

Caractérisation des émissions de particules fines sur le chantier de démantèlement de la centrale de Fessenheim Projet 2263



Anne BOOS
IPHC UMR7178

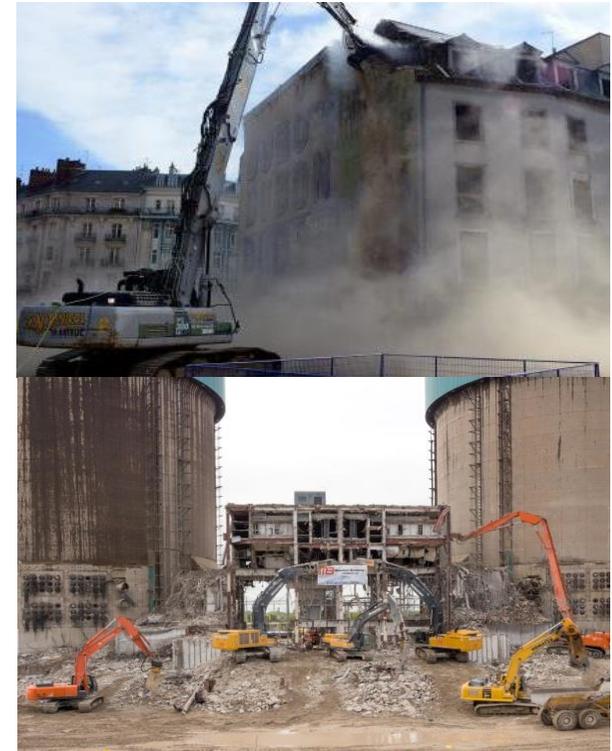
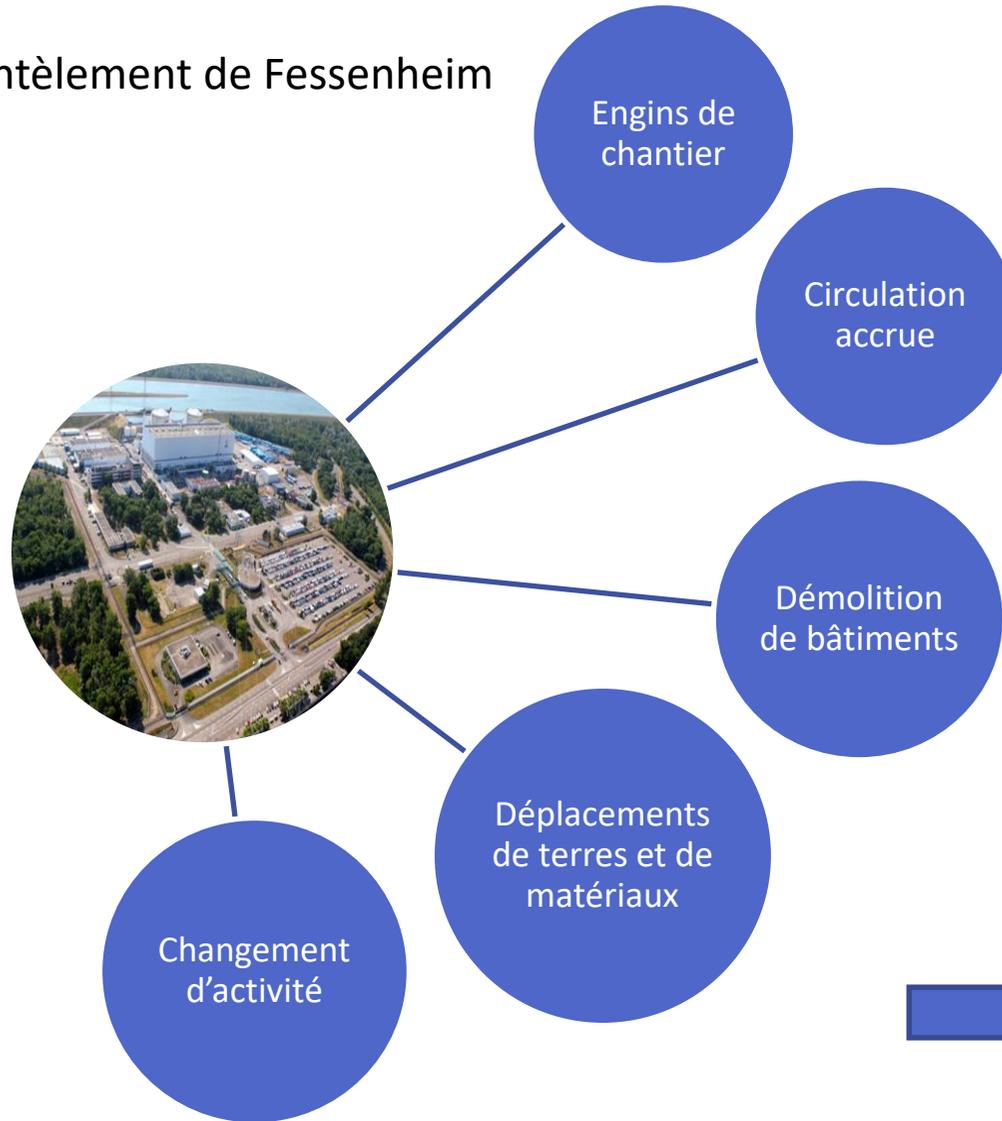
Maurice Millet
ICPEES UMR7515

Séminaire OHM Fessenheim

01 Juillet 2021

Sujet

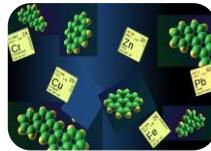
Démantèlement de Fessenheim



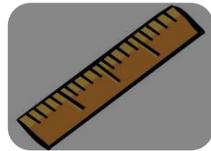
Emission de particules fines et de nanoparticules

Problématique

Ces émissions présentent-elles un danger pour l'environnement ?
Les émissions vont-elles changer de nature avec le changement d'usage du site ?



Quelle est la nature des particules ?



Quelle est leur dimension ?



En quelle quantité sont-elles émises ?



Par quoi, où et quand ?



Méthodologie



Prélèvements

- Moyens : impacteurs en cascade
- Campagnes pour l'élémentaire et les organiques
- Quand ? Avant démarrage des travaux
- Où ?

