Annexe 1

Référentiel de gestion à long terme des déchets radioactifs

Approche unifiée d'identification de solutions de gestion à long terme, plus particulièrement pour les déchets radioactifs radifères et les déchets radioactifs NORM, et considérations relatives à l'établissement de plans stratégiques en vue de leur gestion

NIROND 2015-01 F Février 2015

Ce document est le fruit d'un large travail d'équipe au sein de l'ONDRAF et avec Brigitte Cornélis, rédactrice scientifique indépendante, qui l'a rédigé. Il est aussi disponible en néerlandais.

Contact : ONDRAF, Service Communication, Avenue des Arts 14, 1210 Bruxelles
www.ondraf.be

Informations complémentaires : www.ondraf.be

Référence : ONDRAF, Référentiel de gestion à long terme des déchets radioactifs — Approche unifiée d'identification de solutions de gestion à long terme, plus particulièrement pour les déchets radioactifs radifères et les déchets radioactifs NORM, et considérations relatives à l'établissement de plans stratégiques en vue de leur gestion, rapport NIROND 2015-01 F, 2015

Editeur responsable : Jean-Paul Minon, Avenue des Combattants 107 A, 1470 Genappe

Préambule

Le présent document tient compte des modifications apportées au cadre légal et réglementaire belge et européen de radioprotection et de sûreté par trois textes récents essentiels :

- la directive 2011/70/Euratom du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs [UE, 2011] ;
- la loi du 3 juin 2014 qui transpose en droit belge la directive 2011/70/Euratom [Moniteur belge, 2014] ;
- la directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les précédentes directives de radioprotection [UE, 2013].

Les principales modifications apportées par la loi du 3 juin 2014 pertinentes pour le présent document sont les suivantes :

- modification de la définition de déchet radioactif ;
- remplacement du terme « dépôt » par le terme « stockage », sans changement de sens ;
- affirmation, reprise de la directive 2011/70/Euratom, que le stockage est la dernière étape de la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé considéré comme déchet radioactif ;
- obligation d'avoir des politiques nationales en matière de gestion des déchets radioactifs, y compris les déchets radioactifs radifères et les déchets radioactifs issus des activités professionnelles, et en matière de gestion du combustible usé et d'avoir un programme national de gestion.

La directive 2011/70/Euratom impose par ailleurs aux Etats membres d'établir et de maintenir un cadre national législatif, réglementaire et organisationnel pour la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé.

Le présent document intègre déjà les éléments de radioprotection liés à la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé introduits par la directive 2013/59/Euratom, dont l'échéance de transposition par les Etats membres est fixée au 6 février 2018, pour autant qu'ils n'introduisent pas d'incohérences gênantes avec le cadre légal et réglementaire national de radioprotection existant, constitué par l'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants [Moniteur belge, 2001]. Ainsi, le présent document

- intègre les notions de situation d'exposition planifiée et de situation d'exposition existante ;
- intègre l'obligation nouvelle faite aux Etats membres d'appréhender selon les mêmes normes de base l'exposition du public aux dangers résultant des rayonnements ionisants d'origine artificielle et l'exposition du public aux dangers

résultant des rayonnements ionisants qui proviennent de matières naturellement radioactives.

Pour ces deux derniers points toutefois, le présent document ne suit pas complètement la directive 2013/59/Euratom, en ce que

- il ne remplace pas encore la notion d'intervention, qui figure dans le règlement général de radioprotection existant, par la notion de mesures correctives ou de remédiation ;
- il ne supprime pas encore la distinction entre les pratiques et les activités professionnelles, qui font l'objet d'une distinction claire dans le règlement général de radioprotection.

Résumé exécutif

Dès sa création, et conformément à ses missions légales, l'ONDRAF a progressivement développé un système de gestion pour l'ensemble des déchets radioactifs qu'il est amené à prendre en charge, soit les déchets qui, après traitement et conditionnement, aboutissent dans la catégorie A (déchets conditionnés de faible et moyenne activité et de courte durée de vie) ou dans les catégories B et C (déchets conditionnés de haute activité et/ou de longue durée de vie, y compris les combustibles usés déclarés comme déchets).

Comme affirmé par la directive 2011/70/Euratom et par la loi du 3 juin 2014 qui la transpose en droit belge, les déchets radioactifs doivent, à terme, être mis dans une installation de stockage, c'est-à-dire mis dans une installation de gestion sans intention de récupération. En pratique, les déchets de catégorie A seront, conformément aux décisions du gouvernement fédéral, stockés en surface dans la commune de Dessel. Le gouvernement fédéral n'a par contre pas encore fixé de politique pour la gestion à long terme des déchets des catégories B et C, ou déchets B&C : la solution préconisée par l'ONDRAF dans le Plan Déchets B&C, qu'il a remis à sa tutelle en septembre 2011, est le stockage géologique dans une argile peu indurée.

Le système de gestion actuel de l'ONDRAF ne couvre pas la gestion des déchets radioactifs suivants :

- les déchets radioactifs radifères contenus dans les installations d'entreposage d'Umicore à Olen autorisées par l'autorité de sûreté, en l'occurrence l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire (AFCN), et ceux qui proviendront d'assainissements futurs décidés ou qui viendraient à être décidés par elle ;
- les déchets radioactifs NORM *(naturally occurring radioactive materials)* issus du démantèlement des installations de certaines industries NORM et d'assainissements futurs éventuels liés aux industries NORM ;
- d'éventuels autres déchets radioactifs issus d'assainissements futurs.

Or comme

- l'arrêté royal du 30 mars 1981 impose à l'ONDRAF d'avoir un programme général de gestion à long terme pour tous les déchets radioactifs (article 2) ;
- la loi du 2 août 2002, qui porte assentiment à la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, faite à Vienne en 1997, impose à la Belgique d'avoir une politique pour la gestion à long terme de ses déchets radioactifs ;
- la directive 2011/70/Euratom, qui a été transposée en droit belge le 3 juin 2014, dispose que *« Les Etats membres instituent et maintiennent des politiques nationales en matière de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs »* (article 4.1), et donc en particulier qu'ils instituent et maintiennent des politiques nationales en matière de gestion à long terme, et qu'ils établissent et maintiennent un cadre national législatif, réglementaire et organisationnel qui prévoit notamment *« un programme national de mise en œuvre de la politique en matière de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs »* (article 5.1.a) ;

Par **« déchets radioactifs radifères »**, l'ONDRAF entend les déchets contenant du radium qui trouvent essentiellement leur origine dans les activités historiques de production de radium sur le site d'Olen et dans des applications spécifiques du radium et qui ont le statut de déchets radioactifs *au sens légal et réglementaire* (par opposition au sens purement physique), c'est-à-dire de déchets contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée pour des raisons de radioprotection et dont la gestion à long terme doit donc être assurée par l'ONDRAF. De même, il utilise l'expression **« déchets radioactifs NORM »** pour désigner des déchets NORM qui sont radioactifs au sens légal et réglementaire.

- la loi du 3 juin 2014 modifiant l'article 179 de la loi du 8 août 1980 relative aux propositions budgétaires 1979–1980 en vue de la transposition dans le droit interne de la directive 2011/70/Euratom dispose que *« […] le Roi institue et maintient des Politiques nationales en matière de gestion des déchets radioactifs et du combustible usé […] »* (article 4) et que *« Le Programme national inclut […] les informations relatives aux situations historiques et aux activités professionnelles passées ou en cours qui ont généré ou qui génèrent des substances susceptibles d'être qualifiées comme déchets radioactifs ainsi que les principes de base des modes de gestion envisagés pour ces déchets radioactifs, dans l'hypothèse où leur gestion ne peut être assurée par des modes de gestion existants. »* (article 6) ;
- la directive 2013/59/Euratom, qui devra être transposée dans le droit national des Etats membres au plus tard le 6 février 2018, établit notamment, pour l'exposition du public aux dangers résultant des rayonnements ionisants, des normes de base de radioprotection qui ne font plus de distinction entre les rayonnements ionisants d'origine artificielle et ceux qui proviennent de matières naturellement radioactives (article 1) ;

l'ONDRAF a l'intention, comme il l'a fait pour la gestion à long terme des déchets B&C, d'examiner la question de la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM dans un ou deux plans stratégiques. Ce ou ces plans constituent une étape dans l'établissement des propositions de politiques nationales en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs visés où, par politique nationale de gestion à long terme, l'ONDRAF entend :

- une *solution technique*, à savoir le type de solution de gestion à long terme à mettre en œuvre pour les déchets radioactifs visés, y compris des indications quant aux spécificités du système de stockage (sur ou hors site de production des déchets, le cas échéant type de formation hôte) et quant au nombre de stockages (installation unique ou installations multiples) ;
- *accompagnée de conditions complémentaires relatives par exemple au processus décisionnel à mettre en œuvre et aux principes de base à respecter*.

Préalablement à l'établissement du ou des nouveaux plans déchets, l'ONDRAF a établi le présent *Référentiel de gestion à long terme des déchets radioactifs*. Avec celui-ci, il examine pour la première fois dans le même document, à un niveau stratégique et de façon unifiée, la question de l'identification et du développement de solutions pour la gestion à long terme des déchets radioactifs issus des pratiques (à l'exclusion des activités d'extraction de radium et d'uranium) d'une part, et des déchets radioactifs radifères et NORM d'autre part (voir figure en fin de résumé). Compte tenu de l'état d'avancement des programmes relatifs à la gestion à long terme des déchets des catégories A et B&C, sur lesquels il fait le point, il se focalise sur la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères existants et des déchets radifères et NORM qui pourraient prendre le statut de déchets radioactifs. Il vise à préparer une approche cohérente de la gestion à long terme de ces déchets qui tient dûment compte, d'une part, de leurs similitudes radiologiques, à savoir qu'ils ont une longue durée de vie et que la majorité des déchets radioactifs radifères existants et des déchets radioactifs radifères et NORM « potentiels » (en ce sens qu'ils pourraient prendre le statut de déchets radioactifs) sont de très faible et faible activité, et, d'autre part, du fait que les volumes concernés sont potentiellement très élevés.

Ce faisant, le référentiel de gestion à long terme fait surtout apparaître le déficit en politiques nationales de gestion à long terme des déchets radioactifs et les besoins en termes de développement du cadre légal et réglementaire national de radioprotection et de sûreté en matière de gestion à long terme et en matière d'interventions et d'assainissements. **Tous les constats relatifs au cadre légal et réglementaire sont établis du point de vue des besoins de l'ONDRAF pour la bonne exécution de sa mission de gestion à long terme des déchets radioactifs.**

L'ONDRAF a pris en compte l'avis rendu par l'AFCN sur le projet de référentiel pour finaliser le référentiel de gestion à long terme. Il a synthétisé point par point dans une note séparée la manière dont il a pris cet avis en considération.

Considérant que

- selon le consensus international reflété par la classification de l'AIEA de 2009, les déchets de très faible activité peuvent être stockés dans des installations de type « décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur » ;
- le cadre légal et réglementaire national en matière d'interventions et d'assainissements et en matière de sûreté de la gestion à long terme des déchets radioactifs issus d'assainissements n'a pas encore été développé ;
- les déchets radifères (potentiellement) radioactifs sont majoritairement des déchets de très faible activité ;
- les résidus NORM potentiellement radioactifs sont majoritairement des déchets de très faible activité ;
- les déchets radioactifs radifères et les déchets radioactifs NORM seront majoritairement des déchets d'assainissement ;
- l'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants dispose que les déchets radioactifs d'intervention ne doivent pas être conditionnés pour leur gestion à long terme, sauf décision contraire de l'AFCN (articles 33 et 35.1) ;

la solution de référence primaire de l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM est le stockage en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur. L'ONDRAF appelle « décharges nucléaires » des installations de stockage, dont les barrières ouvragées sont plus ou moins développées, destinées à accueillir des déchets radioactifs de très faible activité conditionnés ou *non conditionnés* (par opposition aux installations de stockage au sens usuel qui, dans les cas étudiés jusqu'ici en Belgique, ne peuvent accueillir que des déchets *conditionnés*).

Pour la (les) fraction(s) des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM dont les caractéristiques radiologiques font qu'elles ne peuvent, pour des raisons de sûreté, être gérées selon la solution de référence primaire, des solutions de référence secondaires sont envisageables, à savoir le stockage des déchets sous forme conditionnée en surface ou à faible profondeur, à profondeur intermédiaire, ou éventuellement même le stockage géologique. Des options alternatives assurant un niveau de sûreté au moins équivalent à celui offert par les solutions de référence pourront se substituer à celles-ci quand, par exemple, des considérations d'optimisation de la gestion le justifient.

Dans son avis relatif au projet de référentiel de gestion à long terme, l'AFCN questionne a priori la faisabilité en termes de sûreté de la solution du stockage en surface ou à faible profondeur pour les déchets radioactifs radifères de faible activité en raison de leur longue durée de vie. L'ONDRAF constate que ce point de vue ne repose pas sur des éléments du cadre légal et réglementaire national et considère en outre qu'il est prématuré. Ce n'est en effet qu'au stade des évaluations de sûreté du système de stockage développé qu'il sera possible de déterminer, dans le cadre d'une approche systémique, la quantité de radionucléides de longue durée de vie qui peuvent être acceptés dans une décharge nucléaire, voire un stockage en surface ou à faible profondeur.

L'ONDRAF a la volonté de poursuivre ses programmes de gestion à long terme des déchets des catégories A, B et C ainsi que les activités préparatoires à la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM aussi loin que raisonnablement possible, malgré le handicap dû au déficit en politiques nationales de gestion à long terme et à l'absence d'un cadre légal et réglementaire national de radioprotection et de sûreté spécifique. L'introduction de ces politiques nationales et des autres éléments légaux et réglementaires requis dans le cadre national s'inscrit dans la ligne des obligations fixées par la directive 2011/70/Euratom et la loi du 3 juin 2014 ainsi que par la directive 2013/59/Euratom, qui devra être transposée en droit belge d'ici le 6 février 2018.

- **Déchets de catégorie A** L'ONDRAF a introduit le dossier de sûreté supportant la demande d'autorisation pour l'installation de stockage pour les déchets de catégorie A auprès de l'AFCN le 31 janvier 2013, bien que les prescriptions de sûreté spécifiques aux stockages n'étaient pas encore fixées à ce moment.

- **Déchets des catégories B et C** Tant que la Belgique ne fixe pas la politique nationale de gestion à long terme des déchets B&C, et conformément à la demande exprimée par sa tutelle en 2011, l'ONDRAF poursuivra ses travaux de recherche, développement et démonstration (RD&D) sur la base de l'hypothèse du stockage géologique dans une argile peu indurée. Certains autres éléments doivent également être fixés pour que l'ONDRAF puisse poursuivre le développement de son programme de gestion à long terme des déchets B&C en suffisante connaissance de cause :

  - le statut (ressource ou déchet) des combustibles usés des centrales nucléaires doit être clarifié au plus tard au moment de commencer le processus de sélection d'un ou plusieurs sites potentiels pour la future installation de stockage ;

  - les prescriptions de sûreté spécifiques aux installations de stockage géologique doivent être fixées par arrêté royal dans le cadre légal et réglementaire dans le courant de la phase de *pre-licensing*, c'est-à-dire durant la phase qui débute avec la fixation d'une politique nationale et s'achève avec la demande d'autorisation de création et d'exploitation de l'installation de stockage visée.

- **Déchets radioactifs radifères et NORM** Malgré l'absence de cadre légal et réglementaire national dédié aux interventions et assainissements, et donc l'impossibilité pour l'ONDRAF d'établir l'inventaire des déchets radifères et NORM d'assainissement qu'il pourrait être amené à devoir gérer à long terme en tant que déchets radioactifs, l'ONDRAF établira un ou deux plans stratégiques pour la

gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM afin de supporter la fixation de politiques nationales en la matière.

Une fois les politiques nationales de gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM fixées par arrêté royal, le développement de projets de stockage mettant en œuvre ces politiques ne sera quant à lui possible que moyennant fixation par voie réglementaire, dans le courant de la phase de *pre-licensing*, des prescriptions de sûreté spécifiques aux installations de stockage pour les déchets radioactifs radifères et NORM, y compris les éventuelles décharges nucléaires en surface ou à faible profondeur.

A terme, le cadre légal et réglementaire devra également fixer la procédure d'autorisation spécifique aux installations de stockage.

Enfin, l'ONDRAF s'interroge sur son implication éventuelle dans la gestion à long terme des sites ayant fait l'objet d'une intervention radiologique sans qu'il y ait eu enlèvement de matières contaminées ainsi que sur la gestion à long terme des décharges qui contiennent des déchets d'intervention dont l'AFCN a jugé qu'ils ne doivent pas être gérés en tant que déchets radioactifs. En effet, dans la mesure où le cadre légal et réglementaire national en matière d'interventions et d'assainissements et en matière de sûreté de la gestion à long terme des déchets radioactifs issus d'assainissements n'a pas encore été développé, les décisions d'intervention déjà prises par l'AFCN sont entourées d'incertitudes juridiques pour ce qui concerne la gestion à long terme des situations associées.

Bien que les interventions radiologiques qui ne s'accompagnent pas de l'enlèvement de matières contaminées et la mise en décharge conventionnelle de déchets d'intervention ne donnent pas lieu à la création de nouvelles installations nucléaires et ne concernent donc a priori pas l'ONDRAF, la présence de radionucléides de longue durée de vie amène nécessairement à s'interroger sur la nécessité d'une gestion à long terme. Cette interrogation est renforcée par la directive 2013/59/Euratom, qui impose notamment aux Etats membres de développer des stratégies d'intervention et, le cas échéant, d'en fixer les objectifs à long terme, ce que la Belgique n'a pas encore fait. Cette interrogation soulève aussi la question de la création de passifs nucléaires si des situations résultant d'interventions radiologiques décidées par l'AFCN et conduites selon des modalités approuvées par elle, sans création d'installation nucléaire, viennent à nécessiter une implication de l'ONDRAF pour la gestion à long terme. Ces situations ne sont en effet pas visées par la mission d'inventaire des passifs nucléaires et l'ONDRAF ne dispose donc d'aucun outil pour (faire) organiser le financement de leur éventuelle gestion à long terme. Davantage qu'un problème pour l'ONDRAF, il y aurait là avant tout un problème pour la société dans son ensemble, puisque c'est à l'Etat ou aux Régions, et donc à la collectivité, qu'il reviendrait de supporter le poids de ces passifs.

Selon l'ONDRAF, les incertitudes juridiques qui entourent actuellement la gestion des situations susceptibles de nécessiter une intervention radiologique devraient donc être levées dans les meilleurs délais et, de même, la question de la gestion à long terme des sites ayant fait l'objet d'une intervention radiologique sans enlèvement de matières contaminées devrait être clarifiée dans les meilleurs délais. La question de la gestion à long terme des décharges conventionnelles qui contiennent des déchets d'intervention semble devoir être également posée.

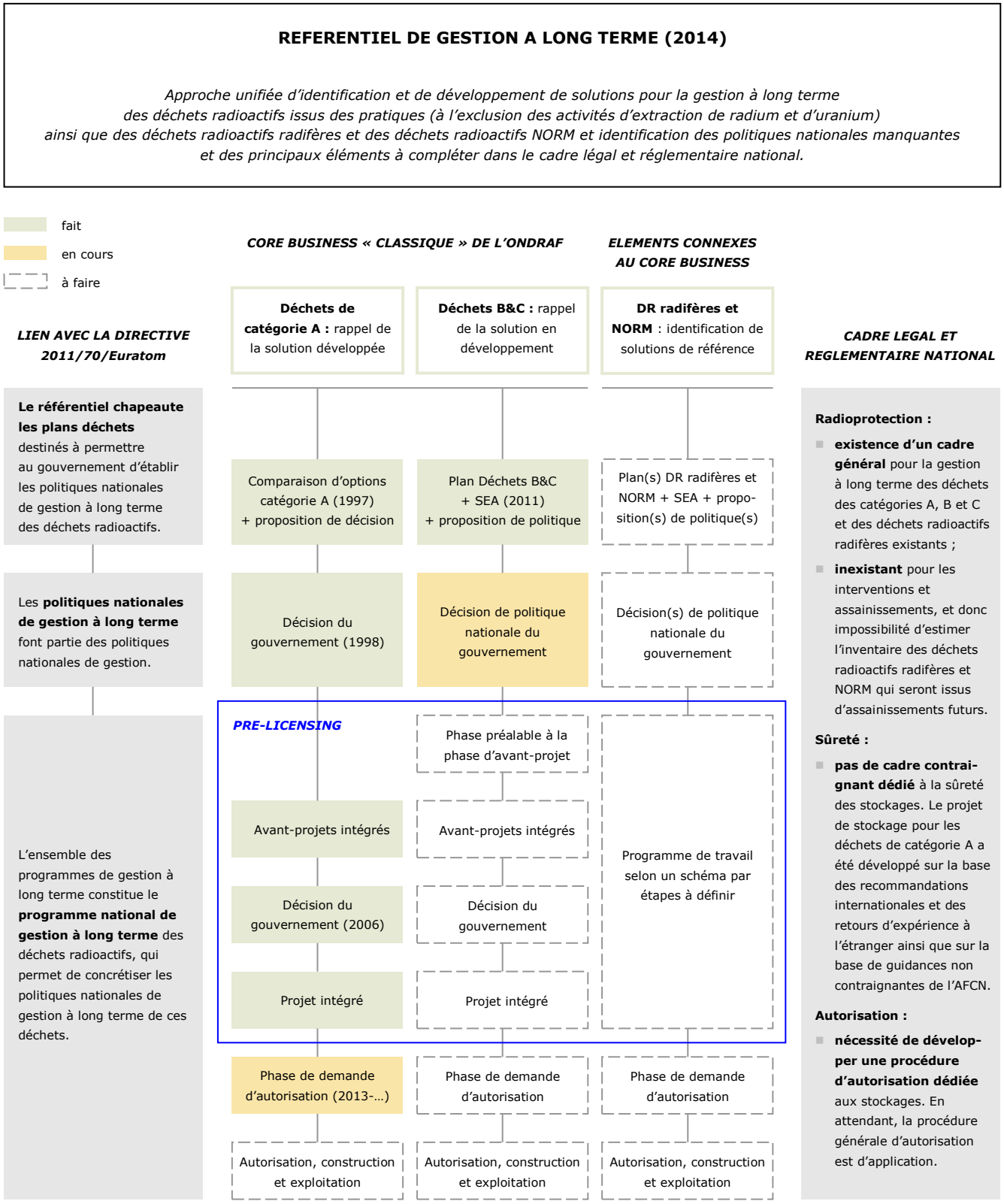


Figure – Représentation simplifiée de la place et du rôle du référentiel de gestion à long terme par rapport aux acquis en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs et à ce qui reste à réaliser et liens entre le système de gestion de l'ONDRAF, les exigences de la directive 2011/70/Euratom et le cadre légal et réglementaire. Les différences de découpage entre le programme B&C et le programme catégorie A sont notamment dues à la prise en compte du retour d'expérience pour le second et aux impositions de la loi du 13 février 2006. L'ONDRAF établira le calendrier du ou des futurs plans déchets quand il disposera des éléments nécessaires.

