

# VERS LA DÉFINITION D'UN OUTIL D'ÉVALUATION DE LA NOCIVITÉ DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS

Mélanie MAÎTRE, Virginie WASSELIN

GT PNGMDR

11 octobre 2023

# De la demande de l'Ae à l'élaboration de 2 méthodes d'évaluation de la nocivité



Demande de l'Autorité Environnementale du 20/07/2016 associée au PNGMDR 2016-2018

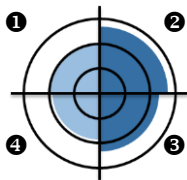
- Etablir un indicateur **destiné au grand public**, permettant d'apprécier la **nocivité** des matières et déchets radioactifs et son **évolution temporelle**
- Rendre compte de la nocivité **radiologique, chimique et écotoxicologique**

## 2 propositions : IRSN et Andra

1

Début 2018, publication par l'IRSN du rapport PSE-ENV/2018-00048

- Définition d'un indicateur de nocivité, destiné au **grand public**, proposé d'être apposé sur chaque famille de **l'Inventaire National**.



Indicateur prenant la forme d'un diagramme de Kiviati

2

Approche exploratoire et prospective de l'Andra en collaboration avec le CEPN (2018-2019)

- Examiner si la nocivité d'un déchet peut **éclairer la proportionnalité des solutions de gestion des déchets**.



Indicateur exprimant la nocivité chimique et radiologique en DALY

# La demande ENV.2 du PNGMDR 2022-2026



Le PNGMDR 2022-2026 cible la recommandation ENV.2 dédiée à l'outil nocivité

1. **Evaluer la complémentarité éventuelle** de l'approche exploratoire relative à l'indicateur de dangerosité exprimé en DALY avec l'approche présentée par l'IRSN
2. **Harmoniser les données d'entrée** en lien avec les producteurs, pour déployer la méthode sur l'ensemble des catégories de matières et familles de déchets
3. Poursuivre le **développement technique de la méthodologie IRSN** (*amélioration de la représentation de l'indicateur, mise en place de facteurs d'abattement*) avec des experts pluralistes

L'Andra est nommée pilote de l'action ENV.2

- Soutien technique de l'IRSN
- Liens à assurer avec les producteurs

# A quoi ressemble une famille de l'inventaire national ?

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**  
 Liberté  
 Égalité  
 Fraternité

**ANDRA**  
 Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

**INVENTAIRE NATIONAL DES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS**

Glossaire   FAQ   Les documents

Rechercher

LES MATIÈRES ET DÉCHETS RADIOACTIFS   L'INVENTAIRE NATIONAL   LES DONNÉES   DOSSIERS THÉMATIQUES

**Localisation des déchets**  
 Localisez les déchets radioactifs produits en France, sur la carte de l'inventaire et consultez leurs données.  
 LOCALISER DES DÉCHETS

**Qu'est-ce que l'inventaire national ?**  
 Les Essentiels 2023

**Catalogue des familles**

## COLIS DE DÉCHETS VITRIFIÉS CSD-V (AREVA/LA HAGUE) F1-3-01

**DES DÉCHETS ISSUS DES COMBUSTIBLES USÉS**

Cette famille de l'inventaire national concerne les conteneurs standards de déchets vitrifiés en acier inoxydable (CSD-V) dans lesquels sont conditionnés les résidus de produits de fission et d'actinides mineurs, calcinés et incorporés dans une matrice de verre, dans les ateliers de vitrification R7 et T7 de La Hague.

AREVA a reçu, en 2007, l'autorisation de l'Autorité de sûreté nucléaire d'augmenter le teneur en actinides des déchets vitrifiés pour s'adapter à l'augmentation du taux de combustion des combustibles. Dans le scénario proposé par EDF et retenu pour établir l'inventaire de Ciglic, le traitement des combustibles usés MOX est supporté obligatoirement vers 2030, en mélange avec des combustibles usés UOX et URE. De la même façon, les combustibles usés des réacteurs à neutrons rapides Pléiades et Superspéciales seront traités en mélange avec des combustibles UOX. L'ensemble des colis ainsi produits est rattaché à cette famille.

