

Evaluations de la contamination de surfaces sensibles du spatial par les matériaux d'emballage

16^e congrès ASPEC - ContaminExpert 2019

Delphine FAYE - David CHEUNG
Paris – 28/03/19



Sommaire

- 1. Présentation du contexte – Objectif de l'étude**
- 2. Types d'emballage sélectionnés**
- 3. Méthodologie et techniques de contrôles associées**
- 4. Résultats particulières**
- 5. Résultats moléculaires**
- 6. Synthèses et perspectives**



1. Présentation du contexte – Objectif de l'étude



Focus sur les principales mesures préventives en intégration

- ✓ activités en environnement de salle propre
- ✓ vérification de la conformité des zones d'intégration
 - classe ISO 5 quand les éléments sensibles ne sont pas protégés et classe ISO 8 dans le cas contraire
- ✓ formation du personnel intervenant en salle propre
- ✓ contrôle de la contamination moléculaire et particulaire à l'aide de compteur de particules et de témoins étapes et cumulatifs
- ✓ inspection visuelle à des étapes clés
- ✓ exposition a minima des surfaces sensibles à l'environnement ambiant

protection court terme
stockage long terme



emballage

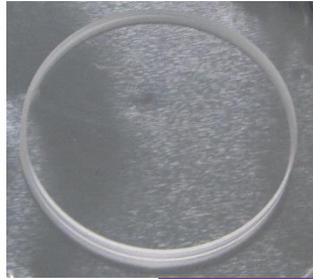


- **Court terme** : exemples de protection et emballage pour petits équipements



- **Long terme** : exemples de protection sur satellites





Types de matériaux à tester (échantillons)

- Lames de silice (SiO_2)
- Lames de germanium (Ge)
- Miroirs (wafers de silicium)



Types d'emballage

- Sacs PEBD
- Sacs PEBD-ULO
- Sacs PEHD-UHMW
- Sacs EAE
- Films antistatiques
- Sacs Alu-PEBD
- Boîtes à membranes
- Boîtes à wafer
- Blisters PETG



Analyses

- Contamination particulaire
- Contamination moléculaire

⇒ **Objectif :** Evaluer le transfert potentiel de contamination de l'emballage vers le dispositif sensible

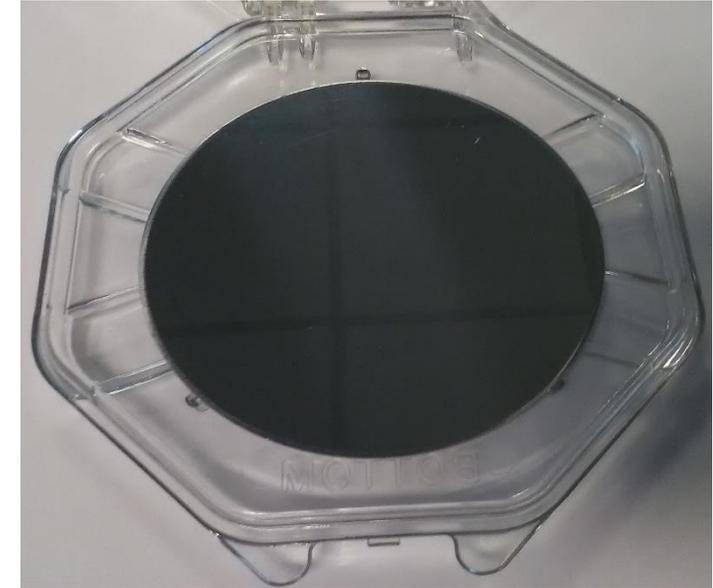




**Lame de silice
(SiO₂)**

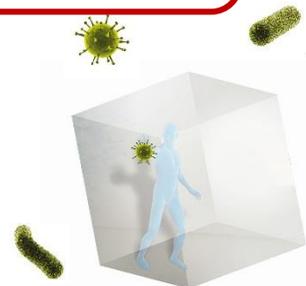


**Lame de germanium
(Ge)**



**Wafer en silicium
(Si)**

-> représentatifs des surfaces sensibles du spatial
(optiques, miroirs, instrumentations...)



2. Types d'emballage sélectionnés





Sacs PEBD

- *Polyéthylène basse densité*
- *CL100 – CL1000 (STD 1246E)*
- *Médical, Pharma, Spatial, Microélectronique*



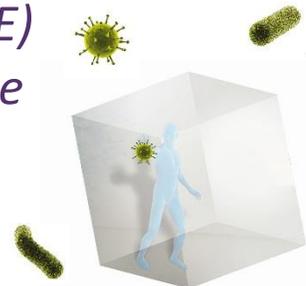
Sacs PEBD-ULO

- *Polyéthylène basse densité, faible dégazage*
- *CL100 – 50 A/10 (STD 1246E)*
- *Spatial, Microélectronique, sous vide*



Sacs PEHD-UHMW

- *Polyéthylène haute densité, haut poids moléculaire*
- *CL100 (STD 1246E)*
- *Microélectronique*





Sacs Alu-PE

- *Aluminium-Polyéthylène basse densité*
- **Barrière d'humidité**
- *ESD S20.20, EN 61340-5-1*
- *Spatial, Microélectronique*



Sacs PEBD antistatiques

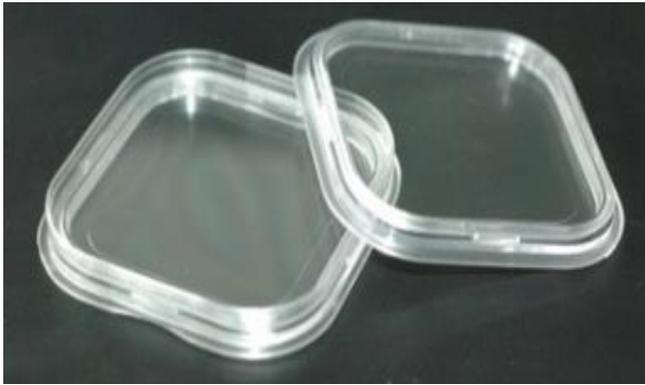
- *Polyéthylène basse densité*
- **Additif antistatique**
- *ESD S20.20, EN 61340-5-1*
- *Spatial, Microélectronique*



