

**Elaboration, développement et études
de composants d'enveloppes super-isolantes
à base de silices ou de polyuréthanes nanostructurés**

(étude de faisabilité pré-industrielle)

A. Rigacci et P. Achard

**Equipe « Energétique, Matériaux & Procédés »
(Sophia Antipolis)**

ANR/PREBAT (2005)

ISOCOMP

(PCAS, CSTB, SIRIUS et EMP)

&

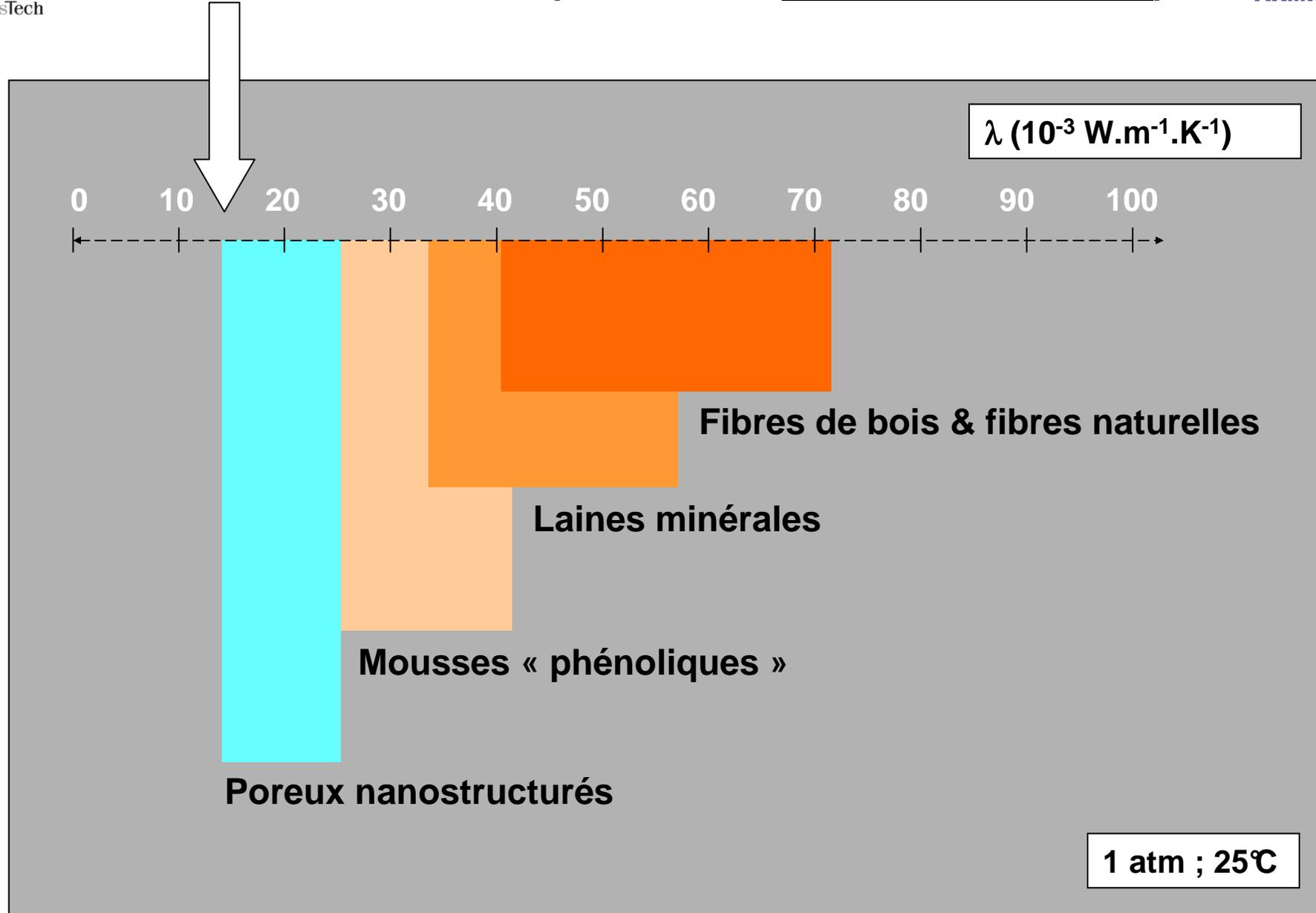
NANO-PU

(CSTB, EMAC, TBC et EMP)