Point zéro

Problème : pas d'accès possible à un réseau électrique (un comble) car pas d'autorisation par EDF

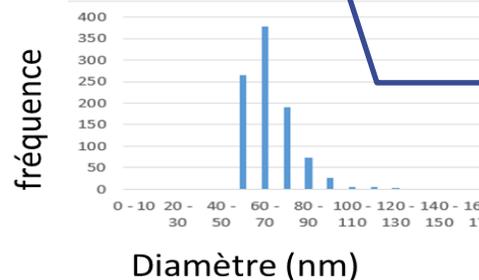
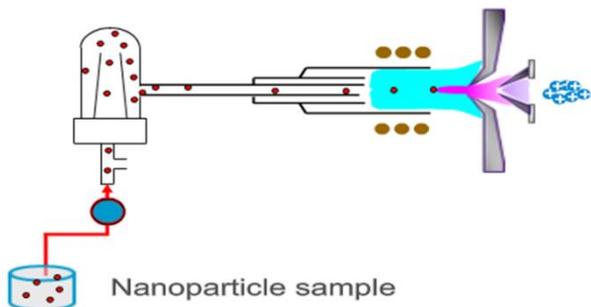
- ✓ Sur le toit de l'ECPM
- ✓ Bd Clémenceau à Strasbourg (trafic routier)
- ✓ Sur chantier de démolition ?

Analyses en total

- Des différentes fractions
- Par ICP-AES et ICP-MS pour l'élémentaire
- Par GC-MS pour les organiques

Analyses en mode Single Particle ICP-MS

- Pour les éléments les plus présents
- Pour les fractions les plus fines



Développement de méthode :

- ✓ Validation du mode de prélèvement
- ✓ Optimisation des conditions de remise en suspension des particules piégées sur les filtres
- ✓ Validation de l'analyse

Mise au point de la méthode analytique pour l'analyse des éléments totaux

X. Liu, G. Rosé, TP option Sc. Analytiques ECPM 2020 / M. Dia Stage M2 Sc. Analytiques 2021

Utilisation de filtres en Quartz pour limiter les contaminations en éléments chimiques

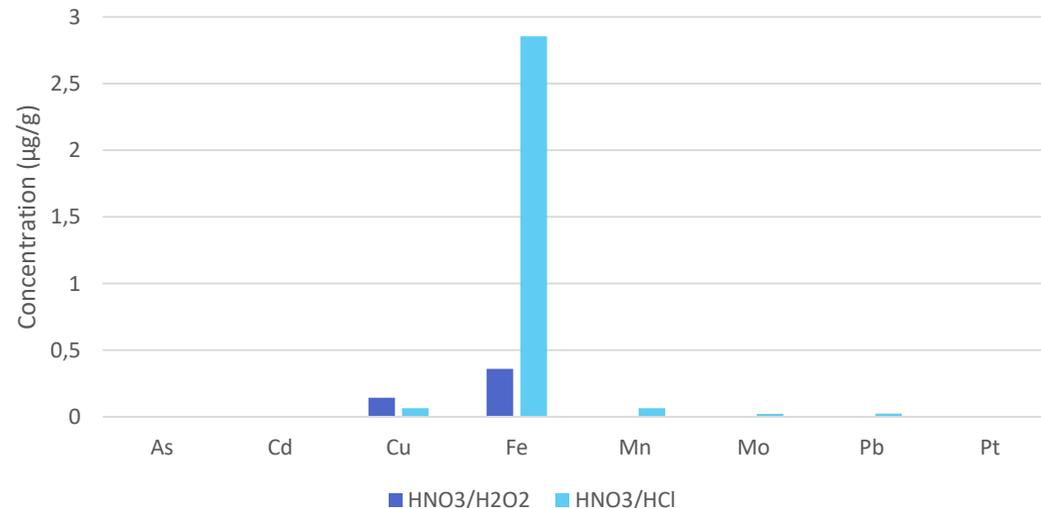
Mise en solution des éléments déposés sur les filtres par chauffage micro-onde en réacteurs fermés

1. Nécessité de lavages poussés des réacteurs avant utilisation

2. Comparaison de 4 solutions de minéralisation :

- ✓ HNO_3
- ✓ $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ 90/10 v/v
- ✓ HNO_3/HCl 33/67 v/v
- ✓ HNO_3/HF 90/10 v/v

