

Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement

**HARMONISATION DES DONNEES TRANSMISES DANS LA
BASE DE DONNEES DU RNM**

Sommaire

HARMONISATION DES DONNEES TRANSMISES DANS LA BASE DE DONNEES DU RNM.....	1
1 Grandeur et unités de mesure pour les déclarations de résultats de mesure au RNM.....	6
1.1 Matrice « eau » et « lait ».....	6
1.2 Matrice « aérosols » et « gaz ».....	7
1.3 Matrice « sols et sédiment ».....	7
1.4 Matrice « biologique » (hors lait).....	7
1.5 Matrice « dosimétrie ambiante »	8
2 Déclaration des radionucléides au RNM	10
2.1 Radionucléides en équilibre radioactif.....	10
2.1.1 Strontium 90 et Yttrium 90 (code agrément mesure : 07).....	10
2.1.2 Ruthénium 106 et Rhodium 106 (code agrément mesure : 01)	10
2.1.3 Cérium 144 et Praséodyme 144 (code agrément mesure : 01).....	11
2.1.4 Zirconium 95 et niobium 95 (code agrément mesure : 01).....	11
2.2 Tritium (code agrément mesure : 05).....	12
2.2.1 Tritium dans la matrice eau.....	12
2.2.2 Tritium dans la matrice air	13
2.2.3 Tritium dans les matrices biologiques	14
2.3 Carbone 14 (code agrément mesure : 06).....	16
2.3.1 Carbone 14 dans la matrice eau.....	16
2.3.2 Carbone 14 dans la matrice air	16
2.3.3 Carbone 14 dans les matrices biologiques	17
2.4 Césium 137 et Ba-137m (code agrément mesure : 01).....	18
2.5 Activité alpha globale et bêta globale (code agrément mesure : 03 et 04).....	18
2.5.1 Alpha et bêta global dans les matrices « aérosols ».....	19
2.5.2 Alpha et bêta global dans les matrices « eaux ».....	19
3 Affichage du nombre de chiffres significatifs du résultat de la mesure.....	21
3.1 Déclaration de l'incertitude	21
3.2 Nombre de chiffres significatifs	21
3.3 Exemples d'écriture de résultats	22
4 Règles de calcul.....	23
4.1 Déclaration du tritium atmosphérique.....	23
4.1.1 Tritium atmosphérique sous forme HTO	23
4.1.2 Tritium atmosphérique sous forme HT ou CH ₃ T.....	23
4.2 Déclaration du carbone 14 atmosphérique.....	24
4.2.1 C-14 atmosphérique sous forme CO ₂	24
4.2.2 C-14 atmosphérique sous forme CH ₄	24

Introduction

Le Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) abrite une base de données sur les mesures de radioactivité sur le territoire national. Les mesures se rapportent aux différents compartiments de l'environnement (eaux, air, sols, matrices biologiques, milieu ambiant) dans l'environnement et concernent tous les radionucléides émetteurs bêta, gamma ou alpha qu'ils soient d'origine naturelle ou artificielle. Cette base de données, régulièrement actualisée, permet d'accéder aux mesures de l'environnement depuis janvier 2009. Elle est accessible au public depuis février 2010 sur le site www.mesure-radioactivite.fr.

Cette base de données, conformément à l'article R.1333-11 du code de la santé publique (CSP) et à l'article 2 de la décision n°2008-DC-0099 du 29 avril 2008 de l'Autorité de sûreté nucléaire portant organisation du réseau national, rassemble :

- les données de surveillance de l'environnement réalisées dans le cadre des arrêtés d'autorisation de rejets par les exploitants d'installations nucléaires, ANDRA, AREVA, CEA, EDF, Marine ; ces mesures concernent principalement la surveillance des matrices « eau », « air », « lait », « herbes » et dosimétrie gamma ambiante ;
- les résultats de suivi de l'état radiologique du territoire (mesures de dosimétrie gamma ambiante, d'aérosols, d'eaux) par l'IRSN ;
- les résultats de la surveillance autour d'anciens sites miniers exercée par AREVA principalement sur les eaux ;
- les résultats de mesures sur le milieu marin (algues et patelles) et sur les eaux dans le département de la Manche par le Conseil général de la Manche (CG50/LDA) ;
- les résultats de mesures effectués par l'ACRO sur les eaux dans le département de la Manche ;
- quelques résultats de surveillance dosimétrique du site de Rhodia ;
- les résultats des contrôles de surveillance de l'environnement réalisés pour l'ASN lors d'inspections inopinées avec prélèvement.

Pour assurer la qualité des résultats de mesure de cette base de données, seuls les laboratoires agréés par l'ASN ainsi que les laboratoires de l'IRSN, conformément aux dispositions visées par la décision n°2008-DC-0099 du 29 avril 2008 de l'ASN prise en application de l'article R.1333-11-1 du CSP, peuvent transmettre leurs résultats de mesures de radioactivité au RNM.

Au 1^{er} aout 2010, les laboratoires agréés par l'ASN sont au nombre de 60 dont 42 sont des laboratoires des exploitants nucléaires (ANDRA, AREVA, CEA, EDF et Marine). Les autres laboratoires se répartissent entre les laboratoires privés (9), les laboratoires universitaires (5), les laboratoires rattachés à des collectivités territoriales (2) et les laboratoires associatifs (2).

Compte-tenu de la multiplicité des acteurs de la mesure et des méthodologies de mesure, il est apparu nécessaire, en vue d'harmoniser la nature et la présentation de ces données au public, d'établir un bilan des données du RNM, collectées sur environ 18 mois depuis janvier 2009.

L'analyse de la base de données de janvier 2009 au 1^{er} septembre 2010 montre que :

- les résultats de la surveillance réglementaire mensuelle (eaux, aérosols, dosimétrie ambiante, lait et herbes) des principaux exploitants d'INB sont généralement transmis à une fréquence mensuelle. Ils sont accessibles sur la base de données du RNM avant le 20 du mois suivant le prélèvement pour les sites EDF, AREVA/La Hague, CEA/Saclay, Cadarache, Valduc et

Bruyères et ANDRA. Pour quelques autres exploitants nucléaires, les délais peuvent être plus longs (2 à 3 mois après le prélèvement).

- les résultats de la surveillance des matrices biologiques et des sols/sédiments réalisée tout au long de l'année pour des sites comme AREVA/La Hague et CEA/Saclay ou Cadarache, sont transmis en même temps que les résultats des autres matrices environnementales, avec une fréquence mensuelle ou trimestrielle conformément aux dispositions fixées par les arrêtés d'autorisation de rejet. Par contre, les résultats des mesures sur les productions agricoles, la faune et la flore dont la surveillance se pratique généralement par campagne annuelle, sont transmis sur le RNM avec un délai pouvant atteindre plusieurs mois. C'est le cas notamment des sites EDF qui sous-traient ces mesures à des laboratoires extérieurs et dont les résultats pour la campagne annuelle de 2009 n'ont été transmis au RNM qu'à partir du 2^{ème} trimestre 2010.

- pour d'autres exploitants comme la Marine, le retard à la mise en place d'un système informatique de transfert automatique des données de mesure est à l'origine de l'absence de complétude de données de la surveillance de ses différents sites ; quelques mesures ont été transmises sur le RNM, à l'aide de l'outil autonome développé par l'IRSN pour les petits producteurs de données (ASN, laboratoires associatifs ou départementaux, exploitants).

Il ressort également de l'analyse des données que l'effort d'harmonisation engagé dès la conception du système informatique de gestion des données du RNM est à poursuivre dans cette phase de développement.

Cette harmonisation portant tant sur l'expression des résultats de mesure que sur les radionucléides a pour objectifs prioritaires de :

- rendre compréhensible et lisible les données de mesure ;
- faciliter la comparaison des résultats entre producteurs de données ;
- permettre leur utilisation à des fins de calcul d'impact sanitaire.