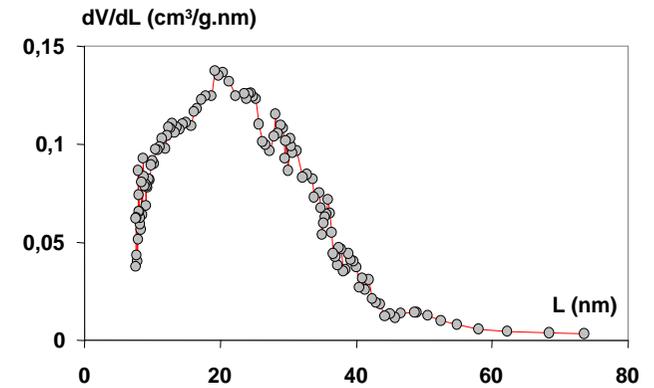
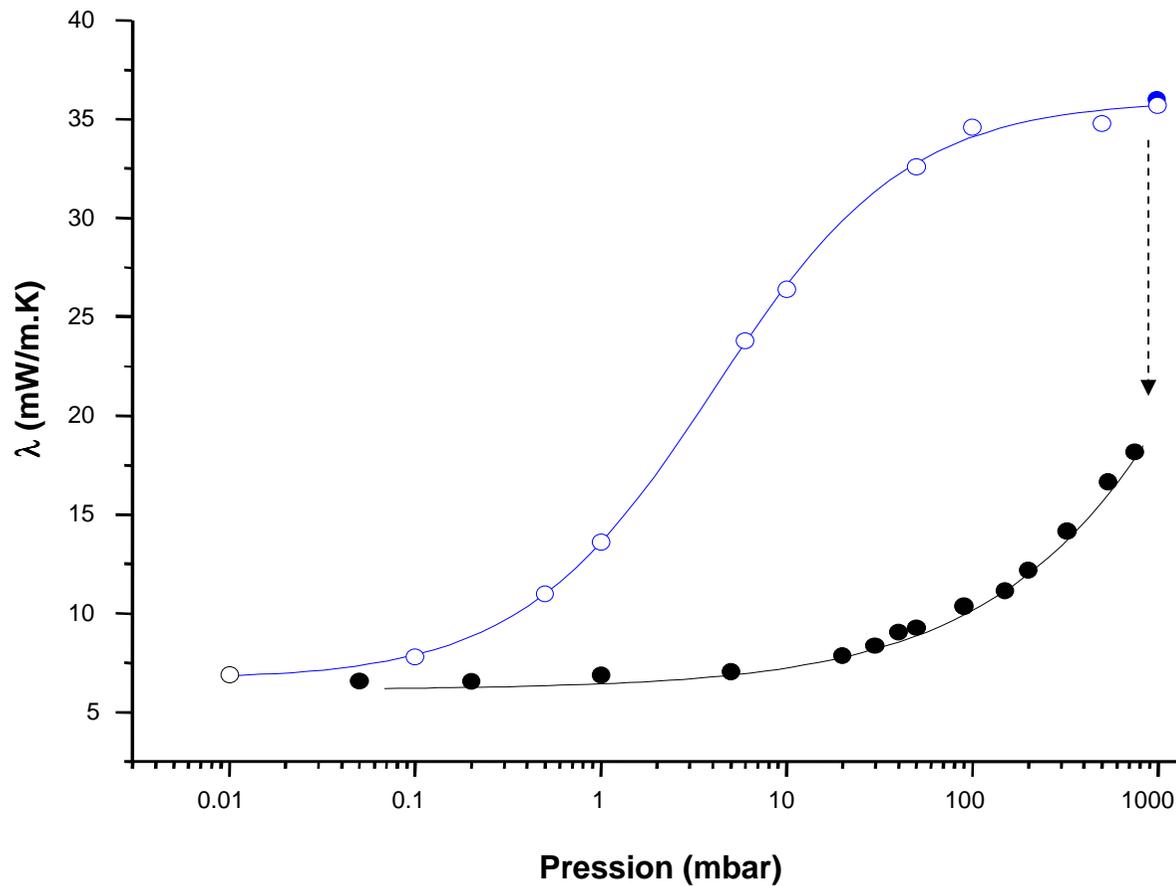
- 1. Contexte global**
- 2. *Zoom* ISOCOMP**
- 3. *Zoom* NANO-PU**

Matériaux super-isolants

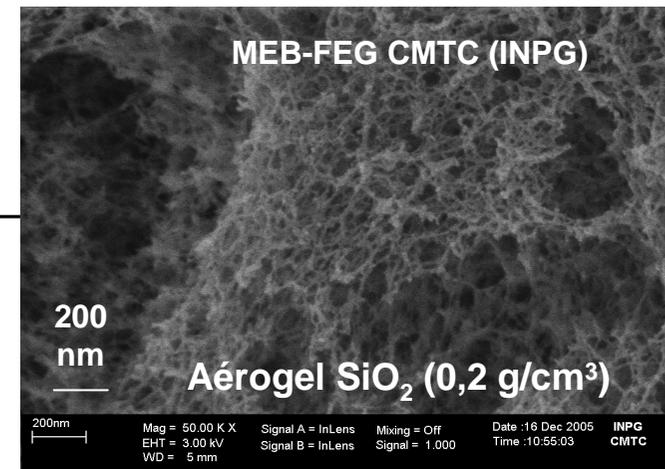
< 0,015 W/m.K (CNTP *i.e.* sans vide partiel)