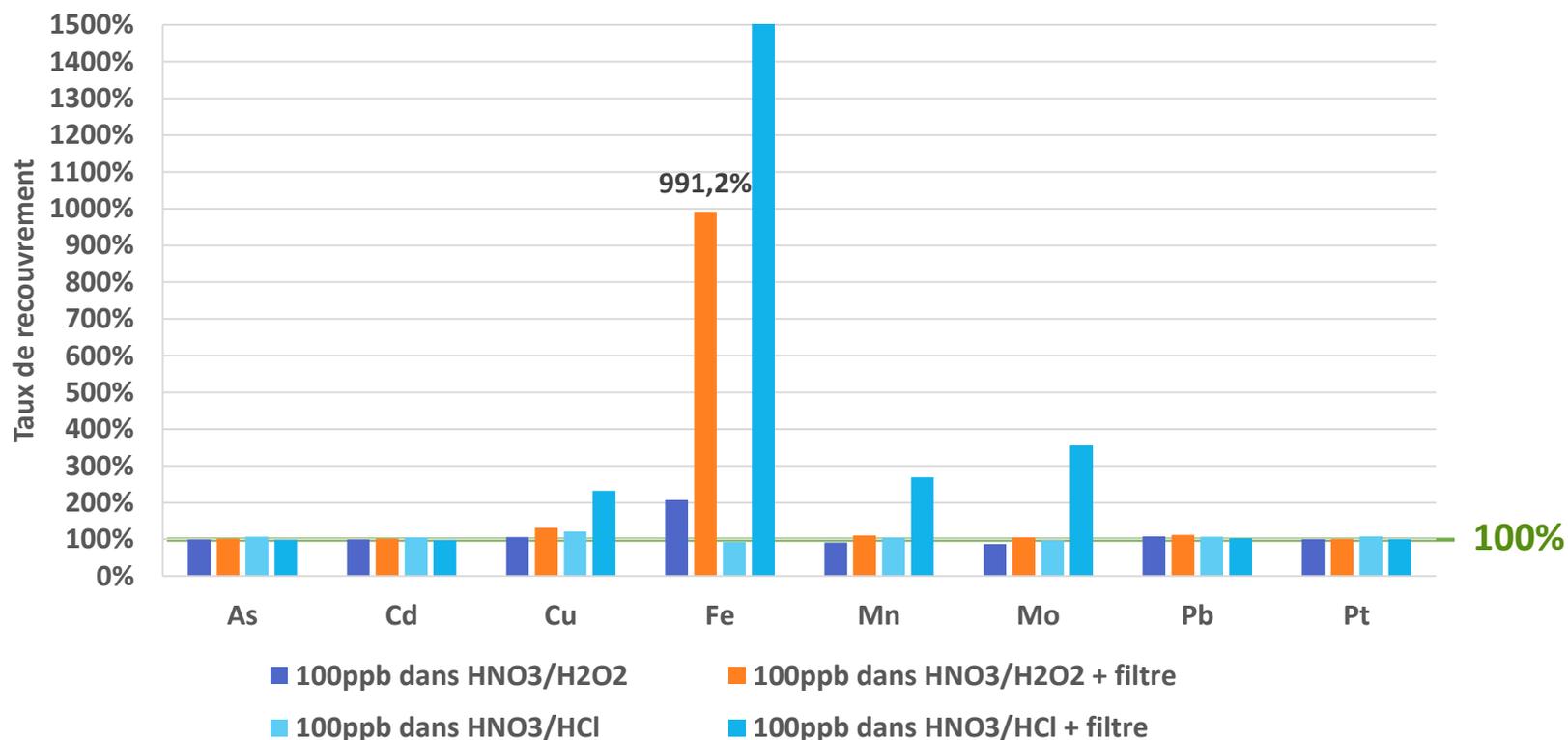
Contaminations apportées par le filtre en quartz
Effet de la nature des acides



Mise au point de la méthode analytique pour l'analyse des éléments totaux

Mise en solution des éléments déposés sur les filtres par chauffage micro-onde en réacteurs fermés

3. Vérification des taux de recouvrement d'un standard à 100 ppb (20 éléments)



➔ Nécessité de laver les filtres avant utilisation

Prélèvement - zone peu polluée

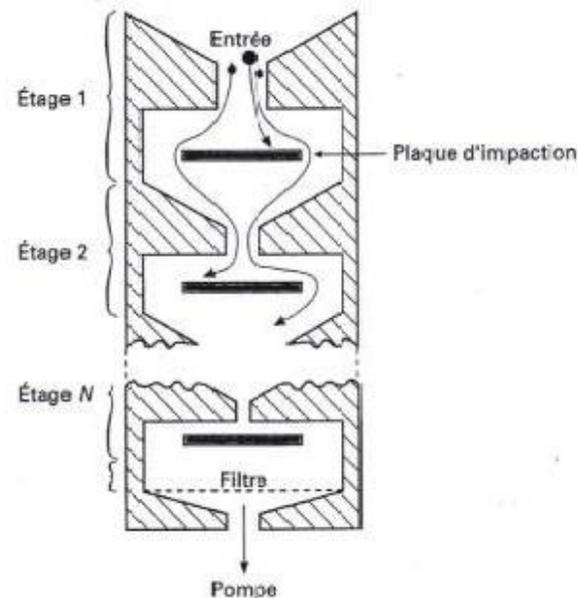
Méthode : impacteur en cascade (Tisch, 28,3 L/min) à 8 étages, de PM10 à PM0,4 + 1 étage de backup

Durée de prélèvement : 11 jours

Quand : du 26/02/2021 au 08/03/2021 pendant le confinement

Où : campus de Cronembourg, Strasbourg

Météorologie : beau temps sec, période d'alerte aux particules fines (sable du Sahara)



