



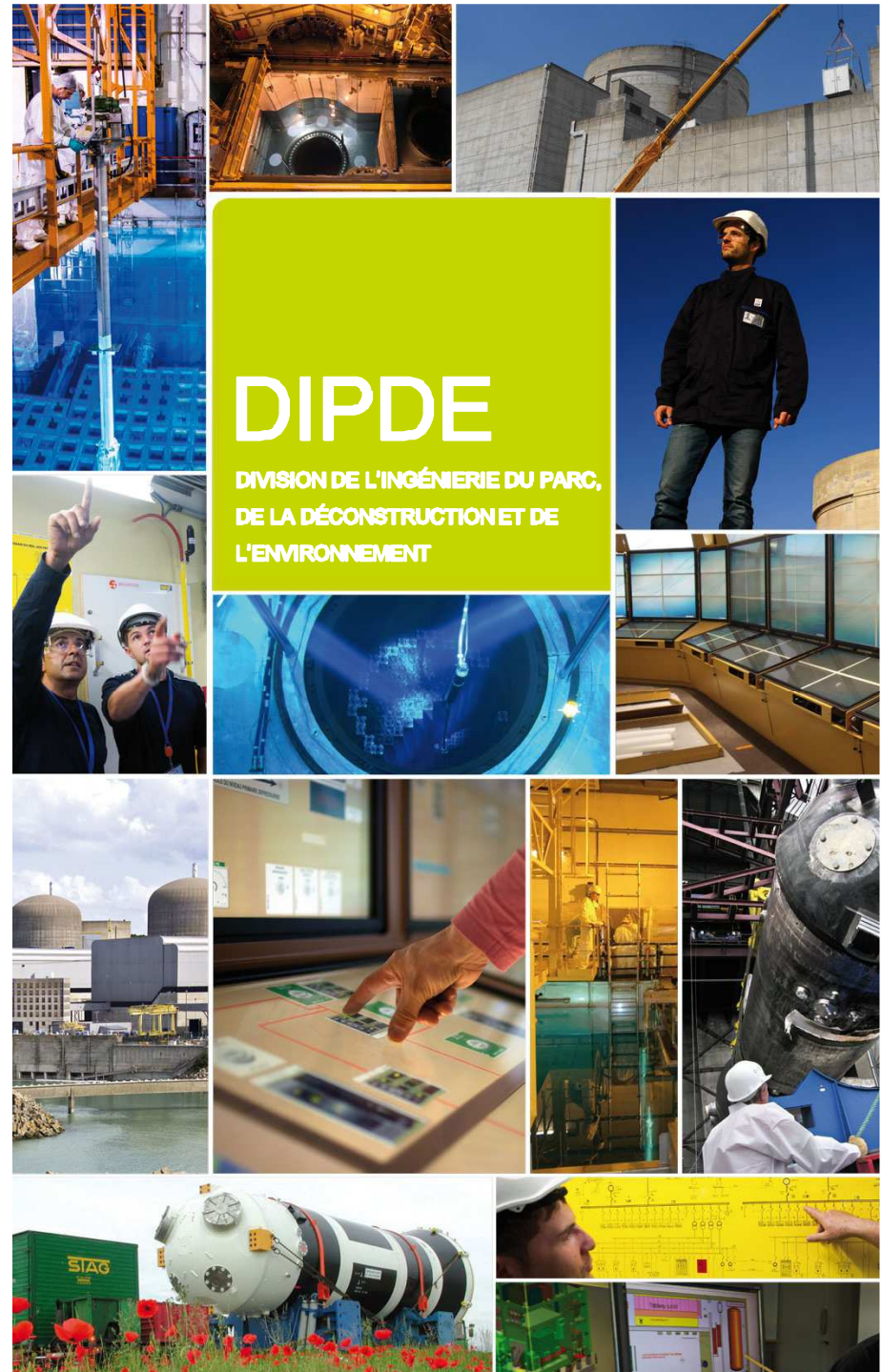
DÉMANTÈLEMENT DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES EDF 1^{ÈRE} GÉNÉRATION

EXEMPLES D'APPLICATION LIÉE À LA MESURE NUCLÉAIRE

20/07/2016

Benjamin BOUSSETTA

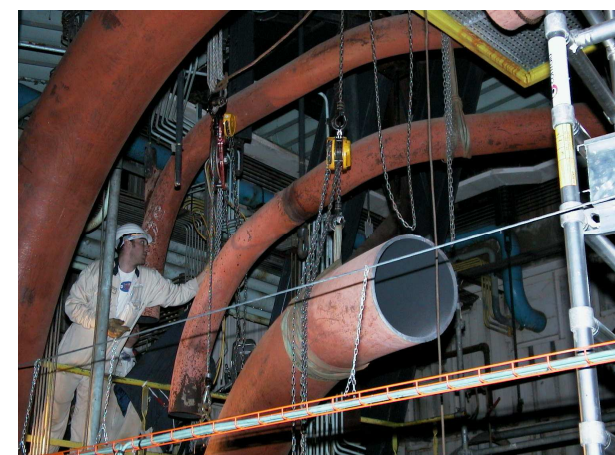
EDF- DIPDE - Service Sûreté Risques Fonctionnement (SRF)
Groupe Protection des Intervenants
Chargé d'Etudes Radioprotection



SOMMAIRE

- I. PRÉSENTATION DES PROJETS / ENJEUX DU DÉMANTÈLEMENT À EDF
- II. CARACTÉRISATION DU CHENAL DE LA CENTRALE DES MONTS D'ARREE
- III. ETUDE DU COMPORTEMENT DES MONITEURS DE CONTAMINATION DANS LES CHANTIERS DE DÉMANTÈLEMENT
- IV. CONCLUSION GENERALE

I. PRESENTATION DE LA DÉCONSTRUCTION À EDF



PRÉSENTATION DES SITES EDF EN DÉCONSTRUCTION



2 - Brennilis
 Finistère, à 70 km de Brest
Réacteur à eau lourde
 Mise en service : 1967
 Date d'arrêt : 1985



1 - Chooz
 Ardennes, à 60 km de Charleville-Mézières
Réacteur à eau pressurisée
 Mise en service : 1967
 Date d'arrêt : 1991




3 - Saint Laurent A
 Loir-et-Cher, à 35 km d'Orléans
2 réacteurs UNGG
 Mises en service : 1969 et 1971
 Dates d'arrêt : 1990 et 1992



5 - Bugey 1
 Ain, à 40 km de Lyon
Réacteur UNGG
 Mise en service : 1972
 Date d'arrêt : 1994



4 - Chinon A
 Indre-et-Loire, à 45 km de Tours
3 réacteurs UNGG
 Mises en service 1963, 1965 et 1966
 Dates d'arrêt : 1973, 1985 et 1990

-  Réacteur à eau lourde
-  Réacteur à eau pressurisée
-  Réacteur UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz)
-  Réacteur à neutrons rapides



6 - Creys-Malville
 Isère, à 75 km de Lyon
Réacteur à neutrons rapides
 Mise en service : 1986
 Date d'arrêt : 1998



II. PLAN DE GESTION DE L'ANCIEN CHENAL DE REJETS DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS DE LA CENTRALE DES MONTS D'ARREE



CONTEXTE

Le traitement du chenal de rejet : premier chantier de grande ampleur de réhabilitation de sols marqués radiologiquement à EDF :