A cette fin, l'ASN a adressé par courrier CODEP-DEU-2010-021794 du 23 avril 2010 un projet d'harmonisation portant sur les unités à utiliser pour chacune des matrices environnementales et sur les modalités de déclaration de quelques radionucléides ou groupes de radionucléides. Il était également demandé aux principaux producteurs de données de faire part des autres points nécessitant une harmonisation de la présentation de leurs données. Leurs réponses font l'objet des courriers ou mails en référence 1 à 7.

A la suite de cette consultation, un projet de règles d'harmonisation des données transmises au RNM portant notamment sur :

- les grandeurs et unités de mesure ;
- la nature et codification des données de mesure pour plusieurs radionucléides ;
- le nombre de chiffres significatifs du résultat associé à son incertitude.

a été présenté au GT COPIL du 20 septembre 2010.

Ces règles d'harmonisation, amendées par les remarques des producteurs de données et de l'IRSN, producteur de données mais aussi exploitant des données à des fins d'évaluation d'impact dosimétrique (mails en référence 8 à 11), ont été présentées au comité de pilotage du RNM du 4 novembre 2010.

Ces règles sont approuvées sur le principe.

Si certaines de ces règles peuvent être mises en application dès janvier 2011, d'autres peuvent nécessiter des aménagements de protocoles de mesure et/ou impactent les systèmes de gestion informatique (SIG) des données des producteurs comme celui de l'IRSN.

Compte tenu des évolutions des processus de mesure, de gestion des données et des systèmes documentaires associés mais aussi de la synchronisation des modifications des SIG des producteurs de données et de l'outil RNM géré par l'IRSN (notamment pour le changement de la déclaration de l'incertitude), la date limite d'application visée est le 1^{er} janvier 2012.

Ces travaux d'harmonisation seront suivis par le GT « RNM Données ».

1 Grandeur et unités de mesure pour les déclarations de résultats de mesure au RNM

Si le Becquerel (Bq) ou ses (sous) multiples est l'unité de mesure de la radioactivité d'un échantillon et le Gray ou le Sievert et leur (sous) multiples, l'unité de mesure de la dose absorbée ou de la dose efficace à laquelle la population est soumise du fait de la radioactivité du milieu ambiant, il existe différentes manières de rendre compte de l'activité dans les différentes matrices de l'environnement :

- en activité volumique comme c'est le cas pour la plupart des liquides (eaux et lait) et pour les gaz et aérosols,
- en activité massique pour les matrices sol/sédiments et les matrices biologiques, rapportée à la masse de produit frais, de produit sec ou encore à une fraction du produit,
- en activité spécifique dans le cas de radionucléides comme le tritium (Bq de tritium par gramme d'hydrogène) ou le carbone 14 (Bq de C14 par gramme de carbone),
- en masse par unité de volume pour des radionucléides comme l'uranium 238, comme réalisé sur la plupart des sites miniers.

Une première recherche d'harmonisation dans les unités de mesure a été engagée dès la phase de conception de la base de données. Ainsi pour simplifier le nombre d'unités, il a été décidé de retenir :

- le Becquerel pour les mesures de radioactivité des échantillons de l'environnement, en privilégiant :
 - o l'unité Bq/l pour les eaux ;
 - o l'unité Bq/kg pour les sols et matrices biologiques ;
 - o l'unité Bq/m³ pour les aérosols et les gaz ;
- le Sievert pour les mesures de dosimétrie gamma ambiante, en privilégiant :
 - o l'unité nSv/heure pour toute mesure active ou passive (intégration sur 1 mois ou plus).

Les données de mesures collectées sur 18 mois montrent la nécessité de poursuivre l'harmonisation des données.

Le constat et les nouvelles règles de déclaration pour les unités de mesure sont présentés dans les paragraphes suivants. Ces règles s'appliquent à la valeur de la grandeur mesurée et, le cas échéant (grandeur supérieure au seuil de décision), à son incertitude.

1.1 Matrice « eau » et « lait »

L'exploitation des données du RNM pour 2009 montre que, pour les matrices « eau » et « lait », la plupart des producteurs de données expriment leurs résultats de mesure d'activité en Bq/litre (d'eau ou de lait). Cependant, pour la surveillance des anciens sites miniers, les mesures d'uranium dans les eaux sont le plus souvent exprimées en mg/l.

Les mesures sur les eaux se rapportent exclusivement à des eaux filtrées ou à des eaux brutes. Pour permettre une meilleure interprétation des résultats, il est vivement recommandé de renseigner la balise « traitement » : absence de traitement ou filtration (voir catalogue RNM).

Aucun résultat n'est à transmettre pour les matières en suspension.

Règles de déclaration pour les matrices « eaux » (code nature 1) et « lait sous forme liquide » (code nature 3) :

1. toutes les mesures de radionucléides ou groupes de radionucléides (mesure globale) sur les eaux sont exprimées en Bq/litre (d'eau), à l'exception de certaines mesures pour l'uranium.
2. lorsque les dispositions réglementaires (arrêté ou décision individuel relatif à la surveillance de sites miniers) fixent une surveillance de la teneur en uranium (sans distinction des isotopes), l'uranium est déclaré en mg/l. Par contre, les mesures de l'un des isotopes de l'uranium sont déclarées en Bq/l.
3. toutes les mesures sur le lait sont exprimées en Bq/l de lait (sous forme liquide).

1.2 Matrice « aérosols » et « gaz »

Pour les matrices « aérosols » et « gaz », les résultats de mesure sont généralement communiqués en Bq/m³ d'air.

Des anomalies de déclaration sont néanmoins relevées pour le tritium ou le carbone 14 atmosphérique avec des résultats communiqués en Bq/l de solution de barboteur (milieu de piégeage des gaz) au lieu d'une déclaration rapportée au volume d'air.

Règles de déclaration pour les matrices « aérosols » (code nature 4) et « gaz » (code nature 5) :

4. toutes les mesures sur les aérosols (prélevés sur un filtre) sont exprimées en Bq/m³ (d'air).
5. toutes les mesures sur les gaz (mesurés in-situ pour Kr-85 ou prélevés sur cartouche de charbon pour les halogènes) sont exprimées en Bq/m³ d'air.

1.3 Matrice « sols et sédiment »

Dans la base de données du RNM, les résultats pour les matrices de type sol ou sédiment sont principalement exprimés en Bq/kg de matière sèche. L'exception se rapporte aux mesures de sédiments pour AREVA La Hague exprimées en Bq/kg frais (de matière fraîche).

Règle de déclaration pour les matrices « sols et sédiments » terrestres, aquatiques ou marins (code nature 2) :

6. toutes les mesures sur les matrices « sols et sédiments » sont exprimées en Bq/kg sec (kg de matière sèche).

1.4 Matrice « biologique » (hors lait)

Pour les matrices « biologiques », les unités de mesure de l'activité des principaux radionucléides ne sont pas harmonisées au sein d'un même groupe de producteurs (AREVA, CEA, IRSN) et a fortiori entre les producteurs. Les résultats sont exprimés soit en Bq/kg frais (Bq/kg de matière fraîche), soit en Bq/kg sec (Bq/kg de matière sèche), soit encore en Bq/l (vigne Toulon).

- Algues : Bq/kg frais pour AREVA La Hague et Bq/kg sec pour LDA ;
- Crustacés et mollusques : Bq/kg frais pour AREVA La Hague ;
- Poissons : Bq/kg frais pour AREVA La Hague, CEA et IRSN ;

- Herbes : Bq/kg frais pour ANDRA et AREVA La Hague, et Bq/kg sec pour EDF, IRSN et Marine ;
- Légumes : Bq/kg sec pour EDF, IRSN et Marine et Bq/kg frais ;
- Céréales : Bq/kg frais pour IRSN ;
- Feuilles d'arbres : Bq/kg sec pour Marine ;
- Fruit (vigne) : Bq/l et Bq/kg sec.

