

Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs 2022-2026

Action FAVL.1, Article 27

Note technique DPS2D NT 2023-186

Critères de discrimination de déchets MA-VL et FA-VL.
Quantités de déchets relevant des filières FA-VL et MA-VL

Critères de discrimination
de déchets MA-VL et FA-
VL.
Quantités de déchets
relevant des filières FA-VL
et MA-VL

26 juin 2023

Sommaire

1. Demande du PNGMDR	3
2. Contexte de plusieurs autres demandes PNGMDR	3
2.1. Article 30	3
2.2. Article 33	4
2.3. Articulation des réponses aux demandes des articles 27, 30 et 33	4
3. Périmètre et objectif de la réponse d’Orano	4
4. Modalités de réponse Orano	4
5. Démarche utilisée par Orano depuis 2011 pour identifier des inventaires de colis de déchets re-catégorisables de MA-VL vers FA-VL	5
5.1. Etude Orano réalisée en 2011 dans le cadre du PNGMDR 2010-2012 – Re-catégorisation de CBF-C’2	6
5.1.1. Contexte règlementaire et proposition Orano en 2010 de définition de critères génériques de distinction entre déchets MA-VL et FA-VL	6
5.1.2. Déclinaison de la proposition Orano au cas des colis de déchets d’exploitation conditionnés en CBF-C’2 en mai 2011	7
5.1.3. Recatégorisation de colis CBF-C’2 depuis 2011	13
5.2. Généralisation réalisée en 2022 pour la fourniture d’inventaire de colis FA-VL pour dossier 2023 FAVL Andra – Recatégorisation de CBF-C’2, de CAC, de fûts de bitumes STE2 et STE3	14
5.2.1. Contexte règlementaire des demandes d’inventaires de colis FA-VL	14
5.2.2. Généralisation de la démarche Orano de 2011	15
6. Eléments apportés par le rapport Andra de mars 2023 en réponse à l’article 27	18
6.1. Rapport Andra	18
6.2. Commentaires sur la démarche Andra	25
7. Confrontation des critères Andra et des critères Orano	27
7.1. Comparaison des critères Orano2011, Orano2022 et Andra2023	27
7.2. Application des critères Andra2023	32
8. Définition des inventaires de déchets relevant de la filière FA-VL et de la filière MA-VL	34
8.1. Définitions des inventaires de colis relevant de la filière FA-VL	34
8.2. Estimation des inventaires radiologiques totaux engagés par la recatégorisation	35
8.3. Perspective	37
9. Conclusion	39
Références	41
Annexe	42

1. Demande du PNGMDR

Le PNGMDR 2022-2026 a identifié la nécessité de fiabiliser l'inventaire des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL). Pour cela, l'article n°27 de l'arrêté du 9 décembre 2022 pris en application du décret n°2022-1547 du 9 décembre 2022 prévu par l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs dispose :

« Pour l'application de l'article D. 542-88 du code de l'environnement et de l'action nommée FAVL.1 du PNGMDR, l'Andra, en lien avec le CEA et Orano, transmet au ministre chargé de l'énergie, avant le 31 décembre 2022, un rapport définissant des critères objectifs permettant de discriminer les déchets relevant de la filière des déchets de faible activité à vie longue [(FA-VL)] de ceux relevant de la filière des déchets de moyenne activité à vie longue [(MA-VL)], en particulier pour les déchets bitumés. Sur la base de ces critères, le CEA et Orano évaluent, avant le 30 juin 2023, les quantités de déchets relevant des filières FA-VL et MA-VL, en particulier les déchets bituminés.

Les résultats de cette étude sont transmis au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2023.

L'Autorité de sûreté nucléaire est saisie pour avis sur ces rapports. »

Le présent rapport constitue la réponse d'Orano à cette demande.

2. Contexte de plusieurs autres demandes PNGMDR

2.1. Article 30

En réponse à l'article 30 de l'arrêté du 9 décembre 2022, Orano a transmis le 30 mars 2023 un rapport [1] présentant les chroniques de production et les horizons de besoins de stockage de déchets FA-VL.

Ce rapport précise, qu'en plus des déchets UNGG qui sont des « candidats historiques » à un stockage en sub-surface (déchets UNGG des silos 115, 130, SOD et déchets de certains décanteurs et fosses de l'atelier HA/DE), Orano a identifié des inventaires de colis de déchets déjà produits et catégorisés par défaut Non Susceptibles de Stockage en Surface (N3S) à leur production mais qui sont re-catégorisables de la catégorie MA-VL vers la catégorie FA-VL du point de vue de la sûreté.

Les colis de déchets qu'Orano estime re-catégorisables de la filière MA-VL vers la filière FA-VL, sont :

- des colis de déchets solides d'exploitation cimentés en coque béton : Conteneur Béton-Fibres Cylindrique de type C'2 (CBF-C'2) et Conteneur Amiante Ciment (CAC),
- des fûts STE2 et STE3 contenant des effluents de faibles et moyennes activités enrobés dans une matrice bitumineuse.

Le rapport [1] identifie un nombre de colis re-catégorisables pour chacune de ces quatre familles.

2.2. Article 33

Dans le cadre des évaluations de sûreté réalisées pour la constitution du « dossier FAVL 2023 » en réponse à l'article 33 de l'arrêté du 9 décembre 2022, l'Andra a demandé aux producteurs de lui transmettre avant fin 2022 les caractéristiques notamment radiologiques et chimiques des colis candidats au stockage de la CCVS.

En réponse à cette demande, Orano a transmis avant fin 2022 les caractéristiques de tous les colis identifiés comme re-catégorisables dans son rapport [1] répondant à l'article 30 de l'arrêté du 9 décembre 2022.

2.3. Articulation des réponses aux demandes des articles 27, 30 et 33

En réponse à l'article 27 de l'arrêté de 9 décembre 2022, l'Andra a transmis son rapport en mars 2023 [2]. Le calendrier de publication des critères demandés par le PNGMDR à l'Andra à l'article 27 afin de permettre aux producteurs « Sur la base de ces critères » d'évaluer « avant le 30 juin 2023, les quantités de déchets relevant des filières FA-VL et MA-VL, en particulier les déchets bituminés » ne permettait pas leur prise en compte pour la définition des inventaires de déchets à étudier dans le « dossier FAVL 2023 » de l'Andra.

Pour cette raison, l'Andra et les producteurs ont convenu en 2022 que les producteurs se baseraient sur leurs propres critères pour définir les inventaires de déchets à étudier dans le « dossier FAVL 2023 ». Orano a donc présenté ses critères dans sa réponse [1] à l'article 30.

3. Périmètre et objectif de la réponse d'Orano

Le périmètre de la réponse Orano pour le présent rapport est celui des quatre familles de colis de déchets rappelées au paragraphe 2.1 ci-dessus et prises en compte pour la réponse [1] à l'article 30 de l'arrêté du 9 décembre 2022.

L'objectif du présent rapport est de confronter les critères de discrimination établis par Orano pour répondre à l'article 30 [1] à ceux définis par l'Andra dans son rapport à l'article 27 [2] afin de consolider la pertinence des inventaires de colis re-catégorisables présenté dans le rapport [1].

4. Modalités de réponse Orano

Il est à noter qu'Orano avait déjà posé la question de la définition de critères objectifs de discrimination entre déchets FA-VL et MA-VL en 2010 dans le cadre du GT « Optimisation des filières » mis en place par le DGEC sous l'égide des PNGMDR 2010-2012 et 2013-2015.

Dans ce cadre, en mai 2011, en réponse à la demande du GT de « recherche des populations de déchets ré-orientables d'une filière vers une autre », Orano avait proposé une démarche de définition de critères de discrimination exprimés en activités massiques de colis pour des

radionucléides émetteurs alpha et des radionucléides irradiants [3]. Les travaux associés ont été rapportés dans les rapports PNGMDR Andra-Orano-CEA-EDF-Solvay « Optimisation des Filières » de 2012 [4] et de 2015 [5].

Les critères retenus par Orano dans [1], en réponse à l'article 30, étant issus de la démarche proposée et mise en œuvre par Orano en 2011, il a été nécessaire de rappeler l'historique des travaux de 2011 à 2022 dans [1].

Afin de rendre le présent rapport autoporteur, le paragraphe 5 ci-après reproduit le paragraphe 5 de [1] qui rappelait cet historique et l'annexe au présent rapport reproduit la présentation de la démarche au GT PNGMDR « Optimisation des Filières » du 5 mai 2011 [3].

5. Démarche utilisée par Orano depuis 2011 pour identifier des inventaires de colis de déchets re-catégorisables de MA-VL vers FA-VL

Il n'existe pas de critères réglementaires précis définissant ce qu'est un déchet FA-VL. La classification française des déchets radioactifs n'est pas suffisante pour permettre aux producteurs de déchets d'identifier de manière objective les familles qui relèvent de cette catégorie et l'Andra n'a pas encore défini de spécifications techniques en la matière.

Historiquement, les premiers déchets étudiés et nommés FA-VL par l'Andra et les producteurs ont été les déchets radifères en 1993 puis les déchets graphite en 2001. Se sont ensuite ajoutés les fûts de bitumes de Marcoule refusés au CSFMA dans les années 2000 puis des déchets d'exploitation d'Orano (CBF-C'2) en 2013. La catégorie FA-VL est ainsi une sorte de « reste » entre des déchets acceptables en surface au CSFMA et ceux nécessitant une grande profondeur. Ils ont pour point commun :

- de ne pas respecter les critères d'acceptation au CSFMA à cause notamment :
 - o des risques en situations d'intrusion en post-surveillance, représentés par les émetteurs alpha et les radionucléides irradiants à décroissance non rapide qu'ils contiennent ; et
 - o des risques associés aux transferts par l'eau des radionucléides émetteurs bêta à vie longues peu retenus qu'ils contiennent,
- mais de ne pas nécessairement nécessiter un stockage en grande profondeur du point de vue de la sûreté.

Les discussions organisées par l'ASN entre les parties prenantes en 2018 et 2019 afin de transformer la note d'orientation de sûreté de 2008 [6] (relative aux orientations générales de sûreté en vue d'une recherche de site pour le stockage des déchets de faibles activités massiques à vie longue) en guide de sûreté, ont montré qu'une définition purement a priori et ontologique d'un déchet FA-VL n'était pas possible et qu'il convenait également de l'appréhender en se demandant quels types de déchets un stockage de subsurface pourrait accueillir.

C'est avec cette perspective qu'Orano avait posé la question de cette définition en 2010 dans le cadre d'un groupe de travail Andra-producteurs-ASN-IRSN demandé par le PNGMDR 2010-2012 et mis en place par la DGEC. Orano avait alors identifié des populations de colis de déchets déjà produits, jusqu'alors considérés MA-VL par défaut à leur production, et qui pourraient ne pas nécessiter un stockage en grande profondeur mais être redevables, du point de vue de la sûreté, d'un stockage en subsurface, et donc être appelés FA-VL.

Cette démarche s'inscrivait dans l'esprit de la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs [7] qui fixait une feuille de route pour la gestion des déchets radioactifs dans les termes suivant « les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde ».

Afin de comprendre comment Orano a défini ses inventaires de type de déchets, nommés dans le présent rapport « re-catégorisables », il est nécessaire de présenter les différentes étapes de la démarche d'Orano entre 2011 et 2022.

5.1. Etude Orano réalisée en 2011 dans le cadre du PNGMDR 2010-2012 – Re-catégorisation de CBF-C'2

5.1.1. Contexte règlementaire et proposition Orano en 2010 de définition de critères génériques de distinction entre déchets MA-VL et FA-VL

Dans le cadre des études à mener sur la cohérence globale de la gestion des déchets radioactifs, les décret et arrêté établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2010-2012 prévoyait la remise par « Areva, le CEA, EDF et l'Andra », au plus tard le 31 décembre 2011, d'une étude commune proposant une méthodologie afin de mieux optimiser la répartition des flux de déchets entre les filières de gestion existantes ou en projet, en prenant en considération l'ensemble de la chaîne de gestion des déchets, de leur production à leur stockage. Cette étude devait également porter sur les scénarios industriels à envisager pour la mise en œuvre de la méthodologie proposée, en intégrant notamment les contraintes techniques et économiques des exploitants et préciser les inventaires prévisionnels par filière en découlant.

En réponse à cette demande, la DGEC avait mis en place un groupe de travail Andra-Producteurs-ASN-IRSN afin de mieux optimiser la répartition des flux de déchets radioactifs entre les filières de gestion existantes ou en projet, en tenant compte des risques liés à chaque type de déchet tout en assurant la cohérence du dispositif de gestion des déchets radioactifs ainsi que son optimisation technique et économique.

L'Andra a transmis le 13/01/2012 le rapport commun Andra-AREVA-CEA-EDF-Rhodia intitulé « Rapport du groupe de travail Optimisation des filières » [4] qui faisait le bilan des travaux menés par le groupe de travail. Une présentation conjointe a été faite en séance plénière du PNGMDR le 16/02/2012 [8].

Par la suite, les décret et arrêté établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2013-2015 demandaient la poursuite des travaux. L'Andra a ainsi remis un second rapport conjoint [4] daté du 31/03/2015.

Dès le début des travaux, le groupe de travail avait convenu que les producteurs et l'Andra essaieraient d'identifier des populations de déchets ou de colis de déchets qui étaient affectés à une filière de stockage mais pourraient être réorientés dans une démarche d'optimisation. Orano avait alors précisé qu'il lui semblait pertinent, sur la base de scénarios d'intrusions en phase de post-surveillance, de définir des seuils d'activités massiques de colis de déchets, par radionucléides, au-dessus desquels un stockage en subsurface ne serait pas possible. Orano estimait, en effet, que la sûreté d'exploitation pourrait être garantie par la conception et l'exploitation du stockage et la sûreté en lien avec les transferts des radionucléides par l'eau, par le choix du site. Il ne restait donc plus qu'à dériver des critères exprimés en activités massiques de colis sur la base de scénarios d'intrusions, les démonstrations de sûreté en surface ayant montré que les émetteurs alpha et les radionucléides irradiants apportaient les doses les plus élevées en cas d'intrusions. L'analyse Orano a été rapportée dans les rapports conjoints [4] et [5].

Sur la base de cette analyse, les producteurs avaient demandé à l'Andra, dans le cadre du groupe de travail, de dériver de tels critères qui pourraient permettre une première distinction entre colis de déchets MA-VL et FA-VL. L'Andra avait alors répondu que, ne possédant pas de site, elle n'était pas en capacités de dériver de tels critères.

5.1.2. Déclinaison de la proposition Orano au cas des colis de déchets d'exploitation conditionnés en CBF-C'2 en mai 2011

Lors de la séance du groupe de travail « Optimisation des filières » du 5 mai 2011, Orano a alors présenté une proposition de démarche de « recherche de population de colis ré-orientables d'une filière vers une autre » [3]. Cette présentation alors qualifiée « d'illustrative » avait initialement le seul objectif de lancer des échanges techniques au sein du groupe de travail. Finalement, il s'est avéré que, sans proposition contradictoire, les critères de re-catégorisation alors proposés dans cette présentation [3] ont été utilisés par la suite par Orano jusqu'en 2022 pour les colis CBF-C'2. Cette présentation est donc importante et elle est reproduite en annexe au présent rapport et expliquée par la suite. L'analyse Orano a été rapportée dans les rapports conjoints [4] et [5].

La suite du paragraphe reproduit entre guillemets le contenu de cette présentation et apporte quelques commentaires. Les critères d'acceptation des colis en stockages au CSFMA qui y sont cités sont ceux qui étaient applicables en 2011. Certaines Limites Maximales d'Activités (LMA) ont pu évoluer depuis 2011 mais ces évolutions ne remettent pas en question la pertinence de la démarche. Par ailleurs, les notions de stockage SCR et SCI mentionnées correspondent aux concepts étudiés en 2011 (Stockage sous Couverture Remaniées à une profondeur de 20 mètres ; Stockage sous Couverture Intacte à une profondeur de 150 à 200 mètres).