- chenal de 130 m de long environ
- 1 m de dénivelé entre amont et aval
- niveau de la nappe variant de 70 cm à 1,4 m de profondeur



EFMMIN 4

DIPDE | 20/07/2016 | 6

- Un fossé créé par l'opérateur pour mener les effluents arrivant à partir de la STE à la rivière d'Ellez
- Sols souillés par de très basses activités de Cs-137 et de Co-60

Enjeu médiatique (demande forte de l'enquête publique)

Enjeu méthodologique (1^{er} chantier de cette ampleur)

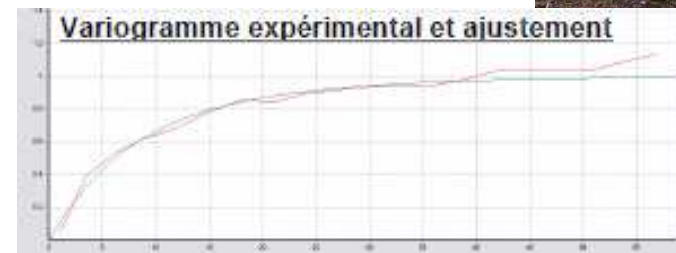
Et des contraintes...

- Caractère « humide » du chenal (contrainte travaux)
- Protection des espèces, proximité Zone Natura 2000
- Protection de l'Ellez

DIAGNOSTIC – LEVÉE DE DOUTE SURFACIQUE (1)

Objectif : repérer les zones d'intérêt radiologique et discriminer le naturel de l'artificiel

- Expertise confiée à la Section Assainissement du Site du CEA FAR.
 - **Outils innovants :**
 - Mesure du flux gamma émergent grâce au 4x4 VEGAS (DéTECTEURS scintillateur plastique DSP + NaI 8" + GeHP) ou à pied avec NaI3" selon les conditions d'accès
 - Outils d'optimisation du plan d'échantillonnage
 - Acquisition en temps réel de la mesure, centralisation et cartographie
 - Traitement de données par géostatistique
- A permis d'obtenir une modélisation 2D en temps réel (débit de dose et activité)**



DIAGNOSTIC – LEVÉE DE DOUTE SURFACIQUE (2)

■ 1^{ère} étape :

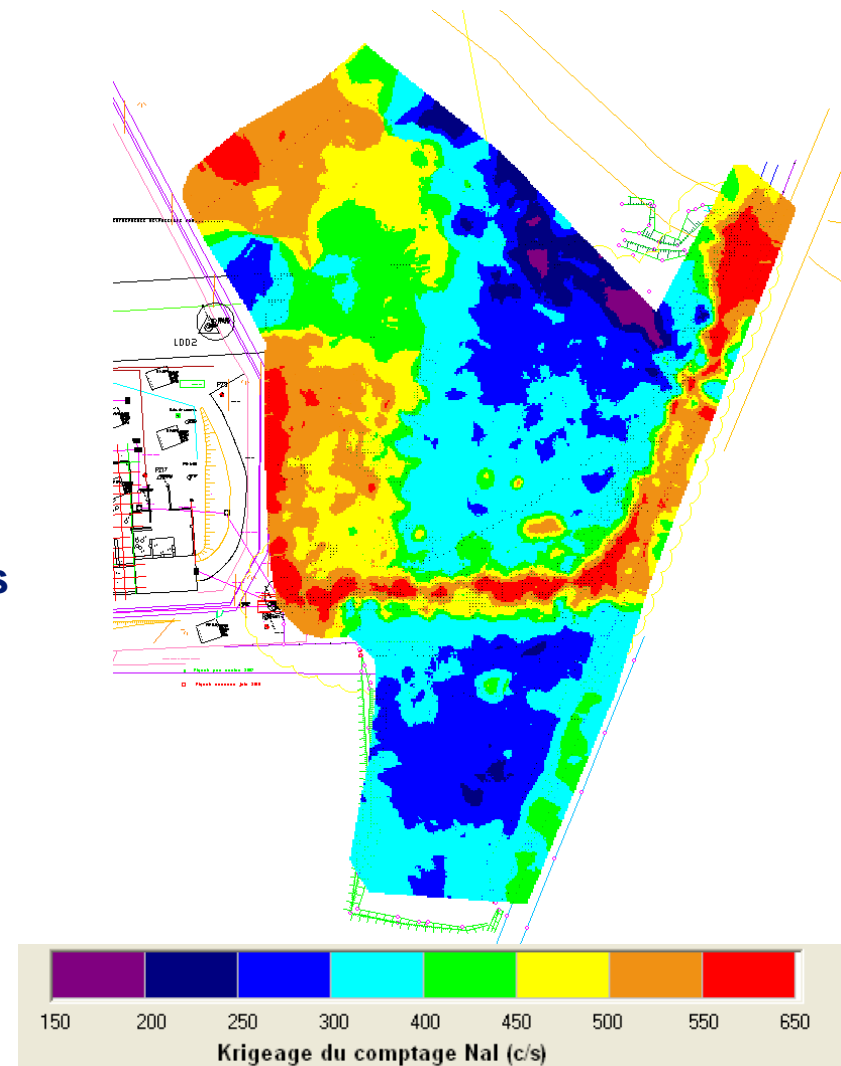
Mise en évidence des zones d'intérêt

- Krigeage des données issues de la mesure Nal

Conclusion intermédiaire :

Chenal → seule zone marquée par des radionucléides artificiels liés à l'exploitation

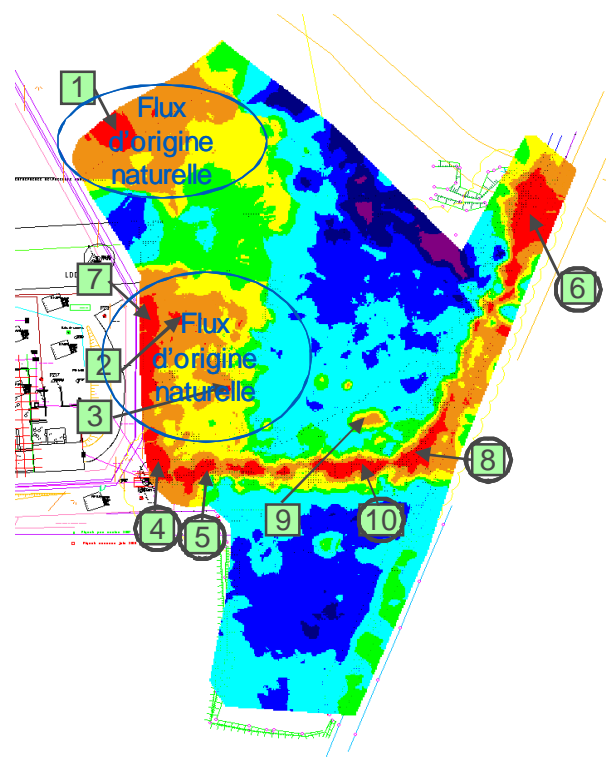
Nota : Le rouge correspond au flux gamma le plus élevé, sans pour autant que le niveau de ce flux soit important (estimation du ddd par le CEA de l'ordre de 50 nSv/h en moyenne à 100 nSv/h au maximum)



DIAGNOSTIC – LEVÉE DE DOUTE SURFACIQUE (3)

■ 2^{ème} étape :

Discrimination des radionucléides artificiels par spectrométrie gamma in situ (Nal 3" en mode piéton (figure) et GeHP pour les zones carrossables)