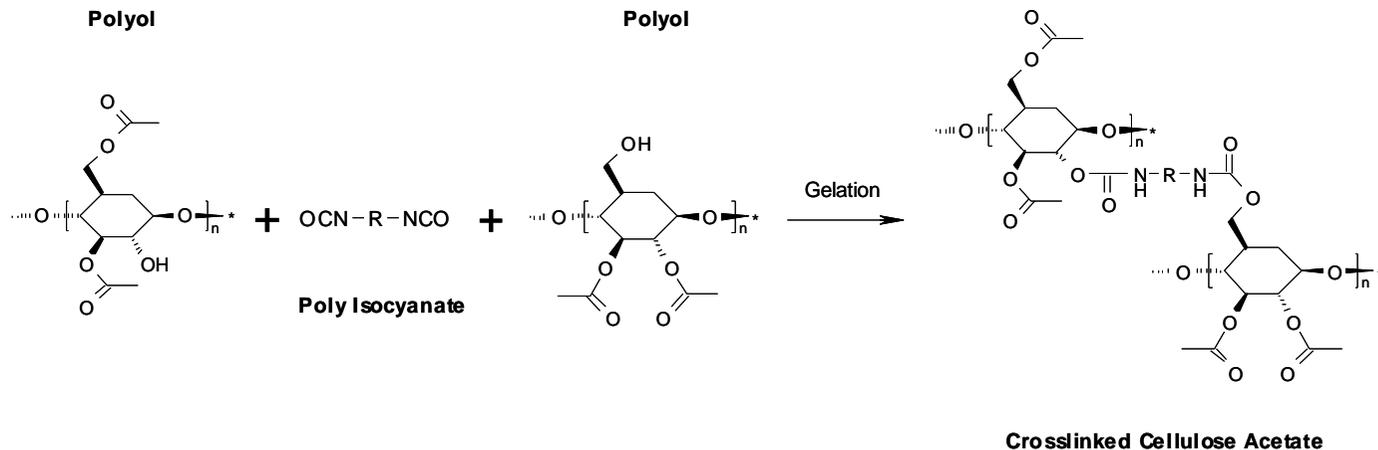
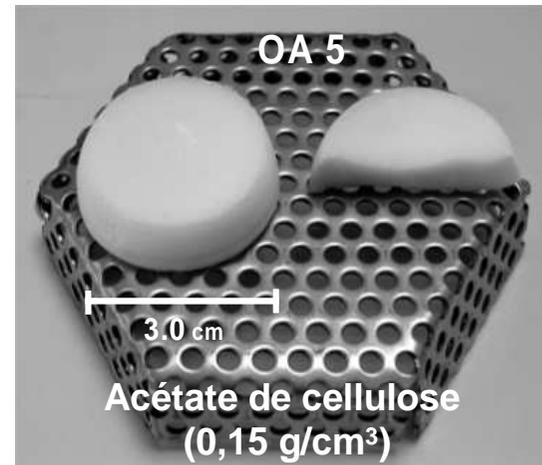
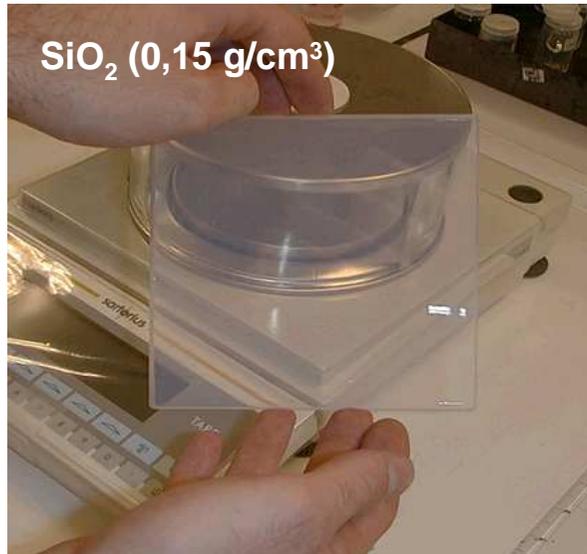
Les matériaux de type aérogels



