

Février 2013

La gestion des déchets radioactifs en France et le suivi du stockage

Laëticia WOJTOWICZ
Ingénieur Environnement

Master 2 PCGE « Pollutions Chimiques et Gestion
Environnementale »

Université Paris Sud

Orsay



Sommaire

I.	Présentation générale.....	3
1.	OBJECTIFS	3
2.	PRESENTATION DE LA BASE DE DE DONNEES	3
II.	Développement de la base	4
1.	CONCEPTION- BRAINSTORMING	4
2.	DEVELOPPEMENT	6
3.	INTERFAÇAGE.....	7
4.	UTILISATION	9
5.	POINTS FAIBLES ET AMELIORATION	10
III.	Conclusion	11

Avant-propos

La gestion des déchets radioactifs est au cœur des préoccupations de la société actuelle, aussi bien pour les chercheurs que pour la population. L'autorité compétente dans ce domaine est l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs (ANDRA).

Ne sont considérés, au sens juridique, comme « déchets radioactifs » que les seuls déchets ultimes, c'est-à-dire ceux qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques du moment (Art. L. 541-2-1 du Code de l'Environnement). De ce fait, des substances radioactives déjà utilisées ne sont pas nécessairement considérées comme des déchets, mais peuvent être comptabilisées comme des matières valorisables, quand elles peuvent faire l'objet d'une utilisation industrielle future. C'est le cas par exemple de l'uranium de traitement, l'uranium appauvri ou encore le combustible MOX.

Si le stockage des déchets Très Faible Activité (TFA) et des déchets Faible et Moyenne Activité Vie Courte (FMA-VC) existe depuis maintenant plusieurs années, celui des déchets Faible Activité Vie Longue (FA-VL), des Moyenne Activité Vie Longue (MA-VL) et des Haute Activité (HA) est toujours à l'étude.

Les déchets TFA proviennent essentiellement du fonctionnement et du démantèlement des installations nucléaires. Du fait du très faible niveau de radioactivité de ces déchets, la plupart des pays étrangers les considèrent comme des déchets « conventionnels ». En 2003, la France, suivie de l'Espagne, a décidé de les prendre en charge dans un centre dédié, le Centre de Stockage des déchets Très Faible Activité de l'Aube (CSTFA).

Les déchets FMA-VC sont, en majeure partie, issus du fonctionnement ainsi que des opérations de maintenance des centrales nucléaires. Après été avoir stockés au Centre de stockage de la Manche, aujourd'hui fermé et sous surveillance, les déchets FMA-VC sont accueillis depuis 2002 au Centre de Stockage des déchets Faible et Moyenne Activité de l'Aube (CSFMA).

Les déchets FA-VL sont des déchets provenant de la filière graphite et de l'industrie radifère. Les solutions de gestion de ces déchets sont actuellement à l'étude.

Enfin, les déchets MA-VL, issus des structures métalliques entourant les combustibles, ainsi que les déchets HA provenant du traitement des combustibles irradiés, sont destinés à être stockés dans le Centre industriel de stockage géologique (Cigéo) aujourd'hui à l'étude par l'ANDRA.

La gestion des déchets radioactifs est particulièrement complexe et sujette à de nombreuses controverses, d'où la nécessité d'une traçabilité de « l'élimination » de ces déchets ainsi qu'un suivi environnemental poussé des impacts induits par les installations de stockage.

I. Présentation générale

1. OBJECTIFS

Afin de répondre aux deux besoins mentionnés plus haut, que sont la traçabilité des données de gestion des déchets radioactifs ainsi que le suivi environnemental des sites de stockage, j'ai réalisé une base de données sur **la gestion des déchets radioactifs en France et le suivi du stockage.**

Cet outil informatique est destiné à des organismes ayant un rôle dans la gestion des déchets radioactifs et permet de simplifier la saisie et le regroupement d'informations relatives à la gestion et au stockage des déchets radioactifs en une seule et même base de données.