Stage 0
9-10 μm



Stage 01
5.8 – 9 μm



Stage 02
4.7- 5.8 μm



Stage 03
3.3 – 4.7 μm

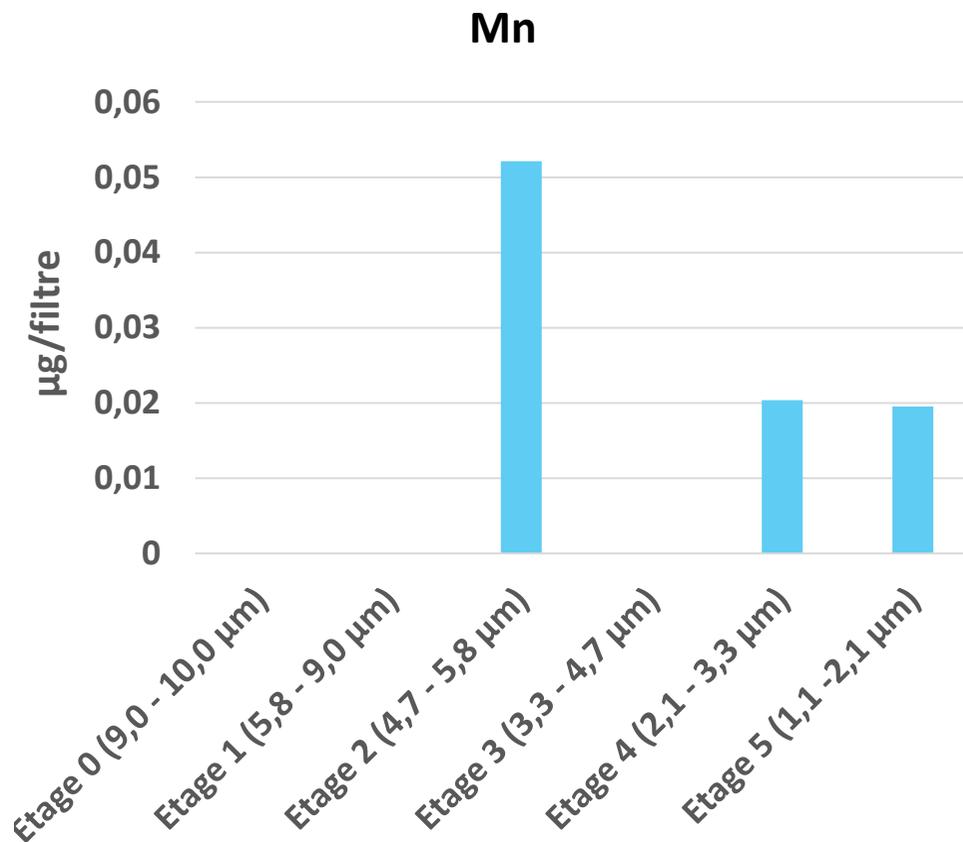
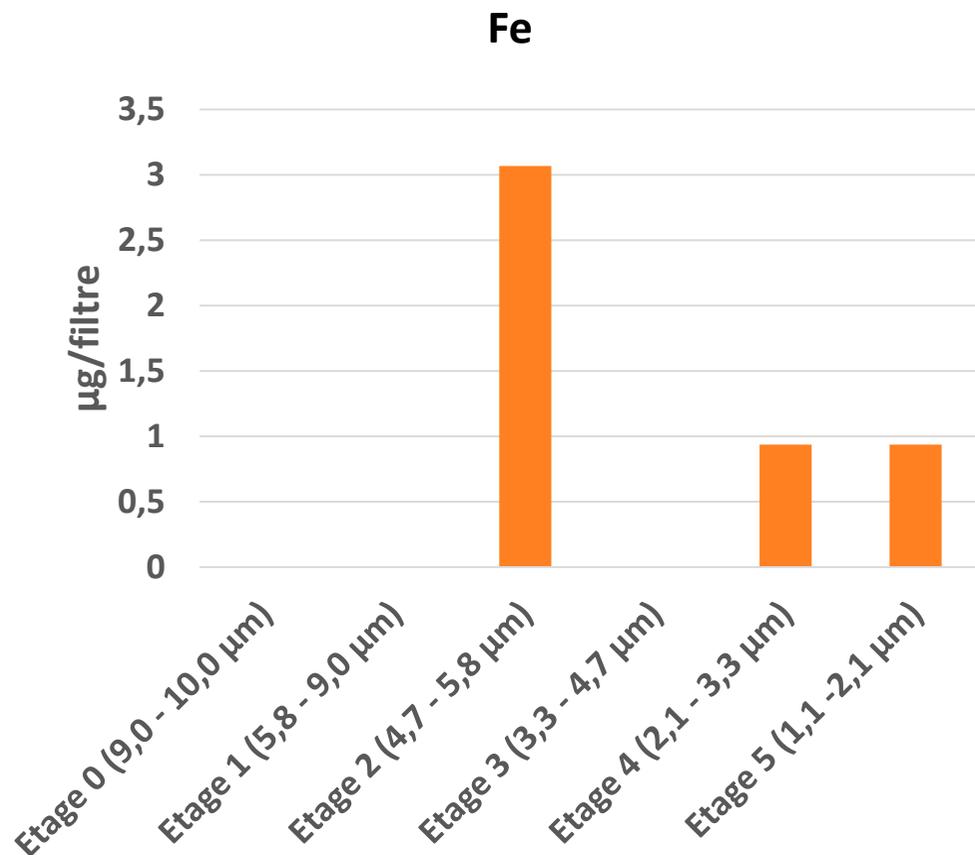


Stage 04
2.1 – 3.3 μm



Stage 05
1.1 – 2.1 μm

Résultats en éléments totaux - zone peu polluée



Fe et **Mn** probablement d'origine naturelle : oxydes de fer et ferro-manganèse des sols

On ne détecte pas (< 0,01 µg/filter) : As, Cd, Pb, Cu, Ln, Mo, Pt



Dépôt essentiellement de nature organique ?

