

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

# Caractérisation de la composition chimique des aérosols issus de la découpe laser de simulants du corium

C. Dazon<sup>\*1</sup>, E. Porcheron<sup>1</sup>, Y. Leblois<sup>1</sup>, C. Chagnot<sup>2</sup>, I. Doyen<sup>2</sup>,  
C. Journeau<sup>3</sup>, E. Excoffier<sup>4</sup> et D. Roulet<sup>5</sup>

\*[claire.dazon@irsn.fr](mailto:claire.dazon@irsn.fr)

<sup>1</sup>Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, LPMA

<sup>2</sup> Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), DEN/SEMT

<sup>3</sup> Commissariat à l'Energie Atomique, DEN/DTN/SMTA/LEAG

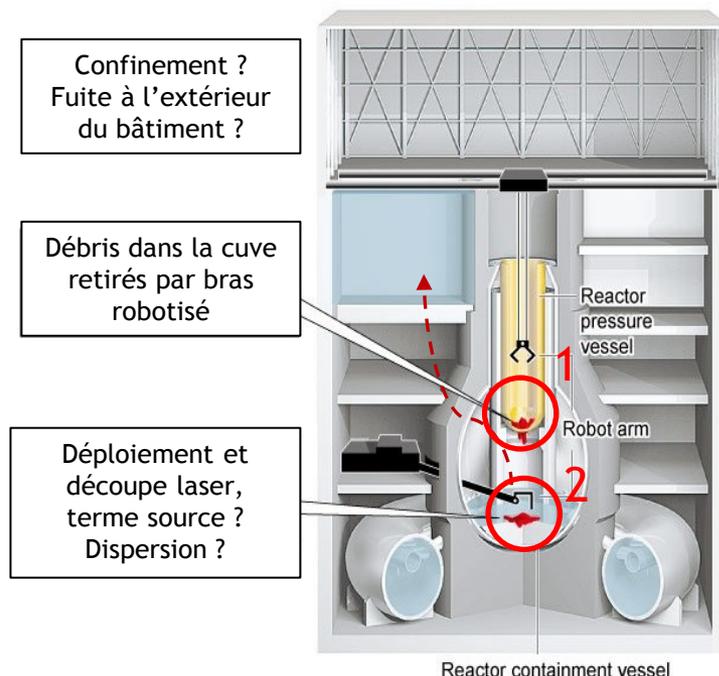
<sup>4</sup> Commissariat à l'Energie Atomique, DEN/DMRC/SA2I/LMAC

<sup>5</sup> ONET Technologies



# Contexte du projet: Fukushima Daiichi (1/3)

- Dommages causés aux réacteurs 1, 2 et 3 → fusion (partielle ou totale) du cœur
- Entre **200** et **400 tonnes** de **corium** estimés dans chacune des unités
- Deux situations considérées :
  1. Une quantité inconnue de corium a percé la cuve et s'est en partie répandue dans le bâtiment → **corium en cuve**
  2. Le corium a complètement détruit la cuve et est tombé sur le béton dans le fond du bâtiment → **corium hors cuve**



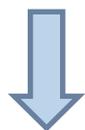
Credits: Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corp.

# Contexte du projet: Fukushima Daiichi (1/3)

- Démantèlement complet des installations au Japon: technologies manquantes
- Lancement de programmes de R&D
- Constitution d'un consortium piloté par ONET Technologies avec le CEA et l'IRSN pour démontrer la faisabilité de l'utilisation de la **découpe laser** sur **simulant de corium** (non actif)



Formulation/synthèse des simulants  
de corium  
Découpe laser  
Caractérisation physico-chimique  
simulant/aérosols

