



# PERENCAP



**Pérennité de l'encapsulation de cellules solaires flexibles :  
vieillessement sous l'impact de la lumière des couches organiques polymères,  
hybrides et nanocomposites utilisées pour l'élaboration de structures ultra-barrières**

*Responsable scientifique : Jean-Luc GARDETTE*

➔ **Laboratoire de Photochimie Moléculaire et Macromoléculaire (LPMM),**  
UMR 6505, Clermont Université, Université Blaise Pascal 63173 AUBIÈRE

GARDETTE Jean-Luc (Pr)  
THÉRIAS Sandrine (CR)  
RIVATON Agnès (DR)  
GAUME Julien (doctorant)

➔ **Laboratoire des Composants Solaires (LCS),**  
CEA/DRT/LITEN/DTS/LCS, BP 332,  
50 avenue du Lac Léman  
73370 LE BOURGET DU LAC

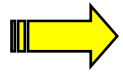
CROS Stéphane (IR)  
GUILLEREZ Stéphane (IR)



***Bilan à mi-parcours***



### Amélioration de la durée de vie des cellules solaires organiques flexibles

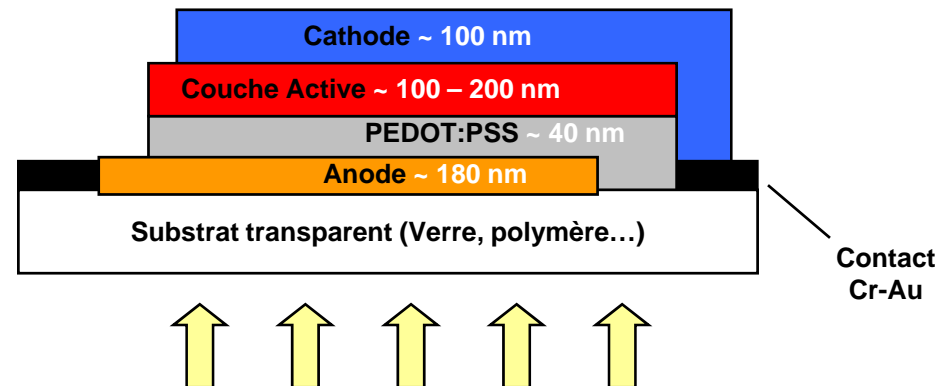


Marchés du nomade civil et militaire



#### *Cellule photovoltaïque organique*

Rendement de conversion acceptable  
(5-6%)  
pour des applications nomades



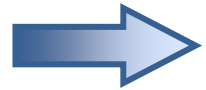
**Lumière**

Etude de la durabilité sous illumination de la couche active  
dans le cadre de deux thèses au LPMM  
(Sylvain Chambon (2006) et Matthieu Manceau(2009))

#### **Verrou au développement**

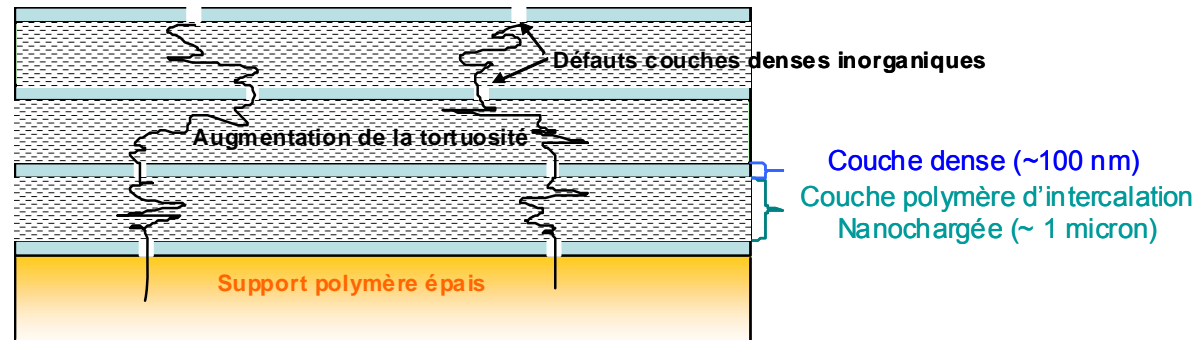
Faible résistance aux contraintes environnementales : eau, oxygène et rayonnement solaire