Objectif de la démarche illustrative

Selon les termes de la présentation, la proposition avait vocation à, dans l'esprit des travaux du groupe de travail :

- « Identifier des populations de colis de déchets MAVL produits pour lesquels la question d'une réorientation vers une filière de stockage en subsurface pourrait se poser, afin de répondre à la demande du PNGMDR,
- Illustrer le besoin des producteurs de déchets de disposer d'un minimum de critères quantitatifs d'acceptation en stockage de type subsurface,

- *Prendre en compte les difficultés pour l'ANDRA de dériver des critères d'acceptation compte tenu de l'absence de site en participant à l'identification des besoins de stockage des colis,*
- *Partager dans le cadre du GT DGEC sur l'opportunité de poursuivre une telle démarche avec l'ensemble des exploitants et avec l'aide de l'ANDRA. »*

Domaine d'application

Selon les termes de la présentation, le domaine d'application de l'illustration était le suivant :

- *« Déchets affectés à ce jour à la catégorie MAVL*
 - o *Pas les déchets FAVL, FMA-VC, TFA*
- *Colis déjà produits*
 - o *Pour lesquels il existe une connaissance de caractéristiques au niveau du colis*
 - o *Pas les colis à produire décrits par un colis moyen et enveloppe dans les dossiers de connaissance*
- *Colis affectés par défaut au stockage profond et pour lesquels une orientation en stockage de type SCR pourrait être instruite : illustration pour les colis :*
 - o *Coques Amiantes Ciments CAC 300 AQ 038*
 - o *CBF-C'2 300 AQ 044*
 - o *Fûts de bitumes STE 3 300 AQ 027*
 - o *Fûts de bitume STE 2 »*

Il est important de noter que, dans son système de gestion des déchets et colis, Orano a utilisé dans les années 2000 l'appellation « Non Immédiatement Evacuables en surface (NIE) » pour les colis de déchets qui ne respectaient pas les critères d'acceptation en surface. Cette appellation était commune avec le CEA. Par la suite, et encore actuellement, les colis qui ne sont pas acceptables en surface ont été qualifiés de « Non Susceptibles de Stockage et Surface (N3S) » plutôt que NIE.

Ces appellations sont des appellations par défaut, héritées d'une période où les producteurs ne disposaient que de spécifications d'acceptation de déchets et colis en stockage de surface (CSFMA) mais pas de critères d'acceptation à Cigéo ni en stockage de subsurface. Elle ne signifiait donc pas toujours « redevable d'un stockage à Cigéo » et donc « de catégorie MA-VL ».

Il doit, en outre, être noté que ces appellations étaient jusqu'à ce jour affectées à des colis sur la base de leurs caractéristiques radiologiques (inventaires et Débit d'équivalent de dose) à la date de production des colis mais pas à une date estimée de leur stockage à Cigéo ou en subsurface. Selon les spectres, la prise en compte de la décroissance radioactive entre la date de production des colis et la date de leur stockage (pouvant aller jusqu'à 60 ans dans le cas d'une hypothèse d'ouverture d'un stockage FA-VL en 2050) peut faire changer les colis de catégorie de MA-VL vers FA-VL. Il a même été évalué que certains colis de déchets nommés « CBF-C'2 N3S » à leur production dans la base Orano sont devenus aujourd'hui des CBF-C2 respectant les critères d'acceptation en surface.

- « *Population de colis dont les caractéristiques radiologiques sont les plus basses* »

Sur l'exemple des colis CBF-C'2, les déchets d'exploitations du site de la Hague les moins actifs sont conditionnés en colis CBF-C2, alors que les autres le sont en colis N3S appelés CBF-C'2. Les CBF-C'2 sont des CBF-C2 qui dépassent : (i) la LMA alpha spécifiée au CSFMA des colis à 300 ans et/ou (ii) le ded contact spécifié au CSFMA à réception des colis.

Mais, dans la réalité de la production des colis, il existe un continuum du niveau d'activités radiologiques et de ded des colis en fonction de leur contenu. Il existe donc un continuum du niveau de nocivité des colis, qui doit trouver un continuum de solutions de stockage proportionnées aux enjeux de sûreté correspondants.

- « *Caractéristiques retenues : comparables à des critères d'acceptation quantifiés dans les spécifications d'acceptation ANDRA au CSFMA*
 - o *Activité massique totale alpha*
 - o *Activité massique de certains radionucléides bêta à vie longue importants pour la sûreté du CSFMA*
 - o *Débit d'équivalent de dose bêta gamma*
 - o *(Puissance thermique) »*

Pour ce choix de critères, Orano a :

- d'une part, pris en compte le fait que ce sont ces critères (LMA alpha à 300 ans et ded contact à réception) qui rendent inacceptables les CBF-C'2 au CSFMA, et
- d'autre part, posé une hypothèse de doctrine de sûreté : en l'absence de spécifications d'acceptation Andra mais à la lumière de la RFS I.2 présentant la doctrine de sûreté des stockages de surface [9] et de la note d'orientation FAVL de 2008 présentant la doctrine de sûreté des stockages de subsurface [6], Orano a estimé que les deux doctrines étaient comparables dans la mesure où :
 - o elles imposent toutes les deux une limitation des activités initiales pour rendre les risques résiduels acceptables en cas d'intrusion à la banalisation,
 - o elles imposent toutes les deux une limitation du terme source en émetteurs bêta à vie longues mobiles et des performances de confinement des colis, du stockage et du site.

En conséquence, dans les deux cas (surface et subsurface), des limites d'activités massiques alpha et d'émetteurs irradiants doivent être imposées sur la base de scénarios d'intrusions, dans le but de définir des critères de distinction intrinsèques entre colis de déchets MA-VL et FA-VL.

En effet, si la gestion des risques en exploitation n'est pas discriminante entre la surface et la subsurface et si les risques liés aux transferts des radionucléides par l'eau dépendent essentiellement des performances du site sur le long terme, ce qui est discriminant entre la surface et la subsurface, ce sont avant tout les activités massiques en émetteurs alpha et irradiants acceptables à la banalisation. Ces limites dépendent de la durée de la surveillance, de la profondeur

du stockage et du choix des scénarios d'intrusion. Orano a fait l'hypothèse structurante que les scénarios d'intrusion en subsurface seraient les mêmes que ceux déployés au CSFMA en surface.

Pour autant, étant donné que la gestion de *ded* trop élevés impliquerait des surcoûts de conception, voire une augmentation de la dosimétrie, un *ded* maximal a été retenu.

Enfin, même si la gestion des risques associés aux transferts par l'eau conduit à imposer des capacités radiologiques en émetteurs bêta à vies longues pour la totalité des colis en surface et en subsurface, et non à des activités massiques par colis ; étant donné que les LMA des émetteurs bêta à vies longues sont limitantes au CSFMA, des limites ont été retenues pour la subsurface pour certains radionucléides.

- *A ce stade et pas de considération des problématiques relatives à la radiolyse, au gonflement, aux taux de vide, ... »*

Même si Orano a vérifié que les colis CBF-C'2 proposés à la recatégorisation en FA-VL présentaient des caractéristiques similaires à ceux acceptés au CSFMA pour ce qui concerne : la radiolyse, les taux de vide, la puissance thermique, la criticité ; il ne peut être exclu qu'une conception plus contraignante en subsurface qu'en surface et qui ne tiendrait pas compte de la réalité de ces colis, puisse conduire à des contraintes sur ces paramètres.

De la même manière, même si Orano avait vérifié que les inventaires totaux par radionucléides des colis CBF-C'2 re-catégorisables étaient faibles par rapport aux capacités radiologiques du CSFMA et ne devraient ainsi pas poser de problème pour un stockage espéré plus capacitif en subsurface, ils devront être confrontés aux performances réelles du site qui sera choisi.

Parti pris de la démarche

- *« La démarche ne vise aucunement à porter une appréciation sur d'éventuels critères d'acceptation d'un stockage de type SCR ou SCI*
- *MAIS part du principe que pour présenter un intérêt industriel, un stockage de type subsurface devrait proposer des critères d'acceptations moins sévères que ceux du CSFMA. »*

Après avoir justifié le choix des paramètres à mobiliser pour distinguer un colis FA-VL d'un colis MA-VL pour une même famille, la démarche Orano a consisté à détendre les valeurs de ces critères d'acceptation retenus au CSFMA pour examiner si des populations significatives de colis N3S par défaut pourraient les respecter et ainsi être rendus acceptables en subsurface et donc baptisés FA-VL.

Sans s'autoriser à décider du niveau de détente acceptable du point de vue de la sûreté, puisqu'il s'agissait d'une proposition illustrative au groupe de travail, Orano avait en revanche estimé que si aucune détente des critères de surface n'était possible pour définir des critères d'acceptation en subsurface, on pourrait alors douter du service industriel rendu par un tel stockage de subsurface et donc de son intérêt : il présenterait un coût plus élevé qu'un stockage de surface mais n'accepterait pas de déchets plus actifs ou plus dosants.

Justification des critères retenus

- « *Activité massique totale alpha :*
 - (CSFMA LMA = 3700 Bq/g à 300 ans)*
 - Critère directement relié de manière quantitative à des scénarios de type intrusion mettant en jeu des transferts de la radioactivité par l'air
 - Un des critères d'acceptation souvent mobilisé pour refuser (de justesse) des déchets au CSFMA
 - Critère d'acceptation qui ne dépend pas du site puisque les scénarios dont ils sont dérivés ne prennent pas en compte de performance du site ou du concept, autre qu'une « dilution » par des matériaux non contaminés en place
 - Critère pratique car il prend en compte la nuisance de l'ensemble des émetteurs alpha (hors nuisances spécifiques type Ra 226, Th 232)
 - Critère lié, via une hypothèse d'homogénéisation, à la capacité radiologique d'un stockage de type surface ou subsurface
 - Remarque : par mesure de précaution et de simplification, les activités des colis sont ici présentées à la production et non à 300 ans (sauf C'2 car aisément disponibles)

- *Activité massique d'émetteurs bêta gamma à vie longue importants pour la sûreté du CSFMA :*
 - Cl 36 (CSFMA LMA = 5 Bq/g)*
 - LMA très basse au CSFMA
 - RN : également important pour la sûreté du CSFMA vis-à-vis des transferts par l'eau et contributeur majoritaire dans tous les stockages

 - Sn 126 (CSFMA LMA = 2,7 Bq/g)*
 - LMA la plus basse au CSFMA

 - I 129 (CSFMA LMA = 1400 Bq/g)*
 - RN : également important pour la sûreté du CSFMA vis-à-vis des transferts par l'eau et contributeur majoritaire dans tous les stockages

- *Débit d'équivalent de dose bêta gamma au contact :*
 - (CSFMA 2 et 10 mSv/h au contact)*
 - Critère spécifié et utilisé par les exploitants pour orienter un colis vers le CSFMA ou le CIGEO par défaut, notamment dans le cas des CBF-C2 de La Hague

- *Puissance thermique*
 - Critère pertinent pour une affectation en stockage profond
 - A ce stade de la démarche pas de tri par niveau de Wt mais domaine d'application limité aux colis « objectivement froids » < 1 Watt

- *La démarche suppose donc à ce stade pour un stockage de type SCR*

- *Que les contraintes d'exploitations mises en oeuvre pour la gestion du SCR pourront permettre de gérer des Ded égaux ou supérieurs à 2 et 10 mSv/h*
- *Que les colis de puissance thermique < 1 Watt seront acceptables en stockage de type SCR*
- *Que le passage en plus grande profondeur que le CSFMA permettra d'accepter des colis d'activités massiques totales alpha à 300 ans supérieures à 3700 Bg/g*
- *Que les performances d'un stockage de type SCR permettront d'accueillir des colis d'activités massiques de RN bêta à vie longue supérieures aux LMA du CSFMA. »*

Choix des valeurs des critères

La démarche d'Orano a été appliquée dans un premier temps pour les colis CBF-C'2, elle a consisté à :

- détendre les valeurs des critères d'acceptation au CSFMA décrits plus haut,
- identifier les populations de colis jusqu'alors considérés N3S (MA-VL) qui respecteraient ces critères détendus,
- rechercher par tâtonnement une sorte de compromis pour recatégoriser des populations significatives sans trop s'éloigner des critères de surface afin de ne pas dégrader le niveau de sûreté.

Les résultats sont présentés sur la planche 16 de [3] en annexe et reproduits ci-dessous.

- « *Population analysée*
 - *1591 à 4815 colis étudiés selon les paramètres*
- *Critères de référence = critères CSFMA*
 - *Ded = 10 mSv/h ; LMA alpha 300 ans ; LMA CI36 ; LMA Sn126 ; LMA I129*
- *Critères étudiés*
 - *10 * Critères CSFMA*
 - ***1379 CBF-C'2 respectant critères***
 - *100 * Critères CSFMA*
 - ***1591 CBF-C'2 respectant critères***
 - *Optimisation Grossière*
 - *50 * Ded CSFMA*
 - *50 * LMA alpha 300 ans CSFMA*
 - *10 * LMA Sn 126*
 - *1 * LMA CI36*
 - *1 * LMA I129*
 - ***1467 respectant critères »***

Il convient de noter que les valeurs des caractéristiques des colis confrontées aux critères de détentés étaient des valeurs à la production et non des valeurs au moment du stockage. Ceci d'une part car la date d'ouverture d'un stockage de subsurface n'était pas connue et d'autre part car la

démarche ne résultait que d'une simple étude illustrative menée rapidement dans le but d'alimenter le groupe de travail.

Il avait cependant été noté par Orano qu'au vu du spectre des déchets, les colis CBF-C'2 avaient une décroissance assez rapide et que même les activités massiques alpha auraient une décroissance non négligeable en 300 ou 500 ans (durée de la phase de surveillance). C'est la raison pour laquelle les valeurs des critères détendus avaient été choisies élevées.

Une application des mêmes critères avait montré en 2011 que des colis CAC, fûts de bitumes STE2 et 3 pourraient également être recatégorisés [6]. Mais Orano souhaitait d'abord recevoir une forme de caution de l'Andra et de l'administration pour les CBF-C'2 avant de généraliser la démarche.

Il est également important de noter que la démarche Orano n'avait pas la prétention de remplacer celle qui avait été demandée à l'Andra en 2011 par les producteurs et qui consistait à dériver des critères de distinction entre déchets FA-VL et MA-VL sur la base d'évaluations quantitatives de sûreté mettant en œuvre des scénarios d'intrusions. Une telle démarche établirait les justes valeurs à prendre en considération alors que la démarche d'Orano n'était qu'une démarche d'attente illustrative. Par la suite, le PNGMDR 2023-2026 a demandé une telle étude à l'Andra à l'article 27 de l'arrêté du 9 décembre 2022.

5.1.3. Recatégorisation de colis CBF-C'2 depuis 2011

Après consolidation de certaines valeurs de données de base (recalcul d'activités alpha et bêta à vies longues) des colis CBF-C'2, l'application des critères correspondant à l'« optimisation grossière » décrite au paragraphe 5.1.2 a conduit Orano, à partir de 2011, à retenir que **1368 CBF-C'2 étaient redevables d'un stockage en subsurface et donc de la catégorie FA-VL.**

Les critères retenus depuis 2011 sont donc les suivants :

- 50 * Ded CSFMA = 500 mSv/h au contact
- 50 * LMA alpha 300 ans CSFMA = 185 000 Bq/g
- 10 * LMA Sn 126 = 27 Bq/g
- 1 * LMA Cl36 = 5 Bq/g
- 1 * LMA I129 = 1400 Bq/g.

Après plusieurs échanges techniques, Orano a transmis une demande d'étude à l'Andra en 2014 ainsi que la description précise des 1368 colis CBF-C'2 concernés. Ces colis ont tous été pris en compte dans le rapport d'étape de 2015 du projet FAVL de l'Andra. En particulier, Orano avait demandé à l'Andra une estimation du surcoût de conception des installations de surface pour gérer des Ded plus élevés que ceux des autres colis candidats au même stockage. Mais les études de conception des installations de surface de l'Andra n'étaient pas suffisamment avancées pour permettre une réponse.

A partir de 2014, 1368 colis CBF-C'2 ont été déclarés par Orano à l'inventaire national non plus en catégorie MA-VL mais en catégorie FA-VL.

A partir de 2019, Orano a décidé de prendre en compte les colis CBF-C'2 produits postérieurement à 2010 et de considérer comme FA-VL ceux qui respectent les critères définis au paragraphe 5.1.2. (« Optimisation grossière » de 2011). Il en résulte une légère augmentation annuelle de cette

population de CBF-C'2 FA-VL dans les déclarations annuelles de stocks de la fiche BAN 3 de l'inventaire national.

Pour autant, et en l'absence d'une caution explicite de l'Andra et de l'administration, Orano a toujours laissé ces colis dans l'inventaire de référence de Cigéo. Ils sont donc bien pris en compte dans la DAC Cigéo déposée en janvier 2023.

5.2. Généralisation réalisée en 2022 pour la fourniture d'inventaire de colis FA-VL pour dossier 2023 FAVL Andra – Recatégorisation de CBF-C'2, de CAC, de fûts de bitumes STE2 et STE3

5.2.1. Contexte règlementaire des demandes d'inventaires de colis FA-VL

Dans le cadre de la préparation des évaluations quantitatives de sûreté pour son « Dossier FAVL 2023 » dû en réponse à l'article 33 de l'arrêté du 9 décembre 2022, l'Andra a demandé aux producteurs de lui fournir les quantités et caractéristiques radiologiques et chimiques des colis candidats au stockage FA-VL de la CCVS. Cette demande de l'Andra transmise au printemps 2022 appelait un retour pour l'automne 2022.