Référence Spectro	RN artificiels détectés
1	< LD
2	< LD
3	< LD
4	¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co
5	¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co
6	¹³⁷ Cs
7	< LD
8	¹³⁷ Cs, ⁶⁰ Co
9	< LD
10	¹³⁷ Cs

■ 3^{ème} étape :

Échantillons et forages nombreux : 2 campagnes radiologiques (2008 et 2010) : plus de 140 forages (0,30 à 1,60 m) plus de 280 analyses radiologiques en laboratoire accrédité

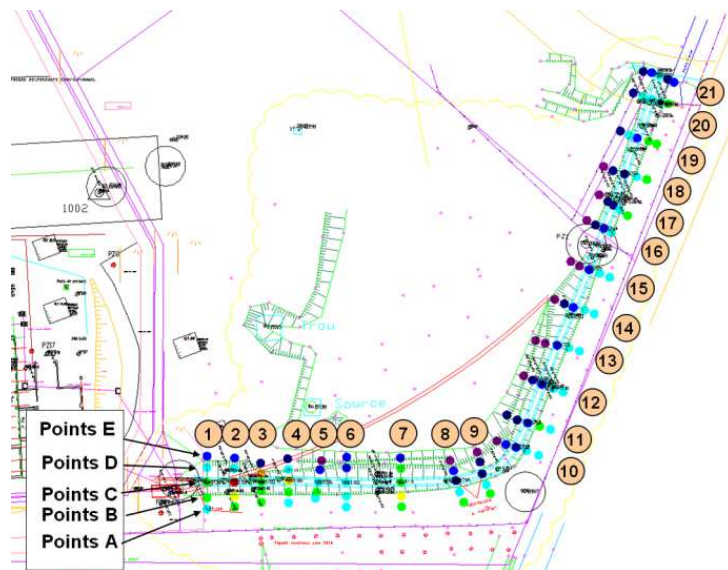
SYNTHESE DES DIAGNOSTICS RADIOLOGIQUES

Conclusion :

- Seul le chenal est marqué par des radionucléides artificiels
- Le flux gamma mesuré induit par la radioactivité artificielle est du même niveau que le flux gamma induit par la radioactivité naturelle

Résultats principaux :

- ^{137}Cs et ^{60}Co sont concomitants et sont des indicateurs fiables de la contamination présente.
- Le marquage est concentré dans les 20 premiers centimètres du sol.
- Les activités maximales sont observées dans la partie amont du chenal et sur la berge Sud : cohérence avec l'historique.



PLAN DE GESTION DES SOLS :

- EDF a optimisé l'excavation de terre et la production de déchets radioactifs un zonage déchets en 3 D sur la base du diagnostic ayant permis de cerner la localisation et la migration des radionucléides, donc basé sur la mesure, conformément au guide inter-exploitants.
- Excavation des 60 premiers cm sur des zones ciblées
- CRITERE OPERATIONNEL : Validé par l'ASN

MISE EN PRATIQUE DE LA RÉHABILITATION DU CHENAL

EDF a optimisé l'excavation de terre et la production de déchets radioactifs :

- Approche statistique du Terme source et des volumes à traiter

Pour la réhabilitation des sols du chenal : conformément au guide inter-exploitants, EDF a proposé un zonage déchets en 3 D sur la base du diagnostic, ayant permis de cerner la localisation et la migration des radionucléides, donc basé sur la mesure.

- Retrait des terres sur 0,60 m de profondeur, soit environ 800 m³.
- Les contraintes opérationnelles ne permettent pas de n'excaver que les terres « TFA ».

→ Le volume de déchets radioactifs a été majoré.



Modélisation des zones où l'activité est supérieure au critère de propreté radiologique = volumes en vert

CHENAL – CONTRÔLES FINAUX

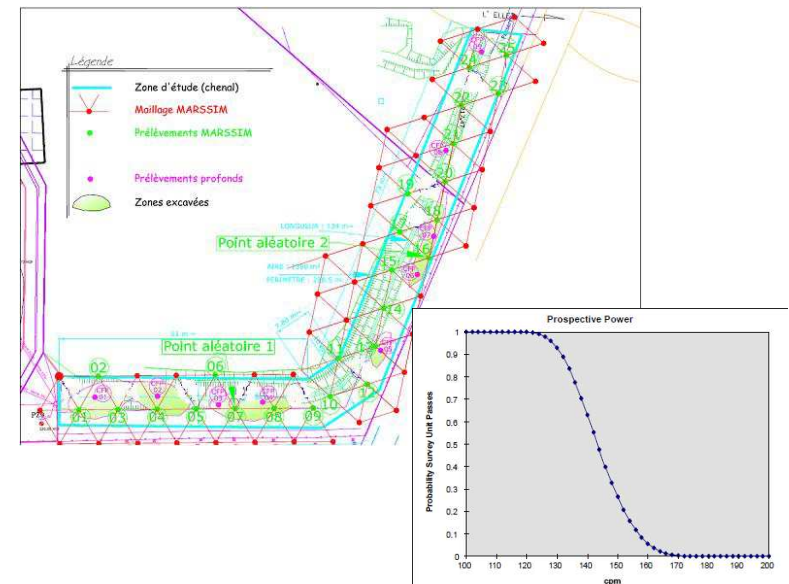
Démonstration de l'atteinte des objectifs d'assainissement : Pas de méthodologie existante éprouvée en Europe.

→ Mise en œuvre de la méthodologie de contrôle MARSSIM (Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual) élaborée par 4 agences fédérales américaines (EPA, DOE, NRC, DOD)

Application de la méthode au chenal :

- ✓ Scan surfacique 100% du chenal (spectrométrie gamma in situ)
- ✓ Minimum de 42 échantillons dédoublés entre le canal et un secteur de référence : maillage triangulaire pour le chenal, puis échantillons analysés dans les laboratoires accrédités radiologiques
- ✓ 9 forages en profondeur dans les secteurs les plus souillés pour vérifier l'absence de l'accumulation de radionucléides

Portique de contrôle équipé de 2 sondes de spectrométrie gamma



Aucun dépassement du critère sur 100% des mailles (mesures et analyses)
Validation de l'atteinte des objectifs de l'assainissement

