

# ATSR

## RAYONNEMENTS IONISANTS

TECHNIQUES de MESURES et de PROTECTION



» CARTOGRAPHIE  
RADIOLOGIQUE



» DÉCHETS EN  
TRITIUM



» SOMMET  
NUCLÉAIRE



n° 1  
2024



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**IRSN** [DOSIMÉTRIE]

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# LA RÉFÉRENCE POUR LE SUIVI DES TRAVAILLEURS EXPOSÉS

FAITES CONFIANCE  
À L'EXCELLENCE  
FRANÇAISE



**RAYONNEMENTS  
IONISANTS**



**TECHNIQUES  
de MESURES et  
de PROTECTION**

53<sup>ème</sup> année - Dépôt légal - Revue n°1/2024  
ISSN 0397 . 9210



Revue éditée et publiée par l'

**ATSR**

**Association pour les  
Techniques  
et les Sciences  
de la Radioprotection**

Siret n° 785 205 832 00013 - APE 9499Z

**Rédacteur en chef :**  
**Marie-Laure BEISO**

**Rédaction :**  
**Marie-Laure BEISO - Yvon ALGOET - Christian BOUDOU - Lionel DE PADUA  
Philippe BRUGUERA - Nabil MENAA - Fabrice MONTREUIL - Serge MILLION**

**Publicité :**  
**Fabrice MONTREUIL**

**Téléphones et adresses en pages intérieures**

*Les opinions exprimées dans les articles sont sous la responsabilité de chaque auteur.*

*Réalisation & impression : IMPRIMERIE MOLLET - 04100 Manosque*

# RAYONNEMENTS IONISANTS

# ATSR-Ri

Revue n°1 / 2024

## Editorial

- L'édito de Marie-Laure Beiso ..... p 3

## Le mot du Président

- Le mot de Fabrice Montreuil, Président de l'ATSR ..... p 4

## Articles

- Prix ATSR 2023 ..... p 7
- Retour d'expérience du stage en alternance - Ramadan Adzovic ... p 8
- Synthèse de rapport - Tony Chicot ..... p 21
- Le recrutement dans le nucléaire dévoile ses contours ..... p 32
- L'énergie nucléaire : le retour en grâce ..... p 40
- Fusion de l'ASN et de l'IRSN ..... p 42

## Publi-reportage

- BERTHOLD ..... p 43

## Publi-infos

- D&S ..... p 6
- CERAP ..... p 14
- HTDS ..... p 25
- 3DPLUS ..... p 26
- LANDAUER ..... p 28
- SDEC ..... p 31
- NUVIA ..... p 39
- IRSN (2<sup>ème</sup> de couverture)
- BERTHOLD (3<sup>ème</sup> de couverture)
- APVL (4<sup>ème</sup> de couverture)

## Association

- 28<sup>ème</sup> Congrès de Radioprotection - ATSR 2024 ..... p 44
- Le cahier de l'association ..... p 45
- Internet ..... p 46
- Coordonnées des membres responsables ..... p 47
- Conseil d'administration et membres des commissions ..... p 48
- Les délégués régionaux ..... p 49
- Achetez votre espace publicitaire ..... p 50
- Abonnements ..... p 51
- Demande d'adhésion ..... p 52



## Cap sur l'Avenir !

Les temps changent....

Dans le paysage énergétique mondial, le nucléaire est redevenu une filière prometteuse. Lors du récent sommet à Bruxelles, que nous vous présentons dans ce numéro, les leaders internationaux ont convergé vers de nouveaux objectifs communs... On y parle notamment de la formation et de la gestion des déchets... ce qui nous fait une parfaite transition pour introduire le sujet traité par M. Ramadan Adzovic, l'un des deux lauréats du prix ATSR 2023, au cours de ses études, puisqu'il s'agit du traitement de déchets au tritium.

Le second lauréat à l'honneur dans notre revue RI est M. Tony Chicot, qui nous présente comment il a établi une cartographie radiologique. Ainsi, en attendant la remise officielle de leur prix lors du prochain congrès ATSR du 18 au 20 septembre (vous trouverez une préannonce page 44), nous sommes ravis de vous présenter les synthèses de leurs travaux.

La gestion des compétences et les ressources humaines jouent un rôle essentiel dans la relance du nucléaire. Personne ne peut en douter, mais qu'est-ce que cela signifie concrètement ?

Nous vous proposons d'explorer quelques-unes des premières actions pour mieux comprendre et notamment la mise en place de l'outil MATCH et l'organisation du renforcement en formation.

Nous vous souhaitons une bonne lecture.

# Le mot du Président



Sorgues, le 28 Mars 2024

Mes cher(e)s collègues,

*L'élan français vers l'énergie nucléaire se manifeste clairement : les événements s'enchaînent et semblent s'accélérer. Des décisions sont prises et des engagements pour de nouveaux réacteurs, en plus de ceux déjà programmés, sont en cours. EDF annonce une profonde réorganisation à compter du 1er avril afin de prendre en compte des nouveaux EPR et SMR. Le projet de loi sur la fusion des organismes de sûreté vient d'être voté à l'assemblée nationale (260 voix pour, 259 contre et 30 abstentions !) malgré un vote contraire de la commission en charge de ce dossier. Tout cela aura bien sûr un impact sur la radioprotection et les règles qui s'ensuivront et nous aurons certainement des présentations sur ces thèmes lors de notre prochain congrès de septembre.*

*Parallèlement, des forums sont organisés pour anticiper les besoins en matière d'emploi : la filière nucléaire prévoit un recrutement massif, avec 100 000 postes à pourvoir dans la prochaine décennie. L'ATSR a saisi l'opportunité de se rendre au Forum Emplois sud nucléaire de Saint-Paul-Trois-Châteaux début février, établissant ainsi de nouveaux contacts. Nous avons pu rencontrer les grands décideurs (EDF, ORANO, CEA, CCI), de nombreuses entreprises du secteur et des universitaires. La forte affluence de jeunes aspirants était notable avec des files d'attente devant les stands, parfois un peu longues, pour obtenir un entretien d'embauche. Tout cela présage un avenir prometteur et nous renforce dans l'idée que l'ATSR doit être bien présente pour accompagner les recrutements et les formations associées à la radioprotection.*

*Concernant le congrès ATSR de septembre, précédemment cité, l'organisation est en place. Plusieurs rencontres ont eu lieu avec le comité d'organisation ATSR, le CEA Marcoule, ORANO Pierrelatte et des contacts ont été établis avec EDF Tricastin. Il reste à finaliser l'avant-programme pour une diffusion idéalement en avril.*

*D'ores et déjà nous enregistrons, via notre partenaire Alphavisa Congrès, un nombre important de réservations de stands d'exposition de matériels ou de techniques. Nous avons également des engagements de participation en nombre de plusieurs centres nucléaires (CEA, ORANO, CERN).*

*Pour autant, il est maintenant essentiel de construire un programme riche et attrayant, susceptible d'intéresser le plus grand nombre.*

*Ces points ont été discutés lors de notre dernière réunion du conseil d'administration, le 23 mars à Saint-Paul-Trois-Châteaux, où les membres ont pu visiter et apprécier les lieux prévus pour le futur congrès à l'Espace de la Gare.*

*Cette réunion du Conseil d'Administration, s'est déroulée de manière très constructive avec, comme toujours, des discussions riches et passionnées. Plusieurs décisions ont été prises concernant : la manifestation de septembre, la revue ATSR-RI, le site internet, le prix ATSR, etc. Tout est parfaitement résumé dans le compte-rendu (merci Sandra) désormais disponible et accessible sur le site de l'ATSR, pour les personnes autorisées.*

*Pour conclure, sachez que les deux mois à venir seront déterminants pour la réussite de notre congrès.*

*Comme déjà mentionné, tout dépend maintenant de la qualité du programme, les inscriptions suivront !*

*Vive l'ATSR.*

*Bien à vous.*

**Fabrice MONTREUIL**  
**Président de l'ATSR**

# Toute la radioprotection

**ACMARI** Radioprotection opérationnelle



**Safety SHOP** Equipements et matériels RP



**KAIROS Formations** Formation Radioprotection



**FILDEM** Assistance Assainissement et Démantèlement



**D&S** Ingénierie de la Radioprotection



**ON RECRUTE :**  
[recrutement@ds-groupe.fr](mailto:recrutement@ds-groupe.fr)

## NOS CERTIFICATIONS



Groupe D&S, 573 avenue de l'Hermitage 30200 Bagnols sur Cèze  
04 66 39 80 73 / [contact@ds-groupe.fr](mailto:contact@ds-groupe.fr)

**SUIVEZ-NOUS !**

# PRIX ATSR 2023

Nous adressons nos félicitations à nos deux lauréats qui se sont vu attribuer le prix ATSR 2023 :

- **Tony CHICOT** pour son rapport de fin d'étude du CPTR (Certificat Professionnel de Technicien en Radioprotection) intitulé « Méthodologie de cartographie radiologique dans l'environnement ». Son certificat s'est déroulé à l'INSTN de Cadarache et son stage au Service de Radioprotection du CEA Cadarache.
- **Ramadan ADZOVIC** pour son rapport de fin d'étude de la licence pro TNRP (Techniques Nucléaires et Radioprotection) à la faculté de physique et ingénierie de Strasbourg. Son stage s'est déroulé au « SODERN ARIANE GROUP » et s'intitule « Caractérisation de déchets activés et contaminés au Tritium ».

Vous trouverez dans les pages suivantes, une présentation synthétique de leur rapport et de leur expérience.

Rappelons que nos deux lauréats se verront remettre à chacun un chèque de 500 euros lors de notre prochain congrès qui se déroulera à Saint-Paul-Trois-Châteaux du 18 au 20 septembre 2024.

Nous leur souhaitons une belle carrière dans la radioprotection !!

Le jury de l'ATSR.



# RETOUR D'EXPERIENCE DU STAGE EN ALTERNANCE : CARACTERISATION DE DECHETS ACTIVES ET CONTAMINES AU TRITIUM

**Ramadan ADZOVIC**

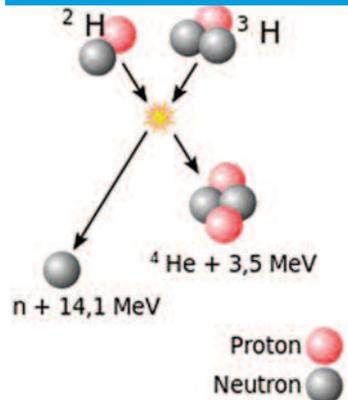


*Ramadan ADZOVIC nous présente la synthèse de son stage en alternance chez Sodern qui lui a permis de caractériser les déchets au tritium de tubes neutroniques en fin de cycle de vie et de préparer un dossier pour l'Andra.*

## **RI : Présente-nous ton sujet de stage.**

Ramadan ADZOVIC : J'ai effectué un stage en alternance chez Sodern, une société créée en 1962, une filiale d'ArianeGroup. Ses secteurs d'activités sont l'optronique spatiale et la neutronique. L'entreprise compte environ 450 employés. Les activités neutroniques de Sodern se concentrent sur la production de générateurs de neutrons, aussi appelés Modules d'Émission Neutronique (MEN). Au cœur de ces MEN se trouve un tube neutronique, permettant l'émission de neutrons à 14 MeV<sup>1</sup>, c'est la réaction de fusion nucléaire<sup>2</sup> deutérium-tritium ( ${}^2\text{H}+{}^3\text{H}\rightarrow{}^4\text{He}+10n$ , [voir notre encadré](#)). Elle est provoquée en ionisant du deutérium ( ${}^2\text{H}$ ) puis en l'accélérant vers une cible imprégnée en tritium ( ${}^3\text{H}$ ).

La réaction de fusion du deutérium tritium peut être représentée



<sup>1</sup> MeV : Symbole du mégaélectronvolt, unité de mesure d'énergie en dehors du Système international (mais dont

Le tube neutronique est assemblé dans un fourreau, ensemble de composants permettant d'assurer son fonctionnement, pour former le MEN. Ce MEN peut ensuite être vendu en l'état, ou bien être intégré dans un analyseur de matière en ligne CNA (Controlled Neutron Analyzer), ou une sonde de prospection minière ou pétrolière (Figure 1).



*Figure 1 : Les différents produits confectionnés par Sodern.  
Un tube neutronique et son Module d'Émission Neutronique (gauche haut et bas),  
un CNA (milieu) et une sonde minière FastGrade (droite).*

Deux types de risques radiologiques sont présents au cours du cycle de production des appareils :

- Le risque de contamination et d'inhalation au tritium lors de la fabrication des tubes neutroniques,
- Le risque d'irradiation lors des phases de test et de calibration des MEN.

Le rôle du Service de Protection contre les Rayonnements (SPR), dans lequel j'ai effectué mon alternance, est donc de garantir la sécurité du personnel, du public et de l'environnement face aux différents risques radiologiques induits par nos activités nucléaires. Il est composé de deux membres, Néné FALL, ma tutrice chez Sodern qui m'a encadré, et moi-même. Parmi les missions qui m'ont été confiées lors de mon alternance, on peut citer :

- La réalisation de prélèvements dans l'environnement et sur les cheminées de rejet dans le cadre de notre programme de surveillance de l'environnement, visant à suivre les rejets tritium et leur impact sur l'environnement,
- La gestion métrologique des appareils de mesure du SPR, incluant les vérifications périodiques, les étalonnages, les envois en maintenance et en réparation,
- La distribution, la récupération et l'envoi en analyse des dosimètres à lecture différée concernant environ 120 personnes,
- La gestion des déchets radioactifs, en réalisant des demandes d'enlèvement auprès de l'Andra, et en mettant en place et validant des procédures de mise en fût ou de caractérisation des déchets,
- Ainsi que d'autres tâches relevant du quotidien d'un Conseiller en Radioprotection telles que les vérifications périodiques des installations et des sources scellées, les études de zonage radiologique, sensibilisation du personnel à la radioprotection.

La gestion des déchets radioactifs a occupé une part importante de mes activités chez Sodern durant mon alternance et ont constitué ma mission principale.