Table des matières

1 Introduction 1

2 Principes de base pour la gestion à long terme, classification internationale et prérequis pour le développement de plans et projets de gestion 7

2.1 Principes de base 7

2.2 Classification internationale 9

2.3 Prérequis pour le développement de plans et projets de gestion 14

3 Types de substances (potentiellement) à gérer à long terme en tant que déchets radioactifs 15

3.1 Substances dont la gestion à long terme est prévue dans le système de gestion et classification actuelle des déchets radioactifs pour leur gestion à long terme 15

3.2 Substances dont la gestion à long terme n'est pas encore considérée dans le système de gestion 16

3.3 Synthèse 21

4 Gestion à long terme des déchets des catégories A, B et C 23

4.1 Etat d'avancement des dossiers 23
- 4.1.1 Déchets de catégorie A 23
- 4.1.2 Déchets des catégories B et C 24

4.2 Examen des prérequis pour le développement de plans et projets de gestion 24
- 4.2.1 Connaissance de l'inventaire des déchets radioactifs à gérer 24
- 4.2.2 Analyse du cadre légal et réglementaire national de gestion à long terme des déchets radioactifs 26

5 Solutions techniques envisagées par l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM 27

5.1 Identification de solutions de gestion de référence et d'options alternatives 27

5.2 Choix stratégiques de l'ONDRAF en matière de sûreté et de gestion 32

5.3 Futur(s) plan(s) déchets 32
- 5.3.1 Connaissance de l'inventaire des déchets radioactifs à gérer et cadre légal et réglementaire y relatif 33
- 5.3.2 Analyse du cadre légal et réglementaire national de gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM 36
- 5.3.3 Etablissement du ou des futurs plans déchets 36

6 Nouvelle classification envisagée par l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs 39

7 Considérations finales 41

7.1 Prérequis institutionnels à satisfaire 41
7.1.1 Gestion à long terme des déchets de catégorie A 41
7.1.2 Gestion à long terme des déchets des catégories B et C 41
7.1.3 Gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM 42

7.2 Poursuite des activités liées à la gestion à long terme en dépit des besoins en termes de développement du cadre institutionnel 44
7.2.1 Gestion à long terme des déchets de catégorie A 44
7.2.2 Gestion à long terme des déchets des catégories B et C 44
7.2.3 Gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM 44

Annexe 1 Installations de stockage de déchets de très faible et faible activité à l'étranger 47

Annexe 2 Définitions 51

Annexe 3 Acronymes 55

Références 57

1 Introduction

L'ONDRAF, organisme public doté de la personnalité juridique, a pour mission d'assurer la gestion des déchets radioactifs présents sur le territoire belge. Dès sa création, il a donc progressivement développé un système de gestion pour l'ensemble des déchets radioactifs qu'il est amené à prendre en charge, y compris les combustibles usés déclarés comme déchets [1]. Ce système va de l'inventaire (rétrospectif et prospectif) des déchets jusqu'à la mise en œuvre d'une solution sûre à long terme pour leur gestion, en passant par différentes étapes interdépendantes, principalement le traitement, le conditionnement et l'entreposage des déchets. L'inventaire des déchets radioactifs s'accompagne d'une évaluation des moyens financiers nécessaires pour assurer toutes les étapes de leur gestion.

Le système de gestion de l'ONDRAF est maintenu conforme aux dispositions du cadre légal et réglementaire belge, européen et international. Ce cadre met notamment en avant la responsabilité nationale des Etats en matière de gestion de leurs déchets radioactifs et dispose que les solutions de gestion à long terme doivent être telles qu'elles offrent une destination finale aux déchets. Autrement dit, et comme affirmé par la directive 2011/70/Euratom [UE, 2011] et par la loi du 3 juin 2014 qui la transpose en droit belge [Moniteur belge, 2014], les déchets doivent, à terme, être mis dans une installation de stockage, c'est-à-dire mis dans une installation de gestion sans intention de récupération.

Les types de solutions de gestion à long terme à mettre en œuvre n'ont pas encore été fixés pour tous les déchets que l'ONDRAF est actuellement amené à prendre en charge. Conformément aux décisions prises en 1998 et 2006 par le gouvernement fédéral, les déchets conditionnés de faible et moyenne activité et de courte durée de vie (déchets de catégorie A) seront stockés en surface. Ce dossier est actuellement en cours de demande d'autorisation. Par contre, le type de solution à mettre en œuvre pour la gestion à long terme des déchets conditionnés de haute activité et/ou de longue durée de vie (déchets des catégories B et C ou déchets B&C) n'a pas encore été décidé : via son Plan Déchets B&C [ONDRAF/NIRAS, 2011], qu'il a remis à sa tutelle en septembre 2011, l'ONDRAF a recommandé la solution du stockage géologique dans une argile peu indurée (Argile de Boom ou Argiles Yprésiennes).

Le système de gestion actuel de l'ONDRAF ne couvre toutefois pas la gestion des déchets radioactifs suivants :

- les déchets radioactifs radifères contenus dans les installations d'entreposage d'Umicore à Olen autorisées par l'autorité de sûreté, en l'occurrence l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire ou AFCN, et ceux qui proviendront d'assainissements futurs décidés ou qui viendraient à être décidés par elle ;
- les déchets radioactifs NORM (*naturally occurring radioactive materials*) issus du démantèlement des installations de certaines industries NORM et d'assainissements futurs éventuels liés aux industries NORM ;

Déchet radioactif : « substance radioactive sous forme gazeuse, liquide ou solide pour laquelle aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée par l'Etat ou par une personne morale ou physique dont la décision est acceptée par l'adoption d'une Politique nationale relative à cette substance visée aux § 6 et § 7 du présent article et qui est considérée comme un déchet radioactif par l'autorité de réglementation compétente, ou si cette substance doit être considérée comme déchet radioactif sur une base légale ou réglementaire » (loi du 3 juin 2014)

Substance radioactive : « toute substance contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée pour des raisons de radioprotection » (loi du 15 avril 1994)

Combustible usé : « combustible nucléaire irradié dans le cœur d'un réacteur et qui en a été définitivement retiré ; le combustible usé peut soit être considéré comme une ressource valorisable qui peut être réutilisée ou retraitée, soit être destiné au stockage s'il est considéré comme un déchet radioactif » (loi du 3 juin 2014)

[1] Quand elle n'est pas juxtaposée à l'appellation « combustibles usés », l'appellation « déchets radioactifs » doit être comprise dans la suite du texte comme désignant également les combustibles usés déclarés comme déchets.

Entreposage : « maintien de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation, avec intention de retrait ultérieur » (loi du 3 juin 2014)

Stockage : « dépôt de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation, sans intention de retrait ultérieur mais sans préjudice de la possibilité de procéder, le cas échéant, à la récupération d'un déchet conformément aux modalités définies dans les Politiques nationales visées aux § 6 et § 7 du présent article » (loi du 3 juin 2014)

Déchets radifères : déchets contenant du radium qui trouvent essentiellement leur origine dans les activités historiques de production de radium sur le site d'Olen et dans des applications spécifiques du radium

Déchets radioactifs radifères : déchets radifères qui ont le statut de déchets radioactifs au sens légal et réglementaire (par opposition au sens purement physique), c'est-à-dire de déchets contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée pour des raisons de radioprotection et dont la gestion à long terme doit donc être assurée par l'ONDRAF, par opposition aux déchets radifères « non radioactifs », qui sont susceptibles de devoir être mis en décharge conventionnelle

- d'éventuels autres déchets radioactifs issus d'assainissements futurs.

Or comme

- l'arrêté royal du 30 mars 1981 impose à l'ONDRAF d'avoir un programme général de gestion à long terme pour tous les déchets radioactifs (article 2) [Moniteur belge, 1981] ;
- la loi du 2 août 2002, qui porte assentiment à la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, faite à Vienne en 1997, impose à la Belgique d'avoir une politique pour la gestion à long terme de ses déchets radioactifs [Moniteur belge, 2002] ;
- la directive 2011/70/Euratom, qui a été transposée en droit belge le 3 juin 2014 (voir alinéa suivant), dispose que *« Les Etats membres instituent et maintiennent des politiques nationales en matière de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs »* (article 4.1), et donc en particulier qu'ils instituent et maintiennent des politiques nationales en matière de gestion à long terme, et qu'ils établissent et maintiennent un cadre national législatif, réglementaire et organisationnel qui prévoit notamment *« un programme national de mise en œuvre de la politique en matière de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs »* (article 5.1.a) [UE, 2011] ;
- la loi du 3 juin 2014 modifiant l'article 179 de la loi du 8 août 1980 relative aux propositions budgétaires 1979–1980 en vue de la transposition dans le droit interne de la directive 2011/70/Euratom dispose que *« […] le Roi institue et maintient des Politiques nationales en matière de gestion des déchets radioactifs et du combustible usé […] »* (article 4) et que *« Le Programme national inclut […] les informations relatives aux situations historiques et aux activités professionnelles passées ou en cours qui ont généré ou qui génèrent des substances susceptibles d'être qualifiées comme déchets radioactifs ainsi que les principes de base des modes de gestion envisagés pour ces déchets radioactifs, dans l'hypothèse où leur gestion ne peut être assurée par des modes de gestion existants. »* (article 6) [Moniteur belge, 2014] ;
- la directive 2013/59/Euratom, qui devra être transposée dans le droit national des Etats membres au plus tard le 6 février 2018, établit notamment, pour l'exposition du public aux dangers résultant des rayonnements ionisants, des normes de base de radioprotection qui ne font plus de distinction entre les rayonnements ionisants d'origine artificielle et ceux qui proviennent de matières naturellement radioactives (article 1) [UE, 2013] ;

l'ONDRAF a l'intention, comme il l'a fait pour la gestion à long terme des déchets B&C, d'examiner la question de la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM dans un ou deux plans stratégiques. Ce ou ces plans déchets spécifiques qui, en vertu des dispositions de la loi du 13 février 2006 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement et à la participation du public dans l'élaboration des plans et des programmes relatifs à l'environnement [Moniteur belge, 2006], sera (seront) accompagné(s) d'un rapport d'évaluation des incidences environnementales (*strategic environmental assessment* ou SEA), constitue(nt) une étape dans l'établissement des propositions de politiques nationales en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs sur lesquels il(s) porte(nt). Par politique nationale de gestion à long terme, l'ONDRAF entend :

- une *solution technique*, à savoir le type de solution de gestion à long terme à mettre en œuvre pour les déchets radioactifs visés, y compris des indications quant aux spécificités du système de stockage (sur ou hors site de production des déchets, le cas échéant type de formation hôte) et quant au nombre de stockages (installation unique ou installations multiples) ;
- *accompagnée de conditions complémentaires relatives par exemple au processus décisionnel à mettre en œuvre et aux principes de base à respecter.*

Préalablement à l'établissement du ou des nouveaux plans déchets, et comme annoncé dans son troisième rapport d'inventaire des passifs nucléaires [ONDRAF/NIRAS, 2013], l'ONDRAF a établi le présent *Référentiel de gestion à long terme des déchets radioactifs.* Celui-ci donne, à un niveau stratégique, la vision de l'ONDRAF quant à la manière d'identifier — sans les évaluer — les types de solutions de référence et options alternatives éventuelles pour la gestion à long terme de chacun des grands groupes de déchets qu'il gère et de substances qu'il est susceptible de devoir gérer car elles pourraient prendre le statut de déchets radioactifs dans le cadre d'un assainissement. Le référentiel de gestion à long terme n'est donc pas un plan de gestion à long terme.

Etant donné que la politique nationale de gestion à long terme des déchets de catégorie A a été fixée par le gouvernement fédéral via les décisions du Conseil des ministres du 16 janvier 1998 et du 23 juin 2006 et que la politique nationale de gestion à long terme des déchets B&C a fait l'objet d'une recommandation de l'ONDRAF au gouvernement fédéral via sa tutelle en septembre 2011, le référentiel se focalise sur la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères existants et des déchets radifères et des résidus NORM qui pourraient prendre le statut de déchets radioactifs. Il vise à préparer une approche cohérente de la gestion à long terme de ces déchets existants et « potentiels » qui

- tient dûment compte de leurs similitudes radiologiques, à savoir qu'ils ont une longue durée de vie et que la majorité des déchets radioactifs radifères existants et des déchets radioactifs radifères et NORM « potentiels » sont de très faible et faible activité, et du fait que les volumes concernés sont potentiellement très élevés
- et s'appuie sur les principes de base communément acceptés aux niveaux européen et international en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs, à défaut de pouvoir s'appuyer également sur un cadre légal et réglementaire national dédié, ainsi que sur les choix stratégiques de l'ONDRAF en matière de sûreté et de gestion.

Compte tenu de l'importance pour les Etats membres de la directive 2011/70/Euratom dans l'organisation de la gestion de leurs déchets radioactifs, le référentiel de gestion à long terme jette des ponts entre l'état d'avancement des programmes de gestion à long terme en Belgique et les trois piliers de la directive : le cadre national, les politiques nationales et le programme national, en se limitant pour le premier aux aspects de radioprotection et de sûreté (figure 1).

- Le référentiel de gestion à long terme, qui constitue un élément préparatoire des choix encore à poser par le gouvernement fédéral pour définir complètement les *politiques nationales en matière de gestion à long terme* des déchets radioactifs, constitue aussi un élément préparatoire à l'élaboration des *politiques nationales à instituer et à maintenir en matière de gestion* des déchets radioactifs, conformément

Matières NORM *(naturally occurring radioactive materials)* **:** appellation internationale des matières premières, résidus et produits (semi-)finis des procédés industriels classiques qui présentent des niveaux de radioactivité naturelle significativement supérieurs aux valeurs moyennes rencontrées dans l'environnement et peuvent donc entraîner un risque d'exposition aux rayonnements ionisants.

Déchets radioactifs NORM : déchets NORM qui sont radioactifs au sens légal et réglementaire (par opposition au sens purement physique), c'est-à-dire qui contiennent un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée pour des raisons de radioprotection et dont la gestion à long terme doit donc être assurée par l'ONDRAF, par opposition aux déchets NORM « non radioactifs », qui sont susceptibles de devoir être mis en décharge conventionnelle.

Intervention : « activité humaine destinée à prévenir ou à réduire l'exposition des individus aux rayonnements ionisants à partir de sources qui ne font pas partie d'une pratique ou ne sont pas maîtrisées, en agissant sur les sources de rayonnement ionisant, les voies d'exposition et les individus eux-mêmes » (arrêté royal du 20 juillet 2001)

Assainissement : ensemble des mesures physiques visant à réduire l'exposition en agissant sur les sources de rayonnement, y compris les mesures physiques visant au confinement de ces sources. La notion d'assainissement est équivalente à celle de remédiation au sens de la directive 2013/59/Euratom.

Source : « substance radioactive, ou appareil ou installation pouvant émettre des rayonnements ionisants ou contenant des substances radioactives » (arrêté royal du 20 juillet 2001)

aux dispositions de la directive 2011/70/Euratom et de la loi qui la transpose. En effet, les solutions de gestion à long terme à mettre en œuvre pour chaque catégorie de déchets déterminent la ou les étapes antérieures à l'étape de gestion à long terme (par exemple, la nécessité d'un conditionnement ou pas et, dans l'affirmative, le type de conditionnement) et constituent donc le fondement des politiques nationales de gestion. Dans ce cadre, le référentiel rappelle aussi la nécessité de clarifier le statut (ressource ou déchet) des combustibles usés.

- Le référentiel de gestion à long terme constitue un élément préparatoire du *programme national de mise en œuvre des politiques nationales*. Les décisions déjà prises et celles encore à prendre en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM constituent en effet le point de départ formel des programmes de gestion à long terme de ces déchets.
- Enfin, le référentiel de gestion à long terme décrit le cadre légal et réglementaire national de radioprotection et de sûreté existant (éléments contraignants, tels que lois, arrêtés royaux et certaines décisions, et éléments non contraignants, tels que guidances) et souligne que l'absence persistante d'un cadre national dédié à la gestion à long terme des déchets radioactifs et d'un cadre national dédié aux interventions et assainissements impacte les travaux de l'ONDRAF en la matière. **Tous les constats relatifs au cadre légal et réglementaire sont établis du point de vue des besoins de l'ONDRAF pour la bonne exécution de sa mission de gestion à long terme des déchets radioactifs.**

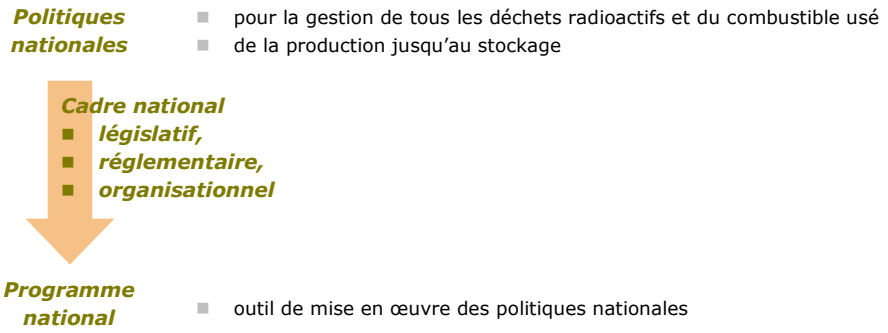


Figure 1 – Les trois piliers de la directive 2011/70/Euratom.

Le projet de référentiel a été soumis à l'AFCN pour avis. Cet avis [AFCN, 2014] a été pris en compte par l'ONDRAF pour finaliser le référentiel [Lalieux & De Preter, 2015].

Comme son nom l'indique, le référentiel de gestion à long terme des déchets radioactifs ne porte pas

- sur les étapes de gestion antérieures à l'étape de gestion à long terme ;
- sur la gestion des contaminations chimiques. L'établissement de scénarios d'assainissement devra toutefois, en cas de contamination mixte radiologique et chimique, tenir compte des impératifs de gestion des toxiques chimiques.

Le référentiel de gestion ne porte pas non plus sur

- les déchets radioactifs d'origine étrangère,
- les rejets autorisés,

- les déchets exemptés,
- les déchets libérables.

Le référentiel de gestion à long terme est structuré comme suit :

- le chapitre 2 synthétise les grands principes qui gouvernent la gestion à long terme des déchets radioactifs, présente la classification recommandée au niveau international pour ces déchets et identifie les grands types de prérequis pour le développement de plans stratégiques de gestion puis de projets de gestion ;
- le chapitre 3 s'attache à distinguer les types de déchets radioactifs existants et futurs qui sont considérés dans le système de gestion actuel de l'ONDRAF en ce qui concerne leur gestion à long terme de ceux qui ne le sont pas encore ;
- le chapitre 4 rappelle les choix stratégiques déjà posés en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs qui font classiquement partie du *core business* de l'ONDRAF et évalue la mesure dans laquelle les prérequis pour le développement de plans et de projets de gestion sont satisfaits ;
- le chapitre 5 présente dans les grandes lignes les solutions techniques envisagées par l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM, liste les choix stratégiques de l'ONDRAF en matière de sûreté et de gestion de ces déchets et annonce l'établissement d'un ou deux plans stratégiques pour leur gestion à long terme tout en identifiant les prérequis à l'établissement de ce ou ces plans ;
- le chapitre 6 présente la nouvelle classification des déchets radioactifs envisagée par l'ONDRAF pour leur gestion à long terme ;
- le chapitre 7 regroupe un certain nombre de considérations finales, relatives en particulier aux prérequis en matière de politiques nationales et de cadre légal et réglementaire de radioprotection et de sûreté qui doivent être satisfaits pour permettre à l'ONDRAF de poursuivre sa mission de gestion à long terme des déchets radioactifs en suffisante connaissance de cause.

Enfin, trois annexes complètent le référentiel de gestion :

- la première regroupe des exemples d'installations de stockage de déchets de très faible et faible activité à l'étranger ;
- la deuxième liste des définitions ;
- la troisième liste une série d'acronymes.

Situation d'exposition existante : « situation d'exposition qui existe déjà lorsqu'une décision doit être prise quant à son contrôle, et qui ne nécessite pas, ou ne nécessite plus, de mesures urgentes » (directive 2013/59/Euratom)

Rejets autorisés : matières radioactives liquides ou gazeuses rejetées de façon programmée et contrôlée dans l'environnement conformément aux dispositions d'une autorisation délivrée par l'autorité de sûreté

Déchets exemptés : déchets qui ne doivent pas être soumis à tout ou partie des éléments du contrôle réglementaire de l'autorité de sûreté du fait que l'exposition (y compris l'exposition potentielle) qu'ils engendrent est trop faible pour justifier l'application de ces éléments

Déchets libérables : déchets qui ne sont plus soumis aux contrôles réglementaires de l'autorité de sûreté

2 Principes de base pour la gestion à long terme, classification internationale et prérequis pour le développement de plans et projets de gestion

La gestion à long terme des déchets radioactifs a pour objectif d'assurer la protection de l'homme et de l'environnement tant que ces déchets présentent un risque. Elle vise ce faisant à se conformer aux principes et normes en la matière imposés ou recommandés aux niveaux belge, européen et international (section 2.1). Les types de solutions a priori les plus indiqués pour la gestion à long terme des déchets radioactifs sont à la base de leur classification internationale (section 2.2). L'établissement de plans stratégiques pour cette gestion et le développement de projets de gestion mettant en œuvre les politiques nationales fixées sur la base des plans requiert la connaissance de certaines conditions aux limites (section 2.3).

2.1 Principes de base

La stratégie communément acceptée et appliquée pour la gestion à long terme des déchets radioactifs est la stratégie de concentration et de confinement des déchets, avec isolation vis-à-vis de la biosphère, par opposition à une stratégie de dilution et de dispersion de la radioactivité dans l'environnement [AIEA, 2007 ; AIEA, 2011].

Le cadre légal et réglementaire belge, européen et international impose ou, selon les cas, recommande d'appliquer une série de principes pour la gestion, en particulier la gestion à long terme, des déchets radioactifs. Plusieurs de ces principes sont exprimés en des termes proches dans différents textes du cadre légal et réglementaire, dont seuls les principaux sont cités comme références.

- **Principe de responsabilité nationale de la gestion et de stockage sur le territoire national** Chaque Etat membre est responsable, en dernier ressort, de la gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs qui ont été produits sur son territoire (Convention commune, article 21, et préambule, alinéa vi [AIEA, 1997] ; directive 2011/70/Euratom, article 4.1). Sauf dispositions particulières, les déchets radioactifs doivent être stockés dans l'Etat membre où ils ont été produits (Convention commune, préambule, alinéa xi ; directive 2011/70/Euratom, article 4.4).
- **Principe de minimisation de la production de déchets radioactifs** La production de déchets radioactifs doit être maintenue au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, en termes d'activité et de volume, au moyen de mesures de conception appropriées et de pratiques d'exploitation et de démantèlement adéquates, y compris le recyclage, le retraitement et la réutilisation des substances (directive 2011/70/Euratom, article 4.3.a ; loi du 3 juin 2014, article 4).
- **Principe d'interdépendance** La gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs doit prendre en considération l'interdépendance des différentes étapes de leur production et de leur gestion (directive 2011/70/Euratom, article 4.3.b ; loi du 3 juin 2014, article 4).

