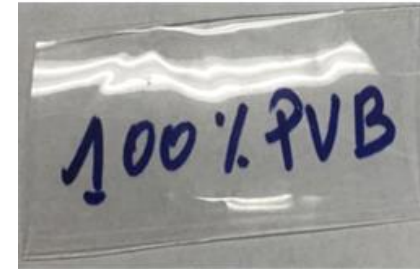


Verre de sécurité et pare-balles (suite)

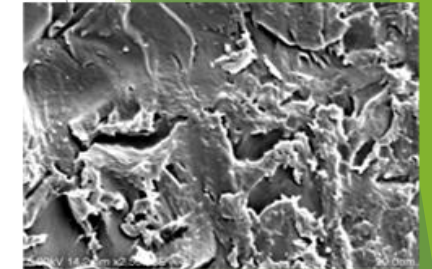
► Comparaison de l'intercalaire



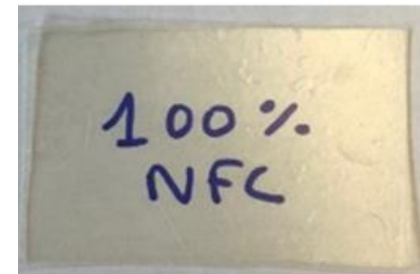
PVB



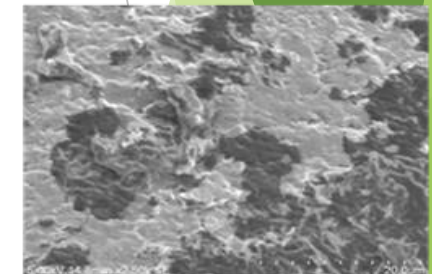
PVB



Modified NFC



