

**Comité Directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle  
d'un accident nucléaire ou d'une situation radiologique  
(CODIRPA)**



**Rapport final du groupe de travail n° 6**

**« Gestion des déchets, produits contaminés et terres contaminées »**



**Document de travail  
8 avril 2010**

## SOMMAIRE

Liste des acronymes .....	4
1. Synthèse .....	5
2. Introduction .....	8
2.1. Préambule et objet du document.....	8
2.2. Contexte et hypothèses de travail.....	8
3. Etat des lieux des expériences acquises en matière de gestion d'un territoire contaminé .....	10
3.1. La gestion des déchets en Biélorussie et en Ukraine après l'accident de Tchernobyl....	10
3.2. La gestion des déchets en Norvège due à l'accident de Tchernobyl .....	11
3.3. Retour d'expérience de la gestion des déchets suite à la marée noire de l'Erika.....	12
3.4. Retour d'expérience de l'exercice INEX 3 FR .....	13
4. Doctrine de gestion des déchets, des matériaux et des produits manufacturés en situation post-accidentelle .....	14
4.1. Gestion différenciée en fonction de la contamination radiologique des déchets .....	14
4.2. Gestion des déchets par zonage.....	16
4.2.1. Gestion des déchets contaminés produits dans la ZPP .....	18
4.2.2. Gestion des déchets non contaminés produits dans la ZPP .....	19
4.2.3. Gestion des déchets produits dans la ZST.....	21
4.2.4. Gestion des déchets produits au delà de la ZST .....	21
4.3. Gestion des matériaux et des produits manufacturés .....	21
4.3.1. Gestion des matériaux et des produits manufacturés dans la ZPP .....	25
4.3.2. Gestion des matériaux et des produits manufacturés dans la ZST.....	26
4.3.3. Gestion des matériaux et des produits manufacturés au delà de la ZST .....	26
4.4. Contrôle de l'activité radiologique des déchets.....	27
4.4.1. Radionucléides mis en jeu.....	27
4.4.2. Mesure de l'activité radiologique des déchets .....	27
4.5. Le transport des déchets .....	28
4.6. Actions d'information auprès de la population et des professionnels .....	29
4.7. Déclinaison au niveau local des principes génériques.....	29
5. Caractérisation des déchets .....	30
5.1. Nature des déchets.....	30
5.2. Volume et activité radiologique des déchets produits .....	30
5.2.1. Déchets produits spécifiquement en phase post-accidentelle, issus des actions de protection de la population.....	31
5.2.2. Déchets produits spécifiquement en phase post-accidentelle, issus des actions de réduction de la contamination.....	33
5.2.3. Déchets d'intervention .....	36
5.2.4. Déchets « courants » .....	36
5.3. Délai de production des déchets.....	38
6. Solutions techniques de gestion des déchets.....	39
6.1. L'entreposage.....	40
6.1.1. Les grands principes .....	40
6.1.2. Les actions au niveau local.....	42
6.2. L'incinération .....	42
6.2.1. Les unités d'incinération existantes .....	43
6.2.2. L'incinérateur de déchets radioactifs existant Centraco .....	43
6.2.3. Une unité d'incinération dédiée .....	44

6.3.	Le traitement des eaux.....	45
6.4.	Le traitement des sols .....	46
6.5.	L'enfouissement .....	46
6.5.1.	Le travail du sol .....	46
6.5.2.	L'enfouissement des cadavres animaux .....	47
6.6.	L'équarrissage.....	48
6.7.	L'épandage .....	50
6.8.	Le compostage.....	50
6.9.	La méthanisation .....	51
6.10.	La transformation.....	52
6.11.	Le stockage.....	52
6.11.1.	Les centres de stockage de l'ANDRA.....	52
6.11.2.	Les centres de stockage de déchets non radioactifs .....	53
6.11.3.	Les centres de stockage dédiés .....	55
7.	Solutions de gestion par type de déchets contaminés.....	56
7.1.	Terres contaminées .....	56
7.2.	Déchets végétaux solides peu putrescibles contaminés (céréales, branches, ... ).....	58
7.3.	Déchets végétaux solides putrescibles contaminés (légumes, herbes, feuilles, ... ) .....	59
7.4.	Cadavres animaux contaminés (déchets solides putrescibles) .....	61
7.5.	Lait contaminé .....	62
7.6.	Eaux de lavage contaminées .....	66
7.7.	Boues contaminées issues des stations de traitement des eaux .....	66
7.8.	Autres déchets contaminés .....	68
8.	Synthèse des recommandations pour une gestion opérationnelle des déchets .....	69
8.1.	Présentation des solutions recommandées sous forme d'arbres de décisions .....	69
8.2.	Synthèse des actions à anticiper en phase de préparation à la survenue d'un accident .	76
8.2.1.	L'entreposage de déchets contaminés .....	77
8.2.2.	L'épandage de déchets végétaux et de boues contaminés.....	78
8.2.3.	Le traitement des cadavres animaux contaminés dans les ateliers d'équarrissage .	79
8.2.4.	L'épandage de lait contaminé .....	79
8.2.5.	Le compostage des déchets végétaux contaminés .....	80
9.	Références .....	81

Annexe 1 : classification des déchets radioactifs en fonction des solutions de gestion développées dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR)

Annexe 2 : composition du GT6 de 2005 à 2009

Annexe 3 : la gestion des déchets en Biélorussie et en Ukraine après l'accident de Tchernobyl

Annexe 4 : durées de dépassement des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA)

Annexe 5 : l'entreposage des déchets agricoles dans des silos existant

Annexe 6 : l'entreposage des déchets sur les parkings des CNPE

Annexe 7 : liste des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) les plus proches des INB

Annexe 8 : exemples de requêtes réalisées avec la base de données SINOE

## Liste des acronymes

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique  
ANDRA : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs  
APRP : accident de perte de réfrigérant primaire  
ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire  
CNPE : Centre Nucléaire de Production d'Electricité  
CSA : Centres de Stockages de l'Aube  
CSFMA : Centre de stockage de déchets de faible et moyenne activité à vie courte  
CSTFA : Centre de stockage des déchets de très faible activité  
CODIRPA : Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire  
FMA : Faible et Moyenne Activité  
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement  
INB : Installation Nucléaire de Base  
IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire  
NMA : Niveaux Maximaux Admissibles  
NRPA : Norwegian Radiation Protection Authority  
OMS : Organisation Mondiale de la Santé  
PNGMDR : Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs  
PPI : Plan Particulier d'Intervention  
REX : retour d'expérience  
RTGV : accident de rupture de tube de générateur de vapeur  
TFA : Très Faible Activité  
UIOM : Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères  
ZPP : zone de protection des populations  
ZST : zone de surveillance renforcée des territoires

## 1. Synthèse

La gestion des déchets en phase post-accidentelle est une étape indispensable de la mise en œuvre de stratégies de gestion d'un territoire contaminé et de stratégies de protection de la population. Elle doit être maîtrisée afin de permettre une réduction effective de l'exposition de la population ainsi qu'une protection de l'environnement au sens large. Pour cela, un certain nombre d'actions à mettre en œuvre ont été identifiées par le groupe de travail : la collecte des déchets, leur conditionnement, leur transport, leur entreposage, leur traitement éventuel et leur stockage.

Le groupe de travail a procédé à une évaluation des caractéristiques des déchets qui pourraient être produits en phase post-accidentelle et des filières de gestion qui pourraient être retenues pour leur élimination. Afin de rendre ce rapport plus opérationnel, le groupe de travail a choisi de présenter, pour chaque type de déchet, les solutions de gestion recommandées sous forme d'arbre de décision. Les actions qui doivent être anticipées pour permettre la gestion des déchets produits en phase post-accidentelle sont également identifiées.

Certaines solutions de gestion présentées dans ce rapport sont recommandées préférentiellement par le groupe de travail pour la gestion des déchets post-accidentels. Pour autant, les autres options présentées dans ce rapport doivent rester ouvertes car en fonction des situations accidentelles et des contraintes rencontrées par les acteurs de la gestion des déchets, elles pourraient venir compléter utilement les dispositifs préconisés.

### **Les principes de gestion des déchets en phase post-accidentelle**

La gestion des déchets radioactifs obéit à certains principes qui sont précisés dans le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR). Ce plan définit en particulier les filières de gestion de ces déchets. En cas d'accident nucléaire, compte tenu de la nature et des volumes de déchets produits, la gestion des déchets devra obéir à d'autres principes spécifiques complémentaires.

Cette gestion doit être anticipée, notamment du point de vue de la vérification préalable de la pertinence des actions et des moyens envisagés pour gérer les déchets contaminés. Cela s'avère nécessaire, notamment au regard de l'expérience que l'on peut tirer d'autres gestions accidentelles, comme celle de Tchernobyl ou de marées noires, dans un contexte où, au moins au début, la nécessité d'agir rapidement.

La gestion des déchets devra s'inscrire dans une logique globale de réduction de la contamination radiologique dans le milieu, en veillant à limiter l'impact de cette gestion sur l'environnement, le public et les intervenants, notamment en limitant le transport de la contamination vers l'extérieur des zones contaminées par l'accident, donc en privilégiant, si possible, la gestion de ces déchets au plus proche du lieu de l'accident.

Les actions entreprises doivent permettre, dans la mesure du possible, une réduction du volume et une stabilisation du point de vue physico-chimique des déchets ultimes à stocker, ce qui suppose le traitement des déchets primaires dans des installations existantes du moment où à construire dans des délais relativement courts (quelques années).

Les filières de gestion des déchets mises en œuvre devront être adaptées au niveau de contamination des déchets. De ce fait, les déchets considérés comme contaminés et ceux considérés comme non contaminés devront être identifiés. Il subsistera dans tous les cas une

incertitude sur le volume total des déchets à gérer et en particulier sur le volume des déchets contaminés (influence de la saison sur les quantités de déchets verts et agricoles contaminés, incertitude sur l'ampleur des actions de réduction de la contamination, influence des conditions météorologiques au moment de l'accident, ...).

### **Définition de solutions de gestion des déchets**

Les déchets considérés comme non contaminés (par exemple les ordures ménagères produites dans la zone de protection des populations) pourront être traités/éliminés dans les installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs sous certaines conditions.

Les déchets considérés comme contaminés seront principalement des déchets de très faible activité (voir la classification des déchets radioactifs présentée en Annexe 1). Ce sont majoritairement des déchets issus des actions de protection de la population et de réduction de la contamination produits dans la zone de protection des populations. Selon le type d'accident, la saison et les conditions météorologiques au moment de l'accident, ces déchets pourront représenter des volumes importants à l'échelle des capacités des filières de gestion existantes aujourd'hui pour les déchets radioactifs. Par ailleurs, la nature des déchets contaminés post-accidentels sera, pour une partie de ces déchets, différente de celle des déchets de très faible activité produits en situation normale en raison notamment de la production de quantités significatives de déchets post-accidentels peu putrescibles à putrescibles.

La gestion de déchets contaminés en situation post-accidentelle nécessitera donc la mise en œuvre de filières de gestion spécifiques.

#### **A court terme**

- ✓ Dans un premier temps, il sera nécessaire de disposer d'installations d'entreposage, dans l'attente d'un traitement et/ou d'un stockage, pour les déchets contaminés ne nécessitant pas de stabilisation. Ces installations devront être situées idéalement dans la zone de protection des populations, zone dans laquelle la majorité des déchets contaminés sera produite, afin de limiter les transports et la dissémination de la radioactivité. La possibilité de construire des installations d'entreposage dans la zone d'éloignement n'a pas été retenue du fait du niveau de contamination de la zone et de l'exposition radiologique induite pour les personnels travaillant dans ces installations.  
Des solutions sont proposées telles que la création d'installations légères dédiées avec par exemple la possibilité d'équiper rapidement des terrains à proximité de l'installation nucléaire pour l'entreposage des déchets contaminés (terres contaminées, déchets du bâti, équipements ayant servi aux actions de décontamination...). Pour certains déchets contaminés, d'autres solutions d'entreposage spécifiques sont proposées. Par exemple, les céréales contaminées pourraient être entreposées dans des silos existants, voire laissées sur pied dans les champs.
- ✓ Les déchets putrescibles et peu putrescibles contaminés devront être traités rapidement. La mise en œuvre de solutions adaptées à la nature de ces déchets est proposée en s'appuyant notamment sur l'expérience acquise pour d'autres crises sanitaires (« crise de la vache folle », épidémies de fièvre aphteuse... ) : compostage ou épandage de déchets végétaux putrescibles et peu putrescibles contaminés, épandage du lait contaminé, traitement en atelier d'équarrissage des cadavres animaux contaminés puis incinération des co-produits.

- ✓ Dans la zone de protection des populations, les filières de gestion des déchets conventionnels existantes devront être utilisées pour le traitement et/ou l'élimination des déchets non contaminés. Il est toutefois proposé que, dans la mesure du possible, les filières de traitement/élimination de ces déchets soient simplifiées (suspension du tri sélectif par exemple) notamment pour réduire le nombre d'installations réceptrices. Cette réduction vise une meilleure traçabilité des déchets issus de la zone de protection des populations ainsi qu'une meilleure formation des intervenants (nombre d'intervenants réduit).

### **A moyen terme**

- ✓ Des installations dédiées pour le traitement et le stockage des déchets contaminés devront être construites. Il sera très probablement nécessaire de construire à terme une installation de stockage, idéalement dans la zone de protection des populations pour les déchets contaminés qui auront été entreposés. Afin de réduire les volumes de déchets à stocker dans cette installation dédiée, une partie des déchets entreposés pourrait être incinérée dans un incinérateur dédié, construit de façon à offrir des garanties quant à l'absence de dissémination aérienne des radionucléides. Cet incinérateur devrait idéalement être situé à proximité des installations d'entreposage. Sa mise en service pourrait intervenir quelques années après l'accident.

Il convient de distinguer plusieurs phases dans la préparation des pouvoirs publics à ce type d'accident :

- ✓ une phase d'étude ;
- ✓ une phase de préparation, à travers l'établissement de plans de gestion ou de modification des PPI déjà existants ;
- ✓ une phase d'organisation des acteurs, si l'accident survient.

Les actions du groupe de travail s'inscrivent depuis 2005, pour l'essentiel, dans la première phase. Ces actions devront se poursuivre, afin de :

- ✓ décliner au niveau local les principes de gestion qui sont proposés et en particulier affiner ces modes de gestion en tenant compte des particularités locales. Par exemple, il s'agira d'identifier au niveau local les zones possibles d'entreposage des déchets ;
- ✓ étudier les outils réglementaires qui permettront la mise en œuvre des actions proposées comme par exemple la création en urgence d'installations de gestion des déchets par dérogation aux procédures habituelles, la réquisition d'installations ou de personnels. Des questions sont ponctuellement posées dans ce rapport et des propositions suggérées ;
- ✓ évaluer les impacts radiologiques des différentes pratiques envisagées : le groupe de travail a pris en compte dans ses réflexions la nécessité de limiter l'impact radiologique sur l'environnement, les populations et les intervenants des propositions retenues. Néanmoins, cet impact n'a pas été quantifié. Afin de faciliter l'acceptation des solutions retenues, il sera cependant nécessaire de pouvoir justifier auprès des personnes concernées (population et intervenants) que l'impact radiologique de la mise en œuvre de ces solutions est faible. Par ailleurs, l'impact radiologique des solutions de gestion des déchets est un des critères qui sera utilisé pour justifier ou non l'intérêt de la mise en place des actions de réduction de la contamination génératrices de ces déchets. Des réflexions complémentaires devront donc être poursuivies afin de quantifier l'impact radiologique des différentes solutions de gestion des déchets retenues. Elles pourront s'appuyer sur des travaux réalisés en France [1] et dans d'autres pays [2] [3] ;

- ✓ identifier les conditions de mise en œuvre d'une solution de stockage. Une étude complémentaire devra être menée pour préciser la nature de l'installation qui devra être construite ainsi que les conditions et la faisabilité de son implantation sur les territoires contaminés.

La question du financement des actions proposées n'a pas été traitée dans ce rapport. Une évaluation des coûts pourrait être menée dans une optique de disposer, le moment venu, des financements nécessaires.

Les grands principes de gestion des déchets en situation post-accidentelle nucléaire ont été identifiés. Les moyens à mettre en œuvre ainsi que l'organisation qui découlent de ces principes ont été étudiés dans leurs grandes lignes. Ces études doivent maintenant être déclinées afin de bâtir, tester et valider une doctrine applicable à la gestion des déchets qui seraient produits dans les zones impactées par la survenue d'un accident nucléaire.

## **2. Introduction**

### **2.1. Préambule et objet du document**

La gestion des déchets en phase post-accidentelle est une étape indispensable de la mise en œuvre de stratégies de gestion d'un territoire contaminé et de stratégies de protection de la population. La contrainte induite par la nature et le volume des déchets à gérer, la disponibilité des installations de gestion des déchets ainsi que l'impact radiologique potentiel de ces installations seront des critères importants qui devront influencer sur le choix des actions de réduction de la contamination et de protection des populations et de l'environnement. Cette contrainte, qui s'inscrit dans un processus itératif d'inter-comparaison de stratégies, doit tendre à réduire au plus les volumes de déchets.

Ce document présente les réflexions et les recommandations du GT6 « gestion des déchets, produits contaminés et terres contaminées » mis en place dans le cadre du CODIRPA. La composition de ce groupe de travail est présentée en Annexe 2.

Le document expose dans un premier temps les missions qui ont été confiées au CODIRPA et les scénarios d'accident considérés. Une synthèse du retour d'expérience relatif à la gestion des déchets en conditions post-accidentelles est ensuite présentée ainsi que les enseignements qui peuvent en être tirés pour la gestion des déchets en phase post-accidentelle d'un accident nucléaire.

Une caractérisation des déchets qui seraient générés suite à un accident nucléaire est réalisée (nature, volume et activité radiologique) sur la base des deux scénarios retenus à ce stade par le CODIRPA.

Un inventaire des solutions de gestion des déchets envisageables dans le cadre d'une situation post-accidentelle est ensuite dressé. Des solutions de gestion des déchets sont recommandées pour chaque type de déchets puis présentées sous forme d'arbres de décisions. Les actions à anticiper en amont de l'accident sont enfin identifiées.

### **2.2. Contexte et hypothèses de travail**

Bien qu'il existe déjà des éléments de réflexion sur la gestion du risque en phase post-accidentelle, aucune formalisation de la doctrine qui servirait de base aux actions des pouvoirs publics n'est à ce jour disponible.



La directive interministérielle du 7 avril 2005 sur l'action des pouvoirs publics en cas d'événement entraînant une situation d'urgence radiologique a confié à la DGSNR (Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection), en relation avec les départements ministériels concernés, la mission « d'établir le cadre, de définir, de préparer et de mettre en œuvre les dispositions nécessaires pour répondre à une situation post-accidentelle ».

Par lettre DGSNR du 13 avril 2005, adressée aux principaux départements ministériels et organismes concernés, le DGSNR a proposé la création d'un Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique (CODIRPA). Le CODIRPA est chargé d'élaborer les éléments de doctrine pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire et d'une situation d'urgence radiologique.

La directive du 7 avril 2005 décrit l'organisation des pouvoirs publics pour faire face à une situation d'urgence radiologique dont la définition couvre un large éventail d'accidents. Parmi les accidents susceptibles de conduire à une situation d'urgence radiologique, doivent être retenus ceux qui comportent une dimension post-accidentelle du fait qu'ils sont susceptibles d'entraîner une contamination durable de l'environnement où s'exercent des activités humaines.

Les accidents à considérer restent nombreux et diversifiés. Le CODIRPA a proposé de retenir, en première priorité, des accidents pour lesquels :

- ✓ il est possible de disposer de données techniques fiables, ceci afin de pouvoir déterminer précisément les actions nécessaires pour assurer la protection des personnes et des biens ;
- ✓ la dimension prévisible de l'accident est suffisamment importante pour justifier une mobilisation exceptionnelle des pouvoirs publics du fait soit de l'étendue de la contamination soit du nombre de victimes à considérer ;
- ✓ le ou les accidents choisis présentent un caractère exemplaire dont il sera possible de tirer profit pour traiter des conséquences d'autres types d'accidents.

Il a ainsi proposé, dans un premier temps, de mandater les groupes de travail sur la base des scénarios suivants :

- ✓ deux scénarios d'accident de gravité moyenne mais de cinétique différente sur des réacteurs nucléaires français du palier 1 300 MWe : un rejet court (1 h) correspondant à un accident de rupture de tube de générateur de vapeur (RTGV) et un rejet plus long (24 h) correspondant à un accident de perte de réfrigérant primaire (APRP). Ces scénarios constituent des exemples de situations qui ont pour objectif d'alimenter les réflexions des différents groupes de travail du CODIRPA ;
- ✓ un scénario d'accident impliquant un rejet de plutonium dans l'environnement. Le scénario étudié consiste en un rejet de 4 g de plutonium<sup>1</sup> vieilli de 10 ans issu du retraitement d'un combustible nucléaire de type UOX2. Le rejet considéré est un rejet court d'une durée de 10 minutes.

---

<sup>1</sup> Quantité correspondant à un rejet important de plutonium susceptible de survenir dans certaines installations [4].

### 3. Etat des lieux des expériences acquises en matière de gestion d'un territoire contaminé

#### 3.1. La gestion des déchets en Biélorussie et en Ukraine après l'accident de Tchernobyl

Le détail du retour d'expérience concernant la gestion des déchets contaminés en Biélorussie et en Ukraine après l'accident de Tchernobyl est présenté en Annexe 3 [5].

Suivant l'information disponible à ce jour, les stockages réalisés sur l'ensemble des trois états peuvent être regroupés en trois catégories :

- ✓ des stockages de déchets de moyenne et haute activité maintenus sous contrôle. Les déchets sont soit stockés dans des casemates en béton situées sur le site accidenté, soit stockés dans des tranchées constituées d'un fond étanche et recouvertes d'une couverture d'argile ;
- ✓ des stockages non contrôlés de déchets de faible activité situés dans un rayon de 10 km autour du réacteur accidenté. Les déchets sont stockés dans des tranchées recouvertes d'une simple couche de sable ;
- ✓ des stockages non contrôlés de déchets de très faible activité dispersés dans la zone d'exclusion (cf. Annexe 3) et dans les zones habitées sous contrôle radiologique. Les déchets sont stockés dans des tranchées parfois recouvertes d'une couche argileuse..

Le bilan de la gestion des déchets contaminés en Biélorussie et en Ukraine après l'accident de Tchernobyl montre que la majeure partie des déchets n'a pas été conditionnée et que les concepts associés à ces stockages sont souvent extrêmement sommaires. Pour la plupart, et en particulier pour ceux réalisés dans la période comprise entre 1986 et 1988, la pratique consistait à enfouir les déchets à même le sol, dans des tranchées de quelques mètres de profondeur et à les recouvrir d'un matériau peu étanche et souvent seulement d'un sol sableux peu contaminé.

On peut donc craindre une contamination progressive de l'environnement proche de ces sites par la lixiviation par l'eau de pluie. L'instrumentation mise en œuvre au niveau d'une tranchée identifiée en 1998 et localisée dans la zone de Ryshy (tranchée n° 22), dans le cadre d'une collaboration entre deux instituts ukrainiens et l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN), a permis de mettre en évidence un marquage radiologique de l'aquifère de surface qui commence à progresser. L'activité massique des déchets présents dans cette tranchée, est de l'ordre de quelques milliers de Bq.g<sup>-1</sup> en <sup>90</sup>Sr et <sup>137</sup>Cs.

Les principaux enseignements que l'on peut tirer de cette gestion sont les suivants :

- ✓ en fonction de la nature de l'accident, des volumes importants de déchets contaminés pourront être produits ;
- ✓ des solutions de gestion des déchets contaminés à proximité du lieu de l'accident ont été préférentiellement retenues pour des questions pratiques. Mais elles permettent également de limiter la dispersion de la radioactivité dans l'environnement ;
- ✓ une anticipation de l'organisation de la gestion des déchets en amont de l'accident aurait permis la mise en place d'un conditionnement adapté des déchets contaminés, d'une traçabilité des déchets issus de la zone contaminée et la mise en place de solutions de gestion permettant une meilleure protection de l'environnement et de la population.

### 3.2. La gestion des déchets en Norvège due à l'accident de Tchernobyl

Bien que la Norvège soit située à environ 2 000 km de Tchernobyl, du fait des conditions météorologiques dans les heures qui ont suivi l'accident (direction du vent et précipitations), les retombées de l'accident de Tchernobyl en Norvège ont été estimées à environ 3 à 5% du rejet total de  $^{137}\text{Cs}$  et de  $^{134}\text{Cs}$ . Les zones qui ont été le plus marquées par l'accident sont principalement des zones dites « sauvages » (forêts, montagnes) qui présentent néanmoins un fort enjeu pour la Norvège en termes d'agriculture. En effet, en Norvège, la production de viande et de lait provient en grande partie d'animaux qui pâturent librement dans les forêts et les montagnes. Les principales actions appliquées en Norvège ont été « non-destructives » et ont consisté :

- ✓ à réduire le transfert des plantes vers les animaux en modifiant les zones de pâture, en modifiant les dates d'abattage des animaux, en nourrissant les animaux avec des produits non contaminés, ou en faisant ingérer aux animaux des chélateurs<sup>2</sup> comme le bleu de Prusse qui empêchent que le  $^{137}\text{Cs}$  ne se fixe dans l'organisme et permettent ainsi son élimination ;
- ✓ à réduire l'exposition interne de la population (recommandations sur la préparation des aliments et informations sur les aliments présentant une contamination moindre).

Cependant, une partie des produits contaminés a été gérée en tant que déchets. Les documents sur le sujet [6], [7], [8] précisent notamment que :

- ✓ un grand nombre d'animaux (rennes en particulier) a été mis à mort en vue d'une élimination sans valorisation. Les animaux morts ont été transformés en farines animales (contaminées). Ces farines ont ensuite été soit utilisées pour l'alimentation des animaux de fourrure, soit enterrées dans des lieux ad-hoc. Le NRPA (Norwegian Radiation Protection Authority) a précisé à l'ASN que les sites de stockage des farines animales étaient des sites autorisés par l'Etat. Cependant, ils n'étaient pas conçus pour recevoir des déchets radioactifs car la Norvège ne disposait pas de tels sites à l'époque ;
- ✓ dans certaines zones, les salades et le persil qui étaient les seuls produits cultivés au moment de l'accident ont été enfouis sur place ;
- ✓ 5 sites de stockage avaient été choisis pour stocker la viande de mouton jugée impropre à la consommation humaine avant que les producteurs de fourrure ne se déclarent intéressés par l'utilisation de cette viande comme nourriture pour les animaux à fourrure (le transfert du césium de la viande à la fourrure est négligeable). Le NRPA a précisé à l'ASN que le Ministère de l'agriculture norvégien avait signé un contrat avec l'association de viande et de lard ainsi que l'association d'alimentation des animaux de fourrure en 1987. Les 5 sites de stockage étaient des installations de réfrigération appartenant aux deux associations. Des règles très strictes avaient été introduites pour que cette viande n'entre plus dans la chaîne alimentaire de l'Homme.