Règles de déclaration pour les matrices « biologiques » (code nature 3)

(hors tritium et carbone 14) :

Quelque soit le traitement auquel est soumis l'échantillon (séchage, calcination ou absence de traitement) et la fraction analysée, les résultats des mesures sont exprimés selon les règles suivantes :

7. toutes les mesures sur les produits biologiques non directement consommables par **l'homme** sont exprimées en **Bq/kg sec (de matière sèche)** :
 - herbes ;
 - feuilles d'arbres ou aiguilles ;
 - algues ;
 - mousses aquatiques ou terrestres ;
 - flore aquatique ;
 - plantes aromatiques ;
 - céréales.
8. toutes les mesures sur les produits biologiques **solides directement consommables par l'homme** (produits alimentaires) sont exprimées en **Bq/kg frais (de produit frais)** :
 - légumes et fruits (dont raisin) ;
 - poissons ;
 - crustacés et mollusques.
9. toutes les mesures sur les produits biologiques **liquides directement consommables par l'homme** (produits alimentaires) sont exprimées en **Bq/litre (de produits frais)** :
 - boissons (dont jus de fruit) ;
 - lait.

1.5 Matrice « dosimétrie ambiante »

Le suivi réglementaire de la dosimétrie gamma ambiante dans l'environnement est effectué à l'aide :

- soit de balises de mesure en continu (BFSAB, SBN, Gammatracer, ...), les mesures ainsi réalisées étant qualifiées dans le RNM de « mesures par dosimétrie active » ;
- soit de dosimètres intégrateurs (type FLi, RPL, ...) relevés périodiquement (généralement après exposition durant 1 mois, 1 trimestre ou plus), les mesures ainsi réalisées étant qualifiées dans le RNM de « mesures par dosimétrie passive ».

L'analyse des résultats transmis au RNM pour la période du 1^{er} au 30 juin 2010 montre que tous les résultats transmis sont exprimés en nanoSievert par heure (nSv/h). Néanmoins, des anomalies de déclaration apparaissent sur les points suivants :

- la grandeur déclarée, pour quelques producteurs, ne semble pas conforme au dispositif de mesure mis en œuvre sur le terrain. Ainsi pour ANDRA/CSA et CSM, des mesures faites par dosimètres intégrateurs sont déclarées comme étant des mesures faites à l'aide de balises de mesure en continu ;
- la grandeur déclarée ne correspond pas au débit d'équivalent de dose gamma ambiant mais à l'accroissement du débit d'équivalent de dose gamma ambiant du fait des activités nucléaires. C'est le cas à AREVA Pierrelatte où la radioactivité naturelle (déduite des mesures par les sondes Téléray de l'IRSN) est déduite de la dose totale mesurée, comme mentionné dans le commentaire associé au résultat.

Pour ces mesures de dosimétrie gamma ambiante (données du mois de juin 2010), il est à noter, entre les exploitants des INB, des disparités sur :

- la transmission de données au RNM de la dosimétrie « site ou 1 km », généralement effectuée par balise de mesure en continu :
 - moyenne journalière pour les centres CEA/Saclay (4 balises), Cadarache (4 balises), Grenoble/ILL (4 balises), Marcoule (3 balises), Bruyères (1 balise) et Valduc (1 balise) ;
 - moyenne mensuelle pour les sites EDF (4 balises AS), AREVA La Hague (5 balises), FBFC (1 balise), ANDRA/CSM et CSA (dosimètre intégrateur)
- la transmission des autres mesures réglementaires de dosimétrie en clôture de site et éventuellement dans un rayon de 5 km ;
 - moyennes mensuelles des dosimétries « clôture » (10 balises) et « 5 km » (10 balises) pour l'ensemble des sites EDF ;
 - moyennes mensuelles pour AREVA La Hague (11 dosimètres), FBFC (10 dosimètres), AREVA/Pierrelatte (8 dosimètres), CEA/Bruyères (10 dosimètres), Valduc (10 dosimètres), Grenoble/CEA et ILL (34 dosimètres), CEA/Fontenay (13 dosimètres).

Règles de déclaration pour les matrices « dosimétrie gamma ambiante » (code nature 6) :

10. quelle que soit la mesure effectuée (débit de kerma dans l'air, dose ambiante, ...), la grandeur déclarée au RNM est le débit d'équivalent de dose gamma ambiant.
11. la mesure déclarée est le débit total d'équivalent de dose sans déduction de la composante due à la radioactivité naturelle ambiante.
12. l'intitulé de la mesure doit être conforme au mode de mesure sur le site, soit une mesure en continu par balise dite « active », soit une mesure par dosimètre intégrateur dite « passive ».
13. le résultat de mesure est exprimé en nSv/h, qu'il s'agisse d'une mesure de dosimétrie active ou d'une mesure de dosimétrie passive.
14. pour les mesures en continu effectuées par balise, les données transmises au RNM sont les moyennes journalières du débit d'équivalent de dose, transmises a minima tous les mois.
15. pour les mesures « passives », les données sont transmises au RNM à une fréquence correspondant au temps d'intégration.

2 Déclaration des radionucléides au RNM

Pour quelques radionucléides ou groupes de radionucléides, le référentiel du RNM peut proposer plusieurs modes de déclaration. C'est le cas notamment de :

- radionucléides en équilibre radioactif avec leurs descendants (Sr-90/Y-90, Ru-106/Rh-106, Ce-144/Pr-144, Zr-95/Nb-95) ;
- radionucléides pouvant exister sous différentes formes physico-chimiques (H-3 et C-14) ;
- radionucléides dont la mesure se fait à partir d'un produit de désintégration (Ac-228, Ba-137m) ;
- radionucléides dont les raies d'émission sont voisines (Pu-239 et Pu-240, Am-241 et Pu-238).

2.1 Radionucléides en équilibre radioactif

2.1.1 Strontium 90 et Yttrium 90 (code agrément mesure : 07)

Trois types de déclaration coexistent dans le RNM :

- Sr-90 dans matrice biologique pour ANDRA, AREVA La Hague, CEA et EDF ;
- Sr-90+Y-90 dans matrice « eaux » pour AREVA La Hague, CEA Saclay, Cadarache, et LDA ;
- Strontium + terres rares dans matrice herbes et lait pour IRSN.

Lorsque du strontium 90 est présent dans les échantillons de l'environnement, l'yttrium 90 compte-tenu de sa période ($T_{1/2} = 2,67j$) est le plus souvent en équilibre avec son père (Sr-90). Quelle que soit la matrice, la mesure nécessite systématiquement une séparation radiochimique du Sr ou de l'Y, suivie d'une mesure du Sr-90 ou de l'Y-90 par compteur proportionnel ou par scintillation liquide.

Lorsque la mesure est faite par compteur proportionnel sur la fraction contenant le strontium, l'absence d'autres radionucléides (comme Sr-89 ou terres rares) doit être vérifiée avant d'afficher le résultat en Sr-90.

Règles de déclaration au RNM du Sr90–Y90 :

La mesure du Sr-90 dans les eaux peut être réalisée selon la norme Pr NF ISO 13160 (ou NF M60-806-1 à 3) avec, le cas échéant, vérification de l'absence de Sr-89 ou d'autres radionucléides de la famille des terres rares. Pour les autres matrices et en l'absence de norme spécifique, la méthode de mesure est dérivée de celle applicable aux eaux, après minéralisation de l'échantillon.

16. la déclaration d'activité dans l'échantillon soumis à analyse est exprimée en Sr-90 (seul même si la mesure est faite à partir de l'Y-90).

2.1.2 Ruthénium 106 et Rhodium 106 (code agrément mesure : 01)

Deux types de déclaration coexistent dans le RNM.

- Ru-106 pour :
 - aérosols pour FBFC en 2009 ;
 - eaux pour l'IRSN ;
 - végétaux/légumes/algues pour l'IRSN et LDA (en Bq/kg sec) ;
 - sol/sédiment pour l'IRSN et LDA (en Bq/kg sec) ;

- céréales pour l'IRSN (en Bq/kg frais) ;
- mollusques et poissons pour l'IRSN et LDA (en Bq/kg frais).
- Ru-106+Rh-106 pour :
 - aérosols pour AREVA La Hague et FBFC ;
 - eaux pour AREVA La Hague et CEA Marcoule ;
 - herbes pour ANDRA et AREVA La Hague (en Bq/kg frais) et pour CEA Marcoule (en Bq/kg sec) ;
 - sol/sédiment pour AREVA La Hague (en Bq/kg frais) et LDA (en Bq/kg sec).