Sacs EAE

- *Polyéthylène-polyamide-polyéthylène*
- **Meilleure étanchéité**
- *CL1000 (STD 1246E)*
- *Médical, Pharma*





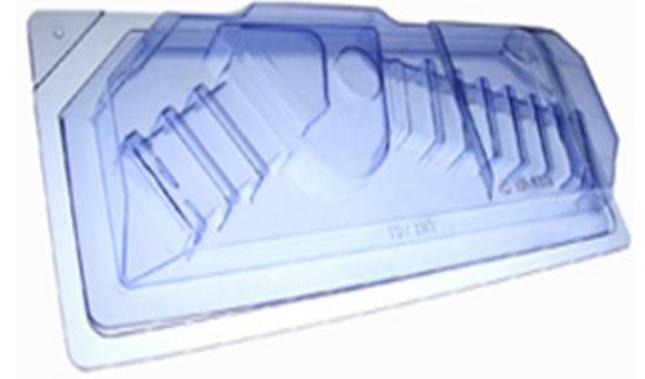
Boite à membranes

- *Corps: PC (polycarbonate)*
- *Membranes: phtalate*
- *Maintien de la pièce pendant le transport*
- *Spatial, Microélectronique*



Boite à wafer

- *PP (polypropylène)*
- *Maintien de la pièce pendant le transport*
- *Microélectronique, Spatial*



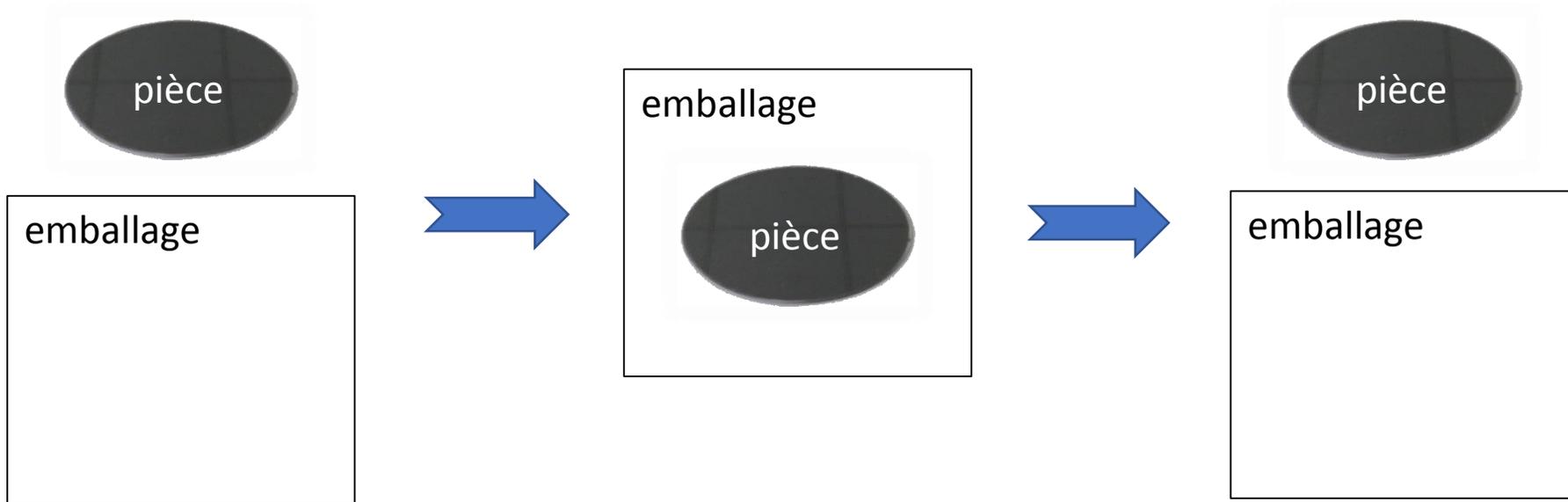
Blister thermoformable

- *PETG (polyéthylène téréphtalate glycol)*
- *Environnement ISO7*
- *Médical, Pharma*



3. Méthodologie et techniques de contrôles associées





Contrôles état initial

- Contamination particulaire
- Contamination moléculaire

Conditionnement

- Stockage (tps, T°C, H%)
- Stress (vieillessement, transports, ...)

Contrôles état final

- Contamination particulaire
- Contamination moléculaire



Modes de conditionnement

3 méthodes ont été utilisées :

- Agitation par table va-et-vient
(120 coups/min, 30min)
- Chauffage en étuve
(60°C, 2 jours)
- Exposition à long terme
(température ambiante, 2 mois)



=> Favoriser **l'émission de particules**



=> Favoriser **l'émission d'espèces chimiques**

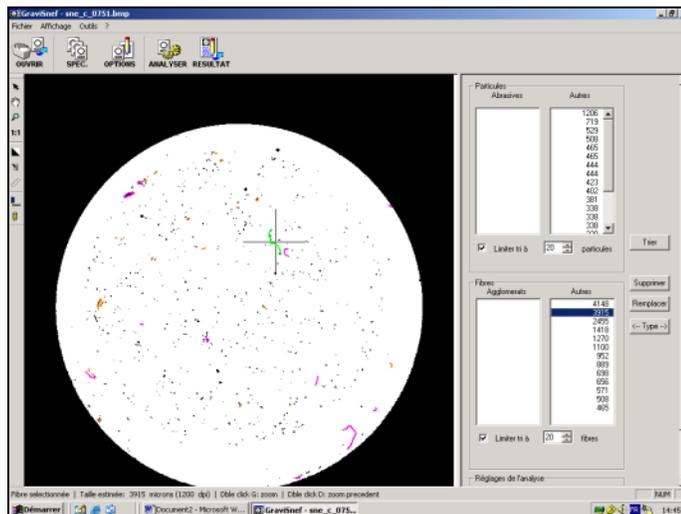


=> Simuler une étape de **stockage de longue durée**



Mesure de la **contamination particulaire de surface** (tailles > 0,5 μm) :