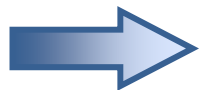
## Développement de matériaux d'encapsulation performants et durables

Structures ultra-barrières multicouches obtenues par alternance de couches inorganiques et de couches organiques



### Propriétés requises

- barrière à l'oxygène et à l'eau
- transparent dans le visible
- flexibilité



**maintien des propriétés en cours de fonctionnement**

**Thèse de Julien Gaume (2008-2011)**

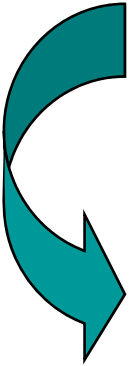
(allocation **MESR** sur thème scientifique prioritaire)

*Etude du photovieillissement de matériaux nanocomposites pour l'encapsulation de cellules solaires organiques*

**Couche polymère d'intercalation nanochargée (LPMM)**

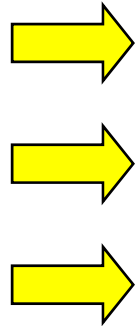
Insertion de nanocharges à facteur de forme élevé dans la structure multicouche

Influence sur les propriétés barrière avant et après vieillissement accéléré

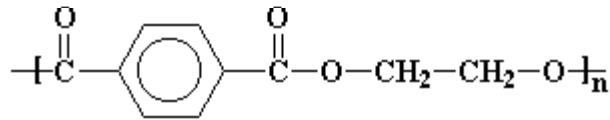
- 
- ◆ Comportement photochimique du polymère nanochargé
  - ◆ Etude en présence de faible pression d'O<sub>2</sub>
  - ◆ Propriétés barrière initiales et au cours du vieillissement
  - ◆ Durabilité du multicouche



## Déroulement du projet PERENCAP

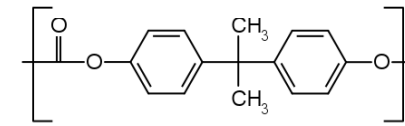


Tâches	année 1						année 2						année 3					
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Tâche 1	Etat de l'art, choix des matériaux																	
Tâche 2	Mise en œuvre des matériaux "vierges" et nanochargés et caractérisation des propriétés																	
Tâche 3	Vieillessement sous irradiation lumineuse des matériaux de la tâche 2																	
Tâche 4	Vieillessement photochimique des structures multicouches et évolution de leurs propriétés fonctionnelles																	
Tâche 5	Evolution des propriétés photoélectriques dans les conditions de fonctionnement des cellules																	



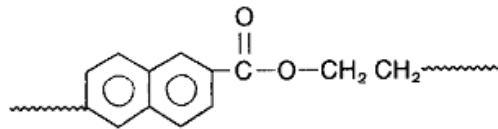
3 types de PET :

- PET Melinex 401 (Dupont), 50  $\mu\text{m}$ .
- PET Toray U34, 100  $\mu\text{m}$ : modification chimique de surface.
- PET Melinex HCSTX1 (Dupont), 175  $\mu\text{m}$ : revêtement de silice sur une face.



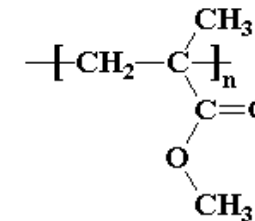
2 types de PC :

- PC Makrofol DE 1-1 (Bayer), 125  $\mu\text{m}$ .
- PC Makrofol LP 1202 (Bayer), 125  $\mu\text{m}$ : PC haute température.



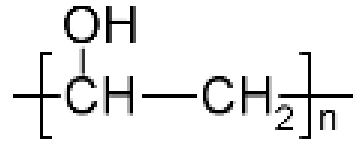
2 types de PEN :

- PEN Teonex HCQ6Z1 (Dupont), 125  $\mu\text{m}$ : revêtement de silice sur une face.
- PEN classique, 125  $\mu\text{m}$ .