Le lait de chèvre et le lait de vache qui étaient jugés impropres à la consommation humaine n'ont pas été gérés comme des déchets mais utilisés comme aliments pour les animaux.

Malgré l'impréparation de l'Etat norvégien à l'occurrence d'une telle situation, des enseignements peuvent être tirés des actions mises en œuvre, en particulier :

- ✓ la plupart des actions menées ont permis de réduire au minimum les volumes de déchets produits ;
- ✓ en l'absence de solutions de gestion opérationnelles, une partie des déchets contaminés a été gérée sur place (enfouissement par exemple) ;

---

<sup>2</sup> Les chélateurs sont des complexants.

- ✓ l'utilisation d'aliments contaminés pour nourrir les animaux d'élevage, même si elle permet une réduction de la contamination dans le sens où les produits d'origine animale seront moins contaminés que le végétal initialement ingéré, ne pourrait probablement pas être appliquée en France où la majorité des animaux d'élevage est utilisée pour la consommation humaine.

### 3.3. Retour d'expérience de la gestion des déchets suite à la marée noire de l'Erika

Ce retour d'expérience a été présenté par l'association Robin des Bois qui a été fortement impliquée dans la gestion de cette catastrophe.

Les principaux constats tirés par l'association Robin des Bois et concernant la gestion des déchets sont les suivants :

- ✓ il y a eu beaucoup de difficultés à prévoir les zones et les délais d'arrivée des déchets sur le littoral et beaucoup de contradictions dans les évaluations des différentes parties intéressées ;
- ✓ le pré-positionnement des matériels de prévention a par conséquent manqué de pertinence ;
- ✓ les moyens d'intervention et les modes d'intervention ont, après la catastrophe fait l'objet de critiques. Malgré les accidents antérieurs, il n'y avait pas de guide de gestion des conséquences de ce type d'accident disponible en 1999-2000 ;
- ✓ les informations sur la toxicité des produits déversés ont été contradictoires ;
- ✓ des milliers de bénévoles ont afflué sur les lieux, spontanément ou sollicités ou sous la tutelle de l'Education Nationale ou des autorités pénitentiaires. L'armée a été pratiquement absente ;
- ✓ les déchets ont dans un premier temps été entreposés dans des sites inadaptés (terrain granitique, inclusion dans une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF), difficultés d'accès, sous-dimensionnements, ...) . Ils ont ensuite été centralisés et traités ;
- ✓ la méconnaissance préalable des déchets et en particulier de leur granulométrie a ralenti et perturbé leur traitement ;
- ✓ les matériaux dépollués ont trouvé difficilement acquéreurs dans des chantiers de proximité ;
- ✓ la Commission Locale d'Information et de Surveillance a formellement bien fonctionné, avec régularité mais l'information dispensée et le niveau technique des interlocuteurs désignés par Total étaient faibles ou distants de la réalité du terrain.

Les principaux enseignements que l'on peut tirer de ce retour d'expérience pour la gestion des déchets post-accidentels contaminés par des radionucléides sont les suivants :

- ✓ la gestion maîtrisée des déchets contaminés par des radionucléides passe par la préparation de cette gestion en amont de l'accident avec notamment l'identification d'aires d'entrepôts adaptées et des moyens nécessaires pour leur mise en service quelques heures après l'accident ;
- ✓ les produits contaminés par des radionucléides ne seront pas nécessairement acceptés par la population même si leur niveau de contamination est inférieur aux normes de commercialisation en vigueur<sup>3</sup> et qu'ils ne présentent donc pas de risque sanitaire pour la population. Ils devront donc être gérés comme des déchets.

---

<sup>3</sup> En cas d'accident nucléaire, la mise sur le marché des denrées alimentaires est régie, pour les échanges sur le marché communautaire par le règlement EURATOM qui fixe des niveaux maximaux admissibles de contamination des

### 3.4. Retour d'expérience de l'exercice INEX 3 FR

L'exercice international INEX 3 a été organisé par l'Agence de l'Energie Nucléaire (AEN) de l'OCDE. Son objectif était de comparer les pratiques et les conditions de gestion des conséquences (économiques, sanitaires, sociales) résultant d'une situation d'urgence radiologique ayant conduit à une contamination significative de l'environnement entre les différents pays participant à l'exercice (Allemagne, Autriche, Italie, Royaume Uni, Finlande, France, Suède, Hongrie, République Tchèque, République Slovaque, Canada, Etats Unis, Brésil, Taiwan, ...).

La partie française de l'exercice international de crise nucléaire INEX 3, organisée autour du CNPE de Nogent sur Seine, s'est déroulée le 9 décembre 2005. Elle est dénommée « INEX 3 FR ».

La superficie de la zone touchée par l'accident a varié au cours du temps, en fonction des critères fixés par les autorités pour déterminer les produits contaminés impropres à la consommation. Le domaine de l'exercice INEX 3 FR a été volontairement restreint aux céréales (blé, maïs, colza). Le critère retenu pour quantifier les volumes de déchets a été les Niveaux Maximaux Admissibles (NMA, cf. § 5.2.1). Des mesures de restriction de consommation ont été fixées pour les céréales produites dans un rayon de 18 km sous le vent. Une estimation des récoltes à éliminer faisait état d'environ 200 000 tonnes de produits contaminés dont 100 000 tonnes de grains.

Le groupe de travail « Agriculture, décontamination, déchets, réhabilitation » d'INEX 3 FR s'est posé la question du devenir des récoltes perdues et des moyens nécessaires pour les stocker, sans parvenir réellement à des solutions satisfaisantes.

Il a ainsi identifié plusieurs solutions de gestion des déchets existantes :

- ✓ l'élimination des déchets dans l'incinérateur de déchets radioactifs existant Centraco, mais la capacité de traitement de Centraco est apparue inférieure au volume de déchets à gérer lors de l'exercice ;
- ✓ le centre de stockage de déchets radioactifs de très faible activité de Morvilliers et le centre de stockage de déchets radioactifs de faible et moyenne activité de Soulaïnes-Dhuys (cf. § 6.11.1), tous deux exploités par l'ANDRA, et qui accueillent actuellement environ 25 000 tonnes de déchets de très faible activité et 15 000 m<sup>3</sup> de colis de déchets de faible et moyenne activité par an. Leur capacité d'accueil annuelle est apparue très inférieure aux volumes de déchets bruts estimés par le groupe de travail. De plus, ils peuvent suivant les cas être éloignés de l'accident ;
- ✓ les centres de stockage pour déchets dangereux. En effet, certains déchets contaminés par des substances radioactives naturelles mais considérés comme non radioactifs car leur activité peut être négligée du point de vue de la radioprotection, comme des sables de fonderie naturellement riches en uranium et en thorium, peuvent être éliminés dans des centres de stockage pour déchets dangereux. Les capacités de stockage dans ces centres sont plus importantes, au moins une quinzaine de centres dans toute la France, avec des capacités d'accueil annuelles de l'ordre de 50 000 t à 100 000 t. Ceci étant, le recours à cette filière imposerait d'arrêter l'accueil de déchets provenant d'autres origines.

---

denrées alimentaires et pour les échanges avec les pays tiers, par les normes de la Commission du Codex Alimentarius qui fournissent des limites indicatives pour les radionucléides dans les denrées alimentaires contaminées.

Les principaux enseignements que l'on peut tirer de cet exercice sont les suivants :

- ✓ compte tenu des volumes de déchets contaminés qui seraient produits, leur gestion dans des installations de traitement ou d'élimination de déchets radioactifs existantes n'est pas envisageable. Ces installations pourraient éventuellement être utilisées pour accueillir les déchets les plus contaminés ;
- ✓ il sera nécessaire de construire des installations dédiées pour la gestion de la majorité des déchets contaminés ;
- ✓ des solutions ponctuelles d'entreposage peuvent être envisagées, comme l'utilisation des silos pour des déchets agricoles.

#### **4. Doctrine de gestion des déchets, des matériaux et des produits manufacturés en situation post-accidentelle**

##### **4.1. Gestion différenciée en fonction de la contamination radiologique des déchets**

Les filières de gestion des déchets produits en situation post-accidentelle devront être choisies en fonction du niveau de contamination des déchets. Le groupe de travail a donc décidé de faire la distinction entre les déchets qu'il a appelés « déchets contaminés » et qui sont définis, du fait de leur niveau de contamination, comme ceux

- ✓ nécessitant une élimination/traitement dans une installation dédiée construite après l'accident ;
- ✓ ou nécessitant une élimination/traitement dans une installation existante de gestion des déchets radioactifs ;
- ✓ ou nécessitant la mise en place de solutions de gestion exceptionnelles ;

et les déchets qu'il a appelés « déchets non contaminés » qu'il a définis, du fait de leur niveau de contamination extrêmement faible, comme ceux pouvant être éliminés/traités dans les installations de gestion des déchets non radioactifs existantes.

**La première étape de la gestion des déchets post-accidentels consiste donc à identifier les déchets contaminés et les déchets non contaminés.**

Compte tenu du fait que les moyens de mesure qui seront disponibles après un accident nucléaire seront probablement largement mobilisés pour certaines actions considérées comme prioritaires (par exemple, contrôle de l'activité radiologique des denrées alimentaires, des matériaux et des produits manufacturés par rapport aux seuils de commercialisation), il n'est pas réaliste de bâtir cette identification uniquement sur la mesure de l'activité radiologique des déchets. Cette identification doit être réalisée dans un premier temps sur la base des résultats de calcul. Afin de ne pas multiplier les périmètres d'action à mettre en place en situation post-accidentelle et de rendre opérationnelles les actions qu'il préconise, le groupe de travail a étudié la réalisation de cette identification sur la base du zonage retenu par le CODIRPA.

Le CODIRPA a décidé de retenir deux zones dans lesquelles seront déclinées les différentes actions à mener en situation post-accidentelle :

- ✓ une zone de protection des populations (ZPP) établie sur la base d'indicateurs dosimétriques au sein de laquelle il est justifié de mener des actions visant à réduire l'exposition des personnes y résidant. Dans cette zone, il est par exemple interdit de consommer les denrées produites localement. Si malgré cette interdiction, l'exposition d'une partie de la population vivant dans la ZPP est jugée encore trop importante, du fait de l'irradiation externe due aux dépôts, il sera nécessaire de mettre en place une zone d'éloignement au sein de la ZPP afin d'éloigner cette partie de la population ;

- ✓ une zone de surveillance renforcée des territoires (ZST) qui s'étend au delà de la ZPP et qui est basée sur des indicateurs exprimés en concentration d'activité radiologique dans les denrées. Les niveaux de contamination dans cette zone ne justifient pas la mise en œuvre d'actions visant à protéger les populations y résidant mais justifient une surveillance renforcée de l'environnement et en particulier des productions agricoles.

Le groupe de travail considère que les déchets contaminés seront principalement produits dans la ZPP. Quelques déchets contaminés pourraient ponctuellement être produits dans la ZST.

Il est rappelé que les niveaux de contamination de la majorité des déchets produits dans la ZPP du fait de l'accident ne devraient pas être très élevés. Le groupe de travail considère que ces déchets doivent faire l'objet de modalités de gestion adaptées à leur nature et niveau de contamination<sup>4</sup>. Par ailleurs, certains de ces déchets devront être gérés comme des déchets contaminés car présentant des niveaux de contamination un peu plus élevés. Cette gestion spécifique permettra de limiter la dissémination des radionucléides en dehors de la ZPP et d'éliminer au moins la fraction des déchets la plus contaminée dans des installations adaptées, plus contraignantes en terme de confinement des déchets, limitant ainsi le transfert des radionucléides dans le sol, les eaux de surface et les eaux souterraines.

#### Déchets contaminés ou susceptibles de l'être

Il s'agit principalement, comme mentionné précédemment, des déchets produits dans la ZPP et

- ✓ issus des actions de réduction de la contamination extérieure (retraits de supports bâtis, arrachage de plantes, élagage, ...);
- ✓ issus des actions de protection de la population (denrées alimentaires non commercialisables, matériaux et produits manufacturés non commercialisables ou non utilisables, ...).

Il convient ici de signaler également le cas particulier des boues des stations d'épuration des eaux usées (STEP). L'estimation de leur activité radiologique par modélisation est extrêmement difficile car elle dépend de nombreux paramètres qui ne sont pas tous quantifiés. La gestion des boues de STEP sur la base du zonage n'est donc pas possible. Il conviendra d'identifier les STEP « à risque » et de prévoir des mesures périodiques de l'activité radiologique de ces boues, afin de protéger les travailleurs de ces stations de risques potentiels d'exposition aux rayonnements ionisants et d'orienter les boues vers des filières d'élimination adaptées. Ces mesures devront s'inscrire dans le temps du fait de la vitesse de transfert des radionucléides qui peut être très faible.

L'IRSN réalise actuellement des mesures en continu dans quelques stations d'épuration de grandes agglomérations. L'IRSN envisage de développer un parc de balises mobiles qui pourraient être utilisées en cas d'urgence radiologique et de situation post-accidentelle.

#### Déchets non contaminés

Le groupe de travail considère qu'une partie des déchets produits dans la ZPP pourra être gérée comme des déchets non contaminés<sup>5</sup>. Dans la ZST et au delà, l'ensemble des déchets produits pourra être géré comme des déchets non contaminés, sauf indications contraires apportées éventuellement par les calculs de dépôts à partir du terme-source ou par des actions météorologiques sur site.

---

<sup>4</sup> Par exemple, la gestion de certains déchets putrescibles contaminés nécessite la mise en place de solutions de gestion exceptionnelles comme l'épandage.

<sup>5</sup> Cela inclut les déchets issus des actions de nettoyage visant à réduire la contamination à l'intérieur des bâtiments.

Dans la ZPP, les déchets non contaminés sont ceux qui sont issus de matières, objets, denrées, etc. qui :

- ✓ ont bénéficié d'une protection suffisante vis-à-vis du panache radioactif au moment de l'accident (par exemple, ordures ménagères) ;
- ✓ qui, destinés à l'abandon, ont été utilisés ou pourraient être utilisés par la population en situation post accidentelle sans risque sanitaire (par exemple, voiture, mobilier de jardin).

Le groupe de travail considère qu'il n'y a pas de raison objective de considérer ces déchets comme contaminés car ils ne devraient présenter que de très faibles niveaux de contamination ne nécessitant pas des mesures spécifiques de protection des personnes et de l'environnement dans le cadre de leur gestion.

Les critères pour déterminer si des matières, objets, denrées, etc. sont protégés ou non du panache sont les suivants :

- ✓ s'ils se trouvent dans un bâtiment suffisamment étanche vis-à-vis de l'air extérieur, ils peuvent a priori être considérés comme protégés ;
- ✓ s'ils se trouvent à l'extérieur d'un bâtiment et sous emballage au moment de l'accident, ils peuvent être considérés comme protégés du panache en fonction du type d'emballage dans lequel ils se trouvent et de leur nature. Une étude sur certains emballages alimentaires est en cours dans le cadre du GT2 du CODIRPA. La décontamination des emballages ou leur retrait sont susceptibles de conduire à la production de déchets et/ou d'effluents contaminés.

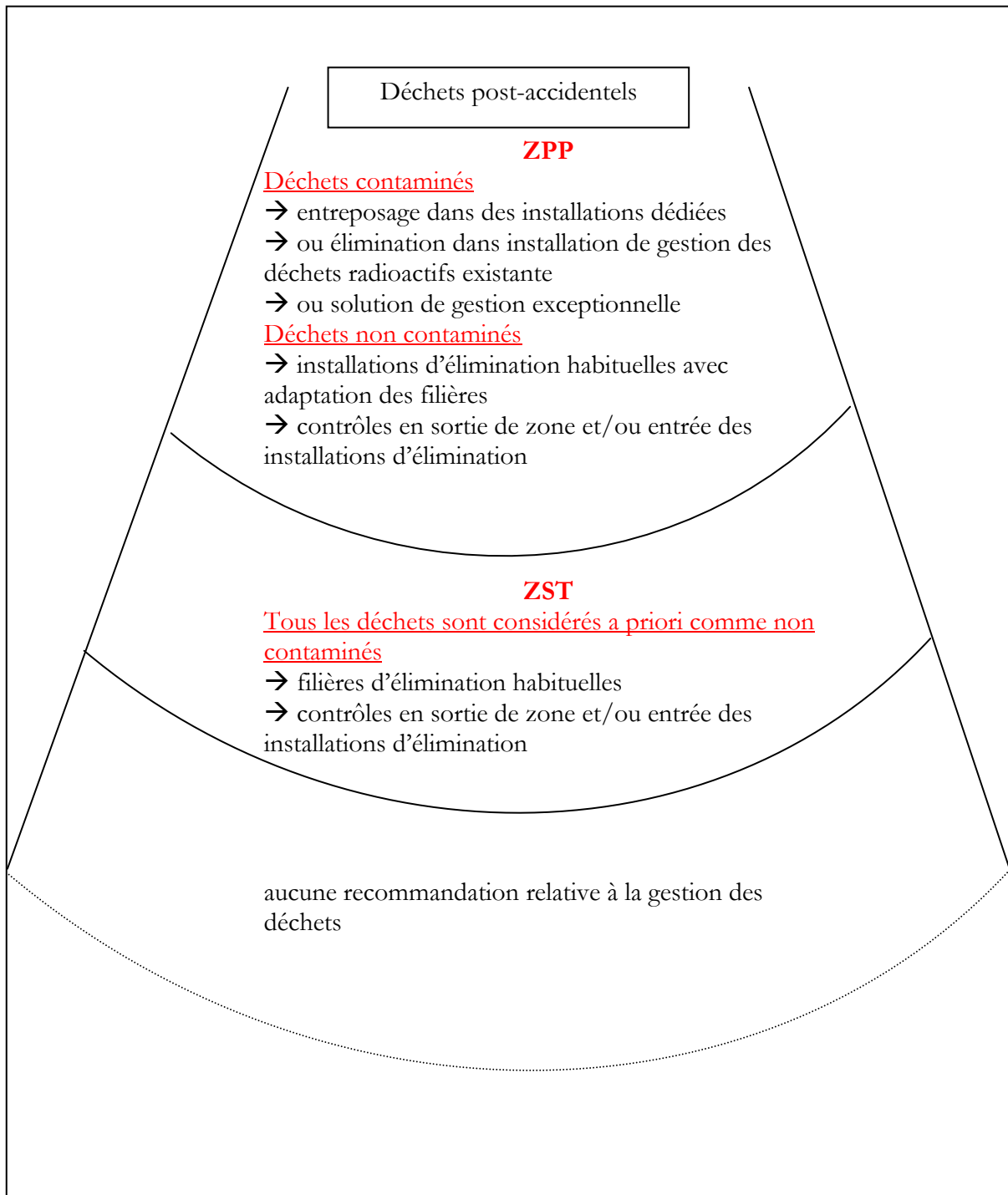
Les déchets produits avant l'accident (déchets provenant des activités humaines usuelles) et en cours d'élimination/traitement dans les filières habituelles seront éliminés/traités dans ces filières. Ceux en cours de collecte au moment de l'accident devront être orientés vers la filière habituelle dès lors qu'ils peuvent être considérés comme protégés par les poubelles les contenant.

#### **4.2. Gestion des déchets par zonage**

Le principe de gestion des déchets post-accidentels est synthétisé sur la Figure 1. Il est expliqué dans les paragraphes suivants.



**Figure 1 : principes de gestion des déchets en situation post-accidentelle d'un accident nucléaire**



#### 4.2.1. Gestion des déchets contaminés produits dans la ZPP

Quelle que soit la nature des déchets contaminés, toute action conduisant à une production de ce type de déchets doit être précédée d'une réflexion sur les solutions d'élimination/de traitement existantes ou à mettre en œuvre pour traiter/éliminer les déchets ainsi produits.

Comme mentionné précédemment, les déchets contaminés sont principalement issus des actions de protection de la population et des actions de réduction de la contamination. Leur production s'étalera dans le temps au fil de la mise en œuvre des actions : une partie de ces déchets sera produite peu après la fin de l'accident, dans un délai de quelques jours, l'autre interviendra plus tardivement (cf. Tableau 3). La mise en service d'une installation d'élimination définitive dédiée (de type stockage par exemple) ne pourra pas être réalisée dans ce laps de temps. Ainsi, pour les déchets contaminés non putrescibles, d'autres solutions de gestion devront être mises en place en attendant de la mise en service d'une installation de traitement/élimination dédiée. Pour les déchets contaminés putrescibles et peu putrescibles, devant l'impossibilité de mettre en service des solutions de gestion dédiées dès les premiers jours suivant l'accident, des solutions de gestion exceptionnelles devront être appliquées.

Il peut être envisagé de transporter une fraction des déchets contaminés dans les installations de gestion des déchets radioactifs existantes. Ces installations existantes sont actuellement les centres de stockage de déchets radioactifs exploités par l'ANDRA et l'incinérateur de déchets radioactifs Centraco à Marcoule. Néanmoins, les capacités de ces installations sont limitées (d'un point de vue quantitatif : volume de déchets et également du point de vue de l'inventaire radiologique). Par ailleurs, les déchets qui y sont pris en charge doivent respecter des critères précis définis pour assurer le respect lors de l'exploitation des exigences réglementaires et de la démonstration de sûreté. Il apparaît que ces solutions de gestion ne permettront pas d'éliminer la totalité des déchets contaminés produits en situation post-accidentelle. En revanche, elles pourront permettre d'accueillir, si nécessaire, dans le respect des exigences de sûreté, une fraction de ces déchets, soit sur la base des critères préexistants, soit le cas échéant après l'étude spécifique de leur acceptabilité vis-à-vis de la sûreté de ces déchets dans les installations.

Afin de pouvoir prendre en charge rapidement les déchets non putrescibles contaminés produits en situation post-accidentelle, des installations d'entreposage dédiées devront donc être mises en service dans la ZPP. Compte tenu du niveau de contamination dans la zone d'éloignement et dans un souci de protection des intervenants, le groupe de travail recommande de ne pas construire d'installation d'entreposage dans cette zone. Les déchets putrescibles et peu putrescibles contaminés ne pourront pas être entreposés en attendant d'une solution d'élimination définitive (par exemple, le lait). Des solutions de gestion exceptionnelles devront donc être mises en place en s'assurant que ces solutions ont un impact négligeable sur l'environnement (par exemple, compostage dans des installations existantes, épandage du lait, ...).

Dans la ZPP, une collecte séparative devra être mise en place si elle n'existe pas afin de collecter d'une part les déchets verts (herbe, branchages, légumes et fruits du jardin, ...) et d'autre part les ordures ménagères car ces deux types de déchets ne devront pas être dirigés vers les mêmes installations de traitement/élimination.

En effet, les déchets verts seront d'office gérés comme des déchets contaminés car les légumes et fruits du jardin auront été exposés au panache radioactif au moment de l'accident et ne seront pas consommables. Ces déchets devront faire l'objet d'une gestion adaptée de même nature que les déchets de même type (herbe, branchages, ...) issus des actions de réduction de la contamination et qui seront gérés comme des déchets contaminés. Cette mesure vise à éviter le transfert de

contamination vers des installations de traitement des déchets conventionnels situés en dehors des zones contaminées.

Par contre, les ordures ménagères seront d'office gérées comme des déchets non contaminés car issues majoritairement de produits protégés du panache radioactif au moment de l'accident.

La mise en place de cette collecte séparative nécessitera des mesures d'information de la population.

Le groupe de travail recommande que le compostage individuel soit interdit car sa pratique pourrait conduire à concentrer la radioactivité en cas de compostage exclusif de déchets verts du jardin. Il recommande également qu'il soit interdit de brûler des déchets à l'air libre (dans les jardins, sur les exploitations agricoles, ...) afin de ne pas mettre en suspension des particules radioactives.

Par ailleurs, le groupe de travail recommande d'installer des portiques de détection de la radioactivité en sortie de la ZPP. Ces portiques constitueront un point de contrôle permettant

- ✓ de s'assurer que les déchets contaminés qui sortent de la ZPP sont bien dirigés vers une installation de traitement/élimination de déchets radioactifs située en dehors de la ZPP ;
- ✓ de s'assurer que les déchets qui sortent de la ZPP et qui sont dirigés vers une installation de traitement/élimination de déchets non radioactifs ne sont pas contaminés.

Par ailleurs, la traçabilité de l'ensemble des déchets qui sortiront de la ZPP devra être assurée, par exemple au niveau des installations réceptrices.

#### **4.2.2. Gestion des déchets non contaminés produits dans la ZPP**

Les filières de gestion des déchets non radioactifs existantes seront utilisées pour les déchets non contaminés issus de la ZPP. En revanche, il est proposé quelques aménagements dans l'organisation de ces filières pour :

- ✓ gérer plus facilement d'éventuelles erreurs d'orientation de déchets contaminés vers des filières de gestion de déchets non radioactifs. Le groupe considère qu'il sera plus facile de gérer ces cas de figure si le nombre d'installations réceptrices est réduit ;
- ✓ s'affranchir de difficultés potentielles d'acceptation par les populations alentour de déchets non contaminés mais provenant de territoires contaminés.

Il ne s'agit néanmoins pas de dispositions à visée sanitaire ou environnementale.

Les filières de gestion existantes sont connues et identifiées au travers des plans de gestion des déchets. Il est néanmoins proposé de les réorganiser pour simplifier au maximum les flux de déchets et limiter le nombre d'installations réceptrices, notamment celles situées en dehors des zones contaminées ou susceptibles de l'être. Cela permettra en outre une meilleure traçabilité des déchets provenant de la ZPP et une limitation du nombre d'intervenants. Cette limitation du nombre d'intervenants n'a pas de visée sanitaire mais permettra une meilleure information de ces intervenants (cette information devra leur présenter les risques, même s'ils sont supposés être très faibles, associés à leur intervention dans des territoires contaminés ou susceptibles de l'être).

Il est très probable que certaines installations réceptrices seront localisées en dehors de la ZPP.

Des plans de réorganisation des filières devront être réalisés au niveau local dans le cadre de la préparation des pouvoirs publics à la survenue d'un accident nucléaire. Lorsque les installations réceptrices auront été identifiées, les entreprises intervenantes devront être informées des modalités du plan local de préparation à la survenue d'un accident nucléaire.

Par ailleurs, en phase post accidentelle, il n'est pas à exclure que certains de ces déchets a priori non contaminés puissent faire déclencher les portiques de détection de la radioactivité à l'entrée des installations de gestion réceptrices<sup>6</sup>. Il conviendra d'expliquer cette éventualité et de rappeler les conditions de gestion des déclenchements de portiques dans les installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs. S'il est démontré que le traitement/l'élimination dans l'installation réceptrice du déchet ayant fait déclencher le portique ne pose pas de problème en termes de radioprotection et d'impact radiologique, le déchet pourra être traité/éliminé dans cette installation. Dans le cas contraire, il faudra l'orienter vers la filière de gestion des déchets contaminés de même nature.

Concernant la simplification des flux, à titre d'exemple, il pourra être décidé de ne pas maintenir la collecte sélective dans la ZPP ce qui, compte tenu de l'étendue probable de cette zone pour les scénarios actuellement étudiés par le CODIRPA, ne conduirait pas à l'élimination de grandes quantités de déchets valorisables.

Le recyclage sera ensuite rétabli au fur et à mesure du déclassement de la zone.