III. COMPORTEMENT DES MONITEURS DE CONTAMINATION DANS LES CHANTIERS DE DÉMANTÈLEMENT



COMPORTEMENT DES MONITEURS DE CONTAMINATION DANS LES CHANTIERS DE DÉMANTÈLEMENT

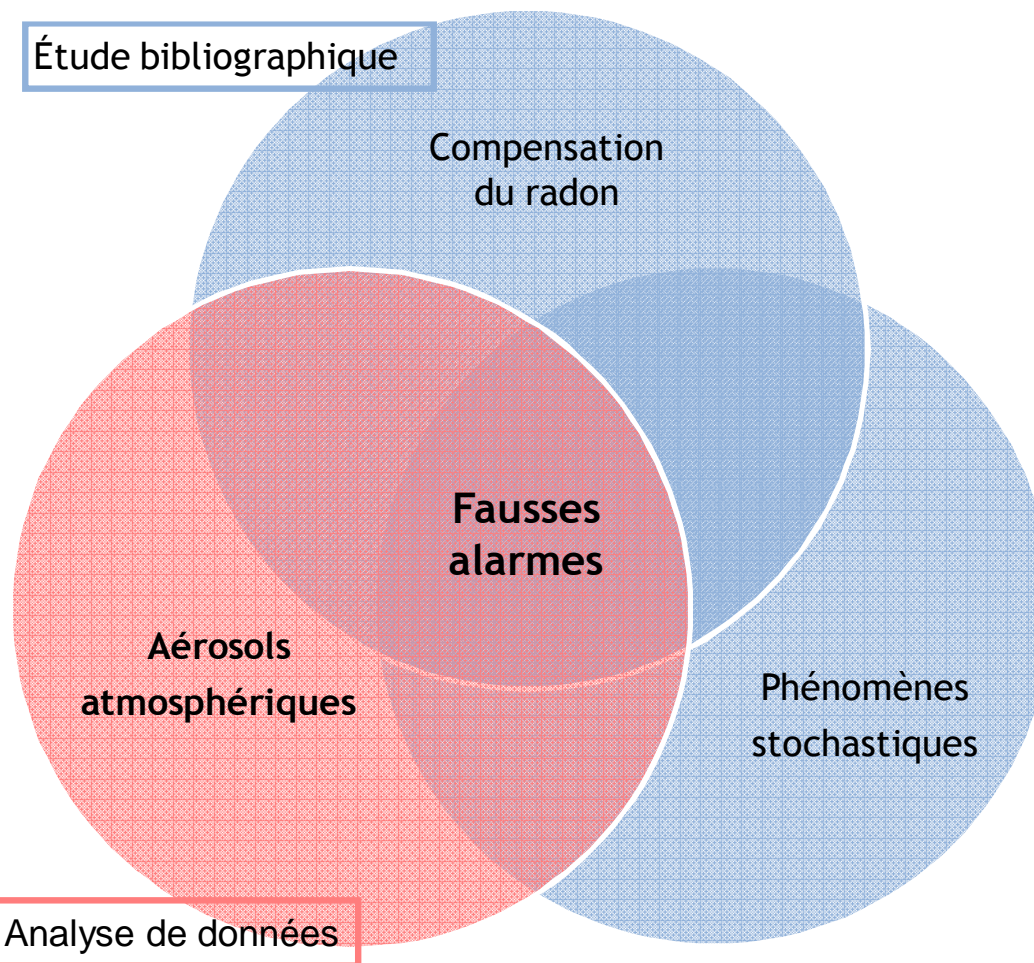
Objet :

Campagne de mesures réalisée à BRENNILIS dans le but de comprendre les phénomènes lors de fausses alarmes en fonction des phénomènes tels que le Radon, l'empoussièremement...

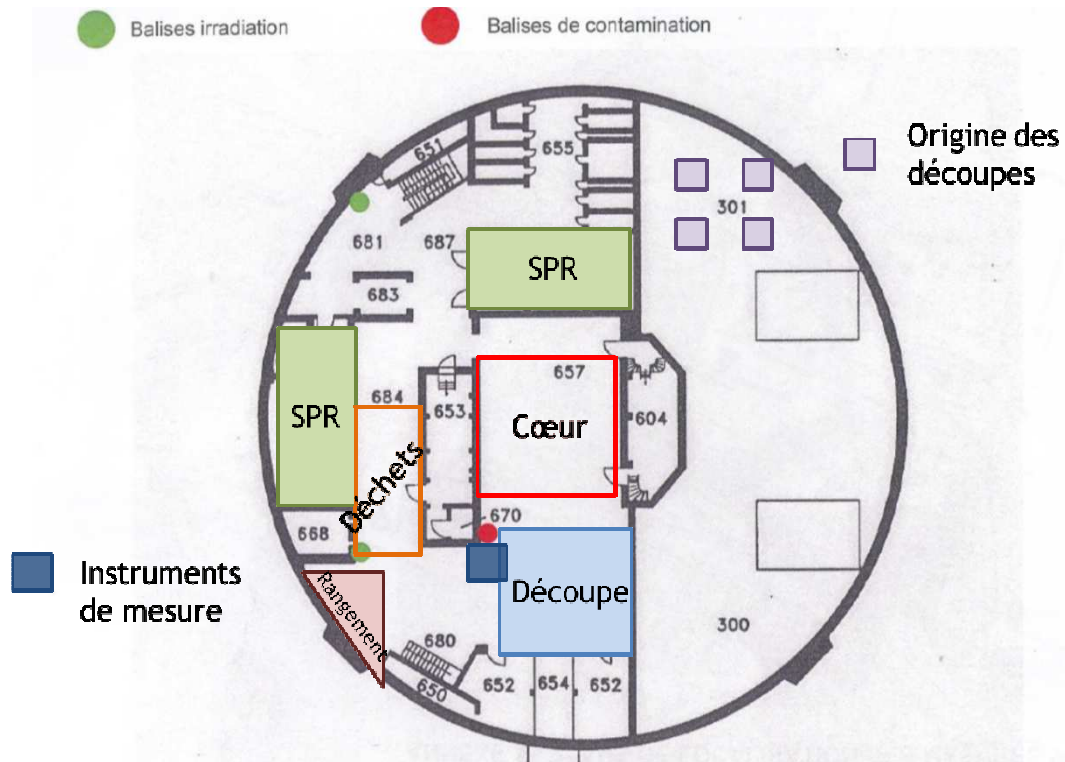
Intérêt : Fort impact pour l'exploitant

Cadre de la campagne de mesures :

Partenariat entre EDF et le Laboratoire de Physique et de Métrologie des Aérosols (IRSN)