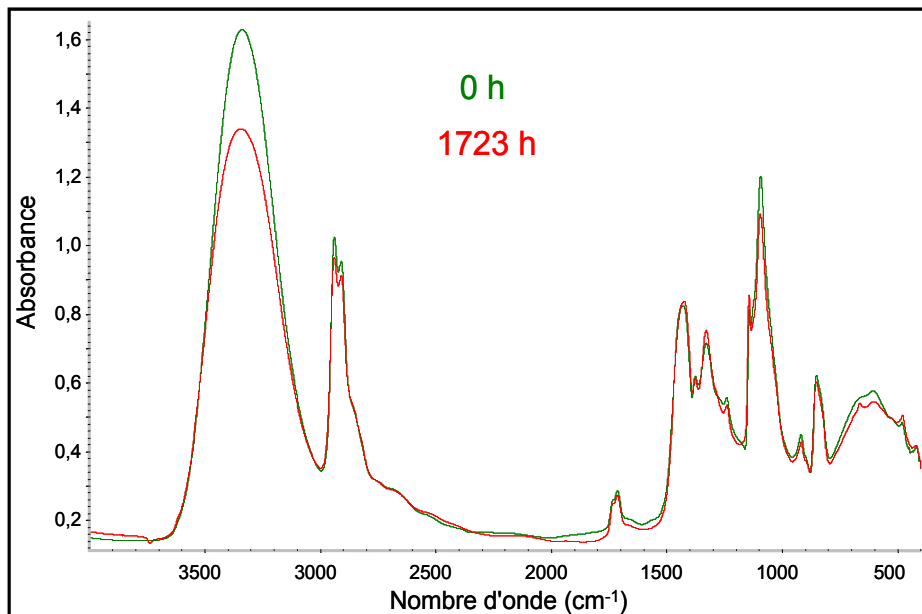
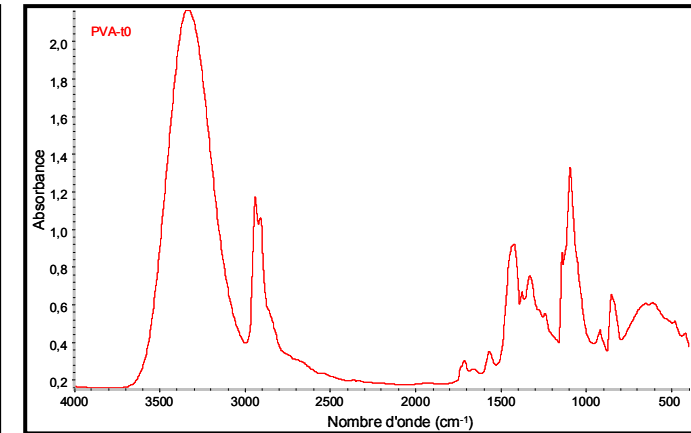
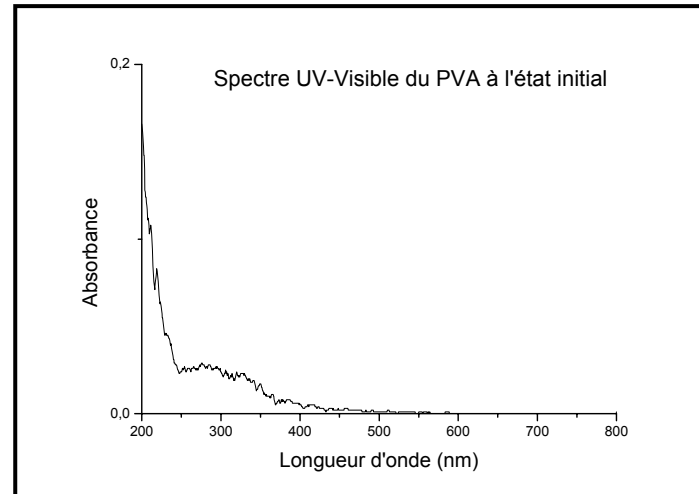


3 types de PMMA :

- PMMA Altuglas<sup>®</sup> HT 121 (Arkema), 100  $\mu\text{m}$ .
- PMMA Altuglas<sup>®</sup> V 825T (Arkema), 100  $\mu\text{m}$ .
- PMMA 3, 100  $\mu\text{m}$ : PMMA Altuglas<sup>®</sup> V 825T sans stabilisants.