L'exposition externe dans la ZPP est suffisamment faible pour que la population puisse continuer à y vivre à condition qu'elle ne consomme pas de denrées produites localement. Dans ces conditions, les objets situés en extérieur au moment de l'accident ne présentent a priori pas de risque sanitaire s'ils continuent à être utilisés par la population. Néanmoins, il n'est pas exclu que la population souhaite se débarrasser de ces objets après l'accident. Dans ce cadre, des actions devront être mises en place en parallèle, d'une part pour essayer de limiter une mise aux déchets massive de ces objets et d'autre part pour répondre à l'élimination potentiellement massive de ces objets.

Ainsi, une information de la population devra être organisée afin :

- ✓ d'expliquer que même si la consommation de produits du jardin est interdite, l'utilisation d'objets situés en extérieur au moment de l'accident ne présente pas de risque car les phénomènes d'exposition ne sont pas les mêmes (exposition interne/exposition externe) ;
- ✓ d'expliquer que des actions de nettoyage peuvent être réalisées sur certains matériels (cf. rapport du GT1 du CODIRPA).

Par ailleurs, des collectes d'encombrants devront être mises en place dans la ZPP ou renforcées si de telles collectes existent déjà afin de limiter l'élimination de ces objets vers des filières inappropriées (exemple : prolifération de décharges sauvages ou vente de ces objets sur internet). Ces encombrants, une fois collectés, pourront être envoyés en déchetterie ou vers une aire de transit pour y être entreposés en attente de la réalisation d'un contrôle radiologique. Le résultat de ce contrôle devra permettre de confirmer que ces encombrants peuvent être orientés vers des installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs.

---

<sup>6</sup> Même si les seuils de déclenchement de portique devront être augmentés le cas échéant en fonction de l'augmentation du bruit de fond ambiant. Le réglage des portiques en situation « normale » relève de la responsabilité de l'industriel exploitant l'installation. Ces portiques permettent de détecter la présence de rayonnements gamma ou neutroniques dans un chargement à l'entrée de l'installation. Aucun seuil de déclenchement n'est fixé par la réglementation. En pratique, ce seuil est généralement fixé entre 1,5 et 3 fois le bruit de fond.

### **4.2.3. Gestion des déchets produits dans la ZST**

Les déchets issus de la ZST, qu'ils aient été protégés du panache radioactif ou pas ou qu'il s'agisse de denrées non commercialisables, sont considérés a priori comme n'étant pas contaminés, c'est-à-dire présentant des niveaux de contamination suffisamment faibles pour que l'impact radiologique lié à leur gestion dans des installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs puisse être considéré comme négligeable d'un point de vue de la radioprotection<sup>7</sup>.

Tous les déchets issus de cette zone devront néanmoins faire l'objet d'un contrôle visant à s'assurer de leur orientation vers les filières appropriées. A ce titre, ils devront être traités/éliminés dans des installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs équipées de portiques de détection de la radioactivité.

L'expédition de ces déchets devra également être tracée notamment pour prendre des mesures adéquates en cas de déclenchement de portique (traitement/élimination dans l'installation ou orientation vers une filière de gestion des déchets contaminés).

Certaines denrées agricoles produites dans cette zone ne seront pas commercialisables et deviendront des déchets agricoles. Ces déchets pourront être traités/éliminés dans des filières de gestion de déchets non radioactifs existantes. En effet, l'activité moyenne de ces denrées sera faible et leur gestion dans une installation de traitement ou d'élimination de déchets non radioactifs existante sera donc possible. Néanmoins, si les quantités de déchets agricoles produites sont trop importantes au regard des capacités des installations de traitement ou d'élimination existantes, leur élimination pourra être réalisée selon des modalités de gestion différentes telles que l'épandage par exemple.

### **4.2.4. Gestion des déchets produits au delà de la ZST**

Aucune action de gestion spécifique des déchets n'est recommandée au delà de la ZST dans la mesure où les niveaux de contamination seront très faibles et en tout état de cause proches du bruit de fond.

## **4.3. Gestion des matériaux et des produits manufacturés**

Le groupe de travail recommande que la gestion des matériaux et produits manufacturés soit réalisée sur la base du zonage mis en place par le CODIRPA. Ce mode de gestion permet de maintenir une cohérence avec ce qui est proposé pour la gestion des denrées agricoles et pour la gestion des déchets.

Le groupe de travail a mené une réflexion sur la démarche qui pourrait guider la gestion des matériaux et des produits manufacturés présents au moment de l'accident dans la ZPP et la ZST.

Cette réflexion a été menée sur la base des normes existantes concernant l'exemption et la libération des matières contenant des substances radioactives.

---

<sup>7</sup> Il faut bien faire la distinction entre l'impact radiologique lié à l'ingestion de denrées agricoles produites dans la ZST et l'impact radiologique lié à l'élimination comme déchets de ces denrées agricoles. Ces deux impacts sont différents : exposition interne pour le premier et principalement exposition externe à court terme pour le second, le second étant nettement inférieur au premier.

La notion de libération est définie comme étant la sortie automatique, sans autorisation particulière ni contrôle ultérieur, de substances radioactives provenant d'une activité humaine elle-même sous contrôle, dès lors que le niveau de radioactivité de ces substances est inférieur à un seuil.

L'exemption est définie comme la détermination par un organisme de réglementation qu'une source ou une pratique n'a pas à être soumise à certains ou à l'ensemble des éléments du contrôle réglementaire, dès lors que l'activité des radionucléides concernés est inférieure à un seuil.

Les seuils d'exemption et de libération sont basés sur les mêmes critères de dose. Des valeurs de seuils de libération et d'exemption sont proposées au niveau européen et international (Radiation Protection n°122 de la Commission Européenne (2000) et guide de sûreté RS-G-1.7 de l'AIEA (2004)). Pour les radionucléides artificiels, ces seuils ont été calculés sur la base d'un critère de dose individuelle de 10 microSv/an et de dose collective de 1 Homme.Sv/an, valeurs d'exposition des populations considérées comme négligeables du point de vue de la radioprotection.

L'Autorité de Sûreté Nucléaire a décidé au milieu des années 1990 de ne pas suivre la voie de la mise en place de seuils de libération pour la gestion des déchets des INB [9]. Ainsi, le code de la santé publique (et notamment l'article R.1333-3) précise que « l'utilisation, pour la fabrication des biens de consommation et des produits de construction, des matériaux et des déchets provenant d'une activité nucléaire » est interdite sauf dérogations accordées si elles sont justifiées par les avantages qu'elles procurent au regard des risques sanitaires qu'elles peuvent présenter.

Ce même code (et notamment l'article R.1333-4) permet néanmoins, à titre dérogatoire, d'autoriser exceptionnellement l'addition de radionucléides dans des biens de consommation ou de construction à l'exception des denrées alimentaires, des matériaux placés en contact avec des denrées alimentaires et des eaux destinées à la consommation humaine, des jouets, des parures ou des produits cosmétiques.

La démarche consistant à ne pas fixer de seuils de libération dans le cadre du fonctionnement normal des installations nucléaires ne pourrait probablement pas s'appliquer dans le cas d'une situation post-accidentelle où l'environnement serait marqué par la présence de radionucléides sur de larges périmètres.

Bien que les matériaux et les produits manufacturés issus d'une situation post-accidentelle et susceptibles d'avoir été contaminés par le panache radioactif ne soient pas liés à des activités humaines contrôlées, le principe de définition de seuils en dessous desquels ces produits pourraient être commercialisés pourrait être retenu comme cela a été fait pour les denrées alimentaires (cf. § 5.2.1.1). Ces seuils sont appelés dans la suite du paragraphe « seuils de commercialisation ».

Dans tous les cas, l'utilisation et la commercialisation des matériaux et des produits manufacturés qui étaient présents dans la ZPP et la ZST au moment de l'accident devra être encadrée :

- ✓ par des contrôles radiologiques exhaustifs ou par échantillonnage en fonction des quantités à contrôler, ces contrôles pouvant être réalisés à l'aide d'appareils portatifs ou de portiques de détection de la radioactivité placés par exemple en sortie de site industriel ;
- ✓ par l'édition de certificats de contrôle radiologique par la société qui a réalisé le contrôle.

Les niveaux de contrôle radiologique devront être en cohérence avec le risque que les matériaux et produits manufacturés aient été contaminés par le panache radioactif (intérieur/extérieur, ZPP/ZST).

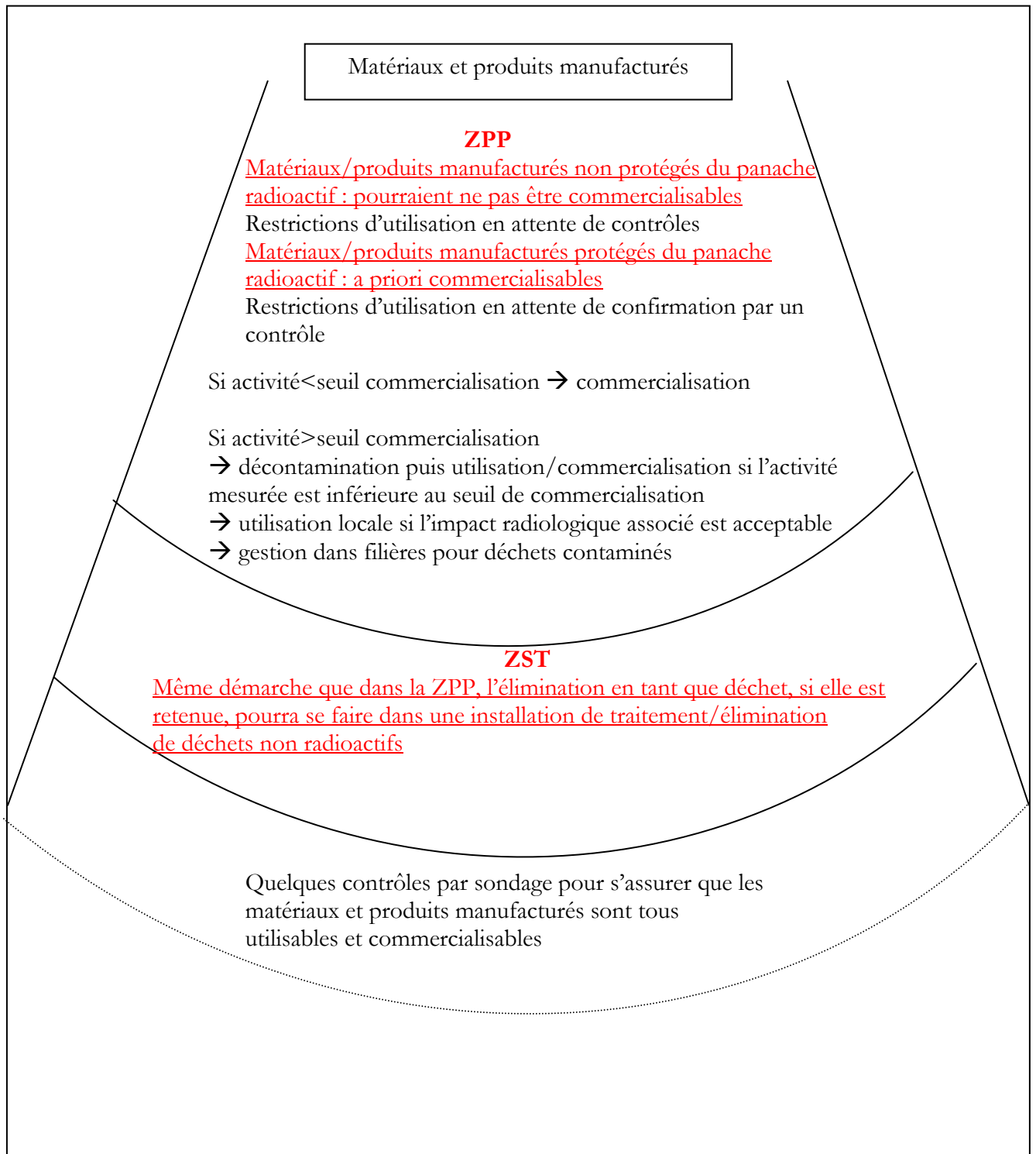
En amont de l'accident, il serait utile d'établir un inventaire des moyens de mesure qui pourraient être utilisés pour les contrôles radiologiques des matériaux et produits manufacturés.

Si l'on accepte le principe d'utilisation de seuils de commercialisation, deux options peuvent être envisagées :

- ✓ utiliser en situation post-accidentelle des valeurs de seuils de commercialisation égales aux valeurs de seuils de libération génériques proposées au niveau européen et décrites précédemment. Ces seuils de libération génériques, définis sur un critère de dose individuelle de 10 microSv/an, sont plus restrictifs que les seuils de libération spécifiques car valables pour des matières de nature variée et dont les utilisations potentielles sont larges. Des évaluations ont montré que pour les scénarios d'accidents de gravité moyenne sur des réacteurs nucléaires, la contamination au delà de la ZST ne dépasserait pas les valeurs des seuils de libération génériques [10]. Le choix de seuils de libération génériques pourrait toutefois apparaître très conservatif et conduire à restreindre l'usage de matières et objets ne présentant pas de risque sanitaire dans le cadre de leur utilisation ;
- ✓ utiliser en situation post-accidentelle des valeurs de seuils de commercialisation moins sévères que les valeurs des seuils de libération génériques. En effet, les seuils de libération génériques n'ont pas été établis pour gérer une situation post-accidentelle. Ils ont donc été définis sur la base de critères de doses très faibles en comparaison des critères de doses retenus pour fixer les seuils de commercialisation des denrées alimentaires suite à un accident nucléaire. Il sera dans ce cas nécessaire de mener une réflexion au cas par cas sur les valeurs de seuils de commercialisation qui pourraient être utilisés en situation post-accidentelle en fonction de la nature des matériaux concernés et de leur devenir (utilisation, valorisation, élimination) et ce sur la base d'études d'impact.

Le principe de gestion des matériaux et des produits manufacturés post-accidentels est synthétisé sur la Figure 2. Il est expliqué dans les paragraphes suivants.

Figure 2 : principes de gestion des matériaux et produits manufacturés en situation post-accidentelle d'un accident nucléaire





#### 4.3.1. Gestion des matériaux et des produits manufacturés dans la ZPP

Le groupe de travail estime que les matériaux et produits manufacturés situés dans la ZPP au moment de l'accident et qui n'étaient pas protégés du panache radioactif pourraient ne pas être commercialisables. Aussi, dans un premier temps, l'utilisation/la commercialisation de ces matériaux et produits manufacturés devra être suspendue dans la ZPP, en attente de moyens de mesure disponibles permettant de définir les possibilités ou non d'utilisation/commercialisation de ces matériaux et produits manufacturés. En fonction des moyens de mesure disponibles et du nombre de mesures à réaliser, ce contrôle pourrait être réalisé par sondage pour les lots importants d'un même produit d'une même origine.

Ces matériaux et produits manufacturés pourront être utilisés/commercialisés sous réserve que leur activité radiologique soit inférieure au seuil de commercialisation.

Pour les matériaux et produits manufacturés dont l'activité radiologique est supérieure au seuil de commercialisation, le groupe de travail recommande :

- ✓ qu'ils soient décontaminés et que si à l'issue de la décontamination leur activité radiologique est inférieure au seuil de commercialisation, ils puissent être utilisés et/ou commercialisés<sup>8</sup> ;
- ✓ que certains puissent être utilisés localement si l'impact radiologique associé est acceptable pour les travailleurs, la population et l'environnement (exemple : sables ou matériaux utilisables en sous-couche routière, ...) ;
- ✓ qu'en dernier recours ils soient traités/éliminés dans les filières mises en place pour la gestion des déchets contaminés.

La mise en place d'actions de décontamination pourra dépendre par exemple d'enjeux de radioprotection et d'enjeux économiques. Les déchets induits par ces actions de décontamination devront être gérés comme des déchets contaminés et pourront être éliminés vers des installations de déchets radioactifs existantes.

Le groupe de travail estime que les matériaux et produits manufacturés situés dans la ZPP au moment de l'accident et qui étaient protégés du panache radioactif seront a priori utilisables/commercialisables. Néanmoins quelques contrôles radiologiques devront être réalisés pour le confirmer. S'il s'avère à l'issue de ces contrôles que la protection vis-à-vis du panache n'a pas été suffisante et que l'activité radiologique mesurée est supérieure au seuil de commercialisation, la démarche décrite précédemment devra être mise en œuvre.

Dans le cas d'un scénario d'accident sur une centrale nucléaire (non applicable pour un scénario Pu), il pourra être tiré profit de la décroissance des radionucléides en jeu et attendre ainsi une réduction de la contamination par le maintien sur place des produits et matériaux avant leur éventuelle commercialisation si les niveaux d'activité atteints après quelques mois le permettent.

L'utilisation du bois de chauffage qui n'était pas protégé du panache radioactif devra être suspendue provisoirement en attendant que des évaluations soient menées pour estimer l'impact radiologique de leur utilisation. Ces évaluations pourraient être réalisées en amont de l'accident par des experts par exemple de l'IRSN qui ont déjà réalisé des évaluations de ce type [11]. En fonction de la saison à laquelle a lieu l'accident, il pourrait être nécessaire d'approvisionner en bois non contaminé la population qui utilise du bois pour se chauffer.

---

<sup>8</sup> La décontamination peut également permettre de modifier la catégorie du déchet (par exemple passage de déchet faiblement radioactif à très faiblement radioactif).

Par ailleurs, le groupe de travail recommande d'installer des portiques de détection de la radioactivité en sortie de la ZPP afin de contrôler les matériaux et produits manufacturés qui sortiront de la ZPP et de s'assurer que leur sortie de la ZPP est bien autorisée et tracée.

#### **4.3.2. Gestion des matériaux et des produits manufacturés dans la ZST**

En fonction des seuils de commercialisation retenus, une partie des matériaux et produits manufacturés situés dans la ZST au moment de l'accident et non protégés du panache radioactif pourrait ne pas être commercialisable [10]. Le groupe de travail recommande que dans un premier temps, l'utilisation et/ou la commercialisation de ces matériaux et produits manufacturés soit suspendue pour laisser le temps de vérifier par la mesure que leur niveau de contamination est bien inférieur au seuil de commercialisation. Ce délai d'attente avant de pouvoir utiliser et/ou commercialiser les matériaux et produits permettrait par ailleurs de tirer profit de la décroissance des radionucléides à vie courte qui se sont déposés sur les matériaux et produits. En fonction des moyens de mesure disponibles et du nombre de mesures à réaliser, les mesures d'activité radiologique pourraient être réalisées par sondage.

Pour les matériaux et produits manufacturés dont l'activité radiologique est supérieure au seuil de commercialisation, le groupe de travail recommande :

- ✓ qu'ils soient décontaminés et que si à l'issue de la décontamination leur activité radiologique est inférieure au seuil de commercialisation, ils puissent être utilisés et/ou commercialisés<sup>9</sup> ;
- ✓ que certains puissent être utilisés localement si l'impact radiologique associé est acceptable pour les travailleurs, la population et l'environnement (exemple : sables ou matériaux utilisables en sous-couche routière, ...) ;
- ✓ qu'en dernier recours ils soient traités/éliminés dans des installations de gestion des déchets non radioactifs existantes. En effet, l'activité moyenne de ces matériaux et produits sera faible et leur gestion dans une installation de traitement ou d'élimination de déchets non radioactifs existante sera donc possible.

Le groupe de travail estime que les matériaux et produits manufacturés situés dans la ZST au moment de l'accident et qui étaient protégés du panache radioactif seront a priori utilisables/commercialisables. Néanmoins quelques contrôles radiologiques devront être réalisés pour le confirmer. S'il s'avère à l'issue de ces contrôles que la protection vis-à-vis du panache n'a pas été suffisante et que l'activité radiologique mesurée est supérieure au seuil de commercialisation, la démarche décrite précédemment devra être mise en œuvre.

#### **4.3.3. Gestion des matériaux et des produits manufacturés au delà de la ZST**

Au delà de la ZST, les matériaux et produits manufacturés sont a priori tous utilisables et/ou commercialisables car leur activité est inférieure aux seuils de commercialisation. Néanmoins, quelques contrôles radiologiques par sondage devront être réalisés afin de le vérifier et de démontrer la pertinence des dispositions prises.

---

<sup>9</sup> La décontamination peut également permettre de modifier la catégorie du déchet (par exemple passage de déchet faiblement radioactif à très faiblement radioactif).

## 4.4. Contrôle de l'activité radiologique des déchets

### 4.4.1. Radionucléides mis en jeu

#### Scénario d'accident de gravité moyenne sur des réacteurs

Au-delà de 1 mois, les principaux radionucléides qui contribuent à l'activité déposée sont le césium 134 ( $^{134}\text{Cs}$ , période radioactive de 2 ans) et le césium 137 ( $^{137}\text{Cs}$ , période radioactive de 30 ans). Ces radionucléides sont des émetteurs gamma détectables et quantifiables in situ avec des appareils de mesure classiques. L'activité en iode 131 ( $^{131}\text{I}$ ) décroît rapidement du fait de la période radioactive de  $^{131}\text{I}$  (8 jours).

#### Scénario d'accident impliquant un rejet de plutonium dans l'environnement

La contamination surfacique des sols à la fin des rejets est due à 90% au plutonium 241 ( $^{241}\text{Pu}$ , période radioactive de 14,4 ans, émetteur bêta de faible énergie). Cette forte contribution du plutonium 241 est liée au spectre de rejet retenu dans ce scénario d'accident. Cette contamination varie peu dans le temps si l'on considère uniquement la décroissance due à la décroissance radioactive du  $^{241}\text{Pu}$ . Le descendant du  $^{241}\text{Pu}$  est l'américium 241 ( $^{241}\text{Am}$ ) qui est radioactif et dont la période radioactive est de 432,2 ans. La décroissance du  $^{241}\text{Pu}$  conduit à l'apparition d' $^{241}\text{Am}$ , radionucléide de période nettement plus élevée que celle du radionucléide « père », le  $^{241}\text{Pu}$ . La présence d' $^{241}\text{Am}$  peut être détectée relativement aisément par des mesures réalisées sur le terrain car les émissions alpha de  $^{241}\text{Am}$  s'accompagnent d'émissions gamma. L'ordre de grandeur de la contamination pourra donc être estimé par des mesures de terrain.

En revanche, si le plutonium est le seul radionucléide présent dans les dépôts, sa détection et sa quantification ne pourront être réalisées qu'en différé, en laboratoire, à partir de prélèvements ou de frottis. Dans ce dernier cas, la détermination des niveaux de contamination devrait dans un premier temps fortement s'appuyer sur les résultats de la modélisation des dépôts.

### 4.4.2. Mesure de l'activité radiologique des déchets

Le choix a été fait de proposer une gestion des déchets en fonction de leur provenance (et donc de leur activité radiologique estimée par calcul) et non de leur activité radiologique mesurée.

Il sera donc nécessaire de mettre en place des moyens de mesure pour vérifier que les déchets pris en charge dans les installations de traitement ou d'élimination existantes ne sont pas contaminés.

Des portiques de détection de la radioactivité sont déjà présents sur un certain nombre d'installations de traitement ou d'élimination de déchets non radioactifs existantes comme les usines d'incinération d'ordures ménagères. Les déchetteries n'en possèdent toutefois pas.

Des portiques de détection de la radioactivité devront être installés à l'entrée des installations de gestion existantes qui n'en sont pas équipées mais qui auront été choisies pour éliminer les déchets non contaminés issus de la ZPP et de la ZST. Ces portiques permettront de détecter la présence éventuelle de déchets contaminés dans les flux de déchets (par exemple, en cas de non respect par les habitants de la collecte sélective des déchets verts) et donc de limiter l'entrée de déchets contaminés dans des installations non destinées à les recevoir. L'absence de déclenchement permettra de vérifier l'absence de risque radiologique.

La gestion des déclenchements de portiques devra se faire sur la base de procédures établies en amont d'un accident nucléaire. Ces procédures très opérationnelles devront notamment mentionner l'installation vers laquelle orienter les déchets qui ont fait déclencher le portique.

Elles pourront s'inspirer des procédures actuellement mises en place dans les installations équipées de portiques de détection de la radioactivité.

En cas d'accident impliquant un rejet de plutonium dans l'environnement, la présence des radionucléides ne pourra pas être détectée par les portiques (présence d'émetteurs bêta et gamma de faible énergie). Il ne sera donc pas possible de détecter la présence éventuelle de déchets contaminés dans les flux de déchets entrant dans les installations. Le strict respect des conditions d'orientation des déchets sera alors déterminant pour assurer l'absence de dissémination de contamination. Les modes de gestion proposés ne sont toutefois pas modifiés par rapport au scénario précédent. Des mesures sur des prélèvements réalisés par sondage pourront permettre de vérifier la pertinence des mesures d'orientation des déchets mises en œuvre.

Des moyens de mesure portatifs de l'activité radiologique des déchets devront être présents dans les installations d'entreposage dédiées afin de pouvoir déterminer et tracer le niveau de contamination des déchets ainsi que d'effectuer un tri en fonction de leur niveau de contamination. Par exemple, des sondes gamma permettront de mesurer les débits de dose des déchets (émetteurs gamma) et d'en déduire facilement l'activité des différents radionucléides (les radionucléides en présence étant connus). Les mesures devront tenir compte du bruit de fond qui sera supérieur au bruit de fond naturel du fait de la localisation des installations d'entreposage.

Pour les mesures ponctuelles sur les boues des stations d'épuration, il est proposé de réaliser des mesures de débits de dose sur les boues. En cas d'accident conduisant à la contamination par des émetteurs alphas purs, la réalisation de spectrométries alpha en laboratoire sera nécessaire.

Le guide de bonnes pratiques des laboratoires de mesure de radioactivité en situation post-accidentelle rédigé par le GT 3 du CODIRPA devra être appliqué le cas échéant à la mesure de l'activité radiologique des déchets.

#### **4.5. Le transport des déchets**

Quelle que soit la solution de gestion retenue pour un déchet, son acheminement vers l'installation réceptrice nécessite d'organiser son transport.

Les déchets non contaminés qui seront éliminés dans les installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs devront être transportés par les sociétés habituellement chargées du transport des déchets vers ce type d'installations (prestataires ou services municipaux).

Au vu de leur faible niveau de contamination, la majorité des déchets contaminés (notamment issus des productions agricoles) ne nécessitera pas l'intervention de personnels spécialisés. Néanmoins, en fonction de leur niveau de contamination, le transport de certains déchets contaminés pourra être assuré par les transporteurs habituellement chargés du transport des matières radioactives. A partir de 2010, les transporteurs de matières radioactives seront soumis à déclaration. Une liste des transporteurs de matières radioactives pourra donc être établie. L'activité radiologique des déchets devra être contrôlée en amont du transport. La nature du déchet ainsi que son activité radiologique devront être tracées afin que les déchets puissent être correctement orientés sur l'aire d'entreposage.

Des mesures devront être envisagées pour permettre le recours à des moyens de transport existants ainsi que de conditionnement des déchets (en fonction de leur nature et de leur activité radiologique). Des conteneurs vides (1 000 à 2 000) sont entreposés en permanence chez les

exploitants d'installations nucléaires et chez les transporteurs. Par ailleurs, des conteneurs pourraient être rendus disponibles par l'arrêt provisoire de certains chantiers, de démantèlement par exemple, en cas de nécessité.