### ***Quel était l'objectif de ton stage ?***

Avec ma tutrice, nous avons choisi pour sujet la caractérisation de déchets activés et contaminés au tritium. Ces déchets sont issus du démantèlement des MEN renvoyés par nos clients, lorsque ceux-ci sont arrivés en fin de vie. Il est à noter que le tube neutronique est géré séparément du reste du MEN, le fourreau, en raison de l'écart important d'activité en tritium de ces deux éléments. Ainsi, l'activité en tritium du tube neutronique peut aller de 120 à 185 GBq, tandis que celle du fourreau a en moyenne une activité de l'ordre de 50 kBq. Initialement exempt de tritium, le fourreau est progressivement contaminé par perméation du tritium depuis le tube vers les autres composants. Par ailleurs, étant donné que les MEN avaient fonctionné chez le client, ils ont forcément subi une activation neutronique.

Dans mon rapport, je traite uniquement des fourreaux démantelés car l'objectif est de monter un dossier d'étude en vue de faire reprendre ces déchets par l'Andra. En effet, les fourreaux étant à la fois activés et contaminés en tritium, ils ne peuvent être classés dans l'une des catégories du guide d'enlèvement de l'Andra. La catégorie Solides Non Compactables (SNC), correspondant aux spécifications de ces déchets, ne convient pas du fait de la présence simultanée de tritium et d'autres émetteurs bêta et bêta-gamma dans les fûts (Annexe 1). Il est donc nécessaire d'obtenir l'accord préalable de l'Andra avant la reprise de ces déchets. Le dossier d'étude que j'ai établi comprend les différentes caractérisations demandées par l'Andra pour la reprise des cinq fûts de fourreaux démantelés, actuellement entreposés chez Sodern.

### ***Que demande exactement l'Andra pour reprendre ces déchets ?***

Les caractérisations requises sont :

- La quantification de l'activité tritium des différents fûts,
- L'identification des radionucléides produits par activation neutronique, en particulier les émetteurs bêta purs, et les activités associées.

La première caractérisation se fait à l'aide des frottis réalisés lors du démantèlement des MEN. La seconde se fait en deux temps. Dans un premier temps, une mesure par spectrométrie gamma des cinq fûts est effectuée pour identifier les différents émetteurs bêta-gamma et déterminer leurs activités. Dans un second temps, la réalisation de simulations numériques d'activation neutronique pour estimer l'activité des émetteurs bêta purs.

### ***Quelle méthodologie as-tu mis en œuvre pour caractériser les déchets ?***

Afin de réaliser les deux caractérisations évoquées précédemment, il est d'abord nécessaire de connaître le contenu des fûts et les différentes mesures réalisées sur chaque fourreau de MEN mis en déchets.

Pour ce faire, on peut consulter une fiche inventaire (Figure 2) laquelle est complétée lors du remplissage de chaque fût. On y trouve un certain nombre d'informations :

- La date de mise en fût des fourreaux,
- Le type de MEN démantelé et son numéro de série,
- La masse du fourreau mis en déchet,
- La référence des frottis réalisés lors du démantèlement des MEN.

FUT 52 N° 390

DATE	DESIGNATION	POIDS	N°INVENTAIRE
6/10/22	MEN 36 n°112	17,5 kg	F22-1105
6/10/22	MEN 16g LL n°319	7,7 kg	F22-1080
4	MEN 16g LL n°146	7,7 kg	F22-0845 F22-0846
4	MEN 16g LL n°197	7,7 kg	F22-0845 F22-0846
7/10/22	MEN 16g LL n°109	7,6 kg	F22-0845 F22-0846

Figure 2 : Extrait d'une fiche inventaire de fût.

Pour la première caractérisation, c'est-à-dire l'activité massique en tritium des colis, j'ai réalisé dans les locaux de Dosern trois frottis sur l'enveloppe métallique des MEN :

- 1 frottis sur l'enveloppe extérieure à la réception,
- 2 frottis sur l'enveloppe interne avant d'entreprendre le démantèlement (Figure 3).

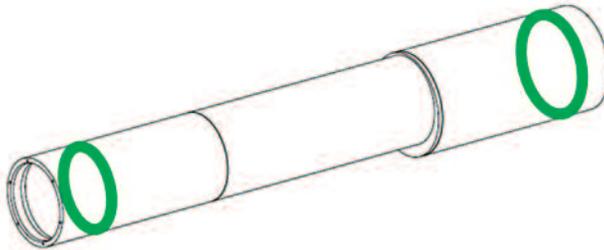


Figure 3 : Schéma représentant en vert les frottis à réaliser sur l'enveloppe métallique interne.

Ces frottis sont analysés sur place par scintillation liquide et permettent de mesurer la contamination tritium de l'enveloppe. J'ai calculé les surfaces internes et externes de l'enveloppe pour obtenir une estimation de l'activité tritium de chacune des surfaces. La fiche inventaire regroupant l'ensemble des fourreaux présents dans chaque fût, cela m'a permis de calculer l'activité en tritium totale des fûts. Enfin, connaissant la masse des différents fûts, on peut calculer leur activité massique en tritium.

**Et pour les produits d'activation neutronique ?**

La caractérisation de cette activité s'est déroulée en deux temps distincts. Tout d'abord, une entreprise externe a réalisé une mesure par spectrométrie gamma des cinq fûts, permettant ainsi d'identifier les différents émetteurs bêta-gamma présents dans ces contenants. Ensuite, j'ai déterminé l'activité massique des radionucléides émetteurs bêta purs présents dans les fûts en utilisant le logiciel de calcul FISPACT-II. Ce programme nécessite plusieurs paramètres d'entrée :

- Les caractéristiques de la pièce à irradier (masse, densité, composition élémentaire),
- Le type de particule incidente et son spectre de fluence dans le matériau,
- Le profil d'irradiation (flux incident, durée d'irradiation, temps de décroissance).

Puis, j'ai calculé les activités massiques pour chaque fût, ce qui a nécessité trois étapes :

1. Calcul d'activation pour les différents éléments d'un fourreau,
2. Estimation du contenu des fûts,
3. Détermination de la durée de décroissance des fûts.

**Comment as-tu calculé l'activité du fourreau ?**

Dans un premier temps, il a fallu déterminer les caractéristiques techniques des cinq pièces principales constituant le fourreau (Figure 4, Tableau 1). Pour ce faire, j'ai utilisé les différents plans et les notes techniques que j'avais à disposition.

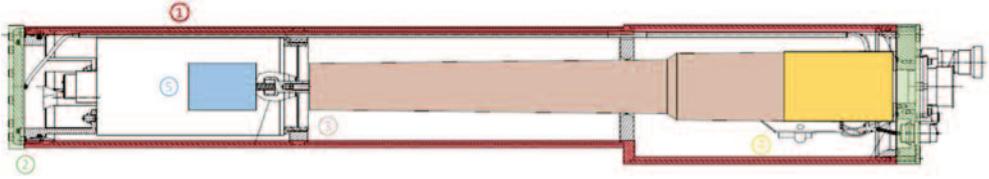


Figure 4 : Schéma des 5 différentes pièces constituant le fourreau de MEN.

Référence	Nom de la pièce
1	Enveloppe métallique
2	Brides
3	Puits Haute Tension (HT)
4	Support HT
5	Porte-aimant

Tableau 1 : Nom des 5 pièces constituant le fourreau et leurs références présentés dans la Figure 4.

Ensuite, sachant que j'étudiais l'activation neutronique d'un MEN type au cours de son cycle de vie, j'ai demandé au Service Après-Vente des données concernant l'historique de fonctionnement des MEN qui ont été démantelés. J'en ai ainsi estimé la durée de vie moyenne de ces MEN (20 000 heures d'irradiation), le flux nominal d'émission neutronique ( $5E+7$  neutrons/s) ainsi que leurs conditions d'utilisation (intégré à un CNA).

Quant à la détermination du spectre en fluence des neutrons, cette tâche exigeait le recours à une simulation de Monte Carlo. Une collègue ingénieure, spécialisée en études neutroniques, m'a fourni un modèle MCNP<sup>3</sup> simulant le MEN intégré à un CNA, afin d'obtenir des données fidèles au fonctionnement réel des MEN étudiés. J'ai ajusté ce modèle à mes besoins spécifiques et calculé le spectre en fluence pour les différents éléments de chaque fourreau étudié.

Une fois toutes ces données intégrées dans le logiciel FISPACT-II, j'ai pu, pièce par pièce, obtenir les activités des différents produits d'activation.

**Et que dire du contenu des fûts ?**

L'Andra exige que les activités massiques des radionucléides à l'échelle du fût, il est donc nécessaire de connaître leur composition précise avec les fractions massiques des différentes pièces. Le nombre de pièces mises en déchets par fourreau varie selon les MEN, étant donné que certaines sont récupérées pour être réutilisées.

<sup>3</sup> Le code MCNP, très répandu dans le domaine de la physique nucléaire, est directement lié au projet Manhattan. Source : X-5 Monte Carlo Team, "MCNP — A General Monte Carlo N-Particle Transport Code", Version 5, Rapport LA-CP-03-0284, avril 2003 (révisé en octobre 2005).

De plus, les fiches inventaire des fûts ne donnent pas de détails quant aux pièces effectivement mises en fût, il est nécessaire d'établir une méthode pour estimer le contenu des fûts.

D'après la procédure de démantèlement des MEN, le critère de contamination tritium spécifie la mise en fût de certaines pièces. Ainsi, en me référant aux résultats des frottis réalisés lors du démantèlement, j'ai pu estimer, pour chaque MEN démantelé, les pièces du fourreau mises en fût. Par la suite, j'ai pu en déduire les fractions massiques de chaque pièce par rapport à l'ensemble du fût et j'ai calculé les activités massiques des produits d'activation à l'échelle du fût.

**Quelle est la durée de décroissance de ces fûts ?**

Afin de déterminer l'activité des fûts à la date de l'étude d'activation, il est impératif d'évaluer la durée moyenne de décroissance de chaque fût, en envisageant un processus en trois phases :

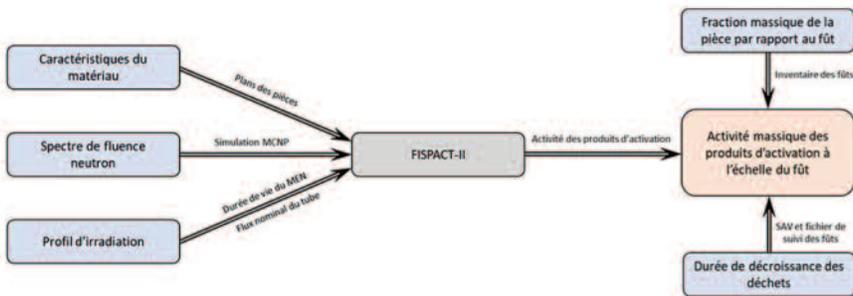
La première phase concerne le laps de temps moyen entre l'arrêt définitif des MEN et leur retour à Sodern, noté  $\Delta t_1$ . Cette période, qui varie de 3 à 12 mois selon les clients, a été standardisée à 8 mois dans nos calculs.

La deuxième phase correspond à la durée moyenne entre le retour des MEN chez Sodern et leur mise en fût,  $\Delta t_2$ . Cette période varie selon les spécificités de chaque fût.

Enfin, la troisième phase,  $\Delta t_3$ , représente le délai entre la mise en fût et la réalisation de l'étude d'activation, fixée au 23 mai 2023. Cette période est également sujette à des variations selon les caractéristiques propres à chaque fût.

Pour répondre à la question, les durées de décroissance peuvent aller de 35 à 83 mois selon les fûts en fonction de l'ancienneté des fourreaux de MEN qu'ils contiennent.

Une fois l'ensemble de ces données obtenues, j'ai pu déterminer pour chacun des fûts étudiés l'activité des produits d'activation au 23 mai 2023. La méthodologie employée est illustrée en Figure 5 :

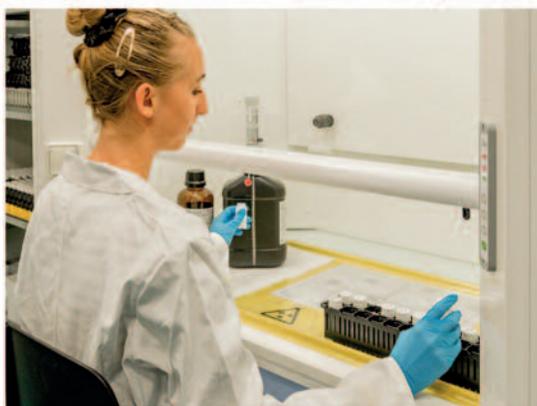


*Figure 5 : Schéma récapitulatif de la méthode employée pour calculer les activités massiques des produits d'activation à l'échelle d'un fût.*

**Quels résultats as-tu obtenu ?**

L'activité massique en tritium des cinq fûts ne dépasse pas 23.41Bq/g (Tableau 2). En guise de comparaison, la valeur limite fixée par l'Andra pour la reprise de déchets dans la catégorie SNC est de 1000Bq/g pour le tritium. Si les déchets n'étaient pas activés, ils auraient donc pu être pris en charge par l'Andra, sans avoir besoin de monter un dossier d'étude.

Expert en prévention des risques radiologiques depuis 1988.



**Sécurité et  
Radioprotection**



**Mesures nucléaires  
in situ ou en laboratoire**



**Contrôles  
ventilation**



**Maintenance  
et étalonnage  
d'appareils**



**Qualification de matériel  
sous irradiation  
avec ATRON Metrology**



**Cartographies  
automatisées  
avec ARREX**

[www.cerap.group](http://www.cerap.group)

Contactez notre service commercial 04 66 33 25 12 - [contact-business@cerap.fr](mailto:contact-business@cerap.fr)

N° Fût	350	382	387	390	393
Activité massique 3H (Bq/g)	23.41	1.98	7.48	2.17	2.36

Tableau 2 : Activité massique en tritium des différents fûts.