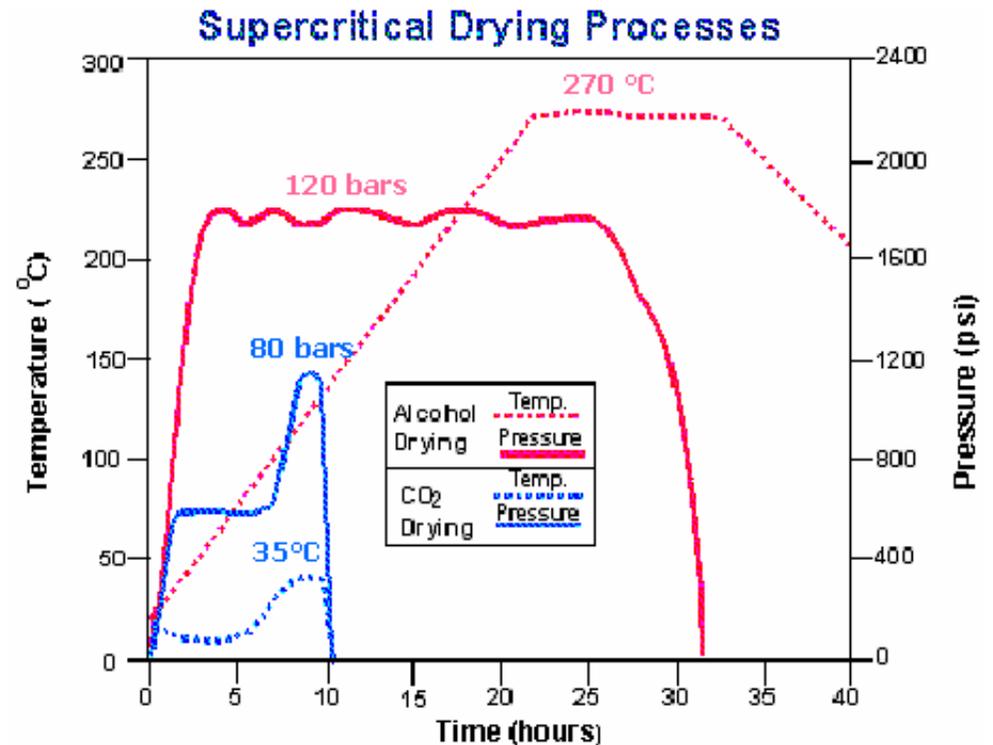
Aérogel SiO₂



- De l'inorganique à l'organique en passant par les hybrides
- Du monolithique aux couches minces *via* les matériaux finement divisés



- Des propriétés mécaniques « faibles »
($\sigma \sim 0,1 \text{ Mpa}$ pour $\rho \sim 0.15 \text{ g/cm}^3$)
- Une étape de séchage « délicate » :
généralement, en conditions supercritiques (CO_2)



Le projet ISOCOMP :

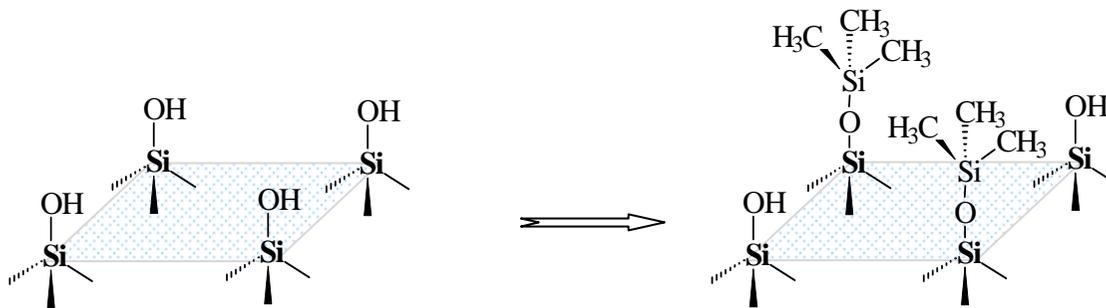
Des super-isolants flexibles (par évaporation)

(36 mois : janvier 2006 – décembre 2008)

- Un procédé sub-critique d'élaboration de silices nanostructurées, légères, super-isolantes & hydrophobes

0,15 g/cm³, 0,015 W/m.K et $\Delta m_{H_2O} < 4\%$ (95%HR, 20°C)