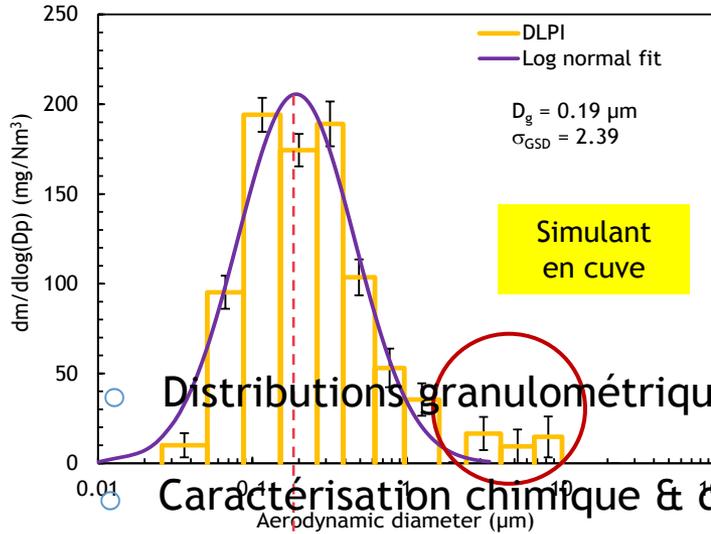


Coordination du projet  
Applicabilité sur site



Prélèvement & caractérisation  
des aérosols issus de la  
découpe laser

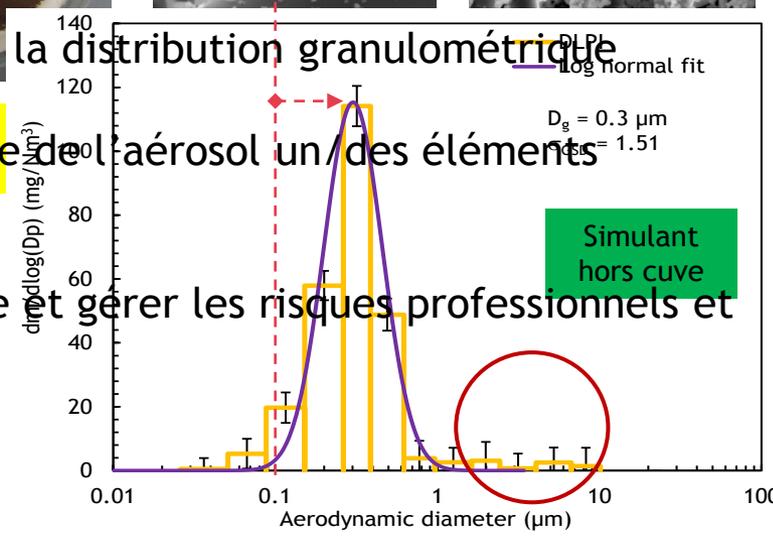
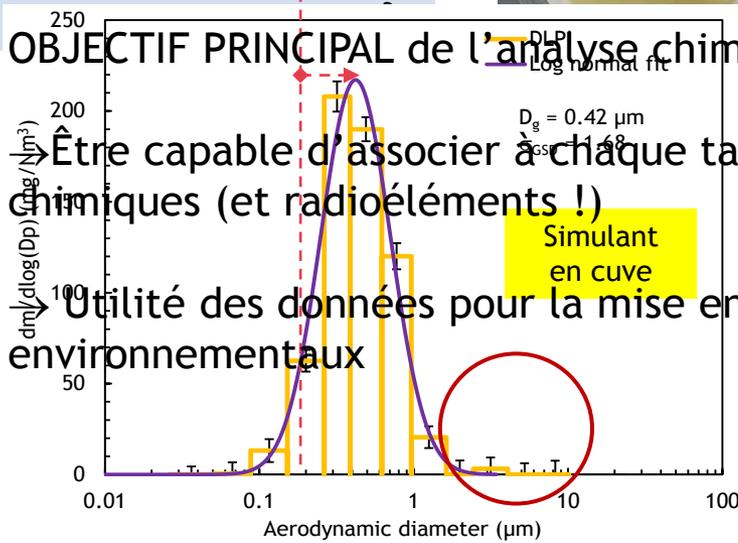
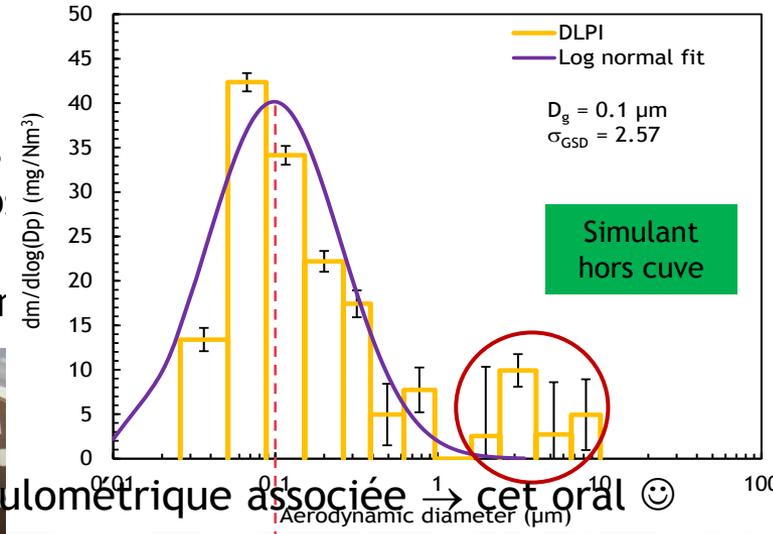
# Contexte du projet: Fukushima Daiichi (1/3)