Les mesures par spectrométrie ont permis d'identifier au plus quatre radionucléides parmi les cinq fûts :  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$  et  $^{65}\text{Zn}$ . L'activité massique maximale mesurée est de 0.48 Bq/g. Or, sachant que tous ces radionucléides sont de période inférieure à 31 ans et que leur activité massique n'excède pas les limites fixées pour les déchets SNC (émetteurs bêta-gamma : période <31 ans et activité massique <100 Bq/g).

Les calculs d'activation via le logiciel FISPACT-II ont montré la présence de près de 35 radionucléides produits par activation des différents fourreaux mis en déchets (Annexe 2). Parmi eux, nous retrouvons bien les quatre radionucléides identifiés par spectrométrie. Néanmoins, avec des activités massiques allant de  $1\text{E-}25$  à 7 Bq/g, la question de la pertinence de certains de ces résultats se pose. Après discussion avec un chargé d'affaires de l'Andra à ce sujet, il m'a transmis la liste des seuils de déclarations pour les déchets de Très Faible Activité (TFA). En comparant les résultats de la simulation avec ces seuils, j'ai pu identifier jusqu'à trois radionucléides dépassant les seuils de déclaration de l'Andra : le  $^{54}\text{Mn}$ , le  $^{60}\text{Co}$  et le  $^{65}\text{Zn}$  (Tableau 3).

Radionucléide	Activité massique Fût 350 (Bq/g)	Activité massique Fût 382 (Bq/g)	Activité massique Fût 387 (Bq/g)	Activité massique Fût 390 (Bq/g)	Activité massique Fût 393 (Bq/g)	Seuils de déclaration Andra TFA (Bq/g)
$^{54}\text{Mn}$	4,32E-02	1,47E-01	1,41E-01	3,19E-01	1,25E-02	0.1
$^{57}\text{Co}$	3,54E-02	1,44E-01	1,38E-01	3,52E-01	8,53E-03	1
$^{60}\text{Co}$	3,92E-01	3,85E-01	4,01E-01	3,66E-01	6,68E-02	0.1
$^{65}\text{Zn}$	2,51E-02	9,08E-02	9,71E-02	2,06E-01	2,02E-05	0.1

Tableau 3 : Activités massiques de différents radionucléides identifiés par simulation.

*En bleu, les radionucléides susceptibles de dépasser les seuils de déclaration de l'Andra.*

Sachant que la simulation et la spectrométrie ont identifié des radionucléides en commun, j'ai utilisé les mesures par spectrométrie pour valider les résultats de la simulation. J'ai considéré deux méthodes de comparaison (Figure 6) :

- Une comparaison relative, en observant qualitativement les écarts relatifs de la simulation par rapport à la spectrométrie,
- Une comparaison absolue, en observant les intervalles d'incertitude des deux caractérisations.

De plus, j'ai établi un critère de validité pour les données de la simulation: « Un résultat issu de FISPACT-II est considéré comme acceptable dès lors que les intervalles d'erreur de l'activité massique mesurée par spectrométrie et de l'activité massique simulée via FISPACT-II se recoupent ».

Les écarts relatifs allant jusqu'à +1000%, avec un tiers des activités simulées excédant les +100% d'écart avec la spectrométrie, et les résultats n'étant conforme au critère de validité qu'à 44%, nous avons décidé avec ma tutrice d'investiguer sur la cause de ces écarts importants.

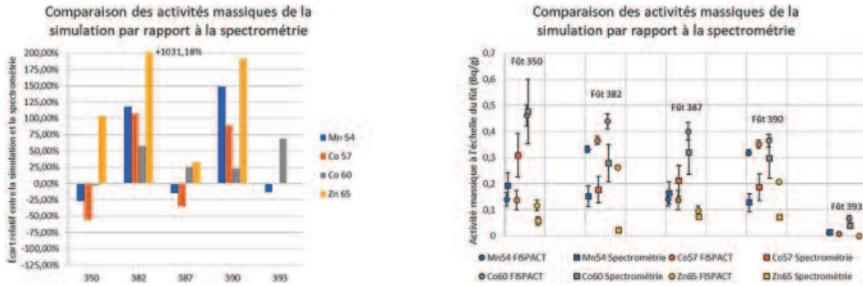


Figure 6 : Comparaisons entre la simulation et la spectrométrie. Écarts relatifs (gauche) et absolus (droite).

**Comment interprètes-tu ces écarts ?**

En observant les écarts relatifs, j'ai pu remarquer que l'activité du <sup>65</sup>Zn était systématiquement surestimée par les calculs de FISPACT-II. Par ailleurs, ce radionucléide est produit uniquement par activation du <sup>64</sup>Zn et du <sup>66</sup>Zn. Celui-ci est présent dans seulement deux types de pièces mises en déchets : le porte-aimant et le support Haute Tension (HT). De plus, en considérant la fluence neutron totale de ces deux pièces, je me suis rendu compte que la production de <sup>65</sup>Zn par support HT était négligeable par rapport à celle du porte-aimant (1,44E+4 contre 1,13E+6 neutrons/cm<sup>2</sup>.s). Il est donc possible que cet écart soit dû à la surestimation de la quantité de porte-aimants dans les différents fûts. Une nouvelle méthode d'inventaire des fûts, mise au point à partir de la précédente et a permis de quantifier plus précisément la présence de porte-aimants. Avec cette nouvelle méthode, j'ai constaté une variation de la quantité de porte-aimants dans deux des cinq fûts par rapport à la précédente méthode. Les écarts relatifs sont désormais d'au plus +790%. Il est à noter que 28% des activités simulées excèdent les +100% d'écart avec la spectrométrie. Les résultats sont maintenant conformes à 50% au critère de validité. Par ailleurs, j'ai pu constater la présence de tendances au sein des différents fûts (Figure 7) car l'activité de l'ensemble des radionucléides comparés est surestimée dans deux fûts (382 et 390) et un autre fût (350) présente la tendance inverse, i.e. une sous-estimation de l'activité des radionucléides comparés.

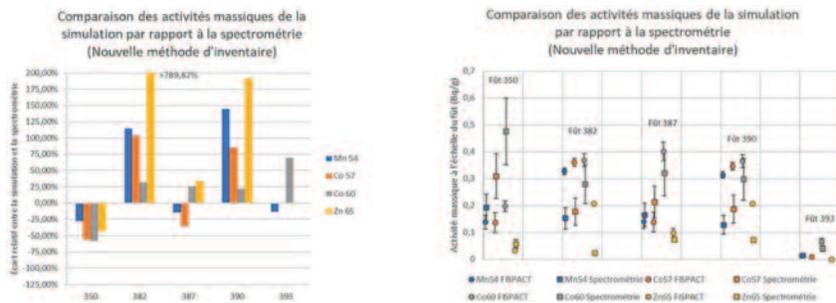


Figure 7 : Comparaisons entre la simulation et la spectrométrie (nouvelle méthode d'inventaire).

L'hypothèse sur laquelle j'ai travaillé est que ces écarts sont dus à une estimation de la durée de décroissance incorrecte des trois fûts. Pour tester cette hypothèse, j'ai fait varier le seul paramètre commun aux trois fûts et présentant une incertitude notable : la durée moyenne entre l'arrêt définitif des MEN et leur retour à Sodern. Ce  $\Delta t_1$ , peut varier entre 3 à 12 mois mais il est fixé à 8 mois pour l'ensemble des fûts. J'ai donc fixé cette valeur à 12 mois pour les fûts 382 et 390, et à 3 mois pour le fût 350.

En modifiant le  $\Delta t_1$  (Figure 8), l'écart relatif maximal atteint +420%. Il s'agit de seule activité simulée excédant les +100% d'écart avec la spectrométrie et représente environ 6% des données. À présent, 67% des résultats sont conformes au critère de validité.

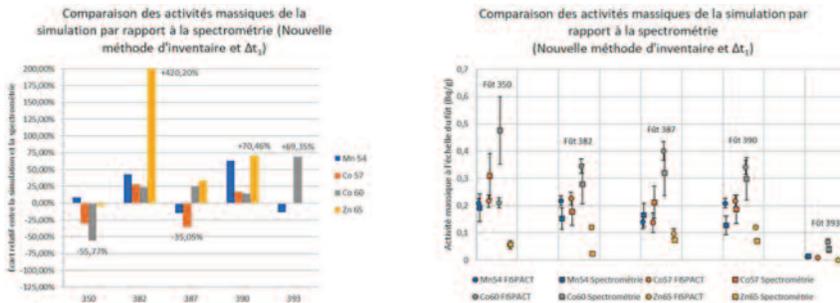


Figure 8 : Comparaisons entre la simulation et la spectrométrie (ajustement du  $\Delta t_1$ )

Après ces ajustements, nous pouvons remarquer qu'au plus 4 radionucléides sont au-dessus des seuils de déclaration de l'Andra : le  $^{54}\text{Mn}$ , le  $^{55}\text{Fe}$ , le  $^{60}\text{Co}$  et le  $^{65}\text{Zn}$  (Tableau 4). Un radionucléide non-détekté par spectrométrie gamma a pu être identifié grâce aux résultats plus précis obtenus. Cependant, des écarts importants demeurent après ces ajustements et, afin de ne pas sous-estimer l'activité des émetteurs bêta purs produits par activation neutronique, les résultats de la simulation ont été majorés par les écarts avec la spectrométrie.

Radionucléide	Activité massique Fût 350 (Bq/g)	Activité massique Fût 382 (Bq/g)	Activité massique Fût 387 (Bq/g)	Activité massique Fût 390 (Bq/g)	Activité massique Fût 393 (Bq/g)	Seuils de déclaration Andra TFA (Bq/g)
$^{54}\text{Mn}$	1,00E-01	5,05E-01	1,90E-01	3,56E-01	2,12E-02	0.1
$^{55}\text{Fe}$	6,79E+00	2,58E+01	7,37E+00	1,05E+01	4,43E+00	10
$^{57}\text{Co}$	8,72E-02	4,66E-01	1,86E-01	3,70E-01	1,44E-02	1
$^{60}\text{Co}$	2,76E-01	1,57E+00	5,41E-01	5,80E-01	1,13E-01	0.1
$^{65}\text{Zn}$	1,81E-02	2,19E-01	1,31E-01	2,06E-01	3,42E-05	0.1

Tableau 4 : Activités massiques de différents radionucléides identifiés par simulation après ajustement. En bleu, les radionucléides susceptibles de dépasser les seuils de déclaration de l'Andra.

Finalement, les activités massiques des radionucléides produits par activation neutronique et au-dessus des seuils de déclaration de l'Andra sont tous de période inférieure à 31 ans et d'activité inférieure à 100 Bq/g (activité massique maximale de 25.8 Bq/g). Sachant que l'activité massique en tritium de ces déchets est, elle aussi, inférieure aux limites de l'Andra pour le TFA, ils pourraient donc être repris en tant que déchets TFA. Par ailleurs, les résultats obtenus suite à ces caractérisations ont été au préalable jugés acceptables par l'Andra et le dossier d'enlèvement est en cours d'étude.

### Parles nous de tes difficultés lors de ce stage et des solutions que tu as mis en place

Le logiciel FISPACT-II n'ayant pas été utilisé de manière poussée au sein de l'entreprise, j'ai dû apprendre à m'en servir seul, en m'aidant du manuel utilisateur et des exemples fournis avec le logiciel. Ce fût un défi de taille à mes yeux, mais j'ai pu le surmonter et obtenir des données exploitables.

La principale difficulté rencontrée lors de cette étude a été le manque d'informations concernant les pièces mises en fût. Le manque de précision sur la composition de chaque fût a causé un certain nombre d'écarts entre les résultats de la simulation et les activités mesurées. Afin de les diminuer, j'ai proposé la mise en place de nouvelles fiches inventaire, proposant un suivi des pièces mises en déchets.

En discutant avec les différents acteurs du démantèlement des MEN, je me suis rendu compte que certaines pièces étaient mises en déchets au cas-par-cas, sans réel seuil fixé. J'ai ainsi participé à définir des seuils de mise en déchets précis à l'aide du retour d'expérience du service démontant les MEN.

J'ai également remarqué que des frottis complémentaires étaient parfois réalisés sur le puits HT pour permettre sa récupération. Cette pièce présente une surface importante et peut potentiellement être contaminée. Avec ma tutrice, nous avons donc suggéré que ce frottis soit rendu obligatoire lors du démantèlement. Cette mesure vise à déterminer avec plus de précision l'activité en tritium de nos déchets.

Enfin, j'ai proposé un suivi renforcé des dates de mise à l'arrêt des MEN. L'objectif est de disposer de durées de décroissance plus précises et ainsi améliorer la fiabilité des résultats simulés.

### ***Intérêts pour l'entreprise et développements futurs.***

Comment les méthodes de caractérisation par simulation décrites dans ton rapport changent la gestion des déchets chez Sodern ?

Les méthodes ont pour la première fois été utilisées pour traiter ce type de déchets chez Sodern. Mes travaux ont ainsi permis d'obtenir des valeurs de référence pour l'activation des fourreaux mis en déchets. Du coup, seront réutilisés pour établir de futurs dossiers d'enlèvement. En effet, Sodern produit en moyenne trois fûts de 200 litres de déchets activés et contaminés au tritium par an. Différentes pistes d'amélioration sont aussi proposées pour permettre de gagner en précision dans les dossiers suivants.

De plus, la réalisation de ce dossier de reprise de déchets a mis en évidence un certain nombre de points à améliorer concernant la gestion des déchets à Sodern. Les actions correctives proposées au-dessus sont actuellement en phase d'implémentation.

### ***Parle-nous de l'environnement humain et des bénéfices de ce stage en alternance.***

Le travail que j'ai effectué au sein du SPR de Sodern m'a permis d'acquérir des compétences dans différents domaines de la radioprotection: gestion des déchets, contrôle des installations, suivi des effluents, sensibilisation du personnel, zonage radiologique. Plus particulièrement, cette expérience m'a permis de développer mon esprit critique en formulant des hypothèses, en les mettant à l'épreuve et en comparant les différents résultats obtenus. Au cours de mes missions, j'ai eu l'occasion d'interagir avec une grande variété de services et même des entreprises extérieures, notamment dans le cadre de mon sujet d'alternance, ce qui m'a permis à la fois de développer mes compétences relationnelles mais aussi de m'intégrer dans l'entreprise.