En outre, les colis de déchets vitrifiés proviennent du traitement des combustibles usés du CEA/Civil, du CEA/DAM ainsi que ceux du réacteur à eau bouillante Borealis font partie de cette famille.

Cette famille comporte également des colis de déchets vitrifiés produits lors de la vidange du four de vitrification et par de calcines issus des campagnes de nettoyage du calcinateur.

**UN ENTREPOSAGE EN Puits VENTILÉS**  
 Ces colis de déchets sont entreposés dans les ateliers R7 et T7 à La Hague en puits ventilés permettant leur refroidissement, ainsi que dans l'Extension des Entreposages des Venes – Sud Est (E-EV-SE). Ils sont également entreposés dans une nouvelle extension appelée « Extension des Entreposages des Venes – La Hague (E-EV-LH) » en service fin 2013.

Contenu standard de colis de déchets vitrifiés - CSD-V

Catégorie	HA
Secteur(s) économique(s)	Electronucléaire, Recherche, Autres
Propriétaire(s) des déchets	AREVA, CEA/Civil, EDF, Divers
Etat de production des déchets	En cours de production
Etat de production des colis	En cours de production
Appartenance aux différents types de déchets	Fonctionnement - Démantèlement - Récup

**EN CHIFFRES**

**STOCK ET PRÉVISIONS**  
 Activité calculée par l'Andra en Bq à la date du 31/12/2013

Date	Stock		Prévisions (cumul)	
	Fin 2013	Fin 2020	Fin 2013	Fin 2020
Volume total (m <sup>3</sup> )	2 407	3 318	4 240	

\* Volume estimé de la totalité des colis de déchets, une fois le conditionnement effectué.

**ACTIVITÉ TOTALE À FIN 2013**  
 Activité calculée par l'Andra en Bq à la date du 31/12/2013

Total	
Part A	2,1 10 <sup>16</sup>
Part B - à vie courte	3,5 10 <sup>14</sup>
Part B - à vie longue	2,0 10 <sup>16</sup>
Part B - à vie longue	3,1 10 <sup>17</sup>

Fiche famille d'un colis de déchets

<https://inventaire.andra.fr/>



# Nocivité : de quoi parle-t-on ?

## Qu'est-ce que la nocivité ?

- Appliquée à une substance, la nocivité désigne son **potentiel intrinsèque à altérer la santé de l'homme ou des écosystèmes**

## Comment l'évaluer ?



Quantification visant à exprimer la **variabilité des effets délétères** au moyen de **scénarios standardisés**



Evaluation de ses **effets réels ou potentiels** *via* une **étude d'impact** et sur la base de données **site spécifique**

# Nocivité : de quoi parle-t-on ?

## Qu'est-ce que la nocivité ?

- Appliquée à une substance, qu'elle soit radioactive ou non, la nocivité désigne son **potentiel intrinsèque à altérer la santé de l'homme ou des écosystèmes**

## Comment l'évaluer ?



Quantification visant à exprimer la **variabilité des effets délétères** au moyen de **scénarios standardisés**

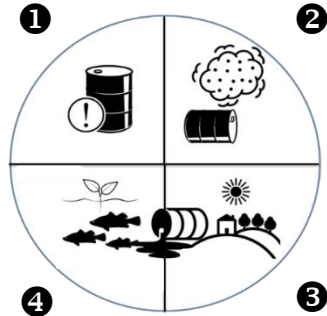


Apprécier l'ampleur des effets néfastes pour la santé ou la survie d'organismes vivants susceptibles d'être causés par le déchet ou la matière en tant que tel



## Retours sur les méthodologies développées par l'IRSN & l'Andra

# La méthodologie IRSN en quelques mots...

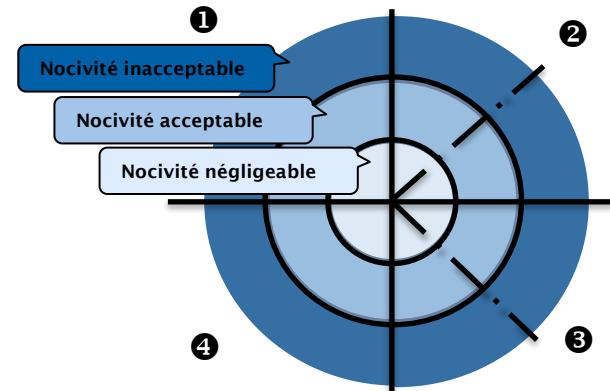


## 4 axes complémentaires pour évaluer la nocivité :

- Axe 1 – Exposition externe – *travailleurs* ☸
- Axe 2 – Exposition interne par inhalation – *travailleurs* ☸ 🧪
- Axe 3 – Exposition interne par ingestion – *population générale* ☸ 🧪
- Axe 4 – Exposition de l'environnement aquatique – *faune & flore* ☸ 🧪