En parallèle, le PNGMDR 2022-2026 a identifié la nécessité de fiabiliser l'inventaire des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL). Pour ce faire, l'article 27 de l'arrêté du 9 décembre 2022 établissant les prescriptions du PNGMDR demande que :

« Pour l'application de l'article D. 542-88 du code de l'environnement et de l'action nommée FAVL.1 du PNGMDR, l'Andra, en lien avec le CEA et Orano, transmet au ministre chargé de l'énergie, avant le 31 décembre 2022, un rapport définissant des critères objectifs permettant de discriminer les déchets relevant de la filière des déchets de faible activité à vie longue [(FA-VL)] de ceux relevant de la filière des déchets de moyenne activité à vie longue [(MA-VL)], en particulier pour les déchets bitumés. Sur la base de ces critères, le CEA et Orano évaluent, avant le 30 juin 2023, les quantités de déchets relevant des filières FA-VL et MA-VL, en particulier les déchets bituminés. Les résultats de cette étude sont transmis au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2023. L'Autorité de sûreté nucléaire est saisie pour avis sur ces rapports. »

Il se trouve que l'articulation de ces demandes règlementaires ne permettait pas aux producteurs de déchets de prendre en considération les critères de distinction Andra entre déchets MA-VL et FA-VL puisqu'ils n'étaient pas disponibles au moment de la remise des inventaires des producteurs fin 2022.

Dans ces conditions, en plus des déchets UNGG « candidats historiques » au stockage FA-VL, Orano a transmis à l'Andra fin 2022 un inventaire de colis de déchets re-catégorisables sur la base de **ses propres critères** [1]. Cette stratégie de prise en compte des inventaires de colis re-catégorisables pour le « Dossier FAVL 2023 » a été convenue entre l'Andra et les producteurs de déchets fin 2022.

5.2.2. Généralisation de la démarche Orano de 2011

Ainsi, en 2022, afin de pouvoir répondre à la demande de l'Andra de fourniture d'un inventaire pour le « Dossier FAVL 2023 », et dans l'attente de critères Andra, Orano a été amené à généraliser son approche de 2011. Pour ce faire, les étapes suivantes ont été suivies :

- Prise en compte des colis CBF-C'2 mais également des CAC, fûts de bitumes STE2 et STE3
 - o L'étude Orano de 2011 avait montré la pertinence de prendre en compte ces quatre familles de colis de déchets et pas seulement les CBF-C'2.
 - o Pour les fûts de bitumes STE2 et STE3 : il a été pris en compte un conditionnement de 4 fûts dans un CBF-K de la Hague. Les fûts de bitume stockés au CSFMA et ceux prévus à Cigéo utilisent en effet un sur-conditionnement en colis de béton. Il ne serait pas pertinent de stocker des fûts de bitume sans sur-conteneurs en subsurface.
- Prise en compte des colis produits jusqu'à fin 2021
 - o Les populations ainsi étudiées sont les suivantes
 - CBF-C'2 : 6557 colis
 - CAC : 324 colis (fin de production en 1994)
 - Fûts de bitumes STE3 : 11 513 colis
 - Fûts de bitumes STE2 : 294 colis sur 340 produits (la production s'est arrêtée en 2007 mais les fûts spécifiques ne sont pas considérés)
- Prise en compte de la date de 2050 comme date de prise en charge au plus tôt de colis de déchets sur le site de la CCVS.
 - o Orano estime en effet que les plannings des études demandées par le PNGMDR et prévues par l'Andra ne conduiront pas à une ouverture avant cette date.
 - o L'Andra a fait part de son accord pour la prise en compte de cette hypothèse.
- Prise en compte d'une fin de la phase de surveillance et donc d'une banalisation du stockage 500 ans après la fin de la phase d'exploitation.
 - o Cette durée est retenue dans les études de l'Andra.
- Prise en compte de la décroissance des inventaires des colis pour tous les radionucléides non alpha jusqu'à 2050 (pertinent pour le critère ded et LMA non alpha) et prise en compte d'une décroissance à 2050 + 500 ans pour les émetteurs alpha (pertinent pour l'application des premiers scénarios d'intrusion et donc pour la LMA alpha).
- Prise en compte qualitative de l'utilisation par l'Andra, pour les stockages de subsurface, d'un nouveau scénario pénalisant : le scénario forage de reconnaissance géotechnique suivi d'une résidence et de jeux d'enfants.
 - o Ce scénario conduit à une mise à jour des hypothèses structurantes retenues par Orano en 2011.

- Même si Orano ne partage pas avec l'Andra la pertinence de prendre en compte ce scénario (car il lui semble que la perte de mémoire ne conduirait pas pour autant la perte de technologie) conduisant à ne pas détecter la remontée de déchets radioactifs et à organiser la vie d'une famille pendant 50 ans sur ces déchets, Orano estime que ce scénario non pris en compte en 2011 doit conduire à une baisse des critères de détention de 2011.
- Ce scénario engageant un faible nombre de colis par rapport aux autres scénarios jusqu'alors considérés (chantier routier et résidence), il va apporter des contraintes en termes d'activités massiques acceptable au niveau de chaque colis en complément des limites apportées pour toute une population de colis par les scénarios chantier routier et résidence.
- Etant donné que la démarche d'Orano ne permet pas de quantifier l'impact de ce scénario faute d'hypothèses, il a simplement été décidé de réviser le plus possible à la baisse les détentes des critères de surface par rapport à 2011.
- Généralisation des critères à tous les radionucléides pourvus d'une LMA au CSFMA, donc passage :
 - de
 - En 2011
 - Ded au contact à réception
 - LMA alpha 300 ans
 - 3 LMA RN non alpha (Sn126, Cl36, I129) à réception
 - à
 - En 2022
 - Ded contact à réception
 - LMA alpha 500 ans
 - 38 LMA RN non alpha (tous les RN ayant une LMA au CSFMA) à réception
- Avec ces nouveaux éléments, recherche par tâtonnement d'un compromis entre l'identification de populations significatives re-catégorisables et le caractère acceptable des niveaux de détention des critères de surface.
- Identification de populations re-catégorisables pour chacune des 4 familles étudiées. Les résultats sont les suivants :

CBF-C'2

- Critères
 - 5 * Ded CSFMA (critère maxi de 10 mSv) contact réception = 50 mSv/h
 - 5 * LMA alpha 300 CSFMA = 18 500 Bq/g
 - 5 * LMA non alpha réception CSFMA
- Nombre de colis acceptables
 - **3512 colis** (4144,2 m³) sur 6557 étudiés

CAC

- Critères
 - 5 * Ded CSFMA (critère maxi de 10 mSv) contact réception = 50 mSv/h
 - 5 * LMA alpha 300 CSFMA = 18 500 Bq/g
 - 5 * LMA non alpha réception CSFMA
- Nombre de colis acceptables
 - **143 colis** (168,8 m3) sur 324 étudiés

Fûts de bitumes STE3

- Critères
 - 5 * Ded CSFMA (critère nominal de 2 mSv) contact réception = 10 mSv/h
 - 5 * LMA alpha 300 CSFMA = 18 500 Bq/g
 - 5 * LMA non alpha réception CSFMA
- Nombre de colis acceptables
 - **11 353** colis (2839 CBF-K soit 13 911 m3) sur 11 513 étudiés

Fûts de bitumes STE2

- Critères
 - 5 * Ded CSFMA (critère nominal de 2 mSv) contact réception = 10 mSv/h
 - 5 * LMA alpha 300 CSFMA = 18 500 Bq/g
 - 5 * LMA non alpha réception CSFMA
- Nombre de colis acceptables
 - **81** colis (20 CBF-K soit 98 m3) sur 294 étudiés

Remarque :

- Le conditionnement de fûts de bitumes en CBF-K apporte une atténuation du Ded qui fait que le nombre de colis acceptables est le même pour 50 et 10 mSv/h
- Pour chaque population de colis respectant les critères de recatégorisations définis ci-dessus, évaluation des inventaires radiologiques totaux par radionucléides : à 2050 pour les radionucléides non alpha et à 2050 + 500 ans pour les émetteurs alpha.
- Comparaison de ces inventaires totaux par population de colis re-catégorisables avec les capacités radiologiques du CSFMA respectivement à réception pour les radionucléides non alpha et à 300 ans pour les émetteurs alpha.
 - Le détail des résultats est présenté au paragraphe 7.
 - Même s'il est espéré qu'un stockage de subsurface aura des capacités industrielles (ici capacités radiologiques) plus élevées que celles du CSFMA, il semble prudent de situer les inventaires des populations re-catégorisables par famille par rapport aux capacités radiologiques du CSFMA afin de situer le niveau de sollicitation à laquelle la famille soumettra le stockage de subsurface. C'est la raison pour laquelle ces comparaisons sont réalisées.

6. Éléments apportés par le rapport Andra de mars 2023 en réponse à l'article 27

6.1. Rapport Andra

Le rapport Andra [2] répondant à l'article 27 précise que la démarche Andra consiste à se baser sur les Scénarios d'Intrusions Humaines Involontaire (SIHI), en phase de post-surveillance, historiquement retenus pour les études de sûreté de stockage de déchets FA-VL, afin de dériver des critères d'activités massiques de déchets et de colis. Cette démarche est la même sur ce point (recours aux scénarios d'intrusion en post-surveillance) que celle proposée par Orano en 2011 et qui est présentée plus haut.

L'Andra dérive des limites d'activités massiques pour chaque radionucléide, pour chaque colis d'une part et pour un grand nombre de colis correspondant à une famille au sens des inventaires de Cigéo d'autre part.

Les scénarios utilisés sont :

- Le scénario forage de reconnaissance géotechnique suivi d'une résidence et de jeux d'enfants prenant place sur les déchets remontés par le forage.
 - o Ce scénario à lieu à partir de 500 ans après la fermeture du stockage afin de rendre la banalisation du site possible à cette date
 - o Ce scénario s'applique à un petit nombre de colis et conduit donc à dériver des activités massiques de déchets ou de colis pour chaque colis
 - o Une version de ce scénario entre 10 000 et 50 000 ans est également mobilisée avec une hypothèse d'érosion de couverture de 10 mètres.
- Le scénario chantier routier suivi de l'établissement d'une résidence et de jeux d'enfants sur les sols ainsi remaniés.
 - o Ces scénarios ont lieu à 50 000 ans avec une hypothèse d'érosion de 20 mètres de couverture
 - o Ces scénarios s'appliquent à un grand nombre de colis et rendent compte de l'acceptabilité d'une famille entière de colis.
- Les scénarios résidence et jeux d'enfants implantés de manière conventionnelle directement sur les déchets à 50 000 ans (sans couverture).

En ce qui concerne les détriments, l'Andra retient des valeurs limites de référence (contrainte de dose et niveau de référence pour la présence de radon) qui lui permettent de dériver des activités massiques pour chaque radionucléide considéré comme seul en retenant la valeur dérivée la plus basse parmi les différents scénarios. Les scénarios n'ayant pas lieu à la même date, toutes les activités massiques sont ramenées à la date de stockage (500 ans avant le premier scénario forage).

Une loi de mélange permet de définir des Indices Radiologiques d'Exclusion (IRE) comme la somme, pour tous les radionucléides, des quotients des activités massiques des déchets ou colis sur les activités massiques admissibles dérivés des scénarios.

Ainsi, pour un déchet dont le contenu radiologique comprend n radionucléides, l'IRE pour les activités massiques est défini par la formule suivante extraite de [2].

$$\text{Indice radiologique d'exclusion} = \sum_i^n \frac{Am_i}{Amax_i}$$

Avec :

Am_i : activité massique du radionucléide i dans le déchet ou le colis de déchets considéré, évaluée à la date potentielle de mise en stockage

$Amax_i$: activité massique maximale admissible pour le radionucléide i dans le déchet ou le colis de déchets,

Le niveau de connaissance du conditionnement des déchets est réparti en trois cas :

- Cas 1 : colis déjà constitués ou déchets non conditionnés mais dont les hypothèses de conditionnement sont déjà connues
 - o Les critères ont été établis pour évaluer l'activité massique du colis et s'appliquent donc à l'activité en Bq par gramme de colis constitué.
- Cas 2 : déchets conditionnés sans blocage dans une enveloppe de faible épaisseur
 - o Les critères ont été établis pour évaluer les activités massiques des déchets et s'appliquent donc à l'activité en Bg par gramme de déchet non conditionné.
- Cas 3 : déchets conditionnés dans un conteneur épais de type coque béton et comprenant un blocage des déchets
 - o Les critères ont été établis pour évaluer les activités massiques des déchets et s'appliquent donc à l'activité en Bg par gramme de déchet non conditionné.

Dans le cas des inventaires de déchets d'Orano objet du présent rapport, tous les déchets sont conditionnés en colis déjà produits (CBF-C'2, CAC, Fûts STE3, fûts STE2). C'est donc aux activités massiques de colis du cas 1 que doivent être confrontées les activités massiques des colis produits.

L'Andra estime que l'IRE de chaque colis doit rester inférieur à la valeur de 2 pour être éligible aux études dans le cadre d'un stockage à faible profondeur, avec une valeur cible de l'IRE à 1.

L'Andra conclut son rapport en précisant que, les hypothèses de calcul des scénarios étant dépendantes des caractéristiques du site d'accueil (impactant l'épaisseur de couche de couverture) et du concept de stockage (impactant les mélanges de matériaux inertes et de déchets radioactifs), il n'est pas possible de définir des critères absolus de distinction des déchets FA-VL et MA-VL.

C'est la raison pour laquelle l'Andra ne prétend pas avoir défini des critères d'acceptation mais plutôt des critères d'exclusions qui fournissent des activités massiques de déchets et de colis au-delà desquelles les déchets et colis ne sont pas éligibles à une acceptation dans un stockage à – 30 mètres de formation argileuse affleurante. Les IRE définis par l'Andra ont ainsi pour objectif d'aider

les producteurs de déchets dans le tri des colis de déchets qui ne sont pas éligibles à des études d'acceptation en sub-surface.

Les tableaux ci-dessous sont extraits du rapport Andra [2], ils présentent les valeurs des IRE.

Le tableau 1 présente les activités massiques maximales admissibles définies pour chaque radionucléide au niveau du colis pris individuellement (Amax « colis »).