- 1) Synthèse sol-gel dans l'isopropanol (IPA)
- 2) Silylation dans l'IPA à 60°C



- 3) Séchage évaporatif à 60°C

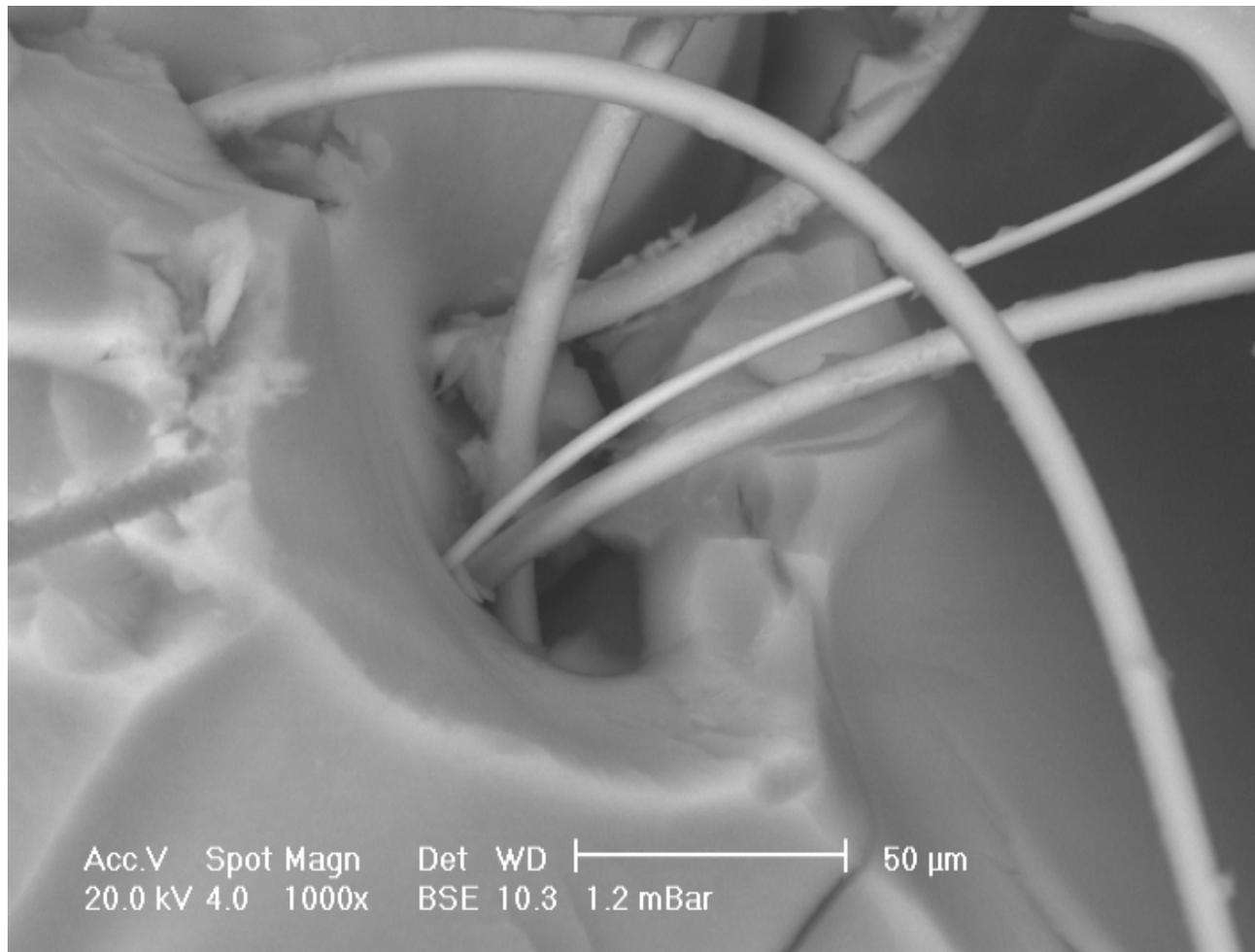
(Thèse A. Bisson, EMP, septembre 2004)

- Production PCAS à échelle pré-industrielle (*batch* ~ 1 m³) mais ... limitée aux matériaux divisés.