D'autres types de conditionnement peuvent être utilisés pour les déchets contaminés, comme les big bags. L'approvisionnement en big bags peut se faire rapidement (quelques jours).

A noter, qu'une dérogation à la réglementation transport est possible sur demande auprès de la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (chapitre 1.5 de l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route dit « ADR ») à condition que la sécurité n'en soit pas compromise.

#### **4.6. Actions d'information auprès de la population et des professionnels**

Plusieurs actions d'information devront être menées, par exemple :

- ✓ auprès des populations vivant ou travaillant dans la ZPP visant à leur présenter la démarche de gestion des déchets en phase post-accidentelle et à émettre des recommandations pour optimiser le tri des déchets dans la ZPP ;
- ✓ auprès de la population vivant à proximité d'installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs situées en dehors de la ZPP mais traitant des déchets non contaminés issus de la ZPP, afin de l'informer des solutions de gestion retenues et de leur impact ;
- ✓ auprès des intervenants chargés du traitement ou de l'élimination des déchets issus de la ZPP sur les risques encourus, sur la base d'estimations de doses à leur poste de travail ;
- ✓ auprès des opérateurs économiques, quel que soit leur secteur d'activité, dont les matériaux/produits manufacturés sont susceptibles d'avoir un niveau de contamination supérieur au seuil de commercialisation (cf. § 4.3) ;
- ✓ auprès des exploitants des installations de traitement/élimination de déchets non radioactifs qui seront susceptibles de prendre en charge des déchets non contaminés issus de la ZPP ;
- ✓ auprès des exploitants agricoles, pour les accompagner dans la mise en œuvre des solutions de gestion des denrées agricoles non commercialisables.

Plus spécifiquement, les actions à destination des populations vivant ou travaillant dans la ZPP porteront sur la nécessité de respecter certaines consignes, par exemple :

- ✓ respect de la collecte sélective des déchets verts ;
- ✓ respect des conditions de collecte des encombrants.

Le groupe de travail signale qu'un nombre important de recommandations fait appel au civisme de la population et que la mise en place de ces recommandations nécessitera de renforcer les actions d'information auprès de la population sur les actions préconisées afin que ces dernières soient comprises et adoptées.

#### **4.7. Déclinaison au niveau local des principes génériques**

Un certain nombre de recommandations présentées dans ce rapport nécessite une déclinaison locale afin que les actions préconisées puissent être opérationnelles en situation post-accidentelle. Certaines actions à décliner au niveau local ont été identifiées dans le § 8.2.

A titre d'exemple, la gestion des déchets post-accidentels nécessite l'utilisation d'installations existantes et l'identification d'aires d'entreposage, actions liées fortement au contexte local et qui ne peuvent être réalisées que par les acteurs locaux.

## **5. Caractérisation des déchets**

Les déchets sont caractérisés par leur nature, les radionucléides qu'ils contiennent ainsi que leur niveau d'activité. Les caractéristiques des déchets, le délai dans lequel ces déchets seront produits ainsi que les volumes produits détermineront les solutions de gestion qui pourront être mises en place.

### **5.1. Nature des déchets**

La nature des déchets à gérer est extrêmement variée. Elle couvre l'ensemble de la palette pouvant être produite et peut être classée dans six grandes catégories :

- ✓ les eaux de pluies et les eaux de lavage ;
- ✓ les eaux usées ;
- ✓ les déchets végétaux solides peu putrescibles (branches, graines, pailles, ...) ;
- ✓ les déchets solides « non-organiques » (terres, asphalte, dalles, toiture, filtres des systèmes d'aération, objets métalliques, objets en plastique, ...) ;
- ✓ les déchets liquides organiques putrescibles (lait) ;
- ✓ les déchets solides putrescibles (légumes, herbes, animaux, déchets domestiques, ...).

### **5.2. Volume et activité radiologique des déchets produits**

Il existe une grande incertitude sur les volumes de déchets qui seraient générés en situation post-accidentelle.

En effet, ces volumes vont dépendre :

- ✓ de la gravité et du type d'accident ;
- ✓ de la date d'occurrence de l'accident ;
- ✓ des spécificités locales (densité de population, nombre et type d'industries, nombre d'exploitations agricoles, ...) ;
- ✓ des décisions qui seront prises par les pouvoirs publics (maintien des productions agricoles non commercialisables sur pied ou récolte, périmètre et nature des actions de nettoyage, déboisement ou non, décapage des terres à grande échelle ou non, ...) ;
- ✓ de la réaction de la population (devenir des produits qui étaient à l'extérieur au moment de l'accident).

Il existe également, dans une moindre mesure, une incertitude sur l'activité radiologique des déchets qui seront produits. Cette incertitude peut notamment provenir des écarts qui existent entre les activités radiologiques estimées par modélisation et les activités radiologiques mesurées sur le terrain.

Des volumes génériques de déchets peuvent toutefois être estimés (quantité de céréales par hectare en fonction de la saison, quantité de terre décapée par hectare, etc.).

Ces estimations peuvent être utiles au niveau local pour dimensionner les capacités totales des aires d'entreposage à identifier en amont de l'accident.

Ces valeurs peuvent également être utiles au stade de la prise de décision pour les confronter aux capacités des installations de gestion des déchets en service et vérifier que pour les actions que l'on souhaite mettre en œuvre, ces installations permettront effectivement de gérer l'ensemble des déchets produits.

Des estimations des volumes de déchets d'origine agricole et d'effluents provenant du nettoyage du milieu urbain ont été réalisées sur la base du scénario d'accident de gravité moyenne sur un réacteur le plus pénalisant (scénario RTGV – rupture de tube de générateur de vapeur - à la centrale de Belleville - environnement rural -).

La gestion des déchets qui seront produits dans l'installation accidentée, qu'ils soient générés dans le cadre du fonctionnement normal du reste de l'installation ou qu'ils soient générés du fait de l'accident, n'a pas été étudiée par le groupe de travail. En effet, ces déchets seront éliminés dans les filières nucléaires ad hoc.

### **5.2.1. Déchets produits spécifiquement en phase post-accidentelle, issus des actions de protection de la population**

#### **5.2.1.1. Déchets agricoles**

Les déchets agricoles produits correspondent aux produits agricoles dont la commercialisation sera interdite du fait de leur niveau de contamination mais également aux produits agricoles considérés comme non contaminés mais qui n'auront pu être valorisés. Qu'ils soient considérés comme contaminés ou pas, en fonction de la zone dans laquelle ils sont produits (cf. § 4.2), ces déchets ne sont pas habituellement produits et des solutions de gestion devront être mises en place pour leur traitement et/ou leur élimination.

Les estimations de volumes de déchets présentées dans ce paragraphe et réalisées par l'IRSN [12] sont basées sur un accident ayant lieu à une période où les productions sont à maturité, ce qui maximalise les quantités de déchets produites. Les quantités de déchets d'origine agricole ont été estimées sur la base des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA) : les denrées agricoles qui ont été considérées comme des déchets sont celles dont la concentration en radionucléides dépasse les NMA. Les NMA utilisés sont issus du règlement EURATOM n° 2218/89 et correspondent à des niveaux de commercialisation des denrées alimentaires.

Ces estimations sont uniquement présentées à titre d'illustration, pour fixer des ordres de grandeur. En effet, elles ne sont basées que sur un exemple de scénario et n'ont pas de caractère générique. Par ailleurs, une partie de ces déchets sera produite dans la ZST et ne sera pas nécessairement gérée comme des déchets contaminés.

Appliqué au cas du scénario « RTGV » et au cas du « scénario Pu », ce principe conduit à refuser la commercialisation des denrées produites pendant des durées plus ou moins longues (de quelques jours à quelques mois) en fonction de la distance au point de rejet (pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres) et selon la nature de la denrée (cf. Annexe 4) [13], [14].

Les distances maximales d'atteinte des NMA sont globalement plus élevées pour le scénario RTGV que pour le « scénario Pu ». En effet, elles atteignent au maximum 35 km pendant 3 jours pour les légumes feuilles et pendant 10 jours pour le lait de vache dans le cas du scénario RTGV alors qu'elles n'atteignent au maximum « que » 18 km pendant 15 jours pour les légumes feuilles dans le cas du « scénario Pu ».

Néanmoins, la principale différence entre le scénario RTGV et le « scénario Pu » concerne les produits d'origine animale dont l'activité reste inférieure aux NMA dans le cas d'un scénario Pu, quelle que soit la distance au point de rejet. Les déchets d'origine animale générés dans le cas du « scénario Pu » ne le seraient que du fait de la mise en place d'une zone de protection des populations qui concernerait également les produits d'origine animale. En effet, les interdictions de commercialisation dans la ZPP sont appliquées à l'ensemble des denrées produites dans la ZPP, même si l'activité radiologique d'une partie des denrées est inférieure aux NMA.

Enfin, pour les deux types de scénarios, l'activité radiologique des céréales issues de la deuxième récolte après l'accident reste systématiquement inférieure aux NMA quelle que soit la distance au point de rejet.

A partir de ces données d'interdiction de commercialisation et des caractéristiques de l'agriculture de la zone touchée, le Tableau 1 présente une estimation grossière des volumes de déchets correspondant pour le scénario RTGV. Ces valeurs doivent être considérées avec prudence. En effet, des denrées dont la contamination sera inférieure aux NMA, seront néanmoins des produits dans lesquels la présence de radionucléides artificiels sera détectable et dont la commercialisation sera soumise à une acceptation des distributeurs et de la population. Dans ces conditions les quantités de déchets à gérer pourraient être largement supérieures en cas de refus de ces produits. Compte tenu du niveau de contamination de ces produits, leur élimination devra se faire vers une filière de gestion des déchets non contaminés.

**Tableau 1 : estimation des volumes de déchets agricoles en fonction de la distance au point de rejet, scénario RTGV [12]**

	Distance du point de rejet	1 km	2 km	5 km	10 km	30 km
<b>Déchets peu putrescibles (céréales: graines, pailles)</b>	tonnes	600	1400	11 000	34 000	
	Bq.g <sup>-1</sup>	10 <sup>2</sup>	7.10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>	3	
	= ∑ t	<b>600</b>	<b>2000</b>	<b>13000</b>	<b>47 000</b>	
<b>Déchets putrescibles (légumes feuilles, herbes...)</b>	t	170	400	3200	11 000	
	Bq.g <sup>-1</sup>	5,4.10 <sup>2</sup>	1,7.10 <sup>2</sup>	3,3.10 <sup>1</sup>	8	
	= ∑ t	<b>170</b>	<b>600</b>	<b>3800</b>	<b>15 000</b>	
<b>Décapage des terres sur 10 cm</b>	m <sup>3</sup>	61 000	144 000	1,1.10 <sup>6</sup>	3,6.10 <sup>6</sup>	
	Bq.g <sup>-1</sup>	14	4,5	0,9	0,2	
	= ∑ t	<b>61 000</b>	<b>205000</b>	<b>1,3.10<sup>6</sup></b>	<b>4,9.10<sup>6</sup></b>	
<b>Cheptel</b>	<b>nombre de vaches</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>360</b>	<b>600</b>	<b>6210</b>
<b>Volumes de lait &gt; NMA (aucune action)</b>	m <sup>3</sup>	288	288	864	720	2480
	= ∑ m <sup>3</sup>		<b>600</b>	<b>1440</b>	<b>2160</b>	<b>3200</b>
<b>Volumes de lait &gt; NMA (alimentation propre après 10 j)</b>	m <sup>3</sup>	48	48	144	220	2480
	= ∑ m <sup>3</sup>		<b>100</b>	<b>240</b>	<b>360</b>	<b>2840</b>

Selon la classification des déchets radioactifs utilisée en France (cf. Annexe 1), une grande partie de ces déchets (les produits agricoles au-delà de 2 km et toutes les terres) serait à classer dans la catégorie des déchets de très faible activité (concentration de quelques dizaines de Bq.g<sup>-1</sup>). Dans la zone des 2 km, quelques milliers de tonnes pourraient être orientées vers un stockage de déchets



de faible et moyenne activité (concentration de quelques centaines de Bq.g<sup>-1</sup>). La nature organique des productions végétales imposerait théoriquement une stabilisation, qui pourrait conduire à une augmentation de la concentration radioactive de ces produits.

Lors d'une seconde récolte, en dépit des transferts racinaires et de l'incorporation de radionucléides par l'organisme végétal à partir de la contamination résiduelle des sols, les productions végétales présenteront des concentrations très inférieures à celles identifiées pour les premières récoltes (au moins un facteur 100 pour les céréales).

#### **5.2.1.2. Déchets du jardin provenant des populations**

Ces déchets correspondent aux produits du jardin (fruits et légumes dont la commercialisation et la consommation sont interdites, branchages, herbe, ...). Il n'est pas possible de connaître les volumes de ces déchets qui dépendront fortement de la saison et de la localisation de l'accident (zone urbaine/zone rurale).

#### **5.2.1.3. Déchets provenant des activités industrielles ou commerciales**

Ces déchets peuvent être de nature très variée en fonction du secteur d'activité de l'industriel. Ils correspondent à des produits manufacturés non commercialisables mais également à des matières premières qui seraient jugées non utilisables car présentant des niveaux de contamination trop élevés. Il convient de souligner que les produits et matières visés ici sont principalement ceux qui n'auraient pas été protégés du panache radioactif et ne pourraient être décontaminés.

Il n'existe aucun inventaire précis des industries présentes dans les premières dizaines de kilomètres autour des CNPE considérés pour les scénarios RTGV. Les volumes de déchets n'ont donc pas pu être estimés.

### **5.2.2. Déchets produits spécifiquement en phase post-accidentelle, issus des actions de réduction de la contamination**

Les estimations des quantités de déchets issus des actions de réduction de la contamination de l'espace bâti présentées ci-après sont des ordres de grandeurs grossiers. Ces estimations retiennent comme hypothèse de travail la décontamination d'une agglomération d'environ 1 km<sup>2</sup> (correspond approximativement à une ville de la taille de Belleville) où le dépôt surfacique en césium est supérieur à 10<sup>6</sup> Bq.m<sup>-2</sup> [15], [12].

#### **5.2.2.1. Déchets issus des actions de nettoyage des bâtiments et de la voirie**

La décontamination de surfaces solides dans le milieu bâti (bâtiments et voirie) s'appuiera principalement sur 3 types de techniques : le nettoyage à la lance, le nettoyage haute pression, le nettoyage à la balayeuse.

Les résultats des estimations sont présentés dans le Tableau 2.

**Tableau 2 : estimation des volumes et des activités des effluents d'origine urbaine [12]**

	<b>Volumes</b>	<b>Efficacités<sup>10</sup></b>	<b>Activités</b>
<b>Ruissellement suite à un orage (10 mm):</b> première pluie sur les bâtiments, la voirie et les arbres	$10^7$ l	1 à qq %	<b>1 à qq.10<sup>3</sup> Bq.l<sup>-1</sup></b> (soit 1 à qq.10 <sup>10</sup> Bq au total)
<b>Nettoyage à la lance</b> incendie des bâtiments et de la voirie (15 l.m <sup>-2</sup> )	$1,8.10^6$ l	50% voirie 20% Bâtiments	<b>5 à 10.10<sup>3</sup> Bq.l<sup>-1</sup></b> (soit 0,9 à 1,8.10 <sup>10</sup> Bq au total)
<b>Nettoyage haute pression</b> des bâtiments et de la voirie (2,5 l.m <sup>-2</sup> )	$3.10^5$ l	50% voirie 30% Bâtiments	<b>&lt; 4 à 8.10<sup>4</sup> Bq.l<sup>-1</sup></b> (soit 1,2 à 2,4.10 <sup>10</sup> Bq au total)
<b>Nettoyage à la balayeuse</b> aspiratrice de la voirie (0,1 à 0,2 kg.m <sup>-2</sup> )		50%	

Dans les trois cas, l'activité de l'eau issue de la décontamination est de quelques milliers à quelques dizaines de milliers de Bq.l<sup>-1</sup> pour un volume de quelques centaines à quelques milliers de m<sup>3</sup>.

Il n'existe pas à ce jour de solution identifiée et opérationnelle pour récupérer la totalité des eaux de lavage et les traiter. La solution la plus rationnelle, consistant à la dispersion dans un cours d'eau, conduirait à un apport de radioactivité qui restera en tout état de cause inférieur à celui généré par le ruissellement naturel provoqué par des eaux de pluie. En effet, les eaux de pluie entraînent un lessivage des poussières du milieu urbain, mais surtout de terrains meubles dans et hors du milieu urbain. Néanmoins, les matières en suspension contaminées entraînées par les eaux de lavage, voire les eaux de pluie, peuvent sédimenter dans des bassins de décantation ou des fossés. Les quantités de matières apportées ne devraient pas dépasser les quelques centaines de kilogrammes et les contraintes mécaniques de curage de ces zones devraient conduire à une production de quelques dizaines de tonnes de boues. Etant donné que ces curages n'apparaissent pas comme des actions urgentes à mener, la production de déchets associée ne devrait pas intervenir avant les premiers mois suivant l'accident.

En cas de scénario d'accident conduisant à un dépôt de plutonium dans l'environnement, les actions préconisées par le GT1 du CODIRPA sont une fixation des radionucléides par aspersion puis éventuellement la découpe des supports (toitures, volets, fenêtres, ...) qui devront être ensuite gérés comme des déchets contaminés. Ce ne seraient donc pas les mêmes types de déchets qui seraient générés.

#### **5.2.2.2. Déchets issus des actions d'élagage et d'arrachage de plantes**

Les quantités de déchets produits lors des opérations d'élagage et d'arrachage de plantes dépendent fortement de la nature et de la taille de la végétation considérée (arbres, buissons ou plantes) ainsi que de la période à laquelle l'accident intervient. En période végétative (feuillaison), l'IRSN a estimé [15] que, très grossièrement, un élagage « feuillage » ou un arrachage de buissons ou de plantes, conduirait à produire environ quelques centaines de kilogrammes pour 100 m<sup>2</sup> de milieu urbain. Pour une zone urbaine d'environ 1 km<sup>2</sup>, les quantités de déchets issues de la mise en œuvre de telles actions de réduction de la contamination pourraient donc atteindre quelques milliers de tonnes de déchets organiques. Ces actions ne pourront pas être mises en œuvre dans les premiers jours, par contre elles peuvent se concevoir dès les premières semaines, ce qui

<sup>10</sup> Ces efficacités ne sont valables que lorsque ces techniques sont mises en œuvre après un dépôt sec.

implique d'anticiper la gestion des quantités de déchets qui pourraient être générés. Ces actions sont à coupler à des interdictions temporaires d'accès aux lieux publics concernés (bois, jardins publics, etc.), permettant ainsi de différer l'élagage et l'abattage tout en limitant l'exposition du public.

La mise en œuvre d'actions limitées au ramassage des feuilles et au balayage, qui conduira à la même nature de déchets, sera à l'origine de quantités de déchets significativement inférieures.

#### **5.2.2.3. Déchets issus des actions de décapage des terrains meubles**

Les actions de décapage de terrains meubles peuvent s'envisager sur des zones sensibles et d'usage fréquent, en particulier les stades, les jardins publics, voire quelques jardins privatifs. Le processus décisionnel associé à la mise en œuvre de ces actions de réduction de la contamination est présenté dans le rapport du GT1 du CODIRPA. Les quantités de déchets produites lors de telles actions sont estimées à environ 1 500 tonnes par hectare [15]. Si on estime que ces surfaces correspondent à quelques hectares pour un milieu urbain de l'ordre de 1 km<sup>2</sup>, les quantités générées seraient de l'ordre de quelques milliers de tonnes de déchets solides de type « terre » mélangée éventuellement à de la matière organique (herbe). Ces actions pourraient être mises en œuvre de manière relativement rapide (premières semaines), au moins sur les zones les plus sensibles (jardins d'enfants par exemple) afin de permettre un retour rapide à un mode de vie normal [15].

#### **5.2.2.4. Déchets issus d'actions consistant à des retraits de supports bâtis ou assimilés**

Les principales actions envisageables, consistant à des décapages de routes ou à l'enlèvement de tuiles, conduiraient à des déchets de type « gravats ». Une quantité importante de déchets de cette nature paraît peu probable du fait de la lourdeur de la mise en œuvre de ces actions de réduction de la contamination à grande échelle. Une situation radiologique nécessitant de telles actions de réduction de la contamination imposerait au préalable un déplacement des populations. Dans la mesure où ces actions ne peuvent être envisagées que sur une période longue (certainement plusieurs années), il est fort probable que la zone concernée délimiterait alors une zone d'exclusion. De ce fait, il ne semble pas y avoir d'urgence à anticiper la gestion de quantités importantes de déchets issus de telles actions.

Si quelques actions ponctuelles de réduction de la contamination de cette nature sont conduites, elles imposeront au préalable une phase de réflexion, associant techniciens, parties prenantes et décideurs, afin de déterminer les avantages et inconvénients de leur mise en œuvre. Le délai de cette mise en œuvre sera de l'ordre de plusieurs mois au minimum. Les déchets produits (gravats, tuiles, etc.) ne nécessiteront aucun traitement de stabilisation et une réduction significative de la contamination ou du volume de ces déchets n'est a priori pas envisageable.

A titre indicatif, l'enlèvement de tuiles conduit à environ 50 kg/m<sup>2</sup> de déchets. Pour une surface de toiture de l'ordre de 50 000 m<sup>2</sup>, qui correspondant grossièrement à l'urbanisation de Belleville, la quantité de déchets serait de l'ordre de quelques milliers de tonnes [15].

#### **5.2.2.5. Déchets issus d'actions de ménage à l'intérieur des bâtiments**

Ces déchets sont produits par les actions de nettoyage entreprises par les particuliers, les industriels, les collectivités, ... à l'intérieur de bâtiments (sacs aspirateurs, lingettes, eaux de lavage, ...). Les volumes et l'activité de ces déchets sont difficilement quantifiables. Néanmoins, on peut raisonnablement penser que leur volume serait limité et que leur activité radiologique serait faible. En effet, l'intérieur des bâtiments est protégé des dépôts issus du panache radioactif même si les bâtiments ne constituent pas une enveloppe totalement étanche.

#### **5.2.3. Déchets d'intervention**

Les déchets d'intervention correspondent aux équipements utilisés pour réaliser les actions de réduction de la contamination (engins agricoles, véhicules de transports, masques, gants, balayeuses, lances incendie, ...). Schématiquement, deux configurations peuvent être retenues :

- ✓ il n'y a pas d'éloignement de la population ou un retour des populations éloignées est possible rapidement. Ces situations correspondent implicitement à un dépôt suffisamment faible pour qu'il soit acceptable sur le plan radiologique. Les équipements d'intervention et les véhicules ayant servi aux actions de réduction de la contamination n'ont pas à être mis aux déchets. Une simple décontamination, notamment par lavage devrait être suffisante ;
- ✓ la population est évacuée pour une période prolongée. Il est alors fort probable qu'une zone d'exclusion soit établie avec des contrôles d'accès. Dans ce cas, les véhicules à l'intérieur de cette zone ne pourront en sortir qu'après décontamination et contrôle. Si les actions de décontamination ne sont pas suffisamment efficaces, il pourra alors être utile de préciser les actions à mener pour permettre l'élimination de ces véhicules dans une filière de gestion des déchets contaminés (démontage ou non à envisager en fonction de l'impact sur la dosimétrie des personnels amenés à effectuer ces opérations versus nécessité de ces opérations pour l'élimination). En tout état de cause, il n'apparaît pas d'urgence à disposer d'une filière d'élimination pour ce type d'équipement. Par conséquent, il sera nécessaire de prévoir un parking de regroupement pour ces véhicules, en attente de leur élimination.

#### **5.2.4. Déchets « courants »**

Des données nationales existent et fournissent des volumes moyens produits annuellement par la population. Néanmoins, les volumes de déchets « courants » produits localement sont spécifiques d'une zone donnée. Dans le cadre de la déclinaison locale des recommandations de ce rapport, des estimations sur les volumes de ces déchets pourront être réalisées.

##### **5.2.4.1. Déchets issus de la population**

Ces déchets sont de nature très variée : Ordures Ménagères (OM), Déchets Recyclables Ménagers (DRM : verre, papiers-cartons, journaux-magazines, plastiques, acier, aluminium), Déchets Dangereux des Ménages (DDM : huiles moteurs, piles et batteries, solvants, peintures, détergents, pesticides, médicaments), déchets verts du jardin, fraction fermentescible des OM (FFOM), gravats, encombrants dont les Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE), Véhicules Hors d'Usage (VHU), pneumatiques.

Des données nationales sur la production de déchets sont publiées tous les ans par l'Ademe [16]. Ces données sont fournies pour les ménages et par secteur d'activité ainsi qu'en fonction du type

de déchet (dangereux, non dangereux, vert ou encombrant). Des moyennes par habitant de déchets collectés sont fournis dans [17]. Ainsi, pour l'année 2005, une moyenne de 327 kg/habitant d'ordures ménagères résiduelles<sup>11</sup>, 28 kg/habitant de verre, 41 kg/habitant de matériaux secs<sup>12</sup>, 16 kg/habitant de biodéchets ou déchets verts, 14 kg/habitant d'encombrants, 151 kg/habitant de déchets provenant de déchèteries<sup>13</sup> ont été collectés.

Il apparaît néanmoins difficile d'estimer de façon précise les volumes de déchets qui seraient produits dans la zone impactée par l'accident. Ce volume va dépendre du lieu de l'accident (zone urbaine, zone rurale) ainsi que de la réaction de la population les jours qui suivent l'accident (élimination massive d'objets qui étaient présents à l'extérieur au moment de l'accident, élagage d'arbre, tonte, décapage de terre dans les jardins, ...). Cette élimination massive n'est pas justifiée au regard des scénarios d'accident considérés jusqu'à présent par le CODIRPA mais elle se produira probablement quand même parce que la population souhaitera se débarrasser d'objets perçus comme potentiellement dangereux.

Par ailleurs, parmi le volume de déchets générés, seule une fraction sera contaminée et nécessitera une gestion dans des installations dédiées (cf. § 6). Cette fraction, même si l'on considère qu'elle concerne essentiellement les produits qui étaient à l'extérieur au moment de l'accident, est difficilement quantifiable.

#### **5.2.4.2. Déchets issus des collectivités**

Il s'agit principalement de déchets putrescibles (résidus de marchés, entretien des espaces publics, déchets des cantines, boues de stations d'épuration des eaux usées, ...). Le volume de ces déchets est estimé à 14 millions de tonnes en 2004 [16], ce qui fait une moyenne annuelle de 230 kg/habitant.

Pour les mêmes raisons que précédemment, la fraction de ces déchets qui sera contaminée est difficilement quantifiable mais devrait rester limitée.

#### **5.2.4.3. Déchets issus d'activités de soins**

Ces déchets ne seront *a priori* pas contaminés par des radionucléides du fait de l'accident.

#### **5.2.4.4. Déchets issus des industriels**

Ces déchets sont de nature très variée : gravats, déchets non dangereux (ou déchets industriels et commerciaux banals), déchets dangereux, boues, mâchefers des incinérateurs, résidus d'épuration des fumées (REFIOM).