RN	Amax au niveau du colis		
	Cas 1 Colis constitué (Bq/g de colis)	Cas 2 Déchets non bloqués (Bq/g de déchets)	Cas 3 Déchets bloqués (Bq/g de déchets)
Ac227	8,8E+09	1,1E+10	2,6E+10
Ag108m	2,7E+03	3,3E+03	8,1E+03
Al26	3,1E+03	3,7E+03	9,2E+03
Am241	4,4E+04	5,3E+04	1,3E+05
Am242m	8,1E+04	9,7E+04	2,4E+05
Am243	1,7E+04	2,0E+04	5,0E+04
Ar39	7,5E+12	9,0E+12	2,2E+13
Ar42	1,6E+09	2,0E+09	4,9E+09
Ba133	1,0E+18	1,2E+18	3,0E+18
Be10	9,0E+06	1,1E+07	2,7E+07
Bi207	7,2E+07	8,6E+07	2,2E+08
Bi208	3,3E+03	3,9E+03	9,8E+03
Bi210m	2,3E+04	2,8E+04	6,9E+04
Bk247	1,1E+04	1,4E+04	3,4E+04
Bk249	5,9E+06	7,1E+06	1,8E+07
C14	7,1E+07	8,5E+07	2,1E+08
Ca41	1,1E+08	1,4E+08	3,4E+08
Cd113m	8,7E+16	1,0E+17	2,6E+17
Cf248	1,3E+08	1,5E+08	3,8E+08
Cf249	1,5E+04	1,8E+04	4,5E+04
Cf250	7,6E+06	9,1E+06	2,3E+07
Cf251	1,4E+04	1,7E+04	4,2E+04
Cf252	3,5E+08	4,2E+08	1,1E+09
Cl36	1,5E+07	1,8E+07	4,4E+07
Cm242	1,9E+08	2,2E+08	5,6E+08
Cm243	1,3E+07	1,6E+07	3,9E+07
Cm244	6,4E+06	7,7E+06	1,9E+07
Cm245	1,1E+04	1,3E+04	3,3E+04
Cm246	2,1E+04	2,5E+04	6,3E+04
Cm247	4,1E+03	4,9E+03	1,2E+04
Cm248	2,7E+03	3,2E+03	8,0E+03
Cm250	5,1E+02	6,1E+02	1,5E+03
Co60	1,7E+32	2,1E+32	5,2E+32
Cs135	3,1E+07	3,7E+07	9,4E+07
Cs137	2,1E+09	2,6E+09	6,4E+09
Dy154	1,9E+04	2,3E+04	5,6E+04

RN	Amax au niveau du colis		
	Cas 1 Colis constitué (Bq/g de colis)	Cas 2 Déchets non bloqués (Bq/g de déchets)	Cas 3 Déchets bloqués (Bq/g de déchets)
Es252	1,1E+08	1,3E+08	3,4E+08
Es254	1,3E+08	1,6E+08	4,0E+08
Eu150	3,7E+07	4,5E+07	1,1E+08
Eu152	3,5E+13	4,2E+13	1,0E+14
Eu154	3,0E+21	3,6E+21	9,0E+21
Eu155	1,2E+34	1,4E+34	3,6E+34
Fe60	3,4E+03	4,1E+03	1,0E+04
Gd148	2,7E+04	3,2E+04	8,1E+04
Gd150	1,9E+04	2,3E+04	5,7E+04
H3	1,4E+21	1,7E+21	4,3E+21
Hf178n	1,9E+07	2,2E+07	5,6E+07
Hf182	6,1E+03	7,4E+03	1,8E+04
Hg194	5,7E+02	6,8E+02	1,7E+03
Ho163	2,8E+02	3,4E+02	8,4E+02
Ho166m	3,5E+02	4,2E+02	1,0E+03
I129	2,5E+05	3,0E+05	7,6E+05
Ir192n	1,1E+03	1,3E+03	3,3E+03
K40	5,5E+04	6,6E+04	1,6E+05
Kr81	1,9E+05	2,3E+05	5,6E+05
Kr85	2,6E+16	3,1E+16	7,8E+16
La137	1,6E+06	2,0E+06	4,9E+06
Lu176	2,6E+04	3,1E+04	7,8E+04
Mn53	4,8E+08	5,8E+08	1,4E+09
Mo93	1,2E+07	1,4E+07	3,6E+07
Nb91	4,3E+02	5,2E+02	1,3E+03
Nb92	5,0E+03	6,0E+03	1,5E+04
Nb93m	2,5E+17	3,0E+17	7,6E+17
Nb94	7,2E+03	8,6E+03	2,1E+04
Ni59	2,5E+08	3,0E+08	7,4E+08
Ni63	4,0E+09	4,8E+09	1,2E+10
Np235	5,5E+11	6,6E+11	1,6E+12
Np236	1,9E+04	2,3E+04	5,7E+04
Np237	1,0E+04	1,2E+04	3,0E+04
Os194	3,2E+27	3,8E+27	9,5E+27
Pa231	8,0E+02	9,6E+02	2,4E+03
Pb202	2,2E+04	2,6E+04	6,5E+04
Pb205	8,6E+07	1,0E+08	2,6E+08
Pb210	5,3E+10	6,4E+10	1,6E+11
Pd107	3,7E+08	4,4E+08	1,1E+09
Pm145	8,3E+10	9,9E+10	2,5E+11
Pm146	2,6E+12	3,1E+12	7,7E+12
Po208	2,3E+13	2,7E+13	6,8E+13
Po209	7,6E+03	9,1E+03	2,3E+04

RN	Amax au niveau du colis		
	Cas 1 Colis constitué (Bq/g de colis)	Cas 2 Déchets non bloqués (Bq/g de déchets)	Cas 3 Déchets bloqués (Bq/g de déchets)
Pt193	2,7E+05	3,2E+05	8,0E+05
Pu236	1,6E+07	1,9E+07	4,7E+07
Pu238	9,5E+05	1,1E+06	2,9E+06
Pu239	1,6E+04	1,9E+04	4,9E+04
Pu240	1,8E+04	2,1E+04	5,3E+04
Pu241	1,3E+06	1,6E+06	3,9E+06
Pu242	1,3E+04	1,6E+04	4,0E+04
Pu244	3,5E+03	4,2E+03	1,1E+04
Ra226	5,4E+03	6,5E+03	1,6E+04
Ra228	3,6E+29	4,3E+29	1,1E+30
Rb87	1,1E+07	1,3E+07	3,2E+07
Re186m	4,1E+05	4,9E+05	1,2E+06
Se79	3,8E+06	4,6E+06	1,1E+07
Si32	3,6E+03	4,3E+03	1,1E+04
Sm145	1,5E+12	1,8E+12	4,5E+12
Sm146	4,8E+04	5,8E+04	1,5E+05
Sm151	6,0E+09	7,1E+09	1,8E+10
Sn121m	1,4E+05	1,7E+05	4,2E+05
Sn126	4,1E+03	4,9E+03	1,2E+04
Sr90	1,8E+11	2,2E+11	5,4E+11
Tb157	8,6E+03	1,0E+04	2,6E+04
Tb158	1,8E+03	2,1E+03	5,3E+03
Tc97	4,1E+07	5,0E+07	1,2E+08
Tc98	5,6E+03	6,7E+03	1,7E+04
Tc99	2,2E+07	2,7E+07	6,7E+07
Th229	6,6E+03	8,0E+03	2,0E+04
Th230	3,1E+03	3,8E+03	9,4E+03
Th232	2,0E+03	2,4E+03	6,1E+03
Ti44	8,4E+04	1,0E+05	2,5E+05
U232	6,6E+05	8,0E+05	2,0E+06
U233	5,1E+03	6,1E+03	1,5E+04
U234	8,1E+03	9,7E+03	2,4E+04
U235	9,8E+02	1,2E+03	2,9E+03
U236	1,2E+05	1,4E+05	3,5E+05
U238	4,9E+04	5,9E+04	1,5E+05
Zr93	4,0E+07	4,9E+07	1,2E+08

Tableau 1 : Valeurs d'activités maximales définies selon les niveaux de conditionnement pour un colis de déchets pris individuellement (Extrait de [2])

Le tableau 2 présente les activités massiques maximales admissibles définies pour chaque radionucléide au niveau de la famille de déchets (Amax « famille »).

RN	Amax au niveau de la famille		
	Cas 1 Colis constitué (Bq/g de colis)	Cas 2 Déchets non bloqués (Bq/g de déchets)	Cas 3 Déchets bloqués (Bq/g de déchets)
Ac227	8,8E+09	1,1E+10	2,6E+10
Ag108m	2,7E+03	3,3E+03	8,1E+03
Al26	1,9E+02	2,2E+02	5,6E+02
Am241	4,4E+04	5,3E+04	1,3E+05
Am242m	8,1E+04	9,7E+04	2,4E+05
Am243	1,7E+04	2,0E+04	5,0E+04
Ar39	7,5E+12	9,0E+12	2,2E+13
Ar42	1,6E+09	2,0E+09	4,9E+09
Ba133	1,0E+18	1,2E+18	3,0E+18
Be10	7,3E+05	8,7E+05	2,2E+06
Bi207	7,2E+07	8,6E+07	2,2E+08
Bi208	1,6E+02	1,9E+02	4,8E+02
Bi210m	2,3E+03	2,8E+03	7,0E+03
Bk247	1,1E+04	1,4E+04	3,4E+04
Bk249	5,9E+06	7,1E+06	1,8E+07
C14	7,1E+07	8,5E+07	2,1E+08
Ca41	1,5E+07	1,9E+07	4,6E+07
Cd113m	8,7E+16	1,0E+17	2,6E+17
Cf248	1,3E+08	1,5E+08	3,8E+08
Cf249	1,5E+04	1,8E+04	4,5E+04
Cf250	7,6E+06	9,1E+06	2,3E+07
Cf251	1,4E+04	1,7E+04	4,2E+04
Cf252	5,5E+07	6,7E+07	1,7E+08
Cl36	9,2E+05	1,1E+06	2,8E+06
Cm242	5,3E+07	6,3E+07	1,6E+08
Cm243	9,3E+06	1,1E+07	2,8E+07
Cm244	6,4E+06	7,7E+06	1,9E+07
Cm245	1,1E+04	1,3E+04	3,3E+04
Cm246	2,1E+04	2,5E+04	6,3E+04
Cm247	9,4E+02	1,1E+03	2,8E+03
Cm248	4,2E+02	5,0E+02	1,3E+03
Cm250	5,1E+02	6,1E+02	1,5E+03
Co60	1,7E+32	2,1E+32	5,2E+32
Cs135	2,5E+06	3,0E+06	7,6E+06
Cs137	2,1E+09	2,6E+09	6,4E+09
Dy154	3,0E+03	3,6E+03	9,1E+03

RN	Amax au niveau de la famille		
	Cas 1 Colis constitué (Bq/g de colis)	Cas 2 Déchets non bloqués (Bq/g de déchets)	Cas 3 Déchets bloqués (Bq/g de déchets)
Es252	1,1E+08	1,3E+08	3,4E+08
Es254	1,3E+08	1,6E+08	4,0E+08
Eu150	3,7E+07	4,5E+07	1,1E+08
Eu152	3,5E+13	4,2E+13	1,0E+14
Eu154	3,0E+21	3,6E+21	9,0E+21
Eu155	1,2E+34	1,4E+34	3,6E+34
Fe60	2,1E+02	2,6E+02	6,4E+02
Gd148	2,7E+04	3,2E+04	8,1E+04
Gd150	3,1E+03	3,7E+03	9,4E+03
H3	1,4E+21	1,7E+21	4,3E+21
Hf178n	1,9E+07	2,2E+07	5,6E+07
Hf182	4,3E+02	5,1E+02	1,3E+03
Hg194	5,7E+02	6,8E+02	1,7E+03
Ho163	2,8E+02	3,4E+02	8,4E+02
Ho166m	3,5E+02	4,2E+02	1,0E+03
I129	2,6E+04	3,1E+04	7,7E+04
Ir192n	1,1E+03	1,3E+03	3,3E+03
K40	3,2E+03	3,8E+03	9,6E+03
Kr81	1,9E+05	2,3E+05	5,6E+05
Kr85	2,6E+16	3,1E+16	7,8E+16
La137	7,7E+05	9,2E+05	2,3E+06
Lu176	2,2E+03	2,6E+03	6,5E+03
Mn53	2,6E+07	3,2E+07	7,9E+07
Mo93	1,2E+07	1,4E+07	3,6E+07
Nb91	4,3E+02	5,2E+02	1,3E+03
Nb92	3,5E+02	4,2E+02	1,0E+03
Nb93m	2,5E+17	3,0E+17	7,6E+17
Nb94	2,0E+03	2,4E+03	6,1E+03
Ni59	2,2E+07	2,6E+07	6,5E+07
Ni63	4,0E+09	4,8E+09	1,2E+10
Np235	1,0E+11	1,3E+11	3,1E+11
Np236	2,3E+03	2,8E+03	7,0E+03
Np237	2,3E+03	2,8E+03	7,0E+03
Os194	3,2E+27	3,8E+27	9,5E+27
Pa231	3,5E+02	4,2E+02	1,1E+03
Pb202	3,0E+03	3,5E+03	8,9E+03
Pb205	5,8E+06	7,0E+06	1,7E+07
Pb210	5,3E+10	6,4E+10	1,6E+11
Pd107	2,1E+07	2,5E+07	6,2E+07
Pm145	8,3E+10	9,9E+10	2,5E+11
Pm146	5,9E+11	7,1E+11	1,8E+12
Po208	1,1E+12	1,3E+12	3,3E+12
Po209	7,6E+03	9,1E+03	2,3E+04

RN	Amax au niveau de la famille		
	Cas 1 Colis constitué (Bq/g de colis)	Cas 2 Déchets non bloqués (Bq/g de déchets)	Cas 3 Déchets bloqués (Bq/g de déchets)
Pt193	2,7E+05	3,2E+05	8,0E+05
Pu236	1,6E+07	1,9E+07	4,7E+07
Pu238	2,7E+05	3,2E+05	8,0E+05
Pu239	1,2E+04	1,4E+04	3,5E+04
Pu240	1,8E+04	2,1E+04	5,3E+04
Pu241	1,3E+06	1,6E+06	3,9E+06
Pu242	3,1E+03	3,8E+03	9,4E+03
Pu244	5,3E+02	6,3E+02	1,6E+03
Ra226	5,4E+03	6,5E+03	1,6E+04
Ra228	3,6E+29	4,3E+29	1,1E+30
Rb87	5,7E+05	6,9E+05	1,7E+06
Re186m	4,3E+04	5,1E+04	1,3E+05
Se79	2,3E+05	2,7E+05	6,8E+05
Si32	3,6E+03	4,3E+03	1,1E+04
Sm145	1,5E+12	1,8E+12	4,5E+12
Sm146	1,1E+04	1,3E+04	3,4E+04
Sm151	6,0E+09	7,1E+09	1,8E+10
Sn121m	1,4E+05	1,7E+05	4,2E+05
Sn126	3,4E+02	4,1E+02	1,0E+03
Sr90	1,8E+11	2,2E+11	5,4E+11
Tb157	8,6E+03	1,0E+04	2,6E+04
Tb158	1,8E+03	2,1E+03	5,3E+03
Tc97	7,8E+06	9,4E+06	2,3E+07
Tc98	4,1E+02	4,9E+02	1,2E+03
Tc99	1,4E+06	1,7E+06	4,2E+06
Th229	6,6E+03	8,0E+03	2,0E+04
Th230	4,9E+01	5,9E+01	1,5E+02
Th232	1,9E+02	2,3E+02	5,8E+02
Ti44	8,4E+04	1,0E+05	2,5E+05
U232	6,6E+05	8,0E+05	2,0E+06
U233	1,2E+03	1,5E+03	3,6E+03
U234	9,5E+01	1,1E+02	2,9E+02
U235	1,9E+02	2,2E+02	5,6E+02
U236	2,7E+04	3,2E+04	8,1E+04
U238	1,3E+03	1,5E+03	3,9E+03
Zr93	2,9E+06	3,5E+06	8,8E+06

Tableau 2 : Valeurs d'activités maximales définies selon le niveau de conditionnement pour une famille de déchets (Extrait de [2])

6.2. Commentaires sur la démarche Andra

La démarche Andra et la démarche Orano sont cohérentes dans la mesure où elles sont toutes les deux basées sur le recours à des scénarios d'intrusion en phase de post-surveillance pour dériver des critères d'acceptation en activités massiques de colis ou de déchets.

Alors qu'Orano s'est basé qualitativement en 2011 sur ce lien entre scénarios d'intrusions et activités massiques pour estimer que des critères intrinsèquement liés aux colis pouvaient être définis pour un stockage en sub-surface en détendant les Limites Maximales d'Acceptabilité des colis au CSA (LMA), l'Andra a réalisé de véritables calculs d'intrusions et dérivé des activités massiques en 2022. Là où Orano a considéré, faute de critères Andra, en bloc les mêmes multiples de LMA du CSA pour les radionucléides d'intérêt, l'Andra a réalisé des calculs pour chaque radionucléide. L'approche d'Orano n'était donc qu'un travail d'attente de critères Andra afin de pouvoir définir sa stratégie d'orientation de déchet et donc de RCD.

L'approche Andra est plus pénalisante que celle d'Orano pour ce qui concerne le choix des scénarios. En effet, en détendant les LMA du CSA, Orano a fait l'hypothèse que les scénarios en stockage de sub-surface seraient les mêmes que ceux du CSA (A 500 ans : chantier routier sur un sol constitué de déchets et de matériaux inertes suivi d'une résidence avec jeux d'enfants). Le scénario forage de reconnaissance géotechnique suivi d'une résidence avec jeux d'enfants dès 500 ans est plus pénalisant que les scénarios du CSA. Par ailleurs, le scénario d'établissement d'une résidence et de jeux d'enfants directement sur les déchets (sans couverture) même à 50 000 ans est plus sévère que les scénarios du CSA. C'est afin d'en tenir compte qu'Orano a revu qualitativement son approche entre 2011 et 2022 en réduisant les coefficients de détente des LMA du CSA.

L'approche d'Orano est en revanche au global plus pénalisante que celle de l'Andra dans la mesure où elle prend en compte un critère de respect du Débit d'équivalent de dose à un mètre à réception en plus des activités massiques. L'approche d'Orano ne vise, en effet, pas une exclusion mais une acceptation des colis. Orano a considéré que même si la radioprotection est gérable au moyen de conception d'installations et de mesures d'exploitation adaptées (cas du recours à une cabine déportée au CSA pour les colis présentant des Ded allant jusqu'à 10 mSv au contact), des Ded trop élevés compromettraient l'acceptation des colis en sub-surface. Comme précisé au paragraphe 5.2.2, un Ded au contact de 10 à 50 mSv a été imposé comme critère dans la démarche Orano en 2022.