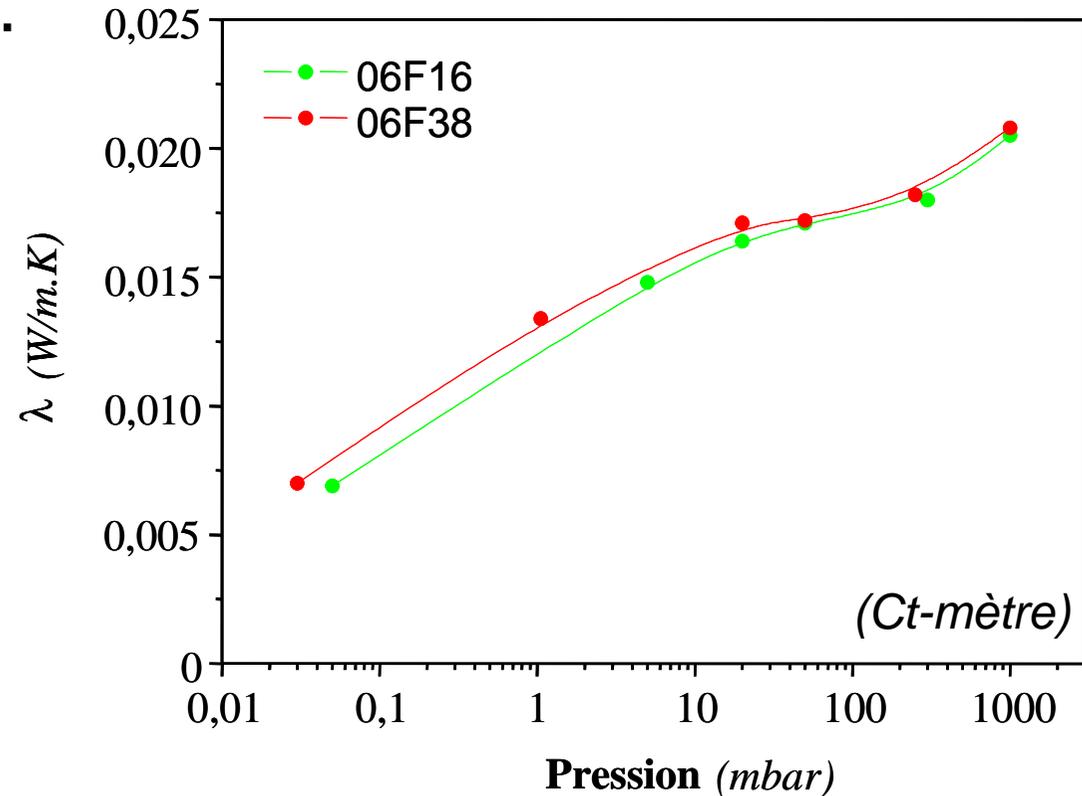


Le développement « laboratoire » des premiers *blankets*

**Imprégnation d'un réseau fibreux non-tissé
par le sol de silice (puis silylation et évaporation)**



**Aussi bien
au niveau du xérogel ...**



... que du composite.

$e = 4 \text{ mm}, \lambda = 0,013 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

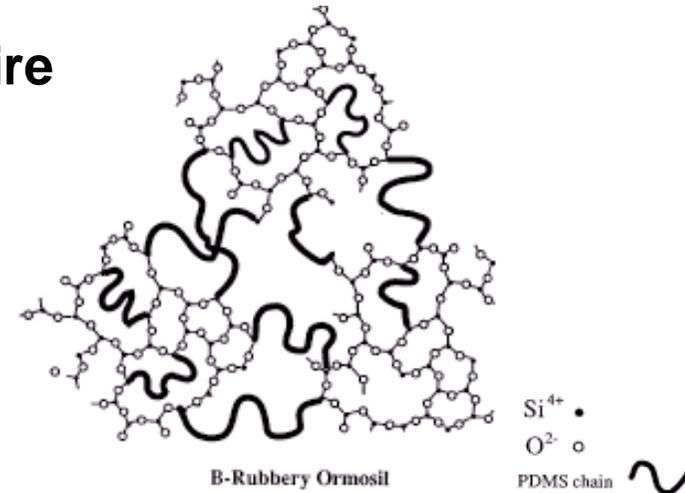
$e = 9 \text{ mm}, \lambda = 0,015 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

(μ-fluxmètre)



0. **Transfert à échelle pré-industrielle**

1. **Optimisation à échelle laboratoire**
(voie Ormosil, ...)



2. **Etude des gains énergétiques** (modélisations/simulations)

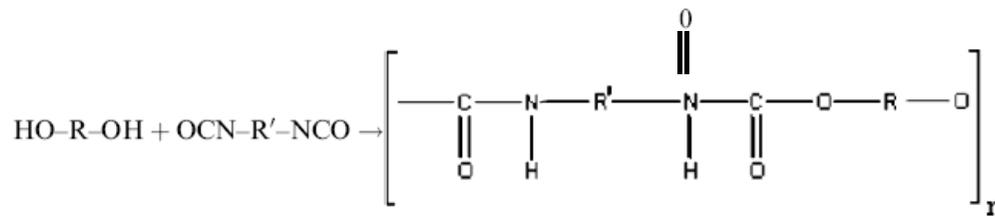
3. **Impacts environnementaux** (ACV et impacts sanitaires)

Le projet NANO-PU :

***Des super-isolants
mécaniquement « forts »
(par cryodessiccation)***

(18 mois : janvier 2006 – juillet 2007)