Pratique : « activité humaine susceptible d'accroître l'exposition des individus au rayonnement ionisant provenant d'une source artificielle ou d'une source naturelle de rayonnement lorsque des radionucléides naturels sont traités en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles, sauf dans le cas d'une exposition d'urgence » (arrêté royal du 20 juillet 2001)

- **Principe du pollueur-payeur** Les coûts de gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs doivent être supportés par ceux qui les ont produits (Déclaration de Rio, reprise dans le préambule de la Convention commune [Nations Unies, 1992] ; directive 2011/70/Euratom, article 4.3.e ; loi du 3 juin 2014, article 4).
- **Principe de prise de décision argumentée** *« Un processus décisionnel documenté et fondé sur des données probantes régit toutes les étapes de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs. »* (directive 2011/70/Euratom, article 4.3.a ; loi du 3 juin 2014, article 4)
- **Principe de transparence et de participation** Les informations nécessaires relatives à la gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs doivent être mises à la disposition des travailleurs et de la population et le public doit avoir la possibilité de participer de manière effective au processus de prise de décision relatif à cette gestion (directives 85/337/CEE et 97/11/CE, directive 2001/42/CE, directive 2003/35/CE [UE, 1985 ; UE, 1997 ; UE, 2001 ; UE, 2003], directive 2011/70/Euratom, article 10).
- **Principe de solution durable** L'ONDRAF estime qu'en plus de considérer la dimension technique et scientifique pour définir les solutions à mettre en œuvre pour assurer la gestion à long terme des déchets radioactifs, il doit aussi, dans le cadre d'une approche intégratrice, considérer les trois dimensions propres au développement durable, à savoir les dimensions économique, sociétale et environnementale [Nations Unies, 2002].
- **Principe d'approche graduée** Les moyens mis en œuvre pour confiner les déchets à long terme et les isoler de l'homme et de l'environnement doivent être proportionnés au risque que présentent les déchets (AIEA SSR-5, § 1.16 et 4.28 [AIEA, 2011] ; directive 2011/70/Euratom, article 4.3.d ; loi du 3 juin 2014, article 4).
- **Principe de sûreté passive** Les combustibles usés et les déchets radioactifs doivent être gérés de manière sûre et, à long terme, cette gestion doit être assurée autant que possible grâce à des moyens passifs, le besoin de mesures à prendre après la fermeture de l'installation devant être réduit le plus possible (AIEA SSR-5, prescription 5 ; directive 2011/70/Euratom, article 4.3.c ; loi du 3 juin 2014, article 4). En d'autres termes, l'installation de gestion à long terme doit être telle qu'une fois fermée, le système de stockage assure la protection de l'homme et de l'environnement sans que des interventions humaines soient nécessaires.
- **Principes de radioprotection** (énoncés de la directive 2013/59/Euratom, article 5, sur lesquels le règlement général de radioprotection [Moniteur belge, 2001] devra être aligné)
  - **Principe de justification** *« Les décisions qui introduisent une pratique* [2] *sont justifiées, en ce sens qu'elles sont prises dans le but de garantir que les avantages que procure cette pratique sur le plan individuel ou pour la société l'emportent sur le détriment sanitaire qu'elle pourrait causer. Les décisions qui introduisent ou modifient une voie d'exposition pour des situations*

[2] La définition de « pratique » donnée dans la directive 2013/59/Euratom englobe les notions de « pratique » et d'« activité professionnelle » telles que définies dans le règlement général de radioprotection existant.

d'exposition d'urgence ou existantes sont justifiées, en ce sens qu'elles devraient présenter plus d'avantages que d'inconvénients. »

- **Principe d'optimisation de la protection** *« La radioprotection des personnes soumises à une exposition professionnelle ou à l'exposition du public est optimisée dans le but de maintenir l'amplitude des doses individuelles, la probabilité de l'exposition et le nombre de personnes exposées au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état actuel des connaissances techniques et des facteurs économiques et sociétaux. […] »*. Dans ses publications 101b et 122 [CIPR, 2006 ; CIPR, 2013], la CIPR recommande d'élargir le processus d'optimisation en évoluant d'une optimisation de la radioprotection à une optimisation du système de protection. L'optimisation doit être comprise dans son sens le plus large comme étant une évaluation itérative, systématique et transparente des options possibles, sur la base des meilleures techniques disponibles (*Best Available Techniques*), pour améliorer la capacité de protection du système et réduire son impact potentiel (radiologique ou autre). Elle doit également impliquer les preneurs d'enjeu.

- **Principe d'application des limites de dose** *« Dans les situations d'exposition planifiées, la somme des doses reçues par une personne ne dépasse pas les limites de dose fixées pour l'exposition professionnelle ou l'exposition du public. Les limites de dose ne s'appliquent pas aux expositions à des fins médicales. »*

- **Principe de protection des générations actuelles et futures** *« Les générations et l'environnement actuels et futurs doivent être protégés contre les risques radiologiques »* (principe 7 de [AIEA, 2007]). Selon un des paragraphes explicatifs du principe 7, le paragraphe 3.29, *« Les déchets radioactifs doivent être gérés de manière à éviter d'imposer un fardeau indu aux générations futures ; ainsi, chaque génération qui produit des déchets doit chercher et appliquer des solutions sûres, praticables et écologiquement acceptables pour leur gestion à long terme. »*

2.2 Classification internationale

Avec le temps s'est précisé le consensus international sur la relation entre les caractéristiques radiologiques des déchets radioactifs et les types de solutions a priori les plus indiqués pour leur gestion à long terme, où cette relation forme la base de la classification des déchets radioactifs. Cette classification des déchets en fonction de leur destination finale de référence constitue une application du principe d'approche graduée.

La classification de l'AIEA [AIEA, 2009a], qui remplace celle de 1994 [AIEA, 1994] et qui a été reprise par ENSREG (*European Nuclear Safety Regulators Group*) [ENSREG, 2014], répartit les déchets radioactifs en fonction du type de solution de référence communément accepté au niveau international pour leur gestion à long terme, à savoir une installation de stockage à plus ou moins grande profondeur, où une décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur est également une installation de stockage, puisque les déchets y sont placés sans intention de récupération. La classification ne fait pas de distinction entre déchets radioactifs conditionnés et déchets radioactifs non

conditionnés et considère six catégories de déchets, les facteurs déterminant pour la sûreté à long terme étant l'activité et la durée de vie (figure 2) :

- les *déchets exemptés* : ces déchets ne sont pas concernés par la gestion à long terme et ne sont donc pas considérés dans le présent référentiel ;
- les *déchets de très courte durée de vie* : ces déchets ne sont pas concernés par la gestion à long terme, car ils sont placés en entreposages de décroissance jusqu'à ce qu'ils puissent être libérés, et ils ne sont donc pas non plus considérés dans le présent référentiel ;
- les *déchets de très faible activité* ;
- les *déchets de faible activité* ;
- les *déchets de moyenne activité* ;
- les *déchets de haute activité*.

La classification de l'AIEA définit les déchets de très faible, faible, moyenne et haute activité comme suit (figure 2). Les extraits cités ont été traduits par l'ONDRAF.

- **Déchets de très faible activité (*very low-level waste* ou VLLW) :** *« déchets qui ne satisfont pas nécessairement aux critères d'exemption mais qui ne nécessitent pas un haut degré de confinement et d'isolement et qui, par conséquent, peuvent être stockés dans des installations de type décharge en surface ou à faible profondeur, avec un contrôle réglementaire limité. Ce type d'installation peut également contenir d'autres déchets dangereux. Cette catégorie comprend notamment des terres et des gravats avec de faibles niveaux de concentration d'activité. Les concentrations en radionucléides de plus longue durée de vie sont généralement très limitées. » (§ 2.2)*

  La classification de l'AIEA indique que : « *Un niveau de sûreté adéquat peut être atteint pour les déchets de très faible activité en les stockant dans des installations de type décharge ouvragée en surface. C'est la pratique habituelle pour les déchets issus de certaines activités minières et pour d'autres déchets contenant des radionucléides d'origine naturelle issus de différentes activités, dont le traitement des minerais. […] La conception de ces installations de stockage va de la simple pose de couvertures à des systèmes de stockage plus complexes et, en général, de tels systèmes de stockage nécessitent des contrôles institutionnels actifs et passifs. La durée pendant laquelle les contrôles institutionnels sont exercés doit être suffisante pour donner confiance dans le fait que les critères de sûreté pour le stockage des déchets seront respectés. » (§ 2.18)*

  « Afin de déterminer si un type particulier de déchet peut être considéré comme étant de très faible activité, il faudra établir des critères d'acceptation pour les installations de type décharge ouvragée en surface. Ceci peut se faire soit en utilisant des scénarios génériques […], soit sur la base d'une évaluation de la sûreté d'une installation spécifique selon une méthode approuvée par l'autorité de sûreté. Les critères établis dépendront des caractéristiques du site et des structures ouvragées ou, dans le cas de l'utilisation de scénarios génériques, des hypothèses prises pour tenir compte de ces facteurs. […] En général, les concentrations d'activité acceptables pour les déchets contenant des radionucléides naturels seront a priori inférieures à celles pour les déchets contenant des radionucléides artificiels, étant donné les longues durées de vie des radionucléides d'origine naturelle. Selon les caractéristiques du site d'implantation et la conception de l'installation, il pourra encore être possible de démontrer que la sûreté est atteinte avec des niveaux de concentration d'activité supérieurs. » (§ 2.19)

Elle indique aussi que : *« Les critères de dose utilisés pour la gestion des déchets NORM peuvent être différents de ceux utilisés pour la gestion des déchets produits dans les installations nucléaires et peuvent être développés sur la base de considérations d'optimisation de la protection. Ces différences peuvent influer sur le choix de l'option de stockage pour de grands volumes de déchets NORM, tels que des résidus d'exploitation minière et d'extraction des minerais. » (§ A.11)*

Enfin, elle indique que : *« Ces dernières années, il y a eu une prise de conscience de plus en plus grande du fait qu'il est nécessaire d'entreprendre des actions afin de réduire les doses dues à l'exposition à ces déchets (souvent désignés par les appellations NORM et TENORM) et qu'un contrôle réglementaire est nécessaire pour assurer la sûreté. Les caractéristiques de ces déchets, toutefois, sont suffisamment différentes de celles des autres déchets pour justifier le cas échéant des considérations réglementaires spécifiques* [3]*. Les aspects à prendre en compte particulièrement sont les longues durées de vie des radionucléides présents et les volumes généralement élevés des matières à considérer. » (§ III-6)*

- **Déchets de faible activité (*low-level waste* ou LLW) :** *« déchets dont l'activité est supérieure aux niveaux de libération, mais contenant des quantités limitées de radionucléides de longue durée de vie. Ces déchets nécessitent un isolement et un confinement robustes pour des périodes allant jusqu'à quelques centaines d'années et peuvent être stockés dans des installations ouvragées en surface ou à faible profondeur. Cette classe couvre une très large gamme de déchets. Les déchets de faible activité peuvent inclure des radionucléides de courte durée de vie à des niveaux de concentration d'activité plus élevés, ainsi que des radionucléides de longue durée de vie, mais seulement à des niveaux relativement faibles de concentration d'activité. » (§ 2.2)*

  La classification de l'AIEA indique également, pour les déchets de faible activité, que : *« Un cas particulier est celui des déchets issus de l'extraction et du traitement de l'uranium et d'autres matériaux contenant des quantités importantes de radionucléides d'origine naturelle, dont l'activité ne décroîtra pas significativement sur une échelle [de l'ordre de 300 ans]. Comme, dans de nombreux cas, la gestion de ces déchets dans des installations situées en surface ou à faible profondeur est la seule option possible, il faut faire l'hypothèse de périodes de contrôle institutionnel plus longues, avec des évaluations périodiques de la sûreté de l'installation. » (§ 2.25)*

- **Déchets de moyenne activité (*intermediate-level waste* ou ILW) :** *« déchets qui, en raison de leur contenu, particulièrement en radionucléides de longue durée de vie, nécessitent un degré de confinement et d'isolement supérieur à celui offert par une installation de stockage en surface ou à faible profondeur. Toutefois, il n'est pas nécessaire, ou seulement dans une faible mesure, de prévoir une dispersion de la chaleur émise par les déchets de moyenne activité durant leur entreposage et une fois mis dans une installation de stockage. Les déchets de moyenne activité peuvent contenir des radionucléides de longue durée de vie, en particulier des émetteurs alpha qui ne décroîtront pas jusqu'à un niveau de concentration d'activité acceptable pour une installation de stockage en surface ou à faible profondeur pendant la période durant laquelle le contrôle institutionnel peut être assuré. Ces déchets doivent par conséquent être stockés à plus grande*

[3] C'est également le cas d'une grande partie au moins des déchets radioactifs radifères présents sur le site d'Umicore à Olen.

profondeur, de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. » (§ 2.2)

- **Déchets de haute activité (*high-level waste* ou HLW) :** *« déchets avec des niveaux de concentration d'activité suffisamment élevés pour générer des quantités significatives de chaleur par décroissance radioactive ou déchets avec de grandes quantités de radionucléides de longue durée de vie qui doivent être pris en compte pour la conception d'une installation de stockage pour de tels déchets. Le stockage dans des formations géologiques profondes et stables, généralement à plusieurs centaines de mètres de profondeur ou plus, est l'option généralement reconnue pour ces déchets. » (§ 2.2)*

De manière générale, et donc en particulier pour les installations de stockage en surface, à faible profondeur ou à profondeur intermédiaire, les valeurs quantitatives relatives à l'activité acceptable des radionucléides les plus importants doivent être déterminées sur la base d'évaluations de sûreté relatives à des systèmes de stockage (= site + barrières ouvragées + déchets) spécifiques. Elles peuvent varier selon les caractéristiques du site d'implantation et la conception de l'installation.

A cet égard, les prescriptions particulières de sûreté de l'AIEA en matière de stockage des déchets radioactifs [AIEA, 2011] précisent, pour les déchets d'extraction et de préparation de minerais, dont le stockage se fait habituellement en surface ou à faible profondeur (§ 1.14.f), ce qui suit : *« Les déchets radioactifs résultant de l'extraction et de la préparation de minerais peuvent contenir des radionucléides à très longue période. Donner l'assurance de l'intégrité des caractéristiques de confinement des installations de stockage définitif pour de tels déchets aux échelles de temps correspondantes met en jeu des considérations particulières. Si les déchets ont des niveaux d'activité pour lesquels les critères de dose et/ou de risque relatifs à l'intrusion humaine dans de telles installations […] pourraient être dépassés, d'autres options de stockage définitif devront être envisagées. Les autres options possibles comprennent, par exemple, le stockage définitif [plus profondément qu'en surface]* [4] *ou la séparation des radionucléides causant les doses les plus élevées, selon l'argumentaire de sûreté pour l'installation de stockage définitif. » (§ 3.41)*

« Les installations de stockage définitif en surface ou à faible profondeur sont généralement conçues sur l'hypothèse que les contrôles institutionnels resteront en vigueur pendant un certain temps. Pour les déchets à courte période, ce temps se mesure en dizaines ou centaines d'années après la fermeture. Les contrôles sont actifs ou passifs. Pour le stockage définitif en surface ou à faible profondeur de déchets provenant de l'extraction et de la préparation de minerais qui contiennent des radionucléides à très longue période, et qui sont généralement volumineux, il faut limiter les concentrations d'activité de façon à ne pas avoir à dépendre de contrôles institutionnels actifs comme mesure de sûreté. Les déchets ayant une concentration d'activité supérieure aux limites doivent être stockés [plus profondément qu'en surface] [4]*. » (§ 5.9)*

---

[4] Les versions française et anglaise des prescriptions de sûreté de l'AIEA présentent une incohérence : la version française parle de « stockage définitif en profondeur » (§ 3.41) et de « stockés en profondeur » (§ 5.9), là où la version anglaise parle respectivement de *« disposal of the waste below the surface »* et de *« to be disposed of below the ground surface »*. Pour éviter, en français, l'ambiguïté possible par rapport à « stockage géologique profond », les extraits ci-dessus ont été alignés sur le sens du texte en anglais.

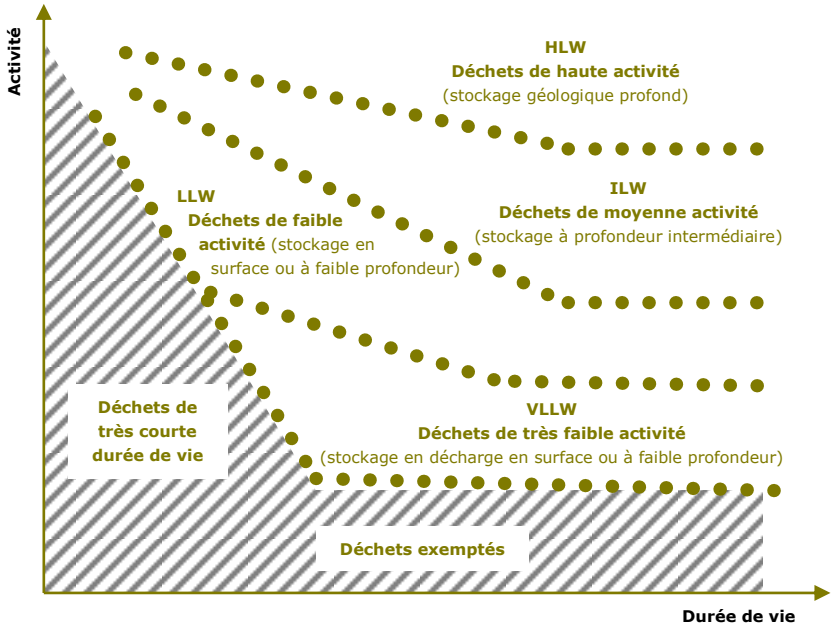


Figure 2 – Représentation conceptuelle de la classification des déchets radioactifs pour leur gestion à long terme (d'après [AIEA, 2009a]). Le lien qu'elle établit entre les caractéristiques radiologiques des déchets et leur destination finale de référence constitue une application du principe d'approche graduée.

Selon le consensus international reflété par la classification de l'AIEA, le lien entre le niveau d'activité des déchets et leur destination finale de référence peut donc être synthétisé comme indiqué à la table 1. Chaque type de destination finale de référence renvoie à une notion conceptuelle qui peut se décliner de différentes manières selon les caractéristiques des déchets à confiner et celles du milieu d'implantation envisagé. Bien entendu, une catégorie de déchets donnée peut toujours, à des fins d'optimisation de la gestion, recevoir comme destination finale la destination finale de référence d'une catégorie de déchets « plus élevée ».

Table 1 – Les différentes catégories de déchets radioactifs et leur destination finale de référence selon le consensus international [AIEA, 2009a ; AIEA, 2009b].

Catégorie	Solution de référence	Profondeur type associée
très faible activité	stockage en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur	profondeur allant typiquement de la surface à 30 mètres
faible activité	stockage en surface ou à faible profondeur	profondeur allant typiquement de la surface à 30 mètres
moyenne activité	stockage à profondeur intermédiaire	profondeur allant de quelques dizaines à quelques centaines de mètres
haute activité	stockage géologique profond	profondeur généralement de quelques centaines de mètres, voire plus

La classification de l'AIEA n'utilisant pas les appellations *shallow-land disposal/burial* et *sub-surface disposal*, le référentiel n'utilise pas non plus l'appellation « stockage en sub-surface ».

2.3 Prérequis pour le développement de plans et projets de gestion

L'établissement de plans stratégiques pour la gestion à long terme de déchets radioactifs et le développement de projets de gestion mettant en œuvre les politiques nationales fixées sur la base des plans stratégiques en la matière nécessitent chacun

- une connaissance suffisante de l'inventaire des déchets radioactifs à gérer et
- un cadre légal et réglementaire national dédié suffisamment développé, en plus d'un cadre légal et réglementaire national général de radioprotection.

De manière générale, l'inventaire des déchets radioactifs (volumes et types) à gérer à long terme est constitué des déchets radioactifs existants et de ceux dont la production est prévue, où cette production dépend des choix des producteurs et, dans quelques cas, de décisions de politique nationale, comme en ce qui concerne la durée d'exploitation des centrales nucléaires.

La situation est toutefois particulière en ce qui concerne l'inventaire des déchets radioactifs radifères et NORM. Cet inventaire sera en effet largement déterminé par

- les décisions des propriétaires ou détenteurs de déchets radifères ou de résidus NORM en matière de recyclage ou de réutilisation éventuelle de ces substances ;
- les dispositions du cadre légal et réglementaire national régissant la prise de décisions d'intervention et d'assainissement par l'AFCN et celles qui permettent de qualifier des déchets d'assainissement de « radioactifs ».

Le cadre légal et réglementaire national dédié à la gestion à long terme des déchets radioactifs ne doit — et du reste ne peut — être complet au stade de l'établissement d'un plan stratégique de gestion. A ce stade, ce cadre dédié peut se limiter à

- fixer les principes applicables à la gestion à long terme des déchets radioactifs visés ;
- borner le spectre des solutions envisageables pour la gestion de ces déchets.

Le développement d'un projet de gestion mettant en œuvre une politique nationale fixée sur la base d'un plan stratégique requiert par contre l'existence d'un cadre légal et réglementaire national dédié beaucoup plus complet, qui

- fixe les dispositions spécifiques à la sûreté de la gestion à long terme des déchets radioactifs visés par le projet ;
- fixe la procédure d'autorisation spécifique aux installations de stockage.

Les éléments du cadre légal et réglementaire national nécessaires au développement d'un projet de stockage doivent être proposés par l'AFCN au législateur et inclus dans le droit national durant la phase de *pre-licensing*, c'est-à-dire durant la phase qui débute avec la fixation d'une politique nationale et s'achève avec la demande d'autorisation de création et d'exploitation de l'installation de stockage visée.

3 Types de substances (potentiellement) à gérer à long terme en tant que déchets radioactifs

Le système de gestion actuel de l'ONDRAF couvre l'ensemble des déchets et substances radioactifs présents sur le territoire belge issus de pratiques, à l'exclusion des activités d'extraction de radium et d'uranium (section 3.1). Il ne couvre donc pas les déchets radioactifs contenus dans les installations d'entreposage autorisées d'Umicore à Olen et certains groupes de substances qui n'ont actuellement pas le statut de déchets radioactifs mais qui pourraient l'acquérir (section 3.2) et dont la gestion, ou du moins la gestion à long terme, devrait alors être confiée à l'ONDRAF. L'ONDRAF est en effet seul habilité à assurer la gestion à long terme des déchets radioactifs en Belgique et à exploiter des installations de stockage de ces déchets. Cette analyse est synthétisée de façon visuelle à la section 3.3.

3.1 Substances dont la gestion à long terme est prévue dans le système de gestion et classification actuelle des déchets radioactifs pour leur gestion à long terme

Les substances dont la gestion à long terme est prévue dans le système de gestion actuel de l'ONDRAF ou, en d'autres termes, les substances qui font classiquement partie du *core business* de l'ONDRAF, peuvent être réparties en deux grands groupes :

- les *déchets radioactifs* présents sur le territoire belge issus de pratiques, à l'exclusion des activités d'extraction de radium et d'uranium, soit typiquement
  - les déchets radioactifs résultant de l'exploitation et du déclassement d'installations autorisées au sens de l'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants [5] [Moniteur belge, 2001], y compris ceux issus du retraitement de combustibles nucléaires irradiés, ainsi que les combustibles usés des réacteurs de recherche déclarés comme déchets ;
  - les sources dispersées non soumises à autorisation (par exemple, les paratonnerres radioactifs et les détecteurs de fumée ionisants provenant de particuliers) ;
- des *substances radioactives* présentes sur le territoire belge issues de pratiques, à l'exclusion des activités d'extraction de radium et d'uranium, qui n'ont pas le statut de déchets mais qui pourraient l'acquérir ultérieurement, soit
  - les combustibles usés des centrales nucléaires ;
  - les matières fissiles enrichies et les matières plutonifères.