La présente base n'est pas destinée au public mais peut servir de support à l'élaboration d'une base de données d'information du public.

C'est d'ailleurs l'un des objectifs principal de la base : permettre le regroupement facilité des données pour ainsi mieux les communiquer au public.

2. PRESENTATION DE LA BASE DE DE DONNEES

L'outil informatique développé se veut ambitieux et sert de base de réflexion pour l'établissement d'une base de données utile pour les organismes qui interviennent, de près ou de loin, en amont ou en aval, au niveau réglementaire ou technique, dans la gestion des déchets radioactifs.

En France, cette gestion est confiée à un nombre limité d'acteurs tels que l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et bien sûr le plus important dans ce domaine, l'ANDRA.

Je me suis d'ailleurs inspirée des nombreuses données fournies par l'ANDRA sur son site internet ainsi que de ses publications afin de construire cette base de données.

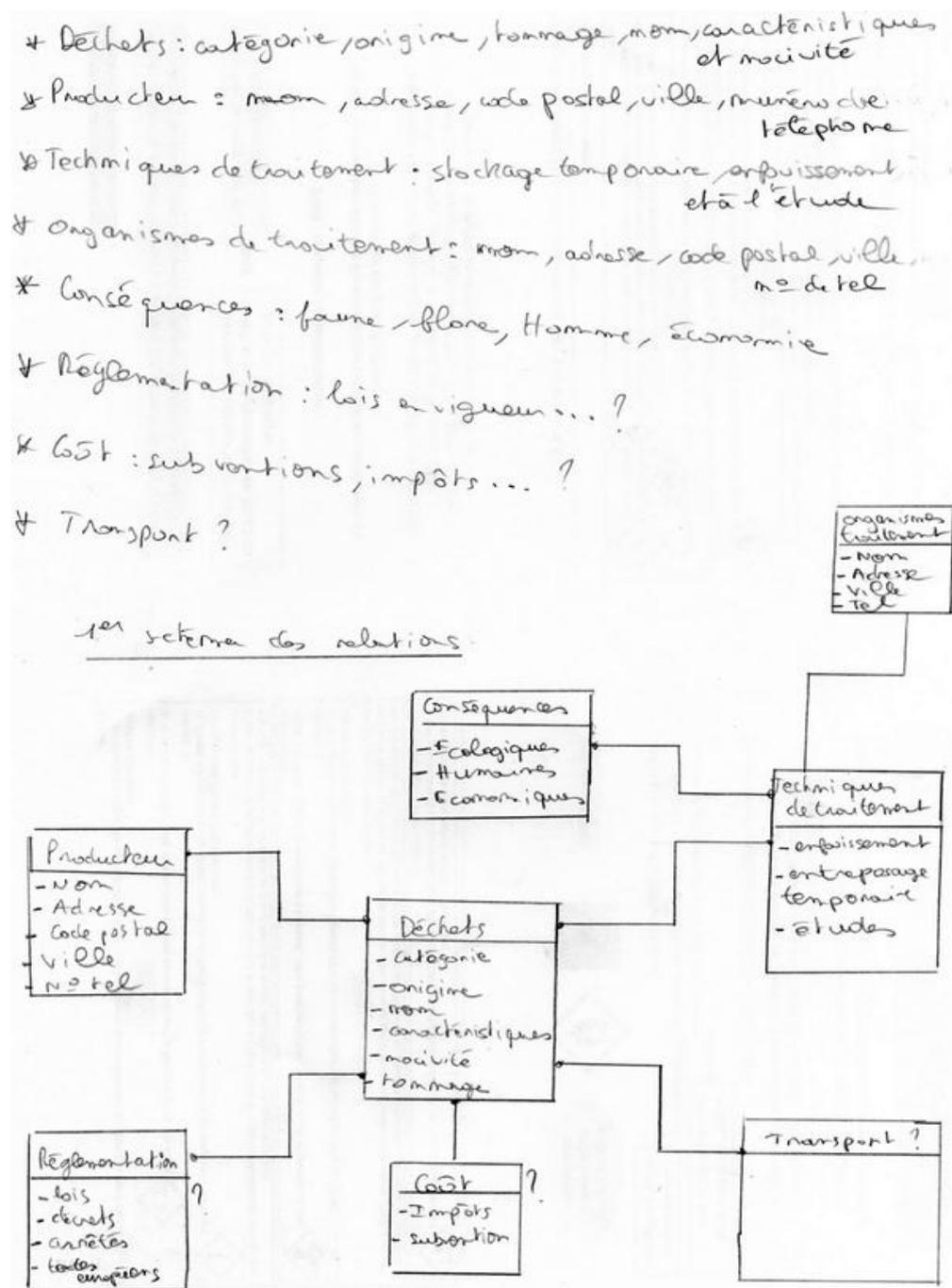
La base de données reprend les informations relatives aux caractéristiques des déchets radioactifs, à leur production, conditionnement, entreposage et stockage ainsi qu'aux conséquences et risques des différents centres de stockage mais également aux analyses de l'environnement de ces sites.