Poly(vinyl alcool)  
(PVA)

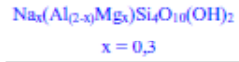


**Spectroscopie IR**

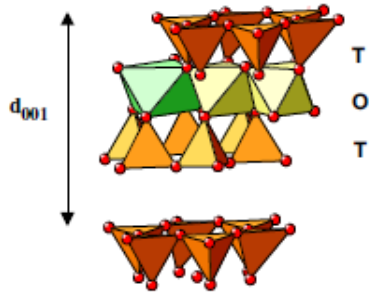
**Photovieillissement du  
PVA en absence d'O<sub>2</sub>**

**Stabilité photochimique du PVA**

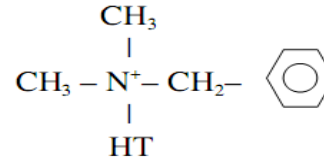
# Les nanocharges



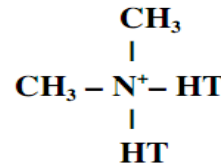
T	Tetra	Si, Al
O	Octa	Al, Mg
Compensation Cation		$\text{Na}^+$



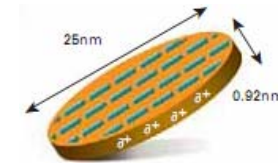
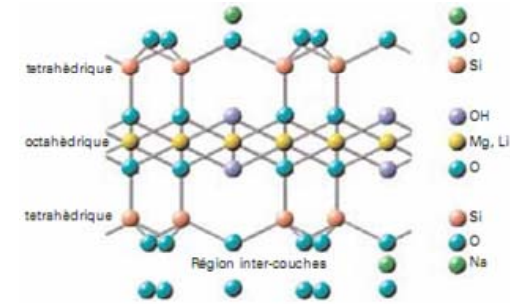
**Cloisite Na<sup>+</sup>**