[5] Certaines activités professionnelles (voir aussi cadre 2 à la section 3.2) nécessitent une autorisation nucléaire de l'AFCN et les faibles quantités de déchets radioactifs produits prises en charge par l'ONDRAF sont, actuellement du moins, assimilées aux déchets radioactifs qui font classiquement partie du *core business* de l'ONDRAF.

Source scellée : « source constituée par des substances radioactives solidement incorporées dans des matières solides et effectivement inactives, ou scellée dans une enveloppe inactive présentant une résistance suffisante pour éviter, dans des conditions normales d'emploi, toute dispersion de substances radioactives » (arrêté royal du 20 juillet 2001)

Les déchets radioactifs existants et dont la production est prévue qui font classiquement partie du *core business* de l'ONDRAF sont traités et conditionnés et aboutissent dans une des trois catégories de déchets (A, B ou C) définies par l'ONDRAF de façon conforme à la classification proposée en 1994 par l'AIEA [AIEA, 1994] et à la classification recommandée en 1999 par la Commission européenne [UE, 1999].

- Les *déchets de catégorie A* sont des déchets conditionnés de faible et moyenne activité et de courte durée de vie qui contiennent des quantités limitées de radionucléides de longue durée de vie. Ils présentent un risque pendant quelques centaines d'années pour l'homme et l'environnement. Ils entrent en considération pour un stockage en surface ou à faible profondeur. Ils correspondent aux déchets de faible activité (LLW) de la classification de l'AIEA de 2009.
- Les *déchets de catégorie B* sont des déchets conditionnés de faible et moyenne activité contaminés par des radionucléides de longue durée de vie en quantités telles qu'ils présentent un risque pour l'homme et l'environnement pendant plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers d'années pour certains d'entre eux [6]. Leur puissance thermique est éventuellement significative au moment de leur conditionnement mais ils dégageront trop peu de chaleur après leur période d'entreposage pour être rangés dans la catégorie C. Ils correspondent aux déchets de moyenne activité (ILW) de la classification de l'AIEA de 2009.
- Les *déchets de catégorie C* sont des déchets conditionnés de haute activité contenant de grandes quantités de radionucléides de longue durée de vie et qui, comme les déchets de catégorie B, présentent donc un risque pendant plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers d'années pour certains d'entre eux. Après la période actuellement considérée pour leur entreposage (60 ans, dans l'hypothèse d'un stockage dans une argile peu indurée), leur puissance thermique occasionne encore une hausse significative de la température du milieu hôte de l'installation de stockage. Ils correspondent aux déchets de haute activité (HLW) de la classification de l'AIEA de 2009.

L'ONDRAF n'a pas défini de catégorie spécifique pour les déchets de très faible activité (déchets de déclassement essentiellement) qui font classiquement partie de son *core business* car il a fait le choix, pour des raisons d'optimisation de la gestion, de gérer à long terme ces déchets avec les déchets de catégorie A.

L'ONDRAF envisage actuellement d'adopter une nouvelle classification pour les déchets radioactifs afin de tenir compte des développements récents au niveau international en termes de classification (chapitre 6).

3.2 Substances dont la gestion à long terme n'est pas encore considérée dans le système de gestion

D'autres substances que les déchets radioactifs qui aboutissent actuellement dans les catégories A, B et C devront ou sont susceptibles de devoir être gérées à long terme par

[6] Les sources scellées qui doivent être gérées en tant que déchets radioactifs aboutissent après traitement et conditionnement dans la catégorie B.

l'ONDRAF. Ces substances, dont le mode de gestion à long terme n'est pas encore établi, peuvent être réparties en trois ensembles [7] :

- les déchets radioactifs radifères, qui sont essentiellement définis, pour leur gestion à long terme, sur la base de leur origine, à savoir les activités historiques de production de radium sur le site d'Olen et des applications spécifiques du radium. Ces déchets regroupent à la fois des déchets qui ont le statut de déchets radioactifs, car ils se trouvent dans des installations d'entreposage autorisées (UMTRAP et Bankloop), et les déchets radioactifs issus d'assainissements futurs, décidés par l'AFCN, de situations d'exposition existantes dues à des contaminations par des déchets radifères sous forme concentrée en décharges ou bassins ou sous forme diffuse (voir cadre 1 pour une description qualitative et table 2 pour une description quantitative) ;
- les déchets radioactifs NORM de démantèlement des installations de certaines industries NORM et les déchets radioactifs NORM issus d'assainissements, qui viendraient à être décidés par l'AFCN, de situations d'exposition existantes dues à des contaminations sous forme concentrée en décharges ou bassins ou sous forme diffuse par des résidus NORM générés dans le cadre d'activités professionnelles (voir cadre 2 pour une description qualitative) ;
- les déchets radioactifs issus d'assainissements, décidés ou qui viendraient à être décidés par l'AFCN, de situations d'exposition existantes dues à des contaminations radioactives diffuses résultant de pratiques anciennes hors activités historiques de production de radium (comme la contamination historique de la Molse Nete et de ses rives occasionnée par différents exploitants nucléaires de la région de Mol–Dessel) ou des contaminations radioactives résultant d'incidents ou d'accidents (comme la contamination occasionnée par l'incident survenu chez Duferco La Louvière en 2011). (Pour ces déchets, les solutions de gestion à long terme seront recherchées au cas par cas, et d'abord parmi les solutions opérationnelles ou prévues.)

Ces trois groupes de déchets présentent la particularité que la problématique de contamination est mixte : dans la presque totalité des cas, et comme dans le cas des déchets radioactifs qui font partie du *core business* de l'ONDRAF, la contamination radioactive s'accompagne d'une contamination chimique. Mais contrairement au cas des déchets radioactifs qui font partie du *core business* de l'ONDRAF, le risque radiologique est souvent de l'ordre du risque chimique, voire inférieur à celui-ci.

Le cadre légal et réglementaire national relatif aux interventions et assainissements et celui relatif à la gestion des déchets issus d'assainissements décidés par l'AFCN, qui n'ont pas encore été développés, constitueront le point de départ de toute estimation de la « production » de déchets radioactifs d'assainissement. Les valeurs contenues dans l'arrêté royal du 20 juillet 2001 (limites d'exemption et de libération), qui permettent d'établir une distinction entre les matières considérées comme radioactives et celles qui ne le sont pas, ne sont en effet applicables qu'aux déchets issus des pratiques autorisées.

Activité professionnelle : activité qui n'est pas une pratique mais qui implique la présence de sources naturelles de rayonnements ionisants et qui est susceptible d'entraîner une augmentation notable de l'exposition des personnes, non négligeable du point de vue de la protection contre les rayonnements ionisants (arrêté royal du 20 juillet 2001, d'après l'article 1)

[7] Il n'est pas exclu que de nouveaux types de déchets radioactifs, actuellement non connus, doivent un jour être pris en charge par l'ONDRAF. Leur gestion à long terme sera examinée en temps utile au cas par cas.

Cadre 1 – Aperçu de la problématique des déchets radifères

La problématique des déchets radifères se caractérise par les grands volumes de déchets radioactifs radifères auxquels elle est susceptible de conduire et par les caractéristiques radiologiques de ceux-ci, à savoir qu'il s'agit de déchets de longue durée de vie, puisqu'ils contiennent du radium 226, dont la période est de 1 600 ans, qui sont majoritairement de très faible et faible activité.

Les déchets radioactifs radifères et les déchets radifères susceptibles de prendre le statut de déchets radioactifs se trouvent principalement sur le site d'Umicore à Olen et dans ses alentours. Des déchets radioactifs radifères sont également entreposés sur les sites de l'ONDRAF exploités par Belgoprocess à Mol et à Dessel.

Problématique du site d'Umicore à Olen et de ses alentours [ONDRAF/NIRAS & Umicore, 2012 ; ONDRAF/NIRAS, 2013]

Les activités de l'usine d'extraction de radium et d'uranium exploitée par l'ancienne Union Minière (devenue Umicore en 2001) entre 1922 et 1977 et démantelée ensuite sont à l'origine de situations très hétérogènes au niveau radiologique dans la commune d'Olen.

- Umicore possède à Olen *deux installations d'entreposage autorisées en tant qu'installations de classe II* : l'installation UMTRAP et l'installation Bankloop, qui contiennent toutes deux des déchets radioactifs provenant pour la plupart directement ou indirectement des activités de l'ancienne usine d'extraction de radium et d'uranium.

  L'*installation d'entreposage UMTRAP*, construite dans les années quatre-vingt par l'ancienne Union Minière, et qui a été autorisée pour une durée indéterminée en 1991 par le Service de Protection contre les radiations ionisantes (SPRI), l'autorité de sûreté de l'époque, contient des déchets non conditionnés de longue durée de vie et de faible ou moyenne activité. Selon les conditions d'octroi de l'autorisation définies dans l'arrêté royal N0315 du 20 juin 1995, Umicore doit étudier les mesures de gestion relatives à ces déchets qui seront nécessaires à l'avenir et informer régulièrement l'ONDRAF de l'évolution et des résultats de cette étude. Le rapport final, accompagné de l'avis de l'ONDRAF, doit être soumis à l'AFCN pour approbation. L'AFCN n'a toutefois pas indiqué de délai pour l'achèvement de cette étude.

  L'installation UMTRAP contient environ 55 000 m^3 de déchets radioactifs (masse volumique moyenne de 1 400 $kg \cdot m^{-3}$), qui représentent une activité totale estimée à 38 000 GBq :
  - des sources de radium, des résidus d'extraction d'uranium et des résidus riches en radium, qui sont entreposés dans des casemates en béton recouvertes d'un confinement en cuivre ;
  - des résidus pauvres en radium, qui sont entreposés dans des silos entre les casemates ;
  - des résidus divers et des terres contaminées, qui occupent les espaces entre les silos et les casemates.

  L'ensemble est recouvert d'argile, de sable et de gravier.

  L'*installation d'entreposage Bankloop*, autorisée par l'AFCN en 2006 pour une durée de dix ans, renferme environ 30 000 m^3 de déchets non conditionnés de longue durée de vie et de très faible et faible activité (activité totale : 140 GBq) issus de l'assainissement en 2007–2008 d'un petit ruisseau, le Bankloop, et d'une bande de terrain contaminée d'environ 10 mètres de part et d'autre de celui-ci.

- La *décharge D1*, située en dehors du site d'Umicore, *a fait l'objet d'une décision d'assainissement* du SPRI notifiée en 2000 à Umicore. Le SPRI considérait toutefois que la décharge ne présente pas de risque immédiat pour la santé publique d'un point de vue radiologique, notamment en raison de son inaccessibilité, puisqu'elle est clôturée. Cette décharge est un terrain d'environ 10 hectares sur lequel se trouvent près de 130 000 m^3 de déchets radifères et chimiques, d'une activité totale estimée à 1 539 GBq. Les concentrations en radium y varient fortement.

- *La décharge SI* (*Bruine Berg*), sur le site d'Umicore, qui contient des déchets radifères et chimiques, *et plusieurs endroits spécifiques du site d'Umicore*, dont des bâtiments qui ont servi à la production de radium et d'uranium et présentent une contamination radioactive, *pourraient devoir faire l'objet d'une intervention*. La décharge SI a un volume d'environ 207 000 m^3, le volume de déchets radiologiquement contaminés est estimé à environ 21 400 m^3 et l'activité totale à 270 GBq ; Umicore estime la quantité des sols et matières contaminées dispersées sur son site à environ 50 000 à 100 000 m^3. Le volume de déchets radioactifs est estimé à 20 000 à 30 000 m^3, mais avec une incertitude très importante.

- La *décharge II* (« Décharge MHO/IOK », également dénommée « D2/D3 »), en dehors du site d'Umicore, qui est recouverte par plus de 20 mètres de déchets en provenance de la décharge « De Rendelaer » et n'est pas accessible, et les *rues de Geel et d'Olen sous le revêtement desquelles il y a des matières contaminées* sur une superficie de quelques centaines de mètres carrés *ne semblent pas poser de problème de radioprotection*. La fraction radiologiquement contaminée de la décharge II est estimée par Umicore à environ 25 000 m^3.

Sites de l'ONDRAF exploités par Belgoprocess

Les déchets radioactifs radifères entreposés sur les sites de l'ONDRAF exploités par Belgoprocess (Mol et Dessel) sont principalement des déchets provenant d'anciens programmes de recherche du SCK•CEN, des déchets résultant du démantèlement de l'ancienne usine d'extraction de radium et d'uranium d'Union Minière à Olen, des sources (dont des paratonnerres, des détecteurs de fumée et des aiguilles de radium), des effluents contaminés et, dans une faible mesure, des déchets de l'armée belge. Dans la classification actuelle, ces déchets, déjà conditionnés ou destinés à l'être, sont apparentés aux déchets de catégorie B. L'éventualité de nouvelles productions de radium, par exemple dans le cadre d'activités de production de radionucléides à usage médical, ne peut être exclue.

Cadre 2 – Aperçu de la problématique des matières NORM

Certaines activités industrielles mettant en jeu des matières premières contenant des substances naturellement radioactives, sans que le caractère radioactif soit une propriété recherchée de ces substances, sont susceptibles d'engendrer des situations qui ne peuvent être négligées pour des raisons de radioprotection. Ces activités, appelées *activités professionnelles* dans l'arrêté royal du 20 juillet 2001, peuvent par exemple impliquer des procédés de production qui concentrent la radioactivité naturelle dans les résidus des procédés.

Les matières premières, les résidus et les produits (semi-)finis des procédés industriels classiques qui présentent des niveaux de radioactivité naturelle significativement supérieurs aux valeurs moyennes rencontrées dans l'environnement et peuvent donc entraîner un risque d'exposition aux rayonnements ionisants sont désignés par l'appellation NORM (*naturally occurring radioactive materials*) au niveau international. Ces substances ont une très faible ou faible activité et une longue durée de vie.

Les activités professionnelles ne sont pas soumises à autorisation nucléaire de l'AFCN mais doivent faire l'objet d'une déclaration à l'AFCN depuis le 1er septembre 2003. Si l'activité déclarée conduit ou est susceptible de conduire à un niveau de dose supérieur à 1 mSv par an même en cas de mesures correctives imposées par l'AFCN, elle peut être soumise à autorisation. Les activités professionnelles sont notamment les activités suivantes [Moniteur belge, 2012] :

- le stockage*, la manutention et le traitement des minerais de phosphates et des produits et résidus de ces opérations ;
- le stockage*, la manutention et l'utilisation des sables et oxydes de zircon ;
- le démantèlement, le remplacement et le recyclage des matériaux réfractaires à base de sables et oxydes de zircon ;
- la production de dioxyde de titane ;
- les installations de traitement des eaux souterraines ;
- les centrales au charbon ;
- la production des métaux non ferreux ;
- la production primaire d'acier ;
- la production, l'utilisation, le stockage* et la manutention de matériaux à base de thorium et d'alliages au thorium ;
- le raffinage du pétrole ;
- l'extraction et le transport du gaz naturel et du gaz de schiste ;
- la production primaire des terres rares ;
- le traitement, la valorisation et le recyclage des résidus dont la concentration d'activité dépasse les niveaux définis en annexe de l'arrêté tel que publié au Moniteur.

* L'arrêté de l'AFCN utilise le terme « stockage » dans le sens d'« entreposage ».

Anticipant sur les implications de l'arrêté royal du 20 juillet 2001, l'ONDRAF a, dans le cadre de l'établissement du rapport d'inventaire des passifs nucléaires 1998–2002, entrepris de se familiariser avec la problématique NORM [ONDRAF/NIRAS, 2002]. Il a effectué une étude préliminaire afin d'identifier les zones du territoire belge présentant une concentration accrue en radionucléides naturels. Cette étude l'a conduit à retenir une cinquantaine de zones présentant des niveaux de rayonnement élevés par rapport au rayonnement ambiant. Cette étude a été poursuivie pour l'inventaire 2003–2007 [ONDRAF/NIRAS, 2007] avec le lancement en 2003 par le SCK•CEN d'une étude pour le compte de l'ONDRAF destinée à identifier les activités professionnelles dans l'industrie belge. Elle a abouti fin 2003 à la publication du tout premier rapport donnant un aperçu des activités professionnelles en Belgique [Vanmarcke *et al.*, 2003]. Elle est en cours de mise à jour par l'*Universiteit Hasselt*, la fin de cette mise à jour étant prévue début 2015.

Les résidus NORM se présentent sous forme concentrée (par exemple, sous forme de dépôts dans des installations industrielles ou dans des décharges et bassins) ou diffuse (par exemple, les contaminations du Grote Laak et du Winterbeek par des rejets de l'industrie des phosphates, dans la région de Tessenderlo). Le secteur où la problématique se manifeste le plus nettement est celui de l'industrie des phosphates (engrais phosphatés) : le volume total de résidus (gypse et boues) susceptibles de ne pouvoir être négligés en termes de radioprotection a été estimé à 35 millions de mètres cubes [Paridaens & Vanmarcke, 2001].

Table 2 – Répartition des déchets (radioactifs) radifères sur le territoire belge et caractéristiques estimées sur la base des informations actuellement disponibles.

	Volume total de la décharge ou de la contamination diffuse [m³]	Volume total radiologiquement contaminé estimé par Umicore [m³]	Volume total de déchets radioactifs [m³]	Activité spécifique en radium 226 [Bq/g]	Activité totale alpha [GBq]
Site d'Umicore à Olen et alentours (déchets non conditionnés) [ONDRAF/NIRAS & Umicore, 2012 ; ONDRAF/NIRAS, 2013]					
Installations d'entreposage de classe II					
UMTRAP	n.a.	n.a.	55 000	20 à 30 000	38 000
Bankloop	n.a.	n.a.	30 000	3,2 ; homogène	140
Décision d'assainissement prise (mais exécution reportée)					
Décharge D1	200 000	130 000	inconnu [1]	moyenne : 7,6 très hétérogène	1 539
Décision d'assainissement probable					
Décharge SI	207 000	21 400	inconnu [1]	< 30, homogène	270
Ensemble du site	~ 100 000	20 000 à 30 000 [2]	inconnu [1]	inconnue	inconnue
Assainissement probablement superflu					
Décharge II	inconnu	25 000	inconnu [1]	inconnue	inconnue
Certaines rues de Geel et d'Olen	inconnu	inconnu	inconnu [1]	maximum ~ 7	inconnue
Sites de l'ONDRAF exploités par Belgoprocess à Mol et à Dessel (déchets conditionnés, existants et prévus)					
	n.a.	n.a.	2 290 [Van Geet, 2011]	très hétérogène	12 000 [3] [Tractebel, 1999]

[1] Le volume de déchets susceptible de devoir être pris en charge par l'ONDRAF en tant que déchets radioactifs peut être inférieur ou supérieur au volume radiologiquement contaminé estimé par Umicore (voir aussi section 5.1).

[2] L'incertitude sur le volume estimé est très importante.

[3] Activité totale alpha des déchets radifères du HRA-Solarium. Cette activité représente l'essentiel de l'activité alpha des déchets radifères conditionnés, existants et prévus, sur les sites de l'ONDRAF exploités par Belgoprocess à Mol et à Dessel.

3.3 Synthèse

Les substances qui aboutissent déjà ou aboutiront dans le système de gestion des déchets radioactifs de l'ONDRAF sont :

- les déchets radioactifs existants et les substances (futures) dont l'ONDRAF sait qu'elles prendront d'office le statut de déchets radioactifs ((1a) et (1b) dans la figure 3) ;
- les combustibles usés ainsi que les matières fissiles enrichies et les matières plutonifères qui seront déclarés comme déchets ((2) dans la figure 3) ;
- les déchets radioactifs provenant d'assainissements futurs décidés par l'AFCN et les déchets radioactifs issus du démantèlement des installations de certaines industries NORM ((3) dans la figure 3).

Les substances dont le caractère de déchet et/ou le caractère radioactif ne sera pas confirmé ((4) dans la figure 3) n'entreront pas dans le système de gestion de l'ONDRAF, à l'exception toutefois des déchets radioactifs qui seraient séparés lors du recyclage ou de la réutilisation de certaines substances ((5) dans la figure 3).

Il n'est pas exclu qu'une fraction des déchets radioactifs issus d'assainissements futurs ou du démantèlement des installations de certaines industries NORM, pour lesquels le type de destination finale n'est pas encore établi, puisse être gérée à long terme avec les déchets de catégorie A ou avec les déchets B&C.

Inversement, bien que les déchets radioactifs radifères entreposés sur les sites de l'ONDRAF exploités par Belgoprocess soient actuellement apparentés aux déchets de catégorie B et peuvent être mis en stockage géologique avec les autres déchets de catégorie B, quoique dans une partie physiquement distincte de l'installation, et avec les déchets de catégorie C, il paraît néanmoins logique d'envisager leur gestion à long terme dans le cadre de l'examen particulier de la problématique des déchets radifères présents sur le site d'Umicore à Olen et dans ses alentours et de l'optimisation de leur gestion.

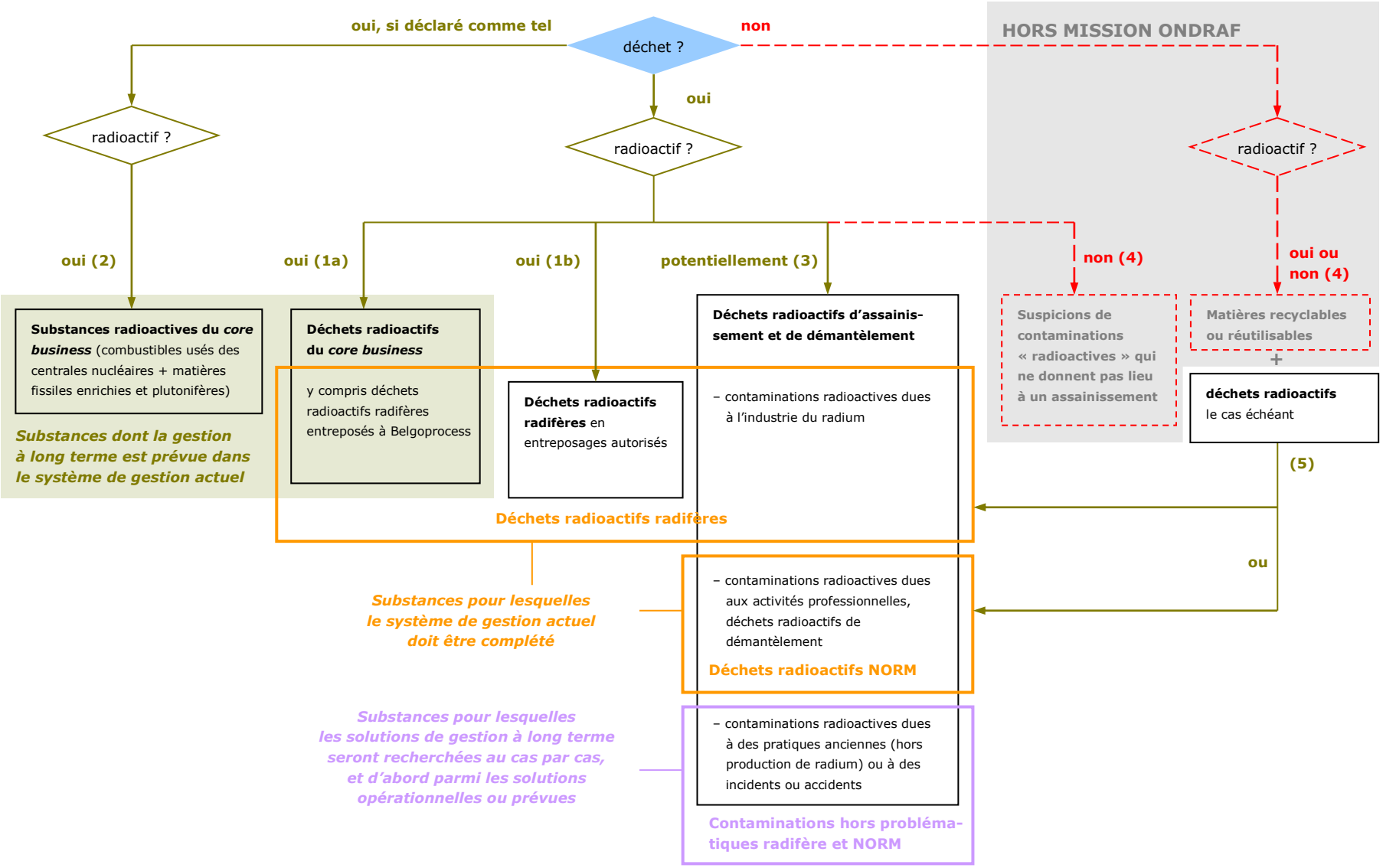


Figure 3 – Identification des groupes de substances dont la gestion à long terme est prévue dans le système de gestion actuel des déchets radioactifs de l'ONDRAF et de ceux dont la gestion à long terme n'est pas encore considérée dans ce système. Une fraction des déchets radioactifs pour lesquels le type de destination finale n'est pas encore établi pourrait être gérée à long terme avec les déchets de catégorie A ou les déchets B&C. La gestion à long terme des déchets radioactifs radifères entreposés à Belgoprocess, qui est prévue dans le système existant, sera aussi envisagée dans le cadre de l'examen particulier de la gestion à long terme de l'ensemble des déchets radioactifs radifères.