Cette expérience a été très enrichissante d'un point de vue personnel et professionnel et m'a permis de mettre en pratique les enseignements que j'ai suivis à l'université lors de ma formation.

### ***Comment envisages-tu l'avenir ?***

À compter du 1<sup>er</sup> octobre, je continuerai mon travail à Sodern en tant que technicien radioprotection et sûreté nucléaire et passerai ma formation PCR dans le but d'être nommé CRP de l'établissement aux côtés de ma tutrice, Néné FALL.

Guide d'enlèvement des déchets radioactifs

Fiche 9

Solides non compactables

Spécifications

SNC

Déchets solides en vrac : métal, verrerie et céramique cassée, terres, gravats, béton, plastiques halogénés ou non, cartouches de masque (2 maximum par fût, bois.

Déchets admis sous conditions :

Pulvérisés : conditionnés en "boîte à ouverture au souf" d'un volume maximum de 2 L, sans excéder 5% du volume du fût et positionnés au centre du fût.

Bombes aérosols vidées et percées.

Bois : à limiter à 10% de la masse de déchets.

L'espace vide est à minimiser dans les colis et le vide entre le couvercle et les déchets devra impérativement être inférieur à 5 cm.



Liquides ou déchets humides, gras ou imbibés  
Déchets réactifs ou à risque :

Explosif pyrophorique, toxique, biologique, putrescible, infectieux, cancérogène, mutagène ou reprotoxique (CMR), amiante, etc.

Autres : PCB, déchets contenant des gaz occlus, sources scellées, néons, bitume, piles.

Substances complexes : cf encadré ci-dessous

Déchets dangereux

- pour les opérateurs : objets piquants, coupants ou tranchants non protégés.

- au sens de la réglementation : cf encadré ci-dessous

Déchets Dangereux

Les déchets relevant d'un classement comme dangereux sur la base de l'article R 54 1-3 du code de l'environnement doivent faire l'objet d'une demande d'accord préalable, selon la fiche 15.

Parmi ces déchets figurent principalement l'amiante, les déchets à base de mercure, certains déchets électroniques, les déchets contenant des toxiques chimiques et/ou des métaux lourds en quantité significatives, etc.

Substances complexes

Les substances complexes à identifier sont les suivantes : chlorure, fluorure, nitrate, sulfate, carbonate, EDTA, NTA, DTPA, TTHA, oxalate, citrate, acétate, formiate, ascorbate, gluconate, sulfamate, phthalate, acide picolinique, TEP, éthylène-diamine et sulfonate.

Catégories

Elles dépendent de l'activité et de la nature des radioéléments contaminant les déchets.

La nature des déchets est à reporter dans la colonne « contenu des colis » de la demande d'enlèvement

<p><b>SNC</b></p> <p>Émetteurs bêta et bêta-gamma de période &lt; 31 ans et <sup>14</sup>C</p> <p>Activité massique (avec poids du fût) inférieure à 0,1 MBq.kg<sup>-1</sup></p> <p>DDD au contact colis &lt; 30000 Bq</p> <p>ou</p> <p><sup>3</sup>H et <sup>14</sup>C uniquement</p> <p>Activité massique (avec poids du fût) inférieure : à 1 MBq.kg<sup>-1</sup></p>	<p>Au-delà de ces spécifications (vide apicale &gt; 5 cm, ...), de ces activités ou en présence d'autres émetteurs : catégorie nécessitant un enlèvement particulier (cf. fiche 16)</p> <p><b>SNC4</b></p>
--	--

Emballages à utiliser

- FM 120 – fût de 120 litres métallique de masse maximale à l'enlèvement (fût + déchets) de 100 kg. Proscrire les inscriptions directes sur les fûts. Utiliser des étiquettes pour vos identifications internes.
- FM 40 – fût de 40 litres métallique de masse maximale à l'enlèvement (fût + déchets) de 100 kg. Proscrire les inscriptions directes sur les fûts. Utiliser des étiquettes pour vos identifications internes.



Transport de Marchandises Dangereuses : voir principales désignations des colis de déchets en Annexe 1.

Précautions indispensables avant enlèvement

- Vérifier la bonne fermeture des sacs et des fûts.
- Contrôler la non contamination surfacique des colis et mesurer leur intensité de rayonnement (cf. fiche 4).
- Peser les colis (masse brute) et reporter le poids sur la demande d'enlèvement.
- Éviter la multiplication des conditionnements sous de faibles volumes (petits sacs, paquets aluminium, boîtes ...).
- Les sacs de pré-conditionnement devront être transparents.

*Annexe 2 : Liste complète des radionucléides  
produits par activation neutronique*

Radionucléide	Activité massique Fût 350 (Bq/g)	Activité massique Fût 382 (Bq/g)	Activité massique Fût 387 (Bq/g)	Activité massique Fût 390 (Bq/g)	Activité massique Fût 393 (Bq/g)	Seuils de déclaration Andra TFA (Bq/g)
<sup>3</sup> H	1,24E-03	8,86E-03	3,19E-03	3,06E-03	9,90E-05	1
<sup>10</sup> Be	3,52E-10	1,18E-09	2,97E-10	3,71E-10	3,81E-10	0.01
<sup>14</sup> C	2,02E-10	6,77E-10	1,70E-10	2,13E-10	2,19E-10	0.1
<sup>48</sup> V	1,33E-02	6,52E-02	2,40E-02	4,41E-02	3,07E-03	10
<sup>50</sup> V	8,45E-18	2,83E-17	7,12E-18	8,90E-18	9,15E-18	N/A
<sup>50</sup> Cr	1,07E-05	3,60E-05	9,05E-06	1,13E-05	1,16E-05	N/A
<sup>53</sup> Mn	2,14E-06	7,16E-06	1,80E-06	2,25E-06	2,31E-06	10
<sup>54</sup> Mn	1,00E-01	5,05E-01	1,90E-01	3,56E-01	2,12E-02	0.1
<sup>55</sup> Fe	6,79E+00	2,58E+01	7,37E+00	1,05E+01	4,43E+00	10
<sup>60</sup> Fe	1,84E-12	6,16E-12	1,55E-12	1,94E-12	1,99E-12	10
<sup>57</sup> Co	8,72E-02	4,66E-01	1,86E-01	3,70E-01	1,44E-02	1
<sup>58</sup> Co	0,00E+00	1,75E-05	8,71E-06	4,56E-05	0,00E+00	1
<sup>60</sup> Co	2,76E-01	1,57E+00	5,41E-01	5,80E-01	1,13E-01	0.1
<sup>58</sup> Ni	2,65E-08	8,88E-08	2,23E-08	2,79E-08	2,87E-08	N/A
<sup>59</sup> Ni	3,93E-04	1,32E-03	3,31E-04	4,14E-04	4,25E-04	10
<sup>63</sup> Ni	7,19E-02	3,46E-01	1,07E-01	1,12E-01	4,85E-02	10
<sup>64</sup> Zn	1,59E-06	5,31E-06	1,85E-06	2,05E-06	1,70E-06	N/A
<sup>65</sup> Zn	1,81E-02	2,19E-01	1,31E-01	2,06E-01	3,42E-05	0.1
<sup>92</sup> Zr	4,90E-09	1,64E-08	4,13E-09	5,16E-09	5,30E-09	1
<sup>94</sup> Zr	1,16E-18	3,89E-18	9,77E-19	1,22E-18	1,26E-18	N/A
<sup>95</sup> Zr	8,99E-25	3,01E-24	7,58E-25	9,47E-25	9,74E-25	N/A
<sup>91</sup> Nb	9,08E-04	3,05E-03	7,66E-04	9,59E-04	9,82E-04	10
<sup>92</sup> Nb	6,66E-10	2,23E-09	5,61E-10	7,01E-10	7,21E-10	0.1
<sup>93m</sup> Nb	1,38E-04	4,63E-04	1,17E-04	1,46E-04	1,48E-04	10
<sup>94</sup> Nb	1,26E-06	4,22E-06	1,06E-06	1,33E-06	1,36E-06	0.1
<sup>92</sup> Mo	2,49E-09	8,36E-09	2,10E-09	2,63E-09	2,70E-09	N/A
<sup>93</sup> Mo	1,37E-04	4,60E-04	1,16E-04	1,45E-04	1,49E-04	0.01
<sup>98</sup> Mo	7,70E-03	2,58E-02	6,49E-03	8,12E-03	8,34E-03	N/A
<sup>100</sup> Mo	3,10E-08	1,04E-07	2,62E-08	3,27E-08	3,36E-08	N/A
<sup>99</sup> Tc	5,32E-06	1,78E-05	4,49E-06	5,61E-06	5,77E-06	0.01
<sup>204</sup> Tl	2,01E-06	1,60E-05	6,20E-06	6,29E-06	0,00E+00	10
<sup>204</sup> Pb	1,23E-08	4,12E-08	1,43E-08	1,59E-08	1,32E-08	N/A
<sup>205</sup> Pb	1,80E-08	1,30E-07	4,60E-08	4,26E-08	3,58E-11	10
<sup>209</sup> Bi	2,33E-23	1,68E-22	5,96E-23	5,52E-23	1,71E-25	N/A





# SYNTHESE DU RAPPORT : METHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE RADIOLOGIQUE DANS L'ENVIRONNEMENT

**Tony CHICOT**

Dans cet article, nous vous présentons la synthèse du rapport de stage de Tony CHICOT lui permettant de valider les acquis d'apprentissage indispensables à l'obtention du Certificat Professionnel de Technicien en Radioprotection.

Il a effectué son stage dans l'équipe de Surveillance de l'Environnement et Radioprotection (SER) appartenant au Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement (LANSE), un des quatre laboratoires du Service de Protection contre les Rayonnements ionisants (SPR) du CEA de Cadarache. La mission première du SER est de réaliser les prélèvements environnementaux nécessaires à la surveillance réglementaire de l'impact du CEA et de réaliser la radioprotection de l'ICPE LANSE. Le SER développe aussi sa mission de cartographie de l'environnement dans l'enceinte du CEA, soit de façon préalable à l'exécution de travaux, soit afin de faire un suivi sur une zone de vigilance, connue dans l'historique du centre.

Le sujet principal du stage consistait à établir une cartographie de l'état radiologique sur toute la surface d'une zone de vigilance, préalablement connue dans l'historique du centre pour quelques points de contaminations. Ce type de cartographie, utilisant un maillage par prélèvements d'échantillons de terre, est nouveau et ce stage a été l'occasion de mettre en place une méthodologie. L'équipe SER lui a cependant laissé une très grande autonomie pour réaliser son projet.

## EXPOSE DES PROBLEMES

Les principaux problèmes liés à la radioprotection rencontrés lors d'une cartographie sont :

- La situation de la zone de vigilance en dehors de zone délimitée réglementairement et le manque de retour d'expérience sur ce type de prélèvement complique la définition des conditions d'intervention durant l'opération pour s'assurer de la sécurité du préleveur.
- Le deuxième problème pour la réalisation de cette cartographie était de caractériser une sonde de spectrométrie gamma nous permettant d'avoir des mesures d'activités rapidement.

## SOLUTION APORTEES

### DEFINITION DES CONDITIONS D'INTERVENTION

Pour définir les conditions d'interventions pour les prélèvements, nous nous sommes servis d'une note interne définissant les conditions d'intervention génériques sur les terres marquées radiologiquement. Cette note définit une valeur cible pour le port d'un équipement de protection des voies respiratoires filtrant (EPVRF).

Cette valeur est définie à 0,02 RCA<sup>1</sup>, ce qui correspond à une dose de 80 µSv si on est exposé à 0,02 RCA pendant 160 heures (limite de la zone délimitée). Les radionucléides qui impactent le plus la valeur de la RCA sont les émetteurs alpha comme les isotopes du Pu ou de l'<sup>241</sup>Am. Nous ferons le calcul pour l'américium car c'est celui que l'on pourra identifier avec la sonde de spectrométrie gamma. Nous devons donc déterminer l'activité massique d'américium qui conduit à une activité volumique de 0,02 RCA. Pour cela nous avons besoin de quelques données comme le volume de terre manipulée pendant le prélèvement (Vt), la masse volumique de la terre (mvt), le coefficient de remise en suspension (Cms), le volume d'air autour du préleveur (Vdemisphere), l'activité massique d'<sup>241</sup>Am (Am) et la RCA de l'américium 241 (AvRCA).

Le RCA représentant une activité volumique en Bq/m<sup>3</sup>, le nombre de RCA se calcule de façon suivante :

$$Nbre\ RCA = \frac{VtxmvtxAmXCms}{VdemisherexAv}$$

On en déduit donc :

$$Am(Am241) =$$

$$\frac{NbreRCAxVdemi}{VtxmvtxCms} \times AvRCA$$

$$Am (Am241) = 8721,1\ Bq/kg$$

**Avec :**

$$Vt = 0,001\ m^3 ; mvt = 1400\ kg/m^3 ; Cms = 1,3 \cdot 10^{-5} ; V1/2sphère = 10,28\ m^3 ;$$

$$AvRCAx = 0.772 ; Nbre\ RCA = 0,02$$

L'activité massique maximale d'<sup>241</sup>Am pour la réalisation d'un prélèvement de terre sans EPVRF est donc de 8,7 Bq/g.