Prélèvements - zone polluée par le trafic routier

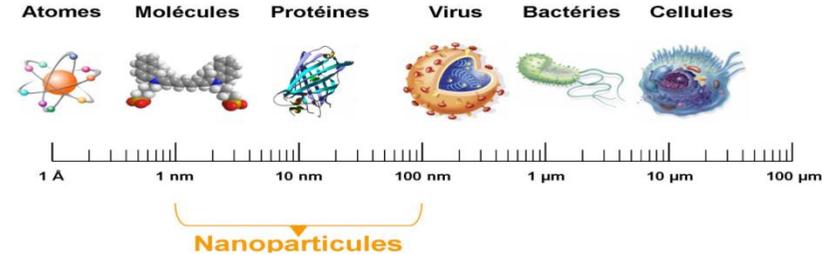


Développement de la méthode Single particule ICP-MS

M. Pavailer Ingénieur ECPM, Master Sciences analytiques/M. Dia,
Master M2 sc; Analytiques

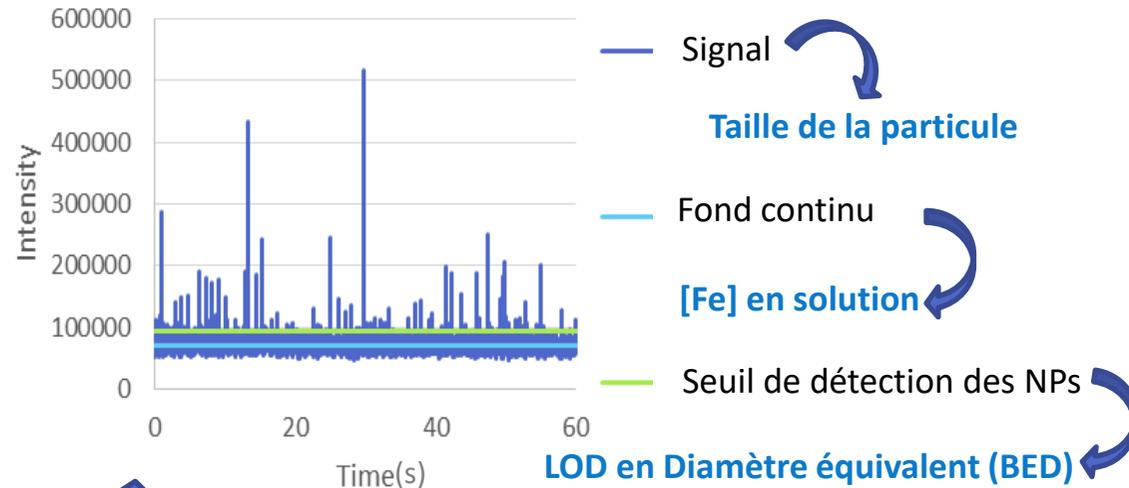
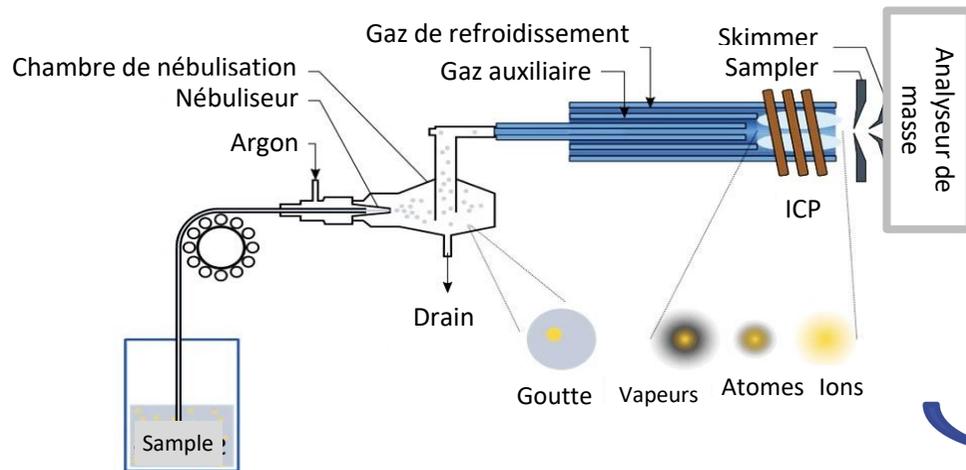
Utilisation de nanoparticules de Fe_3O_4 bien caractérisées en taille (350nm)
Coll. S. Bégin IPCMS UMR7504

ou
de nanoparticules de Ag de 60 nm (Sigma-Aldrich)



PRINCIPE

Les particules sont introduites une par une dans le plasma

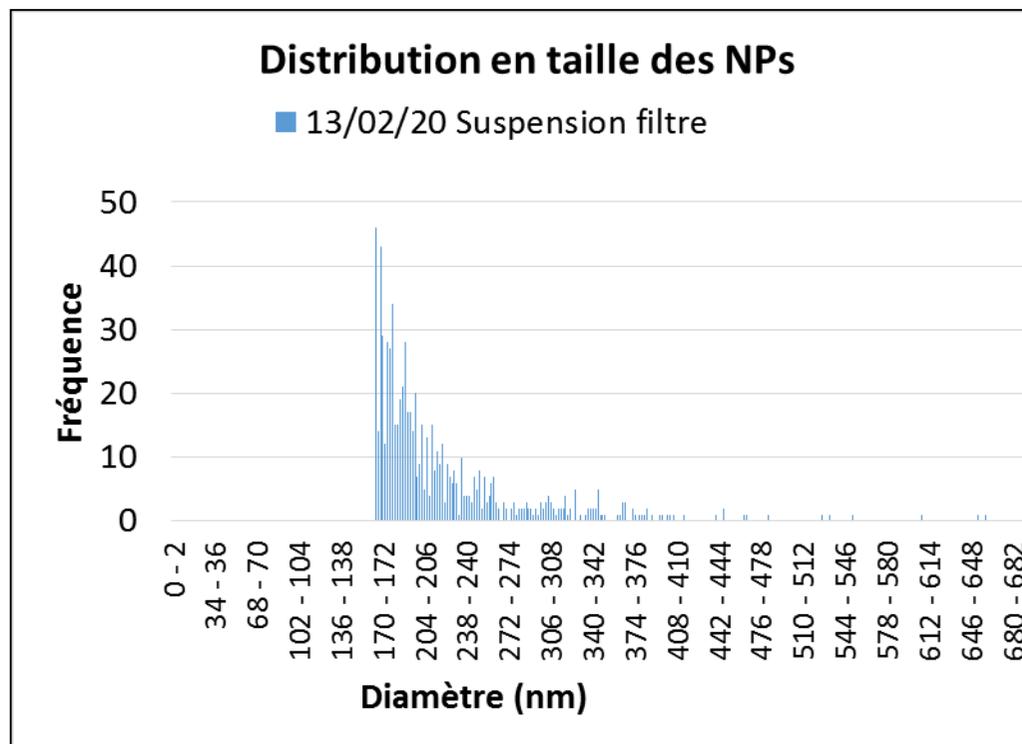


- Paramétrage du Dwell time, du Settling time et du temps d'acquisition de l'analyseur
- Recherche des milieux de mesure permettant d'avoir la meilleure sensibilité sans modification de la taille des particules
- Recherche de la méthode de récupération des particules déposées sur les filtres de l'impacteur en cascade