4 Gestion à long terme des déchets des catégories A, B et C

Les dossiers relatifs à la gestion à long terme des déchets de catégorie A, d'une part, et des déchets des catégories B et C, d'autre part, sont à des stades d'avancement très différents (section 4.1). Tous deux sont pénalisés par un cadre légal et réglementaire national dédié incomplet, notamment en ce qui concerne l'objectif d'assurance de la sûreté à long terme (section 4.2).

4.1 Etat d'avancement des dossiers

L'existence d'une politique nationale en matière de gestion à long terme des déchets de catégorie A a permis d'amener le dossier au stade de la demande de l'autorisation nucléaire nécessaire pour commencer la construction de l'installation de stockage prévue, tandis qu'en l'absence de politique nationale en matière de gestion à long terme des déchets B&C, le dossier B&C reste nécessairement au stade de la recherche, développement et démonstration (RD&D) méthodologique.

4.1.1 Déchets de catégorie A

Deux décisions du Conseil des ministres peuvent être considérées comme formant la politique nationale en matière de gestion à long terme des déchets de catégorie A, cette politique étant le stockage en surface sur le territoire de la commune de Dessel.

- Le 16 janvier 1998, le Conseil des ministres a opté *« pour une solution définitive ou à vocation définitive, progressive, flexible et réversible »* pour la gestion à long terme des déchets de catégorie A, cela sur la base d'un rapport de l'ONDRAF comparant les diverses options envisageables pour cette gestion des points de vue sûreté, environnement et coûts notamment [ONDRAF/NIRAS, 1997].
- Le 23 juin 2006, le Conseil des ministres a ensuite décidé, sur la base de quatre avant-projets de stockage développés dans le cadre de partenariats établis sur base volontaire entre l'ONDRAF et les communes de Mol et de Dessel [STOLA-Dessel, 2004 ; MONA, 2005], que les déchets de catégorie A seraient stockés en surface sur le territoire de la commune de Dessel. Les avant-projets techniques, développés à partir de propositions établies par l'ONDRAF, étaient intégrés dans des ensembles plus vastes (avant-projets intégrés), comportant une importante dimension sociétale.

Les études de détail du projet intégré de stockage en surface à Dessel, réalisées en concertation étroite avec les populations locales concernées, via les partenariats STORA, à Dessel (anciennement STOLA-Dessel), et MONA, à Mol, ont abouti à l'introduction le 31 janvier 2013 auprès de l'AFCN de la demande d'autorisation de création et d'exploitation de l'installation de stockage par l'ONDRAF. Cette demande, effectuée après une concertation de *pre-licensing* intense entre 1999 et 2012, contient les limites radiologiques proposées par l'ONDRAF pour identifier les déchets qui, du point de vue de la sûreté, peuvent être stockés dans l'installation en surface développée, compte tenu de ses caractéristiques et des caractéristiques du site d'implantation. Ces limites seront

fixées dans l'autorisation nucléaire du stockage et auront donc un impact sur le volume de déchets qui peuvent être considérés comme étant de catégorie A. L'ONDRAF a fait le choix de ne pas stocker de déchets radioactifs radifères dans l'installation de stockage en surface destinée aux déchets de catégorie A à Dessel et exclut que cette installation accueille de grandes quantités de déchets radioactifs NORM.

4.1.2 Déchets des catégories B et C

Bien que la gestion à long terme des déchets des catégories B et C fait depuis près de quarante ans l'objet de RD&D en Belgique et offre des perspectives prometteuses, le gouvernement fédéral n'a pas encore fixé de politique nationale en la matière. L'ONDRAF a remis à cet effet en septembre 2011 à sa tutelle son plan stratégique pour la gestion à long terme des déchets B&C, ou Plan Déchets B&C [ONDRAF/NIRAS, 2011], et le SEA qui l'accompagne [Resource Analysis, 2010]. Le Plan Déchets B&C contient une recommandation de politique nationale de gestion à long terme.

La solution préconisée par l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets B&C est celle sur laquelle il concentre ses efforts, à savoir le stockage géologique dans une argile peu indurée (Argile de Boom ou Argiles Yprésiennes). Elle respecte les principes de base pour la gestion à long terme des déchets radioactifs et a été confirmée par la comparaison, selon les quatre dimensions d'une solution durable de gestion à long terme, des options de gestion raisonnablement envisageables effectuée pour le compte de l'ONDRAF dans le SEA. Elle prend en compte l'incertitude actuelle sur le statut futur (ressource ou déchet) du combustible usé des centrales nucléaires.

Le Plan Déchets B&C n'exclut pas la possibilité de recourir à des forages profonds comme destination finale de quantités très limitées de déchets dont on souhaiterait rendre la récupération particulièrement difficile.

En l'absence de politique nationale en matière de gestion à long terme des déchets B&C, l'ONDRAF poursuit son programme de RD&D méthodologique, en maintenant l'hypothèse que la solution du stockage géologique dans une argile peu indurée sera confirmée par la politique nationale à fixer.

4.2 Examen des prérequis pour le développement de plans et projets de gestion

Si la connaissance de l'inventaire des déchets radioactifs des catégories A, B et C à gérer à long terme s'est jusqu'à présent avérée suffisante au regard des besoins de l'ONDRAF, l'absence de cadre légal et réglementaire national dédié à la gestion à long terme impacte les travaux de l'ONDRAF.

4.2.1 Connaissance de l'inventaire des déchets radioactifs à gérer

Conformément à ses missions, l'ONDRAF a établi et met régulièrement à jour, sur la base des déclarations des producteurs notamment, un inventaire des déchets radioactifs existants et dont la production est prévue. La connaissance de l'inventaire, tant des déchets de catégorie A que des déchets des catégories B et C, a permis d'amener les

dossiers respectivement au stade de la demande d'autorisation nucléaire et au stade de l'établissement d'un plan stratégique de gestion (table 3).

Table 3 – Type de solution choisi pour la gestion à long terme des déchets de catégorie A, type de solution préconisé pour la gestion à long terme des déchets des catégories B et C et ordre de grandeur des volumes de déchets à gérer estimé au 31 décembre 2008 (sur la base de l'hypothèse de quarante ans d'exploitation pour chacun des sept réacteurs nucléaires commerciaux) [Froment, 2009].

Catégorie de déchets conditionnés	Ordre de grandeur des volumes de déchets à considérer [1] [m³]	Type de solution	Nombre d'installations prévues
A	69 900 [2]	décidé : stockage en surface (à Dessel)	1
B [3] **C**	11 100 ou 10 430 [4] 600 ou 4 500 [4]	préconisé mais non décidé : stockage géologique dans une argile peu indurée	1 [5]

[1] L'ONDRAF prépare de nouveaux chiffres d'inventaire pour les trois catégories de déchets, qui tiennent notamment compte des évolutions en matière de durée d'exploitation des réacteurs nucléaires, de scénarios de retraitement et de destination finale de certains types de déchets.

[2] Le volume de déchets de catégorie A a été estimé sur la base des volumes des colis primaires de déchets conditionnés, y compris des volumes des caissons destinés à recevoir des déchets en vrac (issus du déclassement des installations nucléaires). Cette estimation a permis de dimensionner l'installation de stockage en surface. In fine, le volume de déchets de catégorie A qui sera stocké en surface dépendra des productions futures de déchets d'exploitation et de déclassement et des limites radiologiques fixées pour l'installation de stockage en surface proposée. Il se pourrait par ailleurs que l'ONDRAF décide de mettre certains déchets de catégorie A en stockage géologique avec les déchets B&C, par exemple pour des raisons d'optimisation de l'utilisation de la capacité radiologique de l'installation de stockage en surface.

[3] Y compris les déchets radioactifs radifères entreposés sur les sites de l'ONDRAF exploités par Belgoprocess.

[4] Selon que la suspension actuelle du retraitement des combustibles commerciaux usés est levée ou qu'elle est maintenue.

[5] Des forages profonds en plus du stockage géologique ne sont pas à exclure pour la gestion à long terme de quantités très limitées de déchets dont on souhaiterait rendre la récupération particulièrement difficile.

Les incertitudes relatives à l'inventaire des déchets des catégories A, B et C sont principalement liées

- à la durée du maintien dans le temps des activités génératrices de ces déchets ;
- pour les déchets de catégorie A, aux limites radiologiques qui seront fixées dans l'autorisation nucléaire de création et d'exploitation de l'installation de stockage ;
- pour les déchets B&C, au statut futur (ressource ou déchet) des combustibles usés des centrales nucléaires.

Ces incertitudes ne sont pas de nature à remettre en question le travail effectué dans les deux dossiers. L'incertitude relative au statut des combustibles usés des centrales

nucléaires devrait toutefois être levée dans les prochaines années, et au plus tard au moment d'entamer le processus de sélection d'un ou plusieurs sites potentiels pour la construction d'une installation de stockage pour les déchets B&C. Il est en effet difficilement concevable d'entamer les processus participatifs qu'implique la sélection de sites potentiels de stockage de déchets radioactifs sans avoir une bonne connaissance des déchets concernés.

4.2.2 Analyse du cadre légal et réglementaire national de gestion à long terme des déchets radioactifs

Le cadre légal et réglementaire national dédié à la gestion à long terme des déchets radioactifs (éléments contraignants, tels que lois, arrêtés royaux et certaines décisions, et éléments non contraignants, tels que guidances) est actuellement incomplet. Les dispositions contraignantes du cadre national de radioprotection et de sûreté existant, constituées essentiellement du règlement général de radioprotection [Moniteur belge, 2001] et de l'arrêté royal portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires [Moniteur belge, 2011], sont en effet à portée générale et ne couvrent pas complètement les aspects de sûreté à long terme des installations de stockage. Les seuls éléments du cadre légal et réglementaire national dédiés à la gestion à long terme des déchets radioactifs, à savoir un ensemble de guidances établies par l'AFCN, ne sont pas contraignants et n'ont pas le statut d'arrêtés réglementaires.

En l'absence de cadre légal et réglementaire national dédié complet, le projet de stockage des déchets de catégorie A a été développé à partir des recommandations internationales existantes et des nombreux retours d'expérience à l'étranger, ainsi que de guidances de l'AFCN. L'absence de cadre national dédié complet a toutefois été source de difficultés pour l'établissement du dossier de demande d'autorisation du stockage.

Par conséquent, pour le dossier B&C, l'ONDRAF souhaite disposer d'un cadre légal et réglementaire suffisamment complet avant de commencer à développer un ou plusieurs avant-projets de stockage une fois que la politique nationale de gestion à long terme de ces déchets aura été fixée. Ce cadre devra encore être affiné ultérieurement pour permettre de réaliser en suffisante connaissance de cause les études de détail du projet de stockage qui sera retenu à terme et de préparer la demande d'autorisation en complète connaissance des exigences légales et réglementaires et des attentes de l'AFCN.

Concrètement, les dispositions contraignantes spécifiques à la sûreté radiologique à long terme des installations de stockage et à la procédure d'autorisation de ces installations devront être proposées par l'AFCN au législateur et inclues dans le droit national au cours de la phase de *pre-licensing* du projet B&C. La fixation de ces dispositions répondrait à la prescription 2 des prescriptions de sûreté particulières de l'AIEA relatives au stockage des déchets radioactifs [AIEA, 2011] : *« L'organisme de réglementation établit des prescriptions réglementaires pour la réalisation des différents types d'installations de stockage définitif de déchets radioactifs et énonce les procédures à suivre pour satisfaire à ces prescriptions aux différents stades du processus d'autorisation. Il fixe aussi les conditions pour la réalisation, l'exploitation et la fermeture de chaque installation de stockage définitif et exécute les activités nécessaires pour s'assurer qu'il est satisfait à ces conditions. »*

5 Solutions techniques envisagées par l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM

Tous les sites présentant une contamination radioactive concentrée ou diffuse constituant une situation d'exposition existante qui ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection devront faire l'objet d'une intervention destinée à améliorer la situation locale de façon significative et permanente eu égard à cette exposition. Si cette intervention ne se limite pas à des mesures administratives (sous la forme d'un plan de gestion des risques) mais prend la forme d'un assainissement, que cet assainissement conduit à retirer les matières à l'origine de l'exposition et qu'une partie au moins de ces matières est qualifiée de déchets radioactifs par l'AFCN, la gestion à long terme des matières ainsi qualifiées devra être assurée par l'ONDRAF.

L'identification*, en vue de la fixation de politiques nationales,* des solutions techniques pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM implique

- l'identification de solutions de gestion de référence et d'options alternatives (section 5.1) ; en l'absence de cadre légal et réglementaire national dédié, cette identification s'appuie sur les principes de base pour la gestion à long terme des déchets radioactifs (section 2.1) et sur la classification internationale (section 2.2) ;
- des choix stratégiques en matière de sûreté et de gestion, qui s'appuient également sur les principes de base pour la gestion à long terme des déchets radioactifs (section 5.2) ;
- des études stratégiques, dans le cadre de plans déchets futurs et des SEA associés (section 5.3).

L'ONDRAF s'interroge aussi sur son implication éventuelle à terme dans la gestion à long terme des sites ayant fait l'objet d'une intervention radiologique sans qu'il y ait eu enlèvement de matières contaminées ainsi que sur la gestion à long terme des décharges où ont été transférés des déchets d'intervention dont l'AFCN a déjà jugé qu'ils ne devaient pas être gérés en tant que déchets radioactifs (section 5.3.1).

5.1 Identification de solutions de gestion de référence et d'options alternatives

Les facteurs déterminants pour définir le ou les types de solutions raisonnablement envisageables [8] pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM sont :

[8] Les options suivantes ne sont pas considérées dans le référentiel de gestion : les options de gestion à long terme susceptibles d'assurer la sûreté de façon passive décrites dans le SEA qui accompagne le Plan Déchets B&C (immersion en mer, évacuation dans les fonds marins, évacuation dans une zone de subduction océanique, évacuation dans une calotte glaciaire, évacuation dans l'espace, évacuation par fusion de la formation hôte et évacuation par injection directe) et rejetées d'emblée parce qu'elles contreviennent à des traités ou conventions internationaux dont la Belgique est signataire et/ou parce qu'elles contreviennent au cadre légal et réglementaire national et/ou parce qu'elles ne présentent pas de garanties suffisantes en matière de sûreté. Outre les motifs de rejet cités, certaines de ces options ne sont pas envisageables du simple fait qu'elles ne sont en théorie utilisables que pour des déchets chauffants ou du fait qu'elles ne se prêtent pas à l'évacuation de grandes quantités de déchets.

Décharge nucléaire : une installation de stockage destinée à accueillir des déchets radioactifs de très faible activité conditionnés ou non conditionnés

Traitement et conditionnement des déchets radioactifs : « suite d'opérations méca-niques, chimiques, physiques et autres destinées à assurer la conversion des déchets radioactifs en colis répondant aux exigences opérationnelles de la manutention, du transport, de l'entreposage ou de l'évacuation » (arrêté royal du 30 mars 1981)

Conditionnement : ensemble des opérations faisant partie de la production de colis de déchets radioactifs adaptés à la manutention, au transport, à l'entreposage ou au stockage et pouvant comprendre l'immobilisation des déchets, le confinement des déchets dans un emballage avec, si nécessaire, la mise d'un suremballage, voire le simple placement dans un emballage de manutention

- les caractéristiques radiologiques (activité et concentration d'activité ainsi que durée de vie) des déchets à gérer et
- les quantités de déchets à gérer,

qui déterminent le risque radiologique associé aux déchets.

Les volumes de déchets que l'ONDRAF aura à gérer en tant que déchets radioactifs radifères et NORM dépendront essentiellement, d'une part, d'éléments encore à fixer par le cadre légal et réglementaire national et de décisions de l'AFCN et, d'autre part, des choix en matière de recyclage et de réutilisation des résidus non exemptés, qui sont essentiellement du ressort des propriétaires ou détenteurs de ces matières.

Par ailleurs, compte tenu de la forte hétérogénéité de leurs caractéristiques radiologiques, les déchets radioactifs radifères devront dans la mesure du possible être ségrégués en plusieurs fractions pour leur gestion à long terme, ceci afin de permettre le développement, selon une approche graduée, d'une combinaison de solutions pour cette gestion. Un fractionnement des déchets radioactifs NORM pourrait également s'avérer nécessaire dans certains cas. Dans cette optique, l'ONDRAF définit les notions suivantes :

- *solution de référence primaire* : le type de solution de gestion à long terme que, conformément à la classification internationale, l'ONDRAF estime a priori sûr pour la majeure partie (en volume) des déchets radioactifs radifères ou NORM, tout en étant compatible avec l'ordre de grandeur des volumes de déchets potentiellement à gérer, et donc tout en étant économiquement justifiable ;
- *solution(s) de référence secondaire(s)* : le(s) type(s) de solution de gestion à long terme que, conformément à la classification internationale, l'ONDRAF estime a priori sûr(s) pour la (les) fraction(s) de déchets radioactifs radifères ou NORM dont les caractéristiques radiologiques font qu'elles ne peuvent, pour des raisons de sûreté, être gérées selon la solution de référence primaire ;
- *option alternative* : solution de gestion qui peut a priori être substituée à la solution de référence (primaire ou secondaire) si le site de production des déchets ne se prête pas à la mise en œuvre de la solution de référence ou si des considérations d'optimisation le justifient et qui assure un niveau de sûreté jugé au moins équivalent à celui de la solution de référence.

Si une situation d'exposition existante due à des déchets radifères ou NORM doit faire l'objet d'un assainissement et que les déchets ne sont pas ségrégués, la solution à mettre en œuvre pour leur gestion à long terme devra tenir compte de l'activité totale et du caractère hétérogène des déchets et pourra dépendre de leurs caractéristiques radiologiques les plus pénalisantes.

Considérant que

- selon le consensus international reflété par la classification de l'AIEA [AIEA, 2009a], les déchets de très faible activité peuvent être stockés dans des installations de type « décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur » ;
- le cadre légal et réglementaire national en matière d'interventions et d'assainissements et en matière de sûreté de la gestion à long terme des déchets radioactifs issus d'assainissements n'a pas encore été développé ;

- les déchets radifères (potentiellement) radioactifs sont majoritairement des déchets de très faible activité ;
- les résidus NORM potentiellement radioactifs sont majoritairement des déchets de très faible activité ;
- les déchets radioactifs radifères et les déchets radioactifs NORM seront majoritairement des déchets d'assainissement ;
- l'arrêté royal du 20 juillet 2001 dispose que les déchets radioactifs d'intervention ne doivent pas être conditionnés pour leur gestion à long terme, sauf décision contraire de l'AFCN (articles 33 et 35.1) ;

la solution de référence primaire de l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM est le stockage en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur. L'ONDRAF appelle « décharges nucléaires » des installations de stockage, dont les barrières ouvragées sont plus ou moins développées, destinées à accueillir des déchets radioactifs de très faible activité conditionnés ou *non conditionnés* (par opposition aux installations de stockage au sens usuel qui, dans les cas étudiés jusqu'ici en Belgique, ne peuvent accueillir que des déchets *conditionnés*). Dans la suite du texte, le terme « décharge nucléaire » désigne exclusivement des décharges de déchets radioactifs conditionnés et/ou non conditionnés, les décharges de déchets non radioactifs étant appelées « décharges » ou « décharges conventionnelles ».

Conformément aux solutions de gestion à long terme envisagées dans la classification de l'AIEA, les solutions de référence secondaires pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et, le cas échéant, des déchets radioactifs NORM se présentent a priori comme suit :

- stockage des déchets sous forme conditionnée dans une installation située en surface ou à faible profondeur ;
- stockage des déchets sous forme conditionnée dans une installation située entre quelques dizaines et quelques centaines de mètres de profondeur dans une couche géologique adéquate.

La relation entre activité des déchets et profondeur de stockage est toutefois indicative, la protection offerte par une installation de stockage n'étant pas proportionnelle à sa profondeur. La conception d'une installation de stockage procède en effet d'une approche systémique : l'installation de stockage et, en particulier, ses barrières ouvragées, sont conçues en fonction des caractéristiques du milieu hôte et des déchets à isoler et confiner de manière à ce que *l'ensemble* assure la sûreté de façon robuste à long terme.

Dans son avis relatif au projet de référentiel de gestion à long terme, l'AFCN questionne a priori la faisabilité en termes de sûreté de la solution du stockage en surface ou à faible profondeur pour les déchets radioactifs radifères de faible activité en raison de leur longue durée de vie [AFCN, 2014]. L'ONDRAF constate que ce point de vue ne repose pas sur des éléments du cadre légal et réglementaire national et considère en outre qu'il est prématuré. Ce n'est en effet qu'au stade des évaluations de sûreté du système de stockage développé qu'il sera possible de déterminer, dans le cadre d'une approche systémique, quels déchets peuvent être stockés en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur, et doivent donc être considérés comme étant de très faible activité, et

quels déchets peuvent être mis dans une installation de stockage en surface ou à faible profondeur, et doivent donc être considérés comme étant de faible activité.

Les solutions de référence et les options alternatives pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM, identifiées de manière générique dans le référentiel (table 4 et figure 4), donc sans préjuger des possibilités de mise en œuvre sur ou hors sites de production des déchets, seront examinées de façon aussi spécifique que possible dans le ou les futurs plans déchets que l'ONDRAF établira et dans le(s) SEA associé(s) (section 5.3).

