

# Développement de la méthodologie et des outils statistiques pour l'utilisation des données non transformées en mesure nucléaire pour la surveillance radiologique de l'environnement

## CONTEXTE

En métrologie, la distinction est faite entre mesure significative et non significative. Le résultat d'une mesure est en effet dit « significatif » lorsque le résultat de comptage net<sup>1</sup> est supérieur au seuil de décision (SD, calculé selon la norme NF ISO 11929) et non significatif lorsqu'il est inférieur à ce seuil. Ce seuil de décision peut être interprété comme l'écart type du signal, centré sur 0 et suivant certaines hypothèses décrites dans la norme NF ISO 11929, que donnerait un échantillon exempt de radioactivité. Lorsque le comptage net est inférieur au seuil, la valeur nette et son incertitude ne sont pas exploitées par les laboratoires de surveillance de l'environnement et peuvent donc être considérées comme « censurées », en ce sens qu'elles sont en général statistiquement écartées lors de l'exploitation des données. Seul le seuil de décision est alors considéré dans le suivi radiologique de l'environnement. Cette censure n'est le plus souvent que relative car les données « non transformées » sont conservées et disponibles dans les laboratoires de métrologie. En première approche, le contrat postdoctoral aura donc pour objectif d'exploiter ces mesures « censurées ».

En raison d'activités faibles dans l'environnement, notamment en tritium ou carbone 14 dans les cours d'eau ou l'atmosphère, la mesure d'une activité nette inférieure au seuil de décision est très fréquente. De surcroît, cette activité nette inférieure au seuil peut devenir négative lorsque l'activité du blanc soustrait est supérieure à celle de l'échantillon mesuré. Bien qu'une activité négative n'ait pas de sens physique, elle est cependant exploitable en statistique car issue des fluctuations intrinsèques aléatoires des échantillons et des blancs. Une pré-étude menée à l'IRSN a démontré qu'il était en effet possible, à partir de données non significatives de mesure, d'obtenir un résultat global pouvant être déclaré significatif sur une même famille d'échantillons. Ces premiers résultats sont issus de la mesure de tritium dans l'eau à l'aide de trois compteurs plus ou moins sensibles, et démontrent la possibilité d'exploiter et faire ressortir une tendance de mesures nettes inférieures au SD par scintillation liquide sur la mesure du tritium. L'auteur de cette pré-étude est arrivé à cette conclusion en se basant sur des analyses de tendance et des tests statistiques. Il existe en effet de nombreuses méthodes statistiques de traitement de résultats de mesures déclarées censurées (Helsel 2012). Dans le cadre de la surveillance radiologique de l'environnement, l'analyse se borne aux méthodes utilisées pour déterminer des moyennes (Manificat 2015) mais pourra être étendue à d'autres méthodes si cela est nécessaire.

En prenant donc pour acquis le fait qu'un résultat de comptage net puisse donner un résultat négatif et en considérant toutes les données inférieures au seuil de décision, l'IRSN souhaite donc étudier au mieux l'exploitation des données dites « censurées » afin de tirer le maximum d'informations possible des milliers de résultats d'analyse que l'institut produit chaque année pour la surveillance de l'environnement.

En dehors de la surveillance, voici quelques exemples d'application pour lesquels l'exploitation de données censurées peut être utile :

- la caractérisation des déchets : en enregistrant des activités avec pour seule information « inférieur au seuil » et en appliquant des « spectres-types », cela crée

---

<sup>1</sup> Comptage net = comptage brut - blanc

des zones de stockage à l'activité déclarée artificiellement élevée. Par exemple, pour 100 fûts dont l'activité est inférieure à 2 Bq, la totalité sera traitée comme ayant une activité potentielle maximale de 200 Bq. En traitant les données non censurées, il est envisageable d'évaluer la part de radioactivité virtuelle ainsi induite et de revoir le dimensionnement d'installations, avec une économie associée ;

- le bilan annuel de la dosimétrie individuelle (somme de doses qui peuvent être non significatives). A l'heure actuelle, les résultats non significatifs sont traités comme des « zéros » et ne contribuent pas aux bilans dosimétriques. Le traitement des données censurées permettrait d'affiner le bilan dosimétrique individuel.

## Objectifs

L'objectif principal de ce post-doc sera d'approfondir l'étude des données censurées en étudiant tous les paramètres influant sur l'exploitation de données brutes issues de la scintillation liquide (atténuation lumineuse, chimiluminescence, influence des cycles de comptage, nature du blanc, type de compteur, réglage du compteur, etc...). Une fois les paramètres influents identifiés, il conviendra de proposer une méthodologie d'analyse des données censurées afin que celles-ci soient exploitables pour la surveillance de l'environnement, principalement pour le tritium dans l'eau et le carbone 14. Pour cela, le post-doctorant disposera d'une base de données représentant plusieurs années d'analyses au Laboratoire de Mesure Nucléaire (LMN) du Vésinet et au Laboratoire de Mesure de la Radioactivité dans l'Environnement (LMRE) d'Orsay, ainsi que 3 types de compteurs à scintillation liquide à différents seuils pour réaliser et valider la méthodologie.