Développement de la méthode Single particle ICP-MS

Essai sur prélèvement réalisé sur le toit de l'ECPM en 2020

Filtre de l'étage 7 avec remise en suspension par sonication dans HNO₃ 0,1%

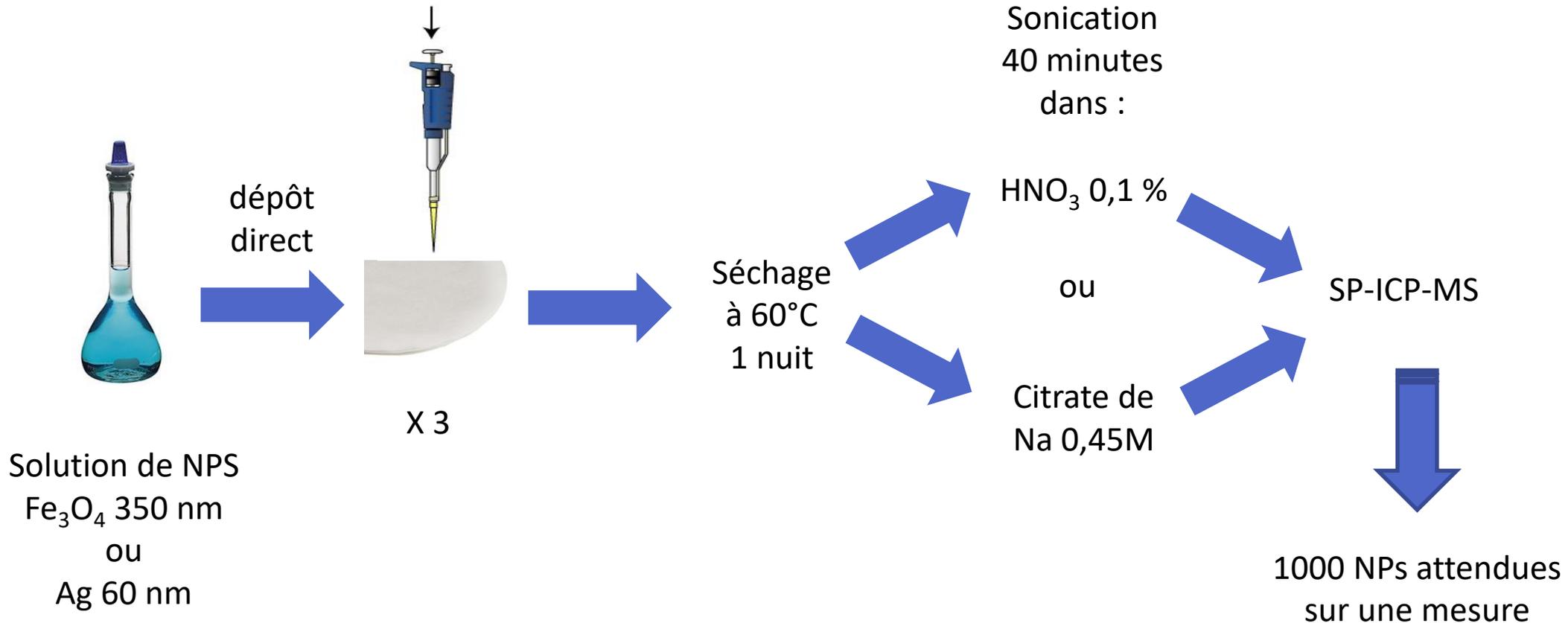


- BED très élevé car beaucoup de Fer dissous ou trop de NPs introduites
- 744 particules détectées en 60 s soit $1,6 \cdot 10^8$ particules/filtre
- Diamètre moyen : 220 nm

Développement de la méthode Single particle ICP-MS

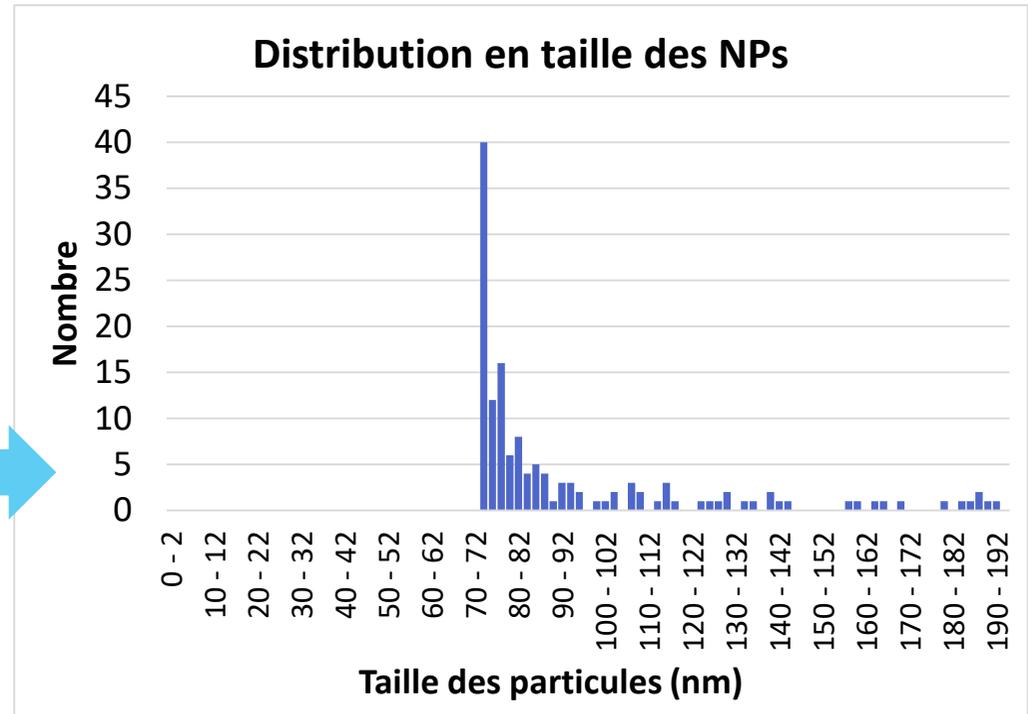
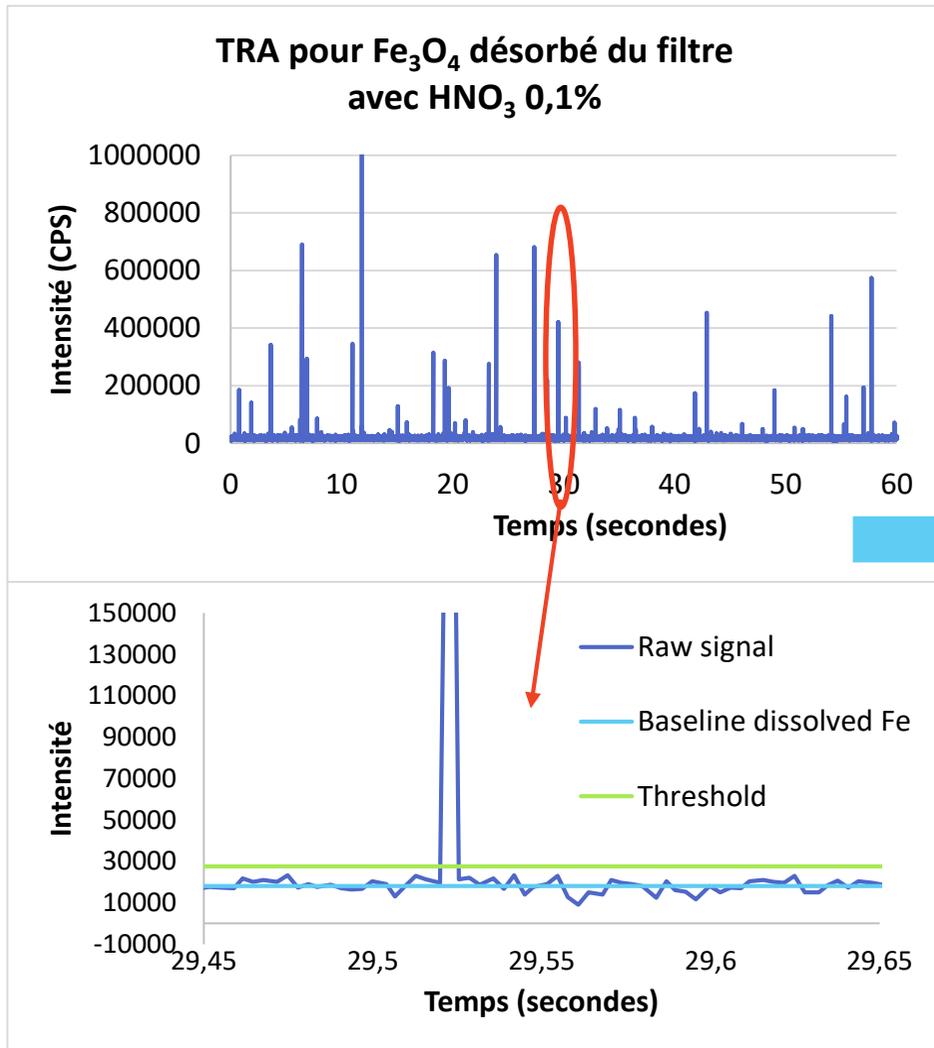
Recherche de la solution de désorption des dépôts sur les filtres adaptée