En air

Mode entre  
et analyse des  
vis sur les Aéro  
Épaisseur ≈ 20 mm

masse et en r



Caractérisation chimique & distribution granulométrique associée → cet oral 😊

OBJECTIF PRINCIPAL de l'analyse chimique couplée à la distribution granulométrique

Être capable d'associer à chaque taille de particule de l'aérosol un/des éléments chimiques (et radioéléments !)

Utilité des données pour la mise en œuvre sur site et gérer les risques professionnels et environnementaux



# Les simulants de corium (CEA Cadarache)

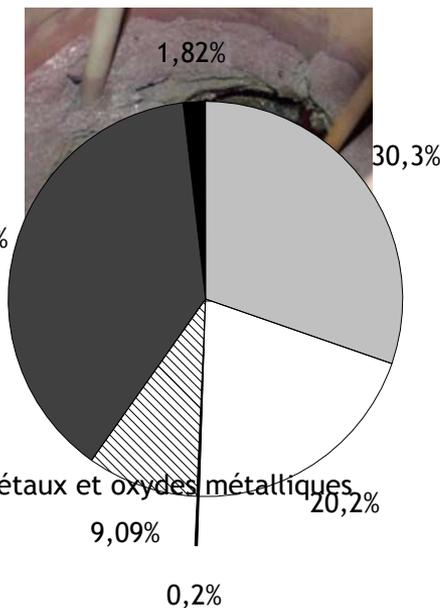
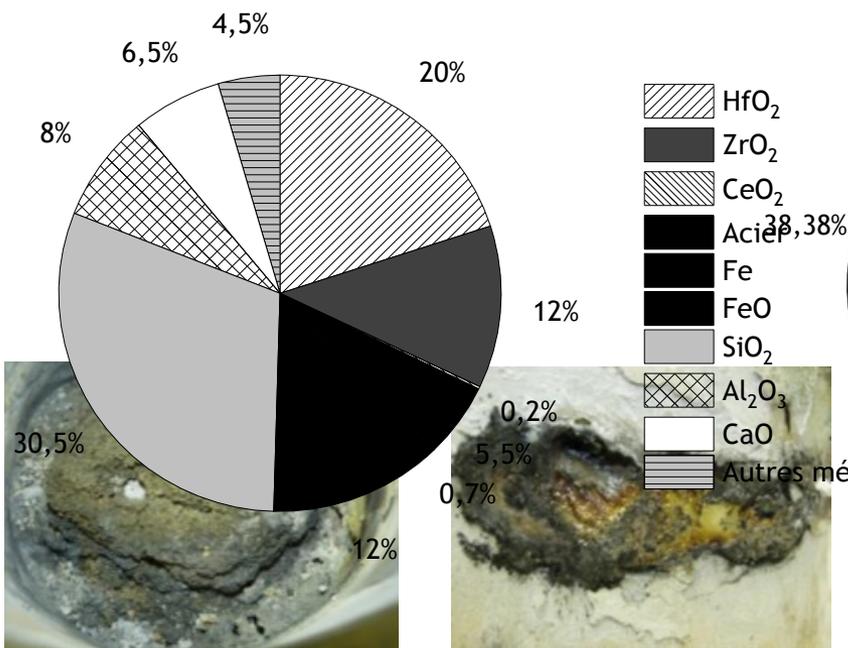
- **Corium**: Nom « générique » du matériau résultant de la fonte du combustible, mélange d'oxydes métalliques et de métaux, aspect de « lave » ou « magma ».