Cependant les analyses réalisées par spectrométrie gamma ne permettent pas d'identifier les radionucléides émetteurs alpha qui ont un fort impact sur le calcul de la RCA car ils sont très nocifs en exposition interne. En l'absence de connaissance précise sur le spectre de la zone à cartographié, on considérera que l'activité des isotopes du Pu est environ 4 fois supérieure à l'activité de l'<sup>241</sup>Am. En divisant le résultat obtenu précédemment par 5, on obtient la valeur d'activité en américium à partir de laquelle le port de l'EPVRF sera nécessaire :

$$Am (Am241) = 1,75\ Bq/g$$

## CARACTERISATION D'UNE SONDE DE SPECTROMETRIE NAI

Pour avoir des résultats d'analyses très rapidement sans dépendre du temps de traitement du laboratoire de spectrométrie gamma, le SER s'est doté d'une sonde de spectrométrie gamma avec un détecteur NaI. Nous avons caractérisé la sonde en comparant tous les résultats obtenus pour chaque prélèvement avec ceux réalisés par le laboratoire. Les bénéfices de cette caractérisation seront double : avoir des résultats très rapides après le prélèvement et réduire le nombre d'échantillons à envoyer au LANSE.

<sup>1</sup> RCA (repère de concentration dans l'air), qui est une valeur d'activité dans l'air exprimé en Bq/m<sup>3</sup> qui, pour un radionucléide ou un mélange, qui entrainerait l'incorporation d'une dose de 25µSv si on y est exposé pendant 1 heure.

La sonde utilisée est une sonde MCB3 de la société Nuvia. Nous avons d'abord procédé à un étalonnage en énergie de la sonde en utilisant des sources de  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et de  $^{241}\text{Am}$ .

Ensuite, en utilisant un échantillon de terre dont nous connaissons l'activité, donnée par la LANSE, en  $^{241}\text{Am}$  et en  $^{137}\text{Cs}$ , nous avons calculé des efficacités qui correspondent aux pics de 59,5 keV et 662 keV. Nous avons modélisé les conditions d'analyses en définissant la géométrie (SG500 de terre) et la distance source détecteur (échantillon posé sur un support au contact de la sonde).

Nous avons obtenu les efficacités suivantes :

- Pour le pic de 59,5 keV ( $^{241}\text{Am}$ ) :  $\text{Eff} = \frac{Spic}{Axt}$  avec  $Spic = 49048 \text{ imp}$  ;  
 $A = 4871 \text{ Bq}$  ;  $t = 1800 \text{ s}$ . Donc **Eff = 0,56%**
- Pour le pic de 662 keV ( $^{137}\text{Cs}$ ) :  $\text{Eff} = \frac{Spic}{Axt}$  avec  $Spic = 2232 \text{ imp}$  ;  
 $A = 211 \text{ Bq}$  ;  $t = 1800 \text{ s}$ . Donc **Eff = 0,59%**

Nous reportons ci-après le tableau comparatif pour des activités représentatives d'ordre de grandeur allant de  $10^{-1}$  à  $10^{-2}$  Bq/g en  $^{241}\text{Am}$ .

Ce sont des valeurs pour lesquelles nous pouvons identifier des surfaces de pics nettes. En dessous de ces valeurs, il n'est pas possible de définir des surfaces de pics.

Point	Activité Am 241 Nal (Bq/g)	Activité Cs137 Nal (Bq/g)	Activité Am 241 Ge (Bq/g)	Activité Cs 137 Ge (Bq/g)
D6	0.25	0.26	0.33	0.29
D7	0.055	0.079	0.083	0.11
F3	0.2	0.1	0.092	0.1

Tous les échantillons prélevés ont été analysés par la sonde de spectrométrie gamma. Pour les échantillons où il y a la présence de pic d' $^{241}\text{Am}$  et de  $^{137}\text{Cs}$ , nous constatons que les résultats d'activité par notre sonde sont plutôt fiables. Ils sont très proches des résultats donnés par le laboratoire pour des valeurs d'activité allant jusqu'à un ordre de grandeur de  $10^{-2}$  Bq/g. Nous constatons également que plus la valeur d'activité en américium diminue, plus l'activité calculée s'éloigne de la valeur de référence. Nous pouvons en déduire que la sonde permet de descendre jusqu'à une activité  $5.10^{-2}$  Bq/g en  $^{241}\text{Am}$ .

Cette sonde sera un bon outil pour avoir des résultats rapides sur les prochaines cartographies.

## METHODOLOGIE DE LA CARTOGRAPHIE

Nous allons vous présenter les différentes étapes qui jalonnent la réalisation d'une cartographie réalisée par le SER.

## CONTEXTE

Avant de réaliser une cartographie de surface d'une zone de vigilance, il est nécessaire de faire une étude sur l'historique de la zone et/ou sur le contexte qui a amené à devoir réaliser une cartographie de l'état radiologique.

## PROSPECTION

Toute cartographie commence par une étape de prospection. Tout d'abord au moyen d'un appareil conçu pour détecter comme le DG5.

Ensuite, une cartographie sera réalisée avec le spir-ident : une sonde NaI couplée à un compteur Geiger-Muller. Cette appareil, fixé sur le crochet d'attelage d'un 4\*4 permet de réaliser des mesures de DED et des spectrométries gamma en direct. La gamme de mesure de cet appareil est de 1 nSv à 9,99 mSv.



Figure 1 : Exemple de cartographie avec le Spir-Ident

Ces prospections permettront de définir les points chauds où seront effectués les premiers prélèvements. Les prélèvements sont réalisés avec le port d'un EPVRF en l'absence de connaissance sur la valeur de l'activité radiologique.

## LES VALEURS DE REFERENCE

Nous reproduisons ensuite le maillage sur le terrain à l'aide de décamètres et nous posons un piquet pour marquer chaque point de prélèvement. Nous réalisons ensuite un relevé des coordonnées GPS de chaque point de prélèvement.

(Suite de l'article page 29)



D'OÙ VIENT LE  
**RAYONNEMENT ?**

## Instrumentation Nucléaire & Radioprotection

Des solutions de contrôle  
et un service sur mesure

- ✓ Conseil
- ✓ Installation
- ✓ Formation
- ✓ Maintenance



### Contrôles et mesures radiologiques

*Spectromètres gamma  
et alpha  
Dosimètres  
Radiamètres  
DéTECTEURS de neutrons ...*



### Sûreté nucléaire

*Portiques  
Véhicules et balises  
de radioprotection*



### Décontamination de sites

*Spectromètres gamma  
mobiles  
Caméras gamma  
Logiciels adaptés  
Contaminamètres...*

Maîtrisez **votre** nucléaire !

Suivez  
nous !



[www.htds.fr](http://www.htds.fr)  
[info@htds.fr](mailto:info@htds.fr)



# SPID-X

Nouveau spectro-imageur gamma large bande  
*Identification, localisation, dosimétrie et mesure  
du niveau d'énergie de chaque source gamma*



**Fonctionnement de 12 keV à 1500 keV**

Spid-X est une solution innovante, fruit d'un travail commun entre le CEA et 3D PLUS pour offrir une caractérisation radiologique gamma simple, précise et efficace.



- + Acquisition, traitement et affichage des données en temps réel
- + Localisation des sources radioactives par imagerie à masque codé et par reconstruction Compton
- + Gestion des déchets, surveillance des sites nucléaires, démantèlement, décontamination





**TOUS** nos dosimètres\*  
conçus et produits en France  
répondent à  
**TOUTES** les normes\*\*  
et sont **TOUS** testés  
par des laboratoires  
**INDÉPENDANTS**\*\*\*

\* Prestations de service de dosimétrie poitrine, poignet, cristallin, doigt et ambiance avec dosimètres IPLUS, NEUTRAK, MONOBAGUE et VISION hors dosimètres de criticité

\*\* EN 62387:2016 – Systèmes dosimétriques intégrés passifs pour la surveillance de l'individu et de l'environnement des rayonnements photoniques et bêta – Instrumentation pour la radioprotection  
ISO 21909-1:2015 – Dosimètres individuels passifs pour les neutrons – Exigences de fonctionnement et d'essai

\*\*\* Caractérisations des dosimètres réalisées par deux laboratoires indépendants de référence : le Laboratoire National Henri Becquerel (LNHB) – CEA et le National Physical Laboratory (NPL) au Royaume-Uni

## DEFINITION DES CONDITIONS D'INTERVENTION

Les résultats des analyses par spectrométrie gamma effectués sur les premiers échantillons prélevés permettront de définir les moyens de protection individuelle à mettre en place pour toute la campagne de prélèvement. En effet, si la valeur de l'activité massique en  $^{241}\text{Am}$  dépasse le seuil défini précédemment, le port d'un EPVRF sera nécessaire.

Une attention particulière sera aussi portée au niveau d'humidité de la terre, qui peut varier en fonction des saisons, car le coefficient de remise en suspension sera plus important sur une terre sèche. En cas de prélèvement sur une terre sèche, il est recommandé de prévoir le matériel nécessaire pour pouvoir humidifier la terre au niveau du point de prélèvement.

## PLAN D'ECHANTILLONAGE ET PRELEVEMENTS

Le mode opératoire habituel de l'équipe du LANSE/SER est de réaliser un maillage de 10 mètres par 10 mètres pour couvrir toute la surface de la zone à cartographier. Pour réaliser ce maillage, nous insérons le plan de la zone dans le logiciel Excel et réalisons un quadrillage en prenant soin de respecter l'échelle du plan.

Nous reproduisons ensuite le maillage sur le terrain à l'aide de décimètres et nous posons un piquet pour marquer chaque point de prélèvement. Nous réalisons ensuite un relevé des coordonnées GPS de chaque point de prélèvement.

Le mode opératoire de l'équipe est le suivant :

- 1. Retirer la végétation de la zone de prélèvement
- 2. Gratter la terre sur une surface de 25x25 cm et 5 cm de profondeur
- 3. Remplir un SG500 en prenant soin de retirer les éléments grossiers.
- 4. Emballer le flacon dans une sachet vinyle.
- 5. Renseigner la demande d'analyses.

## SPECTROMETRIE GAMMA ET ANALYSES COMPLEMENTAIRES

Tous les échantillons prélevés sont analysés par la sonde de spectrométrie gamma que nous avons caractérisée précédemment afin de comparer les résultats aux valeurs de référence citées précédemment. Les terres contenant des radionucléides artificiels et/ou des radionucléides naturels supérieures aux valeurs susmentionnées seront considérées comme marquées.

Des analyses complémentaires comme la spectrométrie alpha et la scintillation liquide, réalisées sur quelques échantillons représentatifs, permettent d'identifier des radionucléides émetteurs  $\alpha$  ou  $\beta$  et établir un spectre radiologique.

## SCHEMA DE CARTOGRAPHIE FINALE

La cartographie se conclut par l'édition d'une cartographie finale avec une légende de couleur en fonction du niveau de contamination de la zone.

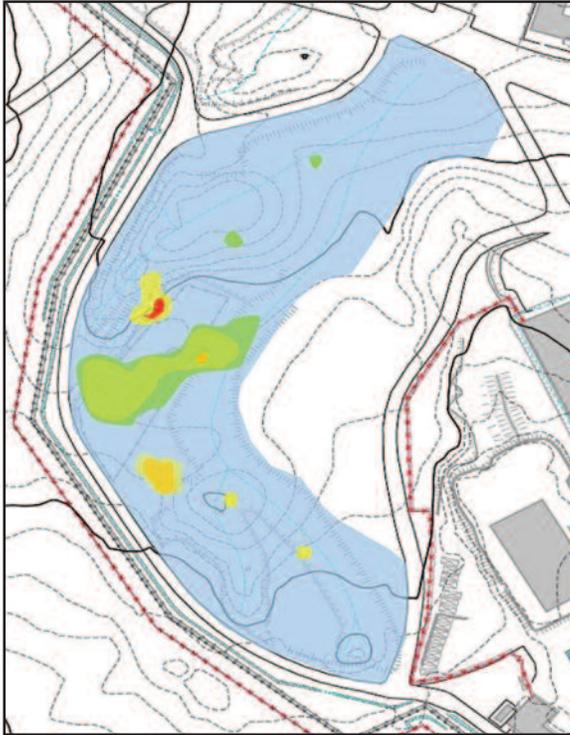
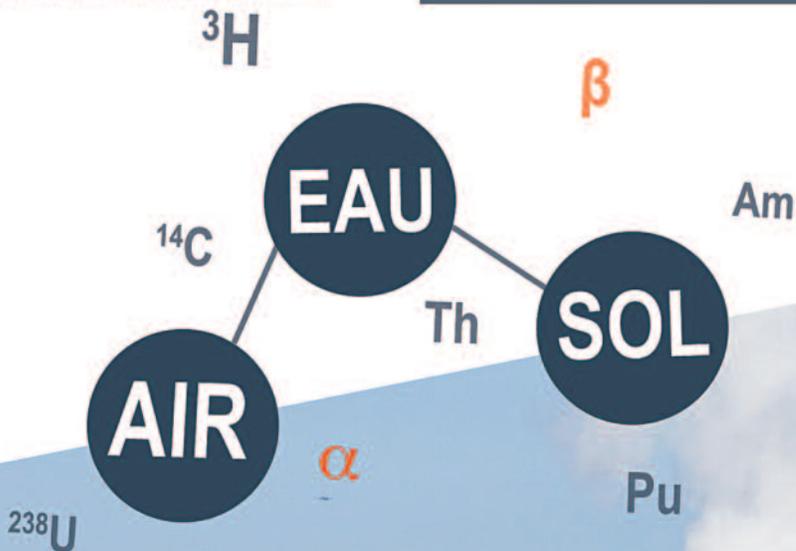


Figure 2 : Exemple de schéma de cartographie finale

## CONCLUSION

La réalisation de cartographie radiologique dans l'environnement est assez novatrice pour la radioprotection. En effet, ce type de cartographie est relativement courant dans les installations mais ne se faisait pas, à ma connaissance, dans l'environnement. Or, le nombre de zones, dites de vigilance, sont nombreuses dans les sites nucléaires qui sont en exploitation depuis de nombreuses années. Une connaissance approfondie de la répartition de la contamination en fonction du niveau d'activité pour les radionucléides détectables avec la spectrométrie gamma est nécessaire. Ces informations permettent de déterminer les conditions d'intervention respectant la réglementation en matière de





# ÉCHANTILLONNAGE ET DÉTECTION DES RADIONUCLÉIDES





# LE RECRUTEMENT DANS LE NUCLEAIRE DÉVOILE SES CONTOURS

## Le programme MATCH :

Un outil mis à jour annuellement pour assurer l'adéquation entre les besoins et les capacités de la filière



Figure 1 Vue d'ensemble du programme MATCH

En février 2022, lors d'une visite à Belfort, le président Emmanuel Macron a dévoilé le plan ambitieux de la relance du nucléaire français. Cette décision historique prévoit la construction de six réacteurs EPR2 et l'étude approfondie de huit autres d'ici 2050, tout en soutenant le développement des petits réacteurs modulaires (SMR). Les annonces présidentielles concernant le déploiement de ces nouveaux réacteurs nucléaires, bien que ne portant pas forcément de bonnes nouvelles pour le Tricastin, ont néanmoins stimulé l'optimisme dans le secteur.