Si la démarche Andra est assez générique et vise en particulier des déchets non encore conditionnés, les colis Orano soumis à re-catégorisation sont tous des colis connus dont le conditionnement est éprouvé :

- Le conditionnement en CBF-C'2 est le même que celui en CBF-C2. Le colis CBF-C2 est un colis reconnu durable et confinant au CSA. Par ailleurs, les CBF-C'2 respectent les exigences de stockage direct des spécifications d'acceptation des colis à Cigéo telles que formulées dans la pièce 19 de la DAC [11]
- De même, des déchets conditionnés en CAC sont reçus au CSA et d'autres acceptables à Cigéo
- Les fûts de bitume respectent les exigences des spécifications d'acceptation des colis à Cigéo telles que formulées dans la pièce 19 de la DAC [11] même si la question de leur réactivité est en cours d'étude dans le cadre du programme quadripartite Babylone. Le colis en béton CBF-K dans lesquels il est proposé de déposer les fûts de bitume est un conditionnement durable et confinant éprouvé au CSA.

En plus du respect de limites d'activités massiques et de Ded, Orano n'a pas identifié de point réhibitoire concernant d'autres exigences pour une acceptation en stockage de sub-surface. Même si certaines exigences pourraient être induites par le concept même de stockage (taux de vide ; débit de gaz inflammables ; etc...), Orano estime pertinent de viser la définition de critères d'acceptation plutôt que d'exclusion car ses critères sont plus sévères que les IRE de l'Andra.

Dans le but de pouvoir rationaliser la mobilisation des filières de stockage et également d'orienter les travaux de RCD et de conception de colis le plus en amont possible, Orano est obligé de rechercher des critères d'acceptation dans l'attente de la définition d'exigence de niveau DAC par l'Andra pour le stockage C CVS.

7. Confrontation des critères Andra et des critères Orano

7.1. Comparaison des critères Orano2011, Orano2022 et Andra2023

Le tableau 3 ci-dessous présente les Ded et LMA applicables au CSA, les critères dérivés par Orano en 2011 (Orano2011), puis en 2022 (Orano2022) et ceux publiés par l'Andra en 2023 (Andra2023).

DED CONTACT COLIS				
	CSA (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2011 (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL) (mSv/h)	Critère Andra associé aux IRE(mSv/h)
DED	2 à 10	500	10 à 50	Néant
ACTIVITES MASSIQUES COLIS				
RN	LMA CSA (Bq/gr de colis)	Critères de discrimination Orano 2011	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL)	IRE COLIS CAS1 Activité massive maximale d'exclusion de la famille de colis (Bq/g de colis)
Ac227	3.10E+03		1.55E+04	8.8E+09
Ag108m	1.40E+03		7.00E+03	2.7E+03
Ag110m	1.20E+08		6.00E+08	
Al26				3.1E+03
Am241				4.4E+04
Am242m				8.1E+04
Am243				1.7E+04
Ar39				7.5E+12
Ar42				1.6E+09
Ba133				1.0E+18
Be10	5.10E+03		2.55E+04	9.0E+06
Bi207				7.2E+07
Bi208				3.3E+03
Bi210m				2.3E+04
Bk247				1.1E+04
Bk249				5.9E+06
C14	9.20E+04		4.60E+05	7.1E+07
Ca41	3.00E+05		1.50E+06	1.1E+08
Cd113m				8.7E+16
Ce144	8.80E+07		4.40E+08	
Cf248				1.3E+08
Cf249				1.5E+04
Cf250				7.6E+06
Cf251				1.4E+04
Cf252				3.5E+08
Cl36	5.00E+00	5.00E+00	2.50E+01	1.5E+07
Cm242				1.9E+08
Cm243				1.3E+07
Cm244				6.4E+06
Cm245				1.1E+04
Cm246				2.1E+04

DED CONTACT COLIS				
	CSA (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2011 (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL) (mSv/h)	Critère Andra associé aux IRE(mSv/h)
DED	2 à 10	500	10 à 50	Néant
ACTIVITES MASSIQUES COLIS				
RN	LMA CSA (Bq/gr de colis)	Critères de discrimination Orano 2011	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL)	IRE COLIS CAS1 Activité massique maximale d'exclusion de la famille de colis (Bq/g de colis)
Cm247				4.1E+03
Cm248				2.7E+03
Cm250				5.1E+02
Co60	1.30E+08		6.50E+08	1.7E+32
Cs134	1.90E+08		9.50E+08	
Cs135	2.60E+05		1.30E+06	3.1E+07
Cs137	3.30E+05		1.65E+06	2.1E+09
Dy154				1.9E+04
Es252				1.1E+08
Es254				1.3E+08
Eu150				3.7E+07
Eu152	7.50E+07		3.75E+08	3.5E+13
Eu154	5.80E+07		2.90E+08	3.0E+21
Eu155				1.2E+34
Fe55				
Fe60				3.4E+03
Gd148				2.7E+04
Gd150				1.9E+04
H3	2.00E+05		1.00E+06	1.4E+21
Hf178n				1.9E+07
Hf182				6.1E+03
Hg194				5.7E+02
Ho163				2.8E+02
Ho166m				3.5E+02
I129	1.40E+03	1.40E+03	7.00E+03	2.5E+05
Ir192n				1.1E+03
K40				5.5E+04
Kr81				1.9E+05
Kr85				2.6E+16
La137				1.6E+06

DED CONTACT COLIS				
	CSA (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2011 (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL) (mSv/h)	Critère Andra associé aux IRE(mSv/h)
DED	2 à 10	500	10 à 50	Néant
ACTIVITES MASSIQUES COLIS				
RN	LMA CSA (Bq/gr de colis)	Critères de discrimination Orano 2011	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL)	IRE COLIS CAS1 Activité massive maximale d'exclusion de la famille de colis (Bq/g de colis)
Lu176				2.6E+04
Mn53				4.8E+08
Mn54	3.60E+08		1.80E+09	
Mo93	3.80E+04		1.90E+05	1.2E+07
Na22	1.30E+08		6.50E+08	
Nb91				4.3E+02
Nb92				5.0E+03
Nb93m				2.5E+17
Nb94	1.20E+02		6.00E+02	7.2E+03
Ni59	1.10E+05		5.50E+05	2.5E+08
Ni63	3.20E+06		1.60E+07	4.0E+09
Np235				5.5E+11
Np236				1.9E+04
Np237				1.0E+04
Os194				3.2E+27
Pa231				8.0E+02
Pb202				2.2E+04
Pb205				8.6E+07
Pb210	6.00E+05		3.00E+06	5.3E+10
Pd107	3.00E+05		1.50E+06	3.7E+08
Pm145				8.3E+10
Pm146				2.6E+12
Pm147	5.80E+08		2.90E+09	
Po208				2.3E+13
Po209				7.6E+03
Pt193				2.7E+05
Pu236				1.6E+07
Pu238				9.5E+05
Pu239				1.6E+04
Pu240				1.8E+04
Pu241				1.3E+06

DED CONTACT COLIS				
	CSA (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2011 (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL) (mSv/h)	Critère Andra associé aux IRE(mSv/h)
DED	2 à 10	500	10 à 50	Néant
ACTIVITES MASSIQUES COLIS				
RN	LMA CSA (Bq/gr de colis)	Critères de discrimination Orano 2011	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL)	IRE COLIS CAS1 Activité massive maximale d'exclusion de la famille de colis (Bq/g de colis)
Pu242				1.3E+04
Pu244				3.5E+03
Ra226				5.4E+03
Ra226 300 ans	1.90E+02		9.50E+02	
Ra228				3.6E+29
Rb87				1.1E+07
Re186m				4.1E+05
Ru106	1.20E+08		6.00E+08	
Sb125	5.10E+08		2.55E+09	
Se79	5.50E+04		2.75E+05	3.8E+06
Si32				3.6E+03
Sm145				1.5E+12
Sm146				4.8E+04
Sm151	4.50E+05		2.25E+06	6.0E+09
Sn119m	1.40E+09		7.00E+09	
Sn121m	3.70E+05		1.85E+06	1.4E+05
Sn126	2.70E+00	2.70E+01	1.35E+01	4.1E+03
Sr90	6.00E+06		3.00E+07	1.8E+11
Tb157				8.6E+03
Tb158				1.8E+03
Tc97				4.1E+07
Tc98				5.6E+03
Tc99	4.40E+04		2.20E+05	2.2E+07
Th229				6.6E+03
Th230				3.1E+03
Th232				2.0E+03
Th232 300 ans	1.10E+03		5.50E+03	
Ti44				8.4E+04
Tl204	3.30E+09		1.65E+10	
U232				6.6E+05
U233				5.1E+03

DED CONTACT COLIS				
	CSA (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2011 (mSv/h)	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL) (mSv/h)	Critère Andra associé aux IRE(mSv/h)
DED	2 à 10	500	10 à 50	Néant
ACTIVITES MASSIQUES COLIS				
RN	LMA CSA (Bq/gr de colis)	Critères de discrimination Orano 2011	Critères de discrimination Orano 2022 (Dossier 2023 FAVL)	IRE COLIS CAS1 Activité massive maximale d'exclusion de la famille de colis (Bq/g de colis)
U234				8.1E+03
U235				9.8E+02
U236				1.2E+05
U238				4.9E+04
Total alpha 300 ans	3.70E+03	1.85E+05	1.85E+04	
Zn65	6.00E+08		3.00E+09	
Zr93	1.80E+04		9.00E+04	4.0E+07

Tableau 3 : Valeurs des critères LMA CSA, Orano2011, Orano2022 et Andra2023

On peut noter que la démarche Andra de 2023 dérive des activités massiques pour de nombreux radionucléides qui ne disposent pas d'une LMA au CSA. Etant donné que les limites retenues par Orano sont des multiples des LMA du CSA, Orano n'a pas imposé de limite pour ces radionucléides, sauf pour les émetteurs alpha considérés dans la LMA totale alpha issue du CSA. Pour les autres radionucléides, on pourrait considérer que les critères Andra sont plus restrictifs. En réalité, l'exercice de confrontation des colis aux deux jeux de critères Orano2022 et Andra2023 montre qu'il n'en est rien.

Par ailleurs, on note que les limites Andra sont systématiquement plus élevées que celles d'Orano sauf pour deux radionucléides émetteurs bêta, l'Ag108m et le Sn121m. Cela est sans conséquence sur la démarche puisque ces radionucléides ne sont pas contributeurs aux doses dans les scénarios de transferts par l'air retenus dans les démarches.

7.2. Application des critères Andra2023

Le tableau 4 ci-dessous présente les résultats de l'application des critères Andra2023 aux populations de colis produits à fin 2021.

On a appliqué dans un premier temps l'IRE colis Cas 1 pour trier les colis dont l'IRE colis était inférieur à 1, puis on a calculé l'IRE famille de la famille ainsi triée. On a ensuite fait le même exercice avec un critère d'IRE à 2. Un IRE infini a enfin été considéré afin de calculer l'IRE colis maximal et l'IRE famille de la production entière.

Le tableau 4 présente également les IRE colis mini, moyen et maxi.

Type colis	Nombre colis étudiés	Seuil de Tri IRE individuel	Nombre colis respectant le seuil	IRE famille	IRE individuel Mini	IRE individuel Maxi	IRE individuel Moyen
bitumes STE2	294	< 1	294	0,5724	0,1354	0,6897	0,4748
bitumes STE2	294	< 2	294	0,5724	0,1354	0,6897	0,4748
bitumes STE2	294	< 9,99 ^{E99}	294	0,5724	0,1354	0,6897	0,4748
bitumes STE3	11 513	< 1	11 451	0,3127	0,003493	0,9987	0,2826
bitumes STE3	11 513	< 2	11 513	0,3173	0,003493	1,351	0,2869
bitumes STE3	11 513	< 9,99 ^{E99}	11 513	0,3173	0,003493	1,351	0,2869
CAC	324	< 1	201	0,3812	0,05061	0,9772	0,3353
CAC	324	< 2	247	0,6014	0,05061	1,988	0,5359
CAC	324	< 9,99 ^{E99}	324	1,686	0,05061	25,61	1,519
CBF-C'2	6 557	< 1	3 989	0,3861	0,0007808	1,000	0,3497
CBF-C'2	6 557	< 2	4 590	0,531	0,0007808	1,999	0,4825
CBF-C'2	6 557	< 9,99 ^{E99}	6 557	2,211	0,0007808	12,09	1,943

Tableau 4 : Application des IRE Andra2023 aux populations de CBF-C'2, CAC, fûts STE2 et STE3 produits à fin 2021

On note les résultats suivants :

- Fûts STE2
 - o La population entière étudiée (294 colis) respecte un IRE colis de 1 et correspond à un IRE famille de 0,57.
- Fûts STE3
 - o La population entière produite à fin 2021 respect les IRE colis et familles pour un IRE colis de 2 et seulement 64 colis sur 11 513 ont un IRE entre 1 et 1,31. L'IRE famille de toute la population est de 0,32.
- CAC
 - o 201 colis sur 324 respectent un IRE colis de 1 ; 247 un IRE de 2. L'IRE famille de la population entière (324 colis) est de 1,69 et l'IRE colis maxi est égal à 25,61.
- CBF-C'2
 - o 3989 colis sur une population produite à fin 2021 de 6557 colis respectent un IRE colis de 1, donnant un IRE famille de 0,39. Avec un IRE de 2, 4562 colis sont éligibles

pour un IRE de 0,53. L'IRE colis maxi est de 12,09 et l'IRE famille de toute la population est de 2,21.

8. Définition des inventaires de déchets relevant de la filière FA-VL et de la filière MA-VL

8.1. Définitions des inventaires de colis relevant de la filière FA-VL

Le tableau 5 ci-dessous présente les nombres de colis respectant les critères Orano2011, Orano2022 et Andra2023 ; la définition de l'inventaire de colis re-catégorisables dans la filière FA-VL par Orano et l'inventaire de référence de Cigéo.

On note que les critères d'IRE de l'Andra semblent conduire à des recatégorisations de plus de colis que les critères Orano. Cela s'explique d'une part car les activités massiques dérivées par l'Andra sont plus élevées que celles considérées par Orano et d'autre part car Orano impose un ded à respecter et non l'Andra.

COLIS	CBF-C'2	CAC	Fûts STE3	Fûts STE2
Nb colis produits fin 2021	6557	324	11513	294
Nb colis respectant les critères Orano2011 (à la date de production)	1368 / 4815	Non quantifié	Non quantifié	Non quantifié
Nb colis respectant les critères Orano2022 (à 2050)	3512 / 6557	143 / 324	11353 / 11523	81 / 294
Nb colis respectant IRE colis < 1 et IRE famille < 1 (A réception)	3989 / 6557	201 / 324	11451 / 11513	294 / 294
Nb colis respectant IRE colis < 2 et IRE famille < 1 (A réception)	4590 / 6557	247 / 324	11513 / 11513	294 / 294
Définition de l'inventaire de colis recatégorisable FAVL Orano à 2050	3512	143	11353	81
Rappel Inventaire à terminaison de Cigéo	COG-030 + GOG-500 8117 + 1031	COG-050 324	COG-020 13100	COG-420 340

Tableau 5 : Nombres de colis respectant les critères Orano2011, Orano2022 et Andra2023, inventaire FA-VL retenu par Orano et inventaire de Cigéo

Il est à noter que :

- même si le respect d'IRE colis de 1 et de 2 n'entraînent pas de dépassement de la valeur de 1 des IRE famille ;
- même si les IRE familles se situent entre 0,3 et 0,6 ;
- même si les scénario forage + résidence et jeux d'enfants ayant conduit à dériver les IRE colis semblent irréalistes ;
- considérant que la démarche de l'Andra est une démarche d'exclusion alors que celle d'Orano une démarche d'acceptabilité ;
- constatant que les critères IRE Andra n'étaient pas disponibles au moment de la définition des inventaires à étudier dans les études de sûreté du stockage de la CCVS (Article 33) et des chroniques d'envoi au stockage (Article 30) ;

Orano a fait le choix de retenir comme recatégorisables les populations de colis sélectionnées au moyen des critères qu'il a défini en 2022 (Orano2022).

Ces inventaires sont :

- **3512 CBF-C'2**
- **143 CAC**
- **11 353 fûts STE3**
- **81 fûts STE2**

8.2. Estimation des inventaires radiologiques totaux engagés par la recatégorisation

Le tableau 6 ci-dessous présente les activités radiologiques de tous les radionucléides contenus dans les déchets des colis recatégorisables. Ce tableau rappelle également les valeurs des capacités radiologiques du CSA et présente les pourcentages de capacités que consommerait chaque famille recatégorisée.