Table 4 – Exemple théorique d'application des notions de solution de référence (primaire et secondaire) et d'option alternative dans le cas de déchets ségrégués en trois fractions d'activités différentes. La profondeur de stockage des déchets ne détermine pas, à elle seule, la sûreté d'une installation de gestion à long terme de déchets radioactifs.

	% vol	Exemples de solutions de référence	Exemples d'options alternatives
fraction X (VLLW)	70 %	primaire : stockage en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur	stockage en surface ou à faible profondeur, stockage à profondeur intermédiaire
fraction Y (LLW)	20 %	secondaire : stockage en surface ou à faible profondeur [1]	stockage à profondeur intermédiaire, stockage géologique
fraction Z (ILW)	10 %	secondaire : stockage à profondeur intermédiaire	stockage en forages profonds, stockage géologique

[1] Dans son avis relatif au projet de référentiel de gestion à long terme, l'AFCN questionne a priori la faisabilité en termes de sûreté de la solution du stockage en surface ou à faible profondeur pour les déchets radioactifs radifères de faible activité en raison de leur longue durée de vie [AFCN, 2014].

Tous les types d'installations de gestion à long terme, y compris les décharges nucléaires et les forages, doivent être autorisés en tant qu'établissements nucléaires de classe I au sens de l'arrêté royal du 20 juillet 2001.

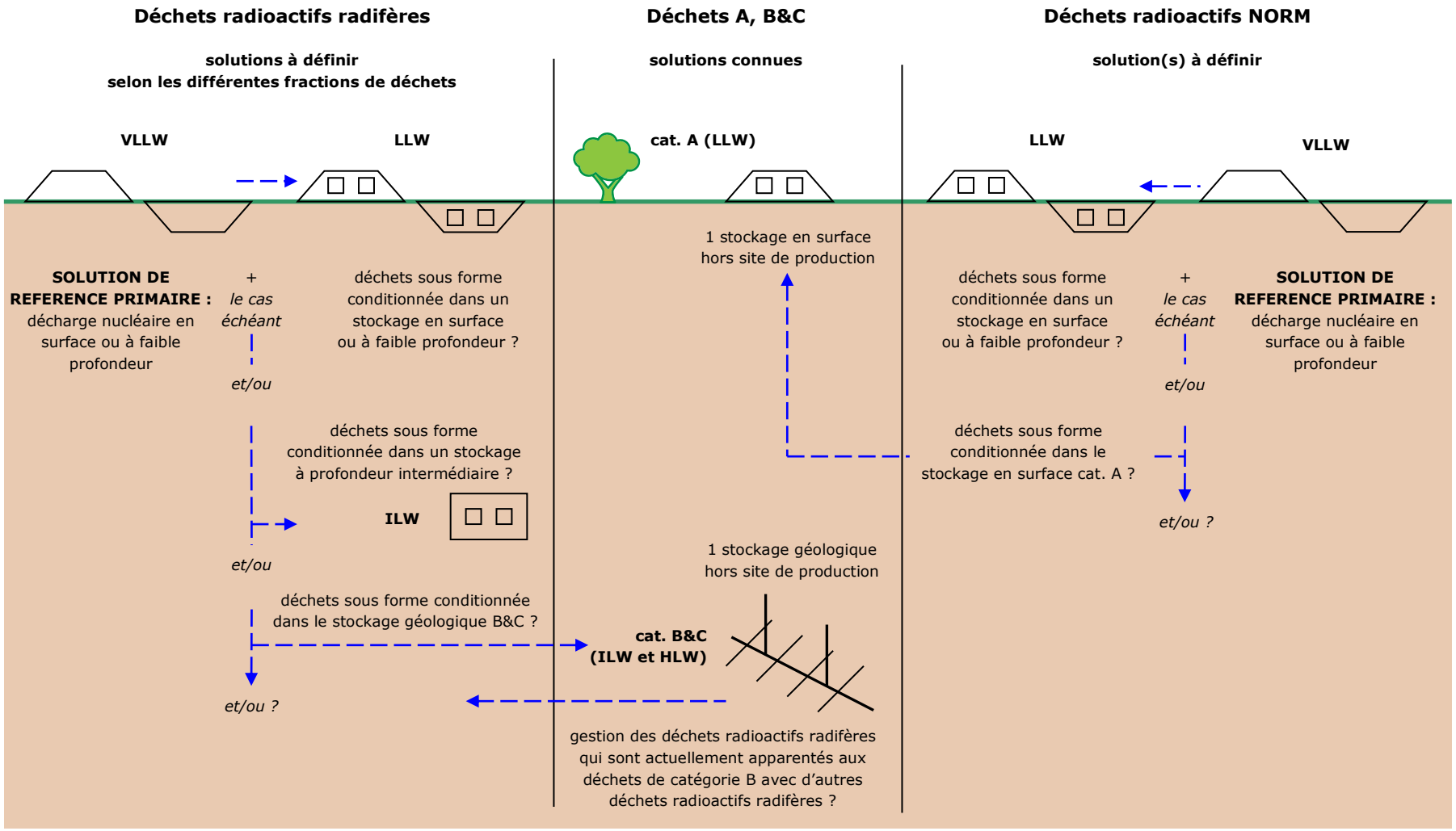


Figure 4 – Aperçu schématique du type de réflexion à mener pour aboutir à la définition des solutions de gestion à long terme de référence et des options alternatives pour les déchets radioactifs radifères et NORM.

5.2 Choix stratégiques de l'ONDRAF en matière de sûreté et de gestion

En conformité avec les pratiques internationales [AIEA, 2013] et en application des principes d'optimisation de la protection et d'approche graduée, l'ONDRAF fait les choix stratégiques suivants en matière de sûreté et de gestion des déchets radioactifs.

- L'ONDRAF évitera de transférer de grands volumes de déchets radioactifs hors site de production en vue de leur gestion à long terme s'il n'y a pas de valeur ajoutée en termes de protection ; en effet, le transport de grandes quantités de déchets radioactifs comporte des risques et a un coût.
- L'ONDRAF limitera le nombre d'installations de gestion à long terme tant pour des raisons de sûreté que pour des raisons socio-économiques.
- L'ONDRAF optimisera la conception des installations de gestion à long terme en fonction des caractéristiques radiologiques et physicochimiques des déchets qu'elles seront destinées à recevoir (qui déterminent le terme source radiologique, et donc le risque intrinsèque) et des caractéristiques du site d'implantation de manière à assurer un niveau de sûreté adéquat en appliquant le principe BAT/BATNEEC *(best available techniques / best available techniques not entailing excessive costs)*.
- L'ONDRAF proposera de maintenir les contrôles réglementaires des systèmes de gestion à long terme le plus longtemps possible, pour autant que cela soit faisable et réponde à une demande sociétale [AEN, 2014]. D'actifs (par exemple, prélèvements et analyses) et passifs (par exemple, restrictions d'accès) au départ, ces contrôles deviendront de plus en plus passifs avec le temps (par exemple, restrictions légales et réglementaires de l'affectation des sols). Il appartiendra à chaque génération de décider des connaissances et moyens qu'elle veut transmettre à la génération suivante pour lui permettre de maintenir ces contrôles.

5.3 Futur(s) plan(s) déchets

La fixation de politiques nationales en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et des déchets radioactifs NORM s'appuiera sur le ou les plans stratégiques de gestion que l'ONDRAF établira pour ces déchets, comme il l'a fait pour la gestion à long terme des déchets B&C (section 5.3.3). Les conditions ne sont toutefois pas réunies actuellement pour établir ces plans, ou du moins pour établir des plans qui définissent le cadre pour de futurs projets de gestion. En effet, l'ONDRAF ne dispose pas des informations nécessaires pour se forger une idée suffisamment précise de l'inventaire des déchets et du nombre de sites concernés (section 5.3.1) et il n'existe pas de cadre légal et réglementaire national dédié à la gestion à long terme de ces déchets (section 5.3.2).

5.3.1 Connaissance de l'inventaire des déchets radioactifs à gérer et cadre légal et réglementaire y relatif

L'ONDRAF possède une connaissance suffisante de l'inventaire des déchets radifères qui se trouvent dans des installations d'entreposage autorisées, et qui ont donc le statut de déchets radioactifs, pour établir un plan stratégique en vue de leur gestion à long terme, mais il n'est pas en mesure de se forger une idée de l'inventaire des déchets radioactifs radifères et NORM qui pourraient résulter de futurs assainissements et qu'il devrait alors également gérer à long terme (figure 5 (d)). L'inventaire des déchets radioactifs radifères et NORM « potentiels » dépend en effet à la fois de dispositions à compléter dans le cadre légal et réglementaire national, sur proposition de l'AFCN, et des choix que les propriétaires ou détenteurs des déchets radifères et NORM issus d'éventuels assainissements futurs feront.

Niveau de référence : « dans une situation d'exposition d'urgence ou d'exposition existante, le niveau de la dose efficace ou de la dose équivalente ou de concentration d'activité au-dessus duquel il est jugé inapproprié de permettre la survenance d'expositions résultant de ladite situation d'exposition, même s'il ne s'agit pas d'une limite ne pouvant pas être dépassée » (directive 2013/59/Euratom)

- Le cadre légal et réglementaire ne fixe ni les niveaux de référence sur lesquels l'AFCN doit se baser pour décider qu'une situation d'exposition existante doit faire l'objet d'une intervention, ni les circonstances dans lesquelles cette intervention doit prendre la forme d'un assainissement impliquant l'enlèvement de matières radiologiquement contaminées.
- Le cadre légal et réglementaire ne fixe pas les conditions auxquelles doivent satisfaire des déchets d'assainissement pour ne pas être considérés comme radioactifs. Le guide technique de l'AFCN à l'intention, notamment, des exploitants de décharges conventionnelles, qui peuvent accepter des résidus NORM à certaines conditions [AFCN, 2013a], fait partie du cadre légal et réglementaire mais n'est pas contraignant et ne permet pas à l'ONDRAF d'estimer l'inventaire des résidus NORM qu'il est susceptible de devoir prendre en charge à long terme en tant que déchets radioactifs.
- Les personnes morales ou physiques qui seront appelées à couvrir les coûts d'assainissement de situations d'exposition existantes dues à des déchets radifères ou NORM devront décider en temps utile si elles souhaitent profiter des opérations d'assainissement pour destiner, dans la mesure des possibilités, une fraction des déchets d'assainissement non exemptés au recyclage ou à la réutilisation. Ce choix dépendra notamment du résultat de la mise en balance des bénéfices et inconvénients escomptés : récupération de matières économiquement valorisables et réduction de la quantité de déchets radioactifs, mais augmentation de l'exposition et des coûts par exemple.

L'ensemble des inconnues en matière de production de déchets radioactifs radifères et NORM d'assainissement met l'ONDRAF dans l'impossibilité d'établir des plans stratégiques pour la gestion à long terme de ces déchets autres que des plans portant sur les grands principes de gestion. Les volumes de déchets radioactifs concernés vont en effet potentiellement de quelques m^3 à un ordre de grandeur de 100 000 m^3 pour les déchets radioactifs radifères, et d'un volume de quelques m^3 à plusieurs millions de m^3 pour les déchets radioactifs NORM.

Plus généralement, l'ONDRAF s'interroge aussi sur son éventuelle implication, à plus ou moins long terme, dans la gestion à long terme de certaines situations consécutives à la mise en œuvre de décisions d'intervention prises par l'AFCN. Dans la mesure en effet où le cadre légal et réglementaire national en matière d'interventions et d'assainissements et en matière de sûreté de la gestion à long terme des déchets radioactifs issus

d'assainissements n'a pas encore été développé, les décisions d'intervention déjà prises sont entourées d'incertitudes juridiques pour ce qui concerne la gestion à long terme des situations associées.

Comme le montrent les décisions d'intervention prises jusqu'ici au cas par cas par l'AFCN, les interventions n'entraînent pas nécessairement l'enlèvement des matières contaminées à l'origine de la situation d'exposition existante et des matières contaminées enlevées ne doivent pas nécessairement être gérées en tant que déchets radioactifs. Ainsi, une intervention peut se matérialiser, moyennant autorisation de l'AFCN, par

- un plan de gestion des risques, c'est-à-dire la mise en place de mesures administratives (figure 5 (a)) ; c'est le cas par exemple pour certains terrains contaminés à Olen, qui font l'objet de restrictions d'utilisation [AFCN, 2004] ;
- un assainissement consistant à confiner les contaminations radioactives là où elles se trouvent (figure 5 (b)), comme ce sera par exemple le cas dans les prochaines années pour certains sites de l'industrie des phosphates [AFCN, 2013b] ;
- un assainissement consistant à enlever les contaminations radioactives sans pour autant considérer qu'elles doivent intégralement être considérées comme des déchets radioactifs et gérées comme telles à long terme (figure 5 (c)). Cette approche a notamment été suivie pour certains assainissements réalisés à proximité du site d'Umicore à Olen, où des déchets d'assainissement ont pu être transférés vers des décharges conventionnelles moyennant le respect de certains critères radiologiques [AFCN, 2012].

Selon la pratique actuelle, ces différents types d'interventions ne conduisent pas à créer de nouvelles installations nucléaires d'entreposage ou de stockage et ne concernent donc normalement pas l'ONDRAF.

Le maintien sur site de la contamination en cas de plan de gestion des risques ou d'assainissement radiologique par confinement ou son transfert, éventuellement partiel, en décharge conventionnelle pose toutefois, selon l'ONDRAF, la question de la gestion à long terme des sites et décharges concernés en raison de la présence de radionucléides de longue durée de vie. Cette interrogation est renforcée par les dispositions suivantes de la directive 2013/59/Euratom, reprises des normes fondamentales de sûreté de l'AIEA [AIEA, 2014], qui suivent elles-mêmes les recommandations 2007 de la CIPR [CIPR, 2009] :

« 1. Les Etats membres veillent à ce que les stratégies de protection optimisées en matière de gestion des zones contaminées prévoient, le cas échéant, les éléments suivants :

a) des objectifs, notamment les buts à long terme de la stratégie et les niveaux de référence correspondants, conformément à l'article 7 ; […] » (article 73)

« 1. Les Etats membres organisent l'établissement de stratégies garantissant que la gestion des situations d'exposition existantes est appropriée et proportionnée aux risques et à l'efficacité des mesures protectrices. 2. Chaque stratégie comporte : a) les objectifs poursuivis ; b) des niveaux de référence appropriés, compte tenu des niveaux de référence énoncés à l'annexe I. » (article 101).

L'introduction future dans le cadre légal et réglementaire national de radioprotection des stratégies de gestion des situations d'exposition existantes, autrement dit des stratégies

d'intervention, et de leurs objectifs à long terme devra lever les incertitudes juridiques actuelles. Elle suggère un futur défi important en ce qui concerne la gestion à long terme des sites qui ont fait l'objet d'une intervention radiologique sans qu'il y ait eu création d'une installation nucléaire ainsi que des décharges conventionnelles qui accueillent des déchets issus d'assainissements radiologiques.

Ce point devrait être clarifié dans les meilleurs délais afin de permettre le cas échéant à l'ONDRAF de mettre en place les outils nécessaires (financement, RD&D, …) pour lui permettre de gérer ces situations tout en limitant les risques d'apparition de passifs nucléaires, car d'éventuels passifs devraient être mis à charge de la collectivité. La mission d'inventaire des passifs nucléaires de l'ONDRAF ne lui permet en effet pas de prévenir le risque d'apparition de passifs nucléaires de ce type puisqu'elle ne concerne ni les sites assainis selon des modalités autorisées par l'AFCN, ni les sites qui accueillent des déchets issus d'assainissements radiologiques considérés comme non radioactifs par l'AFCN.

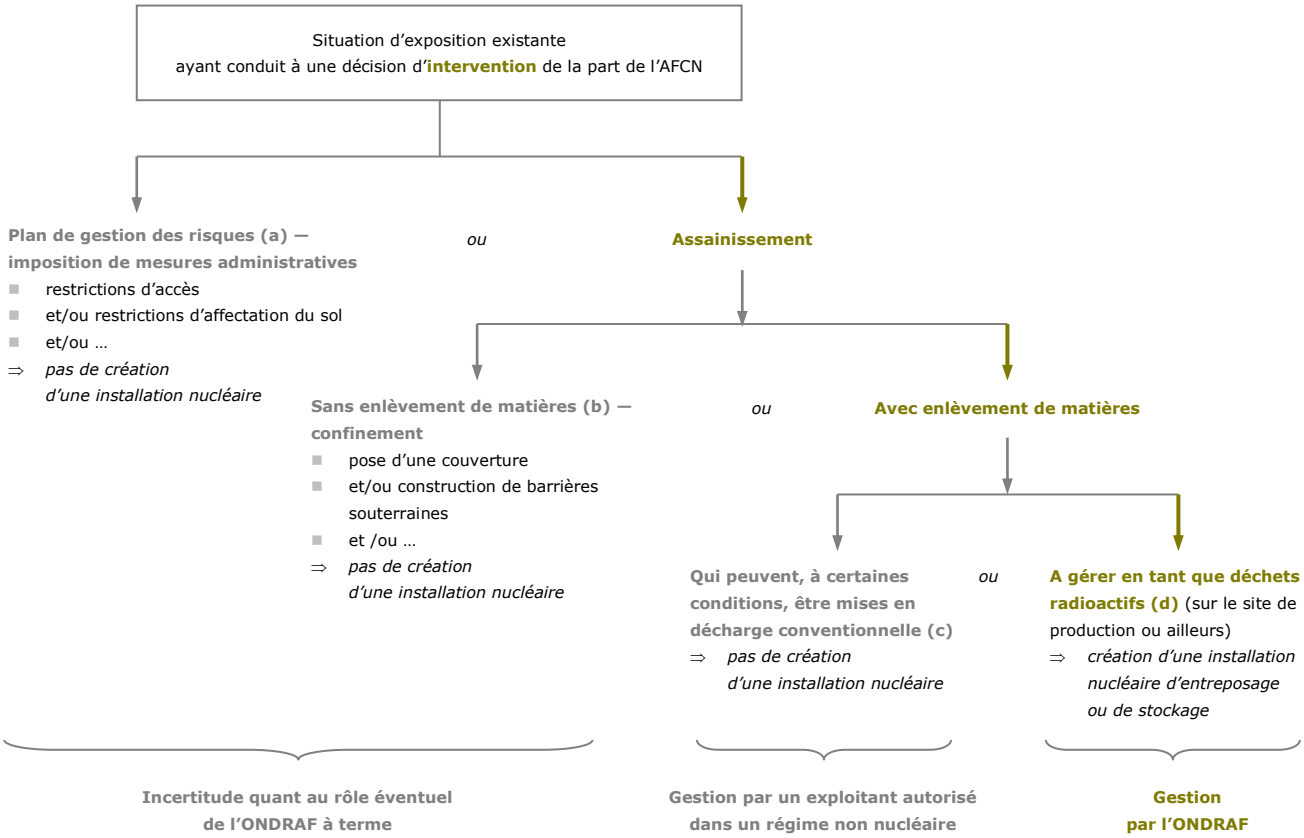


Figure 5 – Les différents types d'interventions dont l'ONDRAF a connaissance et lien avec la production de déchets radioactifs.

5.3.2 Analyse du cadre légal et réglementaire national de gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM

Il n'y a pas de cadre légal et réglementaire national dédié à la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM (voir aussi section 4.2.2). Ceci dit, ce cadre ne doit — et du reste ne peut — être complet avant même la fixation des politiques nationales de gestion à long terme.

Pour l'établissement du ou des plans stratégiques destinés à supporter la fixation de politiques nationales en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM, le cadre légal et réglementaire national peut se limiter à

- fixer les principes applicables à la gestion à long terme de ces déchets radioactifs ;
- borner le spectre des solutions envisageables pour leur gestion.

Le développement ultérieur de projets de gestion mettant en œuvre les politiques nationales fixées pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM ne sera quant à lui possible que moyennant fixation

- des dispositions réglementaires spécifiques à la sûreté de la gestion à long terme de ces déchets ;
- de la procédure d'autorisation spécifique aux installations de stockage de ces déchets.

Les éléments du cadre légal et réglementaire national de radioprotection et de sûreté nécessaires au développement de projets de stockage pour les déchets radioactifs radifères et NORM devront être proposés par l'AFCN au législateur et inclus dans le droit national durant la phase de *pre-licensing*, avant la demande d'autorisation de création et d'exploitation de telles installations.

5.3.3 Etablissement du ou des futurs plans déchets

Compte tenu de ce que l'ensemble des déchets radifères et NORM peut être divisé en trois groupes, à savoir

- les déchets radifères qui ont déjà le statut de déchets radioactifs,
- les déchets radifères qui pourraient prendre le statut de déchets radioactifs (déchets radioactifs « potentiels »),
- les résidus NORM qui pourraient prendre le statut de déchets radioactifs (déchets radioactifs « potentiels ») [9],

et de ce que la définition de la portée du ou des futurs plans déchets devant servir de support à la fixation de politiques nationales pour la gestion à long terme de ces déchets doit tenir compte du fait que

[9] Pour simplifier la présente réflexion, les résidus NORM qui seront issus du démantèlement d'installations de certaines industries NORM, et dont certains au moins auront le statut de déchets radioactifs, sont inclus dans les déchets radioactifs NORM « potentiels ».

- les parties concernées, comme Umicore, l'ONDRAF, l'AFCN et l'OVAM *(Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij)*, partagent le point de vue selon lequel la gestion des déchets radifères qui ont déjà le statut de déchets radioactifs doit s'inscrire dans un plan de gestion global [AFCN & ONDRAF, 2001 ; Umicore, 2004] couvrant aussi les déchets radioactifs radifères « potentiels » ;
- des déchets de caractéristiques radiologiques comparables doivent être appréhendés de façon comparable pour leur gestion à long terme, et donc que la gestion à long terme des déchets radioactifs NORM doit s'envisager de la même manière que celle des déchets radioactifs radifères de caractéristiques radiologiques comparables ;

il semble qu'une approche adéquate pourrait consister à établir un plan déchets commun aux déchets radioactifs radifères existants et « potentiels » et aux déchets radioactifs NORM « potentiels ». Ce plan comprendrait une première partie relativement détaillée consacrée aux déchets radioactifs radifères existants, qui définirait le cadre pour un ou plusieurs projets de gestion pour ces déchets, et une partie moins détaillée, consacrée aux déchets radioactifs radifères et NORM « potentiels ». Il s'appuierait, dans la mesure du possible, sur une analyse des pratiques en vigueur à l'étranger (voir annexe 1 pour un survol préliminaire non exhaustif de ces pratiques). La seconde partie examinerait les problématiques des déchets radioactifs radifères et NORM « potentiels » sous l'angle des principes et tiendrait compte autant que possible des similitudes entre elles pour identifier les grandes orientations de gestion à privilégier (nécessité d'un conditionnement ou pas ? gestion à long terme sur le site de production des déchets ou pas ? rôle du contrôle et de la surveillance pour la gestion à long terme des déchets de longue durée de vie ? prépondérance du risque radiologique ou du risque chimique ? etc.). Cette analyse au niveau des principes ne serait toutefois pas suffisante pour supporter la définition d'une politique nationale complète (au sens ou l'ONDRAF l'entend — chapitre 1) pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM « potentiels ».