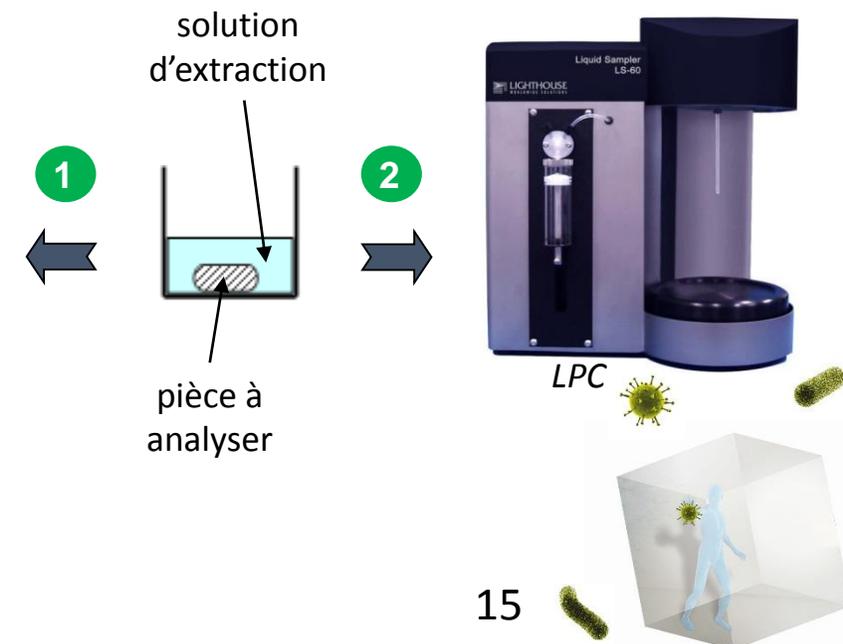
- Extraction de la pollution particulaire par immersion ou aspersion des pièces à l'aide d'une solution aqueuse
- 1/ Filtration sur membrane & analyse par logiciel de **Granulométrie**
- 2/ Comptage de la solution via **LPC** (Compteur de Particules en milieu Liquide)



Exemple de détection des particules sur membrane numérisée

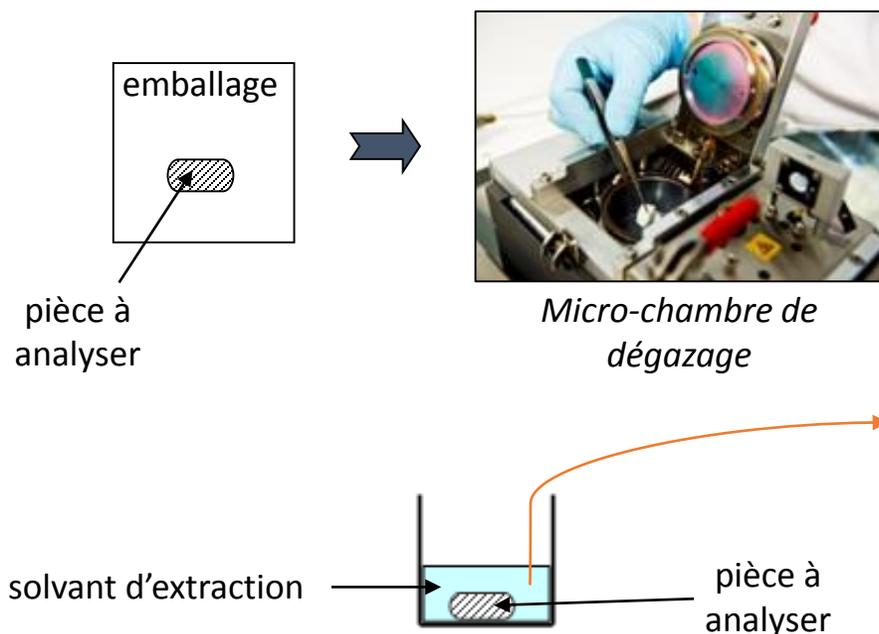


Rampe de filtration



Mesure des contaminations moléculaires volatile & de surface :

- 1/ Thermodésorption des COV en micro-chambre de dégazage
- 2/ Extraction de la pollution moléculaire par immersion ou écouvillonnage des pièces, à l'aide du solvant approprié
- Analyse par **GCMS** (Chromatographie Gazeuse - Spectrométrie de Masse)