Dans l'environnement, le Rh-106 ($T_{1/2} = 30$ s) ne peut subsister en l'absence du Ru-106 ($T_{1/2} = 372,6$ j).

Il est mesuré par spectrométrie gamma selon la norme NF ISO 10703 dans les eaux, applicable aux autres matrices (après prise en compte des facteurs de correction de matrice (composition, densité) si la nature de la source mesurée diffère de celle utilisée pour l'étalonnage.

Règles de déclaration au RNM du Ru-106 – Rh-106 :

La mesure du couple Ru-106/Rh-106 peut être réalisée selon la norme NF ISO 10703 en tenant compte des corrections de matrice lorsque que celle-ci diffère de l'étalon.

17. la déclaration d'activité dans l'échantillon soumis à analyse est exprimée en Ru-106 (seul).

2.1.3 Cérium 144 et Praséodyme 144 (code agrément mesure : 01)

Le référentiel RNM prévoit la possibilité de déclarer distinctement le Ce-144 et le Pr-144.

Dans la base de données du RNM, seul FBFC procède à leur déclaration dans :

- les aérosols Ce-144 et Pr-144 en Bq/m³ d'air ;
- les eaux, Ce-144 en Bq/l ;
- les mousses, phanérogames aquatiques et les poissons, Ce-144 en Bq/kg frais ;
- les sédiments, Ce-144 en Bq/kg frais.

L'IRSN transmet également des valeurs de mesure du Ce-144 dans les eaux de pluie prélevées en différents points du territoire.

Dans l'environnement, le Pr-144 ($T_{1/2} = 17,29$ min) ne peut subsister en l'absence de Ce-144 ($T_{1/2} = 285$ j). Leur mesure dans les aérosols, les eaux, les sols/sédiments ou encore les matrices biologiques se fait par spectrométrie gamma selon la norme NF ISO 10703, en tenant compte en tant que de besoin, des corrections de matrice.

Règles de déclaration au RNM du Ce-144 – Pr-144 :

La mesure du couple Ce-144/Pr-144 peut être réalisée selon la norme NF ISO 10703 en tenant compte des corrections de matrice lorsque que celle-ci diffère de l'étalon.

18. la déclaration d'activité dans l'échantillon soumis à analyse est exprimée en Ce-144 (seul).

2.1.4 Zirconium 95 et niobium 95 (code agrément mesure : 01)

Le référentiel RNM prévoit la possibilité de déclarer distinctement le Zr-95 et le Nb-95.

Dans la base de données du RNM, des mesures sont communiquées par FBFC et par l'IRSN.

FBFC déclare distinctement du Zr-95 et du Nb-95 dans :

- les aérosols en Bq/m³ d'air ;
- les eaux en Bq/l ;
- les mousses, phanérogames aquatiques et les poissons, en Bq/kg frais ;
- les sédiments en Bq/kg frais.

L'IRSN ne transmet que des résultats de mesure pour le Zr-95 dans :

- des eaux douces et des eaux de mer, en Bq/l
- des végétaux divers (légumes, feuilles d'arbres, herbes), en Bq/kg sec.

Compte-tenu des périodes du Nb-95 ($T_{1/2} = 35$ j) et du Zr-95 ($T_{1/2} = 64$ j) et des modes de production de ces radionucléides, on ne peut affirmer de manière certaine que, dans l'environnement proche d'une installation rejetant ces radionucléides, le Nb-95 est en équilibre avec le Zr-95.

Cependant, compte-tenu de la très faible probabilité de détecter des traces de ces radionucléides dans l'environnement hors situation accidentelle, il peut être envisagé de ne déclarer que le Zr-95.

Règles de déclaration au RNM du Zr-95 – Nb-95 :

La mesure du couple Zr-95/Nb-95 peut être réalisée selon la norme NF ISO 10703 en tenant compte des corrections de matrice lorsque que celle-ci diffère de l'étalon.

19. la déclaration d'activité dans l'échantillon soumis à analyse est exprimée en Zr-95 (seul), sauf en situation accidentelle.

2.2 Tritium (code agrément mesure : 05)

La déclaration du tritium doit tenir compte de sa forme physico-chimique dans l'échantillon tel que prélevé.

Dans le RNM, des mesures de tritium sont accessibles pour :

- les matrices « eau » : code agrément 1_05 ;
- les matrices biologiques : code agrément 3_05 ;
- les matrices « gaz » : code agrément 5_05.

2.2.1 Tritium dans la matrice eau

Dans les eaux, le tritium est essentiellement sous forme HTO. Cependant, il peut être combiné dans certains cas à des molécules organiques.

Trois codes de déclaration sont utilisés par les producteurs de données :

- tritium total, code retenu par la plupart des producteurs de données ANDRA, AREVA, CEA, EDF pour tout type d'eaux (eaux douces, marines, saumâtres, de consommation) ;
- tritium libre (ou HTO), code utilisé à CEA/Cadarache, CEA/Saclay (ponctuellement), CEA/Grenoble, ILL et SOMANU ;
- eau tritiée, code utilisé par le LDA et la Marine.

Selon le référentiel actuel du RNM, le code « eau tritiée » ne doit pas être utilisé pour la déclaration du tritium dans les eaux. Il est réservé au tritium atmosphérique présent sous forme de vapeur d'eau HTO dans les matrices « gaz ».

La mesure se fait généralement par scintillation liquide selon la norme NF M60-802-1 et 3 ou NF ISO 9698, après mélange direct d'une partie aliquote d'eau (généralement filtrée) à un liquide scintillant.

Pour les échantillons d'eaux de mer, il est recommandé de procéder à une distillation préalable avant la mesure par scintillation liquide. Cependant, il est possible de procéder par mesure directe sous réserve que le blanc de référence utilisé permette de déduire la contribution du K-40 naturellement présent dans les eaux de mer.

Dans quelques autres cas particuliers, notamment en présence d'autres radionucléides sans possibilité de discrimination par la technique de mesure, la mesure du tritium ne peut être réalisée qu'après distillation.

Pour les mesures directes sur les eaux (sans distillation), la mesure réalisée correspond à la mesure du tritium total sous réserve que les hypothèses suivantes soient démontrées :

- absence de molécules organiques ou réponse du détecteur identique à celle de l'eau ;
- absence d'interférence de comptage due à d'autres radionucléides.

Pour les mesures après distillation, la mesure réalisée correspond au tritium libre. Ce tritium libre s'apparente au tritium total si les eaux ne contiennent aucune molécule organique tritiée.

Règles de déclaration au RNM du tritium dans les eaux :

La mesure du tritium dans les eaux peut être réalisée selon les normes NF ISO 9698 ou NF M60-802-1 et 3.

Pour les eaux douces, la mesure peut être faite directement sur des eaux brutes ou sur des eaux filtrées sous pression. Pour les eaux de mer, la mesure se fait généralement sur des eaux distillées mais elle peut être réalisée directement sur l'échantillon en utilisant un blanc de mesure permettant de corriger la contribution du K-40.

20. sauf cas particulier (présence de molécules organiques tritiées), le tritium dans les eaux doit être déclaré sous la forme « tritium total », codifiée dans le référentiel du RNM « 3h-tot ».

21. la déclaration du tritium dans les eaux comprend :

- o l'activité exprimée en Bq/l d'eau
- o l'information sur le traitement : brut, filtré, distillé ...

2.2.2 Tritium dans la matrice air

Le tritium dans l'air est principalement présent sous forme de vapeur d'eau (HTO). Cependant, au voisinage de certaines installations nucléaires, d'autres formes de tritium (HT, CH₃T,...) peuvent être détectées.