Le second objectif du post-doc sera d'étudier la faisabilité d'une telle méthodologie sur l'analyse par spectrométrie gamma, la difficulté en spectrométrie gamma étant l'interprétation des spectres et les calculs effectués, pouvant rendre l'utilisation des données non censurées plus complexe. En effet, si les limites de détection en spectrométrie gamma sont déterminées par rapport à des formules bien établies et relevant de la méthodologie de Currie (De Geer 2004), la détection de pics par déconvolution n'autorise pas vraiment de détermination du signal en deçà de cette limite. L'objectif sera donc de définir les bases d'une méthodologie d'utilisation de données non censurées, applicable à la spectrométrie gamma.

## Encadrement et Collaborations :

Les activités de l'IRSN couvrent de nombreux domaines dont la surveillance radiologique de l'environnement assurée par le Service de Métrologie et d'Analyse de l'Environnement (SAME) et le Service d'Intervention Radiologique et de Surveillance de l'Environnement (SIRSE). Ces deux services fonctionnent en tandem, l'un se chargeant de la métrologie et l'autre de l'expertise des résultats de mesure. Le post-doc se fera conjointement entre les deux services.

L'encadrement au quotidien du post-doc sera réalisé par le Laboratoire de Mesures Nucléaires (SAME/LMN). Une collaboration avec le Bureau de Management des Données de l'Environnement (SIRSE/BMDE) sera mise en place dans le cadre de l'exploitation des données existantes et futures à l'IRSN. D'autres laboratoires du SIRSE et du SAME pourront éventuellement prendre part à l'étude en fonction des thèmes abordés, notamment le

Laboratoire de métrologie de la radioactivité dans l'environnement (SAME/LMRE) et le Laboratoire de surveillance de l'environnement par échantillonnage (SIRSE/LSE).

Les résultats obtenus lors du post-doc seront présentés et discutés dans le cadre des réunions du GT « données censurées » de l'IRSN ainsi qu'à divers congrès et rencontres scientifiques (CETAMA, SFRP, ...).

## Planning prévisionnel

Le planning prévisionnel est le suivant :

### Mois 1 à 3 :

- Le candidat aura la tâche de réaliser étude bibliographique sur les méthodes mathématiques de traitement des données censurées. Il pourra se rapprocher des experts ayant réalisé les premiers tests à l'IRSN et prendre connaissance des documents internes disponibles sur le sujet.
- Le candidat prendra également en main le contexte de la mesure par scintillation liquide et explorera les paramètres pouvant influencer sur le traitement des données censurées avec cette technique.

### Mois 4 à 7 :

- Le candidat développera une méthodologie de traitement des données censurées en scintillation liquide pour la mesure du tritium et du carbone 14 dans l'environnement, pour une mesure directe sans traitement chimique. Pour cela, il disposera de trois types de compteurs pouvant être utilisé pour réaliser ses tests et la validation des méthodes statistiques qu'il aura développées.
- Il aura également à sa disposition les résultats de mesure de plusieurs décennies d'analyses pour valider ses calculs. Pour cela, il pourra être épaulé par les techniciens et ingénieurs du LMN, qui disposent de l'historique nécessaire à la bonne compréhension des analyses archivées.

### Mois 8 :

- Le candidat aura la tâche de démarrer la rédaction d'une publication sur le thème du traitement des données historiques de l'IRSN pour la surveillance du tritium et du carbone 14 dans l'environnement, en s'appuyant sur le travail qu'il aura réalisé.
- Le but sera de proposer une nouvelle approche de l'exploitation des données de mesure sur la base d'un traitement mathématique des données censurées. Cette nouvelle approche servira à faire évoluer la surveillance de l'environnement en prenant en compte les mesures actuellement enregistrées comme « inférieure à ».

### Mois 9 à 12 :

- Outre la poursuite de ses tests et la rédaction de l'article, le candidat initiera une réflexion sur le traitement des données censurées en issues de la spectrométrie gamma, notamment pour la surveillance atmosphérique de l'environnement. L'objectif sera de définir les bases d'une méthodologie de traitement mathématiques de données non censurées, applicable à la spectrométrie gamma (limites d'application, préconisations). Pour cela, il disposera de tout l'historique des

mesures des filtres aérosols dans l'environnement en France depuis des dizaines d'années.

- Parallèlement à cette réflexion, le candidat devra proposer une méthodologie d'archivage des données brutes permettant de reproduire le traitement mathématique des données censurées pour les futures données enregistrées dans le LIMS de l'IRSN. Cette partie se fera avec le prestataire en charge du développement du LIMS à l'IRSN.

## Profil recherché

Le candidat doit être titulaire d'un doctorat dans le domaine des mathématiques appliquées (ingénierie statistique, science des données, etc..). Une connaissance de la métrologie et des outils de mesure nucléaire (spectrométrie gamma, scintillation liquide) sera appréciée. Le candidat devra avoir un bon niveau d'anglais écrit et oral et sera amené à communiquer ses travaux lors de congrès scientifiques.