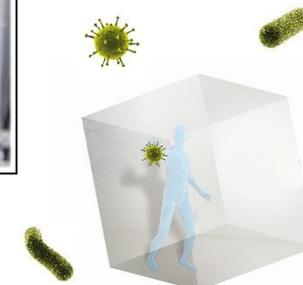
1



2

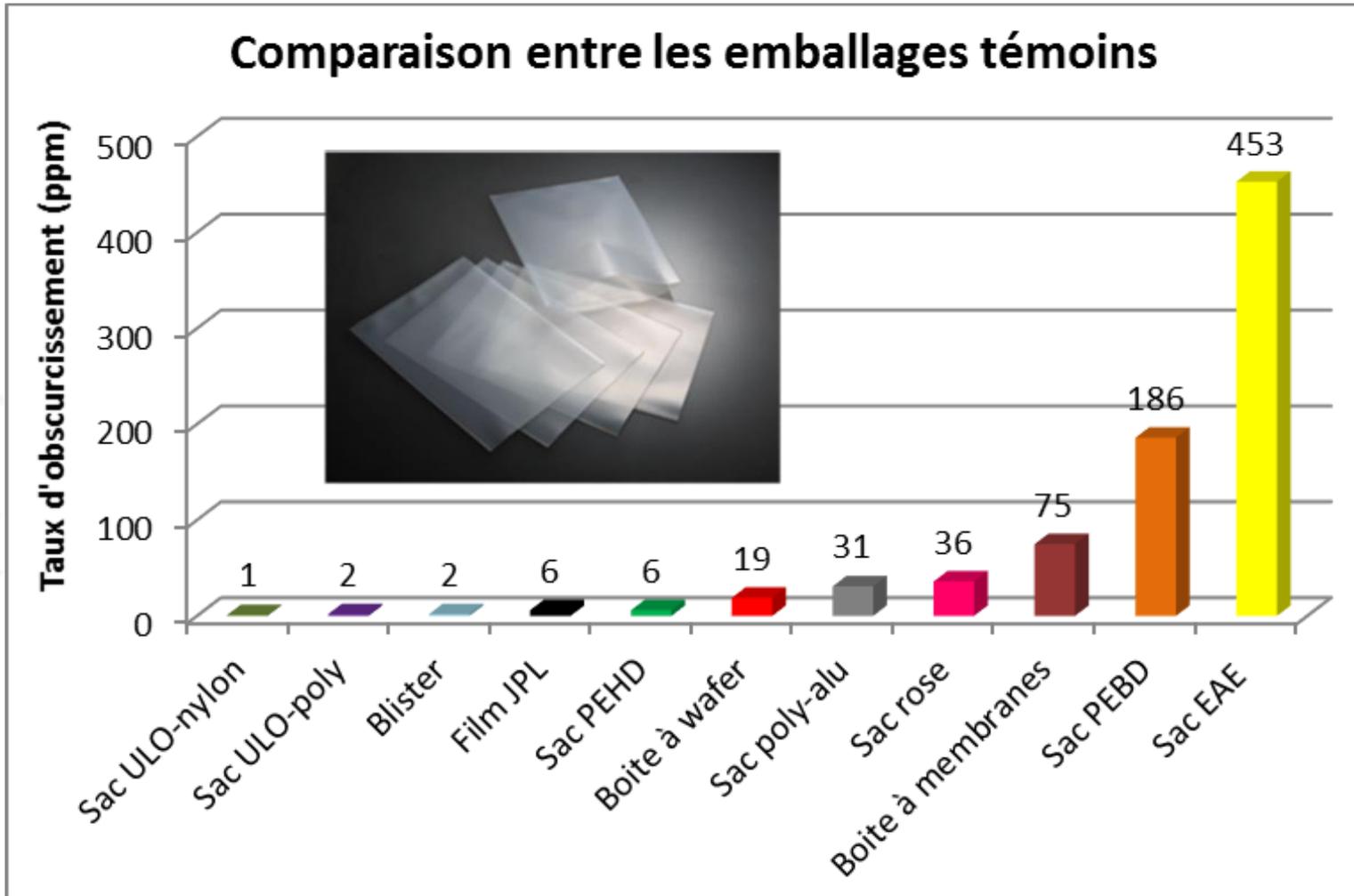


Appareil de GCMS



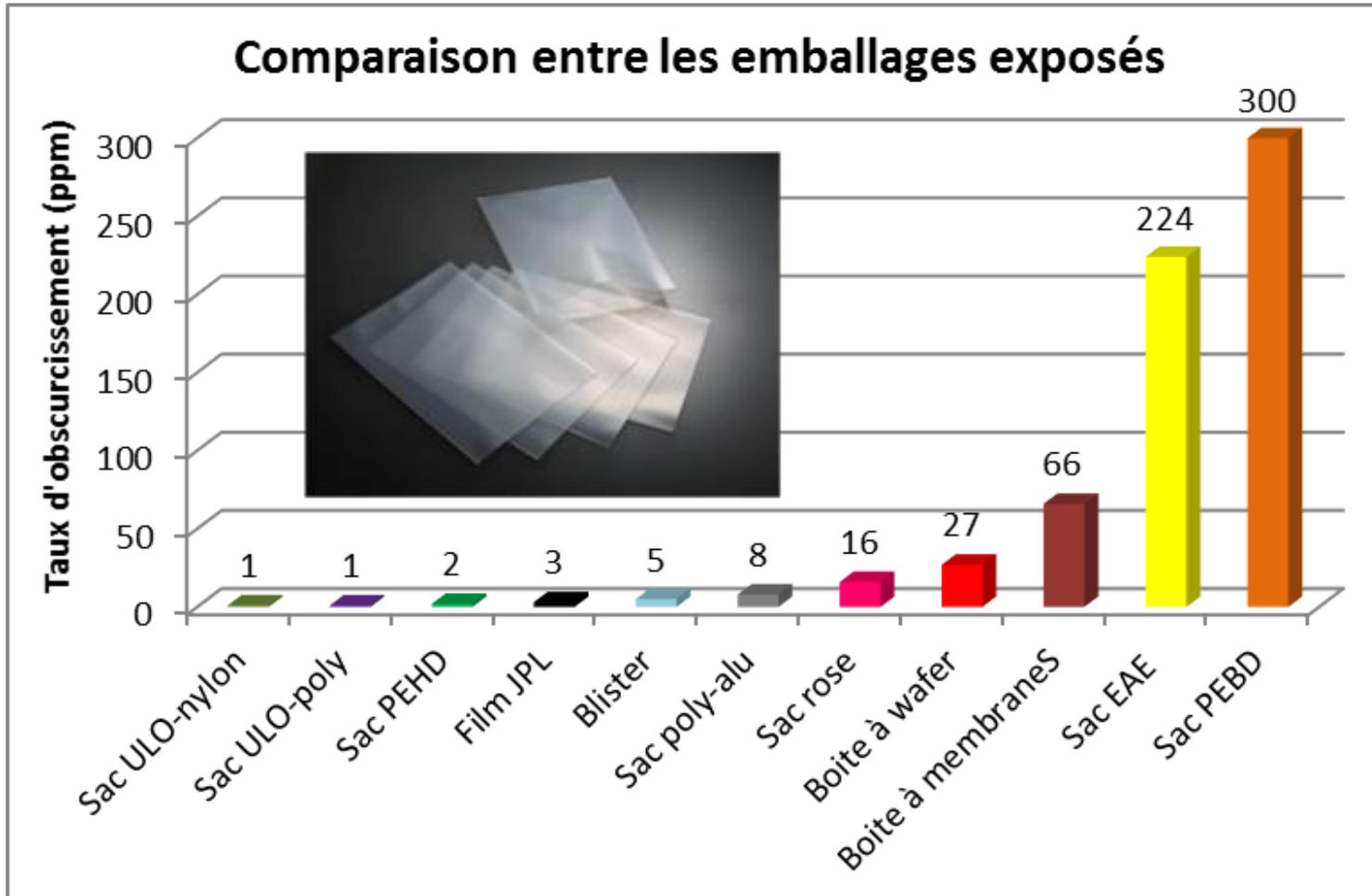
4. Résultats particulières