Le tritium atmosphérique est prélevé par barbotage de l'air dans des barboteurs remplis d'eau. La mesure du tritium atmosphérique est déterminée à partir de la mesure du tritium de l'eau des barboteurs.

Deux types de dispositif de prélèvement (réfrigérés) sont disponibles sur le marché :

- les dispositifs dotés de 2 pots barboteurs qui ne permettent d'accéder qu'au tritium atmosphérique sous forme HTO ;
- les dispositifs dotés de 2 fois 2 barboteurs dont 2 barboteurs placés en aval d'un four d'oxydation ; les 2 barboteurs en amont du four d'oxydation permettent d'accéder au tritium atmosphérique sous forme HTO tandis que les 2 barboteurs en aval du four

permettent d'accéder à la mesure des autres formes du tritium atmosphérique (HT, CH₃T, ...).

Note : Le CEA/Fontenay et les sites EDF autres que Brennilis et Creys sont équipés d'un dispositif à 2 pots sans four d'oxydation. Tous les autres producteurs de données, notamment AREVA, CEA et Marine sont équipés de dispositifs à 4 pots avec four d'oxydation.

Trois codes de déclaration sont actuellement utilisés par les producteurs de données :

- tritium total, code retenu par ANDRA, AREVA La Hague, CEA/Cadarache, Grenoble, Bruyères et Valduc, EDF/Creys, ILL ;
- tritium gazeux, code utilisé par ANDRA, AREVA Pierrelatte, CEA/Saclay, EDF/Brennilis et Marine Toulon et Brest ;
- eau tritiée, code utilisé par ANDRA, CEA/Saclay et Fontenay, EDF et Marine Toulon et Brest.

Règles de déclaration au RNM du tritium atmosphérique :

22. le tritium atmosphérique doit être déclaré en tenant compte de sa forme physico-chimique dans l'air prélevé :
 - tritium sous forme de vapeur d'eau HTO
 - tritium sous forme de tritium gazeux HT, CH₃T,
23. toutes les mesures sont rapportées au volume d'air prélevé et sont exprimées en Bq/m³ d'air.
24. lorsque le dispositif de prélèvement ne comporte pas de four d'oxydation (dispositif à 2 barboteurs), la mesure du tritium atmosphérique est rendue sous la forme « eau tritiée » (HTO) codifiée « 3h-oxy » dans le référentiel RNM.
25. lorsque le dispositif de prélèvement est doté d'un four d'oxydation (dispositif à 4 pots), la mesure du tritium atmosphérique est rendue :
 - sous la forme « eau tritiée » (HTO), codifiée « 3h-oxy » dans le référentiel RNM, si la mesure est réalisée sur les pots en amont du four ;
 - et sous la forme « tritium gazeux » (HT, CH₃T), codifiée « 3h-gaz » dans le référentiel RNM, si la mesure est effectuée sur les pots en aval du four.

2.2.3 Tritium dans les matrices biologiques

Dans les matrices biologiques, le tritium est le plus souvent associé à la fraction d'eau libre (récupérable par lyophilisation ou distillation). Cependant, à l'occasion de processus tels que la biosynthèse, les métabolismes et les échanges avec le milieu ambiant, le tritium peut également être inclus dans la matière organique sous forme de tritium organiquement lié (TOL).

Le traitement de l'échantillon permet de récupérer séparément le tritium libre et le tritium organiquement lié, sous forme d'eau tritiée. La mesure se fait par scintillation liquide sur les différentes fractions d'eau.

La lyophilisation est la technique la plus utilisée pour extraire l'eau d'hydratation de l'échantillon (matière fraîche). La mesure de l'eau de lyophilisation donne accès à l'activité du tritium libre, présent initialement dans l'échantillon sous forme HTO.

La combustion de l'échantillon déshydraté, en milieu oxydant, permet d'oxyder le tritium organiquement lié de la matrice en eau. La mesure de cette eau de combustion donne accès à l'activité du tritium organiquement lié.

Le tritium total peut être obtenu par mesure de l'eau récupérée par combustion directe de l'échantillon frais (eau d'hydratation et eau de combustion).

Trois codes de déclaration sont actuellement utilisés par les producteurs de données :

- tritium libre
 - en Bq/kg sec dans les herbes par CEA/Grenoble et ILL ;
 - en Bq/kg frais dans les herbes par CEA/Valduc et Bruyères ;
 - en Bq/l (d'eau d'hydratation ?) dans les céréales par ANDRA ;
 - en Bq/l de lait par ANDRA, CEA/Saclay, Bruyères, Grenoble et ILL, EDF.
- tritium organique lié
 - en Bq/kg frais pour les légumes, flore et faune aquatiques et terrestres par ANDRA, AREVA/La Hague, pour les herbes par AREVA La Hague et CEA/Saclay ;
 - en Bq/l de lait par CEA/Saclay ;
 - en Bq/kg de lait par ANDRA.
- tritium total
 - en Bq/kg frais pour les légumes, fruits et herbes par CEA/Marcoule et légume par l'IRSN ;
 - en Bq/kg de lait pour AREVA/La Hague et CEA/Marcoule et Valduc.

Règles de déclaration au RNM du tritium dans les matrices biologiques :

26. le tritium dans les matrices biologiques doit être déclaré en tenant compte de sa forme physico-chimique dans la matrice :
 - tritium libre, codifié « 3h-libre » dans le référentiel RNM, si la mesure est faite sur l'eau de lyophilisation du produit frais ;
 - TOL, codifié « 3h-lié » dans le référentiel RNM, si la mesure est faite sur l'eau de combustion du produit préalablement déshydraté ;
 - tritium total, codifié « 3h-total » dans le référentiel RNM, si la mesure est faite sur l'eau de combustion du produit frais.
27. la déclaration du tritium sous forme de tritium libre comprend :
 - l'activité exprimée en Bq/kg ou Bq/L de produit frais quelque soit la matrice consommable directement par l'homme ou non ;
 - l'indication de la teneur en eau du produit frais.
28. la déclaration du tritium sous forme TOL comprend :
 - l'activité exprimée en Bq/kg frais (si produit directement consommable par l'homme) ou sec (si produit non directement consommable par l'homme) ;
 - l'activité exprimée en Bq/L d'eau de combustion* ;
 - l'indication de la teneur en eau du produit frais.
29. la déclaration du tritium total comprend :
 - l'activité exprimée en Bq/kg frais (si produit directement consommable par l'homme) ou sec (si produit non directement consommable par l'homme) ;
 - l'activité exprimée en Bq/L d'eau de combustion* ;
 - l'indication de la teneur en eau du produit frais.

* Note pour les règles 28 et 29

- les résultats d'activité du TOL et du tritium total exprimés en Bq/L d'eau de combustion sont transmis au RNM mais ne sont pas publiés sur le site internet « public » pour simplifier la présentation des résultats.

2.3 Carbone 14 (code agrément mesure : 06)

2.3.1 Carbone 14 dans la matrice eau

Le carbone 14 dans les eaux de l'environnement existe sous forme de $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$, leur proportion respective dépendant principalement du pH.

Au 1/09/10, seuls trois exploitants, AREVA Pierrelatte, CEA/Fontenay et Cadarache communiquent des mesures de carbone 14 dans les eaux exprimées en Bq/l.

La mesure du carbone 14 dans les eaux est généralement réalisée par scintillation liquide, après mélange d'un aliquote d'eau avec un liquide scintillant, selon la norme NF M60-802-2 ou 3 ou le projet de norme Pr NF ISO 13162.

Règles de déclaration au RNM du carbone 14 dans les eaux :

La mesure du carbone 14 dans les eaux peut être réalisée conformément aux normes Pr NF ISO 13162 ou NF M60-802-2 et 3.

Pour les eaux douces, la mesure peut être faite directement sur des eaux brutes ou sur des eaux filtrées.

30. quel que soit le traitement préalable de l'échantillon (brut ou filtré), le carbone 14 est déclaré sous la forme « carbone 14 », codifié « 14c » dans le référentiel RNM.