X = dépend du type de corium

## HORS CUVE

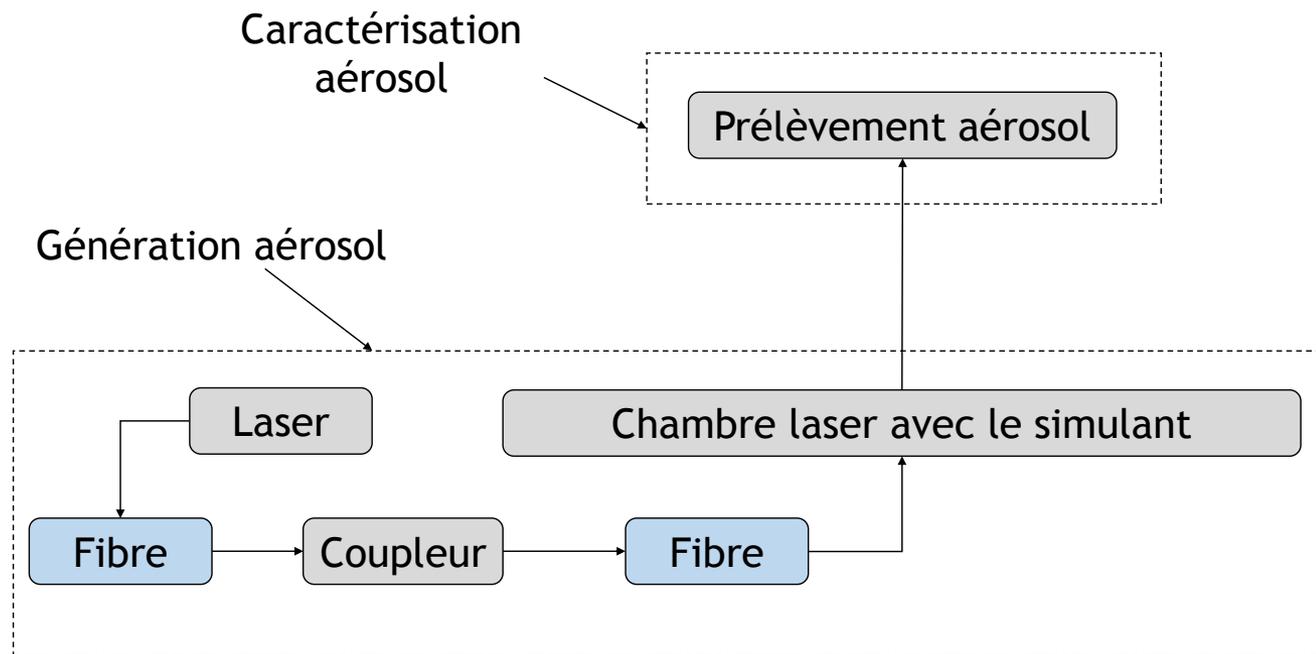
## EN CUVE



# Installation DELIA du CEA Saclay (1/2)

## ➤ PRINCIPE = DECOUPE LASER

- Télé-opération à distance (fibre optique)
- Pas d'interaction mécanique (usure réduite)
- Opération en milieu fortement ionisant et contaminant
- Fonctionnement en air et sous eau
- Limitation de la production de scories par rapport à d'autres procédés thermiques ou mécaniques