Cette initiative s'inscrit dans une dynamique plus large de modernisation et de pérennisation de l'industrie nucléaire française. En effet, elle s'accompagne des travaux de grand carénage, visant à prolonger la durée de vie des réacteurs existants, et des opérations de démantèlement des installations obsolètes.

Dans cet article, nous plongerons dans des actions concrètes déployées pour donner vie à cette vision ambitieuse.

## NUCLEAIRE EN ESSOR : UN FRANC SUCCES POUR LE FORUM DE L'EMPLOI A SAINT-PAUL-TROIS-CHATEAUX

Le 6 février dernier, le Forum Sud Nucléaire de Saint-Paul-Trois-Châteaux a ouvert ses portes à une foule de visiteurs enthousiastes. Plus de 300 offres d'emploi étaient disponibles, proposées par les 73 entreprises participantes.

Le flux incessant de candidats se pressant devant les stands de recrutement et l'affluence remarquable aux différentes conférences témoignent du succès incontestable de cet événement. Organisé par France Travail (ex Pôle emploi), en partenariat avec la municipalité et la communauté de communes, ce forum a su attirer des chercheurs d'emploi et des professionnels du secteur.

Des postes variés étaient proposés pour des ingénieurs, des chargés d'affaires, en passant par des électriciens et des tuyauteurs. Ces opportunités d'emploi abondantes reflètent les données du récent rapport MATCH, présenté par la ministre de la Transition Énergétique, Agnès Pannier-Runacher, sur le site d'Orano-Tricastin en avril 2023.

Chemise cartonnée sous le bras Younes, technicien en maintenance de 24 ans, est venu d'Orange déposer des CV. Un grand choix de postes s'offrait aux visiteurs, allant des ingénieurs aux chargés d'affaires, en passant par les électriciens et les tuyauteurs. Ces nombreuses opportunités d'emploi reflètent les conclusions du rapport MATCH.

Selon Catherine Colas, directrice de l'agence France Travail Pierrelatte-Nyons, trois facteurs sont à l'origine de ce regain d'intérêt du nucléaire. "Nous anticipons une demande croissante en électricité dans les années à venir, notamment avec l'essor des voitures électriques", explique-t-elle, soulignant une vision tournée vers l'avenir. "De plus, l'accent mis sur la décarbonation, en réponse aux enjeux climatiques actuels, transforme l'image du nucléaire."

Enfin, ajoute-t-elle, "il existe une sorte d'aura française autour de la technologie nucléaire."

Une scène révélatrice du dynamisme de ce marché de l'emploi en ébullition s'est déroulée. Younes, un technicien en maintenance âgé de 24 ans, arborant une chemise cartonnée sous le bras, a parcouru la distance depuis Orange pour déposer ses CV. Cette détermination témoigne de l'attrait grandissant pour les nombreuses opportunités offertes dans le secteur nucléaire.

La question de la rémunération est au cœur des discussions. « Dans le nucléaire, il y a beaucoup d'opportunités, on est très bien payé », souligne le frère d'un salarié spécialisé en radioprotection. Cette considération attire des jeunes comme Thomas, 22 ans, qui confie : « Ce qui m'intéresse, c'est le salaire. » Ayant acquis quelques habilitations nucléaires après son CAP en mécanique, il est en quête d'une alternance.

D'autres, comme Anaïs, 23 ans, ont déjà une vision claire de leur avenir professionnel. Intérimaire dans la logistique pour le compte de grandes entreprises montiliennes, elle voit dans le nucléaire un métier d'avenir. « Le nucléaire prend de l'ampleur, je pense que c'est un secteur porteur », confie-t-elle.

Au-delà de la maintenance, les postes hautement qualifiés dans l'ingénierie sont également en forte demande. « Il manque 20 000 ingénieurs par an en France », explique Pauline Perdriau, business developer chez Arcadia, spécialisé en conseil et gestion de projets en ingénierie.

Les besoins croissants, notamment dans le nucléaire, nécessitent des profils variés, qu'ils aient déjà une expérience dans l'industrie ou qu'ils sortent tout juste de l'école.

Hélène Willig, correspondante régionale de l'Université des Métiers du Nucléaire, identifie trois grandes catégories de métiers les plus en tension. « Tout ce qui touche à l'exploitation et à la maintenance des centrales est en demande, ainsi que les projets pour le développement de la filière, en particulier dans l'ingénierie », précise-t-elle. « Enfin, une troisième catégorie englobe le génie civil, avec d'énormes travaux à venir, notamment la construction des nouveaux réacteurs. »

## LE RAPPORT MATCH

Dans un rapport présenté aux ministères de la Transition Énergétique et de l'Industrie le 21 avril 2023, le Groupement des Industriels Français de l'Énergie Nucléaire (GIFEN) a détaillé les capacités et les exigences de la filière pour cette relance historique. Au cœur de cette feuille de route, une priorité émerge : la disponibilité en ressources humaines qualifiées.

Ainsi, dans le cadre du programme MATCH, une évaluation exhaustive a été menée pour anticiper les besoins en compétences techniques et en personnel sur une décennie. Ce programme stratégique vise à garantir que la France dispose des compétences et des expertises nécessaires pour soutenir cette résolution énergétique.

MATCH s'appuie sur les plans de charge des exploitants (Figure 2 et Figure 3), sur un périmètre d'activités dont les principales composantes sont les suivantes :

- Exploitation, maintenance de l'ensemble des installations nucléaires existantes ;
- Programme grand carénage sur le parc de réacteurs nucléaires exploités par EDF ; poursuite de l'exploitation de l'ensemble du parc sur la période ;
- Construction des 3 premières paires d'EPR2 mais pas encore l'accélération de la construction à partir de la 3e paire ou l'extension à 4 paires supplémentaires d'ici 2050 ;

Plan de charge consolidé de la filière considéré

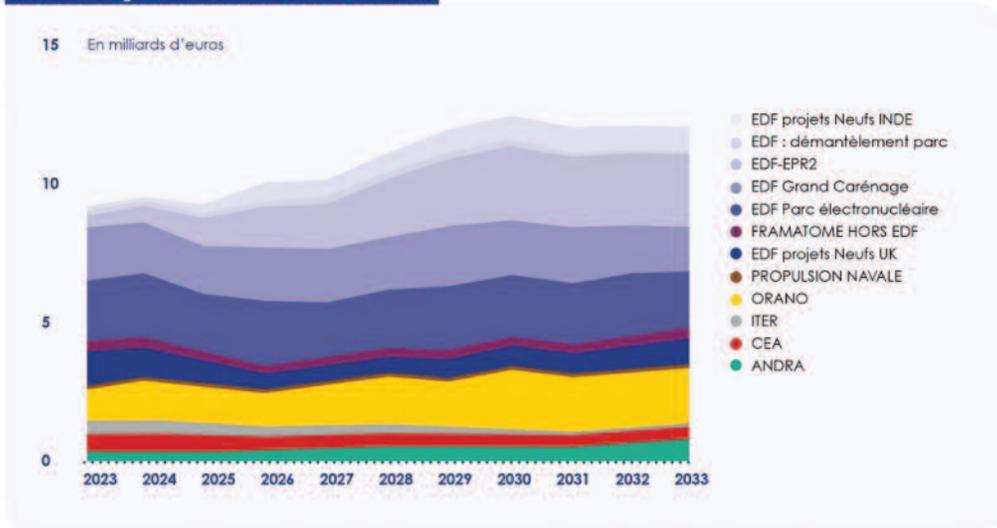


Figure 2 - Vue d'ensemble du plan de charge des exploitants du nucléaire

## Courbes de charge sous-traitée par les exploitants sur 10 années – Vision par segment

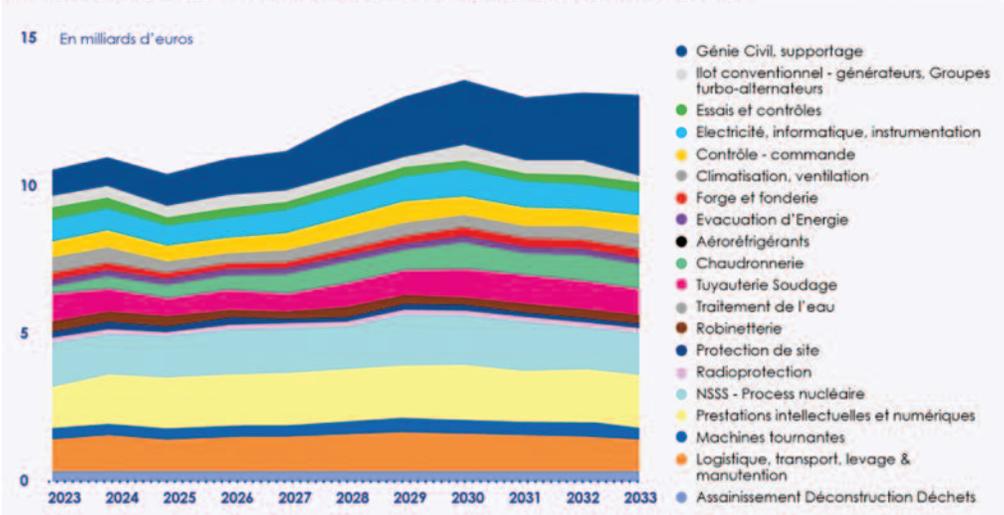


Figure 3 - Plan de charge par segment des besoins du nucléaire

- Activités de mise à l'arrêt définitif et démantèlement ;
- Extension de l'usine d'enrichissement d'uranium Georges Besse 2 d'Orano ;
- Premiers éléments d'Orano sur l'étude relative à la pérennité et de grand carénage des installations de l'aval du cycle du combustible ;
- Nouvel atelier Orano d'emballages nucléaires de nouvelle génération ;
- Construction du réacteur de recherche RJH et autres activités du CEA ;
- Construction du réacteur de recherche ITER (part française) ;
- Construction du centre de stockage géologique des déchets radioactifs CIGEO de l'ANDRA ;
- Fourniture des chaudières pour la propulsion nucléaire des projets de sous-marins et de porte-avions ;
- Part accessible à la filière française des projets EPR menés par EDF en Grande Bretagne (Hinkley Point C en construction, Sizewell C en développement) et en Inde (Jaitapur en développement) ;
- Pas d'éléments relatifs au développement des SMR/AMR à ce stade ;
- Pas d'éléments relatifs à l'export de la filière en Europe et dans le monde en dehors des projets britanniques et indien, et en sous-traitance des autres filières à ce stade.

## 100 000 nouveaux ETP sur 10 ans :

- 155 000 emplois directs ETP en 2033 (contre 125 000 en 2023) sur les 20 segments cœur,
- 60 000 recrutements ETP sur ce périmètre (la moitié pour compenser les départs, l'autre moitié pour croissance d'activité) soit 6000/an avec des pointes à 10 000 emplois.

Voici quelques points clés du rapport.

## BESOIN EN EMPLOIS

Le GIFEN estime que les besoins en emplois équivalents temps plein (ETP) sur les 20 principaux segments (Figure 4) d'activité de la filière nucléaire augmenteront d'environ 25 % en 10 ans. Extrapolé à l'ensemble des 220 000 emplois de la filière nucléaire, cela représenterait environ 100 000 recrutements équivalents temps plein pour la décennie à venir.



Figure 4 - Les 20 segments étudiés par le programme MATCH

MATCH considère 20 segments d'activités où 84 métiers opérationnels « cœur d'activité » ont été traités, en caractérisant les compétences requises et le temps nécessaire à la formation et à la montée en compétence pour chaque métier.



## LE PLAN D’ACTIONS DE LA FILIERE NUCLEAIRE POUR LA FORMATION ET LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES

L'Université des Métiers du Nucléaire (UMN) a présenté un plan d'actions visant à sécuriser les recrutements nécessaires dans la filière. Ce plan repose sur une collaboration étroite entre les industriels et les acteurs de la formation. Il propose des actions concrètes pour répondre aux besoins spécifiques des métiers nucléaires, en mettant l'accent sur l'adaptation de l'offre de formation et le renforcement de l'attractivité des métiers de la filière.

Le plan d'actions pour la filière nucléaire repose sur sept leviers et trente mesures associées, dont une dizaine sont effectives depuis 2023. Ces leviers visent à garantir la disponibilité des compétences adéquates, au bon endroit et au bon moment.

Le premier de ces leviers ambitionne d'améliorer l'attractivité de la filière nucléaire, en améliorant l'image des parcours de formation offerts et la perception des métiers qui la composent. Dans cette optique, des initiatives telles que le développement du site [monavenirdanslenucleaire.fr](http://monavenirdanslenucleaire.fr) et la tenue d'événements-phare, telle la semaine des métiers du nucléaire, dont la seconde édition a eu lieu du 2 au 9 février 2024, ouvrent les portes à une communication dynamique et engagée.

Le deuxième levier s'emploie à élargir le bassin de recrutement avec l'aide de France Travail et à favoriser les reconversions professionnelles, œuvrant ainsi pour une représentativité plus équilibrée des différentes strates de la société au sein de la filière. Il s'agit ici cibler les viviers de ressources aujourd'hui peu représentés dans la filière nucléaire comme les femmes, les seniors, les personnes issues des quartiers prioritaires de la ville, des zones rurales et les étudiants étrangers.