Des données nationales sur la production de déchets par secteur d'activité sont publiées tous les ans par l'Ademe. Ces données sont fournies en fonction du type de déchet (dangereux, non dangereux). Le volume total de ces déchets est estimé à 433 millions de tonnes en 2004 [16] (déchets des entreprises et déchets du BTP), ce qui fait une moyenne annuelle de 7 t/habitant.

Par ailleurs, parmi le volume de déchets générés dans la zone concernée, seule une fraction sera contaminée (*a priori* déchets non protégés situés en extérieur au moment de l'accident) et nécessitera une gestion dans des installations dédiées (cf. §6).

---

<sup>11</sup> Part des ordures ménagères restant après collectes sélectives.

<sup>12</sup> Emballages, journaux, magazines, revues, plastiques.

<sup>13</sup> Ces déchets sont composés à 29% des déblais et gravats, 26% d'encombrants, 27% de déchets verts, et 14% des matériaux recyclables.

Il apparaît difficile d'estimer a priori les volumes de déchets qui seront produits dans la zone impactée par l'accident (volume total et volume contaminé) car ces volumes vont dépendre du niveau d'industrialisation de la zone et du type d'industries présentes.

#### **5.2.4.5. Déchets issus des exploitations agricoles**

Il s'agit des déchets stables habituellement produits sur les exploitations agricoles tels que des plastiques agricoles (bâches par exemple), des palettes, .... Le volume de ces déchets est estimé à 374 millions de tonnes en 2004 [16], ce qui fait une moyenne annuelle de 6 t/habitant. Ce volume est largement sur estimé dans la mesure où il prend également en compte les déchets issus de la sylviculture et où la majeure partie des déchets de l'agriculture et de la sylviculture (déjections animales) est valorisée au sein des exploitations productrices par retour au sol.

Leur volume est difficilement quantifiable car il va dépendre du nombre et du type d'installations agricoles présentes dans la zone impactée. Par ailleurs, suite à l'accident, le comportement des agriculteurs pourrait conduire à une augmentation du volume de ce type de déchets par exemple s'ils décidaient de renouveler l'ensemble de leurs palettes ou de leurs plastiques agricoles (non décontaminables).

En situation normale, les excréments ne sont pas considérés comme des déchets puisqu'ils sont valorisés par épandage. En situation post-accidentelle, ils n'auront pas non plus à être gérés comme des déchets puisque les excréments d'animaux contaminés seront très peu contaminés du fait des mécanismes de transfert des radionucléides dans l'organisme des animaux. Pour les animaux restant dans la ZPP, les excréments étant très peu contaminés, cela ne posera pas de problème de les épandre, le sol de la ZPP étant déjà lui-même faiblement contaminé.

Le groupe de travail n°2 du CODIRPA ne recommande pas de déplacer les cheptels. Néanmoins, s'il est décidé de déplacer les animaux contaminés hors de la ZPP, cela pourrait conduire à un transfert de radionucléides en dehors de la zone contaminée. Comme il ne paraît pas réaliste de collecter les excréments pour assurer leur gestion dans la ZPP, il est recommandé de confirmer que le niveau de contamination reste acceptable (le critère pourrait être, par cohérence avec les modalités définies pour la gestion des autres produits, que l'activité des excréments soit inférieure au seuil de libération) avant de préconiser le déplacement des animaux hors de la ZPP.

### **5.3. Délai de production des déchets**

Ces déchets d'origines et de natures diverses ne vont pas être tous produits en même temps après l'accident.

Dans quelques cas, la production de certains déchets pourra être différée dans le temps afin de permettre la mise en place préalable de la filière de gestion correspondante ou la réalisation de mesures. Par exemple, des actions de réduction de la contamination dans des lieux publics pourraient être reportées en maintenant ces lieux fermés à la population tant que les actions n'ont pas été réalisées (stades, jardins publics, ...).

La connaissance du délai dans lequel chaque type de déchets sera produit permet d'identifier l'évolution des besoins de solutions de gestion des déchets dans le temps. Le Tableau 3 présente pour chaque type de déchets une estimation de la phase pendant laquelle il sera produit. Il doit permettre, en recoupant avec le type de déchets acceptés dans chaque filière de gestion et du délai nécessaire à la mise en place de la filière de gestion de s'assurer que chaque type de déchet dispose bien d'une solution de gestion au moment où il est produit.

**Tableau 3 : production des déchets dans le temps**

	Origine du déchet	Nature	Quelques jours à quelques semaines	Quelques mois
<b>Déchets issus des actions de protection de la population</b>	Déchets agricoles - cultures	Putrescible ou peu putrescible	X	X (gestion possible sur l'exploitation)
	Déchets agricoles - cadavres animaux	Putrescible	X	
	Déchets agricoles - lait	Putrescible	X	
	Déchets du jardin	Putrescible	X	
	Déchets industriels	variée	X peut être retardée à quelques mois (gestion possible chez l'industriel)	X
<b>Déchets issus des actions de réduction de la contamination</b>	Actions d'élagage et enlèvement de plantes	Putrescible	X (dès les 1ères semaines)	
	Actions de décapage des terrains meubles	Terre + herbe	X (dès les 1ères semaines)	
	Actions consistant à des retraits de supports bâtis ou assimilés	Non putrescibles		X
	Déchets d'intervention (uniquement dans la zone d'exclusion) <sup>14</sup>	variée	X	
<b>Déchets courants</b>	Population	variée	X	X
	Collectivités	variée	X	X
	Industriels	variée	X	X
	Exploitations agricoles	variée	X	X

## 6. Solutions techniques de gestion des déchets

Le but de ce paragraphe est de présenter les solutions techniques de gestion des déchets.

D'une façon générale, le choix d'une solution de gestion pour un déchet donné devra se faire au regard de différents critères :

- ✓ social : acceptation du public et des acteurs de la mise en œuvre de la solution retenue ;
- ✓ technique : nature et niveau de contamination du déchet, équipements nécessaires à la mise en place de la solution de gestion, caractéristiques de l'installation, délai de mise en

<sup>14</sup> Les scénarios étudiés jusqu'à présent ne conduisent pas à la production de déchets d'intervention.

service de l'installation ou délai de mise en œuvre de la solution de gestion, contraintes logistiques<sup>15</sup>, gestion de sous-produits ou de déchets induits par le traitement, etc. ;

- ✓ environnemental/sanitaire : impact de la solution ou de l'installation sur l'environnement, sur la population et sur les intervenants ;
- ✓ financier : coût des équipements nécessaires, coûts de l'exploitation de l'installation, coût d'élimination des sous-produits, coût du démantèlement éventuel de l'installation, etc..

Le choix des solutions de gestion en fonction de la nature du déchet est justifié dans le paragraphe 7 suivant.

## **6.1. L'entreposage**

### **6.1.1. Les grands principes**

L'entreposage est avec l'épandage (cf. § 6.7) la première solution de gestion dédiée qui pourra être mise en place après l'accident du fait de sa facilité de mise en œuvre. Compte tenu du délai très court au bout duquel cette solution devra être opérationnelle (quelques jours), il sera nécessaire de déroger à la procédure habituelle d'autorisation pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Les aires d'entreposage devront être localisées au plus près des lieux de production des déchets, donc préférentiellement dans la ZPP ou à proximité de la ZPP afin de limiter le transport des déchets contaminés.

A noter que la décomposition des matières organiques présentes dans les déchets générera des effluents gazeux et liquides. Une gestion spécifique de ces effluents devra être mise en place en fonction de leur niveau de contamination si des déchets organiques devaient être entreposés. En tout état de cause, l'entreposage de déchets putrescibles ou peu putrescible n'est pas recommandé. Si ces déchets sont entreposés en vrac, cela peut en effet conduire à des risques d'effondrement du fait de la décomposition de la matière et à des risques d'incendie si le volume entreposé est trop gros. Pour ces déchets, d'autres solutions de gestion sont proposées (cf. § 7).

L'entreposage devra se faire sur des aires d'entreposage à identifier au niveau local dans la phase de préparation à la survenue d'un accident. Cette identification préalable est nécessaire afin que ces aires puissent être réquisitionnées et aménagées dans les meilleurs délais en situation post-accidentelle. Ces aires peuvent être soit des zones vierges de tout aménagement (par exemple, champs), soit des zones déjà partiellement aménagées (par exemple, parking de l'installation nucléaire, hangars, ...). Le délai minimal pour construire une installation d'entreposage est estimé à 3 mois pour une installation relativement simple (1 à 2 mètres d'argile recouverte de bentonite). Pour des installations d'entreposage qui seraient aménagées sur des parkings préexistants, l'aménagement pourrait être significativement plus rapide. L'Andra utilise pour certains de ses chantiers des hangars démontables. Ces hangars sont disponibles en une quinzaine de jours en location.

La nécessité de disposer d'aires d'entreposage dès les premiers jours qui suivent l'accident nucléaire doit être prise en compte au moment de leur identification. Ainsi, par exemple, les types

---

<sup>15</sup> Pour donner un ordre de grandeur, 2 000 rotations de camions sont nécessaires pour transporter 18 000 m<sup>3</sup> de déchets de faible et moyenne activité conditionnés.



d'aménagements à mettre en place doivent être identifiés (accès, type de revêtement, ...). Si ces aménagements sont trop importants, l'aire d'entreposage identifiée ne doit pas être retenue.

La capacité des aires d'entreposage identifiées doit également être évaluée. Cette capacité doit être suffisante pour faire face au volume de déchets potentiellement produits. Une zone spécifique devra être prévue sur l'aire d'entreposage pour pouvoir reconditionner les déchets si leur emballage venait à se dégrader au cours du temps.

Par ailleurs, des moyens de mesures radiologiques devront être disponibles sur les entreposages.

Compte tenu des volumes de déchets potentiellement en jeu, et en fonction des moyens disponibles, un conditionnement dans des conteneurs pourrait être réservé aux déchets les plus radioactifs, les autres déchets pouvant être entreposés dans des big-bags ou en vrac.

L'approvisionnement en moyens de conditionnement adaptés devra être lancé dès le début de la phase post accidentelle. A priori, une flotte variable de conteneurs ISO 20 pieds est disponible en permanence auprès de certains fournisseurs. Par ailleurs, de tels conteneurs peuvent être fabriqués dans un délai de quelques semaines.

Les modalités de conditionnement envisagées (en particulier recours aux big-bags) nécessitent que les déchets soient protégés des eaux de pluie afin de minimiser la quantité d'eau qui pourrait être souillée par ruissellement sur les déchets entreposés.

L'exploitation des aires d'entreposage devra permettre une séparation et une identification des déchets en fonction a minima de leur nature et de leur niveau d'activité (TFA et FMA) afin de pouvoir les orienter par la suite vers la filière adéquate. En effet, certains déchets présentant un risque mixte, chimique et radiologique par exemple, pourraient être orientés vers la filière qui réduit le risque prépondérant. Le groupe de travail propose que certains déchets dangereux très faiblement contaminés soient envoyés dans une installation d'élimination de déchets non radioactifs après vérification de l'absence d'impact radiologique de cette élimination.

Les déchets entreposés qui seront orientés vers un traitement par incinération ne devront si possible pas être conditionnés dans des fûts métalliques car ce type de conditionnement pose des problèmes au niveau de l'incinérateur. Si cette contrainte ne peut pas être respectée, les déchets contenus dans ces fûts devront être reconditionnés avant d'être incinérés.

Il sera également nécessaire d'assurer une traçabilité de tous les déchets entreposés.

Par ailleurs, des plans de surveillance de l'environnement autour des aires d'entreposage devront être définis.

Des moyens de lutte contre l'incendie devront également être disponibles sur les aires d'entreposage et le site devra être sécurisé (clôture, gardien, ...).

Des solutions de blocage de la fermentation doivent encore être étudiées pour confirmer la possibilité d'entreposer les déchets fermentescibles sans risque (par exemple ordures ménagères qui auraient fait déclencher un portique à l'entrée d'une usine d'incinération d'ordures ménagères et dont l'élimination dans cette usine d'incinération n'aurait pas été jugée acceptable en terme de radioprotection et d'impact radiologique, ce qui devrait être a priori très rare). Il a d'ores et déjà été identifié que des déchets ménagers sont parfois entreposés sur des sites de traitement sur plusieurs mois pour des questions de pics de production. Cet entreposage est limité réglementairement à 12 mois. Il existe peu de retour d'expérience sur le comportement de ces déchets au-delà de 12 mois. En préalable à l'entreposage, les déchets ménagers sont mis en balles filmées (plastique). Des déchets ménagers sont parfois stockés dans des décharges (classe 2) par empilement de balles parallélépipédiques (après avoir été compactés dans des presses et ligaturés) puis couverts ou bâchés. Au bout de 3 à 4 ans, ces « pyramides » sont apparemment intactes. On

ne connaît pas leur tenue en cas de manipulation : la faisabilité d'une reprise facile de ces balles n'est pas connue.

L'exposition radiologique des différents intervenants (de la collecte des déchets à l'entreposage) devra être estimée en amont de l'accident, au niveau national afin d'informer les intervenants et de définir les moyens de surveillance et les protections nécessaires à mettre en place et à fournir aux intervenants.

L'impact radiologique de l'aire d'entreposage sur l'environnement devra également être estimé afin de vérifier qu'il est négligeable.

Des réflexions ont été menées au sein du groupe de travail sur l'entreposage des déchets agricoles dans des silos existant et sur l'utilisation des parkings des CNPE comme aire d'entreposage. Ces réflexions sont présentées en Annexe 5 et en Annexe 6.

La possibilité que des terrains situés à proximité de l'INB soient achetés par l'exploitant de l'INB afin de pouvoir anticiper en cas d'accident a été évoquée au sein du groupe de travail. Ces préoccupations rejoignent la réflexion menée par l'administration sur la maîtrise de l'urbanisme et les contraintes afférentes à mettre en place autour des INB.

### **6.1.2. Les actions au niveau local**

Plusieurs grands principes concernant l'identification et la gestion de ces aires d'entreposage ont été définis au sein du groupe de travail. Néanmoins, un certain nombre de points ne peuvent pas être définis au niveau national mais nécessitent une déclinaison locale. Ainsi, au niveau local, des réflexions sont à mener en phase de planification afin de permettre la mise en service rapide des aires d'entreposage pour accueillir les déchets contaminés générés par un accident. Les actions à mener concernant l'entreposage sont présentées au paragraphe 8.2.1.

## **6.2. L'incinération**

L'objectif de l'incinération est de minéraliser les déchets et de réduire leur volume. L'incinération de déchets contenant de la radioactivité concentre la radioactivité dans les cendres et les mâchefers, imposant l'entreposage et/ou le stockage de ces derniers dans des installations dédiées. Les quantités de cendres et de mâchefers produites varient en fonction de la nature du déchet incinéré (teneur en cendre), de la technologie utilisée (four, traitement de gaz) et des réglementations en vigueur.

Trois stratégies sont possibles a priori pour la gestion des déchets post-accidentels contaminés par incinération :

- ✓ une unité d'incinération de déchets non radioactifs existante est utilisée ;
- ✓ l'incinérateur de déchets radioactifs existant Centraco est utilisé ;
- ✓ une unité d'incinération dédiée au traitement des déchets contaminés est construite.

Une incinération des déchets à l'air libre n'est pas envisageable car son processus ne peut pas être contrôlé et elle conduit à l'émission de produits de combustion incomplète dangereux (POP). Par ailleurs, elle aboutirait à une remise en suspension de cendres contaminées.

L'utilisation de fours de cimenterie pour incinérer des déchets contaminés au césium 137 n'est pas envisagée car les composés du césium se retrouvent principalement dans les résidus solides, ce qui conduirait à une contamination du ciment.

### 6.2.1. Les unités d'incinération existantes

Afin de réduire les délais nécessaires à la mise en œuvre d'une nouvelle unité, il avait d'abord été envisagé de traiter les déchets post-accidentels contaminés dans des unités d'incinération d'ordures ménagères existantes (cf. annexes 7 et 8 montrant la proximité entre INB et UIOM) ou de déchets dangereux non radioactifs.

Cette solution a été écartée pour les raisons suivantes :

- ✓ ces unités ne sont pas conçues pour traiter des déchets contaminés par des radionucléides et ne permettent donc pas d'assurer une protection des travailleurs et de l'environnement satisfaisante (par exemple, problème de confinement, traitement des gaz) ;
- ✓ la technologie des unités d'incinération existantes n'est pas adaptée pour les déchets post-accidentels qui ne sont pas de même nature que les déchets habituellement traités dans ces unités ;
- ✓ les unités sont dimensionnées pour traiter les déchets de leur territoire, d'où un problème de saturation de l'installation en cas de prise en charge de déchets post-accidentels ;
- ✓ l'acceptation du public pour une telle solution poserait des problèmes dans la mesure où il y aurait un transfert massif de déchets contaminés dans une zone qui n'aura peut-être pas été impactée par l'accident.

### 6.2.2. L'incinérateur de déchets radioactifs existant Centraco

L'installation d'incinération de déchets radioactifs existante dénommée Centraco (centre nucléaire de traitement et de conditionnement des déchets faiblement radioactifs) et exploitée par la société SOCODEI ne pourra pas être utilisée pour traiter l'ensemble des déchets post-accidentels contaminés incinérables. En effet, ses capacités sont limitées. Par ailleurs, du fait de sa localisation (Marcoule dans le Gard) et en fonction du lieu de l'accident, le traitement d'une quantité importante de déchets dans cette installation pourrait nécessiter le transport sur de grandes distances de quantités importantes de déchets. Ainsi, seul le traitement de petits volumes de déchets contaminés FA et TFA à vie courte (cf. Annexe 1) à Centraco semble envisageable.

Le tonnage annuel maximal autorisé de cette INB est de 3 500 tonnes de déchets solides et de 2 000 tonnes de déchets liquides. Par ailleurs, l'installation dispose de 3 cuves d'entreposage de déchets liquides de 1 000 m<sup>3</sup> chacune. Au moment de l'accident, ces 3 000 m<sup>3</sup> ne seraient pas forcément disponibles mais une partie du flux de traitement des déchets et des capacités d'entreposage pourrait être affectée à des déchets post-accidentels, par exemple ceux les plus contaminés.

Les déchets incinérés actuellement à Centraco sont :

- ✓ des déchets solides : cellulose (bois, chiffon, carton, papier, ...), plastique (PVC, polyéthylène, ...), résines, putrescibles, ... ;
- ✓ des déchets liquides : aqueux, solvants, concentrats, autres (huiles, ...).

Les déchets post-accidentels dirigés vers Centraco devront être conditionnés sur leur lieu de production ou dans l'installation d'entreposage de manière à répondre aux critères d'acceptation de Centraco.

SOCODEI peut assurer des prestations de collecte des déchets, de mise à disposition de conteneurs et de transport de colis finaux. SOCODEI dispose à cet effet d'une flotte de 140 conteneurs et de 14 citernes (10 pour les aqueux TFA, 2 pour les aqueux FA et 2 pour les huiles).

Les principaux critères d'acceptation sont les suivants :

- ✓ activité totale émetteurs bêta/gamma inférieure ou égale à 20 000 Bq/g ;
- ✓ activité totale émetteurs alpha inférieure ou égale à 370 Bq/g ;

- ✓ limitation sur halogénés, soufre, métaux lourds ;
- ✓ fûts de 90 à 200 litres, métalliques ou incinérables ;
- ✓ citernes diverses ;
- ✓ tout autre mode de conditionnement après étude.

SOCODEI dispose également d'une unité de fusion pour les déchets métalliques TFA et FA à vie courte. Cette unité peut traiter en moyenne 20 tonnes par jours de déchets métalliques. Cette unité pourrait également être utilisée pour certains déchets post-accidentels métalliques contaminés.

Dans l'installation Centraco, les cendres et les mâchefers issus de l'incinération, sont bloqués dans un liant hydraulique puis conditionnés en fûts métalliques blindés de 400 litres et expédiés en tant que déchets ultimes vers les centres de stockage de l'Andra. D'après les bilans établis par Centraco, l'activité en césium se retrouve majoritairement dans les cendres (90 %) et plus faiblement dans les mâchefers (10 %).

La possibilité de traiter les déchets incinérables issus du fonctionnement normal des INB comme avant la mise en service de Centraco, à savoir un pré-compactage en fûts métalliques 200 litres puis leur envoi à la presse du CSFMA existe toujours. Ce schéma permettrait de libérer pratiquement toute la capacité de l'incinérateur Centraco pour les déchets solides post-accidentels. La capacité de la presse du CSFMA est de 30 000 fûts par an.

### 6.2.3. Une unité d'incinération dédiée

La construction d'une unité d'incinération dédiée pour traiter une partie des déchets post-accidentels contaminés pourrait être décidée. L'incinérateur devra avoir un fonctionnement flexible, afin d'être capable de traiter des déchets de nature très diverse, présenter un bon confinement des matières présentes du fait de leur contamination radioactive et posséder une maîtrise de la qualité radiologique des effluents, gazeux en particulier.

Dans ce cadre, l'ASN a demandé à la société Bertin de réaliser une étude sur la faisabilité technique d'une unité d'incinération dédiée pour traiter une partie des déchets post-accidentels contaminés [21]. Cette étude a été pilotée par l'ASN et l'ADEME.

Elle présente, pour l'organisation d'un projet de construction d'un incinérateur dédié :

- ✓ les scénarios organisationnels envisageables entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre ;
- ✓ un phasage prévisionnel de réalisation du projet. La société Bertin estime qu'il pourrait s'écouler de 4 à 6 ans entre l'appel d'offre et le démarrage de l'exploitation de l'unité d'incinération. Pour réduire ce délai, il est proposé d'agir en amont de l'accident, par exemple en réalisant un avant projet sommaire standard et en identifiant les sites potentiels qui pourraient accueillir un incinérateur dédié. En situation post-accidentelle, une étroite collaboration entre les autorités, le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre est jugée indispensable ;
- ✓ le contenu du dossier d'avant projet sommaire et le déroulement des procédures administratives.

Elle présente également pour le système technologique :

- ✓ la synthèse de la recherche et de l'évaluation des solutions techniques qui pourraient être mises en œuvre. D'après la société Bertin, deux technologies de four pourraient être utilisées : four tournant ou four fixe. Par ailleurs, la société Bertin propose de traiter les polluants gazeux (acides, dioxines, furannes, métaux lourds, etc.) en aval de la filtration

- absolue des poussières contaminées, cela afin de réduire la quantité de REFIDI contaminés (Résidus d'Épuration des Fumées d'Incinération de Déchets Industriels) ;
- ✓ les schémas de principe de l'installation, avec les équipements relatifs à la zone d'entreposage interne et au traitement thermique ;
  - ✓ une analyse des risques préliminaires et plus particulièrement du risque radiologique et du risque incendie qui sont les plus dimensionnants ;
  - ✓ un schéma de situation préliminaire sur lequel sont présentées les surfaces nécessaires pour les différentes zones de l'installation. Selon ce schéma, 4 000 m<sup>2</sup> devront être ventilés selon les contraintes de radioprotection et l'emprise totale de l'installation sera de 11 000 m<sup>2</sup> ;
  - ✓ l'évaluation des investissements et des coûts de traitement. Les coûts d'investissement ont été estimés entre 40 M€ et 95 M€ en fonction entre autre du niveau de radioprotection requis. Les coûts de traitement ont été estimés à environ 5 000 €/t.

La société Bertin a également rédigé un cahier des charges fonctionnel [22] qui pourra servir de base à la rédaction d'un cahier des charges pour la construction d'un incinérateur dédié en situation post-accidentelle.

### 6.3. Le traitement des eaux

Le traitement des eaux de lavage génère des boues qui peuvent être séchées par pressage ou dans des fosses ainsi que des effluents liquides qui sont rejetés dans l'environnement après contrôle. Les boues séchées peuvent être incinérées, entreposées, ou stockées.

En situation post-accidentelle, le traitement des eaux de lavage du milieu bâti générerait de faibles quantités de déchets solides : quelques centaines à quelques milliers de kg de matières sèches d'une activité radiologique de quelques milliers à quelques dizaines de milliers de Bq.g<sup>-1</sup>, correspondant à des déchets de faible à moyenne activité (Tableau 4).

**Tableau 4 : estimation des volumes et des activités des boues générées par le traitement des eaux de lavage du milieu bâti [12]**

	<b>Boues (si récupération et traitement de l'eau)</b>
<b>Ruissellement suite à un orage (10 mm):</b> première pluie sur les bâtiments, la voirie et les arbres	<b>4000 kg</b> (matières sèches) <b>1 à qq.10<sup>3</sup> Bq.g<sup>-1</sup></b>
<b>Nettoyage à la lance</b> incendie des bâtiments et de la voirie (15 l.m <sup>-2</sup> )	<b>700 kg</b> (matières sèches) <b>6,4 à 13.10<sup>3</sup> Bq.g<sup>-1</sup></b>
<b>Nettoyage haute pression</b> des bâtiments et de la voirie (2,5 l.m <sup>-2</sup> )	<b>120 kg</b> (matières sèches) <b>5 à 10.10<sup>4</sup> Bq.g<sup>-1</sup></b>
<b>Nettoyage à la balayeuse</b> aspiratrice de la voirie (0,1 à 0,2 kg.m <sup>-2</sup> )	<b>2000 kg</b> (peu hydratés) <b>2,5 à 5.10<sup>3</sup> Bq.g<sup>-1</sup></b>

La collecte des eaux de lavage est quasiment impossible à réaliser sauf dans le cas du lavage de matériels sous lesquels des systèmes de rétention peuvent être placés.

Si les eaux de lavage sont rejetées sans traitement dans un cours d'eau (rejet supposé sur 24 h), l'activité radiologique dans le cours d'eau est estimée entre 10 à 30 Bq.l<sup>-1</sup> pour un cours d'eau de faible débit (10 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), et à moins de 1 Bq.l<sup>-1</sup> pour un cours d'eau à fort débit (300 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) [12]. Ces

valeurs sont à comparer à la limite de potabilité de l'eau fixée par l'OMS qui est de  $1 \text{ Bq.l}^{-1}$ . Les niveaux d'activité radiologique estimés dans les cours d'eau ne posent pas de problème sanitaire particulier mais posent bien un problème d'acceptabilité de la population. L'impact des produits chimiques potentiellement utilisés pour les actions de nettoyage doit également être pris en compte (par exemple, utilisation de détergents qui peuvent poser des problèmes dans les stations de traitement des eaux).

Hormis les eaux de lavage, les eaux de pluie et les eaux usées peuvent être un vecteur de dispersion de la radioactivité et de reconcentration de cette dernière dans les stations de traitement par exemple.

Il sera ainsi nécessaire de faire un inventaire au niveau local des zones « à risque » : stations de traitement, bassins de décantation, égouts, prises d'eau potable afin d'y réaliser des contrôles de la contamination radiologique.

#### **6.4. Le traitement des sols**

Les études disponibles dans la littérature [18] concernent le traitement par lixiviation en tas des sols contaminés. Cette méthode consiste à injecter par arrosage des solutions salines ou acides dans les déchets disposés en tas sur un socle étanche muni d'un système de récupération des effluents. La lixiviation est améliorée par une activité microbienne qui est obtenue en mélangeant des végétaux aux sols.