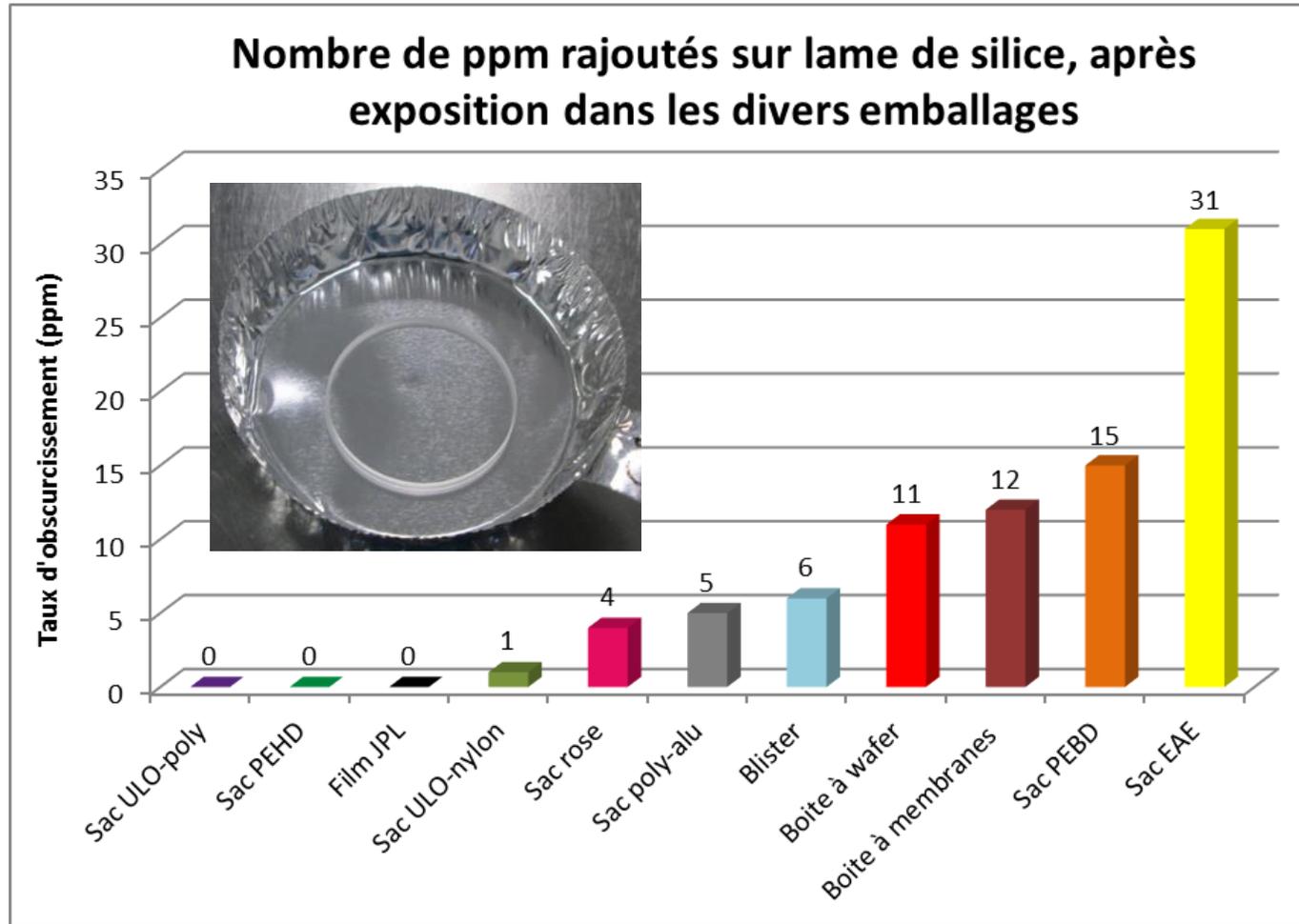
➤ Mesures de l'état initial des emballages (neufs, non utilisés)



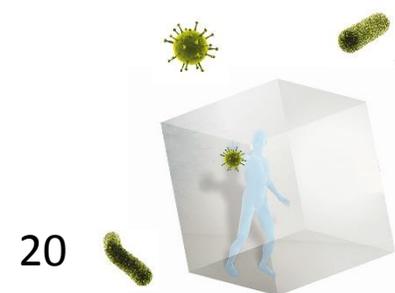


➤ Mesures de l'état final des emballages (après exposition)