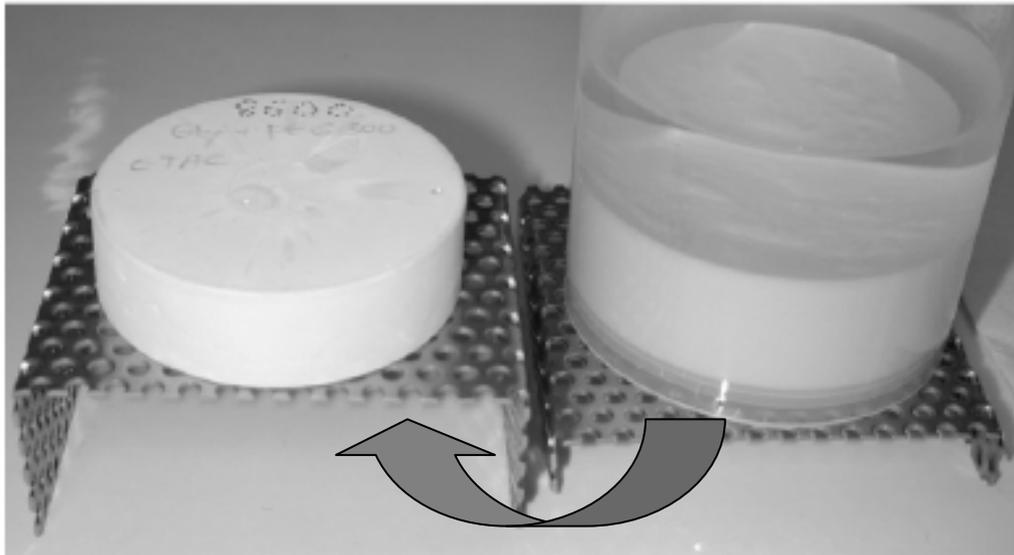
Un procédé super-critique d'élaboration de polyuréthanes nanostructurés, légers, super-isolants & hydrophobes