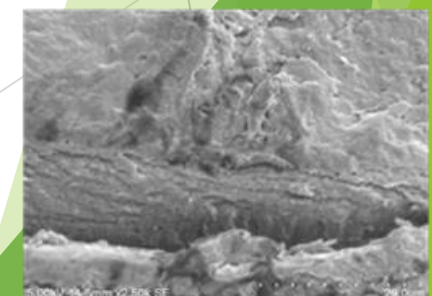
Modified NFC



NFC/PVB

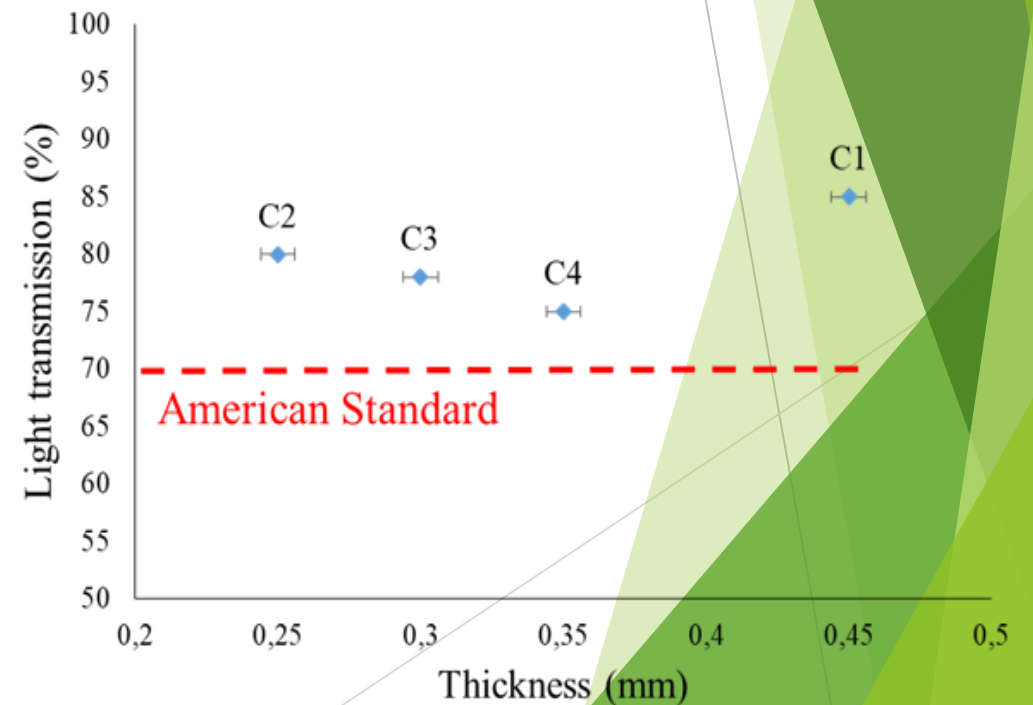
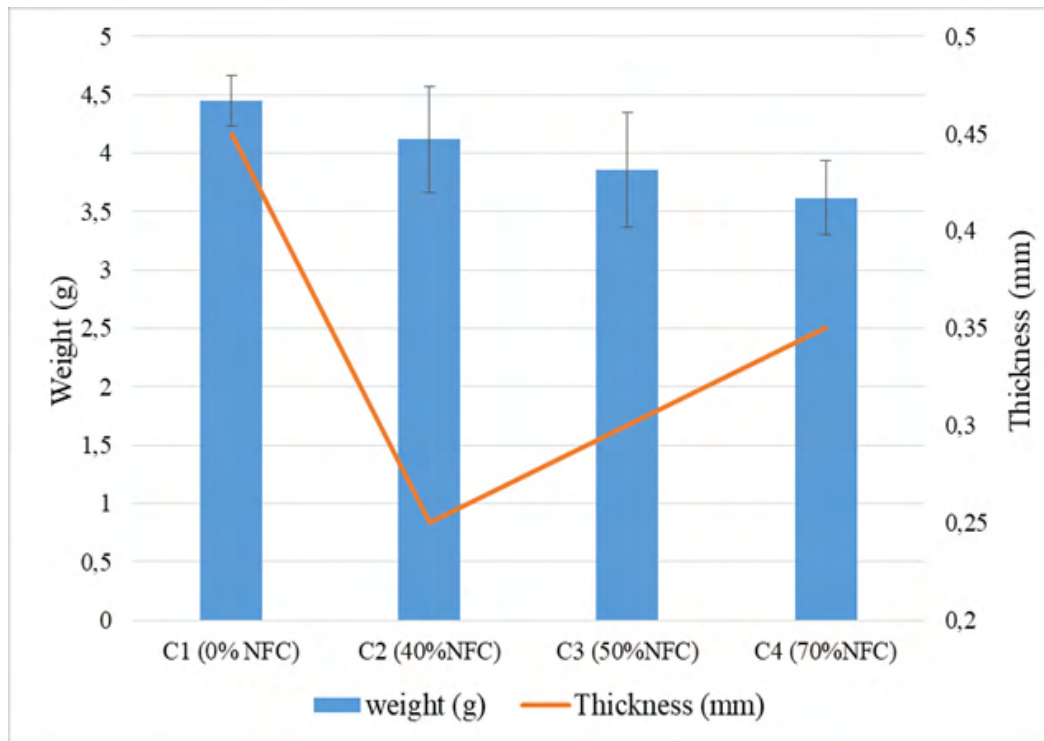


NFC/PVB



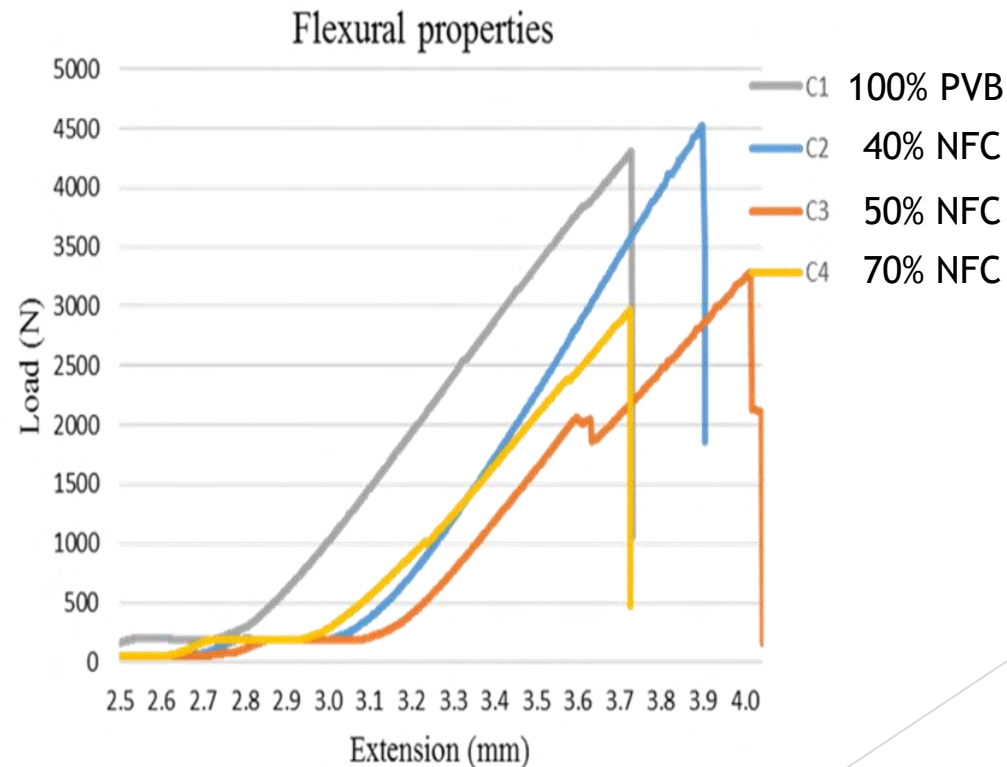
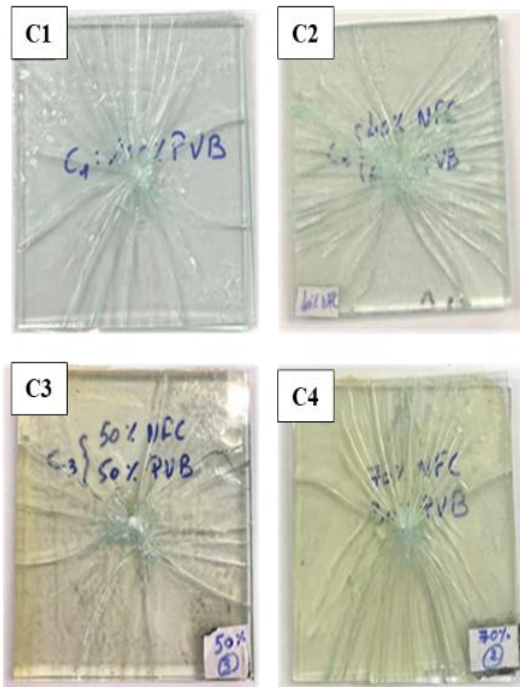
Verre de sécurité et pare-balles (suite)