	Activités radiologiques en GBq								
	CSA	Bitumes STE2		Bitumes STE3		CAC		CBF-C'2	
	CAPACITES RADIOLOGIQUES	somme des 81		somme des 11353		somme des 143		somme des 3512	
Ag108m	3.00E+06	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	8.282E-06	0.00%	2.008E-02	0.00%
Ag110m		0.00E+00		0.00E+00		6.107E-24		2.579E-13	
Be010		0.00E+00		0.00E+00		1.343E-03		1.702E-01	
C 014	8.15E+05	1.220E-03	0.00%	5.374E-01	0.00%	3.846E-01	0.00%	1.429E+02	0.02%
Ca041	1.25E+02	2.971E-02	0.02%	9.008E+00	7.21%	9.454E-02	0.08%	3.905E+00	3.12%
Ce144		1.774E-15		2.509E-10		9.807E-20		1.013E-09	
Cl036	4.00E+02	7.113E-02	0.02%	2.201E+01	5.50%	2.291E-01	0.06%	1.392E+01	3.48%
Co060	4.00E+08	2.916E-01	0.00%	6.435E+01	0.00%	1.382E+00	0.00%	5.873E+02	0.00%
Cs134		8.749E-06		3.490E-02		4.648E-05		1.474E+00	
Cs135	6.00E+04	9.829E-02	0.00%	8.825E+00	0.01%	4.296E-01	0.00%	2.912E+01	0.05%
Cs137	2.00E+08	5.822E+03	0.00%	5.985E+05	0.30%	1.951E+04	0.01%	1.733E+06	0.87%
Eu152		0.00E+00		0.00E+00		1.584E-01		5.595E+00	
Eu154		4.800E+00		2.296E+03		1.347E+01		1.528E+03	
Eu155		4.733E-02		7.467E+01		0.00E+00		3.620E-01	
Fe055		3.899E-05		3.512E-02		0.00E+00		1.925E-01	
H 003	4.00E+06	2.495E-02	0.00%	1.305E+01	0.00%	0.00E+00	0.00%	2.543E-02	0.00%
I 129	3.03E+02	7.776E-05	0.00%	2.376E-01	0.08%	8.323E-04	0.00%	4.767E+00	1.57%
Kr085		3.215E-01		0.00E+00		0.00E+00		1.834E+01	
Mn054		1.247E-21		4.362E-14		0.00E+00		1.253E-09	
Mo093	1.02E+03	0.00E+00	0.00%	0.00E+00	0.00%	2.369E-01	0.02%	4.402E+01	4.32%
Nb094	2.01E+04	9.099E-03	0.00%	2.008E-01	0.00%	1.715E-01	0.00%	5.823E+01	0.29%
Ni059	4.00E+06	5.108E-01	0.00%	1.641E+02	0.00%	6.096E-01	0.00%	1.430E+02	0.00%
Ni063	4.00E+07	4.202E+01	0.00%	1.417E+04	0.04%	5.383E+01	0.00%	4.535E+04	0.11%
Pd107		2.496E+02		7.015E+01		1.431E-01		9.685E+00	
Pm147		7.153E-04		7.220E+00		6.601E-03		3.420E+01	
Ru106		3.149E-11		8.523E-07		2.785E-14		6.593E-05	
Sb125		1.408E-03		1.832E-01		1.925E-03		7.756E+00	
Se079	3.72E+01	1.226E+00	3.29%	1.134E+01	30.48%	2.879E-01	0.77%	1.666E+01	44.79%
Sm151	1.00E+07	4.117E+01	0.00%	7.212E+03	0.07%	2.763E+02	0.00%	1.965E+04	0.20%
Sn121m		0.00E+00		0.00E+00		2.837E-02		3.128E+01	
Sn126		2.197E+00		2.098E+01		6.455E-01		3.980E+01	
Sr090	4.00E+07	2.529E+03	0.01%	1.668E+05	0.42%	1.309E+04	0.03%	1.116E+06	2.79%
Tc099	1.23E+04	2.423E+00	0.02%	1.431E+02	1.16%	1.163E+01	0.09%	7.802E+02	6.34%
Zr093	4.00E+05	3.086E-01	0.00%	1.828E+01	0.00%	1.903E+00	0.00%	1.203E+02	0.03%
Zr095		2.931E-102		2.770E-64		0.00E+00		4.161E-52	
Am241		1.722E+03		2.172E+05		2.871E+03		9.853E+04	
Am242m (part alpha seule)		6.420E-03		0.00E+00		0.00E+00		8.594E-06	
Am243		5.874E+00		1.009E+03		8.633E+00		1.450E+03	
Cm242		1.178E+00		2.214E-21		2.066E-38		1.577E-03	
Cm243		8.436E-01		4.221E+01		1.940E+00		3.386E+02	
Cm244		4.150E+01		2.544E+03		6.870E+01		2.780E+04	
Cm245		4.296E-02		2.354E+00		0.00E+00		1.168E-03	
Cm246		0.00E+00		0.00E+00		0.00E+00		3.467E-04	
Np237		1.074E-01		1.497E+01		2.300E-01		1.588E+01	
Pu238		4.585E+02		7.635E+04		1.106E+03		1.013E+04	
Pu239		1.817E+02		1.829E+04		2.381E+02		1.823E+03	
Pu240		2.420E+02		2.734E+04		3.438E+02		3.057E+03	
Pu241 (Part alpha seule)		5.627E-02		9.370E+00		1.058E-01		1.273E+00	
Pu242		7.043E-01		1.015E+02		1.667E+00		1.096E+01	
U 232		2.757E-03		5.037E-01		8.806E-03		4.940E-02	
U 233		1.106E-05		4.754E-04		1.012E-05		7.928E-05	
U 234		5.234E-02		4.353E+00		3.329E-01		6.187E+00	
U 235		1.128E-02		9.566E-01		1.273E-02		4.462E-02	
U 236		1.009E-01		1.189E+01		6.409E-02		6.750E-01	
U 238		2.394E-01		1.827E+01		8.446E-02		8.516E-01	
Activité alpha t=0 Finale		2.736E+03		3.429E+05		4.642E+03		1.432E+05	
Activité alpha t=300 Finale	7.50E+05	1.681E+03	0.22%	1.954E+05	26.05%	2.553E+03	0.34%	6.931E+04	9.24%
Activité alpha t=500 Finale		1.282E+03	0.17%	1.500E+05	20.00%	1.951E+03	0.26%	5.146E+04	6.86%
Activité bêta t=0 Finale		8.696E+03		7.897E+05		3.297E+04		2.917E+06	

Tableau 6 : Inventaires radiologiques des colis recatégorisables et situation par rapport aux capacités radiologiques du CSA

On note que :

- Pour les 143 CAC
 - o Les quantités totales d'activités des 143 colis sont très faibles. Elles correspondent à moins de 1% de chaque capacité radiologique du CSA (au plus à 0,77% de la capacité radiologique en Se79).
- Pour les 81 fûts de bitumes STE2
 - o Les quantités totales d'activités des 81 colis sont très faibles. Elles correspondent à moins de 0,1% des capacités radiologiques du CSA pour chaque radionucléide sauf pour le Se79 (3,3%).
- Pour les 3512 CBF-C'2
 - o Les quantités totales d'activités des 3512 colis sont faibles. Elles correspondent à quelques pourcents des capacités radiologiques du CSA sauf pour le Se79 (45%).
- Pour les 11 353 fûts de bitumes STE3
 - o Les quantités totales d'activités des 11 353 colis sont faibles. Elles correspondent à quelques pourcents des capacités radiologiques du CSA sauf pour le Se79 (30%) et les activités totales alpha à 500 ans correspondant à 20% de la capacité radiologique totale alpha à 300 ans aux CSA.

Sans présager des performances hydrogéologiques du site du stockage de la CCVS, il semble raisonnable de considérer que des populations de colis qui apportent des quantités d'activités faibles en radionucléides mobiles à vies longues devraient être acceptables du point de vue de la sûreté en lien avec les transferts de la radioactivité par l'eau. Il est même attendu par les producteurs de déchets que le service industriel rendu par un stockage en sub-surface soit supérieur à celui du CSA.

Pour ce qui concerne les risques associés aux transferts par l'air, le respect des IRE colis garantit l'acceptabilité vis-à-vis de scénarios localisés et le respect des IRE familles garantit l'acceptabilité vis-à-vis du scénario chantier routier et donc de chacune des familles dans sa totalité.

Au final, Orano estime que chacune des familles de colis recatégorisables est acceptable pour une prise en charge au stockage de la CCVS à la lumière des éléments disponibles concernant ce projet de stockage. Le rapport Orano [1] en réponse à l'article 30 a précisé que les besoins de stockage de ces colis se situent dès son ouverture, donc dès 2050 environ, et pour une période d'au moins 25 ans.

8.3. Perspective

En fonction d'une part des avis de l'Andra et de l'ASN sur la présente démarche et en fonction des résultats des évaluations de sûreté que l'Andra présentera pour les colis recatégorisés ici et dans le Dossier 2023 FAVL, la question de la recatégorisation des colis qui restent à produire sera traitée.

Cas des 324 CAC COG-050 à terminaison

La production est terminée et étudiée en totalité donc la question est sans objet pour eux.

Cas des 340 fûts STE2 COG-420 à terminaison

On pourra étudier la recatégorisation des 46 fûts spécifiques non étudiés ici.

Cas des 13 100 fûts STE3 COG-020 à terminaison

Le nombre de fûts non encore produits à fin 2021 est : 13 100 fûts (inventaire à terminaison de l'inventaire de référence de Cigéo) - 11 513 fûts (étudiés ici) = 1587 fûts.

En appliquant le taux de colis re-catégorisables à fin 2021 (11 353 / 11 513) aux 1587 fûts à produire l'inventaire à terminaison des fûts STE3 re-catégorisables serait de 12 918 fûts.

Cas des 9148 CBF-C'2 COG-030 à terminaison

De même, l'application du taux re-catégorisable à fin 2021 (3512/6557) à l'inventaire à terminaison conduit à une recatégorisation de 4900 CBF-C'2.

Par ailleurs, la question de l'application de l'IRE 2 colis Cas 1 Andra aux fûts de bitumes est posée puisqu'elle permettrait de recatégoriser 100% de la production et donc de retirer toutes les populations de fûts STE2 et STE3 de l'inventaire de Cigéo. Il conviendrait pour cela de vérifier les valeurs de ded des colis au-dessus de l'IRE de 1 ; mais compte-tenu du concept du colis CBF-K il n'est pas attendu de Ded CBF-K élevés.

9. Conclusion

Le présent rapport retrace l'historique des travaux d'Orano depuis 2011 sous l'égide du PNGMDR 2010-2012 jusqu'en 2022, qui visaient à définir des critères de distinction entre colis de déchets MA-VL et FA-VL. Ces travaux ont consisté à considérer que des critères correspondants aux LMA (RN alpha et irradiants) et aux Ded du CSA détendus pourraient constituer de bons seuils de discrimination. Cette hypothèse s'appuie sur une similitude des doctrines de sûreté des stockages de surface et de sub-surface qui conduisent à limiter les activités massiques initiales des colis pour rendre les conséquences d'intrusions à la banalisation acceptables, au regard des mêmes scénarios.

Avec cette approche, Orano a identifié des populations de CBF-C'2 dans un premier temps (2011), puis de CAC et de fûts de bitumes ensuite (2022), qui pourraient respecter de tels critères 5 fois plus élevés qu'au CSA. Il a été vérifié que les colis ainsi triés ne représentaient que de faibles activités totales, correspondant à quelques pourcents des capacités radiologiques du CSA.

Considérant d'une part qu'un stockage de sub-surface devrait être plus capacitif en radionucléides émetteurs alpha et irradiants qu'un stockage de surface, d'autre part qu'il devrait avoir de meilleurs performances de confinement, en troisième lieu que les colis triés représentent des conditionnements déjà reconnus, et enfin qu'aucun point dur relatif à la thermique, la criticité, le confinement, la génération de débit de gaz, et les autres performances n'était identifié, Orano a estimé que les critères de distinction définis pourraient avoir valeur de critères d'acceptation.

Afin d'une part d'orienter la conception de ses colis et de guider ses programmes de RCD en vue d'une rationalisation de la mobilisation des filières de stockage et d'autre part ne disposant pas de critères Andra, Orano a retenu ses propres critères pour définir ses inventaires de colis FA-VL candidats au stockage de la CCSV. L'Andra a donné son accord pour les considérer comme termes sources de ses études du Dossier FAVL 2023.

Par la suite, en mars 2023, l'Andra a publié ses critères sous la forme d'IRE colis et familles qui sont des critères d'exclusion exprimés en activités massiques. Ces critères s'avèrent moins sévères que ceux d'Orano en termes d'activités massiques et dans la mesure où, contrairement à la démarche d'Orano, ils n'imposent pas de Ded limite.

Bien que ces critères Andra permettraient de recatégoriser davantage de colis de la catégorie MA-VL vers la catégorie FA-VL que ceux qu'il a identifiés, Orano a choisi de conserver ses propres critères pour définir ses inventaires de colis de déchets FA-VL.

Les colis ainsi re-catégorisables à fin 2021 sont :

- 3512 CBF-C'2 sur 6557 ;
- 143 CAC sur 324 ;
- 11 353 fûts STE3 sur 11 453 ; et
- 81 fûts STE2 sur 340.

Le recours aux IRE Andra permettrait en particulier de recatégoriser la totalité des fûts de bitumes produits à fin 2021 sur le site Orano de la Hague inscrits à l'inventaire de référence de Cigéo et sans doute ceux qui restent à produire. La question doit être instruite.

Avec le présent rapport, Orano entend apporter sa contribution aux travaux de définition de scénarios de gestion des déchets FA-VL voulus par les PNGMDR depuis le tout premier. Sans présager des conclusions de ces travaux, Orano estime nécessaire que soient établies les acceptabilités intrinsèques de chaque type de colis en stockage de sub-surface ainsi que les acceptabilités des familles entières considérées comme si elles étaient seules.

Ces études d'acceptabilités par type de colis et par familles doivent être achevées pour permettre des arbitrages éclairés sur les scénarios de gestion.

Les critères de discriminations entre déchets FA-VL et MA-VL appelés par Orano depuis 2010 représentent un outil majeur maintenant disponible grâce à la définition d'IRE que l'Andra propose dans son rapport en réponse à l'article 27 de l'arrêté du 9 décembre 2022.