**Cloisite<sup>®</sup> 10A**



**Cloisite<sup>®</sup> 15A**



**Laponite**

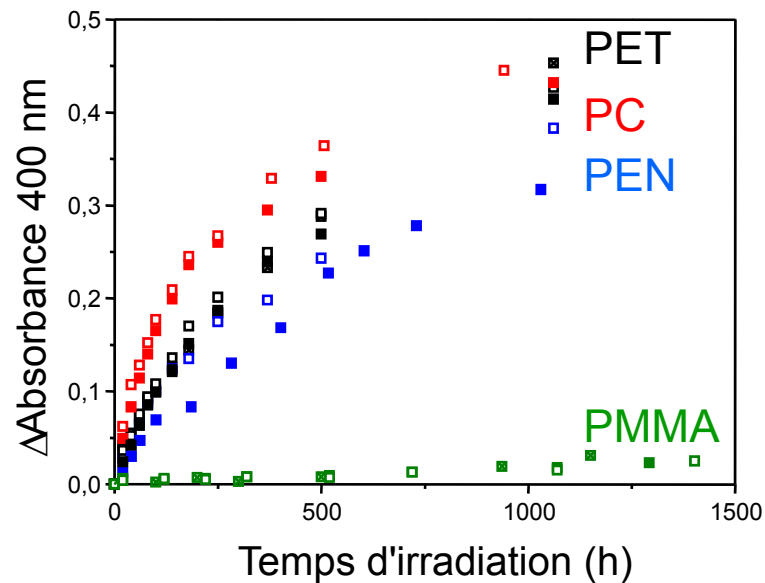
*Nanocomposites: 5% d'argile en masse*



## Photovieillissement en absence d'oxygène

### Spectroscopie UV-visible

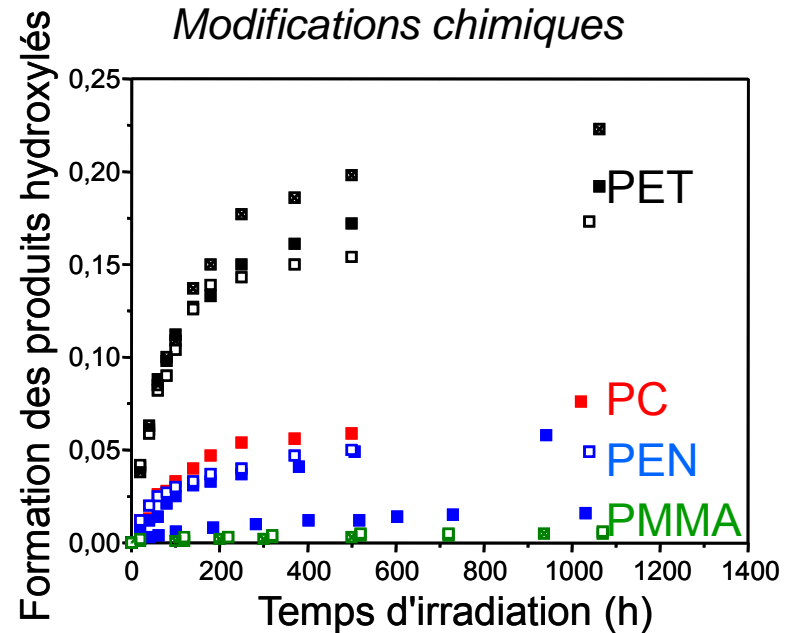
#### Jaunissement



- Fort jaunissement du PET, PC et PEN.
- Pas de jaunissement pour le PMMA.

### Spectroscopie IR

#### Modifications chimiques



- Réarrangement de la structure chimique du PET, PC et PEN.
- Pas de modification pour le PMMA.

→ PMMA le plus stable photochimiquement, mais peu flexible

## Nanocomposite PVA + Cloisite Na<sup>+</sup>

### *Méthode de préparation*

- Solution **PVA /H<sub>2</sub>O** sous agitation à 80°C pendant 2h
- Solution **Cloisite Na<sup>+</sup> /H<sub>2</sub>O** sous agitation à T ambiante pendant 2h

Mélange des 2 solutions aqueuses à T ambiante

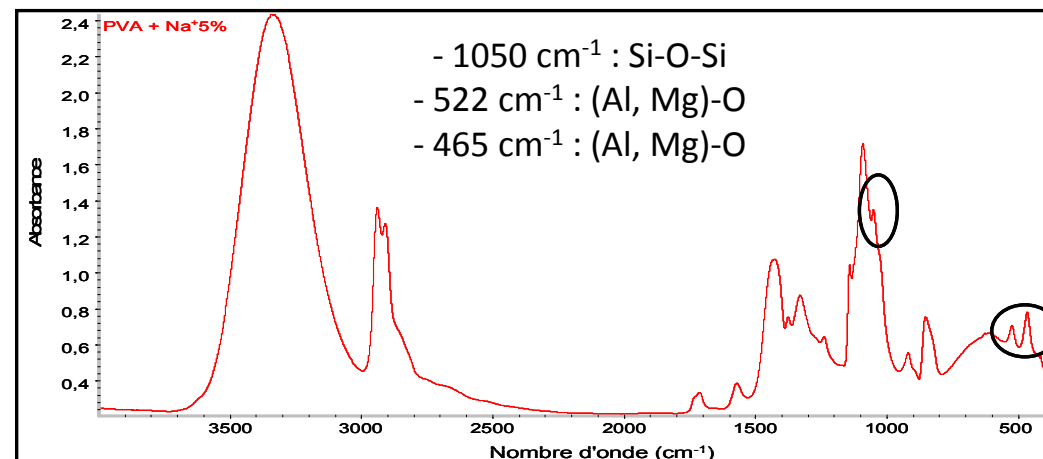
- sous agitation pendant une nuit
- 30 min d'ultrasons avant dépôt

### **Elaboration de films de polymère nanochargés**

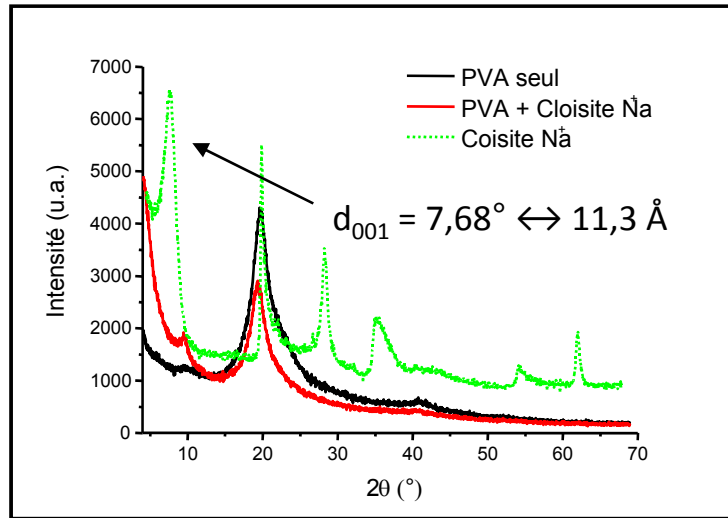
par banc d'enduction « Dr Blade »