# Installation DELIA du CEA Saclay (2/2)

## ► Pegasor PPS-M (P1)

Evolution temporelle de la concentration en nombre et en masse

## ► Impacteur basse pression - DLPI® (P2)

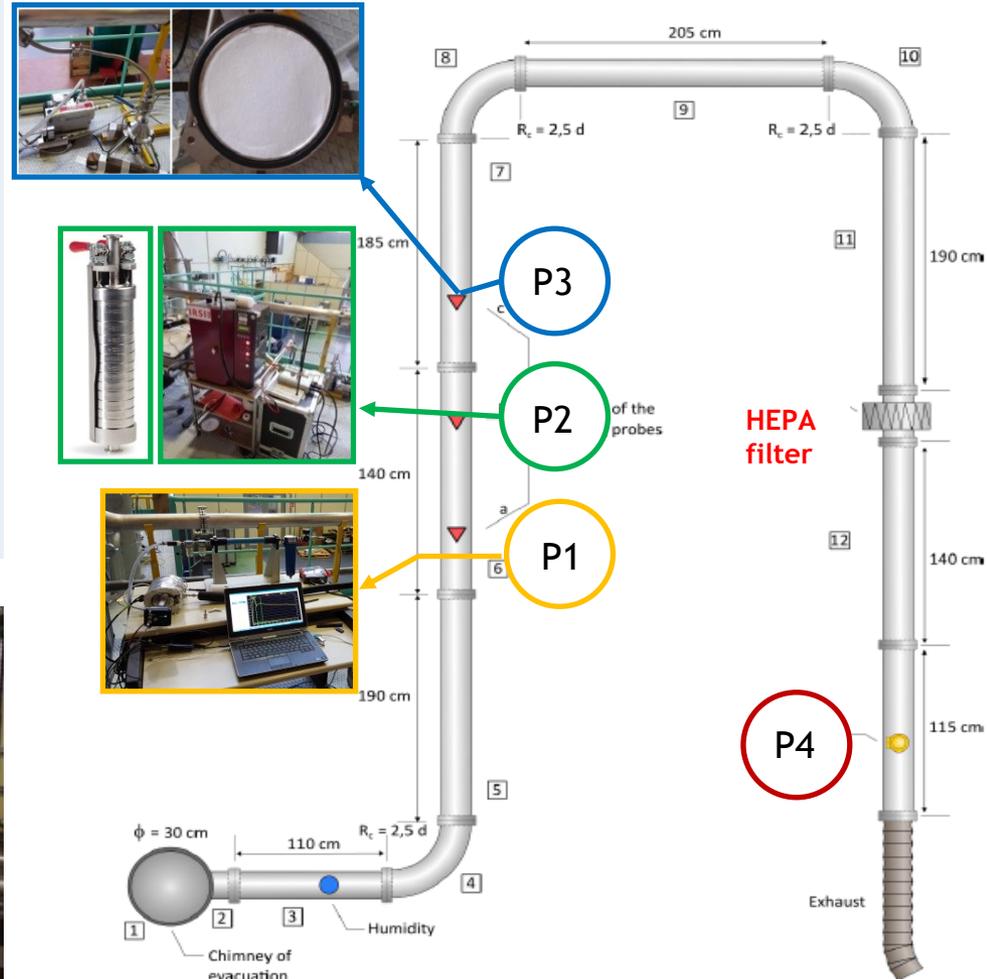
Distribution granulométrique et concentration massique

## ► Prélèvement sur filtre (P3)

Concentration massique totale

## ► Débitmètre (P4)

Débit dans la cheminée  $\approx 120 \text{ m}^3/\text{h}$



# Caractérisation de la chimie et de la distribution en taille

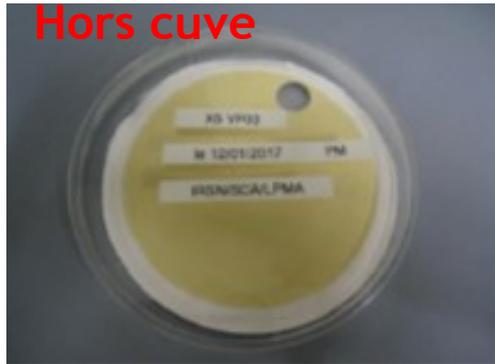
- DLPI®, Filtre et ICP-MS-AES (CEA Marcoule)