Ces études ont montré que la lixiviation en tas des sols contaminés :

- ✓ n'est pas adaptée au traitement de grandes quantités de déchets ;
- ✓ n'est pas efficace pour les éléments peu mobiles tels que le césium, le plutonium, le ruthénium et l'américium, qu'une activité microbienne soit introduite ou pas ;
- ✓ est coûteuse.

#### **6.5. L'enfouissement**

##### **6.5.1. Le travail du sol**

Le travail du sol est une pratique usuelle qui peut être effectuée sur une profondeur variable de sol [19] :

- ✓ entre 20 et 30 cm à l'aide d'une charrue (labour), qui permet de retourner la couche de sol travaillée ;
- ✓ entre 10 et 20 cm avec un outil à disques afin d'incorporer les résidus de récoltes et d'induire une légère action de retournement de sol ;
- ✓ entre 5 et 10 cm, avec un outil à dents, qui permet uniquement d'enfouir les résidus de récolte.

Les équipements nécessaires au travail du sol sont fréquemment présents sur les exploitations mais également facilement disponibles dans les zones de terres labourables.

Si les sols sont suffisamment profonds, il est préférable de labourer les parcelles avec le matériel classique réglé à la profondeur maximale, soit 30 à 35 cm. Le labour profond (60 cm) est déconseillé car il endommagerait le potentiel agronomique des parcelles labourées.

En fonction de la quantité de biomasse et de l'état de la culture au moment du travail du sol, il peut être nécessaire de le précéder d'un broyage ou d'une dessiccation de la végétation pour faciliter son enfouissement et sa dégradation ultérieure dans le sol.

L'utilisation du labour pour enfouir la terre contaminée ou les productions agricoles laissées sur pied dans les champs nécessite une confirmation de l'acceptabilité de cette solution au regard de l'exposition des intervenants. A ce titre, le groupe de travail considère qu'il serait préférable de réaliser ce labour lorsque la terre est humide afin de minimiser la remise en suspension de particules radioactives.

Il sera également nécessaire d'évaluer en amont les conséquences de ce labour sur l'activité radiologique du sol, des végétaux, des animaux, du lait et de l'eau de la nappe. A priori, la contamination de la nappe générée par l'enfouissement de produits contaminés n'est pas significative. Il est néanmoins nécessaire de s'en assurer. Par ailleurs, la nappe représente une voie d'atteinte secondaire dans le calcul de l'exposition.

Les zones de labour des terres contaminées ou des récoltes jugées impropres à la consommation devront être tracées (emplacement, activité radiologique).

### **6.5.2. L'enfouissement des cadavres animaux**

L'enfouissement des cadavres animaux vise à éliminer les cadavres animaux sur l'exploitation agricole. Cette gestion des cadavres animaux sur l'exploitation agricole concerne les animaux mis à mort sur l'exploitation agricole.

La réglementation actuelle (articles L226-1 à L 226-4 du code rural) interdit l'enfouissement des cadavres d'animaux dont la liste est fixée dans le décret n°2005-1220 du 28 septembre 2005. La voie usuelle d'élimination est l'équarrissage. Une dérogation est cependant possible (article L 226-4) en cas de force majeure ou en cas de nécessité d'ordre sanitaire (article L 226-4 : « Par dérogation à l'article L 226-2, dans les zones de pâturage estival en montagne et en cas de force majeure ou en cas de nécessité d'ordre sanitaire, constatées par l'autorité administrative, il est procédé à l'élimination des cadavres d'animaux par incinération ou par enfouissement. L'élimination sur place des cadavres mentionnés à l'article L 226-1 relève du service public de l'équarrissage. »).

Le code rural précise par ailleurs que les lieux et les conditions d'incinération et d'enfouissement des cadavres animaux doivent être définis par arrêté du ministre chargé de l'agriculture et, le cas échéant, des autres ministres intéressés. Le choix final est réalisé localement sous contrôle des services déconcentrés de l'Etat sur la base des plans d'urgence.

Par exemple, la note de service du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche DGAL/SDSPA/N2006-8088 du 4 avril 2006 qui précise les modalités de destruction des cadavres de volailles, œufs, lisier et autres sous-produits animaux dans le cadre du plan d'urgence « pestes aviaires » indique que le plan d'urgence doit répertorier au minimum les sites où l'enfouissement est impossible, dans le département. En Annexe 9 de cette note sont également présentés les critères de choix du lieu d'enfouissement.

En cas de crise, le choix des lieux d'enfouissement est fait en collaboration avec un hydrogéologue agréé sur la base des lieux d'enfouissement identifiés en amont de la crise.

Dans ce but, les lieux et conditions d'enfouissement des animaux contaminés par des radionucléides devront être inventoriés en amont de l'accident dans un rayon de 30 km autour des INB et une liste des hydrogéologues agréés devra être établie.

La définition des lieux et des conditions d'enfouissement doit se faire sur la base de ce qui existe dans les plans d'urgence, en tenant compte du caractère radiologique des cadavres à enfouir. Ainsi, une évaluation de la contamination de la nappe et des sols devra être réalisée. En cas d'enfouissement des cadavres animaux, les lieux d'enfouissement devront être tracés (emplacement, type et nombre d'animaux, activité radiologique).

Avantages de l'enfouissement des cadavres animaux sur l'exploitation agricole :

- ✓ les cadavres animaux ne sortent pas de la ZPP ;
- ✓ pas de gestion de sous-produits et déchets contaminés.

Inconvénients de l'enfouissement des cadavres animaux sur l'exploitation agricole :

- ✓ la zone d'enfouissement doit être géologiquement favorable afin de limiter les transferts de radioéléments dans l'environnement d'où la nécessité d'identifier des zones d'enfouissement favorables en amont de l'accident ;
- ✓ fort impact psychologique sur les exploitants agricoles ;
- ✓ contraintes logistiques importantes : beaucoup de matériel (pelleteuse, bennes, chaux) à mobiliser, transporter et installer sur l'exploitation agricole et manutention importante qui nécessite une mobilisation de personnel extérieur aux services du ministère chargé de l'agriculture.

## 6.6. L'équarrissage

Les ateliers d'équarrissage sont au nombre de 13 sur le territoire français. Compte tenu de ce nombre relativement faible, il n'apparaît pas possible d'en dédier un au traitement des cadavres animaux contaminés. En situation « normale », des camions de 2 à 3 tonnes récupèrent les cadavres animaux dans les exploitations agricoles et les transportent dans un centre de collecte. D'autres camions se chargent ensuite du transport du centre de collecte vers l'atelier d'équarrissage. Dans l'atelier d'équarrissage, le cuir des animaux est séparé du cadavre. Le cadavre est ensuite cuit. Cette cuisson génère des graisses, des farines et des effluents liquides et gazeux (vapeur d'eau). Si les animaux sont contaminés par des radioéléments, les radioéléments seront présents dans ces différents sous-produits et déchets.

Lors de la crise de la « vache folle » (pic des années 2002-2003 avec abattage total des troupeaux), les troupeaux au sein desquels au moins un animal était atteint d'ESB étaient abattus, dans les deux semaines après qu'un animal ait été détecté « positif ». Cet abattage puis le traitement des cadavres animaux étaient réalisés dans un atelier d'équarrissage au cours d'une journée dédiée (en général le week-end). Les sous-produits étaient envoyés ensuite pour destruction dans des incinérateurs ou des cimenteries.

Le transport d'animaux vivants ou morts contaminés par des radionucléides est soumis à la réglementation relative au transport des matières radioactives (en fonction des seuils). L'exemption ne s'applique qu'aux matières radioactives implantées ou incorporées dans l'organisme d'un animal vivant à des fins diagnostiques ou thérapeutiques. Par ailleurs, des dérogations sont possibles (cf. § 4.5).

Compte tenu du niveau de contamination des matières entrant dans les usines d'équarrissage, il n'a pas été identifié à ce stade d'enjeu lié à la radioprotection pour les intervenants. Toutefois aucune étude fine n'a été réalisée pour quantifier l'exposition des travailleurs [20]. Par conséquent, une estimation de l'exposition radiologique des intervenants devra être réalisée en amont de l'accident. Par ailleurs, un suivi de l'exposition des travailleurs des ateliers dédiés à la gestion des cadavres d'animaux contaminés devra être mis en place afin de garantir que leur exposition,



pendant toute la durée d'élimination des cadavres contaminés, n'est pas significative et d'en informer les intervenants.

En complément, une formation particulière des intervenants sera nécessaire afin de les sensibiliser au risque radiologique et de transmettre des recommandations visant à limiter au minimum leur exposition.

Compte tenu des pratiques de nettoyage et de désinfections imposées à ce type d'installation pour des raisons autres que radiologique, il paraît peu probable que de la matière contaminée puisse s'accumuler en certains endroits de l'usine et présenter un risque radiologique significatif [20].

Compte tenu de la complexité et de la diversité des procédés industriels utilisés, la réalisation d'une étude fine (modélisation, expérimentation) n'apparaît pas pertinente pour déterminer l'impact d'une installation d'équarrissage sur l'environnement. Néanmoins, il apparaît nécessaire d'identifier, en amont de la crise, les procédés ou les exutoires qui pourront présenter un risque de rejet significatif de radionucléides dans l'environnement afin de trouver, en cas d'accident, des solutions techniques alternatives et de mettre en place les moyens de surveillance nécessaires [20].

Trois principaux produits de transformation sont produits dans un atelier d'équarrissage. S'ils ne peuvent être valorisés techniquement ou réglementairement, ils sont éliminés à travers différents procédés industriels [20] :

- ✓ les protéines animales transformées (ou farines) sont incinérées en cimenterie ou usine d'incinération ;
- ✓ les graisses sont brûlées dans les ateliers ;
- ✓ les eaux subissent un traitement thermique avec dégagement de vapeur, les condensats sont traités en station de traitement des eaux.

Il sera nécessaire d'estimer en amont de l'accident la répartition des radionucléides dans ces différents sous produits et le risque lié à leur mode de gestion. Pour cela, un travail a été engagé avec le SIFCO (Syndicat des industries françaises des coproduits animaux) afin qu'il transmette les données dont il dispose sur les propriétés physico-chimiques des produits de transformation (protéines animales transformées (ou farines), graisses et eau) et les analyses réalisées sur ces produits de transformation (mesures en métaux lourds, radionucléides,...). Il est probable que ces sous-produits ne pourront pas être éliminés dans les filières habituelles du fait de la présence de radionucléides. Ils devront soit être envoyés vers l'incinérateur de déchets radioactifs Centraco, soit être entreposés sur les aires d'entreposage dédiées, en attente de pouvoir être stockés ou incinérés dans un incinérateur dédié construit en phase post-accidentelle.

La capacité de réaction de la filière « équarrissage » est très importante. Il sera ainsi possible, en quelques jours, de dédier des ateliers spécifiquement à la gestion de cadavres animaux contaminés, tout en maintenant, en parallèle, une gestion classique, éventuellement ralentie selon le volume de déchets animaux affectés par la radioactivité.

A titre d'exemple, un incendie a récemment paralysé l'une des plus grande usine d'équarrissage de France. Le flux de matière entrant a pu être réparti sur différentes installations du territoire pendant un mois et demi [20].

#### Avantages :

- ✓ installations traitant habituellement les cadavres animaux.

#### Inconvénients :

- ✓ acceptation de l'exploitant de la société d'équarrissage → nécessité éventuellement de réquisitionner l'atelier d'équarrissage après l'accident ;

- ✓ niveau de contamination résiduelle de l'atelier d'équarrissage induit par le traitement de cadavres animaux contaminés par des radionucléides, néanmoins très limité (sous réserve de confirmation par une étude ad hoc) ;
- ✓ gestion des sous-produits et déchets contaminés → ces déchets pourraient être incinérés dans l'incinérateur de déchets radioactifs Centraco.

## 6.7. L'épandage

L'épandage est une pratique courante qui consiste à répandre divers produits, en général sur des terres agricoles sans couvert végétal. Il est assuré à l'aide de matériels spécifiques adaptés à chaque type de produit à épandre.

L'épandage constituera avec l'entreposage une des premières solutions de gestion à mettre en place après l'accident. Néanmoins, les déchets épandus n'ont pas vocation à être repris pour un traitement ou un stockage ultérieur.

Des terrains pouvant servir à épandre des déchets végétaux putrescibles ou peu putrescibles contaminés et du lait contaminé mélangé à du lisier et situés dans la ZPP devront être recherchés en phase de préparation des pouvoirs publics à la survenue d'un accident. Des zones favorables à l'épandage devront ainsi être identifiées en amont de l'accident. Ces zones, de par leurs caractéristiques (sol et sous-sol), devront permettre de limiter les transferts de radionucléides vers la nappe. Les conséquences d'un apport de radionucléides par épandage dans les sols notamment sur la contamination des récoltes futures n'ont pas été étudiées par le groupe de travail. Les études menées par le GT « eau » du CODIRPA, sur l'apport de contamination du fait de l'irrigation des terrains par de l'eau contaminée, montrent que cet apport est négligeable. Ceci devra être confirmé dans le cas de l'épandage.

Sur la base de ces zones favorables, des terrains sur lesquels un épandage pourra être réalisé en situation post-accidentelle devront être identifiés. Parmi ces terrains seuls seront retenus ceux dont l'accès est le plus aisé pour acheminer des déchets.

Par ailleurs, afin de limiter les transports de quantités importantes de déchets agricoles, une partie des terrains retenus devront être situés idéalement sur les exploitations agricoles ou à proximité.

Si l'exploitant nucléaire n'est pas propriétaire des terrains qui auront été identifiés pour l'épandage de déchets végétaux putrescibles ou peu putrescibles contaminés et du lait contaminé mélangé à du lisier (certains exploitants nucléaires sont propriétaires de terrains autour de certains sites nucléaires), il pourrait être nécessaire de réquisitionner ces terrains après l'accident si les propriétaires refusent de les mettre à disposition. En tout état de cause, cette disposition devra être présentée aux acteurs concernés lors de l'élaboration du plan de préparation à la survenue d'un accident.

Les zones sur lesquelles des déchets contaminés auront été épandus devront être tracées (localisation, quantité épandue, activité radiologique).

## 6.8. Le compostage

Le compostage est une fermentation aérobie qui permet une « hygiénisation » de la biomasse et une stabilisation de la matière organique. Il conduit à une réduction de volume d'un facteur 3 en moyenne. L'efficacité de cette fermentation nécessite un apport de matières carbonées (bois par exemple) et azotées (déchets verts par exemple) dans une proportion optimale.

Les allemands ont introduit le concept de traitement mécano-biologique des déchets putrescibles qui consiste en un compostage avec aération mécanique des déchets putrescibles. Ce traitement permet d'obtenir une matière organique plus stable, moins productrice de gaz et de lixiviats. Cette matière organique peut ensuite être éliminée en centre de stockage ou être incinérée. Un tel traitement sur des matières organiques contaminées semble difficile.

Les installations de compostage sont des installations sommaires qui peuvent être mises en place rapidement (fermentation à l'air libre, mise en place de systèmes de protection du sol et de récupération de lixiviats). Néanmoins, la mise en service d'installations dédiées dès les premiers jours qui suivent l'accident ne semble pas réalisable.

Il semble plus réaliste de dédier une installation de compostage présente dans la ZPP, s'il y en a une, au compostage de déchets verts contaminés. Une protection des déchets verts des eaux de pluie devra être mise en place, si ce n'est pas déjà le cas, afin de limiter la quantité d'effluents liquides produits.

A noter qu'en situation post-accidentelle, l'objectif du compostage n'est pas une valorisation du compost à des fins agricoles. Le but recherché est une stabilisation des déchets et une réduction de leur volume. Ainsi, certaines manipulations de déchets verts pourraient être supprimées afin de limiter l'exposition des intervenants et la mise en suspension éventuelle de poussières. Plus généralement, une réflexion devra être menée sur les aménagements qui pourraient être mis en place rapidement afin de réduire l'impact sur l'environnement et les intervenants de la prise en charge de déchets contaminés dans les installations de compostage existantes.

A l'issue de cette phase de compostage des déchets, ces derniers doivent être éliminés. Le compost peut être incinéré, épandu ou stocké.

## **6.9. La méthanisation**

La méthanisation est une fermentation anaérobie qui conduit à une dégradation de la matière organique sous forme de dioxyde de carbone et de méthane. Les déchets pouvant être méthanisés sont les déchets gras (lait, déchets des abattoirs par exemple), les déchets contenant de la cellulose (grains par exemple) et les déchets présentant un fort taux d'humidité (lisier par exemple). La méthanisation produit un digestat qui a environ le même volume que la biomasse entrante. Afin de réduire le volume du digestat, un compostage de ce dernier peut être envisagé. Il peut également être envisagé une séparation des phases solide et liquide du digestat afin d'isoler la phase solide dans laquelle pourrait se fixer préférentiellement le césium et permettre ainsi une réduction de volume des déchets contaminés. Les lixiviats issus de la méthanisation sont gérés comme des déchets liquides organiques putrescibles et le compost peut être soit incinéré, épandu ou stocké.

Un cycle de méthanisation dure environ 40 jours. Une unité de méthanisation peut avoir une capacité d'environ 3 000 m<sup>3</sup>. Les produits à risque tels que les déchets animaux doivent être pasteurisés au préalable. Ces derniers ainsi que l'ensemble des déchets « gras » présentent un fort pouvoir de méthanisation. Les effluents d'élevage sont un bon support de méthanisation.

Les installations de méthanisation pourraient permettre de traiter un certain nombre de déchets post-accidentels contaminés. Cependant, ces déchets seront produits dès les premiers jours après l'accident et la mise en service d'installations de méthanisation dédiées dès les premiers jours qui suivent l'accident ne semble pas réalisable. Par ailleurs, les installations existantes sont peu nombreuses. Un recensement des installations existantes et de leur localisation devrait être réalisé afin de déterminer si l'étude de cette solution de traitement est pertinente. Enfin, la mise en

œuvre de cette solution de traitement nécessite la présence d'une installation de compostage à proximité afin d'aboutir à une réduction des volumes de déchets et que cette solution de traitement ait donc un intérêt.

## 6.10. La transformation

Cette solution de gestion consisterait à fabriquer des sous-produits des déchets végétaux ou animaux contaminés dont l'activité radiologique serait inférieure au produit d'origine, et qui seraient donc commercialisables. Cette transformation générerait des résidus contaminés et potentiellement plus contaminés que les produits d'origine dont la gestion serait à prévoir.

Le code de la santé publique dans son article R. 1333-2 interdit toute addition intentionnelle de radionucléides artificiels dans les denrées alimentaires. Ce même code prévoit dans son article R. 1333-4 que des dérogations puissent être accordées mais exclut du champ de ces dérogations les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine.

En tout état de cause, même si l'on peut concevoir la mise en place de mesures exceptionnelles en situation post-accidentelle, la mise en place d'une telle solution de gestion n'est pas préconisée par le groupe de travail et posera un problème d'acceptabilité à la fois par le public et par les industriels concernés, délicat à résoudre.

## 6.11. Le stockage

Une partie des déchets restera à éliminer dans des centres de stockage (déchets issus des procédés d'élimination, déchets entreposés en l'attente d'une solution de stockage, ...).

Plusieurs installations de stockage ont été identifiées comme pouvant potentiellement être utilisées. La prise en charge de déchets contaminés issus de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire dans les centres de stockage existants pourra se faire sous réserve que les caractéristiques des déchets respectent les critères d'acceptation du centre de stockage.

### 6.11.1. Les centres de stockage de l'ANDRA

Deux centres de stockage de déchets radioactifs sont actuellement en activité :

- ✓ le centre de stockage de l'Aube (centre de stockage de déchets de faible et moyenne activité, CSFMA) situé à Soullaines-Dhuys, dans l'est de la France. Sa capacité est de 1 000 000 m<sup>3</sup>. Les déchets qui y sont stockés ont une période inférieure à 30 ans et une activité radiologique comprise entre 100 et 100 000 000 Bq.g<sup>-1</sup> en fonction des radionucléides<sup>16</sup> ;
- ✓ le centre de stockage des déchets de très faible activité (CSTFA) situé à Morvilliers, dans l'est de la France. Sa capacité est de 650 000 m<sup>3</sup>. Les déchets qui y sont stockés ont une activité inférieure à 100 Bq.g<sup>-1</sup>.

Les colis de déchets reçus par l'ANDRA au CSA doivent respecter les spécifications d'acceptation établies par l'ANDRA (masses maximales, débit de dose). Dans le cas des déchets de moyenne activité, le rôle de confinement du colis doit être démontré.

Les colis de déchets reçus par l'ANDRA au CSTFA font également l'objet de spécifications, par exemple quant à leur caractère inerte ou à leur contenu radioactif, mais ils n'ont pas à respecter

---

<sup>16</sup> Ces valeurs sont des ordres de grandeur, les limites étant fixées par les spécifications du CSA.

de spécifications particulières pour ce qui concerne leurs propriétés de confinement (en dehors des déchets dangereux). Il peut s'agir de « big-bags » ou de fûts métalliques simples.

La conception du CSTFA est conforme à l'arrêté du 18 décembre 1992 modifié relatif au stockage des déchets ultimes. La barrière passive est constituée d'une couche d'argile de 15 à 25 m d'épaisseur dont la perméabilité est en cohérence avec la réglementation.

Seuls des déchets solides et stabilisés du point de vue chimique (non putrescibles en particulier) sont acceptés dans les centres de stockage de l'ANDRA. Les productions agricoles qui seront considérées comme des déchets au cours de la phase post-accidentelle devraient donc subir un traitement préalable (séchage, incinération, ...) pour pouvoir être acceptées sur l'un des centres de stockage de l'ANDRA. Ces traitements conduisent à la production de déchets d'activité massique supérieure à celle du déchet initial. Ainsi, l'incinération d'un déchet de très faible activité peut conduire à la production de cendres de faible activité. Cette augmentation d'activité massique est moins importante pour le séchage que pour l'incinération.

La réception des déchets issus d'une situation post-accidentelle sur les deux centres de stockage de l'Andra devra se faire en tenant compte des flux que continueront à livrer les installations nucléaires dont l'exploitation se poursuivra. Si les volumes à prendre en charge sont faibles, ils pourront effectivement servir d'exutoire. Ce devrait être le cas général pour les déchets de faible et moyenne activité. Les exploitants des installations nucléaires pourront cependant adapter leurs programmes d'exploitation ou leurs modes de gestion des déchets radioactifs pour libérer des capacités de prise en charge. En revanche si les quantités de déchets sont importantes, leur transfert systématique vers les centres de stockage de déchets radioactifs existants ne constituera pas forcément la solution la plus pertinente, pour des raisons de transport et pour des raisons de dimensionnement de ces centres en particulier. Cette situation concernera plutôt les déchets de très faible activité.

Il apparaît donc nécessaire de prévoir la possibilité de créer au voisinage du site une ou des installations dédiées au stockage des déchets de très faible activité. Les déchets de faible et moyenne activité, en quantités moindres, pourraient quant à eux être accueillis au Centre de Stockage de l'Aube, sous réserve qu'ils respectent les spécifications de l'Andra ou qu'une étude spécifique de sûreté en justifie l'acceptabilité.

### **6.11.2. Les centres de stockage de déchets non radioactifs**

Bien que les déchets radioactifs<sup>17</sup> ne soient pas acceptés dans ces centres de stockage, la connaissance de leur structure et de leur fonctionnement (protections actives, protections passives, gestion des effluents, ...) est utile si des installations de stockage dédiées devaient être construites dans le cadre d'une gestion des déchets post-accidentelle.

Il existe trois catégories d'installations de stockage des déchets non radioactifs :

- ✓ les centres de stockage de déchets dangereux ;
- ✓ les centres de stockage de déchets non dangereux ;
- ✓ les centres de stockage de déchets inertes.

Les déchets liquides ne peuvent pas être stockés dans ces installations. Un déchet est considéré comme liquide en dessous d'un certain pourcentage de matières sèches.

---

<sup>17</sup> On entend par déchet radioactif tout déchet contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection.

Il existe actuellement 200 centres de stockage de déchets non dangereux qui reçoivent chacun plus de 20 000 tonnes de déchets par an dont 7 reçoivent plus de 300 000 tonnes de déchets par an.

### **Centres de stockage de déchets dangereux**

Ces centres de stockage sont réglementés par l'arrêté ministériel du 30 décembre 2002. Les alvéoles de stockage possèdent une sécurité passive assurée par une couche d'argile (5 mètres d'épaisseur et perméabilité de  $10^{-9}$  m.s<sup>-1</sup>) et une sécurité active assurée par un système de drainage des lixiviats et par la mise en place d'une géomembrane.

Ces centres bénéficient d'une gestion spécifique des eaux : ils sont ceinturés par un fossé drainant, toutes les eaux sont collectées vers un bassin puis réutilisées après traitement dans l'usine de stabilisation des déchets. La qualité des eaux de la nappe phréatique située sous le centre est contrôlée.

Les déchets fermentescibles ne sont pas acceptés dans ces centres de stockage.

### **Centres de stockage de déchets non dangereux**

Ces centres de stockage sont réglementés par l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997. Les alvéoles de stockage possèdent une sécurité passive assurée par une couche d'argile (5 mètres d'épaisseur et perméabilité de  $10^{-6}$  m.s<sup>-1</sup> ou 1 mètre d'épaisseur et perméabilité de  $10^{-9}$  m.s<sup>-1</sup>) et une sécurité active assurée par un système de drainage des lixiviats et des biogaz et par la mise en place d'une géomembrane.

Les biogaz générés par la fermentation anaérobie des déchets organiques sont collectés puis brûlés ou valorisés (électricité, chaleur). Les lixiviats sont drainés et collectés. Ils sont ensuite soit traités sur place en station d'épuration ou par évaporation, soit transférés vers une station d'épuration externe sous contrat.

Les eaux de pluie sont collectées par des fossés et des drains vers un bassin. Elles sont contrôlées et analysées avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

Des piézomètres permettent de contrôler les eaux souterraines en amont et en aval du site.

Pour les centres de stockage de déchets dangereux et non dangereux, la couverture finale du site est réalisée par la mise en place d'une couche de matériaux argileux (imperméable pour les stockages de déchets dangereux et imperméable ou semi-perméable pour les stockages de déchets non dangereux) et par le modelage du massif de déchets (pente minimum).

Pour certains centres de stockage, dans le cas où la structure géologique du site ne permet pas de respecter les critères de perméabilité et d'épaisseur de la barrière passive, il est possible de reconstituer cette barrière passive avec des matériaux naturels remaniés.

### **Centres de stockage de déchets inertes provenant d'installations classées**

Ces centres de stockage sont réglementés par l'arrêté ministériel du 31 décembre 2004. Le stockage se fait par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre.

Des piézomètres permettent de contrôler la qualité des eaux souterraines autour du site. La couverture finale du site doit être conçue de manière à prévenir les risques d'érosion et à permettre un aménagement conforme à l'usage futur du site.

### 6.11.3. Les centres de stockage dédiés

Compte tenu des contraintes qui apparaissent pour les autres solutions de stockage (distance, disponibilité, structure non adéquate, ...), il sera nécessaire de construire a minima une installation de stockage dédiée.