II. Développement de la base

1. CONCEPTION- BRAINSTORMING

Le brainstorming m'a permis d'identifier les principales tables à mettre en évidence ainsi que de déterminer ma table centrale. Le brainstorming initial a beaucoup évolué et a été modifié à maintes reprises au fur et à mesure de l'avancement dans le logiciel Access.

Figure 1 : Brainstorming initial



Au tout début du projet, j'ai identifié huit tables (voir figure 1) pouvant potentiellement figurer dans ma base de données.

La première table à laquelle j'ai pensé est bien évidemment la **Table Déchets** puisqu'elle constitue le cœur de la base. Les champs qui la constituait étaient alors la catégorie du déchet, son origine, son nom, ses caractéristiques, sa nocivité ainsi que le tonnage.

En réfléchissant aux données que j'allais renseigner dans cette table, j'ai ainsi pu définir la notion de déchets radioactifs qui se limite aux déchets radioactifs ultimes et ne prend donc pas en compte les combustibles irradiés faisant l'objet d'un recyclage matière.

La seconde table qui m'est venue à l'esprit est celle du **Producteur du déchet**. Cette table est très importante car elle permet d'identifier l'entité (établissement public, société privée et même particulier) à l'origine du déchet et ainsi d'assurer la traçabilité de l'information. La table était alors composée des champs suivants : nom, adresse, code postal, ville et numéro de téléphone.

La **Table Techniques de traitement** a été imaginée toujours dans un souci de traçabilité afin de connaître la destination du déchet. Ainsi, avec la table producteur du déchet et la table techniques de traitement, il était possible de connaître le cheminement du déchet de sa production jusqu'à son « élimination ». Dans cette table, il était prévu de créer une liste reprenant les deux filières de « traitement » des déchets radioactifs, à savoir le stockage en centre dédié et l'entreposage en attendant que les solutions encore à l'étude soient développées.

A cette table, il avait été décidé de rattacher la **Table Organismes de traitement** mais cela posait problème car il n'en existait qu'un : l'ANDRA. En revanche, si l'ANDRA est la seule entité à pouvoir assurer le traitement des déchets radioactifs ultimes, elle gère plusieurs centres de stockage spécifiques à une (ou deux) catégories de déchets. J'ai donc décidé de dresser la liste des différents centres de stockage existant en France.