## Indicateur de nocivité sous forme de diagramme de Kiviati

- Une échelle divisée en 3 **domaines de nocivité** (négligeable, acceptable et inacceptable) ;
- **Intégration de la nocivité chimique** :
  - Mise en parallèle : axes 2 & 3
  - Cumul : axe 4





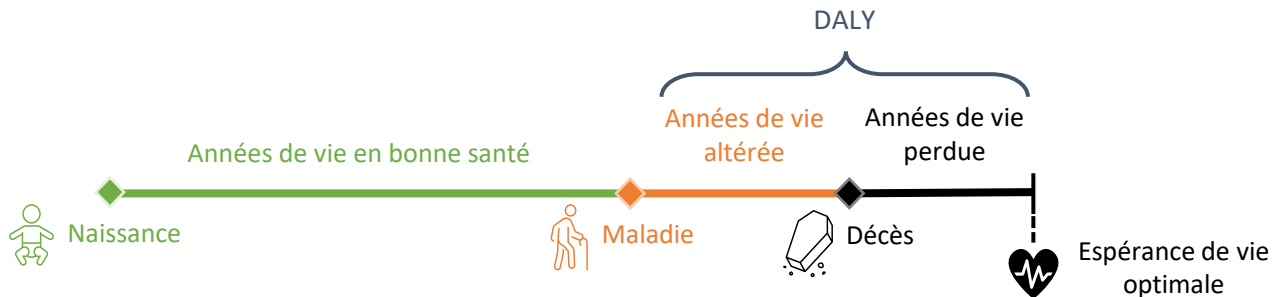
# Les grandes lignes de l'approche exploratoire Andra



Une approche prospective visant à explorer la possibilité d'**agrèger les impacts radiologique et chimique** au sein du même indicateur de nocivité



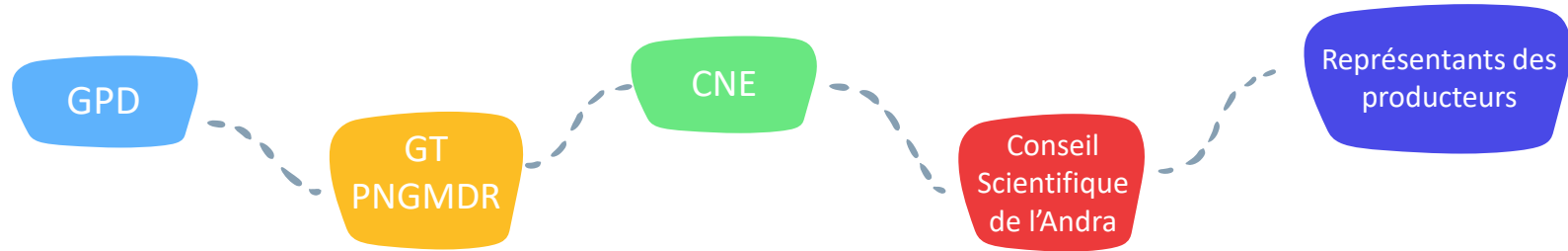
Choix de l'indicateur DALY (*Disability Adjusted Life Years*) correspondant à la **perte d'une année de vie en bonne santé** et rendant compte :



Les modalités de conversion des risques chimique et radiologique sont détaillées au sein de l'article « *Proposal of a quantitative approach integrating radioactive and chemical risks* » publié dans la revue [Radioprotection](#).