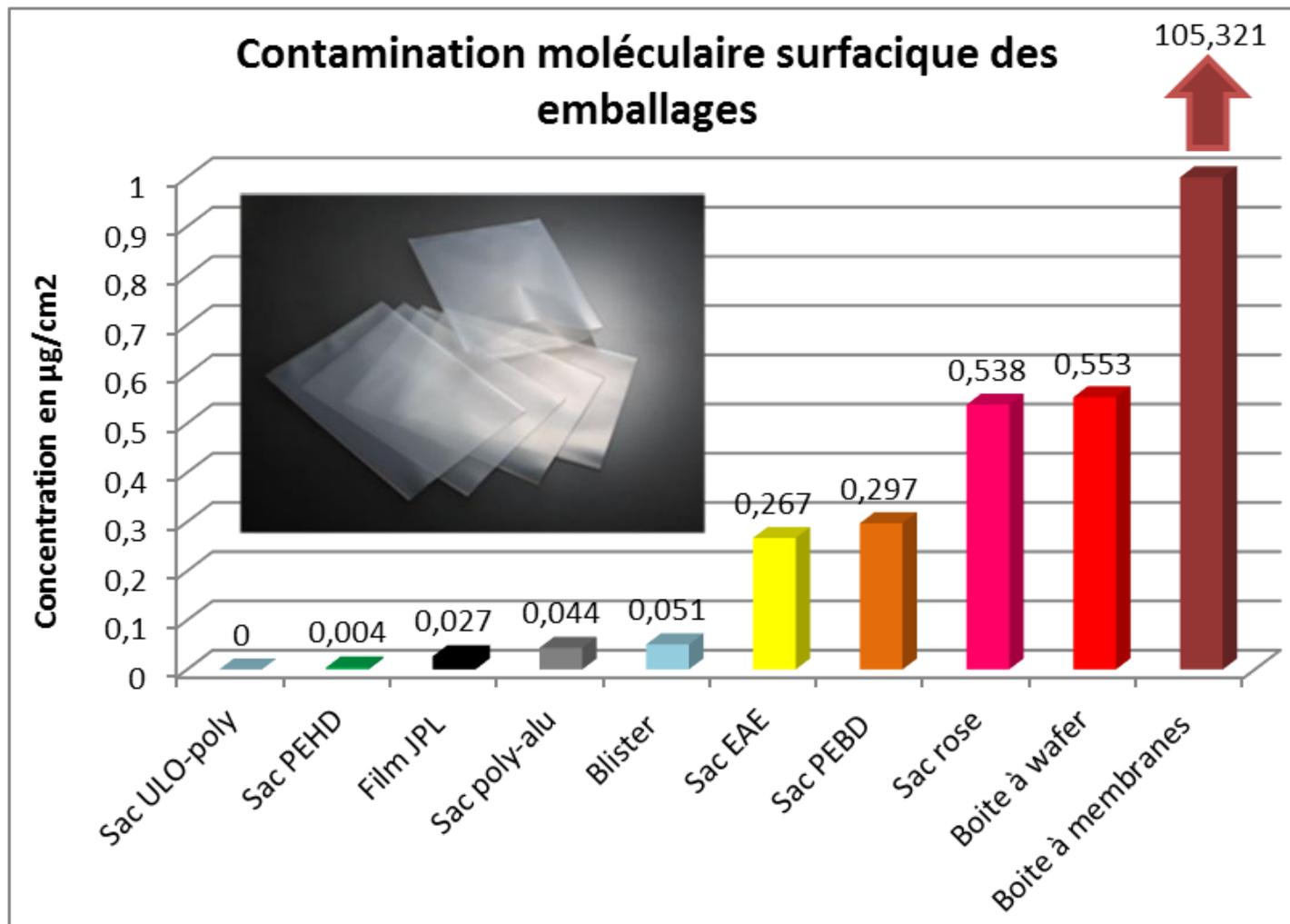


➤ Mesures sur substrats SiO₂ (après exposition)