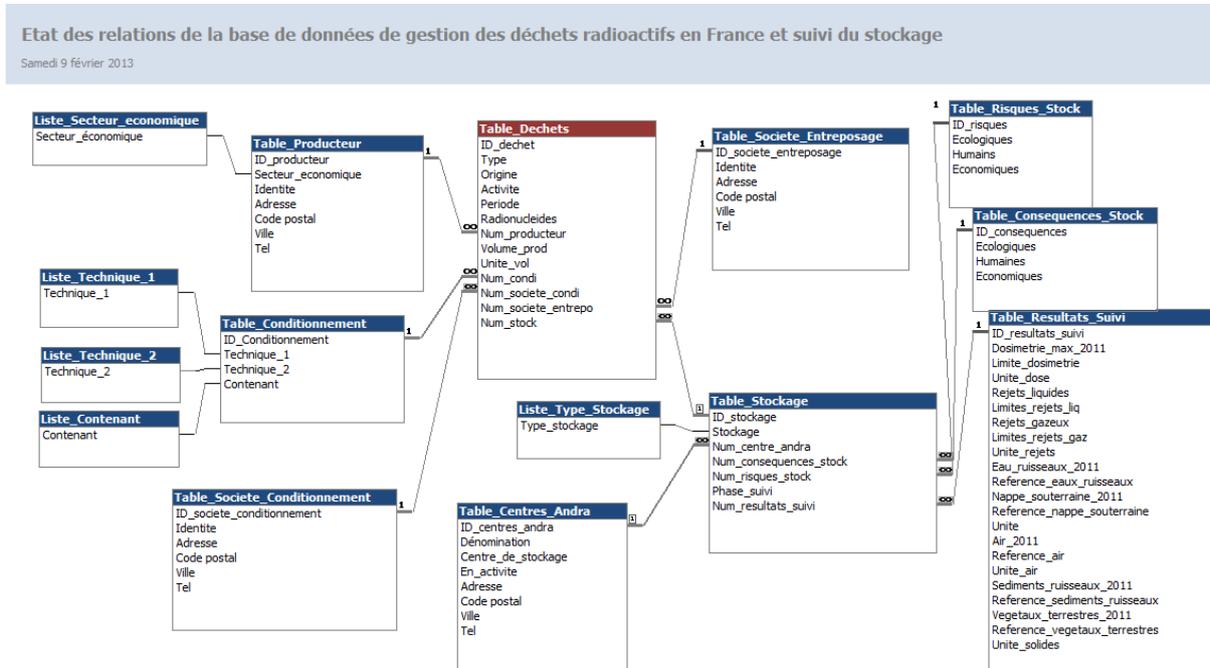
J'ai ensuite imaginé la **Table Conséquences**. Dans un premier temps, j'ai hésité entre m'intéresser aux conséquences des déchets radioactifs ou bien aux conséquences du stockage. Il est devenu rapidement évident que l'objet de la base de données était de connaître les conséquences du stockage des déchets car nous ne sommes pas exposés aux déchets radioactifs directement (excepté les travailleurs qui utilisent des sources ionisantes) mais potentiellement indirectement par le stockage. Dans cette table, figure les champs conséquences humaines, écologiques et économiques.

Enfin, les trois dernières tables auxquelles j'avais pensé initialement dans mon brainstorming (**Réglementation, Coût et Transport**) n'ont finalement pas vu le jour et ont été remplacées par d'autres tables jugées plus pertinentes et plus en adéquation avec l'objectif de la base de données.

2. DEVELOPPEMENT

Au moment de la construction sous Access, les tables ont subi de nombreux remaniements (figure 2).

Figure 2 : Etat des relations de la base de données



Pour une meilleure traçabilité de la destination des déchets, j'ai ajouté la **Table Société entreposage** ainsi que la **Table Conditionnement** à laquelle sont reliées la **Table Société conditionnement** et les **Listes Techniques conditionnement** et **Contenant**.

Afin de connaître les techniques de conditionnement (enrobage, solidification...) et les contenants utilisés pour conditionner les déchets (fûts, casiers...), je me suis servie des données publiées par l'ANDRA dans ses revues.

J'ai également complété la base de données avec une **Table Risques** car il est important de préciser que les centres de stockages de déchets radioactifs, en plus des conséquences qu'ils entraînent, présentent des risques potentiels pour l'environnement, l'économie et la santé de l'Homme.