# Analyse comparée des deux méthodologies

Plusieurs partages des approches IRSN et Andra engagés dès 2018

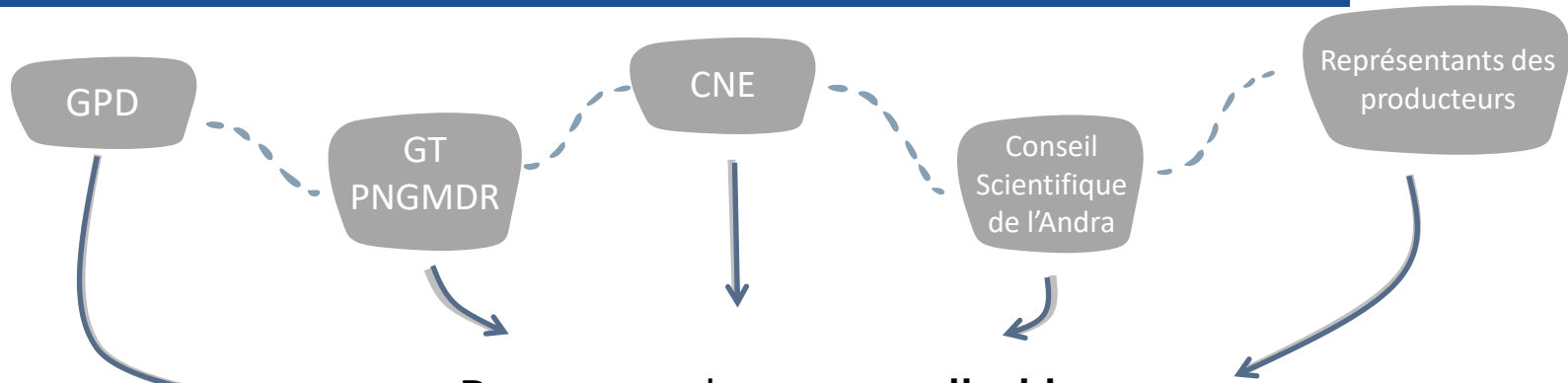


Deux méthodologies basées sur des scénarios génériques, jugés peu réalistes ni aptes à dériver un indicateur intrinsèque de nocivité.

L'expression des risques chimique et radiologique en DALY requièrent encore le traitement de nombreuses questions scientifiques et méthodologiques avant d'assurer la robustesse de l'approche.

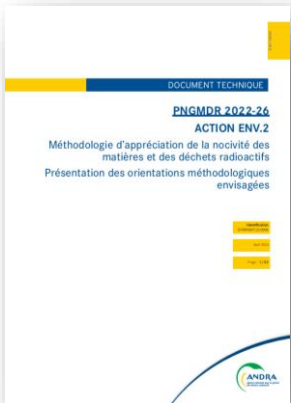
Difficulté dans la représentation de l'indicateur de nocivité en lui-même.

# Mise en place d'une feuille de route



Deux approches **non applicables en l'état**. Différents **questionnements sur les principes mêmes d'évaluation de la nocivité**.

Pour répondre à ces questionnements, une feuille de route a été remise à l'ASN et la DGEC fin avril 2023.  
Rapport SFIRPASFP.23.0008





# Feuille de route pour la définition d'un indicateur de la nocivité partagé par tous

# Feuille de route – les questions en suspens (1/3)



## Ambiguïté de la demande initiale de l'Ae

« Le concept de nocivité ne peut se réduire au seul potentiel de danger lié à la radioactivité des matières et des déchets radioactifs et devrait pleinement prendre en compte leurs **impacts chimiques et écotoxicologiques**, ainsi que les **modalités d'exposition de la population**, tenant compte, dans le temps, de leur mode de gestion et de **la diffusion des substances dans l'environnement** »

Comment traiter les impacts radiologiques/chimiques et écotoxicologiques en tenant compte d'un risque de diffusion dans l'environnement et des modes de gestion...

... alors que ceux-ci sont justement conçus pour exclure la diffusion dans l'environnement et les expositions significatives ?

## Feuille de route – les questions en suspens (2/3)



### Evaluation de la nocivité intrinsèque

- Les méthodes IRSN et Andra reposent sur des scénarios standardisés permettant d'évaluer la variabilité des effets délétères
- La nocivité évaluée devient « relative » et non « intrinsèque »

Comment obtenir des valeurs de nocivité indépendantes de toutes hypothèses d'exposition ?