Poursuivant cette quête d'excellence, le troisième levier s'attache à guider les élèves vers les formations techniques, dès leurs premiers pas dans le monde de l'éducation. En intervenant tôt dans les cursus scolaires et en adaptant les parcours académiques, cette stratégie vise à éveiller les vocations et à canaliser les talents vers les domaines scientifiques et techniques. 250 élèves en BAC PRO et BTS menant vers les métiers en tension ont déjà bénéficié de bourses d'étude en 2022 et

Le quatrième levier, quant à lui, met en lumière l'adaptation continue de l'offre de formation initiale, afin de répondre aux exigences mouvantes du marché.

Une cartographie régionale des formations, une intégration des enseignements nucléaires dans les cursus généralistes et le déploiement de dispositifs tels que le « Passeport nucléaire » (à découvrir sur [https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/les-  
formations/le-passeportnucleaire](https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/les-formations/le-passeportnucleaire) ) incarnent ces efforts de modernisation. Le cinquième levier se déploie autour de l'alternance, offrant aux jeunes l'opportunité de s'immerger rapidement dans le monde professionnel tout en se formant aux particularités de la filière nucléaire. Des mesures incitatives, telles que le financement des frais de transport et d'hébergement des étudiants, viennent soutenir cette démarche.

Le sixième levier converge vers la fédération des moyens de formation de la filière, tirant parti des technologies numériques pour offrir des parcours innovants et adaptés aux besoins évolutifs de l'industrie nucléaire. En recensant les ressources disponibles et en promouvant les formations à la pointe de l'innovation, cette stratégie œuvre à la pérennité du secteur.

Enfin, le septième levier clôture met l'accent sur l'importance du parcours d'intégration des nouvelles recrues et le développement du compagnonnage, favorisant ainsi la transmission efficace des savoirs et des compétences. Par le partage des bonnes pratiques et le renforcement de la collaboration au sein de la filière, cet ultime volet promet une cohésion renforcée et une professionnalisation accrue.

Dans cette quête de l'excellence, toute la filière nucléaire et les pouvoirs publics s'érigent en remparts déterminés, unis dans l'objectif commun de sécuriser les compétences indispensables à la pérennité et au rayonnement de cette industrie d'avenir.

---

## Pour aller plus loin :

Vous pouvez consulter la synthèse complète du rapport "MATCH" du GIFEN :

[https://www.connaissancedesenergies.org/sites/connaissancedesenergies.org/files/  
pdf-actualites/2023.04.21\\_Synthese\\_Match\\_20-04-23.pdf](https://www.connaissancedesenergies.org/sites/connaissancedesenergies.org/files/pdf-actualites/2023.04.21_Synthese_Match_20-04-23.pdf)

France Travail a mis au point des vidéos présentant les différents métiers, technicien en radioprotection : <https://www.youtube.com/watch?v=Xjl0dUBZLxY>

## Sources :

Le quotidien Vaucluse matin du 7 février 2024.

[https://www.connaissancedesenergies.org/rapport-match-loutil-de-pilotage-de-  
ladequation-besoins-ressources-de-la-filiere-nucleaire-240320](https://www.connaissancedesenergies.org/rapport-match-loutil-de-pilotage-de-ladequation-besoins-ressources-de-la-filiere-nucleaire-240320)

[https://www.connaissancedesenergies.org/sites/connaissancedesenergies.org/files/  
pdf-pt-vue/2023.04.21\\_Programme\\_Match\\_20-04-23\\_0.pdf](https://www.connaissancedesenergies.org/sites/connaissancedesenergies.org/files/pdf-pt-vue/2023.04.21_Programme_Match_20-04-23_0.pdf)

[https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/a-propos-de-l-universite-des-metiers-du-  
nucleaire2](https://www.monavenirdanslenucleaire.fr/a-propos-de-l-universite-des-metiers-du-nucleaire2)

<https://monavenirdanslenucleaire.fr>





**NUVIA**  
PREVENTION

Conception, fabrication et vente de matériel de mesure nucléaire et de radioprotection à travers la marque **NuviaTECH Instruments**

Etudes et expertises en mesure nucléaire

Maintenance et location d'équipements de radioprotection et de mesure

Radioprotection opérationnelle et conseil

---

Présente son produit phare :

## **La gamma caméra NuVISION**





# L'ENERGIE NUCLEAIRE : LE RETOUR EN GRACE



*Source : Twitter @Moms4G,  
quelques étudiants sont venus soutenir le sommet sur le nucléaire*

L'énergie nucléaire, autrefois sujette à de vifs débats et controverses, occupe désormais une place centrale dans la quête mondiale de sources d'énergie plus propres et plus durables. Un premier sommet organisé par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a consacré le retour en grâce de cette énergie, réunissant 37 chefs d'État, des représentants de haut niveau et des dirigeants d'organisations internationales sur le plateau du Heysel, au pied de l'Atomium. Pendant longtemps, le sujet nucléaire a été tabou à Bruxelles, victime de l'hostilité de l'Allemagne qui, sous la pression des écologistes, avait tourné le dos à l'atome après l'accident de Fukushima au profit du charbon. Cependant, il s'impose à nouveau depuis deux ans dans l'agenda européen, aux côtés des énergies renouvelables, en tant que levier de décarbonation, sous l'influence décisive de la France.

Rafael Grossi, directeur de l'AIEA, constate une prise de conscience croissante de l'indispensabilité de l'énergie nucléaire pour affronter certains défis mondiaux urgents, tels que le réchauffement climatique. Il met en avant une électricité "propre et fiable".

Ce virage a commencé fin 2021 : sous pression, la présidente de la Commission européenne, Ursula von der Leyen, a reconnu que l'Union européenne avait « besoin » du nucléaire « comme source d'énergie stable ». L'exécutif européen l'a ensuite classé dans sa liste des investissements durables.

Le directeur général de l'AIEA, Rafael Mariano Grossi, déclare que ce sommet est la preuve que les chefs d'État doivent se réunir autour de la question du nucléaire. Le nucléaire est devenu indispensable pour lutter contre le réchauffement climatique, et il est nécessaire d'avoir un consensus de base fondamental pour accompagner ceux qui souhaitent développer cette source d'énergie.

Les pays présents se sont engagés autour d'une déclaration non contraignante, autour de trois objectifs.

## **OBJECTIF DE TRIPLER LA CAPACITE MONDIALE DU NUCLEAIRE D'ICI 2050 :**

Les chefs d'État et de gouvernement présents ont annoncé leur volonté de tripler la capacité mondiale du nucléaire d'ici 2050.

L'énergie nucléaire est considérée comme essentielle pour la souveraineté énergétique, la sortie des énergies fossiles et l'atteinte des objectifs climatiques.

Il est nécessaire d'accompagner les pays dans leur sortie du charbon et de soutenir l'innovation pour consommer moins d'énergie, financer les renouvelables et le nucléaire.

## **RENFORCEMENT DES COOPERATIONS :**

Les chefs d'État ont souligné la nécessité de renforcer les coopérations pour faire face aux défis de recherche, d'investissement, d'innovation et de formation qui se posent à la filière nucléaire.

La France accueillera le prochain sommet sur l'énergie nucléaire.

## **DECLARATION DE L'ALLIANCE EUROPEENNE DU NUCLEAIRE :**

Une déclaration des membres de l'Alliance européenne du nucléaire a été adoptée lors du sommet.

Lien vers le texte approuvé par les chefs d'Etat : <https://www.elysee.fr/emmanuelmacron/2023/12/02/declaration-relative-au-triplement-de-la-production-denergienucleaire>

## **UN PILIER ESSENTIEL POUR LA TRANSITION VERS LE ZERO EMISSION NETTE**

La guerre en Ukraine a révélé une vérité incontournable : l'Europe ne peut plus se reposer sur les autres pour satisfaire ses besoins énergétiques. La diversification des sources d'énergie est devenue impérative. L'énergie nucléaire, en tant qu'élément de cette solution, offre une stabilité et une indépendance stratégique. L'Europe redécouvre la réalité géopolitique de ses politiques énergétiques.

L'énergie nucléaire est devenue un atout majeur dans notre quête pour un avenir durable.

Il est désormais enfin considéré comme un partenaire essentiel dans la transition vers le zéro émission nette.

Pour mieux comprendre et accepter son rôle dans la lutte contre les changements climatiques, voici quelques stratégies essentielles évoquées :

1. **Éducation et transparence** : Informer le public sur les avantages et les risques de l'énergie nucléaire. La transparence est essentielle pour gagner la confiance.
2. **Gestion des déchets** : Expliquer les progrès dans la gestion des déchets nucléaires et les solutions à long terme.
3. **Sécurité et réglementation** : Mettre en avant les normes strictes de sécurité et les organismes de réglementation qui surveillent l'industrie nucléaire.
4. **Collaboration internationale** : Travailler ensemble pour résoudre les défis communs liés à l'énergie propre.





# FUSION DE L'ASN ET DE L'IRSN : ADOPTION A L'ASSEMBLEE NATIONALE

**Le 19 mars 2024, les députés ont voté en faveur de la fusion des deux autorités de sûreté nucléaire, l'ASN et l'IRSN, à une voix près.**

Le projet de loi avait suscité des débats et des protestations.

Certains experts et groupes de défense de l'environnement ont exprimé des inquiétudes quant à l'indépendance de la nouvelle entité, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), craignant que la fusion puisse réduire la capacité de contrôle et de surveillance des activités nucléaires en France.

L'ASN et l'IRSN ont des missions distinctes : l'ASN est chargée de la régulation et de la surveillance, tandis que l'IRSN effectue des recherches et fournit des avis techniques. La fusion pourrait créer des conflits d'intérêts entre ces deux rôles.

Certains experts estiment que l'IRSN possède une expertise technique précieuse qui pourrait être diluée dans la nouvelle structure. Ils s'inquiètent de la perte de connaissances spécialisées dans le domaine de la radioprotection.

Enfin, la fusion pourrait également affecter la transparence et la communication avec le public. Certains craignent que la nouvelle autorité ne soit pas aussi ouverte et accessible que l'ASN et l'IRSN l'étaient individuellement.

Malgré ces controverses, l'Assemblée nationale a voté avec 206 voix pour et 117 contre la fusion des deux autorités.

---

## Source :

<https://www.publicsenat.fr/actualites/economie/la-reforme-controversee-de-la-suretenucleaire-adoptee-en-commission-au-senat-apres-une-correction-de-la-copie>



## LB 2046 : Banc de comptage Alpha/Bêta Bas Bruit de Fond sans gaz de comptage



Le **LB 2046** (diamètre 60 mm) et le **LB 2046-130** (diamètre 130 mm) ont été conçus pour la mesure simultanée et séparée des activités alpha et bêta d'échantillons comme entre autres des frottis ou des résidus sur coupelles. Des adaptateurs personnalisés permettent de s'adapter à la nature, au diamètre et à la hauteur des échantillons.



Basé sur un détecteur solide au ZnS, la mise en œuvre du **LB 2046** est rapide et son poids de seulement 13,5 kg, grâce à un blindage uniquement composé d'acier, permet de facilement le déplacer. Il offre des rendements de **27%** pour le  $^{241}\text{Am}$  et de **40%** pour le  $^{36}\text{Cl}$ . Pour une heure de mesure, les limites de détection sont de l'ordre de **0,03 Bq** en alpha et de **0,06 Bq** en bêta.



L'afficheur graphique à écran tactile favorise une manipulation intuitive et un accès rapide à toutes les fonctions logicielles dont la mesure de **bruit de fond**, le **calibrage** ou le **contrôle qualité**. Une bibliothèque de radioéléments, pouvant être personnalisée par l'utilisateur, est intégrée et contient pour chacun les paramètres comme le facteur de calibrage, l'unité de mesure, le temps ou la précision statistique d'acquisition ainsi qu'un seuil d'alarme. Une mémoire interne permet la sauvegarde automatique de tous les comptages et leur export est assuré grâce au port USB.