En fonction de la faisabilité technique et de l'acceptabilité sociale, plusieurs installations de stockage pourraient être créées à différentes distances du lieu de l'accident telles que les installations les plus éloignées du lieu de l'accident accueillent les déchets les moins contaminés. Il sera nécessaire de veiller à séparer le cas échéant les déchets en fonction de leur niveau d'activité (TFA et FMA).

Compte tenu que cette solution interviendra de façon différée par rapport à l'accident, le choix de l'implantation du stockage et de la solution qui sera retenue devra faire l'objet d'une information ou d'une concertation avec la population locale.

Les déchets organiques (agricoles par exemple) devraient subir une stabilisation en amont (type compostage) avant de pouvoir être pris en charge dans l'installation de stockage dédiée.

La construction d'installations d'alvéoles de stockage dédiées nécessitera un délai de plusieurs mois après l'accident, voire plus. La réalisation rapide de telles installations imposera une anticipation qui consistera à mettre en place les outils réglementaires qui permettront une autorisation en urgence des installations, à définir les principes techniques à adopter et à réserver une (ou des) zone(s) dédiée(s) ainsi que les équipements nécessaires.

Il est préconisé que :

- ✓ un inventaire des zones favorables à l'implantation d'installations de stockage a minima dans un rayon de 30 kilomètres autour de l'installation accidentée compte-tenu des caractéristiques du sol et du sous-sol soit établi. Cet inventaire sera inclus dans les Plans Particuliers d'Intervention (PPI). Les critères géologiques pertinents à retenir devront être définis préalablement à la réalisation de cet inventaire sachant que 2 options de stockage devront probablement être envisagées en fonction de la profondeur de la nappe. Le REX des études qui ont été réalisées pour le stockage des déchets ménagers et pour l'enfouissement des cadavres animaux dans certains départements pourra être utilisé ;
- ✓ des études sur la conception générale d'installations de stockage par site ou par groupe de site (en fonction notamment de la nature du sous-sol et de la profondeur de la nappe) assorties d'études d'impact des installations sur l'environnement soient réalisées. Le groupe de travail recommande que les exploitants des INB soient associés à ces études.

La spécificité de l'environnement de chaque site conduira à des travaux d'aménagement de la zone identifiée pour la construction de l'installation de stockage totalement différents et à des installations de stockage de conception différente. Par exemple, dans le cas de la centrale de Nogent, l'environnement très boisé à proximité du site nécessitera des travaux de dessouchage puis des travaux d'aménagement spécifiques car la zone est marécageuse. Dans le cas de la centrale de Belleville, aucun travail de dessouchage ne serait nécessaire, par contre, du fait de la proximité de la Loire, les risques d'inondation devraient être étudiés (réglementations attachées aux zones inondables) ainsi que les problèmes d'accès à l'installation.

Dans le cas d'un scénario Pu, compte tenu du fait que le Pu239 a une période beaucoup plus longue que celle du Cs137 (24 000 ans contre 30 ans), l'installation de stockage de déchets contenant du Pu239 devra disposer d'une barrière géologique permettant un confinement des radionucléides à beaucoup plus long terme que dans le cas de déchets contenant du Cs137, pour des déchets présentant un risque chimique similaire.

Ainsi, dans le cas d'un scénario Pu, il ne sera pas forcément possible de stocker des déchets contaminés à proximité du lieu de l'accident sauf si les déchets sont faiblement contaminés. Il faudra donc envisager un tri et une orientation différente selon l'activité du déchet en plutonium.

## 7. Solutions de gestion par type de déchets contaminés

Dans ce paragraphe, des propositions de solutions de gestion sont proposées en fonction de la catégorie à laquelle appartient le déchet (cf. § 5.1).

Si des solutions de traitement sont choisies pour des déchets, elles doivent permettre une stabilisation des déchets et/ou une réduction effective de leur volume. Dans ce but, l'utilisation ou la construction d'une installation de traitement pour une catégorie de déchets devra être justifiée par le gain qu'elle apporte en termes de stabilisation du déchet et/ou de réduction de son volume.

L'Ademe a développé une base de données SINOE (Système d'INformation et d'Observation de l'Environnement) qui permet entre autres de localiser l'ensemble des installations de traitement et d'élimination des déchets sur le territoire français. Cet outil pourrait être utilisé en situation post-accidentelle pour identifier les installations de gestion existantes afin de traiter ou d'éliminer une partie des déchets produits en phase post-accidentelle. Des exemples de requêtes réalisées avec cette base de données sont présentés en Annexe 8.

Le groupe de travail recommande d'évacuer vers le CSFMA les déchets produits par l'incinérateur Centraco et de réserver le stockage dédié aux déchets produits par l'incinérateur dédié. En effet, le CSFMA est l'exutoire normal des déchets incinérés à Centraco et les déchets post-accidentels brûlés seront mélangés à d'autres déchets pris en charge par Centraco ce qui rendra impossible la discrimination entre les résidus issus de l'incinération des déchets post-accidentels et des autres déchets radioactifs.

Dans les tableaux présentés, les solutions à court terme sont celles qui peuvent être mises en place au plus tard les premières semaines qui suivent l'accident. Les solutions à long terme sont celles qui seront mises en œuvre dans les mois qui suivront l'accident. Les solutions de gestion des déchets qui apparaissent dans les rectangles en gras sont les solutions d'élimination qui ne nécessitent pas de traitement ultérieur des déchets.

### 7.1. Terres contaminées

Deux approches sont possibles en théorie dans le cas de la terre :

- ✓ il est décidé de décapier le sol à « grande » échelle, sur plusieurs dizaines d'hectares au minimum, ce qui génère un volume très important de terres contaminées à gérer en tant que déchet<sup>18</sup> ;
- ✓ il est décidé de laisser le sol en place et de ne décapier que les « points chauds » qui sont susceptibles de poser des problèmes de radioprotection, ce qui génère de faibles volumes de terres contaminées à gérer en tant que déchet.

Le groupe de travail considère que la première approche n'est pas réaliste à la fois d'un point de vue technique (quantité de déchets à gérer, disponibilité de matériel pour un décapage de terre sur

---

<sup>18</sup> A titre d'exemple, le décapage d'une épaisseur de 10 cm de terre sur 1 km<sup>2</sup> conduit à devoir gérer 150 000 tonnes de terre en tant que déchet si on suppose une densité de 1,5 t.m<sup>-3</sup>.



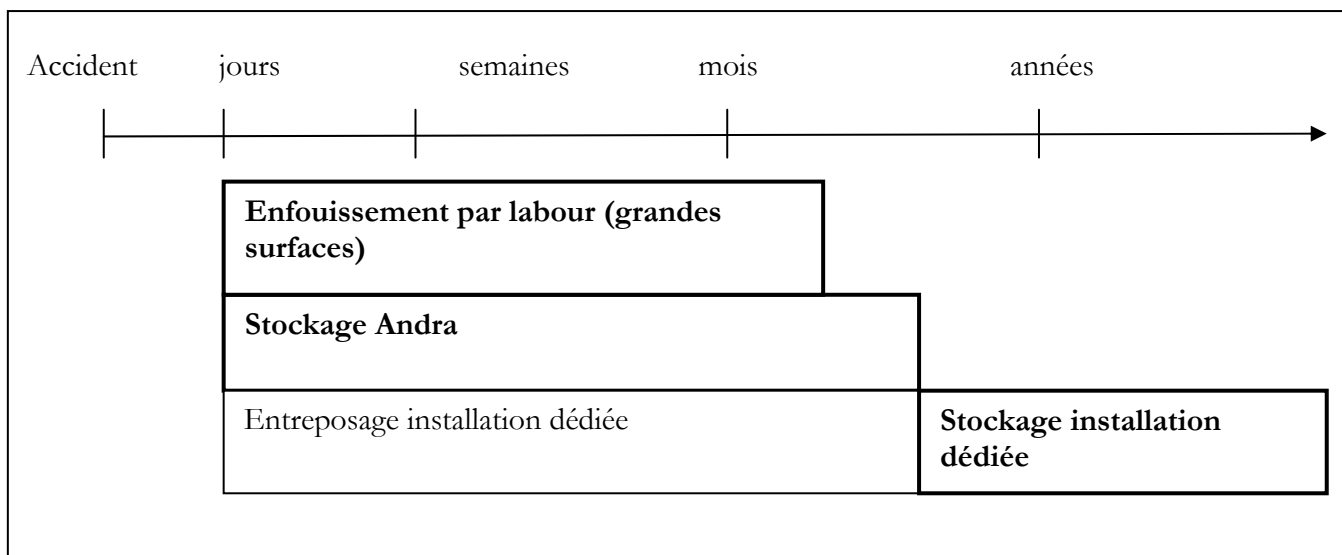
plusieurs km<sup>2</sup>, transport des terres contaminées vers une aire d'entreposage) et d'un point de vue de la communication (comment expliquer à la population qu'elle peut continuer à vivre dans la zone alors que l'on décape le sol à grande échelle dans certains endroits ...). Le groupe de travail recommande ainsi que seuls les « points chauds » fassent l'objet de retrait.

**Tableau 5 : solutions de gestion recommandées pour les terres contaminées**

Terres contaminées	Solution à court terme	Solution à long terme
Traitement chimique (lixiviation en tas)	Pas recommandée quelle que soit la quantité de terre à gérer	
Incinération	Pas recommandée (faible réduction de volume) <sup>19</sup>	
Enfouissement par labour	<b>Recommandée</b> afin de limiter le volume des déchets à gérer dans des installations dédiées si des actions de réduction de la contamination à grande échelle sont entreprises	
Entreposage dans une installation dédiée	<b>Recommandée</b>	
Stockage	<b>Recommandée</b> dans un centre de stockage existant (ANDRA) pour des petits volumes de terre.	<b>Recommandée</b> dans des installations dédiées, situées idéalement dans la ZPP.

La mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les terres contaminées est représentée sur la figure suivante.

**Figure 3 : mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les terres contaminées**



Pour les autres déchets solides « non-organiques » (asphalte, dalles, toiture, ...), seul un entreposage puis un stockage est envisageable, dans les mêmes conditions que pour la terre.

<sup>19</sup> La société ONET a fait des études sur un projet de four de fusion de terres de faible activité. Ce four produit un verre de qualité convenable et permet une bonne réduction de volume. Si cette installation voit effectivement le jour, elle pourrait constituer également une voie de gestion envisageable.

## 7.2. Déchets végétaux solides peu putrescibles contaminés (céréales, branches, ...)

Dans le cas des cultures, les solutions de gestion sont radicalement différentes en fonction de la stratégie retenue à savoir réaliser ou non la récolte.

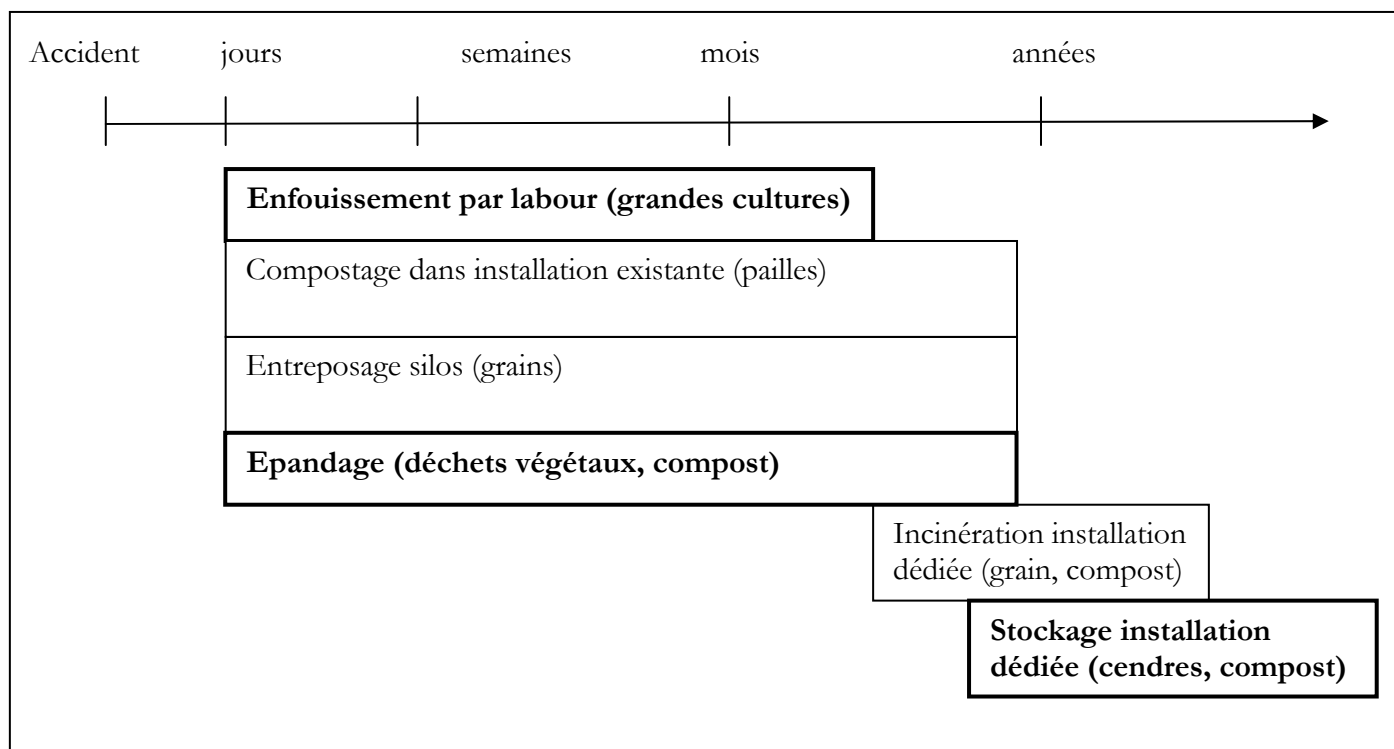
**Tableau 6 : solutions de gestion recommandées pour les déchets végétaux solides peu putrescibles contaminés**

Déchets végétaux solides peu putrescibles contaminés	Solution à court terme	Solution à long terme
Enfouissement par labour	<b>Recommandée</b> pour les cultures de plein champ	
Epannage	<b>Recommandée</b> <sup>20</sup> sur des terrains situés dans des zones favorables (déchets végétaux, compost)	
Entreposage dans des silos	<b>Recommandée</b> pour le grain si une séparation paille/grain peut être faite lors de la récolte (grain mûr)	
Entreposage dans une installation dédiée	<b>Pas recommandée</b> (déchets à caractère putrescible)	
Incinération	Pas recommandée compte tenu des capacités limitées (techniques et volumiques) liées à l'utilisation d'un incinérateur existant (cf. § 6.2)	<b>Recommandée</b> dans un incinérateur dédié construit en phase post-accidentelle (grain, compost)
Compostage	<b>Recommandée</b> pour les pailles, en mélange avec les déchets végétaux putrescibles, dans une installation de compostage existante dans la ZPP.	
Stockage		<b>Recommandée</b> dans des installations dédiées, situées idéalement dans la ZPP (cendres issues de l'incinération, compost).

La mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les déchets végétaux solides peu putrescibles contaminés est représentée sur la figure suivante.

<sup>20</sup> Pour certains déchets putrescibles (branchages par exemple), un broyage pourrait être nécessaire. Ce broyage devra se faire sous cloche afin de protéger les opérateurs des poussières induites par le broyage.

**Figure 4 : mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les déchets végétaux solides peu putrescibles contaminés**



### 7.3. Déchets végétaux solides putrescibles contaminés (légumes, herbes, feuilles, ...)

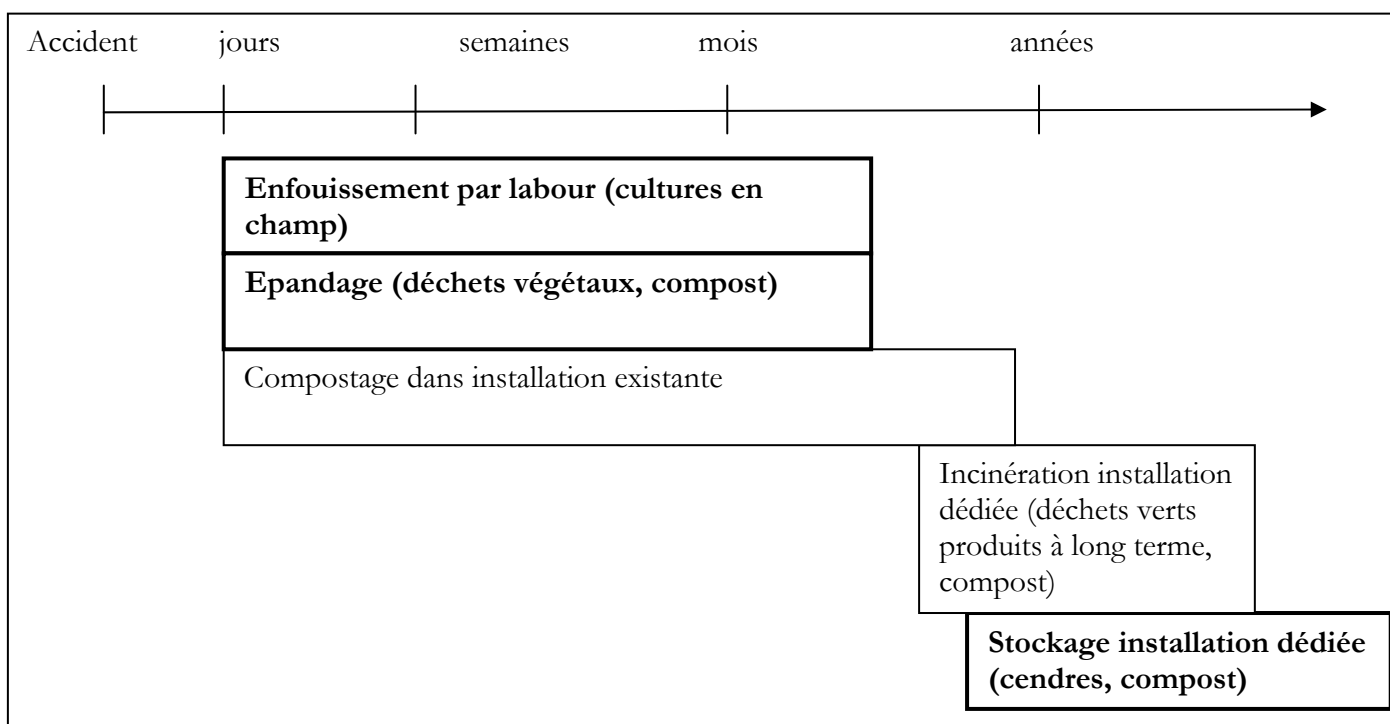
Les déchets végétaux solides putrescibles contaminés suivront les voies de gestion du tableau 7. S'agissant du cas spécifique des déchets issus des jardins de particuliers, ceux-ci doivent être collectés sous peine de se trouver dispersés. Il pourrait être envisagé de mettre en place des bennes de collecte dans des lieux stratégiques à définir ou de mettre en place une collecte sélective des déchets verts dans les lieux où cette collecte n'est pas mise en place en situation « normale ».

**Tableau 7 : solutions de gestion recommandées pour les déchets végétaux solides putrescibles contaminés**

<b>Déchets végétaux solides putrescibles contaminés</b>	<b>Solution à court terme</b>	<b>Solution à long terme</b>
Enfouissement par labour	<b>Recommandée</b> pour les cultures en champ	
Epannage	<b>Recommandée</b> sur des terrains situés dans des zones favorables (déchets végétaux, compost)	
Entreposage	Pas recommandée (déchets putrescibles)	
Incinération	Pas recommandée compte tenu des difficultés liées à l'utilisation d'un incinérateur existant (cf. § 6.2)	<b>Recommandée</b> dans un incinérateur dédié construit en phase post-accidentelle (déchets produits à long terme, compost)
Compostage	<b>Recommandée</b> , en mélange avec les déchets végétaux peu putrescibles, dans une installation de compostage existante dans la ZPP.	
Stockage		<b>Recommandée</b> dans des installations dédiées, situées idéalement dans les zones contaminées (cendres issues de l'incinération, compost).

La mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les déchets végétaux solides putrescibles contaminés est représentée sur la figure suivante.

**Figure 5 : mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les déchets végétaux solides putrescibles contaminés**



#### 7.4. Cadavres animaux contaminés (déchets solides putrescibles)

Les solutions de gestion recommandées pour les cadavres animaux contaminés sont présentés dans le tableau 8.

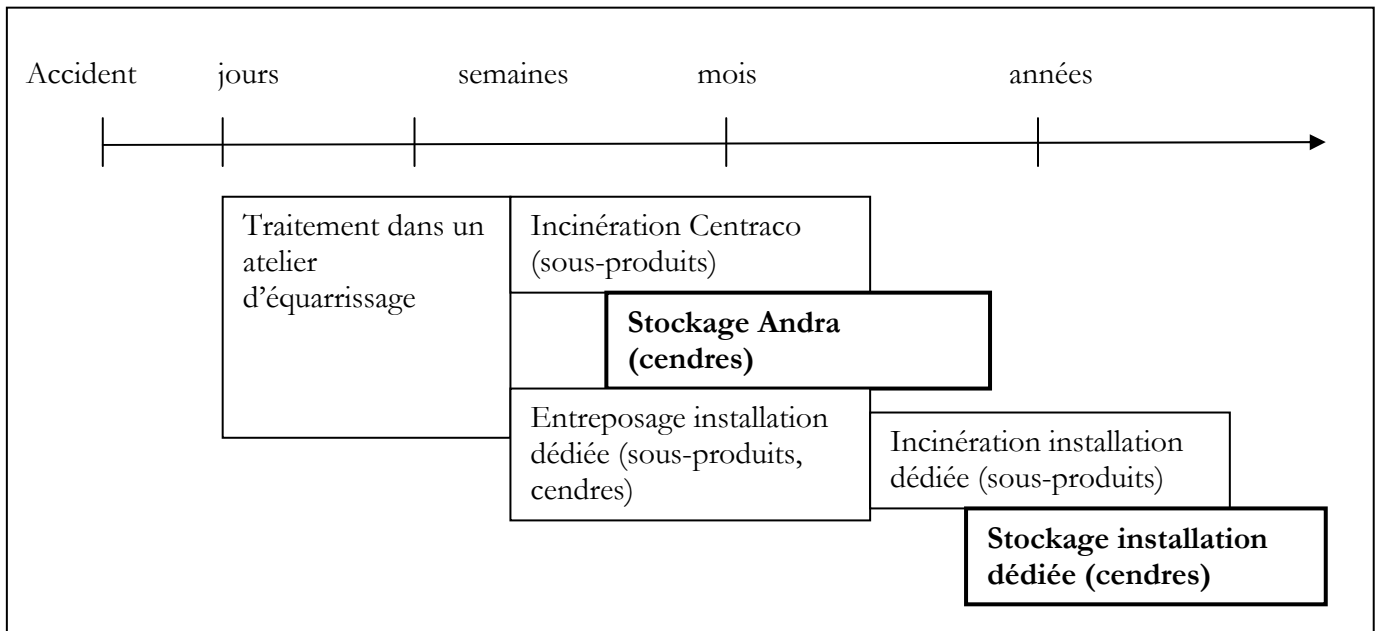
**Tableau 8 : solutions de gestion recommandées pour les cadavres animaux contaminés**

Cadavres animaux contaminés	Solution à court terme	Solution à long terme
Enfouissement	Pas recommandée	
Traitement dans un atelier d'équarrissage	<b>Recommandée</b> dans un atelier existant, par campagnes	
Entreposage	Pas recommandée pour les cadavres animaux du fait de leur caractère putrescible <b>Recommandée</b> dans des installations dédiées, situées idéalement dans la ZPP, pour les sous-produits issus de l'équarrissage et/ou pour les cendres qui auraient été générées par l'incinération de sous-produits contaminés dans l'incinérateur Centraco	sans objet, il n'y aura pas d'animaux contaminés plusieurs mois après l'accident
Incinération	Pas recommandée pour les cadavres animaux) <b>Recommandée</b> pour les sous-produits issus de l'équarrissage dans l'incinérateur Centraco (petits volumes)	<b>Recommandée</b> pour les sous-produits issus de l'équarrissage dans un incinérateur dédié construit en phase post-accidentelle
Stockage	<b>Recommandée</b> dans un centre de stockage existant (ANDRA) pour les cendres issues de l'incinération à Centraco	<b>Recommandée</b> pour les cendres issues de l'incinération dans des installations dédiées, situées idéalement dans les zones contaminées.

L'enfouissement des cadavres animaux n'est pas recommandé dans le cas d'une situation post-accidentelle nucléaire. En effet, cette solution de gestion des cadavres animaux est utilisée pour éviter le risque de dissémination d'une épizootie. Il n'y a pas de tel enjeu en situation post-accidentelle nucléaire et compte tenu des inconvénients de cette méthode (cf. § 6.5.2), il semble souhaitable que les cadavres animaux soient traités dans un atelier d'équarrissage.

La mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les cadavres animaux contaminés est représentée sur la figure suivante.

**Figure 6 : mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les cadavres animaux contaminés**



Nota : la question de la gestion des cadavres animaux contaminés dans la zone d'éloignement n'est pas traitée. Cette question est en lien avec ce qui est préconisé par les autres groupes de travail sur la gestion des animaux dans la zone d'éloignement si la population est éloignée durablement (ces animaux sont-ils laissés sur place ou déplacés également ?).

### 7.5. Lait contaminé

Le lait contaminé est produit à très court terme, dès les premiers jours voire heures qui suivent l'accident. Des solutions de gestion doivent donc être mises en place très rapidement.

Compte tenu des difficultés que pose la gestion de lait contaminé, le groupe de travail recommande que des mesures soient mises en place le plus rapidement possible pour stopper la production de lait contaminé (tarissement des animaux ou alimentation des animaux avec des produits non contaminés).

Il n'y aura a priori pas de lait contaminé à gérer au delà des premières semaines après l'accident, compte tenu du coût que représenterait cette production pendant plusieurs mois pour les agriculteurs.

**Tableau 9 : solutions de gestion recommandées pour les déchets liquides organiques putrescibles contaminés**

<b>Déchets liquides organiques putrescibles contaminés</b>	<b>Solution à court terme</b>	<b>Solution à long terme</b>
Entreposage	<b>Recommandée</b> , sur les exploitations agricoles, dans les tanks à lait puis/ou dans les fosses à lisier	sans objet, il n'y aura pas de production de lait non commercialisable à long terme
Epandage	<b>Recommandée</b> , en mélange avec du lisier, sur des terrains situés dans des zones favorables	sans objet, il n'y aura pas de production de lait non commercialisable à long terme
Incinération	Pas recommandée pour la gestion de gros volumes (cf. § 6.2) <b>Envisageable</b> pour les laits les plus contaminés dans l'incinérateur de déchets radioactifs existant Centraco (capacités de traitement limitées)	sans objet, il n'y aura pas de production de lait non commercialisable à long terme
Compostage	Pas recommandée dans une installation existante	sans objet, il n'y aura pas de production de lait non commercialisable à long terme
Stockage	<b>Recommandée</b> dans un centre de stockage existant (ANDRA) pour les cendres issues de l'incinération à Centraco	<b>Recommandée</b> dans un centre de stockage existant (ANDRA) pour les cendres issues de l'incinération à Centraco

La circulaire du 11 octobre 2004 relative aux installations classées - épandage des laits non collectés, précise qu'en temps normal, les laits non collectés peuvent être éliminés par incinération, par production de biogaz, par compostage et par application au sol (épandage).