La table Déchets s'est vue améliorer par l'ajout du type de déchets (TFA, FMA-VC, FA-VL, MA-VL et HA) en ayant dans l'idée de pouvoir, une fois les données rentrées, calculer la part de chaque type de déchets produits. J'y ai également inséré des champs spécifiques aux déchets radioactifs comme la période (vie courte, vie longue, vie courte et vie longue) ainsi que l'activité (très faible, faible et moyenne, faible, moyenne ou haute) et les radionucléides présents.

Pour évaluer la quantité de déchets produits, j'ai remplacé le tonnage par le **volume** car les données fournies par l'ANDRA sont exprimées en mètres cubes et non pas en kilogrammes.

Concernant la table Producteur, j'y ai associé le champ secteur économique afin d'apprécier la part des déchets produits par chaque groupe d'acteurs économiques.

Dans la **Table Centres ANDRA** figurent tous les centres de l'ANDRA, y compris le centre de la Manche qui n'est plus en activité, le laboratoire d'études Cigéo et le Siège social pour informations.

Enfin, l'insertion d'une **Table Résultats suivi** permet de répondre à l'un des objectifs de la base de données qui est le suivi environnemental des sites de stockage des déchets au travers de la mesure dosimétrique des employés travaillant en centres de stockage, des informations sur les effluents gazeux et liquides rejetés par les centres ainsi que des résultats d'analyses de la qualité des eaux, de l'air, des sédiments lacustres et des végétaux terrestres environnant le site.

La saisie des enregistrements a ensuite été réalisée grâce à toutes les informations récoltées jusqu'alors.

3. INTERFAÇAGE

L'interfaçage (figure 3) du formulaire d'accueil se veut simple et attractif.

Figure 3 : Formulaire d'accueil de la base de données



Le formulaire d'accueil s'articule autour de cinq parties :

- Une partie « Saisie des données » où l'utilisateur peut entrer les informations relatives à la gestion des déchets radioactifs et les résultats du suivi environnemental des centres de stockage
- Une rubrique « Consultation » qui permet à l'utilisateur d'accéder aux données sans possibilité de saisie

Par défaut, les formulaires créés sont tous modifiables. Il m'a donc fallu modifier les propriétés des deux formulaires de consultation en interdisant l'ajout, la suppression et la modification des données.

Par conséquent, l'interfaçage des formulaires de consultation et de saisie est identique et seules les propriétés diffèrent.

Figure 4 : Interfaçage des formulaires de Gestion des déchets Figure 5 : Interfaçage des formulaires de Suivi environnemental

- Une partie « Quelques chiffres » (figure 6 et 7) dans laquelle on trouve des diagrammes circulaires représentant les proportions de déchets produits par chaque secteur économique et par type de déchets

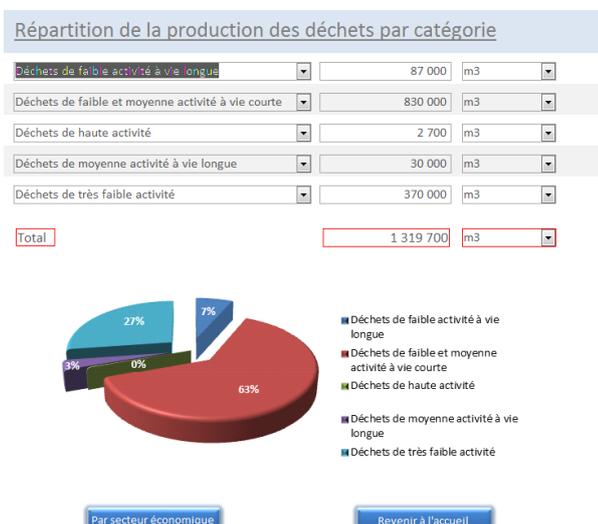


Figure 7 : Interfaçage du formulaire Répartition de la production des déchets par catégorie