- ▶ Dans un assemblage maintenant!
 - ▶ Gain de légèreté pour une transparence équivalente



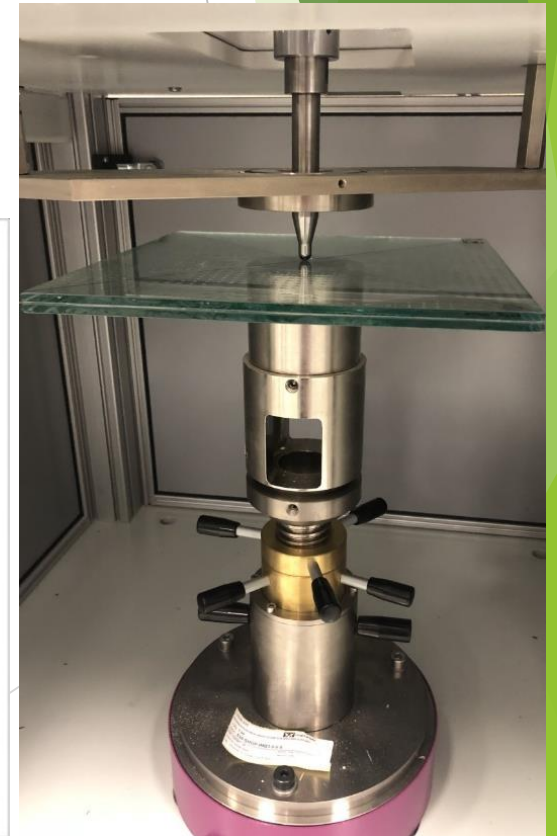
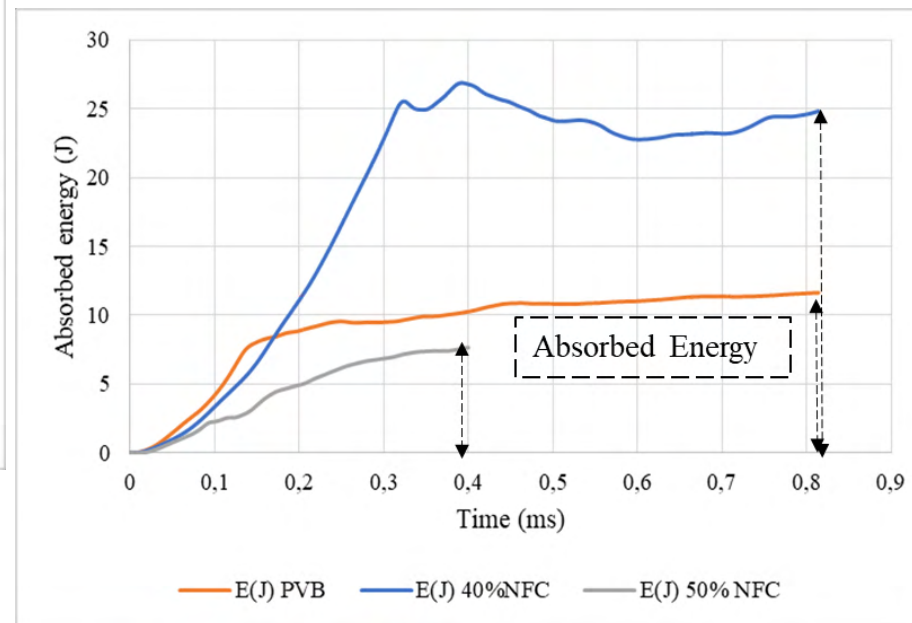
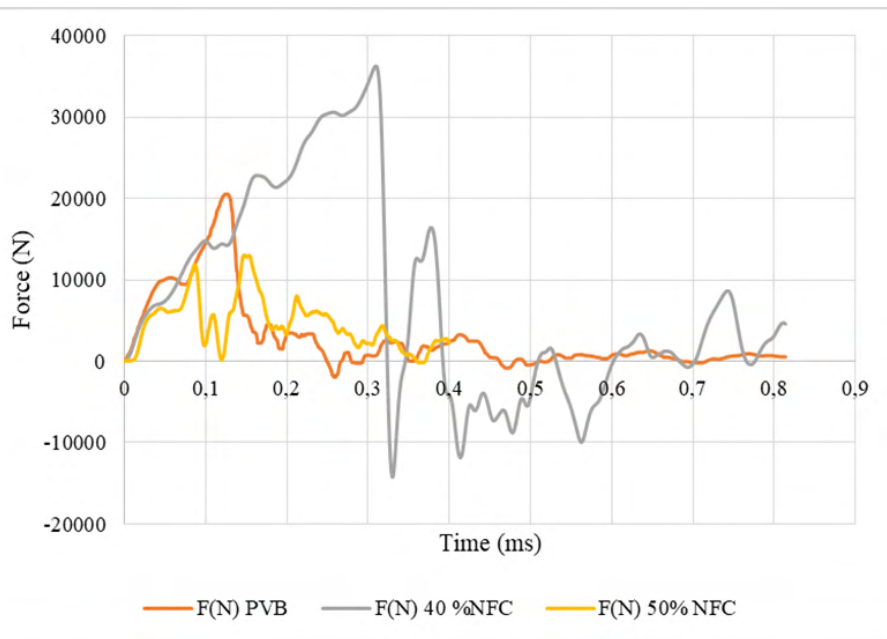
Verre de sécurité et pare-balles (suite)