Association pour les Techniques et les Sciences de Radioprotection



atsr-ri.fr

PRÉ-ANNONCE



orano

**28<sup>e</sup> CONGRÈS  
DE RADIOPROTECTION**

**ATSR 2024**

**Radioprotection et nucléaire de demain**

**Formation  
certifiée QUALIOP1**



**TRICASTIN - SAINT-PAUL-TROIS-CHÂTEAUX**

***Du 18 au 20 septembre 2024***

Contact : [atsr@alphavisa.com](mailto:atsr@alphavisa.com) - [www.alphavisa.com/atsr/2024](http://www.alphavisa.com/atsr/2024)

# ATSR-Ri



## Le Cahier de l'Association

# Le site de l'ATSR fait peau neuve

## N'hésitez pas à le consulter

### www.atsr-ri.fr



# COORDONNÉES DES MEMBRES RESPONSABLES

Prénom / Nom	Fonction	Adresse postale / Tél. / Fax ou portable Adresse E.mail
Yvon ALGOET	Délégué régional Grand Est	89, Rue Abbé Pierre - 73100 AIX-LES-BAINS 06 33 14 06 28 - yvon.algoet@atsr-ri.fr
Marie-Laure BEISO	Responsable publication	133, chemin des Jonquilles - 13013 MARSEILLE 06 27 83 44 12 - ml.beiso@8m-management.com
Christian BOUDOU	Délégué régional Nouvelle-Aquitaine	6, imp. des Costilles - La combelle - 63570 AUZAT-SUR-ALLIER 04 73 96 04 92 - 06 03 24 22 67 - christian.boudou@atsr-ri.fr
Philippe BRUGUERA	Membre du CA	Le Clos Florent face n°8 Route de Villelaure - 84120 PERTUIS 06 09 04 37 35 - philippe.bruguera@atsr-ri.fr
Lionel DE PADUA	Responsable commission publication	861, Chemin du Pigeonnier de l'Ange - 7, Le Coteau de la Bugadière 04180 VILLENEUVE - 06 07 33 61 27 - lionel.depadua@atsr-ri.fr
Richard DUGNE	Délégué régional Occitanie	06 49 56 85 42 richard.dugne@atsr-ri.fr
Christophe GUY	Membre du CA	12, rue Lou Redoun - 13770 VENELLES 06 85 33 11 39 - christophe.guy@atsr-ri.fr
Gilles HOFMANN	Délégué régional Provence / Alpes / Côte-d'Azur	121, rue du Colombier - 04100 MANOSQUE 06 70 31 13 56 - gilles.hofmann@atsr-ri.fr
Jérôme LAINÉ	Trésorier général - Délégué régional Ile-de-France	31, Domaine de Villejust - 91140 VILLEJUST 06 89 28 28 14 - jerome.laine@atsr-ri.fr
Jean-Luc LE BORGNE	Secrétaire général adjoint Délégué régional Bretagne-Pays de Loire	Cidex 5770 - LE PIN - 30330 CONNAUX 06 22 16 33 54 - jeanluc.leborgne@atsr-ri.fr
Nabil MENAA	Délégué régional international	06 03 62 69 23 nabil.menaa@cern.ch
Serge MILLION	Délégué régional Bourgogne - Franche-Comté Responsable commission enseignement	26, rue Jean Amigoni - 38120 SAINT-EGREVE 06 11 86 01 93 - serge.million@atsr-ri.fr
Jean-Jacques MONTEIL	Délégué régional Hauts-de-France	75, rue de Maubeuge - 59600 VIEUX RENG 06 08 64 66 42 - jeanjacques.monteil@atsr-ri.fr
Fabrice MONTREUIL	Président	47, impasse Cessac - 84700 SORGUES Pro 04 90 83 09 20 - 06 31 72 35 10 - fabrice.montreuil@atsr-ri.fr
Pierre PANDRAUD	Membre du CA	144, Rue du Puit - 84120 BEAUMONT DE PERTUIS 06 18 60 72 21
Jean-Paul PIFERRER	Vice-Président	Résidence Grand Soleil - 6, av. Jean Jaurès - 13700 MARGNANE 06 26 47 60 81 - jeanpaul.piferrer@atsr-ri.fr
Bruno ROSTELLO	Vice-Président - Président d'Honneur	10, chemin du Deveze - 30200 BAGNOLS-SUR-CEZE 06 87 02 14 11 - bruno.rostello@atsr-ri.fr
Michel SELVA	Délégué régional Auvergne / Rhône-Alpes	Boulevard de la République - 38190 FROGES 04 76 48 60 80 - 06 83 21 27 87 - michel.selva@atsr-ri.fr
Valérie TROMEL	Trésorière générale adjointe	313, rue du Bourg - 01630 SAINT-JEAN DE GONVILLE (+41)7 54 11 06 37 - valerie.tromel@cern.fr
Sandra VILLAGE	Secrétaire générale Responsable commission informatique	141, rue du Jura - 01170 CROZET 07 78 69 07 65 - sandra.village@atsr-ri.fr



## Conseil d'administration ATSR-RP

- **Président :**

**Fabrice MONTREUIL**

- **Vice-présidents :**

**Jean-Paul PIFERRER**

**Bruno ROSTELLO**

- **Secrétaire générale :**

**Sandra VILLAGE**

- **Secrétaire général adjoint :**

**Jean-Luc LE BORGNE**

- **Trésorier général :**

**Jérôme LAINÉ**

- **Trésorière générale adjointe :**

**Valérie TROMEL**

### Autres membres

Philippe BRUGUERA

Yvon ALGOET

Serge MILLION

Lionel DE PADUA

Pierre PANDRAUD

Christophe GUY

### Délégués régionaux

Yvon ALGOET

Christian BOUDOU

Richard DUGNE

Gilles HOFMANN

Jérôme LAINÉ

Nabil MENAA

Serge MILLION

Jean-Jacques MONTEIL

Michel SELVA

Jean-Luc LE BORGNE



## Membres des commissions ATSR-RP

- **Commission Publication**

*Responsable :* **Lionel DE PADUA**

*Directeur de la publication - Rédacteur en chef :* **Marie-Laure BEISO**

*Membres :* Fabrice MONTREUIL, Christian BOUDOU,

Philippe BRUGUERA, Serge MILLION,

Yvon ALGOET, Nabil MENAA

- **Commission Enseignement**

*Responsable :* **Serge MILLION**

*Membres :* Philippe BRUGUERA, Nabil MENAA

- **Commission Juridique, contentieux et relations extérieures**

*Responsable :* **Bruno ROSTELLO**

- **Commission Radioprotection médicale**

*Responsable :* **Jean-Paul PIFERRER**

- **Commission Informatique**

*Responsable :* **Sandra VILLAGE**

*Membres :* Marie-Laure BEISO, Bruno ROSTELLO, Lionel DE PADUA

- **Commission Personnes compétentes en radioprotection**

*Responsable :* **Jean-Paul PIFERRER**

*Membre :* Michel SELVA

- **Commission Congrès**

*Responsable :* **Bruno ROSTELLO**

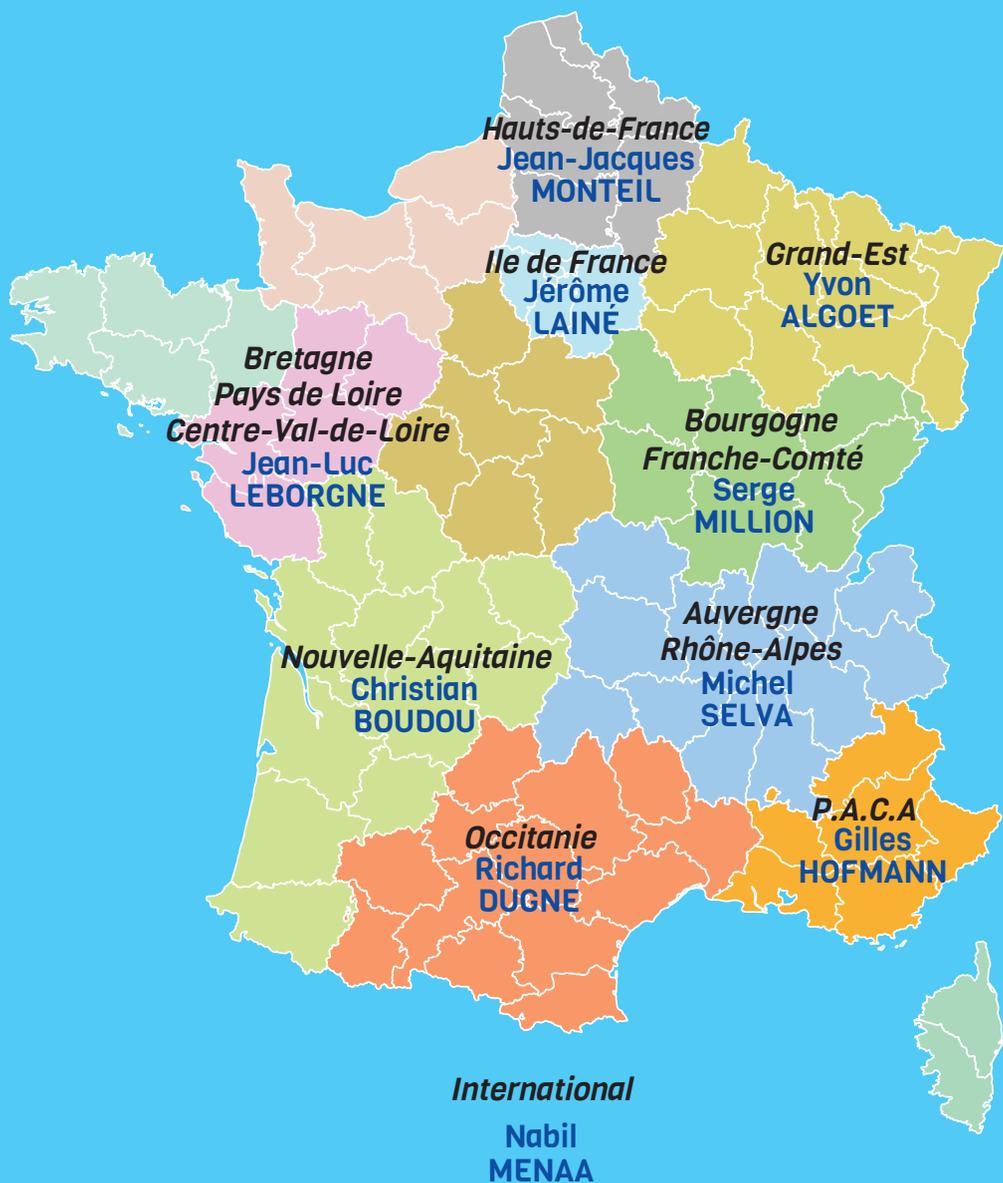
*Membres :* Yvon ALGOET, Philippe BRUGUERA,

Valérie TROMEL, Sandra VILLAGE

Le président est membre de droit de chaque commission.

# Délégués régionaux

Correspondants de la revue



# Achetez votre espace publicitaire sur les médias de l'ATSR

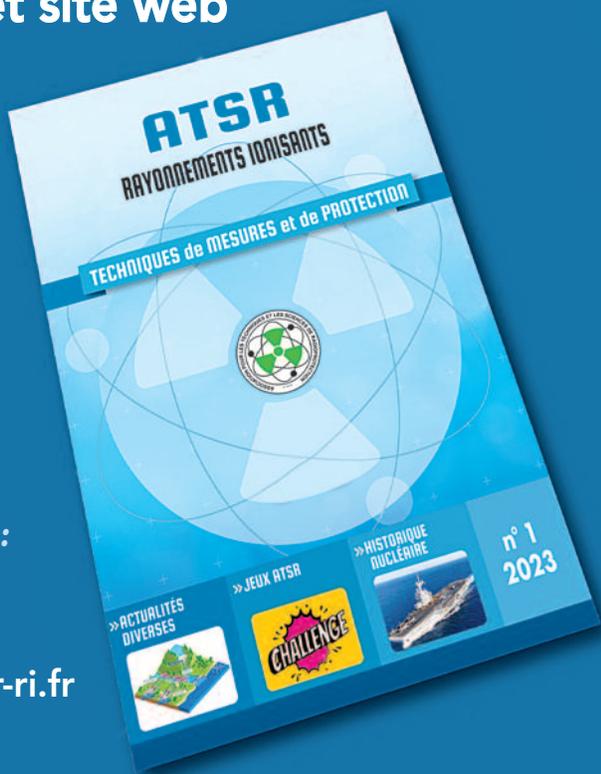
## Revue et site web

*Si vous êtes intéressé,  
vous pouvez compléter  
et renvoyer le coupon  
ci-dessous à :*

**Fabrice Montreuil**  
47 impasse Cessac  
84700 Sorgues  
France

*Ou prendre contact directement :*

**Fabrice Montreuil**  
Tél : 06 31 72 35 10  
Mail : [fabrice.montreuil@atsr-ri.fr](mailto:fabrice.montreuil@atsr-ri.fr)



NOM : ..... Téléphone : .....

Prénom : ..... Télécopie .....

Société : ..... Email : .....

Fonction : .....

Adresse : .....

.....

- Je suis intéressé pour recevoir votre dossier d'insertion publicitaire, les renseignements techniques, les délais et connaître vos tarifs pour la revue RAYONNEMENTS IONISANTS et le site web de l'ATSR en 2024.

## Abonnements 2024

Nom : .....

Société, Entreprise, Administration : .....

.....

.....

Adresse précise (ou nouvelle adresse) : .....

.....

.....

Nombre d'exemplaires : (1 exemplaire par adresse)

### RAYONNEMENTS IONISANTS pour l'année 2024

- Choisit la procédure de renouvellement systématique
- S'abonne gratuitement pour 2024

Date et Signature :

A retourner à Sandra VILLAGE  
secrétaire

141, rue du Jura - 01170 Crozet

France Métropole CEE et autres Revue gratuite (Port compris)

T  
U  
E  
M  
E  
N  
N  
O  
B  
A



## Adhésion 2024

Je soussigné(e) : .....

demande à adhérer à l'Association pour les Techniques et les Sciences de la Radioprotection (ATSR) en qualité de :

- Membre actif
- Membre bienfaiteur
- Membre adhérent
- J'agis pour le compte de.....

J'ai pris connaissance du montant de l'adhésion\* pour l'année 2024, qui est de 32 € pour les membres actifs et adhérents, gratuit les étudiants\*\* et pour les retraités qui désirent expressément recevoir la revue.

\* L'adhésion comprend l'abonnement à la revue de l'ATSR

\*\* Présentation de la carte d'étudiant

Le règlement est effectué par un chèque au nom de l'ATSR :

- envoyé à l'adresse du secrétaire général
- par l'intermédiaire de mon délégué régional.

## Renseignements personnels :

Nom : .....

Prénom : .....

Adresse : .....

Code postal : ..... Ville : .....

Téléphone : ..... Email : .....

Formation personnelle : .....

Spécialité en radioprotection : .....

Date : ..... *Signature* :

à retourner à Sandra VILLAGE  
secrétaire  
141, rue du Jura - 01170 Crozet

## Détecter et mesurer la radioactivité



Radiamètres  $\gamma$ ,  $n$   
Contaminamètres  $\alpha$ ,  $\beta$   
Portiques déchets  
Balises  $\alpha$ ,  $\beta$ , Iodes, Gaz, Eau  
Multi-Compteur  $\alpha$ ,  $\beta$  total  
T.C.R.



**Berthold FRANCE S.A.S.**  
8 route des bruyères - 78770 THOIRY  
Tel. : 01 34 94 79 00 - E-mail : radioprotection-fr@berthold.com

<https://www.berthold.com/fr-fr/>

# 30 ANS

**DE PASSION  
D'ENGAGEMENT  
D'ÉVOLUTIONS**

Du fond du cœur, merci pour votre confiance 



**apml**  
ingénierie