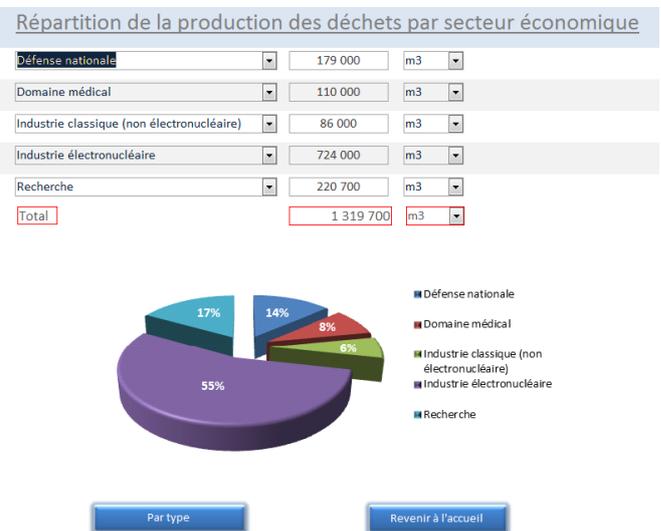


Figure 8 : Interfaçage du formulaire Répartition de la production des déchets par secteur économique

 Un formulaire d'aide (figure 8) expliquant les modalités d'utilisation de la base de données

Formulaire d'aide

Cette base de données a été créée, dans un souci de traçabilité, pour permettre aux utilisateurs la consultation et la saisie des données relatives à la gestion des déchets radioactifs en France, de la production jusqu'au stockage, en passant par le conditionnement et l'entreposage.

Les gestionnaires de déchets sont amenés à compléter la base de données grâce aux informations dont ils disposent.

Dans la rubrique nommée « Gestion des données » et relative à la traçabilité du cheminement des déchets radioactifs, l'utilisateur doit remplir les informations suivantes:

- les caractéristiques du déchet (numéro de lot ou ID, type, origine, activité, période, radionucléides présents et volume produit)
- le secteur économique, l'identité, l'adresse, le code postal, la ville et le numéro de téléphone du producteur de déchets
- les techniques et le type de contenant de conditionnement ainsi que les coordonnées de la société responsable du conditionnement
- les coordonnées de la société ayant réalisé l'entreposage
- le type de stockage et les coordonnées du centre ayant accueilli les déchets

La liste des radionucléides est fournie sur le formulaire d'accueil pour information.

Dans la rubrique nommée « Suivi environnemental » et relative aux résultats d'analyses de l'environnement des sites de stockage des déchets radioactifs, l'utilisateur doit saisir les données suivantes :

- les conséquences écologiques, humaines et économiques
- les risques écologiques, humains et économiques
- la dosimétrie mesurée sur l'agent le plus exposé et le seuil réglementaire imposé par la loi
- les rejets liquides et gazeux émis par les centres ainsi que les limites imposées par la loi
- les résultats d'analyses des eaux superficielles et souterraines, de l'air ambiant, des sédiments des ruisseaux et des végétaux terrestres en comparaison aux valeurs de référence établies avant l'implantation du centre de stockage

Une fois les données saisies, les informations sont disponibles à la simple consultation et l'utilisateur peut ainsi élaborer des diagrammes de répartition de la production de déchets par catégorie et par secteur économique pour diffusion au public.

Figure 8 : Interfaçage du formulaire d'aide

 Une liste des principaux radionucléides (figure 9) que l'on retrouve dans les déchets radioactifs