CONDITIONS DE PRÉLÈVEMENTS



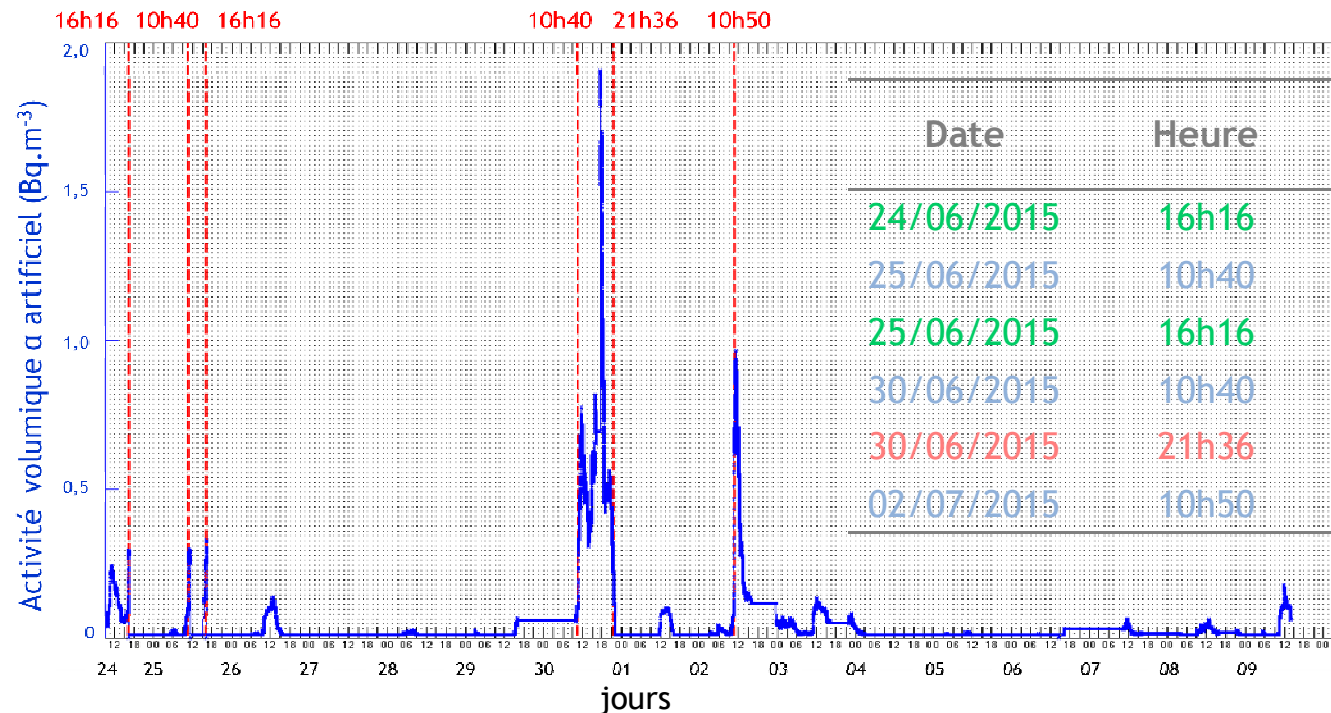
APPAREILS DE MESURE

Nom de l'appareil	Fonction
ABPM203M	Mesure de la contamination atmosphérique aérosols α/β (enregistrement continu)
TracerLab	Mesure de la concentration en descendants du ^{222}Rn (enregistrement continu)
AlphaGuard	Mesure de la concentration en gaz ^{222}Rn (enregistrement continu)
Fidas Mobile	Mesure de la granulométrie en masse, et en nombre des aérosols atmosphérique (enregistrement continu)
Impacteur Andersen	Mesure de la granulométrie (diamètre aérodynamique) des aérosols (analyse hors ligne)
Appareil de Prélèvement Atmosphérique (APA)	Prélèvement global (analyse hors ligne)



MESURES – ANALYSE EN LIGNE

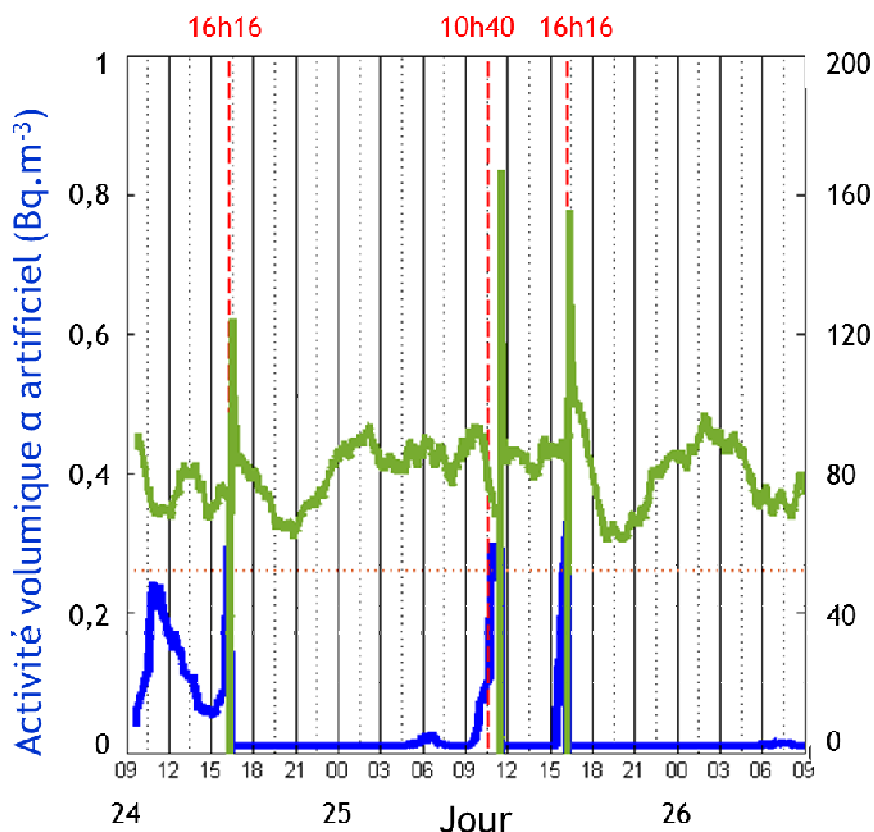
Evolution temporelle de l'activité volumique α artificiel de l'ABPM 203M :



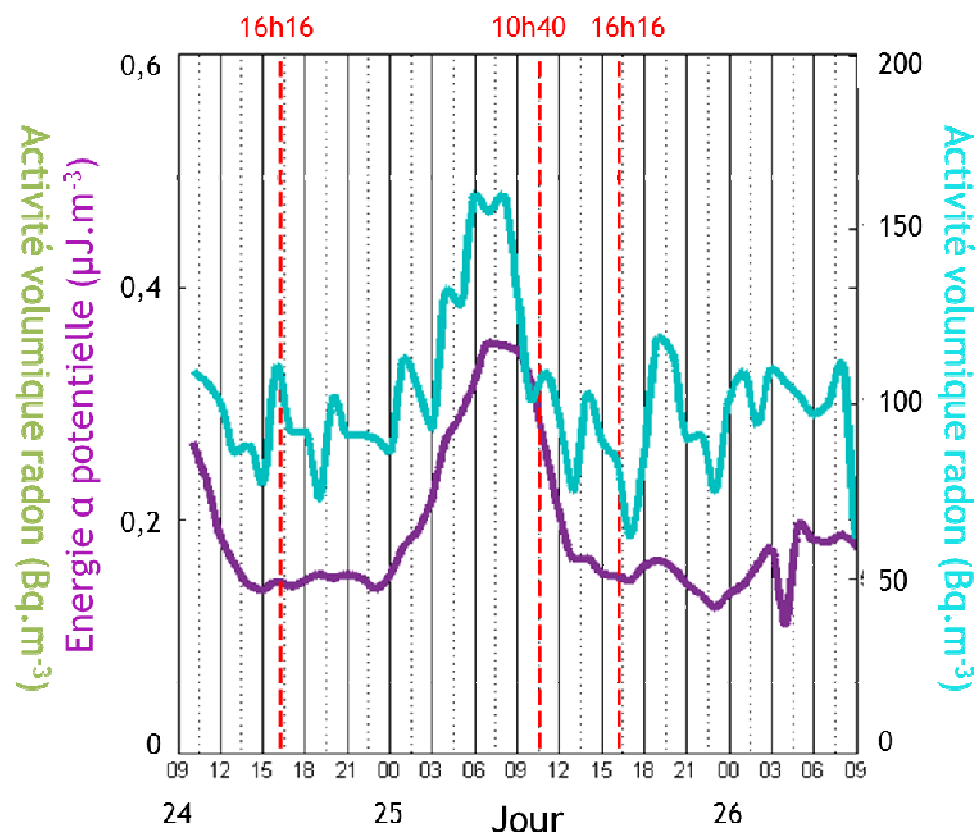
Les traits en pointillés rouge correspondent aux déclenchements des alarmes de l'ABPM203M reportés sur les autres observables.

L'absence de données correspond à des interruptions inopinées d'enregistrement du fait du chantier.