Prélèvement

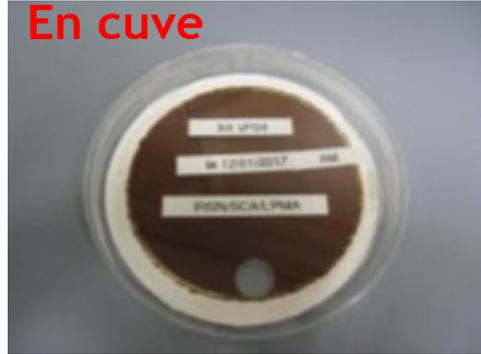
Préparation pour ICP-AES/ICP-MS  
> Solubilisation en milieu acide

Analyse ICP

Hors cuve



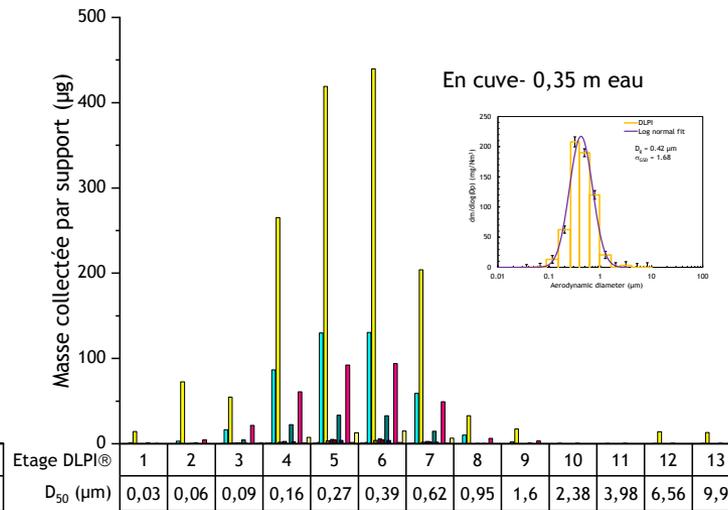
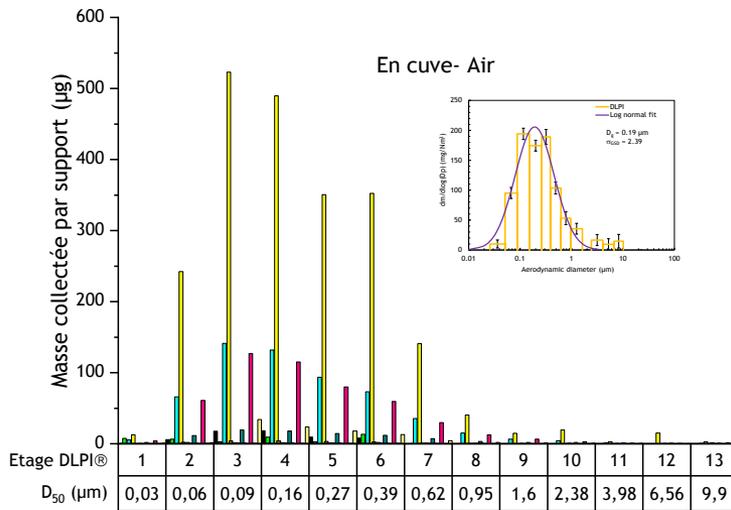
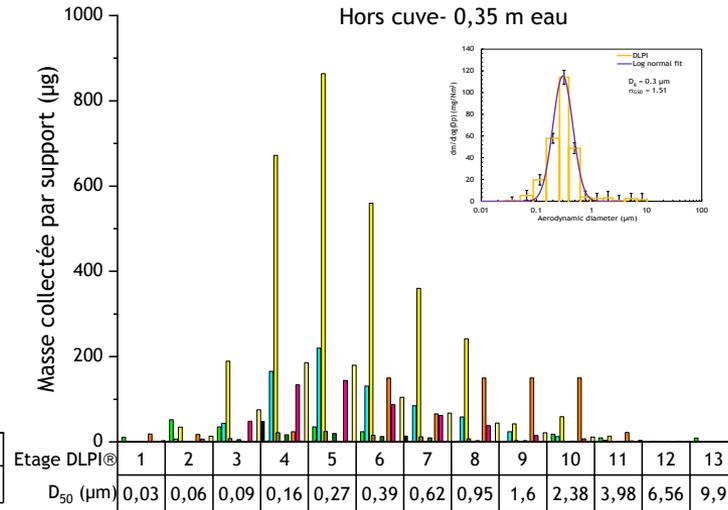
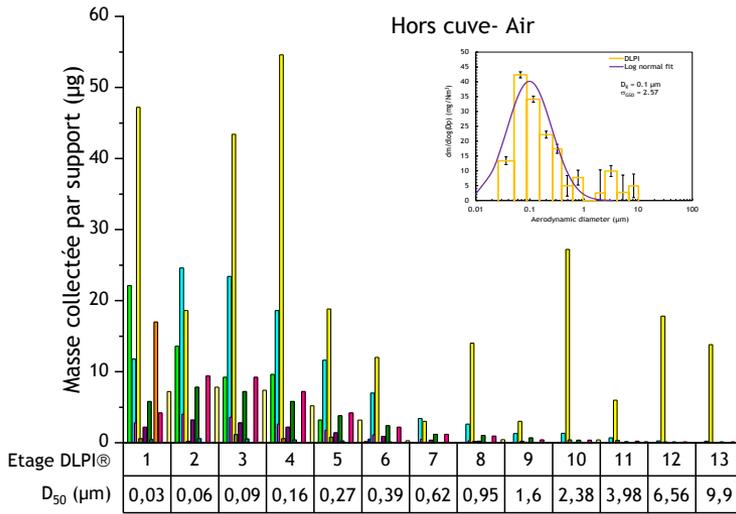
En cuve