1. Tests sur dépôt direct d'une suspension de NPs



Développement de la méthode Single particle ICP-MS

1. Tests sur dépôt direct d'une suspension de NPs - Résultats



BED : 70 nm
Diamètre moyen : 111 nm
Diamètre median : 81 nm
Nombre de particules total : 158

Développement de la méthode Single particle ICP-MS

Tests sur dépôt direct d'une suspension de NPs – Résultats sur 3 mesures

Medium	Element	élément dissous (ppb)	LOD (ppb)	Nombre de particules détectées	Diamètre moyen (nm)	Diamètre attendu (nm)
HNO ₃ 0.1%	Fe ₃ O ₄	1,07 ± 0.03	0,5	180 ± 40	127 ± 6	350
	Ag	< 0,02	0,02	230 ± 50	23 ± 2	60
Citrate de Na 0,45 M	Fe ₃ O ₄	< 150	150	1032 *	n.a.	350



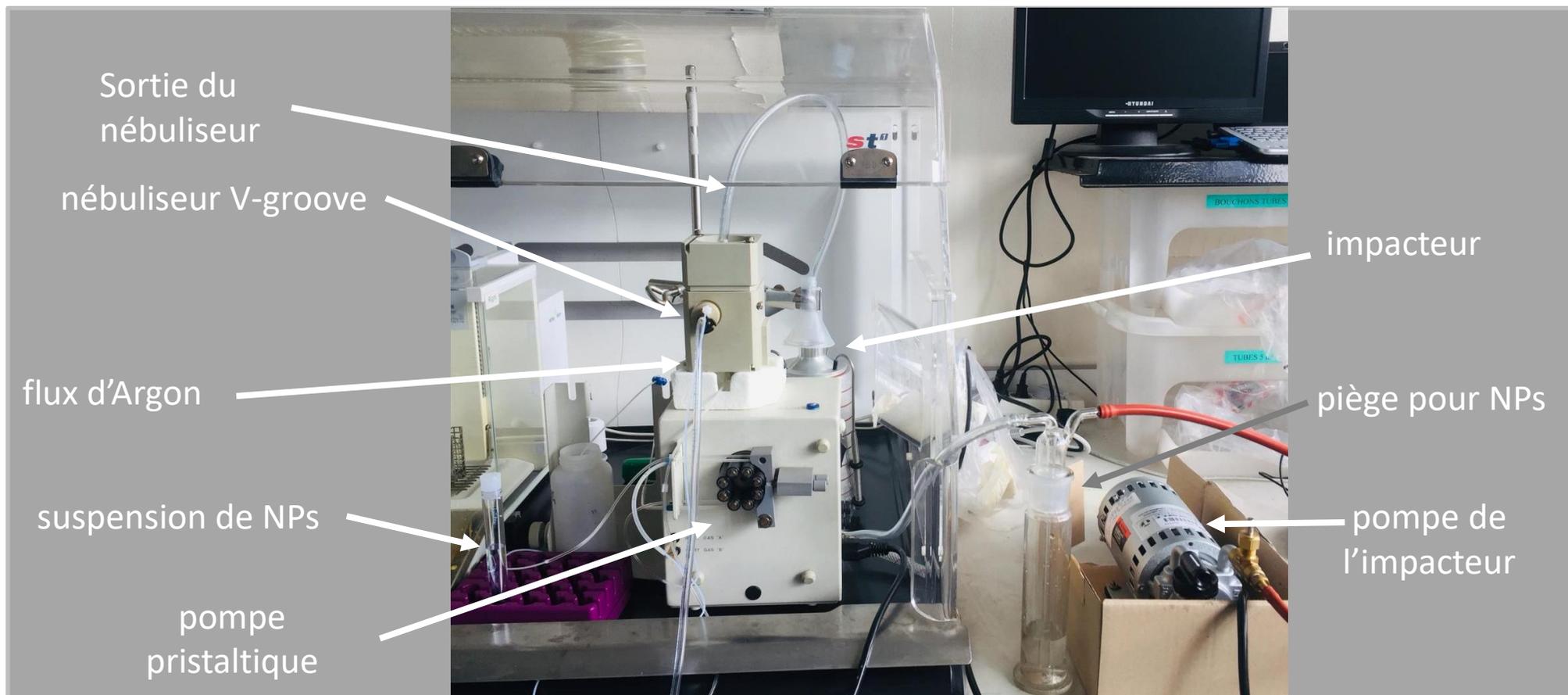
Le citrate de sodium semble efficace pour la désorption des particules déposées. (*une seule mesure car problème de nébuliseur bouché) : à valider

Question : comportement du dépôt direct identique à un aérosol atmosphérique prélevé avec l'impacteur ?