MESURES – ANALYSE EN LIGNE



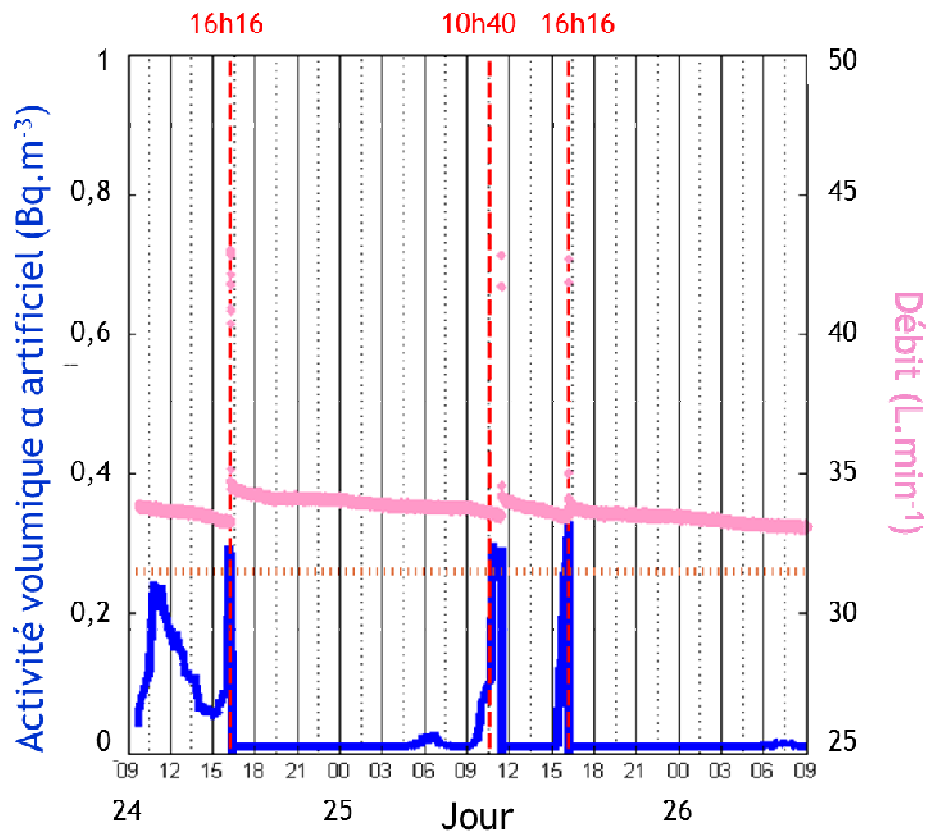
ABPM203M



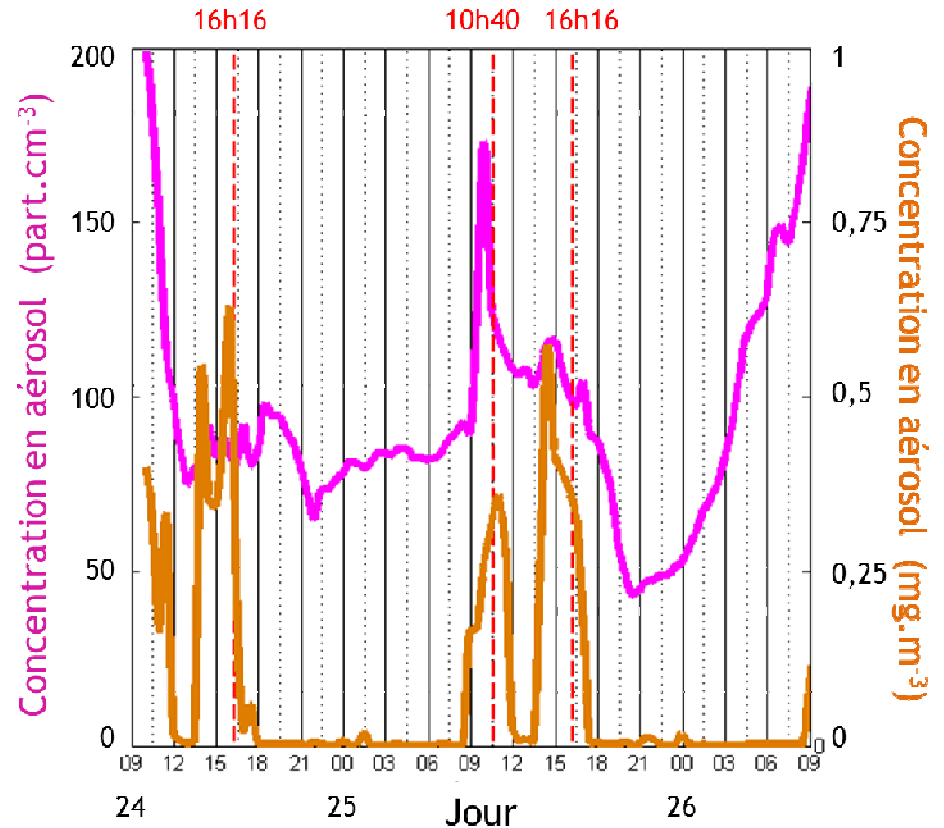
TracerLab - AlphaGuard

BILAN : Energie α potentielle et Activité volumique radon mesurée par l'AlphaGuard présentent les mêmes variations qui peuvent être assimilées à l'activité volumique radon mesurée par l'ABPM203M.

RESULTATS – ANALYSE EN LIGNE



ABPM203M



FidasMobile

BILAN : Augmentation de l'activité volumique α artificiel mesurée par l'ABPM203M,
 ↳ Augmentation des concentrations en masse et en nombre d'aérosols mesurées par le FidasMobile

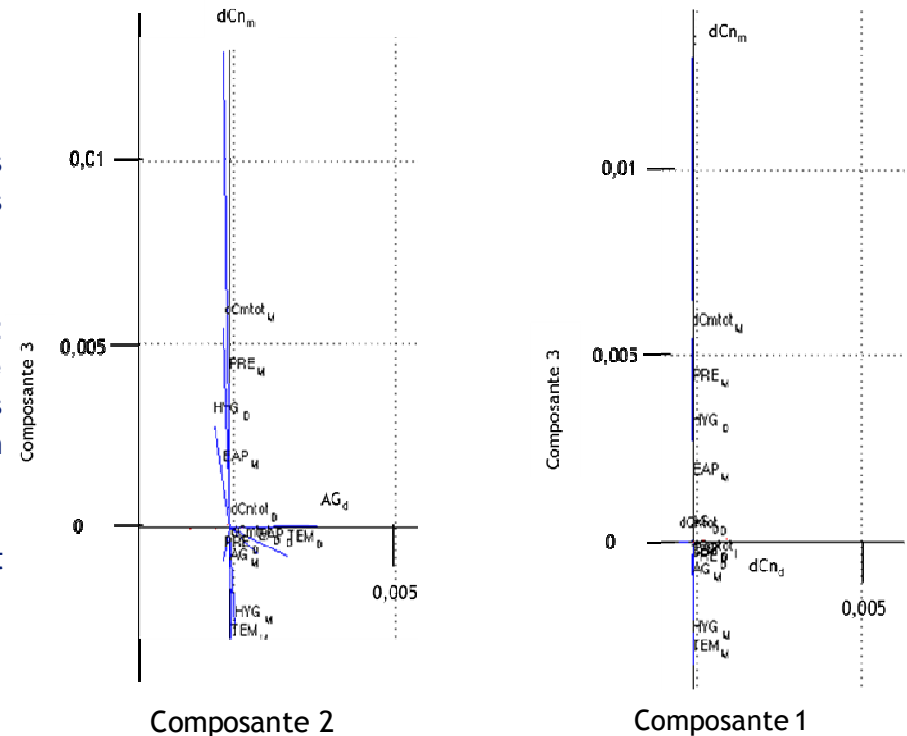
INTERPRÉTATION - ANALYSE EN LIGNE

Interprétation des résultats par Analyse en Composantes Principales « ACP »

Intérêt : approche géométrique et statistique qui donne les principales variables qui représentent au mieux l'ensemble des données

➤ Trois composantes qui expliqueraient au mieux le jeu de données : la variation de la concentration en nombre d'aérosols (dérivée de dCn), la moyenne de la concentration en nombre d'aérosols (moyenne de dCn) et la variation de l'activité volumique en radon (dérivée de AG).