DLPI® (En cuve)

# Distribution des éléments chimiques

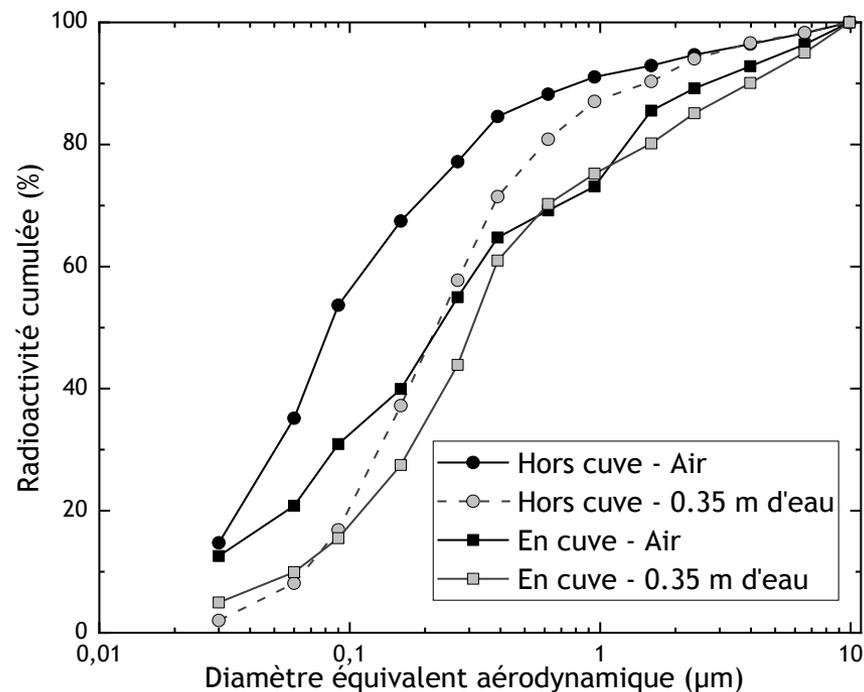
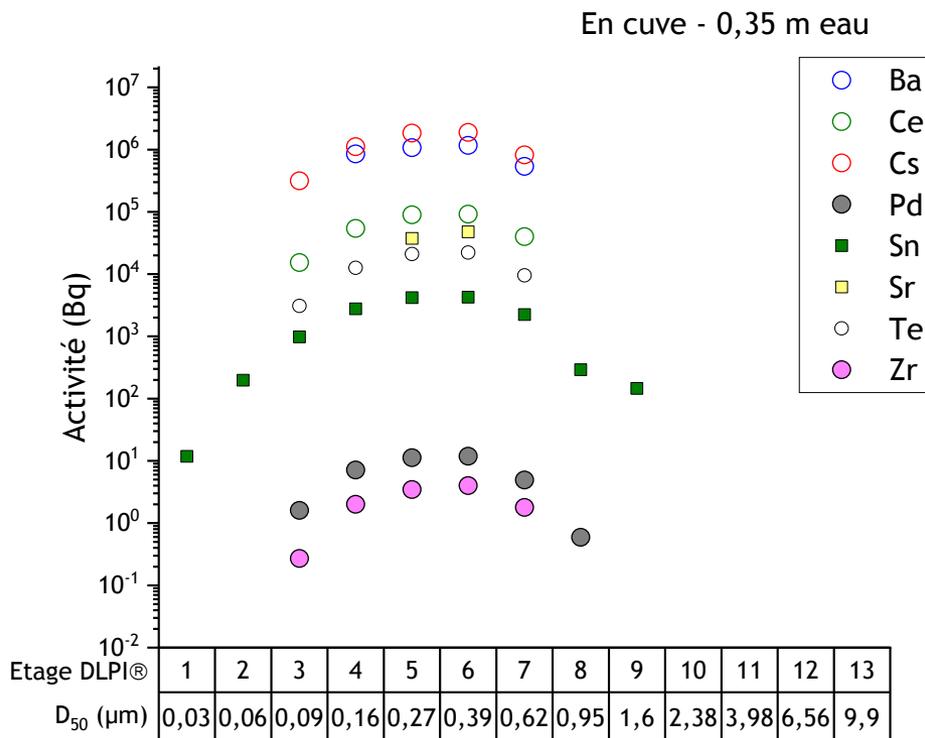
- B
- Ba
- Ca
- Ce
- Cr
- Cs
- Fe
- Hf
- La
- Mo
- Nd
- Ni
- Pd
- Pr
- Si
- Sm
- Sn
- Sr
- Te
- Y
- Zr





# Distribution de l'activité des radioéléments

- Simulant Hors cuve et En cuve: contribution importante du Ba, Ce (Pu) et Cs
- Simulant Hors cuve: 50% de l'activité pour des tailles de particules < 90 nm
- Simulant En cuve: 50% de l'activité pour des tailles de particules entre 100 et 300 nm
- Influence de la découpe sous eau dans le cas du simulant Hors cuve: ↑ du  $D_{50}$  (agglomération, formation de nouvelles espèces chimiques (oxydation, etc...))





# Conclusion...et suite des actions

- Les aérosols issus de la découpe laser de simulants du corium (scenarii hors cuve/en cuve)
  - Composition chimique riche en éléments de l'acier & particules fines (tailles entre 90 et 300 nm)
  - Radioactivité équivalente dominée par les éléments Barium, Cérium (Pu), Césium et Strontium
  - Multiples réactions chimiques supposées (oxydation, nitruration, carburation, hydrolyse)
- Actions programmées et envisagées:
  - Étude d'outils de découpe mécanique de type disqueuse (installation CAPIMIF, IRSN) et carotteuse
  - Découpe laser sous azote (DELIA, CEA)
  - Couplage découpe laser et aspersion (spray scrubbing)
  - Composition chimique des prélèvements impacteurs: ICP + XPS (structure-environnement chimique)
  - Accentuer les analyses en microscopie

... Merci jusqu'au bout d'avoir suivi 😊