La décision d'établir un plan déchets commun aux déchets radioactifs radifères et NORM ou deux plans séparés sera annoncée dans le programme national de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs, qui doit être notifié à la Commission européenne pour le 23 août 2015. Dans tous les cas, un point d'attention particulier sera celui de la quantité de radionucléides de longue durée de vie qui peuvent être acceptés dans une décharge nucléaire ou un stockage en surface ou à faible profondeur [AIEA, 2009a]. Le programme national devrait également annoncer un calendrier d'établissement de ce ou ces plans.

6 Nouvelle classification envisagée par l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs

La classification des déchets radioactifs actuellement utilisée par l'ONDRAF pour leur gestion à long terme paraît devoir être adaptée pour différentes raisons :

- elle porte sur des déchets conditionnés uniquement, or les déchets radioactifs radifères et les déchets radioactifs NORM possèdent, pour la majorité d'entre eux, des caractéristiques radiologiques et physicochimiques telles qu'il n'est pas nécessaire de les conditionner pour leur gestion à long terme ;
- elle diffère de la classification des déchets radioactifs de l'AIEA proposée en 2009 : contrairement à la classification de l'AIEA,
  - elle ne définit pas toutes les catégories de déchets en fonction de la solution de référence pour leur gestion à long terme ;
  - elle ne fait pas la distinction entre les déchets de faible activité et les déchets de très faible activité, qui représentent potentiellement des volumes de déchets considérables ;
  - elle distingue (comme la classification proposée en 1994 par l'AIEA) les déchets de courte durée de vie des déchets de longue durée de vie parmi les déchets de faible et moyenne activité ;
- selon le considérant 22 de la directive 2011/70/Euratom, *« Un système national de classification des déchets radioactifs tenant dûment compte des types de déchets radioactifs et de leurs propriétés spécifiques devrait être mis en place pour accompagner [les dispositions afin de protéger l'environnement et la santé humaine contre les dangers résultant des rayonnements ionisants] »* ;
- ENSREG recommande à tous les Etats membres d'utiliser dans leurs rapports à la Commission européenne établis dans le cadre de la directive 2011/70/Euratom le système unifié de classification des déchets radioactifs de l'AIEA proposé en 2009.

Pour répondre aux besoins belges, tout en répondant au souhait d'unification de la classification au niveau international, la nouvelle classification des déchets radioactifs pour la gestion à long terme devrait

- en plus des catégories existantes A, B et C, qui correspondent aux catégories faible, moyenne et haute activité de l'AIEA, comporter une nouvelle catégorie : celle des déchets de très faible activité, qui peuvent être stockés en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur ;
- définir les catégories de déchets non seulement en fonction de leur destination finale de référence, comme au niveau international, mais également, pour la clarté, en fonction de leur origine. Ceci suggère d'introduire dans la classification un niveau supérieur à celui des catégories.

On aurait ainsi trois groupes de déchets :

- le groupe des déchets radioactifs du *core business* ;
- le groupe des déchets radioactifs radifères ;
- le groupe des déchets radioactifs NORM.

Selon l'état actuel de la réflexion, les catégories de déchets pourraient recevoir un code en deux parties :

- la première renvoyant à l'origine du déchet, soit
  - A, B ou C pour « *core business* » (où ces trois lettres renvoient également aux caractéristiques radiologiques des déchets),
  - R pour « radifère »,
  - N pour « NORM » ;
- la seconde renvoyant à ses caractéristiques radiologiques, et donc à la solution de référence pour sa gestion à long terme [AIEA, 2009a], où chaque type de solution de référence renvoie à une notion conceptuelle qui peut se décliner de différentes manières selon les caractéristiques des déchets à confiner et celles du milieu d'implantation envisagé. Le code pourrait par exemple être
  - VLLW (pour stockage en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur) ;
  - LLW (pour stockage en surface ou à faible profondeur) ;
  - ILW (pour stockage à profondeur intermédiaire).

  Ce second code ne serait pas nécessaire pour les déchets du groupe « *core business* », car le premier code établit un lien direct avec l'activité — faible, moyenne ou haute — de ces déchets.

La nouvelle classification envisagée (table 5) sera, si nécessaire, adaptée en fonction des résultats d'évaluations futures des solutions de référence. Il n'est pas non plus exclu qu'elle doive être adaptée ultérieurement pour tenir compte de nouveaux types de déchets radioactifs, non connus actuellement.

Table 5 – Nouvelle classification envisagée par l'ONDRAF pour la gestion à long terme des déchets radioactifs, cohérente avec la classification proposée par l'AIEA [AIEA, 2009a].

	Groupe « *core business* »	**Groupe « radifère »**	**Groupe « NORM »**	**Solution de référence**
Catégorie	n.a. [1]	R-VLLW	N-VLLW	stockage en décharge nucléaire en surface ou à faible profondeur
Catégorie	A (LLW)	R-LLW [2]	N-LLW	stockage en surface ou à faible profondeur [3]
Catégorie	B (ILW) [4]	R-ILW	n.a.	stockage à profondeur intermédiaire [5]
Catégorie	C (HLW)	n.a.	n.a.	stockage géologique

[1] Il n'y a pas de catégorie VLLW dans le groupe « *core business* » car l'ONDRAF a choisi, pour des raisons d'optimisation de la gestion, de ne pas faire de distinction entre les déchets « *core business* » de faible activité et les déchets « *core business* » de très faible activité.

[2] Dans son avis [AFCN, 2014], l'AFCN questionne a priori la faisabilité en termes de sûreté de la solution du stockage en surface ou à faible profondeur pour les déchets R-LLW en raison de leur longue durée de vie.

[3] La notion de stockage en surface ou à faible profondeur est d'ordre strictement conceptuel pour les catégories R-LLW et N-LLW. Elle ne préjuge en rien des caractéristiques des futures solutions de gestion à long terme pour ces déchets.

[4] Les déchets radioactifs radifères de moyenne activité pris en charge par l'ONDRAF sont actuellement apparentés aux déchets de catégorie B.

[5] L'ONDRAF a fait le choix, pour des raisons d'optimisation de la gestion, de gérer les déchets de catégorie B avec les déchets de catégorie C, autrement dit pas selon la solution de référence du stockage à profondeur intermédiaire.

7 Considérations finales

Avec le présent référentiel de gestion à long terme, l'ONDRAF examine pour la première fois dans le même document, et de façon unifiée, la question de l'identification et du développement de solutions pour la gestion à long terme des déchets radioactifs issus des pratiques (à l'exclusion des activités d'extraction de radium et d'uranium) d'une part, et des déchets radioactifs radifères et NORM d'autre part. En l'absence, dans le cadre légal et réglementaire national, de dispositions relatives aux solutions de gestion de référence à considérer pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM, le référentiel jette en particulier les bases d'une méthode d'identification de solutions de référence et d'options alternatives basée sur la classification des déchets radioactifs de l'AIEA [AIEA, 2009a]. Il confirme également l'intention de l'ONDRAF d'établir un ou deux plans stratégiques relatifs à la gestion à long terme de ces déchets. Enfin, il fait le point sur les programmes de gestion à long terme en cours pour les déchets radioactifs des catégories A, B et C.

Ce faisant, le référentiel fait surtout apparaître le déficit en politiques nationales de gestion à long terme des déchets radioactifs et les besoins en termes de développement du cadre légal et réglementaire national de radioprotection et de sûreté en matière de gestion à long terme et en matière d'interventions et d'assainissements (section 7.1). L'ONDRAF poursuivra ses programmes de gestion à long terme des déchets des catégories A, B et C ainsi que les activités préparatoires à la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM aussi loin que raisonnablement possible, compte tenu des limitations actuelles du cadre institutionnel (section 7.2).

7.1 Prérequis institutionnels à satisfaire

Les prérequis, en termes institutionnels, à satisfaire pour permettre à l'ONDRAF de poursuivre ses activités en matière de gestion à long terme des déchets radioactifs ont été identifiés comme indiqué ci-dessous (voir aussi table 6 à la fin de la section 7.1.3). (Comme précisé dans l'introduction, l'analyse du cadre institutionnel s'est limitée aux politiques nationales de gestion à long terme et au cadre légal et réglementaire de radioprotection et de sûreté.)

7.1.1 Gestion à long terme des déchets de catégorie A

L'ONDRAF a introduit le dossier de sûreté supportant la demande d'autorisation pour l'installation de stockage pour les déchets de catégorie A auprès de l'AFCN le 31 janvier 2013, bien que le cadre légal et réglementaire n'était pas encore complet à ce moment.

7.1.2 Gestion à long terme des déchets des catégories B et C

Pour permettre à l'ONDRAF de poursuivre le développement de son programme de gestion à long terme des déchets B&C en suffisante connaissance de cause, certains éléments doivent être fixés, par arrêté royal, dans le cadre légal et réglementaire :

- la politique nationale en matière de gestion à long terme des déchets B&C doit être fixée à brefs délais ;
- les prescriptions de sûreté spécifiques aux installations de stockage géologique doivent être fixées dans le courant de la phase de *pre-licensing*.

Le statut des combustibles usés des centrales nucléaires devra être clarifié au plus tard au moment de commencer le processus de sélection d'un ou plusieurs sites potentiels pour la future installation de stockage et, à terme, le cadre légal et réglementaire devra également fixer la procédure d'autorisation spécifique aux installations de stockage.

L'introduction des éléments cités dans le cadre légal et réglementaire national s'inscrit dans la ligne des obligations fixées par la directive 2011/70/Euratom et la loi du 3 juin 2014.

7.1.3 Gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM

Pour permettre à l'ONDRAF d'établir un ou deux plans stratégiques pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM en suffisante connaissance de cause et préparer ainsi la fixation de politiques nationales en la matière, certains éléments doivent être fixés, par des outils contraignants, dans le cadre légal et réglementaire :

- les stratégies de gestion des situations d'exposition existantes, et donc les dispositions relatives aux interventions et assainissements, y compris les dispositions permettant de distinguer les déchets d'assainissement qui doivent être gérés en tant que déchets radioactifs de ceux qui ne doivent pas l'être ;
- les principes applicables à la gestion à long terme de ces déchets radioactifs ;
- le spectre des solutions envisageables pour leur gestion.

Une fois les politiques nationales de gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM fixées par arrêté royal, le développement de projets de stockage mettant en œuvre ces politiques ne sera quant à lui possible que moyennant fixation par voie réglementaire, dans le courant de la phase de *pre-licensing*, des prescriptions de sûreté spécifiques aux installations de stockage pour les déchets radioactifs radifères et NORM, y compris les éventuelles décharges nucléaires en surface ou à faible profondeur.

A terme, le cadre légal et réglementaire devra également fixer la procédure d'autorisation spécifique aux installations de stockage.

L'introduction des éléments cités dans le cadre légal et réglementaire national s'inscrit dans la ligne des obligations fixées par la directive 2011/70/Euratom et la loi du 3 juin 2014 ainsi que par la directive 2013/59/Euratom, qui devra être transposée en droit belge d'ici le 6 février 2018.

Table 6 – Situation actuelle en matière d'existence d'un cadre légal et réglementaire national de radioprotection et de sûreté dédié à la gestion à long terme des déchets radioactifs et en matière de politiques nationales (en capitales) et degré d'avancement des travaux de l'ONDRAF en matière d'inventaire des déchets radioactifs, d'établissement de plans stratégiques de gestion à long terme et de développement d'avant-projets et de projets de stockage (en minuscules).

	Déchets de catégorie A	**Déchets des catégories B et C**	**Déchets radioactifs radifères et NORM**	
			Déchets radioactifs radifères existants	*Déchets radioactifs radifères et NORM « potentiels »*
Cadre légal et réglementaire				
radioprotection	SUFFISANT			INSUFFISANT : FIXER LE CADRE RELATIF AUX INTERVENTIONS ET ASSAINISSEMENTS
sûreté des stockages	DEVELOPPER UN CADRE DEDIE CONTRAIGNANT			
autorisation des stockages	EXISTENCE D'UNE PROCEDURE GENERALE D'AUTORISATION, MAIS NECESSITE DE DEVELOPPER UNE PROCEDURE D'AUTORISATION DEDIEE AUX STOCKAGES			
Inventaire des déchets	suffisamment bien connu			impossible à estimer en l'état actuel du cadre légal et réglementaire
Statut des combustibles usés des centrales nucléaires	n.a.	NON FIXE	n.a.	
Plan stratégique de gestion	un 'équivalent' existe [ONDRAF/NIRAS, 1997]	existe [ONDRAF/NIRAS, 2011]	n'existe pas, mais peut être établi	n'existe pas, et ne peut être établi qu'au niveau des grands principes
Politique nationale de gestion à long terme	'EQUIVALENT' : DECISIONS DU CONSEIL DES MINISTRES DE 1998 ET 2006	NON FIXEE ; POURRAIT L'ETRE SUR LA BASE DU PLAN DECHETS B&C	NON FIXEE(S), MAIS POURRA (POURRONT) L'ETRE SUR LA BASE DU OU DES FUTURS PLANS STRATEGIQUES	
Avant-projets ou projet de stockage	projet au stade de la demande d'autorisation	– ni avant-projets ni projets si pas de politique nationale en matière de gestion à long terme et de clarté quant au statut du combustibles usés des centrales nucléaires – le développement d'avant-projets puis d'un projet nécessite aussi l'élaboration progressive d'un cadre légal et réglementaire complet réglant la sûreté des stockages et fixant la procédure d'autorisation qui leur est spécifique	non	

7.2 Poursuite des activités liées à la gestion à long terme en dépit des besoins en termes de développement du cadre institutionnel

L'ONDRAF a la volonté de poursuivre ses programmes de gestion à long terme des déchets des catégories A, B et C et les activités préparatoires à la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM aussi loin que raisonnablement possible, compte tenu des limitations actuelles du cadre institutionnel.

7.2.1 Gestion à long terme des déchets de catégorie A

L'instruction par l'AFCN du dossier de demande d'autorisation relatif à l'installation de stockage pour les déchets de catégorie A devrait normalement déboucher sur l'octroi par le Roi, d'ici quelques années, de l'autorisation de création et d'exploitation de l'installation de stockage et donc permettre à l'ONDRAF d'entamer sa construction. Les prescriptions de sûreté et la procédure d'autorisation spécifique devraient pouvoir être introduites dans la foulée dans le cadre légal et réglementaire, à défaut de l'avoir été durant la phase de *pre-licensing*.

7.2.2 Gestion à long terme des déchets des catégories B et C

Tant que la Belgique ne fixe pas la politique nationale de gestion à long terme des déchets B&C, et conformément à la demande de sa tutelle [Magnette & Van Quickenborne, 2011], l'ONDRAF poursuivra ses travaux de RD&D sur la base de l'hypothèse du stockage géologique dans une argile peu indurée. On peut penser que les prescriptions de sûreté spécifiques aux installations de stockage seront introduites dans le cadre légal et réglementaire en temps utile pour permettre à l'ONDRAF d'entamer le développement d'avant-projets de stockage.

7.2.3 Gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM

Malgré l'absence de cadre légal et réglementaire national dédié aux interventions et assainissements, et donc l'impossibilité pour l'ONDRAF d'établir l'inventaire des déchets radifères et NORM d'assainissement qu'il pourrait être amené à devoir gérer à long terme en tant que déchets radioactifs, l'ONDRAF établira un ou deux plans stratégiques pour la gestion à long terme des déchets radioactifs radifères et NORM afin de supporter la fixation de politiques nationales en la matière.

L'ONDRAF s'interroge par ailleurs sur son implication éventuelle à terme dans la gestion à long terme des sites ayant fait l'objet d'une intervention radiologique sans qu'il y ait eu enlèvement de matières contaminées ainsi que sur la gestion à long terme des décharges qui contiennent des déchets d'intervention dont l'AFCN a jugé qu'ils ne doivent pas être gérés en tant que déchets radioactifs. En effet, dans la mesure où le cadre légal et réglementaire national en matière d'interventions et d'assainissements et en matière de sûreté de la gestion à long terme des déchets radioactifs issus d'assainissements n'a pas encore été développé, les décisions d'intervention déjà prises

par l'AFCN sont entourées d'incertitudes juridiques pour ce qui concerne la gestion à long terme des situations associées.

Bien que les interventions radiologiques qui ne s'accompagnent pas de l'enlèvement de matières contaminées et la mise en décharge conventionnelle de déchets d'intervention ne donnent pas lieu à la création de nouvelles installations nucléaires et ne concernent donc a priori pas l'ONDRAF, la présence de radionucléides de longue durée de vie amène nécessairement à s'interroger sur la nécessité d'une gestion à long terme. Cette interrogation est renforcée par la directive 2013/59/Euratom, qui impose notamment aux Etats membres de développer des stratégies d'intervention et, le cas échéant, d'en fixer les objectifs à long terme, ce que le Belgique n'a pas encore fait. Cette interrogation soulève aussi la question de la création de passifs nucléaires si des situations résultant d'interventions radiologiques décidées par l'AFCN et conduites selon des modalités approuvées par elle, sans création d'installation nucléaire, viennent à nécessiter une implication de l'ONDRAF pour la gestion à long terme. Ces situations ne sont en effet pas visées par la mission d'inventaire des passifs nucléaires et l'ONDRAF ne dispose donc d'aucun outil pour (faire) organiser le financement de leur éventuelle gestion à long terme. Davantage qu'un problème pour l'ONDRAF, il y aurait là avant tout un problème pour la société dans son ensemble, puisque c'est à l'Etat ou aux Régions, et donc à la collectivité, qu'il reviendrait de supporter le poids de ces passifs.

Selon l'ONDRAF, les incertitudes juridiques qui entourent actuellement la gestion des situations susceptibles de nécessiter une intervention radiologique devraient donc être levées dans les meilleurs délais et, de même, la question de la gestion à long terme des sites ayant fait l'objet d'une intervention radiologique sans enlèvement de matières contaminées devrait être clarifiée dans les meilleurs délais. La question de la gestion à long terme des décharges conventionnelles qui contiennent des déchets d'intervention semble devoir être également posée.

Annexe 1 Installations de stockage de déchets de très faible et faible activité à l'étranger

Différents pays exploitent des installations de stockage autorisées dans le régime nucléaire ou non nucléaire qui accueillent des déchets de très faible et faible activité, en particulier des déchets radioactifs radifères ou NORM. Un aperçu non exhaustif de ces situations est donné à la table A1.1, laquelle a été établie sur la base d'informations publiques, mais n'a été ni vérifiée, ni validée par les parties responsables. Elle ne reprend pas les sites historiques non ouvragés, dont des exemples en France et en Allemagne sont décrits brièvement ci-dessous.

- En France, l'exploitation de mines d'uranium s'est étendue de 1948 à 2001. Les activités d'exploration, d'extraction et de traitement ont concerné environ 250 sites, sur lesquels ont été générées de grandes quantités de déchets. Ces sites miniers sont gardés sous surveillance afin d'en observer et maîtriser l'évolution ; certains ont été ou sont en cours d'assainissement. Les sites miniers relèvent de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement et sont sous la responsabilité d'AREVA [France, 2013].

  Il existe également en France des stockages de phosphogypses provenant de la production d'engrais. Les cinq stockages recensés (Anneville-Ambourville, Saint-Etienne du Rouvray, Rogerville, Douvrin, Wattrelos) font depuis peu l'objet d'une surveillance radiologique, notamment des eaux souterraines [France, 2013].

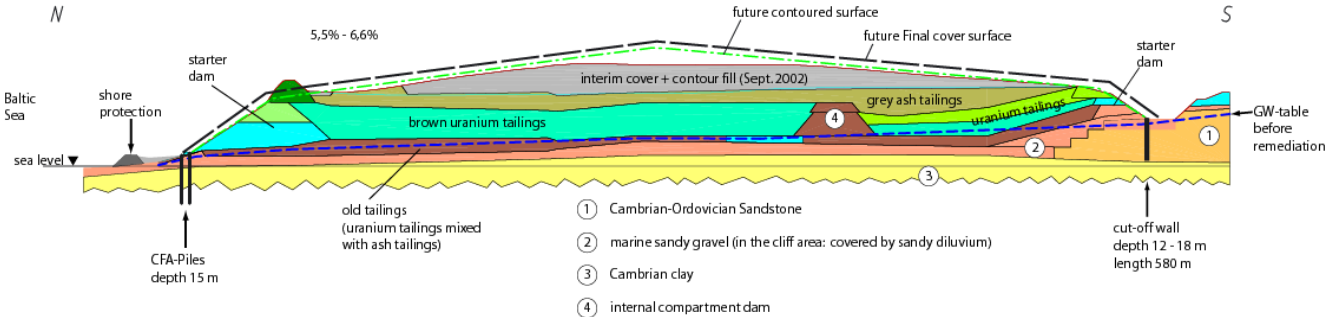
- Dans l'ancienne Allemagne de l'Est, l'exploitation de l'uranium jusqu'en 1990 a engendré des haldes de stériles sur différents sites. Ces tas de stériles, qui présentent des risques, notamment radiologiques, ne relèvent pas de la réglementation nucléaire. Ils sont traités au cas par cas (par exemple, recyclage d'une partie des résidus ou déplacement de ceux-ci vers d'anciennes mines à ciel ouvert, qui sont ensuite inondées ou recouvertes, ou recouvrement provisoire ou définitif de tas de stériles par une couche de terre) [Diehl, 2011].

La figure A1.1 montre des installations de stockage de déchets de très faible et faible activité en exploitation.

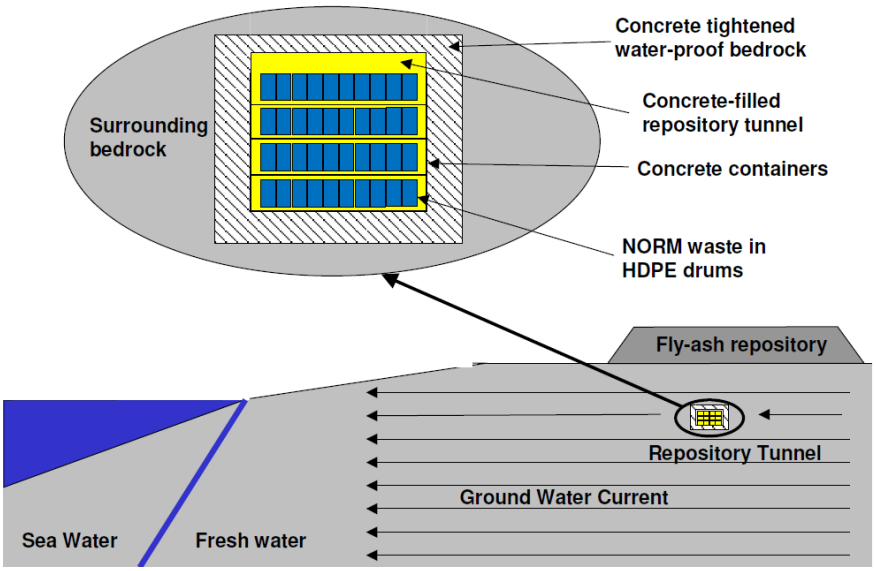
Table A1.1 – Aperçu non exhaustif de stockages de déchets de très faible et faible activité, en particulier de stockages de déchets radioactifs radifères ou NORM, à l'étranger. Cet aperçu a été établi sur la base d'informations publiques, mais n'a été ni vérifié, ni validé par les parties responsables.