- ▶ Dans un assemblage maintenant!
 - ▶ Essais à basse vitesse (statique)



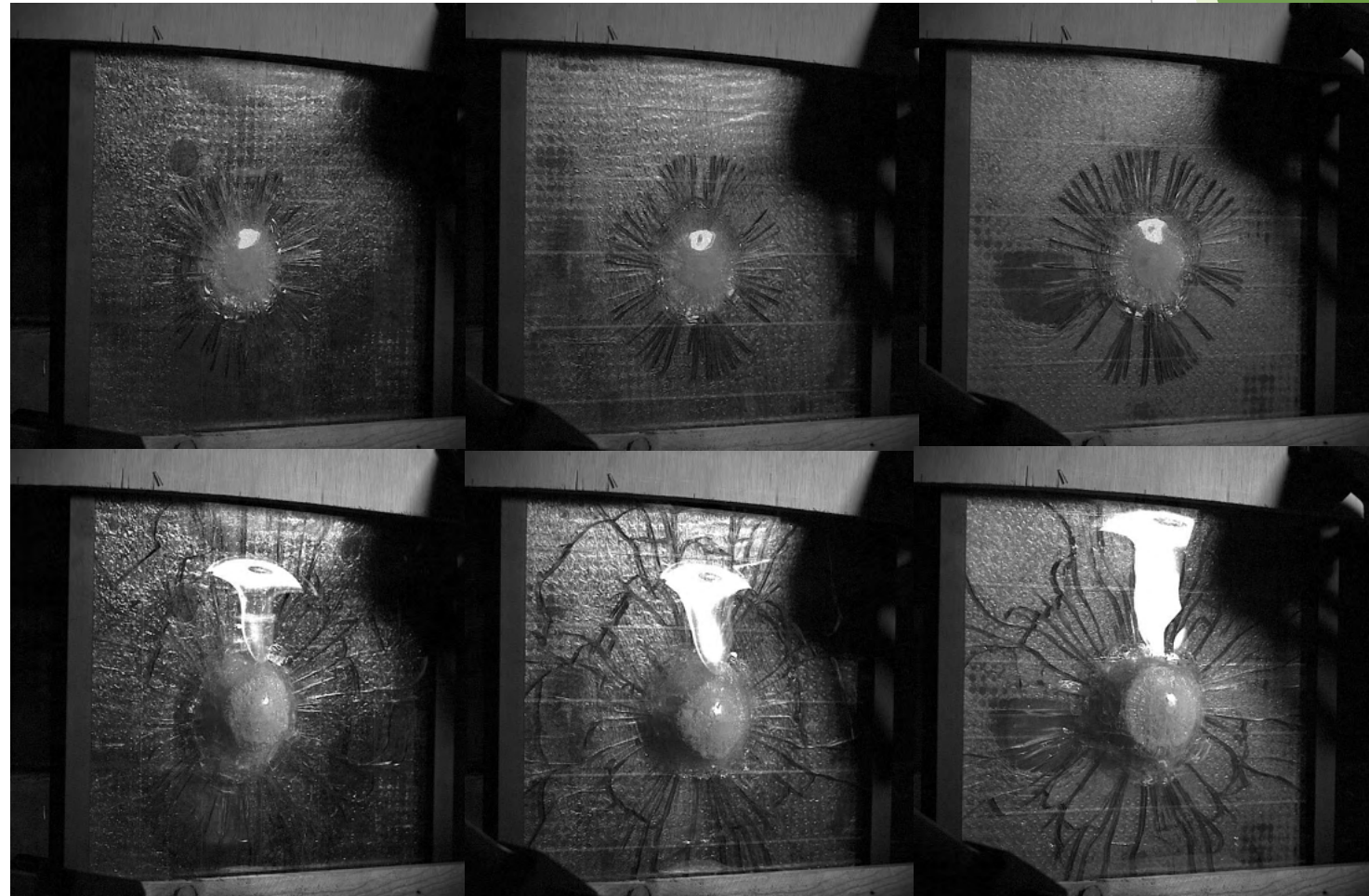
Verre de sécurité et pare-balles (suite)

- ▶ Dans un assemblage maintenant!
 - ▶ Essais à moyenne vitesse (puit de chute à 4 m/s)



Verre de sécurité et pare-balles (suite)

- ▶ Dans un assemblage maintenant!
 - ▶ Essais à tir réel à suivre...



Verre de sécurité et pare-balles- Perspective dans le bâtiment

- ▶ Applications verre de sécurité
 - ▶ Dans le transport → Dans notre cas, il est même plus léger!
 - ▶ Dans le commerce de détail, centre de détention, palais de justice, hôpital psychiatrique, banques
 - ▶ Dans le résidentiel pour les endroits à risques météo plus élevés (ouragans, etc.), les rampes de balcons en hauteurs, vitrage des gratte-ciels
- ▶ Application verre pare-balles
 - ▶ Dans les centres de détention, palais de justice, hôpital psychiatrique, banques, ambassades, etc.
 - ▶ Dans les transports → Limousine et autres véhicules blindés
- ▶ En général, on parle d'un NMT de 2-3
- ▶ Besoins: Des étudiants surtout et des partenaires industriels experts

Conclusions et perspectives