31. la déclaration du carbone 14 comprend :

- l'activité exprimée en Bq/L d'eau
- l'information sur le traitement éventuel : filtré, brut, ...

2.3.2 Carbone 14 dans la matrice air

Dans l'air, le carbone 14 peut se trouver sous forme de CO_2 . D'autres formes comme CO, CH_4 , ... peuvent également être rencontrées dans le voisinage d'installations nucléaires.

Le piégeage du carbone atmosphérique se fait par barbotage de l'air dans une solution de soude dans laquelle le carbone CO_2 est piégé sous forme de carbonates. En général, les dispositifs de prélèvement sont dotés de 2 fois 2 barboteurs dont 2 barboteurs placés en aval d'un four d'oxydation avec catalyseur ; les 2 barboteurs en amont du four d'oxydation permettent d'accéder au carbone 14 atmosphérique sous forme CO_2 tandis que les 2 barboteurs en aval du four permettent d'accéder aux formes CO, CH_4 ,

Plusieurs méthodes de mesure du C-14 sont disponibles suivant la limite de détection recherchée (NF M60-812). Généralement pour la surveillance de l'environnement, le C-14 est mesuré par scintillation liquide soit directement par mélange de la solution de soude avec le liquide scintillant, soit après extraction des carbonates, mélange de ces derniers avec un liquide scintillant, soit encore par réextraction du carbone sous forme de CO_2 et piégeage dans un solvant scintillant spécifique.

Seuls quelques producteurs de données rendent compte de mesures de carbone 14 dans l'air : ANDRA, AREVA/La Hague et Pierrelatte, CEA/Cadarache et Saclay. A l'exception du CEA/Saclay qui rend compte des différentes formes du C-14 atmosphérique (forme CO_2 et

autres formes non-oxydées), les producteurs de données expriment leur résultats de mesure en carbone 14 total.

Règles de déclaration au RNM du carbone 14 dans l'air :

32. le carbone 14 atmosphérique doit être déclaré en tenant compte de sa forme physico-chimique :
- carbone sous forme oxydée CO_2 , codifié « 14c_co2 » dans le référentiel RNM pour la mesure réalisée à partir des barboteurs en amont du four ;
 - carbone sous forme non oxydée CO , CH_4 ,... , codifié « 14c_co » dans le référentiel RNM pour la mesure réalisée à partir des barboteurs en aval du four.
33. l'activité du carbone 14 dans l'air est exprimée en Bq/m^3 d'air prélevé.

2.3.3 Carbone 14 dans les matrices biologiques

Dans les matrices biologiques, le carbone 14 se trouve principalement piégé dans le squelette carboné.

Dans le compartiment terrestre et aquatique hors influence des rejets des installations nucléaires, sa teneur dans les matrices biologiques est d'environ 240 Bq/kg de carbone.

La mesure du carbone 14 se fait par oxydation du carbone contenu dans l'échantillon en gaz carbonique, puis la fabrication à partir de ce gaz d'une source mesurable par scintillation liquide. La norme NF M60-812-2 décrit plusieurs méthodes de préparation de l'échantillon et de mesure du carbone 14 suivant l'incertitude et la limite de détection souhaitée.

La mesure du C-14 par les exploitants est réalisée par scintillation liquide après traitement de l'échantillon séché par combustion à l'aide d'un dispositif intégré de type « Oxidizer » (combustion / piégeage du CO_2 / préparation de la source à mesurer).

Les mesures sur les échantillons biologiques conduisent généralement à des mesures significatives car le carbone 14 est un radionucléide naturellement présent dans la biosphère. Si la métrologie ne pose guère de difficulté en termes de sensibilité, l'incertitude associée à la mesure peut être relativement importante du fait de l'hétérogénéité des échantillons et des faibles quantités des prises d'essais (généralement moins de 1g de matière sèche pour la méthode par Oxidizer).

Au 1/09/10, le nombre de données sur le carbone 14 dans les matrices biologiques reste limité (de l'ordre de 400). La plupart des données (environ 90%) sont transmises par AREVA La Hague et se rapportent à des mesures régulières du C-14 dans les herbes, le lait (mesure mensuelle), les algues, les crustacés, mollusques et poissons ainsi que dans quelques produits d'origine animale.

Quelques mesures sont également disponibles pour :

- ANDRA/CSA sur des herbes, des céréales et du lait ;
- CEA/Marcoule sur les herbes et des fruits ;
- CEA/Saclay sur des herbes et du lait ;
- IRSN sur des herbes.

La plupart des mesures sont exprimées en Bq/kg sec ou en Bq/kg frais de produit (et en Bq/l de lait) à l'exception des mesures réalisées par l'ANDRA/CSA et de certaines des mesures faites par l'IRSN exprimées en Bq de C-14/kg de carbone.

L'ingestion constituant la principale voie d'exposition des populations au C-14, les mesures en Bq par kg de produit frais présentent l'avantage d'être directement utilisables pour calculer les quantités de carbone 14 incorporées par voie alimentaire et permettre ainsi d'évaluer les doses par

ingestion aux populations. Par contre, elles ne peuvent être interprétées en termes de marquage potentiel de l'environnement par les rejets de l'installation, faute de pouvoir les comparer à la teneur ambiante de 235 à 238 Bq/kg de carbone dans le CO₂ de l'air (selon la localisation, année 2008).

Cette interprétation n'est rendue possible (sous réserve de disposer du rapport isotopique $\delta^{13}\text{C}$ de l'échantillon) que si la mesure est exprimée en activité spécifique du carbone 14, soit en Bq/kg de carbone.

Règles de déclaration au RNM du carbone 14 dans les matrices biologiques :

34. la déclaration du carbone 14 dans les matrices biologiques (hors lait) comprend :

- l'activité exprimée en Bq/kg frais (de matière fraîche) si le produit est directement consommable par l'homme ou en Bq/kg sec, dans le cas contraire (voir règles générales des unités pour les matrices biologiques) ;
- l'activité exprimée en Bq/kg de carbone*.

35. la déclaration du carbone 14 dans le lait (sous forme liquide) comprend :

- l'activité exprimée en Bq/L de lait,
- l'activité exprimée en Bq/kg de carbone*.

* Note pour les règles 34 et 35 :

- les résultats d'activité du carbone 14 exprimés en Bq/kg de carbone sont transmis au RNM mais ne sont pas publiés sur le site internet « public » pour simplifier la présentation des résultats.

2.4 Césium 137 et Ba-137m (code agrément mesure : 01)

La mesure du césium 137 se fait par spectrométrie gamma à partir du Ba-137m ($T_{1/2} = 2,55 \text{ min}$) formé par désintégration bêta du césium 137 ($T_{1/2} = 30,15 \text{ ans}$).

Dans la base de données du RNM, tous les producteurs de données déclarent le Cs-137 à l'exception FBFC qui rend compte de ses mesures dans les aérosols, les phanérogames ou encore les poissons pour le Ba-137m.

Bien que le césium 137 ne soit mesurable par spectrométrie gamma qu'à partir de son produit de désintégration, les mesures transmises au RNM seront communiquées en césium 137, en tenant compte de la variation du taux d'émission gamma entre le Ba-137m et le Cs-137.

Règles de déclaration au RNM du Cs-137 – Ba-137m :

Le Cs-137, émetteur bêta, est généralement mesuré par spectrométrie gamma à partir de son fils, le Ba-137m, émetteur gamma. Sa mesure peut être réalisée selon la norme NF ISO 10703 en tenant compte des corrections de matrice lorsque que celle-ci diffère de l'étalon.

36. la déclaration d'activité dans l'échantillon soumis à analyse est exprimée en Cs-137 bien que la mesure soit effectuée à partir du Ba-137m.

2.5 Activité alpha globale et bêta globale (code agrément mesure : 03 et 04)

Dans le RNM, les mesures des indices d'activité alpha global et bêta global ne concernent que les matrices « aérosols » et « eau ».