## ■ Spectroscopie IR

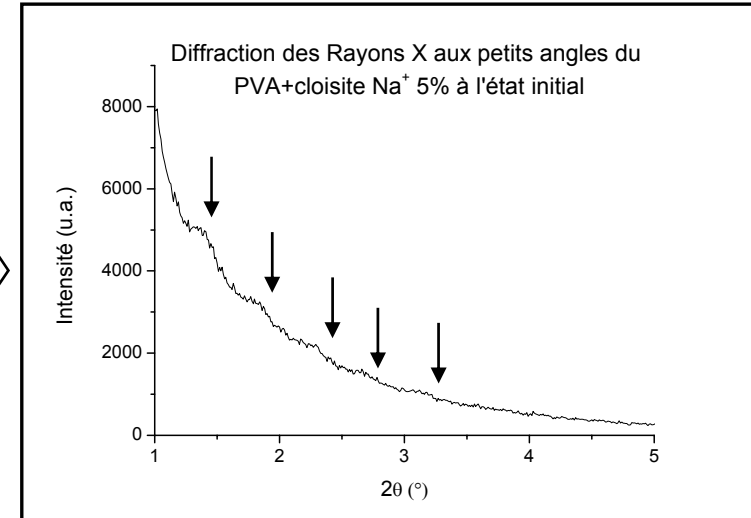
### *Nanocomposite PVA/ Cloisite Na<sup>+</sup>*



## ■ Diffraction des Rayons X

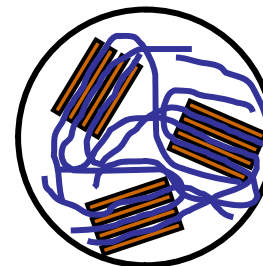


Après dispersion

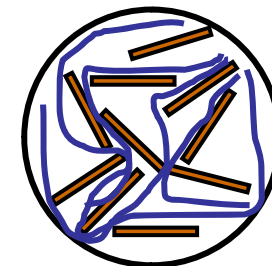


- Série de pics de diffraction qui correspond à une distance interlamellaire de 128 Å.  
→ **structure intercalée, voire exfoliée, avec un ordre à grande distance.**