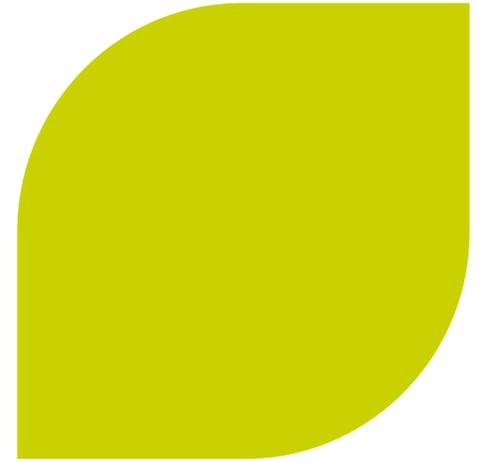
Références

- [1] Orano – Note technique – PNGMDR 2022-2026. Code de l'environnement, Article D542-88. Chroniques de production de déchets de faible activité à vie longue et de leur envoi prévisionnel en stockage - DPS2D NT 2023-081 -29 mars 2023
- [2] Andra - Document technique - PNGMDR 2022-2026 Article n°27 - Définition de critères de distinction des filières de gestion des déchets - FRPAM2S220083 – Mars 2023
- [3] Areva – Présentation – PNGMDR GT Optimisation filières – Recherche de populations de colis ré-orientables d'une filière vers une autres - Présentation du 5 mai 2011
- [4] Andra-Areva-CEA-EDF-RHODIA – Rapport du groupe de travail « Optimisation des filières » - Z RP ADMR 12-0001/A.
- [5] Andra-Areva-CEA-EDF-Solvay – Rapport 2015 du groupe de travail « Optimisation de la répartition de déchets entre filières de gestion ». – FRPADPG 50004 – Le 31/03/2015.
- [6] ASN - Note d'orientation relative aux orientations générales de sûreté en vue d'une recherche de site pour le stockage des déchets de faibles activités massiques à vie longue - 2008
- [7] Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs.
- [8] Andra-Areva-CEA-EDF-RHODIA – Présentation : Optimisation de la cohérence globale des filières de gestion – Optimisation de la répartition des déchets entre filières de gestion – Le 16/02/2012.
- [9] ASN - RFS I.2 – Objectifs de sûreté et base de conception pour les centres de surface destinés au stockage à long terme de déchets radioactifs solides de période courte ou moyenne et de faible ou moyenne activité massique – 19 juin 1984.
- [10] Andra - PNGMDR 2013-2015 – Projet de stockage de déchets radioactifs de faible activité massique à vie longue (FA-VL) – Rapport d'étape 2015 - FRPADPG150010
- [11] Andra – Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base Cigéo – Pièce 19 – Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis – CG-TE-D-SPE-AMOA-SR0- 0000-19-0040/A – Décembre 2023

Annexe

PNGMDR - GT Optimisation filière
Présentation Areva du 5 mai 2011
Recherche de populations de colis ré-orientables d'une filière vers
une autre

PNGMDR GT Optimisation filières –



**Recherche de population de
colis ré-orientables d'une
filière vers une autre**

BU-R/DIRP/DS

GT DGEC 5 mai 2011



Objectif de la démarche illustrative



- ▶ **Identifier des populations de colis de déchets MAVL produits pour lesquels la question d'une ré-orientation vers une filière de stockage en sub-surface pourrait se poser, afin de répondre à la demande du PNGMDR**
- ▶ **Illustrer le besoin des producteurs de déchets de disposer d'un minimum de critères quantitatifs d'acceptation en stockage de type sub-surface**
- ▶ **Prendre en compte les difficultés pour l'ANDRA de dériver des critères d'acceptation compte tenu de l'absence de site en participant à l'identification des besoins de stockage des colis**
- ▶ **Partager dans le cadre du GT DGEC sur l'opportunité de poursuivre une telle démarche avec l'ensemble des exploitants et avec l'aide de l'ANDRA**

Domaine d'application de l'illustration (1/2)



- ▶ **Déchets affectés à ce jour à la catégorie MAVL**
 - ◆ Pas les déchets FAVL, FMA-VC, TFA
- ▶ **Colis déjà produits**
 - ◆ Pour lesquels il existe une connaissance de caractéristique au niveau du colis
 - ◆ Pas les colis à produire décrits par un colis moyen et enveloppe dans les dossiers de connaissance
- ▶ **Colis affectés par défaut au stockage profonds et pour lesquels une orientation en stockage de type SCR pourrait être instruite : illustration pour les colis :**
 - ◆ Coques Amiantes Ciments CAC 300 AQ 038
 - ◆ CBF-C'2 300 AQ 044
 - ◆ Fûts de bitumes STE 3 300 AQ 027
 - ◆ Fûts de bitume STE 2

Domaine d'application de l'illustration (2/2)



- ▶ **Population de colis dont les caractéristiques radiologiques sont les plus basses**
- ▶ **Caractéristiques retenues : comparables à des critères d'acceptation quantifiés dans les spécifications d'acceptation ANDRA au CSFMA**
 - ◆ **Activité massique totale alpha**
 - ◆ **Activité massique de certains radionucléides bêta à vie longue importants pour la sûreté du CSFMA**
 - ◆ **Débit d'équivalent de dose bêta gamma**
 - ◆ **(Puissance thermique)**
- ▶ **A ce stade et pas de considération des problématiques relatives à la radiolyse, au gonflement, aux taux de vide, ...**

Parti pris de la démarche



- ▶ **La démarche ne vise aucunement à porter une appréciation sur d'éventuels critères d'acceptation d'un stockage de type SCR ou SCI**
- ▶ **MAIS part du principe que pour présenter un intérêt industriel, un stockage de type sub-surface devrait proposer des critères d'acceptations moins sévères que ceux du CSFMA**

Justification des critères retenus (1/4)



- ▶ **Activité massique totale alpha**
(CSFMA LMA = 3700 Bg/g à 300 ans)
 - ◆ Critère directement relié de manière quantitative à des scénarios de type intrusion mettant en jeu des transferts de la radioactivité par l'air
 - ◆ Un des critères d'acceptation souvent mobilisé pour refuser (de justesse) des déchets au CSFMA
 - ◆ Critère d'acceptation qui ne dépend pas du site puisque les scénarios dont ils sont dérivés ne prennent pas en compte de performance du site ou du concept, autre qu'une « dilution » par des matériaux non contaminés en place
 - ◆ Critère pratique car il prend en compte la nuisance de l'ensemble des émetteurs alpha (hors nuisances spécifiques type Ra 226, Th 232)
 - ◆ Critère lié, via une hypothèse d'homogénéisation, à la capacité radiologique d'un stockage de type surface ou sub-surface
 - ◆ Remarque : par mesure de précaution et de simplification, les activités des colis sont ici présentées à la production et non à 300 ans (sauf C'2 car aisément disponibles)

Justification des critères retenus (2/4)



▶ **Activité massique d'émetteurs bêta gamma à vie longue importants pour la sûreté du CSFMA**

CI 36 (CSFMA LMA = 5 Bq/g)

- ◆ **LMA très basse au CSFMA**
- ◆ **RN également important pour la sûreté du CSFMA vis-à-vis des transferts par l'eau et contributeur majoritaire dans tous les stockages**

Sn 126 (CSFMA LMA = 2,7 Bq/g)

- ◆ **LMA la plus basse au CSFMA**

I 129 (CSFMA LMA = 1400 Bq/g)

- ◆ **RN également important pour la sûreté du CSFMA vis-à-vis des transferts par l'eau et contributeur majoritaire dans tous les stockages**

Justification des critères retenus (3/4)



- ▶ **Débit d'équivalent de dose bêta gamma au contact (CSFMA 2 et 10 mSv/h au contact)**
 - ◆ Critère spécifié et utilisé par les exploitants pour orienter un colis vers le CSFMA ou le CIGEO par défaut, notamment dans le cas des CBF-C2 de La Hague

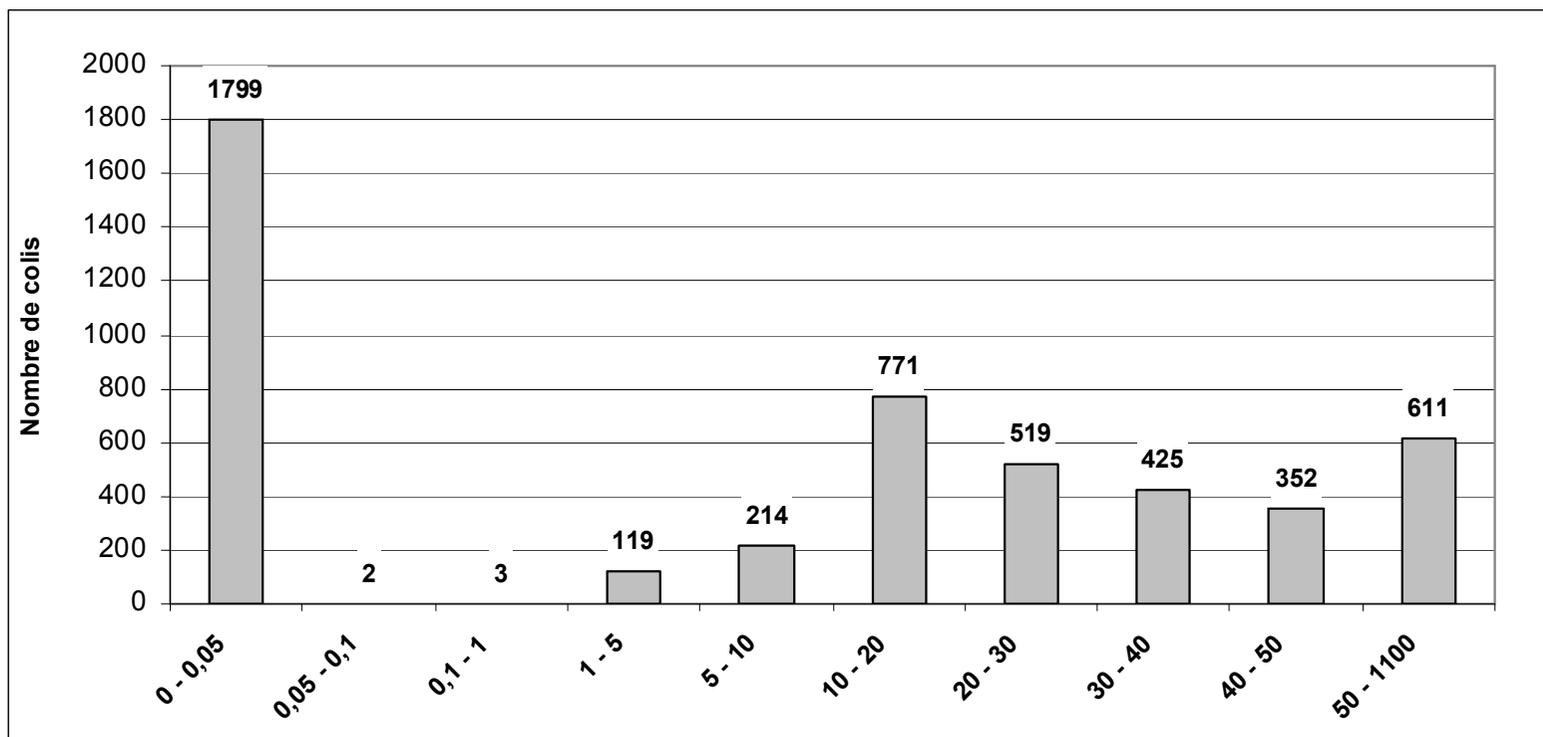
- ▶ **Puissance thermique**
 - ◆ Critère pertinent pour une affectation en stockage profond
 - ◆ A ce stade de la démarche pas de tri par niveau de Wt mais domaine d'application limité aux colis « objectivement froids » < 1 W

Justification des critères retenus (4/4)



- ▶ La démarche suppose donc à ce stade pour un stockage de type SCR
 - ◆ Que les contraintes d'exploitations mises en œuvre pour la gestion du SCR pourront permettre de gérer des **Ded égaux ou supérieurs à 2 et 10 mSv/h**
 - ◆ Que les colis de **puissance thermique** < 1 Watt seront acceptables en stockage de type SCR
 - ◆ Que le passage en plus grande profondeur que le CSFMA permettra d'accepter des colis **d'activités massiques totales alpha** à 300 ans supérieures à 3700 Bg/g
 - ◆ Que les performances d'un stockage de type SCR permettront d'accueillir des colis **d'activités massiques de RN bêta à vie longue** supérieures aux LMA du CSFMA

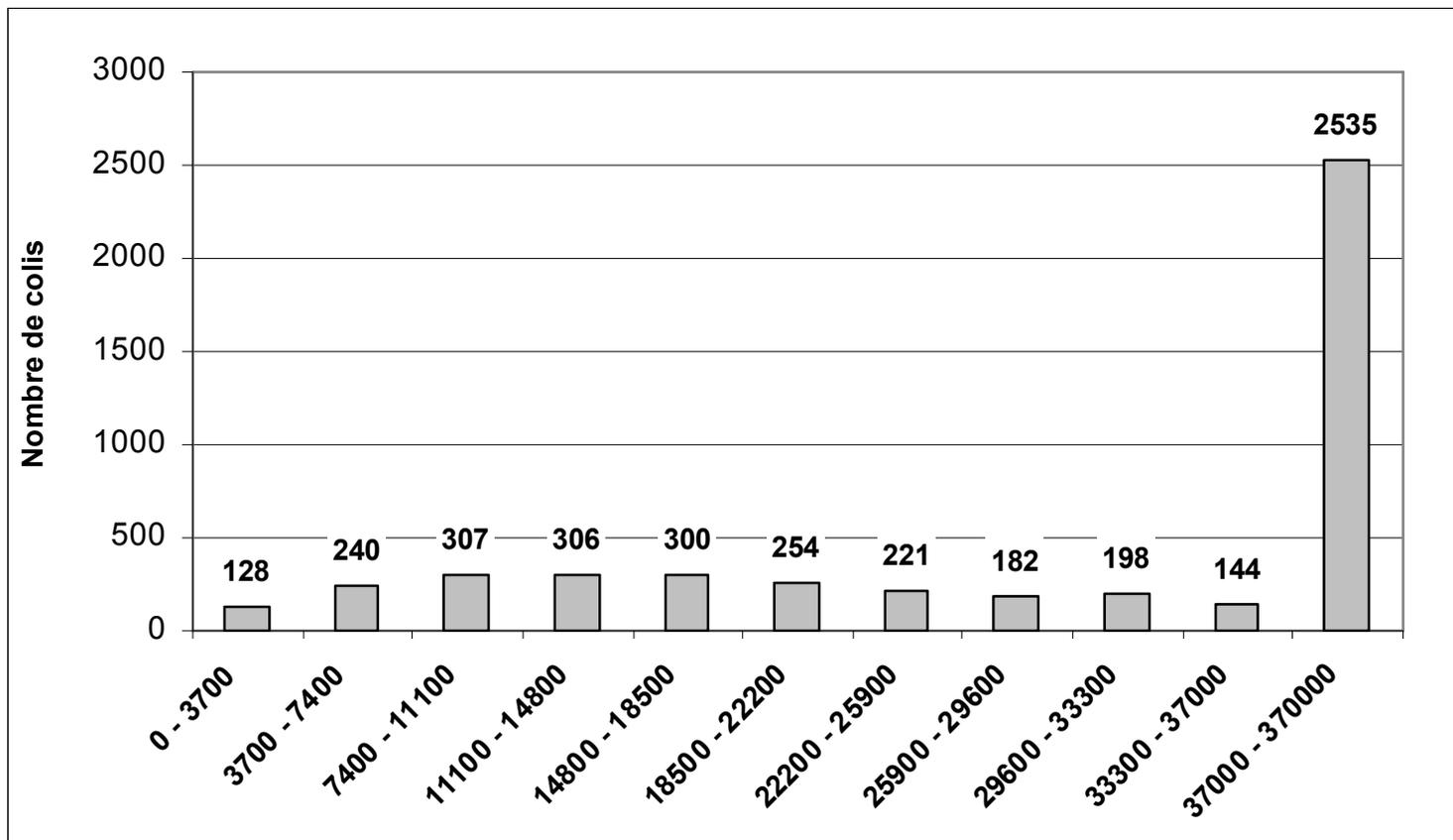
Caractéristiques des colis CBF-C'2 Ded bêta gamma au contact



Répartition des Ded (mGy/h) bêta gamma au contact des colis CBF-C'2
produits entre 1994 et 2010

Caractéristiques des colis CBF-C'2

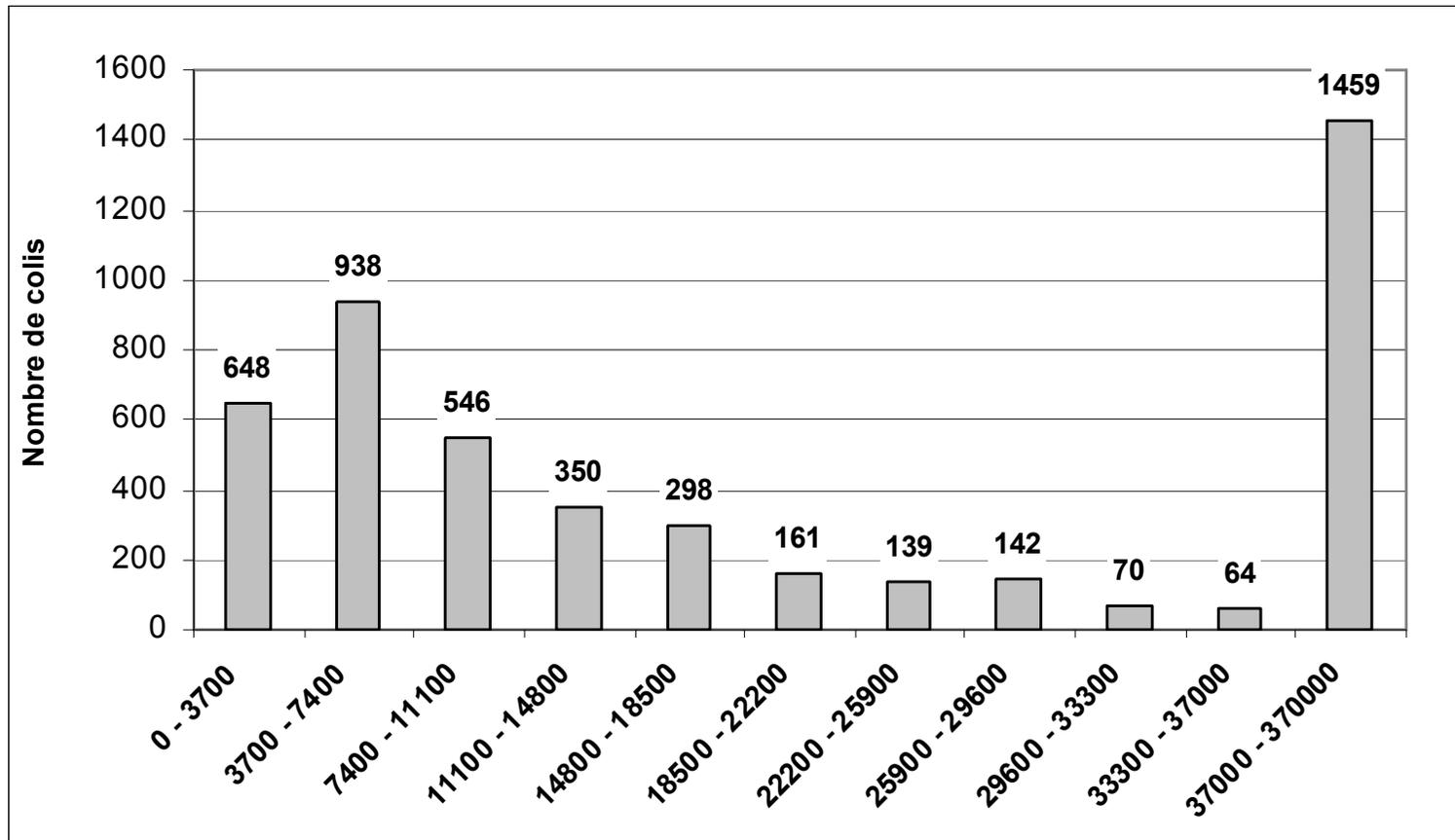
Activité massique alpha à t0



Répartition des activités massiques alpha à t0 des colis CBF-C'2
produits entre 1994 et 2010