Ce sont des mesures globales exprimées en équivalent Sr-90 pour l'indice d'activité bêta global et en équivalent Pu-239 pour l'indice d'activité alpha global.

Le RNM propose plusieurs codifications pour ces mesures :

- « alphag » et « betag » pour les matrices « eau » ;
- « alphag1 », « alphag5 », « betag1 » et « betag5 » pour les aérosols selon que la mesure est faite 1 jour ou plus de 5 jours après le prélèvement.

2.5.1 Alpha et bêta global dans les matrices « aérosols »

La base de données du RNM rassemble les résultats des mesures réglementaires effectuées sur des prélèvements réalisés sur des filtres fixes, relevés quotidiennement pour les INB et 1 à 2 fois par semaine pour les ICPE radioactives.

Les mesures sont réalisées directement sur le filtre selon la norme NF ISO 10704, à l'aide d'un compteur proportionnel ou d'un scintillateur ZnS (pour le comptage alpha uniquement). Elles sont faites soit dès la fin du prélèvement (t+1 jour avec t correspondant à la dernière journée de prélèvement), soit après 5 jours pour laisser décroître les radionucléides à vie courte, notamment les descendants des radons dont l'activité dans l'air varie notablement selon les conditions météorologiques et l'environnement géologique et peut atteindre plusieurs dizaines de Bq/m³.

La durée de décroissance entre la fin de prélèvement et la mesure est donc un paramètre essentiel de la déclaration au RNM.

Afin de faciliter la compréhension de ces mesures par le public, seules les mesures réalisées après décroissance d'au moins 5 jours sont transmises en situation hors incident au RNM.

Des anomalies de codification des mesures déclarées au RNM sont relevées. Des mesures réalisées au moins 5 jours après le prélèvement sont déclarées selon 2 codes différents :

- code « alphag » ou « betag » pour ANDRA (Morvilliers), AREVA La Hague, CEA Saclay et Cadarache et 9 sites EDF ;
- code « alphag5 » ou « betag5 » pour 11 sites EDF, ILL, IRSN et Marine.

Règles de déclaration au RNM des indices d'activité alpha global et bêta global des aérosols :

La mesure de l'activité globale des aérosols, prélevés sur filtre fixe, peut être réalisée selon une méthode dérivée de la norme NF ISO 10704 applicable aux eaux.

37. l'activité est rapportée au volume d'air filtré et s'exprime en Bq/m³ d'air.

38. sauf situation accidentelle, seules les mesures après décroissance à t > 5 j sont déclarées au RNM. Elles sont codifiées :

- « alphag5 » pour l'activité alpha,
- « betag5 » pour l'activité bêta.

39. en situation accidentelle, les mesures réalisées dès la fin du prélèvement et déclarées au RNM sont codifiées :

- « alphag1 » pour l'activité alpha,
- « betag1 » pour l'activité bêta.

2.5.2 Alpha et bêta global dans les matrices « eaux »

Les mesures sont réalisées selon la norme NF ISO 10704, sur des eaux brutes ou filtrées qui sont évaporées sur des coupelles puis mesurées à l'aide d'un compteur proportionnel ou d'un scintillateur ZnS (pour le comptage alpha uniquement).

Règles de déclaration au RNM des indices d'activité alpha global et bêta global des eaux :

La mesure des indices d'activité alpha ou bêta global des eaux est généralement réalisée selon la norme NF ISO 10704.

40. l'activité, mesurée sur des eaux brutes ou filtrées, s'exprime en Bq/L d'eau.

41. les mesures déclarées au RNM sont codifiées :

- « alphag » pour l'activité alpha global,
- « betag » pour l'activité bêta global.

3 Affichage du nombre de chiffres significatifs du résultat de la mesure

Tout résultat de mesure, supérieur au seuil de décision comprend :

- la valeur de la grandeur ;
- l'incertitude associée ;
- l'unité.

3.1 Déclaration de l'incertitude

L'incertitude associée à la grandeur mesurée doit prendre en compte de chacune des incertitudes associées à la quantité prélevée ou soumise à mesure, à la préparation de la source à mesurer et à son comptage.

Les spécifications actuelles du RNM imposent aux producteurs de données de déclarer l'incertitude de mesure en valeur relative de la valeur vraie, exprimée par un chiffre compris entre 0 et 1. Cette incertitude relative est ensuite convertie, par un logiciel de calcul associé au RNM, en incertitude absolue pour être publiée sur le site internet.

Cette disposition est à l'origine de nombreuses anomalies dans l'affichage des incertitudes sur les résultats de mesure, d'autant que beaucoup de résultats de mesures, directement issus des logiciels de calcul des dispositifs de mesure, sont transmis sans arrondissement au nombre de chiffres significatifs.

Règles de déclaration au RNM de l'incertitude de mesure :

A terme, la déclaration des incertitudes de mesure transmises au RNM par les producteurs de données ne devra plus se faire en valeur relative (chiffre compris entre 0 et 1).

42. l'incertitude associée à un résultat significatif (> seuil de décision) sera à exprimer en valeur absolue dans une unité identique à celle du résultat.

3.2 Nombre de chiffres significatifs

La connaissance de l'incertitude impose le nombre de chiffres significatifs de la grandeur. Le nombre de chiffres significatifs indique la « précision » de la mesure. Il s'agit des chiffres connus avec certitude plus le premier chiffre incertain.

Le rapport du Laboratoire national Henri Becquerel (LNHB) sur l'« Arrondissement des résultats de mesure, nombre de chiffres significatifs », référencé NT LNHB/04-13 de 2004 (www.nucleide.org/DDEP_WG/Arrondis_NT04-13.pdf) propose une méthode pour définir le nombre de chiffres significatifs de la grandeur à partir de l'incertitude.

Règles de déclaration au RNM du nombre de chiffres significatifs :

43. pour la transmission des données au RNM, la règle proposée pour le nombre de chiffres significatifs à afficher est celle du LNHB : si le premier chiffre significatif de l'incertitude est compris entre 5 et 9, le résultat sera arrondi à cette décimale (l'incertitude comportera donc 1 chiffre significatif) ; si le premier chiffre significatif de l'incertitude est inférieur à 5, le résultat sera arrondi à la décimale suivante (l'incertitude comportera donc 2 chiffres significatifs).

3.3 Exemples d'écriture de résultats

Pour les déclarations au RNM, le nombre de chiffres significatifs du résultat ne peut être fixé a priori sans connaissance de l'incertitude associée.

Le tableau ci-après rassemble pour la plupart des matrices environnementales des propositions d'écriture des résultats de mesure pour les principales matrices et grandeurs mesurées avec des incertitudes relatives généralement comprises entre 10 % et 90 %.

Matrice	mesure (unité)	Exemples de résultats et incertitudes
Eau	Alpha global (Bq/l)	< 0,036 0,084 ± 0,041 0,22 ± 0,07
	Bêta global (Bq/l)	< 0,075 0,079 ± 0,037 0,31 ± 0,05
	Cs-137 (Bq/l)	0,0042 ± 0,0008
	H-3 (Bq/l)	< 5,1 9,1 ± 4,2 17,6 ± 3,5
	C-14 (Bq/l)	22,6 ± 4,5
Aérosols	Alpha global (Bq/m ³)	0,000032 ± 0,000021
	Bêta global (Bq/m ³)	0,00023 ± 0,00006
	Cs-137 (Bq/m ³)	< 0,000019
Végétaux	K-40 (Bq/kg sec)	830 ± 130
	Cs-137 (Bq/kg sec)	< 0,78
Lait	H-3 libre (Bq/l)	< 3,9 4,7 ± 3,4 33,7 ± 4,4
	K-40 (Bq/l)	48 ± 15 49,2 ± 4,4
	I-131 (Bq/l)	< 0,13
	Sr-90 (Bq/l)	< 0,28 < 0,039
Ambiant	Débit de dose gamma ambiant (nSv/h)	109 ± 22 61 ± 15