➤ il n'y a pas de relation entre l'aérosol et le radon : ils sont mutuellement indépendants.



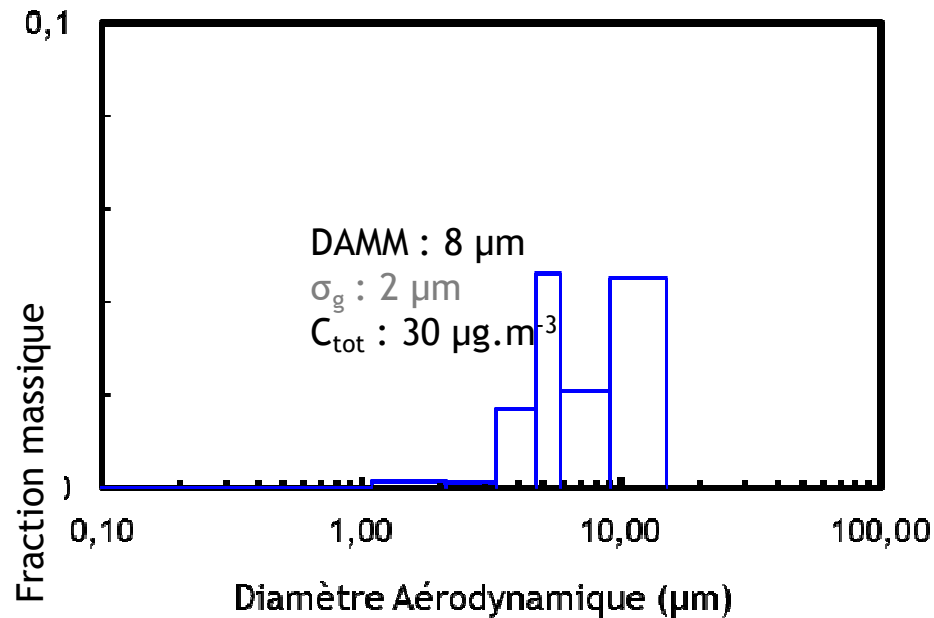
CONCLUSION:

- les mesures radon de l'ABPM203M, de l'AlphaGuard et du Tracerlab sont corrélées entre elles ;
- les augmentations de l'activité volumique α artificiel de l'ABPM203M sont corrélées avec les augmentations de la concentration en aérosols en nombre et en masse ;
- l'analyse en composante principale fait ressortir les trois variables pouvant expliquer au mieux le déclenchement d'alarme à savoir : la variation de la concentration en nombre d'aérosol (dérivée), la concentration en aérosols et la variation de l'activité volumique radon (dérivée).

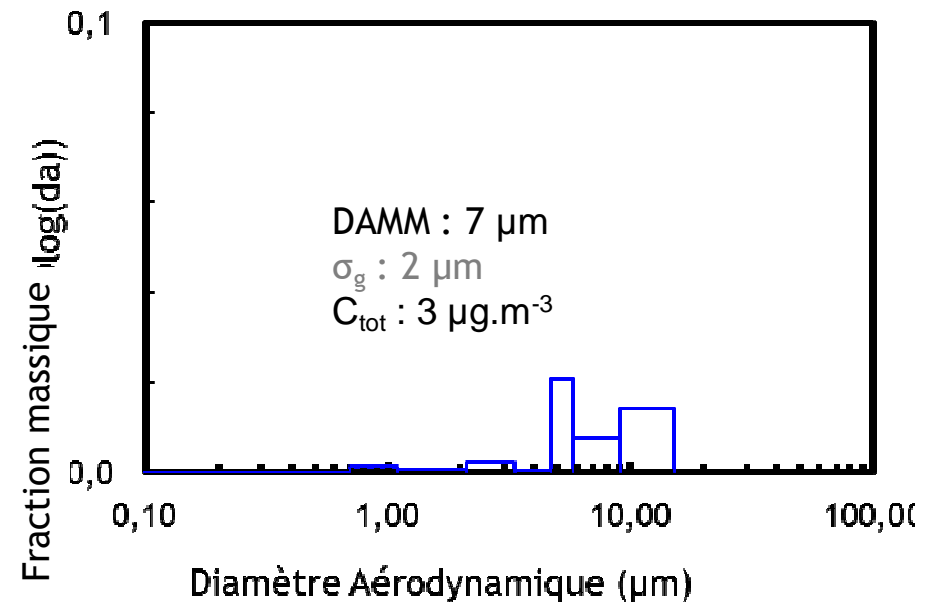
RÉSULTATS – ANALYSE A POSTERIORI

▪ Analyse des impacteurs Andersen

Impacteur 1 - Horaires ouvrables



Impacteur 2 - Horaires non ouvrables



Distribution différentielle massique selon le diamètre aérodynamique

CONCLUSION : Présence de grosses particules

→ Diamètre Aérodyamique Médian en Masse (**DAMM**) > à 4 µm.

Le DAMM est assimilable au DAMA.

RÉSULTATS – ANALYSE A POSTERIORI

- Analyse Microscope Electronique à Balayage « MEB » : composition des filtres issu de l'ABPM203M