Type de déchets	Pays, site	Caractéristiques des déchets	Origine des déchets	Type de stockage et conditionnement	Profondeur	Capacité [m³]	Contrôle et surveillance ?	Type d'autorisation	Mise en exploitation
VLLW - LLW (radifères)	Canada, Port Hope	^{226}Ra : 16 Bq/g (moy.) ; 1480 Bq/g (max.)	déchets contaminés et déchets issus du raffinage de Ra et d'U et de l'assainissement des alentours	DNC en décharge nucléaire ouvragée (lit et couverture multi-couches) durée de vie nominale : 500 ans	surface	2,3 millions m³	oui : 500 ans	nucléaire	en cours de construction
VLLW - LLW (uranifères)	Estonie, Sillamäe	pas d'information	déchets contaminés et résidus (U, Th) issus du traitement de minerais d'U et du raffinage d'U enrichi qui ont eu lieu sur le site	DNC en décharge ouvragée (couverture multi-couches) durée de vie nominale : 1000 ans	surface	vol. des résidus : 8 millions m³	oui, après la fermeture du site	environne-mentale	2008
LLW (radifères et graphites)	France	Il est envisagé de stocker les déchets à quelques mètres de profondeur (dans une formation argileuse de très faible perméabilité). Quantité de déchets estimée (radifères + graphites) : 50 000 à 100 000 t Activités spécifiques estimées : radifères : de quelques dizaines à quelques milliers de Bq/g ; graphites : de 10 000 à 100 000 Bq/g							
VLLW - LLW (NORM)	Norvège, Stangeneset	< 300 Bq/g ^{226}Ra : < 50 Bq/g ^{228}Ra : < 20 Bq/g ^{210}Pb : < 20 Bq/g	industrie du pétrole	DC en fûts, post-conditionnés, placés dans une galerie dans la roche	16 mètres	actuellement : 4 700 m³	monitoring du radon	nucléaire	2008
VLLW (NORM) + DNR	UK, Stoneyhill	pas d'information	industries du pétrole et du gaz notamment	décharge ouvragée	surface	5 millions m³	pas d'information	environne-mentale	2002
VLLW (NORM)	Canada (BC), Fort St. John	pas d'information	pas d'information	DNC en décharge ouvragée (tranchées avec revêtement multi-couches et système de drainage des lixiviats)	surface	pas d'information	monitoring des eaux de surface et souterraines	par la province	2002
VLLW (NORM) + DNR	Canada (SK), Unity	pas d'information	industries du pétrole et du gaz notamment	DNC injectés dans une caverne de sel souterraine	profondeur	pas d'information	pas d'information	par la province	2004
VLLW - LLW (NORM) + DNR	Canada (SK), Melville	≤ 300 Bq/g (par radionucléide)	industries du pétrole et du gaz notamment	DNC injectés dans une caverne de sel souterraine	profondeur	pas d'information	monitoring des eaux souterraines	par la province	2006
VLLW (issus de pratiques et NORM)	France, Morvilliers	$T_{½}$ < 30 ans (principalement) ; < 100 Bq/g ; ^{226}Ra : < 10 Bq/g	exploitation et démantèlement d'installations nucléaires, industries utilisant des minerais radioactifs et assainissement de sites anciennement contaminés	DC pour la manutention, placés en décharge ouvragée (tranchées dans l'argile avec revêtement synthétique, système de drainage des lixiviats et couverture argileuse)	surface	autorisée : 650 000 m³	oui, jusqu'à 30 ans après la fermeture monitoring des eaux de surface et souterraines et de l'air	environne-mentale	2003

DNR : déchets non radioactifs ; DNC : déchets non conditionnés ; DC : déchets conditionnés



Coupe de la décharge ouvragée pour déchets uranifères de très faible et faible activité à Sillamäe, Estonie [Barnekow & Jaaksoo, 2012].



Coupe d'une galerie de stockage pour déchets radioactifs NORM à Stangeneset, Norvège [Varskog & Kvingedal, 2009].

Figure A1.1 – Installations de stockage de déchets de très faible et faible activité en exploitation à l'étranger.

Annexe 2 Définitions

Activité professionnelle : activité qui n'est pas une pratique mais qui implique la présence de sources naturelles de rayonnements ionisants et qui est susceptible d'entraîner une augmentation notable de l'exposition des personnes, non négligeable du point de vue de la protection contre les rayonnements ionisants (arrêté royal du 20 juillet 2001, d'après l'article 1)

Assainissement : ensemble des mesures physiques visant à réduire l'exposition en agissant sur les sources de rayonnement, y compris les mesures physiques visant au confinement de ces sources. La notion d'assainissement est équivalente à celle de remédiation au sens de la directive 2013/59/Euratom.

Combustible usé : combustible nucléaire irradié dans le cœur d'un réacteur et qui en a été définitivement retiré ; le combustible usé peut soit être considéré comme une ressource valorisable qui peut être réutilisée ou retraitée, soit être destiné au stockage s'il est considéré comme un déchet radioactif (loi du 3 juin 2014, article 3)

Conditionnement : ensemble des opérations faisant partie de la production de colis de déchets radioactifs adaptés à la manutention, au transport, à l'entreposage ou au stockage et pouvant comprendre l'immobilisation des déchets, le confinement des déchets dans un emballage avec, si nécessaire, la mise d'un suremballage, voire le simple placement dans un emballage de manutention

Décharge nucléaire : une installation de stockage destinée à accueillir des déchets radioactifs de très faible activité conditionnés ou non conditionnés

Déchet radioactif : substance radioactive sous forme gazeuse, liquide ou solide pour laquelle aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée par l'Etat ou par une personne morale ou physique dont la décision est acceptée par l'adoption d'une Politique nationale relative à cette substance visée aux § 6 et § 7 du présent article et qui est considérée comme un déchet radioactif par l'autorité de réglementation compétente, ou si cette substance doit être considérée comme déchet radioactif sur une base légale ou réglementaire (loi du 3 juin 2014, article 3)

Déchets exemptés : déchets qui ne doivent pas être soumis à tout ou partie des éléments du contrôle réglementaire de l'autorité de sûreté du fait que l'exposition (y compris l'exposition potentielle) qu'ils engendrent est trop faible pour justifier l'application de ces éléments

Déchets libérables : déchets qui ne sont plus soumis aux contrôles réglementaires de l'autorité de sûreté

Déchets radifères : déchets contenant du radium qui trouvent essentiellement leur origine dans les activités historiques de production de radium sur le site d'Olen et dans des applications spécifiques du radium

Déchets radioactifs NORM : déchets NORM qui sont radioactifs au sens légal et réglementaire (par opposition au sens purement physique), c'est-à-dire qui contiennent un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée pour des raisons de radioprotection et dont la gestion à long terme doit donc être assurée par l'ONDRAF, par opposition aux déchets NORM « non radioactifs », qui sont susceptibles de devoir être mis en décharge conventionnelle.

Déchets radioactifs radifères : déchets radifères qui ont le statut de déchets radioactifs au sens légal et réglementaire (par opposition au sens purement physique), c'est-à-dire de déchets contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée pour des raisons de radioprotection et dont la gestion à long terme doit donc être assurée par l'ONDRAF, par opposition aux déchets radifères « non radioactifs », qui sont susceptibles de devoir être mis en décharge conventionnelle

Entreposage : maintien de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation, avec intention de retrait ultérieur (loi du 3 juin 2014, article 3)

Intervention : activité humaine destinée à prévenir ou à réduire l'exposition des individus aux rayonnements ionisants à partir de sources qui ne font pas partie d'une pratique ou ne sont pas maîtrisées, en agissant sur les sources de rayonnement ionisant, les voies d'exposition et les individus eux-mêmes (arrêté royal du 20 juillet 2001, article 2)

Matières NORM *(naturally occurring radioactive materials)* : appellation internationale des matières premières, résidus et produits (semi-)finis des procédés industriels classiques qui présentent des niveaux de radioactivité naturelle significativement supérieurs aux valeurs moyennes rencontrées dans l'environnement et peuvent donc entraîner un risque d'exposition aux rayonnements ionisants.

Niveau de référence : dans une situation d'exposition d'urgence ou d'exposition existante, le niveau de la dose efficace ou de la dose équivalente ou de concentration d'activité au-dessus duquel il est jugé inapproprié de permettre la survenance d'expositions résultant de ladite situation d'exposition, même s'il ne s'agit pas d'une limite ne pouvant pas être dépassée (directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013, article 4)

Pratique : activité humaine susceptible d'accroître l'exposition des individus au rayonnement ionisant provenant d'une source artificielle ou d'une source naturelle de rayonnement lorsque des radionucléides naturels sont traités en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles, sauf dans le cas d'une exposition d'urgence (arrêté royal du 20 juillet 2001, article 2)

Rejets autorisés : matières radioactives liquides ou gazeuses rejetées de façon programmée et contrôlée dans l'environnement conformément aux dispositions d'une autorisation délivrée par l'autorité de sûreté

Situation d'exposition existante : situation d'exposition qui existe déjà lorsqu'une décision doit être prise quant à son contrôle, et qui ne nécessite pas, ou ne nécessite plus, de mesures urgentes (directive 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013, article 4)

Source : substance radioactive, ou appareil ou installation pouvant émettre des rayonnements ionisants ou contenant des substances radioactives (arrêté royal du 20 juillet 2001, article 2)

Source scellée : source constituée par des substances radioactives solidement incorporées dans des matières solides et effectivement inactives, ou scellée dans une enveloppe inactive présentant une résistance suffisante pour éviter, dans des conditions normales d'emploi, toute dispersion de substances radioactives (arrêté royal du 20 juillet 2001, article 2)

Stockage : dépôt de combustible usé ou de déchets radioactifs dans une installation, sans intention de retrait ultérieur mais sans préjudice de la possibilité de procéder, le

cas échéant, à la récupération d'un déchet conformément aux modalités définies dans les Politiques nationales visées aux § 6 et § 7 du présent article (loi du 3 juin 2014, article 3)

Substance radioactive : toute substance contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée pour des raisons de radioprotection (loi du 15 avril 1994, article 1)

Traitement et conditionnement des déchets radioactifs : suite d'opérations mécaniques, chimiques, physiques et autres destinées à assurer la conversion des déchets radioactifs en colis répondant aux exigences opérationnelles de la manutention, du transport, de l'entreposage ou de l'évacuation (arrêté royal du 30 mars 1981, article 1)

Annexe 3 Acronymes

AFCN	Agence fédérale de Contrôle nucléaire (Belgique)
BAT/BATNEEC	*best available techniques / best available techniques not entailing excessive costs*
CE	Commission européenne
DC	déchets conditionnés
DNC	déchets non conditionnés
DNR	déchets non radioactifs
DR	déchets radioactifs
ENSREG	*European Nuclear Safety Regulators Group*
HLW	*high-level waste*
IAEA/AIEA	*International Atomic Energy Agency* / Agence internationale de l'énergie atomique
ICRP/CIPR	*International Commission on Radiological Protection* / Commission internationale de protection radiologique
ILW	*intermediate-level waste*
LLW	*low-level waste*
NORM	*naturally occurring radioactive materials*
ONDRAF	Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (Belgique)
OVAM	*Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij* (Belgique)
RD&D	recherche, développement et démonstration
SCK•CEN	*Studiecentrum voor Kernenergie* / Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire (Belgique)
SEA	*strategic environmental assessment*
SPRI	Service de Protection contre les radiations ionisantes (Belgique)
UE	Union européenne
VLLW	*very low-level waste*

Références

[AEN, 2014] NEA/AEN, Foundations and guiding principles for the preservation of records, knowledge and memory across generations: A focus on the post-closure phase of geological repositories, A Collective Statement of the NEA Radioactive Waste Management Committee, March 2014

[AFCN, 2004] Lettre de l'AFCN à la Vlaamse Landmaatschappij, Radiologische risico's, ref. 4-1-SP/04/12/001/29053, 7 december 2004

[AFCN, 2012] Lettre de l'AFCN à Umicore, Bankloop – aanvullend Beschrijvend Bodemonderzoek – saneringsvoorstel, ref. 2012-07-03-MSC-5-1-4-NL, 3 juli 2012

[AFCN, 2013a] Guide technique à l'intention des opérateurs d'installations de traitement, de valorisation et de recyclage de résidus NORM, note 2013-02-05-SP-7-4-3-FR du 20 mars 2013

[AFCN, 2013b] AFCN, Surveillance radiologique de la Belgique — Rapport de synthèse 2012, 2013

[AFCN, 2014] FANC, Advies op "Ontwerp van referentiekader voor het lange termijn beheer van radioactief afval", externe nota 2014-02-11-GVO-5-4-1-NL van 4 april 2014

[AFCN & ONDRAF, 2001] FANC & NIRAS, Sanering van de radioactieve verontreiniging op de terreinen UMICORE te Olen en in de omgeving, Gemeenschappelijk standpunt van FANC en NIRAS met betrekking tot de radiologische aspecten, November 2001

[AIEA, 1994] IAEA/AIEA, Classification of Radioactive Waste — A Safety Guide, Safety Series No. 111-G-1.1, Vienna, 1994

[AIEA, 1997] IAEA/AIEA, Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, INFCIRC/546, 1997

[AIEA, 2007] IAEA/AIEA, Principes fondamentaux de sûreté, Fondements de sûreté No. SF-1, Vienne, 2007

[AIEA, 2009a] IAEA/AIEA, Classification of Radioactive Waste, General Safety Guide No. GSG-1, Vienna, 2009

[AIEA, 2009b] IAEA/AIEA, Policies and Strategies for Radioactive Waste Management, Nuclear Energy Series, No. NW-G-1.1, 2009

[AIEA, 2011] IAEA/AIEA, Stockage définitif des déchets radioactifs, Prescriptions de sûreté particulières, No. SSR-5, 2011

[AIEA, 2013] IAEA/AIEA, Management of NORM Residues, TECDOC-1712, Vienna, 2013

[AIEA, 2014] IAEA/AIEA, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3, 2014

[Barnekow & Jaaksoo, 2012] Barnekow U. & Jaaksoo R., Development of the Infrastructure for Rehabilitation of the Sillamäe Tailings Management Facility, Regional Training Course on Remediation Infrastructure Development at a Test Site. (RER

9121, Element 2), Wismut, Chemnitz, December 3–7, 2012 (présentation consultée sur http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/WTS-Networks/ENVIRONET/environetfiles/WkpRemediationInfrastructure_Germany_Dec2012/WkpRemediationInfrastructure_Germany_Dec2012-Sillamae_Barnekow.pdf le 31 mai 2013)

[CIPR, 2006] ICRP/CIPR, The Optimisation of Radiological Protection — Broadening the Process, ICRP Publication 101b, Ann. ICRP 36 (3), 2006

[CIPR, 2009] ICRP/CIPR, Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique, Publication 103 de la CIPR, Ed. TEC & DOC, 2009

[CIPR, 2013] ICRP/CIPR, Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste, ICRP Publication 122, Ann. ICRP 42(3), 2013

[Diehl, 2011] Diehl P., Uranium Mining in Eastern Germany: The WISMUT Legacy (last updated 17 April 2011) (disponible sur http://www.wise-uranium.org/uwis.html en date du 10 août 2013)

[ENSREG, 2014] ENSREG Guidelines regarding Member States Reports as required under Article 14.1 of COUNCIL DIRECTIVE 2011/70/EURATOM of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste, HLG_p(2014-27)_137, 2014

[France, 2013] France, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et Autorité de sûreté nucléaire, Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (2013–2015), Ed. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, avril 2013

[Froment, 2009] Froment, L., Estimation au 31.12.2008 des volumes de déchets radioactifs conditionnés attendus dans le cadre du programme de référence et en cas de prolongation de la durée de vie des centrales électronucléaires, note ONDRAF 2009-2416, 2009

[Lalieux & De Preter, 2015] Lalieux Ph. & De Preter P., Compte rendu de la manière selon laquelle l'ONDRAF a pris en compte l'avis formel de l'AFCN pour finaliser son référentiel de gestion à long terme des déchets radioactifs, note 2015-0467 F, 18 février 2015

[Magnette & Van Quickenborne, 2011] Lettre de la tutelle de l'ONDRAF à l'ONDRAF, réf. PM/LL/A3/SJ/dl/015548, 3 octobre 2011

[MONA, 2005] MONA, MONA, een weg naar de aanvaardbaarheid van een berging van categorie A-afval in Mol?, januari 2005

[Moniteur belge, 1981] Arrêté royal du 30 mars 1981 déterminant les missions et fixant les modalités de fonctionnement de l'organisme public de gestion des déchets radioactifs et des matières fissiles, Moniteur belge du 5 mai 1981

[Moniteur belge, 1994] Loi du 15 avril 1994 relative à la protection de la population et de l'environnement contre les dangers résultant des rayonnements ionisants et relative à l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire, Moniteur belge du 29 juillet 1994

[Moniteur belge, 2001] Arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants, Moniteur belge du 30 août 2001

[Moniteur belge, 2002] Loi du 2 août 2002 portant assentiment à la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la

gestion des déchets radioactifs, faite à Vienne le 5 septembre 1997, Moniteur belge du 25 décembre 2002

[Moniteur belge, 2006] Loi du 13 février 2006 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement et à la participation du public dans l'élaboration des plans et des programmes relatifs à l'environnement, Moniteur belge du 10 mars 2006

[Moniteur belge, 2011] Arrêté royal du 30 novembre 2011 portant prescriptions de sûreté des installations nucléaires, Moniteur belge du 21 décembre 2011

[Moniteur belge, 2012] Arrêté du 1er mars 2012 de l'Agence fédérale de Contrôle nucléaire fixant les activités professionnelles visées à l'article 4 de l'arrêté royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants, Moniteur belge du 30 mars 2012

[Moniteur belge, 2014] Loi du 3 juin 2014 modifiant l'article 179 de la loi du 8 août 1980 relative aux propositions budgétaires 1979–1980 en vue de la transposition dans le droit interne de la Directive 2011/70/Euratom du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs, Moniteur belge du 27 juin 2014

[Nations Unies, 1992] Nations Unies, Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Sommet Planète Terre), Rio de Janeiro (Brésil), 3–14 juin 1992, A/CONF.151/26 (Vol. I)

[Nations Unies, 2002] Nations Unies, Rapport du Sommet mondial pour le développement durable, Johannesburg (Afrique du Sud), 26 août – 4 septembre 2002, A/CONF.199/20

[ONDRAF/NIRAS, 1997] ONDRAF/NIRAS, Comparaison des diverses options pour la gestion à long terme des déchets radioactifs de faible activité et de courte durée de vie — Aspects sûreté et différences de coûts, rapport NIROND 97-04, 1997

[ONDRAF/NIRAS, 2002] ONDRAF/NIRAS, Rapport au Ministre de tutelle (loi du 12 décembre 1997, article 9) — Inventaire des passifs nucléaires répertoriés par l'ONDRAF durant la période 1998–2002, rapport NIROND 2002-05 F, 2002

[ONDRAF/NIRAS, 2007] ONDRAF/NIRAS, Inventaire des passifs nucléaires répertoriés par l'ONDRAF durant la période 2003–2007 — Rapport au Ministre de tutelle relatif à l'analyse des passifs nucléaires potentiels associés aux installations nucléaires et aux sites contenant des substances radioactives. Evaluation de l'existence, de la suffisance et de la disponibilité des provisions, rapport NIROND 2007-02 F, 2007

[ONDRAF/NIRAS, 2011] ONDRAF/NIRAS, Plan Déchets pour la gestion à long terme des déchets radioactifs conditionnés de haute activité et/ou de longue durée de vie et aperçu de questions connexes, rapport NIROND 2011-02 F, 2011

[ONDRAF/NIRAS, 2013] ONDRAF/NIRAS, Troisième rapport d'inventaire des passifs nucléaires de l'ONDRAF à sa tutelle (période 2008–2012) — Evaluation de l'existence, de la suffisance et de la disponibilité des provisions destinées à couvrir les coûts nucléaires estimés associés aux installations nucléaires et aux sites contenant des substances radioactives, hors coûts de gestion des déchets d'exploitation futurs, rapport NIROND 2012-02 F, 2013

[ONDRAF/NIRAS & Umicore, 2012] ONDRAF/NIRAS & Umicore, Vision document on the long-term management of the radioactively contaminated sites and the radioactive waste at the Olen-Site, 12 September 2012, communiqué par l'ONDRAF à Umicore par courrier (EDO/AV/2013-0157) du 22 janvier 2013 et avalisé par Umicore par courrier à l'ONDRAF du 7 février 2013

[Paridaens & Vanmarcke, 2001] Paridaens J. & Vanmarcke H., Inventarisatie en karakterisatie van verhoogde concentraties aan natuurlijke radionucliden van industriële oorsprong in Vlaanderen. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2001/01, SCK•CEN, 2001

[Resource Analysis, 2010] Resource Analysis, Strategic Environmental Assessment (SEA) pour le Plan Déchets de l'ONDRAF — Rapport principal, 2010

[STOLA-Dessel, 2004] STOLA-Dessel, Het Belgisch laagactief en kortlevend afval: thuis in Dessel? Een geïntegreerd bergingsproject met een technisch en een maatschappelijk luik, november 2004

[Tractebel, 1999] Tractebel Energy Engineering, Document HRA-Solarium : Inventaris Ra-houdend afval stand : 30.05.1999, HRA-SOL/4NT/188/01, 7 juni 1999

[UE, 1985] Directive 85/337/CEE du Conseil du 27 juin 1985 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, Journal officiel n° L 175, 5 juillet 1985

[UE, 1997] Directive 97/11/CE du Conseil du 3 mars 1997 modifiant la directive 85/337/CEE concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, Journal officiel n° L 073, 14 mars 1997

[UE, 1999] Recommandation de la Commission du 15 septembre 1999 relative à un système de classification des déchets radioactifs solides (1999/669/CE, Euratom), Journal officiel n° L 265, 13 octobre 1999

[UE, 2001] Directive 2001/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 juin 2001 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement, Journal officiel n° L 197, 21 juillet 2001

[UE, 2003] Directive 2003/35/CE du Parlement européen et du Conseil du 26 mai 2003 prévoyant la participation du public lors de l'élaboration de certains plans et programmes relatifs à l'environnement, et modifiant, en ce qui concerne la participation du public et l'accès à la justice, les directives 85/337/CEE et 96/61/CE du Conseil, Journal officiel n° L 156, 25 juin 2003

[UE, 2011] Directive 2011/70/Euratom du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs, Journal officiel n° L 199, 2 août 2011

[UE, 2013] Directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom, Journal officiel n° L 13, 17 janvier 2014

[Umicore, 2004] Umicore, OLERA, Globaal plan van aanpak, 30 juni 2004

[Van Geet, 2011] Van Geet, M., Visiedocument Ra houdend afval, nota NIRAS 2011-0839 (herz. 0), 2011

[Vanmarcke *et al.*, 2003] Vanmarcke H., Paridaens J., Froment P., Van Cauteren J., Timmermans C., Bilan synoptique de la problématique NORM dans l'industrie belge. Etude réalisée pour le compte de l'ONDRAF, rapport SCK•CEN R-3775, 2003

[Varskog & Kvingedal, 2009] Varskog P. & Kvingedal E., End disposal of petroleum industry NORM in Norway — Stangeneset NORM Disposal Site, EAN_{NORM}–Workshop, Dresden 24-26 November 2009 (présentation consultée sur http://www.ean-norm.net/lenya/ean_norm/images/pdf/End_Disposal_NORM_Norway_Varskog_Kvingedal.pdf le 31 mai 2013)