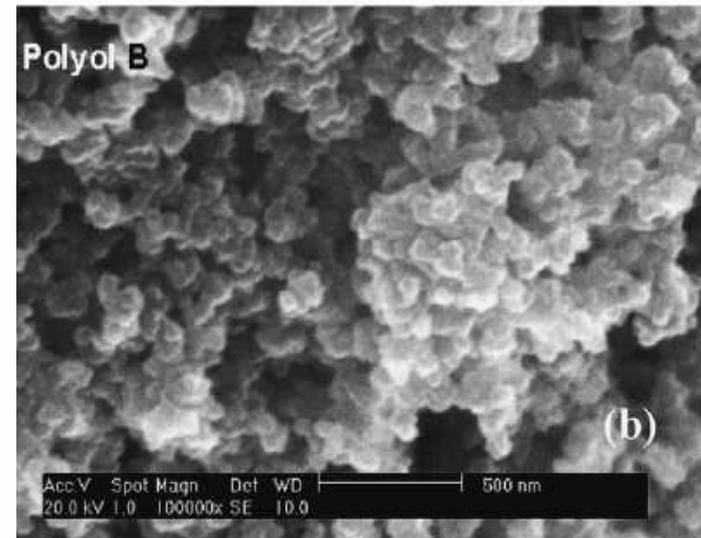
$$\rho = 0,15 \text{ g/cm}^3,$$

$$\lambda = 0,022 \text{ W/m.K}$$

$$\Delta m_{\text{H}_2\text{O}} < 2\% \text{ (65\%HR, 20}^\circ\text{C)}$$

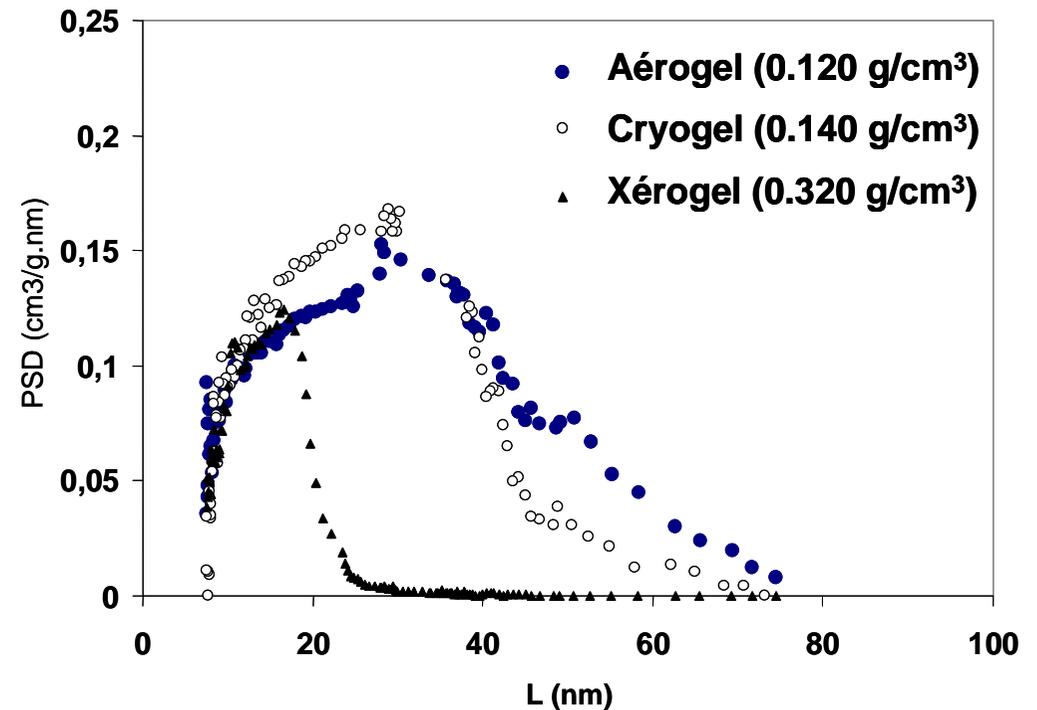


Séchage CO₂ supercritique



Le développement « laboratoire » d'un procédé de *freeze-drying*

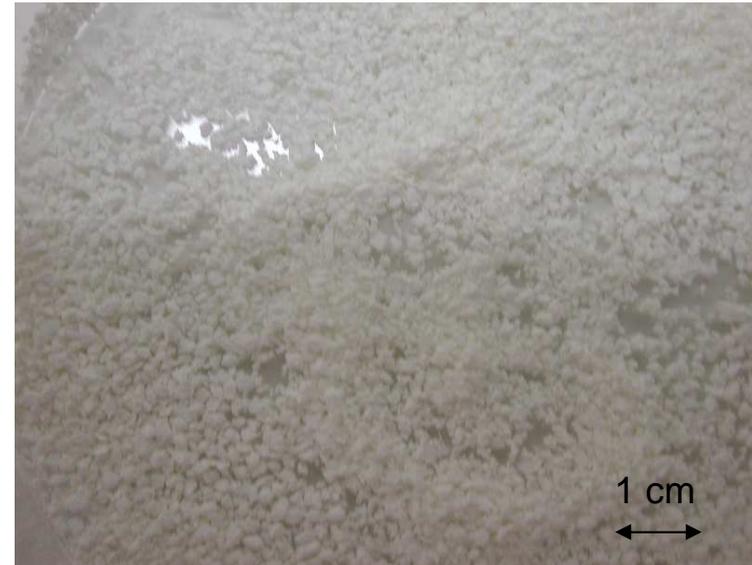
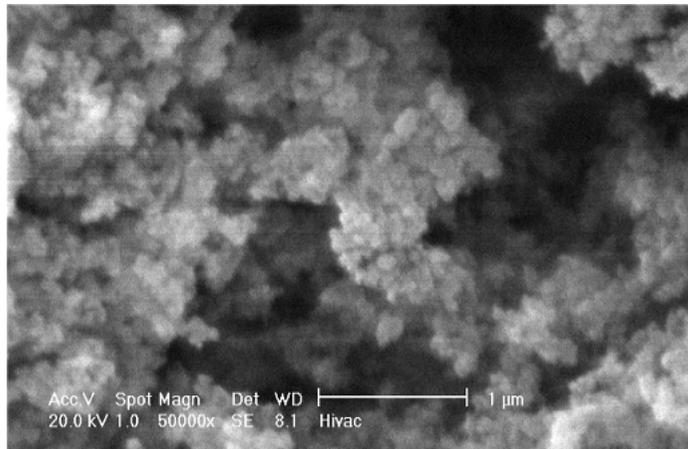
Lavage au cyclo-hexane, congélation à -20°C et 1 mb ar,
Réchauffage jusqu'à l'ambiante ($\sim 2,5^{\circ}\text{C/h}$)



$$\lambda = 0,025 \text{ W/m.K (calcul à partir } C_p \text{ et } a)$$

0. **Elaboration de plus grands volumes** (*sous forme divisée*)

1. **Optimisation
à échelle laboratoire**
(macroporosité)



2. **Finalisation de l'étude de marché**

3. **Plan de développement pré-industriel**

***Vers une convergence
des projets
ISOCOMP & NANO-PU ?***

**Les hybrides inorganiques-organiques
(SiO₂ / PU)**

(Elargissements envisagés FP7 et/ou PREBAT 2007)

REMERCIEMENTS



ISOCOMP



Pierre Ibizian et Bruno Peuportier



Pierre Bonnardel, Marina De Candido, Régis Pecquet



Hébert Sallée, Daniel Quenard



Mireille Tantot-Neirac



NANO-PU



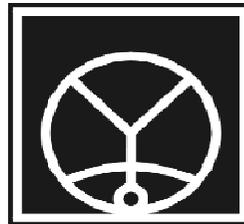
Jean-Charles Maréchal



Pierre Ibizian



Bruno Ladevie



Centre de Recherche

JBC

**Clara Ferrer
Anne-Séverine Consalès
Jean-Pierre Loustau**



ISOCOMP & NANO-PU

**Ces projets de recherche sont financés
par l'ANR**

**gérés et suivis
par l'ADEME**

(Samira KHERROUF)