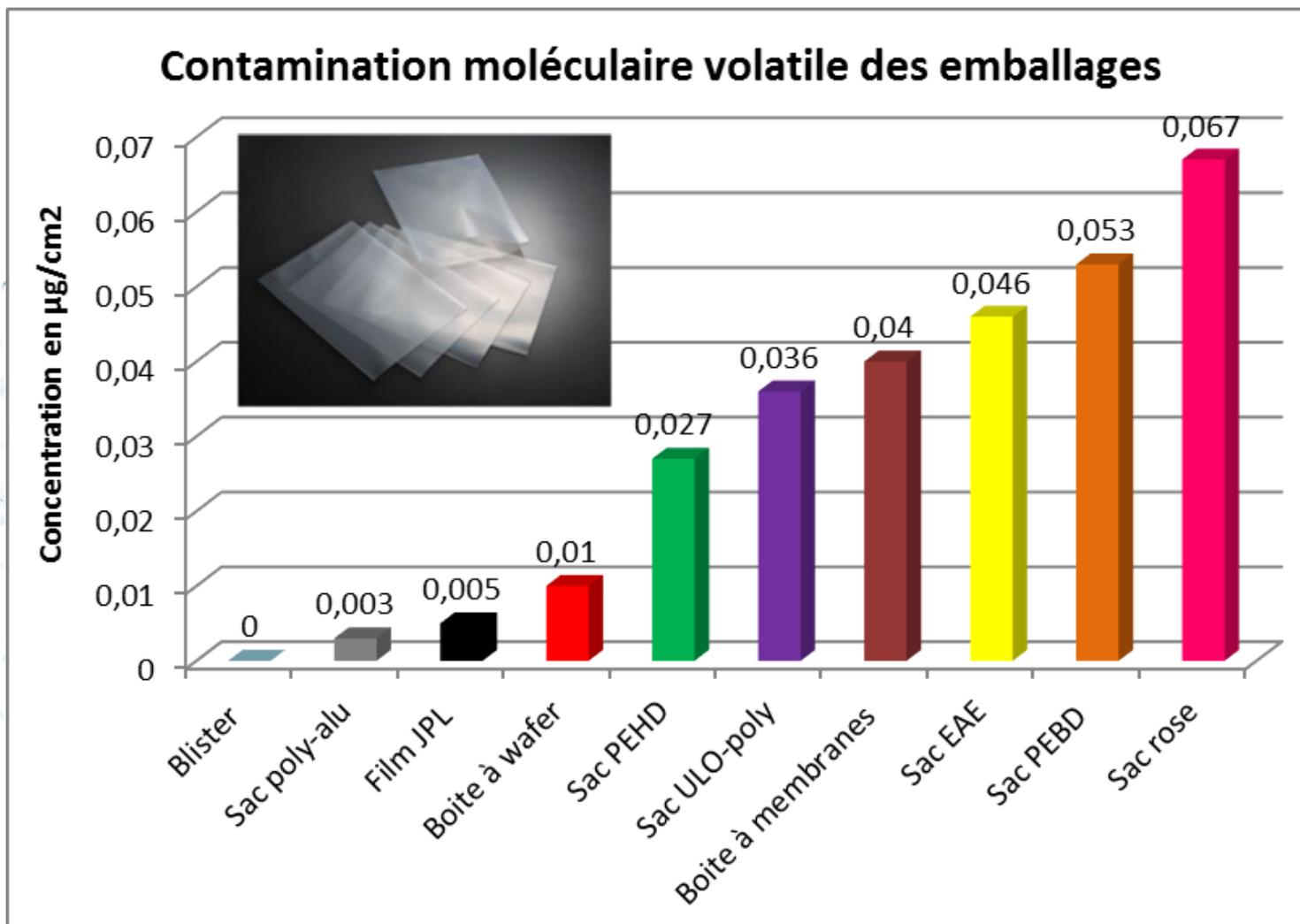
5. Résultats moléculaires



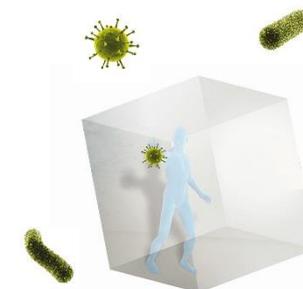


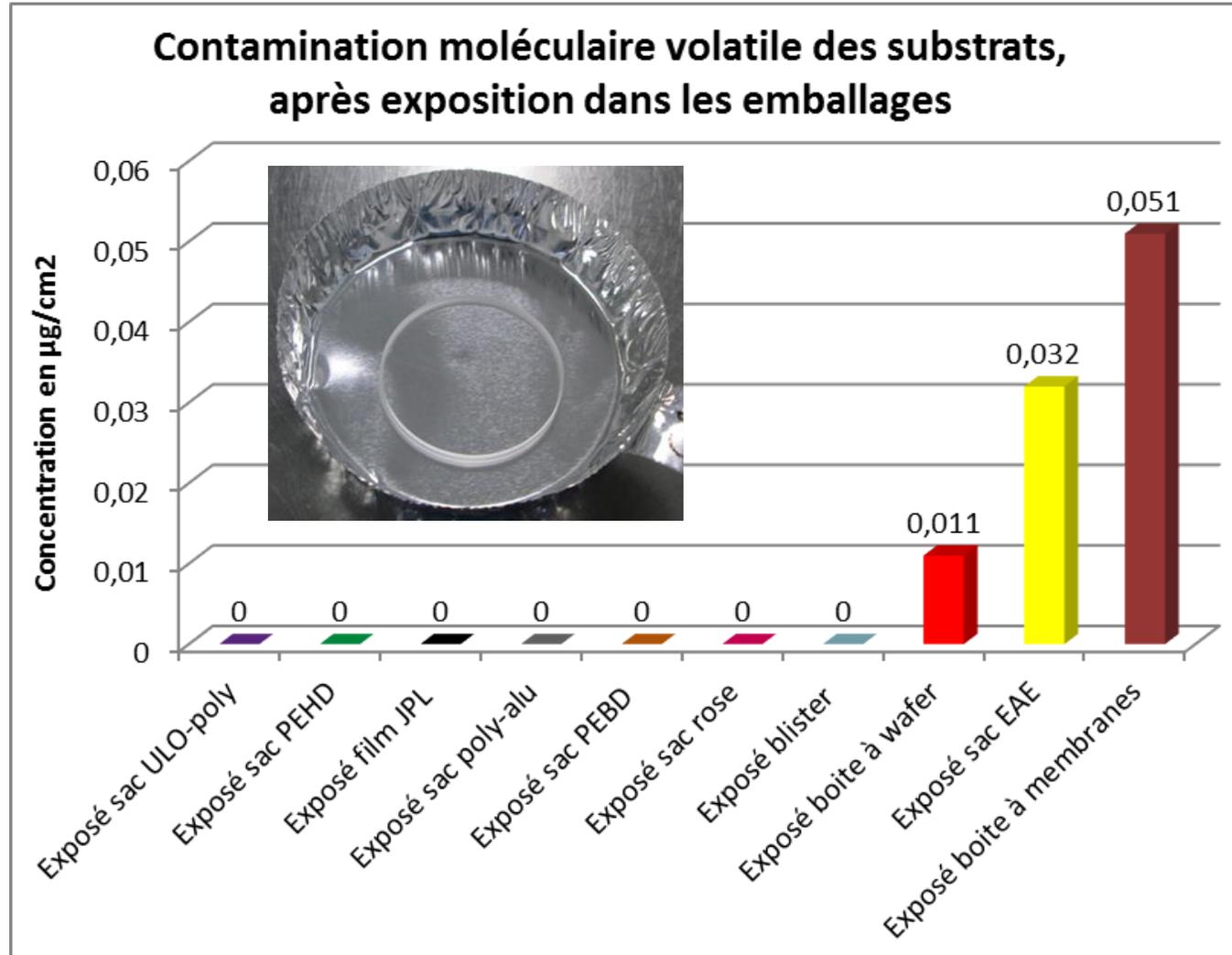
- Mesures sur **surfaces internes** de chaque échantillon d'emballage (partie critique)
- Protocole d'extraction au solvant (méthanol)