Liste des radionucléides							
Nom	Symbole	Nombre de protons	Nombre de nucléons	Période	Unité de la période	Activité	Unité de l'activité
Américium	Am	95	241	432	a	1,27E+11	Bq/g
Antimoine	Sb	51	125	2,73	a	3,88E+13	Bq/g
Argent	Ag	47	110	249	j	1,76E+14	Bq/g
Baryum	Ba	56	133	10,53	a	9,46E+12	Bq/g
Bismuth	Bi	83	210	5	j	4,60E+15	Bq/g
Cadmium	Cd	48	109	462,6	j	9,60E+13	Bq/g
Carbone	C	6	14	5700	a	1,66E+11	Bq/g
Césium	Cs	55	137	30	a	3,22E+12	Bq/g
Cérium	Ce	58	144	285	j	1,18E+14	Bq/g
Chlore	Cl	17	36	302E+05	a	1,22E+09	Bq/g
Cobalt	Co	27	60	5,27	a	4,19E+19	Bq/g
Fer	Fe	26	59	44,5	j	1,80E+15	Bq/g
Iode	I	53	129	1,57E+07	a	6,74E+06	Bq/g
Manganèse	Mn	25	54	312,5	j	2,87E+14	Bq/g
Mercur	Hg	80	203	46,59	j	5,11E+14	Bq/g
Molybdène	Mo	42	99	66	h	1,75E+16	Bq/g
Neptunium	Np	93	237	2,14E+06	a	2,61E+07	Bq/g

Figure 9 : Interfaçage de la liste des principaux radionucléides

4. UTILISATION

Cette base de données a été créée, dans un souci de traçabilité, pour permettre aux utilisateurs la consultation et la saisie des données relatives à la gestion des déchets radioactifs en France, de la production jusqu'au stockage, en passant par le conditionnement et l'entreposage. Elle offre également à l'utilisateur les mêmes possibilités d'exploitation (consultation et saisie) concernant le suivi environnemental des centres de stockage des déchets.

Les gestionnaires de déchets sont amenés à compléter la base de données grâce aux informations dont ils disposent.

Dans la rubrique nommée « Gestion des données » et relative à la traçabilité du cheminement des déchets radioactifs, l'utilisateur doit remplir les informations suivantes:

- les caractéristiques du déchet (numéro de lot ou ID, type, origine, activité, période, radionucléides présents et volume produit)
- le secteur économique, l'identité, l'adresse, le code postal, la ville et le numéro de téléphone du producteur de déchets
- les techniques et le type de contenant de conditionnement ainsi que les coordonnées de la société responsable du conditionnement
- les coordonnées de la société ayant réalisé l'entreposage
- le type de stockage et les coordonnées du centre ayant accueilli les déchets

La liste des radionucléides est fournie sur le formulaire d'accueil pour information.

Dans la rubrique nommée « Suivi environnemental » et relative aux résultats d'analyses de l'environnement des sites de stockage des déchets radioactifs, l'utilisateur doit saisir les données suivantes :

- les conséquences écologiques, humaines et économiques
- les risques écologiques, humains et économiques
- la dosimétrie mesurée sur l'agent le plus exposé et le seuil réglementaire imposé par la loi
- les rejets liquides et gazeux émis par les centres ainsi que les limites imposées par la loi
- les résultats d'analyses des eaux superficielles et souterraines, de l'air ambiant, des sédiments des ruisseaux et des végétaux terrestres en comparaison aux valeurs de référence établies avant l'implantation du centre de stockage

Une fois les données saisies, les informations sont disponibles à la simple consultation et l'utilisateur peut ainsi élaborer des diagrammes de répartition de la production de déchets par catégorie et par secteur économique pour diffusion au public.

5. POINTS FAIBLES ET AMELIORATION

Cette base de données ne constitue qu'une ébauche d'informations car elle n'est pas renseignée de manière complète. En effet, compte tenu du nombre important de données relatives à la gestion des déchets et au suivi environnemental, je n'ai pu en faire figurer qu'une petite partie au travers des enregistrements saisis. Par exemple, je disposais de nombreux résultats du suivi environnemental des sites de stockage tels que les mesures effectuées sur les eaux pluviales, les réseaux trophiques, les eaux côtières... mais cela faisait trop d'informations à saisir en peu de temps.