Développement de la méthode Single particle ICP-MS

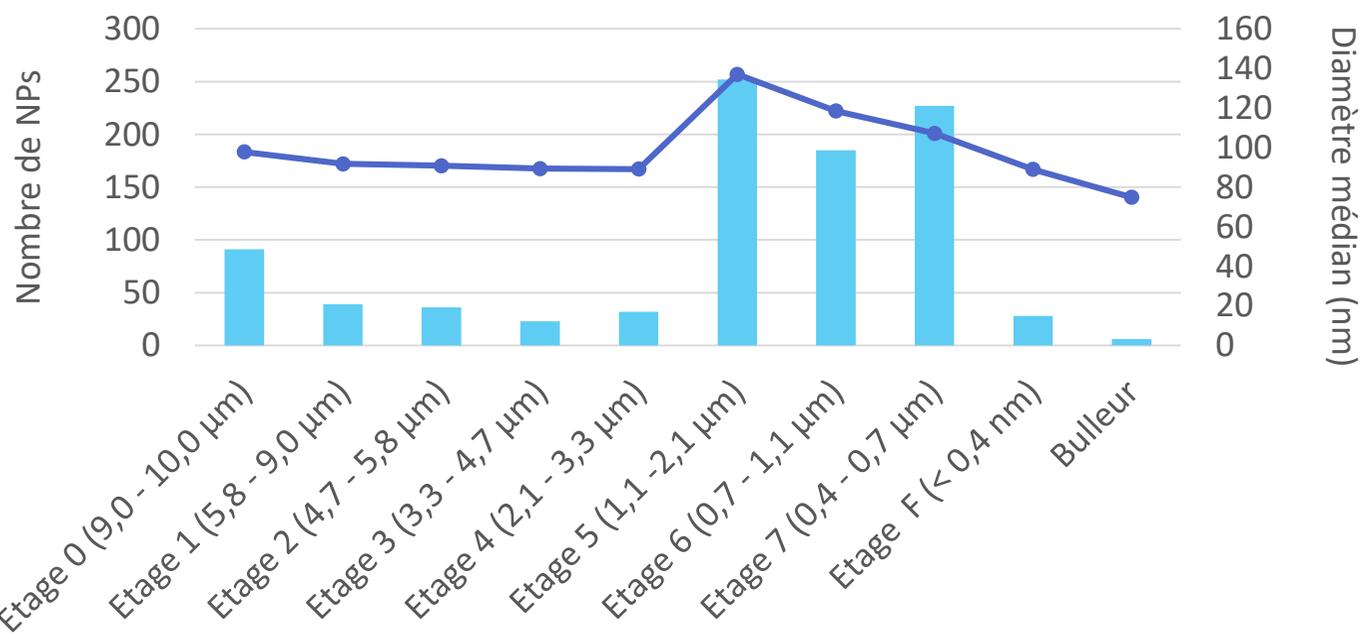
Recherche de la solution de désorption des dépôts sur les filtres adaptée

2. Tests sur dépôt dans l'impacteur d'une suspension de NPs nébulisée



2. Tests sur dépôt dans l'impacteur d'une suspension de NPs nébulisée

Désorption des 10 filtres dans HNO₃ 0,1% - sonication pdt 40 minutes
Analyse en SP-ICP-MS



Distribution des NPs sur tous les filtres. Montage à améliorer ?
Tailles des NPs < 350 nm : dissolution par HNO₃ 0,1% ?

Tests avec le citrate de Na

Conclusion/Perspectives

Réalisé :

- Prélèvement et analyse en éléments totaux sur zone peu polluée :
 - ✓ détection de Fe et Mn en faible quantité sur les étages 2, 4 et 5.
- Caractérisation de NPs de Fe par SP-ICP-MS en cours
 - ✓ Développement de la méthode de désorption des NPs : résultat prometteur avec le citrate de Na pour un dépôt direct
 - ✓ Validation avec un dépôt dans l'impacteur par nébulisation de la suspension de NPs
- Prélèvement et analyse en éléments totaux sur zone polluée en cours

Suite :

- Observations MEB des dépôts
- Caractérisation en SP-ICP-MS des filtres des étages 6 et 7 du prélèvement Cronembourg à faire lorsque la méthode sera validée
- Prélèvements sur le site de Fessenheim pour point 0 ? Ou sur chantier de démolition ?

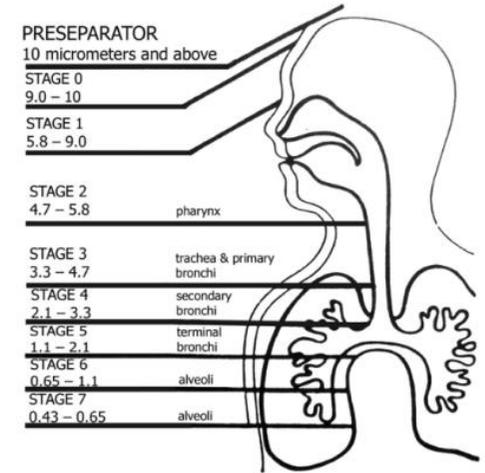
Résultats escomptés in fine/État d'avancement

Obtenir la description poussée des particules émises

- avant,
- pendant,
- et après le démantèlement

Pour fournir des données pour mieux évaluer

- l'impact de tels chantiers sur la santé humaine et l'environnement
- les conséquences d'un changement
 - de nature de l'énergie utilisée dans la région
 - de l'activité économique



Merci pour votre attention

Merci

aux étudiants Xin Liu, Gauthier Rosé, Maxence Pavailler, Malak Dia



au personnel CNRS I. El Masoudi, P. Ronot



au Dr Olivier Delhomme (ICPEES) pour son aide au prélèvement



au Pr Sylvie Bégin et à la doctorante P. Duarte (IPCMS) pour les nanoparticules de Fe_3O_4



à AtmoGrandEst pour l'autorisation d'accéder à leurs installations