- ▶ L'application de la nanocellulose dans l'industrie de la construction ou de l'architecture est bel et bien possible, surtout en fonction du type fabriqué
- ▶ Le potentiel à court terme est fort probablement comme peinture/revêtement, couplé avec du polypyrrole, afin de faire des produits antibactériens et résistant à l'eau
- ▶ La production de film de grand format (rouleaux) reste encore à développer
- ▶ Le développement des verres feuilletés avance très bien...



Joindre I2E3

**I2E3 - Institut d'Innovations en Écomatériaux,
Écoproduits et Écoénergies**
À base de biomasse

Université du Québec à Trois-Rivières
3351, boul. des Forges
Trois-Rivières (Québec) Canada G8Z 4M3
Pavillon CIPP
Téléphone : 819-376-5011, poste 4501
Courriel : I2E3@uqtr.ca
Site web : www.uqtr.ca/i2e3

Me joindre

Eric Loranger, Ing., Ph.D
Codirecteur I2E3
Professeur titulaire, génie mécanique

Université du Québec à Trois-Rivières
3351, boul. des Forges
Trois-Rivières (Québec) Canada G8Z 4M3
Pavillon CIPP
Téléphone : 819-376-5011, poste 4518
Courriel : eric.loranger1@uqtr.ca
Site web : www.uqtr.ca/eric.loranger1