4 Règles de calcul

4.1 Déclaration du tritium atmosphérique

4.1.1 Tritium atmosphérique sous forme HTO

L'activité volumique du tritium atmosphérique sous forme HTO est déterminée, à partir des mesures réalisées sur chacune des solutions des barboteurs en amont du four, selon les formules suivantes :

$$A = \frac{A_{\text{barb1}} \cdot v_1}{V_{\text{air}}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°2 est négligeable par rapport à celle du barboteur 1}$$

$$A = \frac{A_{\text{barb1}} \cdot v_1}{V_{\text{air}}} + \frac{A_{\text{barb2}} \cdot v_2}{V_{\text{air}}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°2 ne peut être négligée}$$

avec :

$A_{\text{barb } i}$, l'activité en tritium de la solution dans le barboteur i ($=1$ ou 2), exprimée en Bq/l

v_i , le volume de la solution dans le barboteur i exprimé en litre (environ 0,2 l)

V_{air} , le volume d'air passé dans le dispositif de prélèvement, exprimé en m^3 d'air

Si l'activité dans chacun des 2 barboteurs en amont du four est inférieure au seuil de décision, l'activité du tritium sous forme HTO est déclarée en seuil d'activité calculé à partir du barboteur 1 :

$$A \leq \frac{SD_{\text{barb1}} \cdot v_1}{V_{\text{air}}}$$

avec :

$SD_{\text{barb } 1}$ le seuil de décision du tritium de la solution dans le barboteur n°1, exprimée en Bq/l

4.1.2 Tritium atmosphérique sous forme HT ou CH_3T

Pour la mesure du tritium sous forme HT..., l'activité volumique de l'air est déterminée à partir de l'activité recueillie dans le barboteur n°3, après vérification que l'activité dans le barboteur n°4 est négligeable par rapport à celle du barboteur 3. Si tel n'est pas le cas, la déclaration du tritium sous forme HT... doit tenir compte de l'activité collectée dans les 2 barboteurs en aval du four.

$$A = \frac{A_{\text{barb3}} \cdot v_3}{V_{\text{air}}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°4 est négligeable par rapport à celle du barboteur 3}$$

$$A = \frac{A_{\text{barb3}} \cdot v_3}{V_{\text{air}}} + \frac{A_{\text{barb4}} \cdot v_4}{V_{\text{air}}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°4 ne peut être négligée}$$

avec :

$A_{\text{barb } i}$, l'activité du tritium de la solution dans le barboteur i ($= 3$ ou 4), exprimée en Bq/l

v_i , le volume de la solution dans le barboteur i exprimé en litre (environ 0,2 l)

V_{air} , le volume d'air passé dans le dispositif de prélèvement, exprimé en m^3 d'air

Si l'activité dans chacun des 2 barboteurs en aval du four est inférieure au seuil de décision, l'activité du tritium sous forme de gaz HT... est déclarée en seuil d'activité calculé à partir du barboteur n°3 :

$$A \leq \frac{SD_{barb3} \cdot v_3}{V_{air}}$$

avec :

SD_{barb3} , le seuil de décision du tritium de la solution dans le barboteur n°3, exprimée en Bq/l.

4.2 Déclaration du carbone 14 atmosphérique

Le prélèvement est réalisé par circulation de l'air dans des barboteurs remplis de soude (2N) qui permettent le piégeage du carbone atmosphérique.

Le dispositif de prélèvement, avec four d'oxydation, est équipé de 4 barboteurs dont :

- 2 en amont du four pour le piégeage du carbone atmosphérique sous forme CO_2 , sur les barboteurs ;
- 2 en aval du four pour le piégeage du carbone sous forme de CH_4 ,

Les mesures sont réalisées conformément à la norme NF M60-812-1.

Pour la détermination des activités des différentes formes du carbone, il convient d'analyser séparément les solutions des 4 barboteurs.

4.2.1 C-14 atmosphérique sous forme CO_2

L'activité volumique du C-14 atmosphérique sous forme CO_2 est déterminée, à partir des mesures réalisées sur les solutions des barboteurs en amont du four, selon les formules suivantes :

$$A = \frac{A_{barb1} \cdot v_1}{V_{air}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°2 est négligeable par rapport à celle du barboteur 1}$$

$$A = \frac{A_{barb1} \cdot v_1}{V_{air}} + \frac{A_{barb2} \cdot v_2}{V_{air}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°2 ne peut être négligée}$$

avec :

A_{barbi} , l'activité du C-14 de la solution dans le barboteur i (=1 ou 2), exprimée en Bq/l

v_i , le volume de la solution dans le barboteur i exprimé en litre (environ 0,2 l)

V_{air} , le volume d'air passé dans le dispositif de prélèvement, exprimé en m^3 d'air

Si l'activité dans chacun des 2 barboteurs en amont du four est inférieure au seuil de décision, l'activité du C-14 sous forme CO_2 sera déclarée en seuil d'activité calculé à partir du barboteur 1 :

$$A \leq \frac{SD_{barb1} \cdot v_1}{V_{air}}$$

avec :

SD_{barb1} , le seuil de décision du C-14 de la solution dans le barboteur n°1, exprimée en Bq/l

4.2.2 C-14 atmosphérique sous forme CH_4

Pour la mesure du C-14 sous forme CH_4 , ..., la valeur à retenir pour le calcul de l'activité volumique de l'air est celle du barboteur n°3 après vérification que l'activité dans le barboteur n°4 est négligeable par rapport à celle du barboteur 3. Si tel n'est pas le cas, la déclaration du C-14 sous forme CH_4 doit tenir compte de l'activité collectée dans les 2 barboteurs en aval du four.

$$A = \frac{A_{barb3} \cdot v_3}{V_{air}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°4 est négligeable par rapport à celle du barboteur 3}$$

$$A = \frac{A_{\text{barb}3} \cdot v_3}{V_{\text{air}}} + \frac{A_{\text{barb}4} \cdot v_4}{V_{\text{air}}}, \text{ si l'activité dans le barboteur n°4 ne peut être négligée}$$

avec :

$A_{\text{barb} i}$, l'activité du C-14 de la solution dans le barboteur i (= 3 ou 4), exprimée en Bq/l

v_i , le volume de la solution dans le barboteur i exprimé en litre (environ 0,2 l)

V_{air} , le volume d'air passé dans le dispositif de prélèvement, exprimé en m³ d'air

Si l'activité dans chacun des 2 barboteurs en aval du four est inférieure au seuil de décision, l'activité du C-14 sous forme CH₄,... sera déclarée en seuil d'activité calculé à partir du barboteur n°3 :

$$A \leq \frac{SD_{\text{barb}3} \cdot v_3}{V_{\text{air}}}$$

avec :

$SD_{\text{barb} 3}$, le seuil de décision du C-14 de la solution dans le barboteur n°3, exprimée en Bq/l

Questionnaire ASN et réponses des producteurs de données

1. lettre ASN CODEP-DEU-2010-021794 du 23 avril 2010 d'envoi du questionnaire ASN relatif aux travaux d'harmonisation de déclaration des données sur le RNM
2. fiches renseignées par EMM Marine transmises par mail du 31 mai 2010
3. fiches renseignées par ACRO transmises par mail du 1^{er} juin 2010
4. fiches renseignées par EDF/DPN/EM transmises par courrier du 15 juin 2010
5. fiches renseignées par l'IRSN/DEI/SESURE transmises par mail du 17 juin 2010
6. fiches renseignées par CEA/DPSN transmises par courrier du 12 juillet 2010
7. fiches renseignées par AREVA/D3S transmises par mail du 23 juillet 2010

Remarques des producteurs de données sur le projet de règles d'harmonisation

8. document « Projet Harmonisation déclaration au RNM_ grandeur RN_ v3 » transmis par mail ASN du 21 septembre 2010 aux membres du GT RNM Données
9. remarques de l'ANDRA à ASN, transmises par mail du 14 octobre 2010
10. observations de l'EMM à ASN, transmis par mails du 15 et du 22 octobre 2010
11. remarques de l'IRSN transmises par mail en octobre 2010