Caractéristiques des colis CBF-C'2

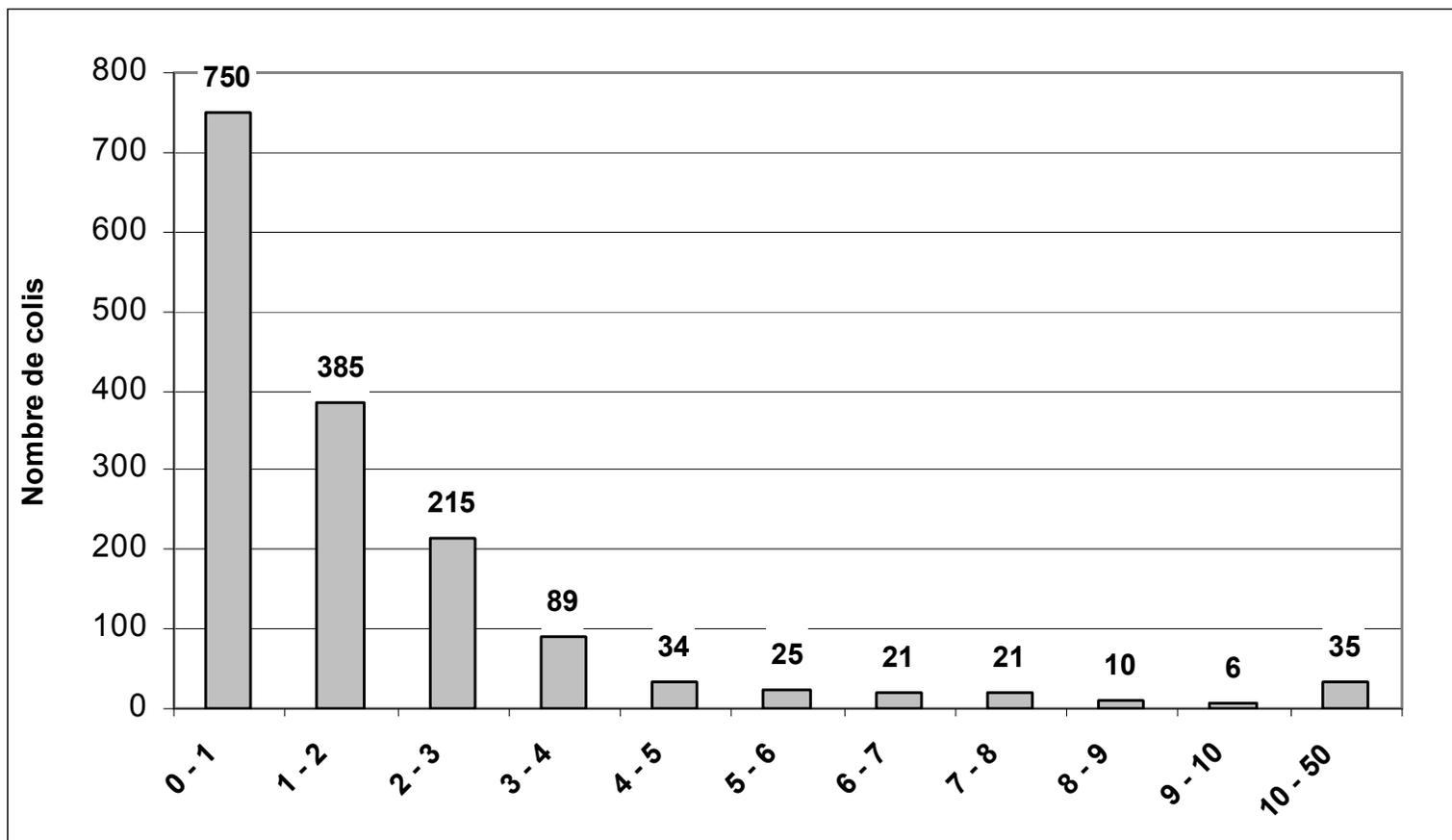
Activité massique alpha à 300 ans



Répartition des activités massiques alpha à 300 ans des colis CBF-C'2
produits entre 1994 et 2010

Caractéristiques des colis CBF-C'2

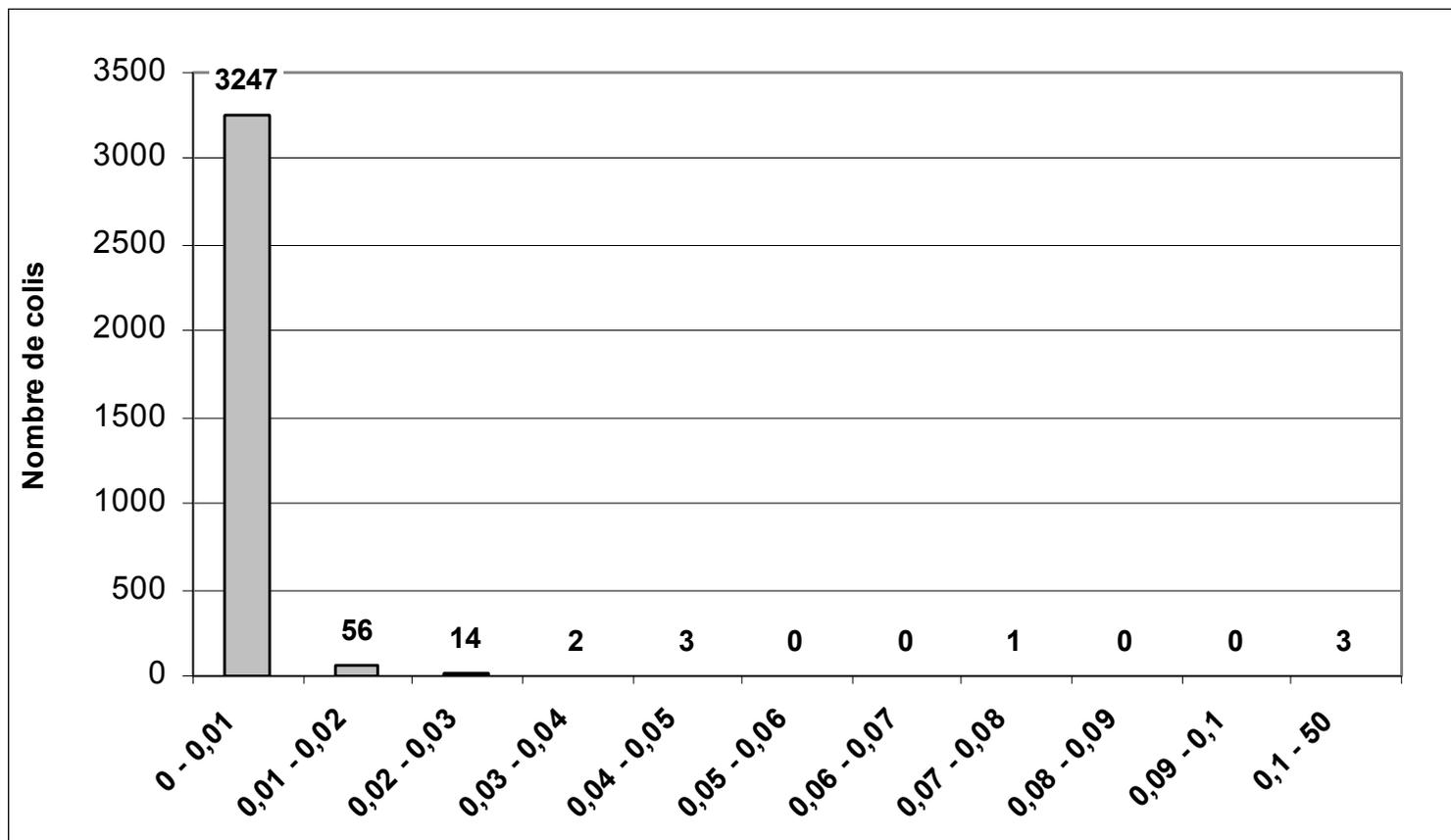
Activité massique CI 36 à t0



Répartition des activités massiques CI 36 à t0 des colis CBF-C'2
produits entre 1994 et 2010

Caractéristiques des colis CBF-C'2

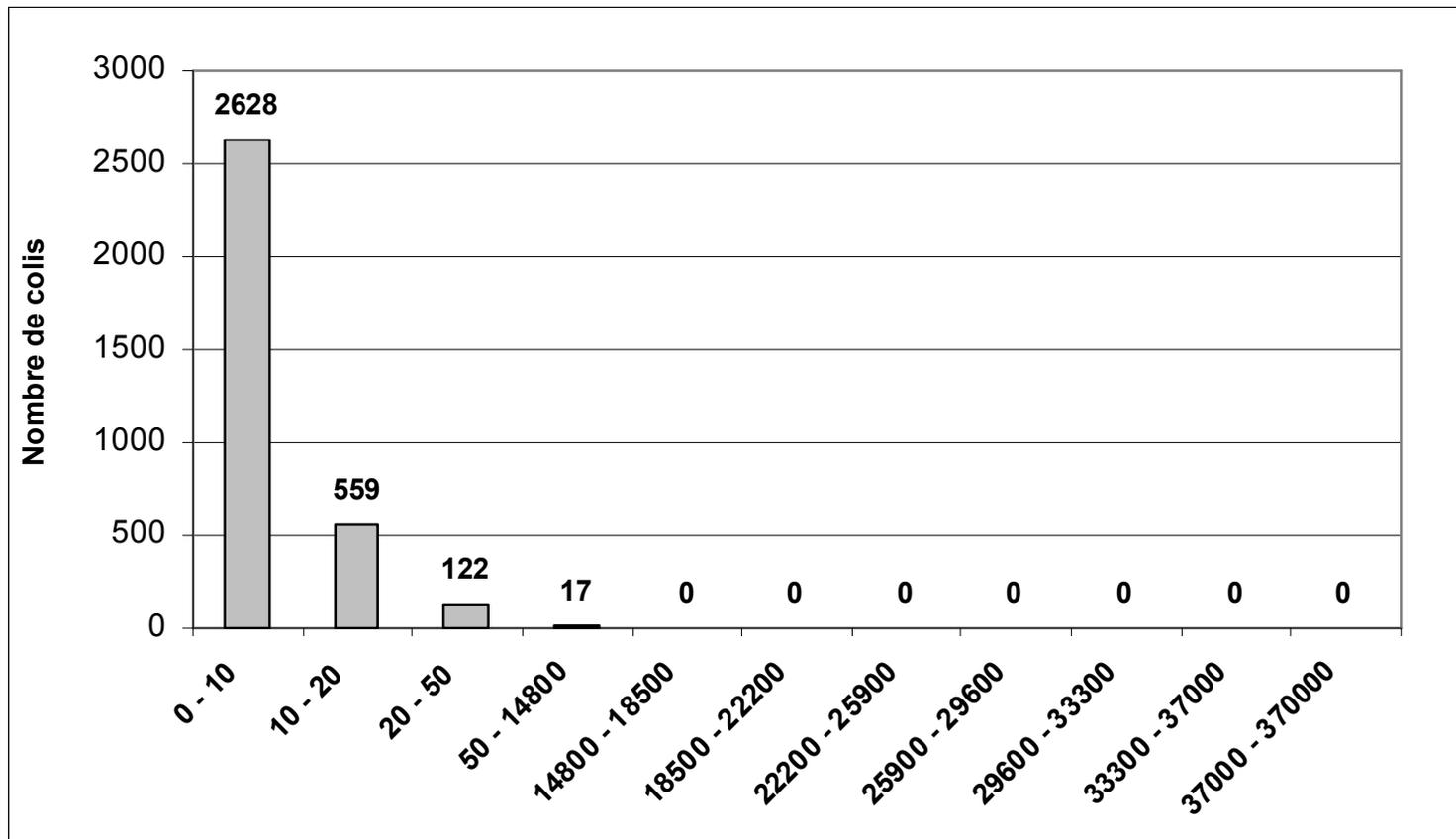
Activité massique Sn 126 à t0



Répartition des activités massiques Sn 126 à t0 des colis CBF-C'2
produits entre 1994 et 2010

Caractéristiques des colis CBF-C'2

Activité massique I 129 à t0



Répartition des activités massiques Sn 129 à t0 des colis CBF-C'2
produits entre 1994 et 2010

Synthèse CBF-C'2



► Population analysée

- ◆ 1591 à 4815 colis étudiés selon les paramètres

► Critères de référence = critères CSFMA

- ◆ Ded = 10 mSv/h; LMA alpha 300 ans; LMA CI36; LMA Sn126; LMA I129

► Critères étudiés

- ◆ 10 * Critères CSFMA
 - 1379 CBF-C'2 respectant critères
- ◆ 100 * Critères CSFMA
 - 1591 CBF-C'2 respectant critères
- ◆ Optimisation Grossière
 - 50 * Ded CSFMA
 - 50 * LMA alpha 300 ans CSFMA
 - 10 * LMA Sn 126
 - 1 * LMA CI36
 - 1 * LMA I129
 - 1467 respectant critères

Synthèse CBF-C'2, CAC, STE 2 et STE 3



Nombre de colis respectant l'ensemble des critères illustratifs posés pour un échantillon étudié de 8430 colis aujourd'hui classé en MAVL, et pour une population potentielle de 19 644 colis

Colis	10 * CSFMA	100 * CSFMA	Optimisation grossière	Population étudiée	Inventaire SI 2009
STE 3	447	6184	4258	6184	11900
STE 2	0	322	96	331	340
CBF-C'2	1379	1591	1467	1591	7080
CAC	157	157	288	324	324
Nombre total	1983	8254	6109	8430	19644
Volume total (m3)	1912	3507	3037		

Remarques : Les critères posés sont parfois élevés pour être exploratoires (SCR et SCI) et dans la mesure où les caractéristiques des colis sont évalués à la production

Conclusion (1/2)



► Optimisation possible en prenant en compte

◆ Le vieillissement des colis entre la production et la date d'arrivée au stockage

- Ded C'2 (dû principalement en début de vie au Cs 137, Cs134 et Co 60) décroît en moyenne de 70% en 25 ans)
- Ded STE 3 (dû principalement en début de vie au Cs137, CS 134, et Rh 106) décroît de 75% en 25 ans)

En conséquence les populations identifiées respectent des critères plus faibles en Ded que ceux affichés : 3 et 30 fois le Ded CSFMA)

◆ La date de l'occurrence des scénarios d'intrusions

- Activité massique alpha (hors C'2 à 300 ans déjà pris en compte)
- Eventuellement intrusion plus tardive que 300 ans pour tenir compte de la profondeur du stockage

Conclusion (2/2)



- ▶ **Généralisation possible de l'étude**
 - ◆ à toute la production réalisée des colis CAC, C'2, STE 2 et STE 3 : **19 644 au lieu de 8 430 colis**
 - ◆ à tous les colis MAVL produits : **CE cimentées, CSD-C**
 - ◆ à la production à venir en se basant sur les caractéristiques radiologiques des colis moyen et/ou enveloppe des dossiers de connaissance (C5, C'2, STE 3, CSD-C)
- ▶ **Intérêt pour le GT de poursuivre la démarche ?**
 - ◆ Par exemple pour stockage de type SCI
- ▶ **Possibilité d'échanger avec l'ANDRA**
 - ◆ Sur des critères quantitatifs objectivement raisonnables?
 - ◆ Les autres paramètres même qualitatifs importants pour la sûreté du stockage de type SCR?