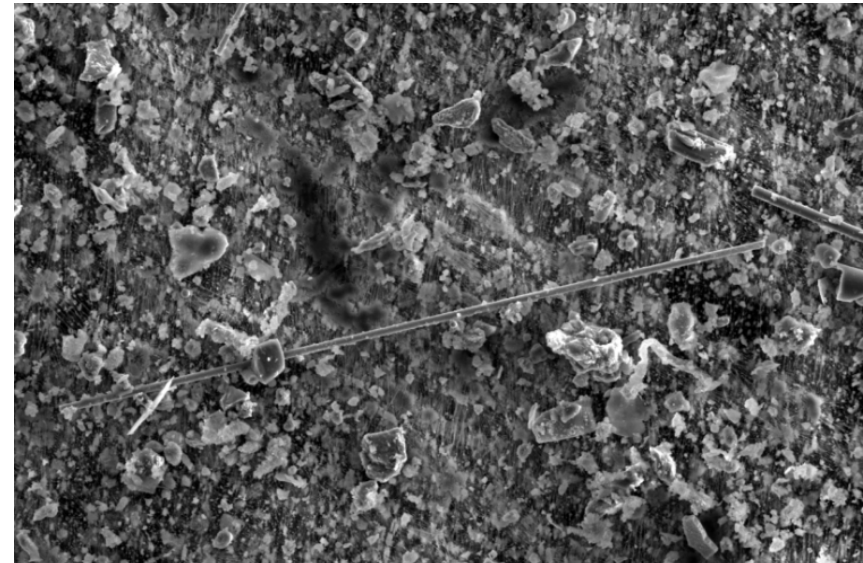


x 500

50µm

Prélèvement de 24h – pas d'alarme

1 aérosol de plus de 10 µm



x 500

50µm

Prélèvement de 24h - alarme

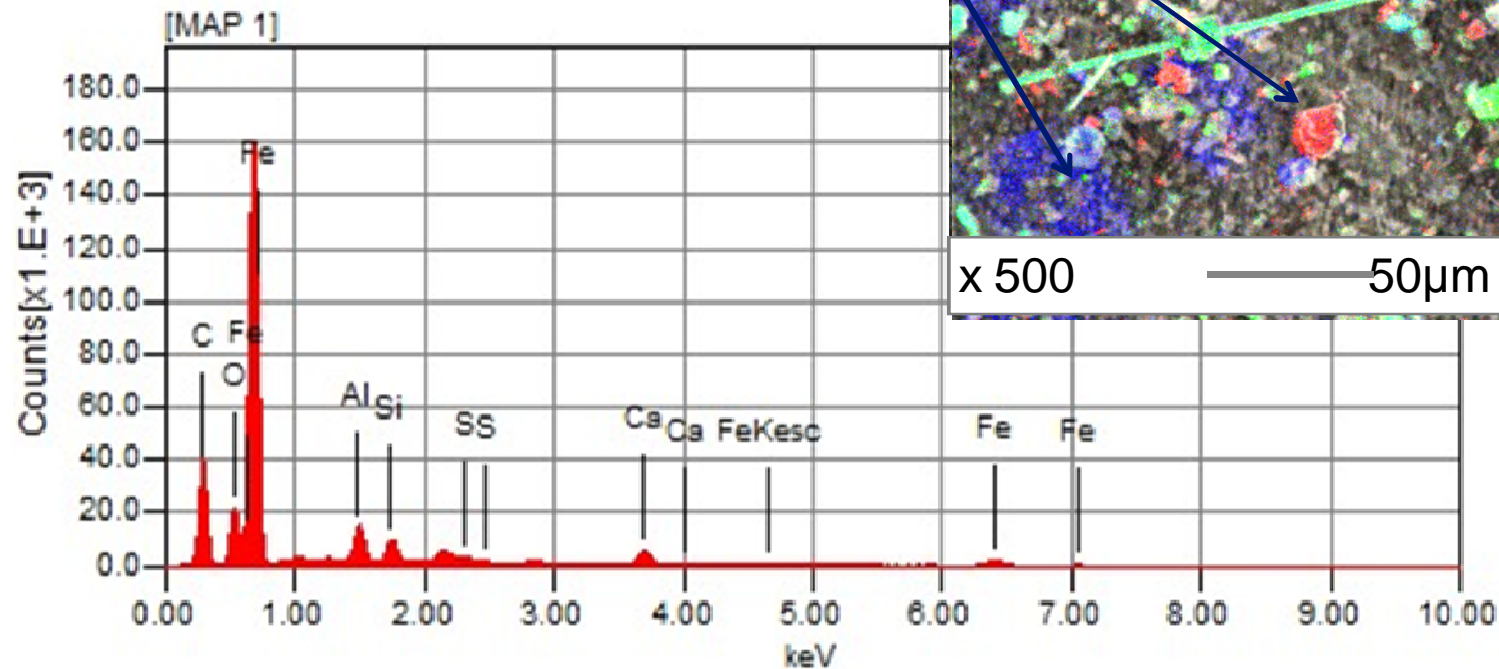
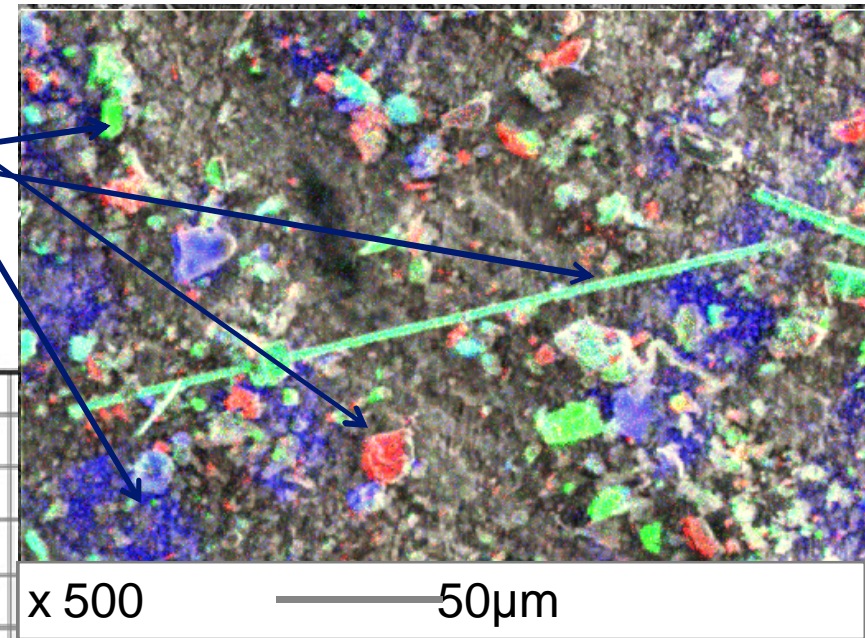
- Présence de particules de plus de 10 µm
- 2 fibres d'environ 220 µm

ANALYSE MEB – SPECTROMÉTRIE EN ÉNERGIE

■ Al ■ Si ■ Fe

- Fe & Al : résidus de découpes
- Si + Al : fibres de verre

↳ Filtre d'aspirateur ?



CONCLUSION

Cette campagne de mesure a été réalisée dans le but de comprendre les phénomènes impliqués lors de fausses alarmes et d'essayer de quantifier les aérosols atmosphériques présents sur les chantiers de démantèlement.

Plusieurs informations semblent importantes :

- **Après analyse des données, trois variables semblent décrire au mieux le déclenchement d'alarme : la variation de la concentration en aérosol, la concentration moyenne en aérosol et la variation en radon ;**
- **Les impacteurs ont permis de mettre en évidence la présence de particules de taille plus grosse que dans l'environnement standard ;**
- **Les analyses MEB confirment la présence de grosses particules lors d'une alarme et montrent la présence de fibres de verre pouvant être assimilés à la remise en suspension lors du passage de l'aspirateur.**

Poursuite des travaux à travers une thèse en co-partenariat EDF – IRSN (en cours) :

« Etude de la limite de détection et des taux de fausses alarmes émises par les moniteurs de la contamination atmosphérique dans les chantiers de démantèlement en présence d'aérosols radioactifs »

CONCLUSION GÉNÉRALE

La mesure nucléaire en démantèlement, c'est :

- Des investigations poussées pour connaître au mieux un inventaire radiologique/exploitation,
- Des outils de caractérisation des colis de déchets afin de quantifier au mieux leurs activités et de minimiser leurs quantités (filières/tri),
- Des technologies innovantes pour le déclassement des installations,
- Une participation continue, à travers les appareils de surveillance RP ou en environnementale, à la protection des intervenants et de la population.

MERCI A :

✓ Emilie SAUER, Gilles PELLENZ et Jean CUCCINIELLO de la
DIRECTION des PROJETS DECONSTRUCTION ET DECHETS.

✓ Grégoire DOUGNIAUX, Céline MONSANGLANT-LOUVET et
François GENSDARMES du Laboratoire de Physique et de
Métrologie des Aérosols de l'IRSN.

Pour leurs contributions...