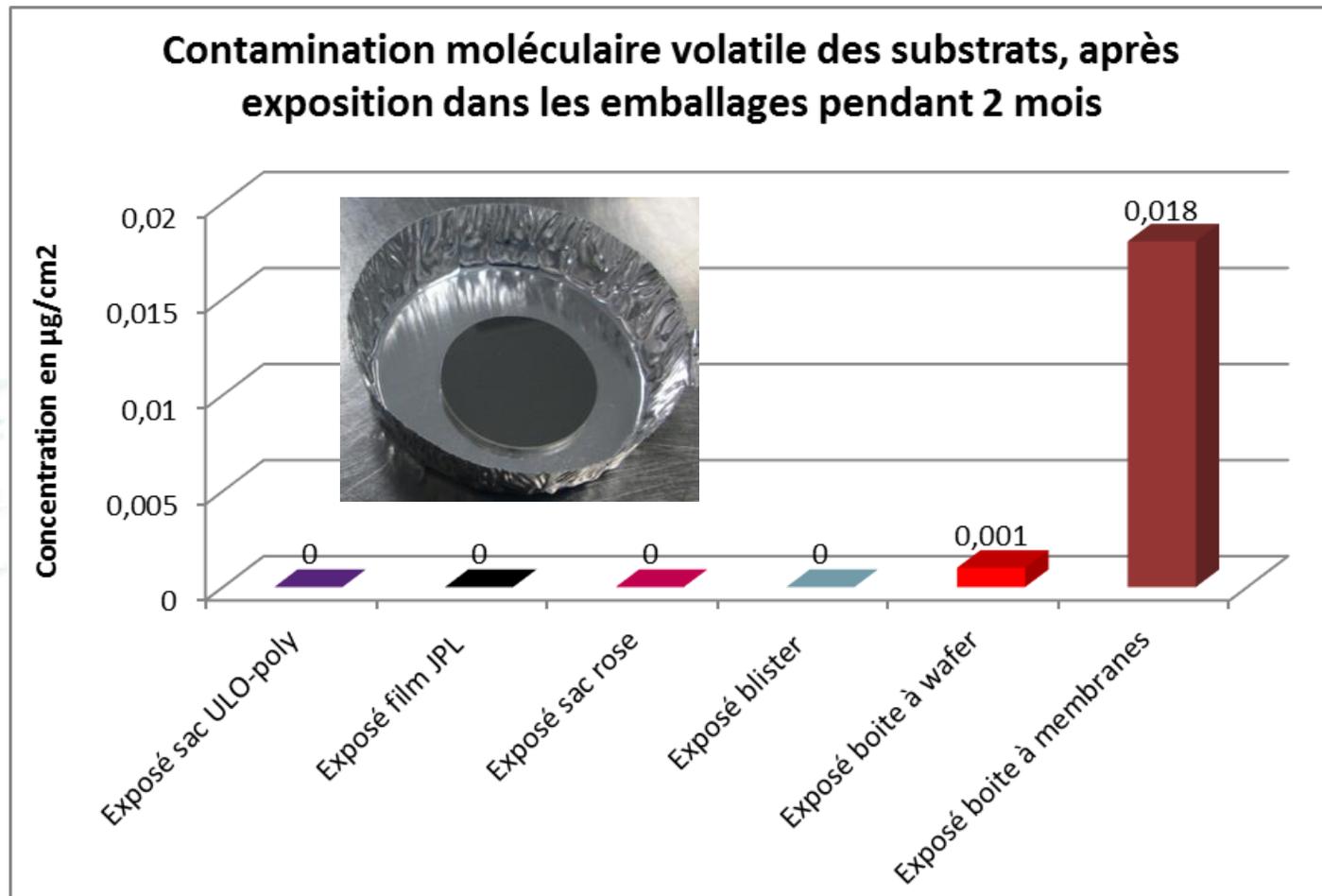
- Mesures sur **échantillons découpés** de chaque emballage (adaptés à la taille de la micro-chambre)
- Protocole de dégazage des emballages (35°C, 3h)





- Exposition des substrats pdt 2 jours à 60°C
- Protocole de dégazage des substrats (120°C, 3h)
- Teneurs détectables uniquement pour boîte à wafer, sac EAE et boîte à membranes





- Exposition des substrats pdt 2 mois à température ambiante (pas de chauffage)
- Protocole de dégazage des substrats (120°C, 3h)
- Teneurs détectables uniquement pour boîte à wafer et boîte à membranes



6. Synthèses et perspectives



Tableau récapitulatif des emballages Contamination particulaire

Concentrations in ppm	ULO-poly	ULO-nylon	PEHD	Film JPL	Blister	Poly-alu	Sac rose	Boite à wafer	Boite à membranes	PEBD	EAE
Contamination particulaire emballages témoins	2	1	6	6	2	31	36	19	75	186	453
Contamination particulaire emballages après exposition	1	1	2	3	5	8	16	27	66	300	224
Contamination particulaire substrats SiO ₂ après exposition	0	1	0	0	6	5	4	11	12	15	31
Total évaluation	3	3	8	9	13	44	56	57	153	501	708
Classement	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11

➤ Proposition de 3 catégories d'emballage vs niveau de propreté particulaire

Faiblement
contaminants

Moyennement
contaminants

Fortement
contaminants



Tableau récapitulatif des emballages Contamination moléculaire

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	PEHD	Film JPL	ULO-poly	Poly-alu	Blister	EAE	PEBD	Boite à wafer	Sac rose	Boite à membranes
Contamination moléculaire surfacique emballages témoins	0,004	0,027	0	0,044	0,051	0,267	0,297	0,553	0,538	105
Contamination moléculaire volatile emballages témoins	0,027	0,005	0,036	0,003	0	0,046	0,053	0,010	0,067	0,040
Contamination moléculaire substrats après exposition	0	0	0	0	0	0,032	0	0,011	0	0,051
Total évaluation	0,031	0,032	0,036	0,047	0,051	0,345	0,350	0,574	0,605	105,09
Classement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

➤ Proposition de 3 catégories d'emballage vs niveau de propreté moléculaire

Faiblement
contaminants

Moyennement
contaminants

Fortement
contaminants



1/ Sacs d'emballages :

+ favorables : **PEHD, film JPL, ULO-poly**

- favorables : **sac rose, PEBD, EAE**

2/ Boites :

+ favorable : **blister**

- favorable : **boîte à membranes**

3/ Perspectives :

- Choix emballage approprié selon pièce à conditionner
- Elaboration emballage prototype blister pour les pièces sensibles du spatial ?



Merci de votre attention ! Questions ?



CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES

18, avenue Edouard Belin
31401 Toulouse Cedex 9 (FRANCE)
Tel: +33(0)5 61 27 31 31
E-mail: delphine.faye@cnes.fr
www.cnes.fr



ECP

395, rue Louis Lépine
34000 Montpellier (FRANCE)
Tel: +33(0)4 67 22 40 95
E-mail: david.cheung@ecp-cleaning.com
www.ecp-cleaning.com