## ■ Images TEM pour confirmer la dispersion



*Intercalé*

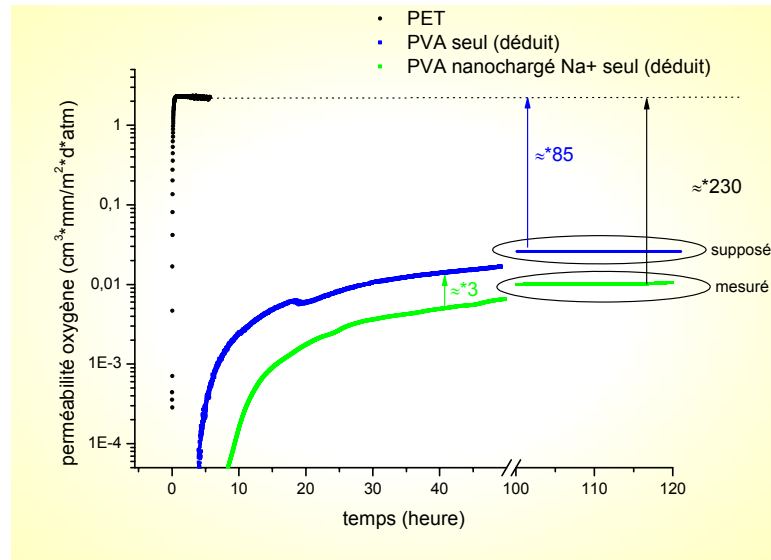


*Exfolié*

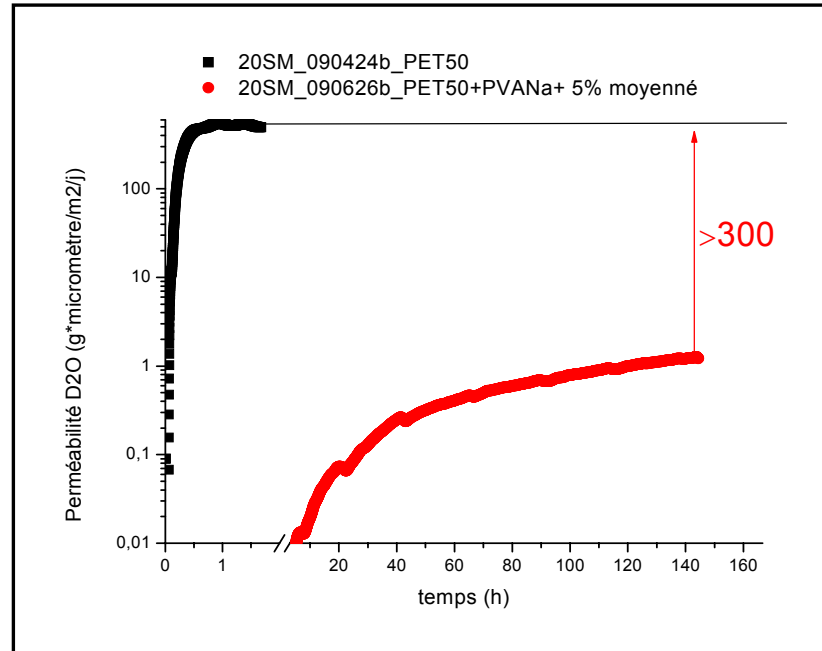
# Caractérisation des propriétés barrière des nanocomposites

## Nanocomposite PVA + Cloisite Na<sup>+</sup>

→ Influence de l'argile sur la perméabilité à O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O



→ L'ajout de l'argile dans le PVA diminue la perméabilité à O<sub>2</sub> du PVA d'un facteur 3



→ Perméabilité mesurée du nanocomposite 340 fois inférieure à celle obtenue pour le PET



Relation entre la dispersion de l'argile observée en DRX et la diminution de perméabilité aux gaz et à l'humidité



## Déroulement du projet PERENCAP

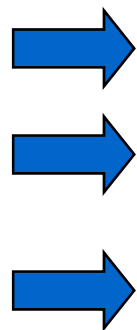


**Journées thématiques du réseau NANORGASOL**, Limoges (France) 21 – 22 Septembre 2009  
 Vieillissement des matériaux polymères. Vieillissement des cellules solaires organiques  
 J.-L. Gardette, A. Rivaton, S. Thérias, S. Chambon, M. Manceau, J. Gaume, A. Dupuis

**JADH 09, 15e Journées d'Etude sur l'Adhésion,**

Presqu'île de Giens (France) 27 septembre—2 octobre 2009

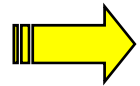
Revêtements ultra-barrières à propriétés multifonctionnelles durables pour application dans le photovoltaïque organique  
 J. Gaume, S. Thérias, A. Rivaton, J.L. Gardette



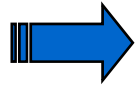
Tâches	année 1						année 2						année 3					
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
Tâche 1	Etat de l'art, choix des matériaux																	
Tâche 2	Mise en œuvre des matériaux "vierges" et nanochargés et caractérisation des propriétés																	
Tâche 3	Vieillissement sous irradiation lumineuse des matériaux de la tâche 2																	
Tâche 4	Vieillissement photochimique des structures multicouches et évolution de leurs propriétés fonctionnelles																	
Tâche 5	Evolution des propriétés photoélectriques dans les conditions de fonctionnement des cellules																	



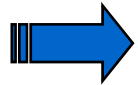
## PERENCAP



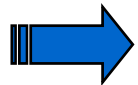
**Choix du substrat polymère épais** : compromis  
PET (stabilisé) et PMMA choc



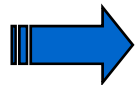
**Nanocomposites : effet de concentration et de la dispersion des nanocharges**  
(2%, 5%, 7%, 10%) et optimisation de l'élaboration des argiles CloisiteNa<sup>+</sup> et Laponite



**Photovieillissement des nanocomposites**  
influence de la présence des nanocharges sur le comportement du PVA ?



**Photovieillissement** des substrats et de la couche d'intercalation  
**en présence de faible quantité d'oxygène**



Photovieillissement des nanocomposites sur les substrats choisis :  
propriétés mécaniques, **d'adhésion et de perméabilité de la structure**



**PERENCAP**

**Merci de votre attention**