# Feuille de route – les questions en suspens (3/3)



## Déchets Vs Colis de déchets

- L'inventaire national propose des familles de déchets déjà conditionnées ou avançant des hypothèses de conditionnement
- Le colis de déchets sous-tend la présence de matrice et enveloppe de conditionnement

Comment rendre compte du bénéfice apporté par les matrices et enveloppes de conditionnement pour mieux refléter la nocivité intrinsèque d'un colis de déchets ?

# Feuille de route – les actions envisagées (1/3)

## Travail sur les scénarios d'évaluation de la nocivité

- Recherche d'indicateurs quasi « intrinsèques » comme le DeD ou la radiotoxicité potentielle
  - Quelle transposition aux substances chimiques ?
- En parallèle, réflexion sur des scénarios recherchant un équilibre entre :
  - Un **besoin de réalisme** pour permettre une interprétation plausible  
→ retrait de la dimension générique et standardisée
  - La possibilité de définir **des scénarios génériques et non représentatifs** pour exprimer l'ampleur des effets délétères possibles  
→ l'impact évalué n'a qu'une valeur relative et peut être interprété à tort comme le reflet d'une réalité
- Dans un second temps, mise en perspective possible avec les étapes « cycle de vie » du déchet (colis géré dans sa filière d'entreposage ou de stockage)





## Feuille de route – les actions envisagées (2/3)

### Rendre compte des caractéristiques du conditionnement

- Travail de valorisation des différents conditionnements existants au travers de la mise en place de facteurs d'abattement ou d'autres alternatives

### Amélioration des évaluations chimiques et radiologiques

- Recherche d'une démarche pour pallier le manque de valeurs de référence
- Prise en compte du caractère bioaccessible/biodisponible



## Feuille de route – les actions envisagées (3/3)

### Questionner la représentation de l'indicateur de nocivité

- Difficulté de développer un indicateur simple et intuitif rendant compte de l'ensemble des critères listés par la demande initiale de l'Ae (impacts chimique, radiologique, écotoxicologique)
- Lancement d'une collaboration avec un designer-graphiste pour s'accorder sur ce que l'on souhaite éclairer au travers de l'indicateur de nocivité
  - Quelles informations précises retranscrire ?
  - Comment exprimer la nocivité ?
  - Quelle échelle de nocivité développer et quelles limites y apposer ?





## Conclusion & Perspectives

# Conclusion

Actuellement, les deux méthodologies développées par l'IRSN et l'Andra nécessitent encore des travaux pour répondre aux multiples enjeux listés par la demande initiale de l'Ae

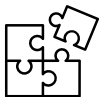


Mise en place d'une feuille de route proposant différents axes de travail visant à répondre à la demande ENV. 2 du PNGMDR 2022-2026

- Plusieurs échanges Andra/IRSN/Producteurs organisés depuis le printemps 2023



A l'issue des travaux sur la feuille de route, finalisation de la démarche dans un cadre pluraliste pour s'assurer que l'indicateur de nocivité réponde aux attentes des utilisateurs



Poursuite des travaux par l'Andra, en lien avec l'IRSN et les représentants des producteurs, en vue du déploiement de l'indicateur de nocivité au niveau de l'IN pour son édition 2028

# Les grandes étapes à venir

## 2027-2028 – Déploiement de la méthodologie

Publication progressive des indices de nocivité obtenus dans la version en ligne de l'inventaire national.

## 2025-2026 – Tests des choix méthodologiques retenus et amélioration de l'outil

Analyse des premiers résultats sur différentes catégories de colis de déchets et tests sur le cas des matières radioactives.

## 2024 – Partage des orientations dans un cadre pluraliste

Partage des orientations méthodologiques proposées et prise en compte des différentes attentes

## Edition IN 2028



Nouvelle édition comportant un indice de nocivité pour les premières familles de déchets et matières radioactifs évaluées.

## 2027 – Validation de l'outil d'évaluation de la nocivité

Remise d'un livrable décrivant la méthodologie d'évaluation de la nocivité répondant aux attentes de chacun.

Merci pour votre attention !