La base de données réalisée est simplifiée car je n'ai pas pris en compte les potentiels reconditionnements ce qui implique un défaut de traçabilité (modification du numéro de lot) car il est fréquent que différents contenants de déchets individuels soient rassemblés et reconditionnés en un seul et même fût. Je n'ai également pas tenu compte des conditionnements successifs au-delà de deux techniques alors qu'il est vraisemblable que les déchets radioactifs subissent de nombreuses transformations avant d'être stockés.

Les informations saisies dans les enregistrements sont pour la plupart véridiques excepté celles concernant l'identité et les coordonnées des sociétés de conditionnement que je n'ai pas réussi à trouver sur Internet.

Les données relatives aux déchets radioactifs produits par chaque producteur sont également artificielles mais j'ai fait en sorte d'obtenir des diagrammes de répartition représentatifs des vraies valeurs de pourcentage. Ainsi, les proportions de production de déchets radioactifs par type de déchet et par secteur économique sont conformes à la réalité et donc pertinentes.

Enfin, pour une meilleure traçabilité, il aurait été intéressant de prendre en considérer les notions de coûts (devis, transport...) ainsi que de mentionner les dates de chaque étape de la vie du déchet (conditionnement, entreposage et stockage).

III. Conclusion

La base de données créée constitue un réel outil de gestion des données relatives au cheminement des déchets radioactifs et au suivi environnemental des impacts induits par les centres de stockage accueillant ces déchets en France.

Le devenir des déchets radioactifs issus pour une grande partie des centrales nucléaires, qui rappellent la production de plus de 70% de notre électricité, est sujet à de nombreuses controverses, notamment en ce qui concerne le stockage de ces derniers.

La consultation des données permet de constater que la gestion du stockage des déchets radioactifs est maîtrisée par les gestionnaires et que les conséquences et les risques que présentent les centres de stockage sont pris en compte et contrôlés par les autorités compétentes en la matière.

Le diagramme de répartition de la production des déchets radioactifs par type de déchet montre que les déchets Haute Activité (HA), qui sont potentiellement les plus dangereux, ne représentent qu'une infime part des déchets produits, la majorité étant des déchets Faible et Moyenne Activité à vie courte qui présentent moins de risques de contamination radioactive et sur une période plus courte.

Résumé



Laëticia WOJTOWICZ est actuellement étudiante en Master 2 PCGE « Pollutions Chimiques et Gestion Environnementale » à l'Université Paris Sud d'Orsay. Les visites de centrale nucléaire et des centres de stockage des déchets radioactifs auxquelles elle a eu l'opportunité d'assister pendant son cursus l'ont confortée dans l'idée d'exercer dans le domaine du nucléaire. Elle réalisera très prochainement son stage de fin d'études au sein de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) sur la problématique des effluents rejetés par les centrales nucléaires et le suivi hydroécologique des cours d'eau en sortie de site.

Soucieuse des problèmes environnementaux et sanitaires que soulève la gestion des déchets radioactifs en France, Laëticia WOJTOWICZ s'évertue à chercher les réponses aux questions que tout le monde se pose quant au futur des substances radioactives une fois devenues déchets.

Afin de répondre à ces interrogations et de permettre la traçabilité des déchets radioactifs traités sur le territoire français, elle a réalisé en 2013 une base de données sur la gestion des déchets radioactifs et le suivi du stockage de ces déchets.

Dans cette base de données, figurent les données relatives aux différentes étapes de traitement des déchets : production, conditionnement, entreposage et stockage ainsi que les résultats du suivi environnemental des sites de stockage des déchets radioactifs.

Abstract

Concerned about environmental and health issues that the management of radioactive waste in France raises, Laëticia WOJTOWICZ makes every effort to look for the answers to the questions that are on everyone's lips as for the future of radioactive substances once became waste.

To answer these questions and allow the traceability of the radioactive waste treated on French territory, she carried out in 2013 a database on the management of radioactive waste and the follow-up of the storage of these waste.

This database includes the data relative to the various stages of waste treatment: production, packaging, warehousing and storage as well as the results of the environmental follow-up of the storage sites of radioactive waste.