L'utilisation d'installations existantes pour éliminer le lait contaminé n'est pas préconisée car d'une part la gestion du lait contaminé conduirait à une contamination de ces installations et d'autre part, ces installations ne sont pas conçues pour traiter des déchets contaminés par des radionucléides et ne permettent donc pas d'assurer une protection des travailleurs et de l'environnement satisfaisante en cas de contamination radioactive des déchets. L'utilisation d'installations existantes poserait par ailleurs d'autres difficultés : disponibilité de l'installation vis à vis des déchets qui y sont habituellement traités, transport sur des distances pouvant être importantes, perception du public, ....

A court terme (quelques jours), le compostage et la production de biogaz ne pourront pas être utilisés comme solutions de gestion du lait contaminé car aucune installation dédiée permettant ces traitements ne sera opérationnelle.

Par ailleurs, à court terme, des aires d'entreposage seront mises en service pour accueillir des déchets contaminés. Néanmoins, l'entreposage de lait contaminé sur ces aires ne semble pas opérationnel (acheminement du lait contaminé sur l'aire d'entreposage, mise à disposition en

quelques heures ou dès les premiers jours suivant l'accident, de conteneurs de dimensions suffisantes pour entreposer le lait contaminé<sup>21</sup>).

Au début de la phase post-accidentelle, le lait contaminé devra donc être géré sur les exploitations agricoles. Il devra être dans un premier temps entreposé et mélangé au lisier puis épandu.

En effet, la circulaire du 11 octobre 2004 indique que les laits non collectés ne sont pas des effluents et ne peuvent être épandus tels quels sur les sols agricoles. Les règles techniques à respecter pour l'épandage du lait sont décrites dans cette circulaire. Néanmoins, l'objectif ici n'est pas l'apport de fertilisant mais une élimination du lait contaminé. Une partie de ces règles pourrait donc être assouplie.

En situation post-accidentelle, des règles devront également être fournies pour ce qui concerne l'activité radiologique du mélange pouvant être épandu et les zones sur lesquelles ce mélange pourra être épandu, notamment au regard du risque de ruissellement et de transfert vers la nappe mais également au regard du risque de contamination du sol. Ces règles devront être établies en amont d'un accident. Une traçabilité des radionucléides épandus et des zones d'épandage devra être assurée. Une communication vers les agriculteurs devra être faite pour leur expliquer l'impact de cet épandage sur leurs terres et les conséquences sur les activités agricoles. L'épandage ne conduira qu'à l'ajout de peu de contamination, le sol étant déjà contaminé par le dépôt d'une partie des radionucléides présents dans le panache radioactif. Par ailleurs, le mélange du lait avec du lisier aboutit à un produit moins contaminé que le lait initial.

Une nouvelle circulaire pourrait être écrite.

L'entreposage du lait peut être réalisé dans un premier temps dans le tank à lait de l'exploitation agricole qui a une capacité de 2 jours de traite maximum (500 à 3 500 litres), puis transféré dans la fosse à lisier. La plupart des fosses à lisier sont dimensionnées pour stocker 4 à 6 mois d'effluents, ce qui rend possible la gestion du lait contaminé dans la fosse à lisier pendant les premières semaines suivant l'accident. Certaines exploitations ne sont pas équipées de fosses à lisier. Dans ce cas, le lait du tank peut être pompé vers une tonne à lisier. Le lait doit alors être épandu rapidement et si cela n'est pas possible, il faudra transférer le contenu de la tonne chez un agriculteur voisin qui possède une fosse.

Quelques semaines après l'accident, il est probable qu'un incinérateur dédié ou une installation de méthanisation ne seront pas opérationnels. Par contre, il est envisageable qu'une plate-forme de compostage soit opérationnelle et puisse être utilisée pour la gestion du lait contaminé (un besoin de ce type de filière de gestion se fera également ressentir pour d'autres types de déchets, verts par exemple ou peu putrescibles). Néanmoins, il semble peu réaliste, sur des critères purement économiques, que l'agriculteur continue à produire du lait contaminé pendant plusieurs semaines voire mois après l'accident. Un tarissement des animaux sera certainement mis en place.

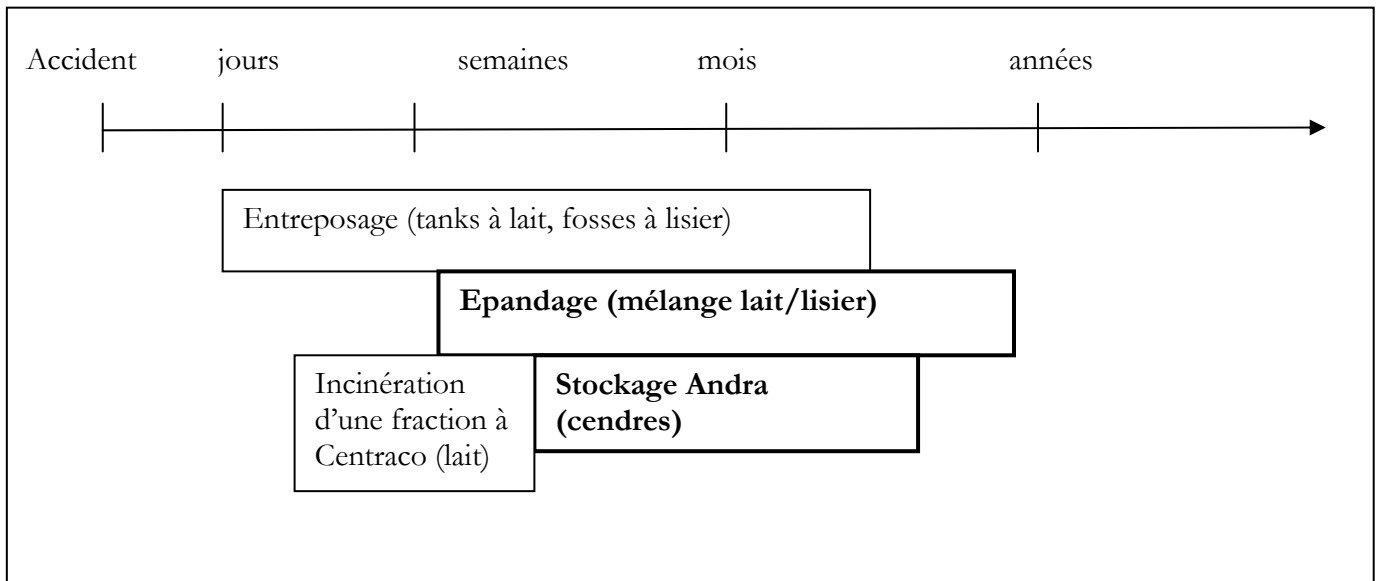
La mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour le lait contaminé est représentée sur la figure suivante.

---

<sup>21</sup> Dans le cas du scénario d'accident moyen, les volumes de lait dont l'activité est supérieure aux NMA ont été estimés à 2 800 t.



**Figure 7 : mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour le lait contaminé**



### **Retour d'expérience de la gestion du lait présentant des niveaux élevés en dioxine**

Le lait a été incinéré dans des incinérateurs spéciaux existants (températures d'incinération très élevées permettant de détruire les dioxines) mais qui ne sont pas dédiés qu'à cet usage. Le coût de ce mode de gestion est très élevé (environ 240 euros/tonne). Le lait contaminé impropre à la consommation est transporté de la ferme à l'incinérateur dans des camions dédiés, par les transformateurs (1 camion = 25 000 l soit environ 15 producteurs). Les camions sont ensuite réutilisés après rinçage éventuel pour transporter du lait « sain ».

D'une façon plus générale, lorsque le taux de dioxine dans le lait est trop élevé, l'animal est abattu. Il n'existe cependant pas de règle définissant le niveau en dioxine à partir duquel l'animal doit être abattu. La décision se fait au cas par cas, en fonction du contexte économique. De même, il n'existe pas de règle sur les procédures d'abattage. Là aussi, les choix se font au cas par cas.

L'épandage de lait avec du lisier est une solution de gestion qui a été identifiée dans des cas de faible contamination du lait par des dioxines. Néanmoins, à ce jour, ce mode de gestion n'a jamais été mis en œuvre. En 2006, un éleveur avait demandé l'autorisation d'épandre du lait contaminé par des dioxines mais la DDASS avait porté un avis négatif à cette demande. D'une façon générale, l'autorisation est accordée soit par la DDASS soit par le ministère de l'environnement, en fonction de la taille de l'exploitation.

## 7.6. Eaux de lavage contaminées

Tableau 10 : solutions de gestion recommandées pour les eaux de lavage contaminées

Eaux de lavage contaminées	Solution à court terme	Solution à long terme
Rejet sans traitement	<b>Recommandée</b> dans la mesure où les eaux d'une part ne peuvent pas être collectées ou bien que de manière très partielle, et d'autre part, leur rejet dans l'environnement n'induit pas une augmentation significative de la contamination de ce dernier. Il faudra faire un contrôle radiologique des matériaux accumulés dans les zones de sédimentation et, dans la mesure du possible, récupérer ces matériaux s'ils sont contaminés. Cela suppose de faire un inventaire de ces zones « à risque » (stations de traitement, bassins de décantation, égouts...).	
Récupération et traitement des eaux avant rejet	Non réalisable pour ce qui concerne les eaux de lavages de la voirie et des bâtiments compte tenu des difficultés de collecter les eaux contaminées (pluie, ruissellement, lavage, ...) et des volumes qui seraient à traiter. Réalisable pour la décontamination de certains matériels par la mise en place de bacs de rétention.	

## 7.7. Boues contaminées issues des stations de traitement des eaux

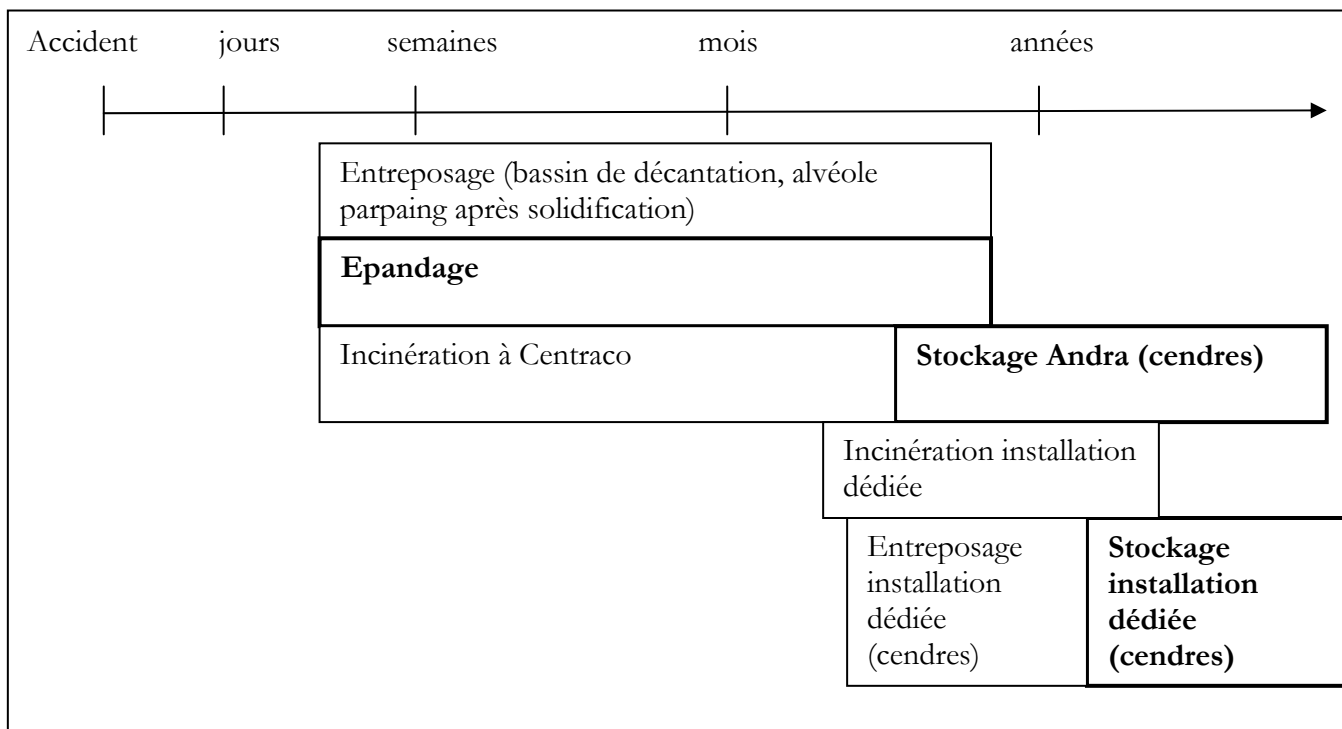
Les boues contaminées ne seront pas *a priori* à gérer dans le très court terme après l'accident. Par ailleurs il sera nécessaire de disposer des moyens de mesures adaptés afin de déterminer si les boues sont contaminées ou pas.

Tableau 11 : solutions de gestion recommandées pour les boues contaminées

Boues contaminées	Solution à court terme	Solution à long terme
Incinération	<b>Recommandée</b> dans l'incinérateur de déchets radioactifs existant Centraco (capacités de traitement limitées)	<b>Recommandée</b> dans un incinérateur dédié construit en phase post-accidentelle
Entreposage	<b>Recommandée</b> dans une installation dédiée, compte tenu des activités et des volumes estimés, et située idéalement dans la ZPP (boues, cendres). Des procédés de solidification des boues (procédé existant sur le centre de stockage de déchets TFA de l'ANDRA) pourraient être mis en place afin de rendre les déchets inertes sans les incinérer.	
Epandage	<b>Recommandée</b> si l'activité des boues est du même ordre de grandeur que celle des terres sur lesquelles est réalisé l'épandage. La réglementation relative aux boues et à leur épandage est fixée dans les articles R211-25 à R211-47 du code de l'environnement.	
Stockage	<b>Recommandée</b> pour les cendres dans un centre de stockage existant (ANDRA).	<b>Recommandée</b> dans des installations dédiées, situées idéalement dans la ZPP (cendres).

La mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les boues contaminées est représentée sur la figure suivante.

**Figure 8 : mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les boues contaminées**



Les boues provenant des stations de traitement des eaux (STEP) pourront potentiellement être contaminées au terme d'une période difficile à prédire et sur une durée également difficile à déterminer. Les STEP concernées ne se trouveront pas forcément dans la ZPP.

En situation normale, les boues des STEP sont soit incinérées, soit stockées (dans ce cas, une quantité d'eau minimale est à respecter), soit épandues (c'est la solution retenue pour la majorité des boues mais elle n'est pas acceptée dans certaines régions).

Il existe deux catégories de STEP :

- ✓ des STEP qui produisent des boues en continu, équipées d'entreposages tampons. Les boues pourraient être mises en attente dans ces entreposages jusqu'à ce que des mesures puissent être faites ;
- ✓ des STEP qui sont vidangées périodiquement. Pour ces STEP, la vidange pourrait être retardée jusqu'à ce que l'on dispose de moyens de mesure.

Il est donc recommandé de laisser le temps de réaliser les mesures d'activité radiologique avant d'évacuer les boues.

Les boues contaminées pourraient ensuite être entreposées dans la ZPP dans un bassin de type bassin de décantation équipé d'une géomembrane et d'une couverture ou dans une alvéole construite en parpaings et couverte (de type silo agricole). Si de faibles quantités de boues contaminées étaient produites, il pourrait être envisagé de déroger aux critères d'acceptation du CSTFA ou d'un centre de stockage de déchets non dangereux.

L'entreposage de type silo agricole nécessite que les boues soient séchées. Des installations mobiles de séchage des boues existent et pourraient être utilisées.

Pour le stockage, les boues de STEP n'étant pas des déchets dangereux n'ont pas besoin d'être stabilisées<sup>22</sup>. Par contre, les boues sont très chargées en matières fermentescibles. Une zone d'un centre de stockage construit pour l'élimination des déchets post-accidentels pourrait être dédiée pour accepter les boues contaminées.

Les boues contaminées pourraient également être éliminées dans l'incinérateur dédié qui serait construit en situation post-accidentelle ou si les volumes le permettent dans l'incinérateur CENTRACO.

## 7.8. Autres déchets contaminés

Ces déchets ne sont pour la plupart pas putrescibles. Une faible fraction pourrait être constituée d'ordures ménagères ayant fait sonner des portiques de détection de la radioactivité à l'entrée des installations d'élimination et dont l'élimination dans ces installations n'aurait pas été jugée acceptable en termes de radioprotection et d'impact radiologique.

Le seul traitement permettant de réduire leur volume sera l'incinération. Une installation dédiée ne sera pas opérationnelle à court terme et l'utilisation d'un incinérateur de déchets non radioactifs existant n'est pas recommandée par le groupe de travail (cf. § 6.2).

Ces déchets devront donc être dans un premier temps entreposés dans les installations d'entreposage dédiées situées idéalement dans la ZPP. Cet entreposage ne pose pas de problème particulier dans la mesure où ces déchets ne sont pas putrescibles. Pour les ordures ménagères, des entreposages en balles sont couramment pratiqués et opérationnels (cf. § 6.1). Il n'y a donc pas nécessité d'envoyer ces déchets vers l'incinérateur de déchets radioactifs existant Centraco. Ces déchets pourront ensuite soit être incinérés dans l'incinérateur dédié construit en situation post-accidentelle soit être directement stockés dans l'installation de stockage dédiée construite également en situation post-accidentelle. Les cendres issues de l'incinération seront également éliminées dans ce centre de stockage.

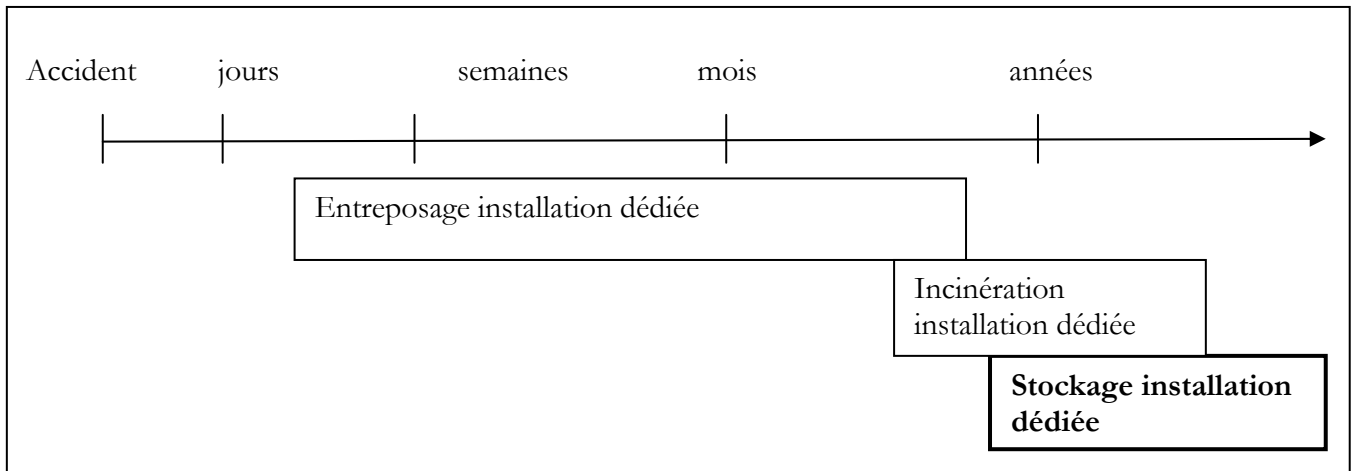
**Tableau 12 : solutions de gestion recommandées pour les autres déchets contaminés**

<b>Autres déchets contaminés</b>	<b>Solution à court terme</b>	<b>Solution à long terme</b>
Incinération	Pas recommandée compte tenu des difficultés liées à l'utilisation d'un incinérateur existant (cf. § 6.2)	<b>Recommandée</b> dans un incinérateur dédié construit en phase post-accidentelle
Entreposage	<b>Recommandée</b> dans une installation dédiée située idéalement dans la ZPP.	
Stockage		<b>Recommandée</b> dans une installation dédiée, située idéalement dans la ZPP.

La mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les autres déchets contaminés est représentée sur la figure suivante.

<sup>22</sup> La stabilisation nécessite un certain degré d'humidité des boues.

**Figure 9 : mise en place, en fonction du temps, des différentes solutions de gestion recommandées pour les autres déchets contaminés**



## 8. Synthèse des recommandations pour une gestion opérationnelle des déchets

### 8.1. Présentation des solutions recommandées sous forme d'arbres de décisions

Dans un but opérationnel, les solutions de gestion recommandées pour chaque type de déchet sont présentées sous forme d'arbres de décisions. Les arguments permettant de justifier le choix de telle ou telle solution sont détaillés dans les paragraphes 0 et 7.

Légende des arbres de décisions :

- ✓ en violet, les installations dédiées construites idéalement dans la zone contaminée après l'accident ;
- ✓ en vert, les installations existantes avant l'accident ;
- ✓ dans les rectangles, les solutions de gestion ;
- ✓ dans les cercles, les contraintes techniques.

Figure 10 : arbre de décisions pour les terres contaminées

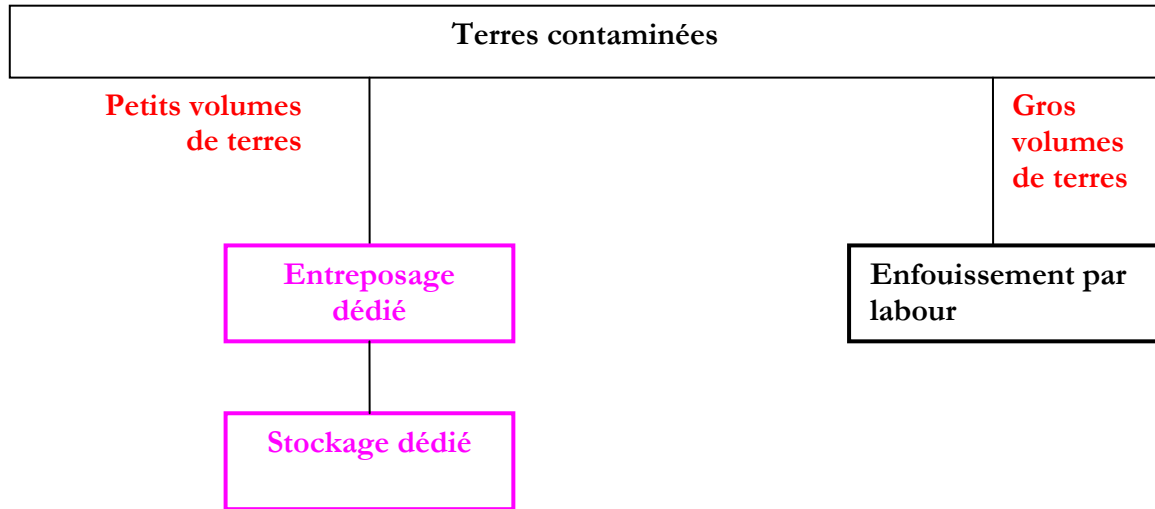


Figure 11 : arbre de décisions pour les déchets végétaux solides peu putrescibles contaminés

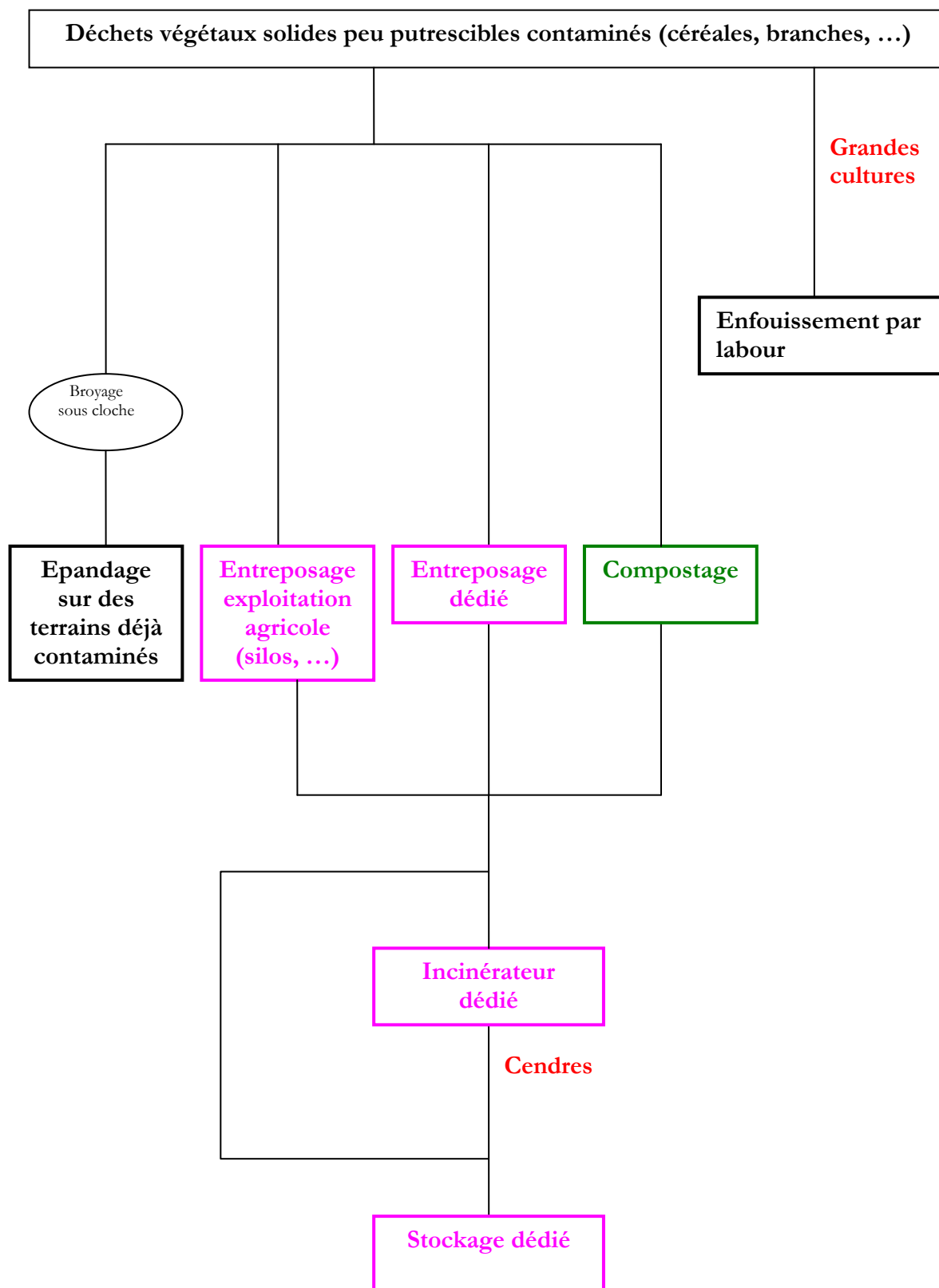


Figure 12 : arbre de décisions pour les déchets végétaux solides putrescibles contaminés

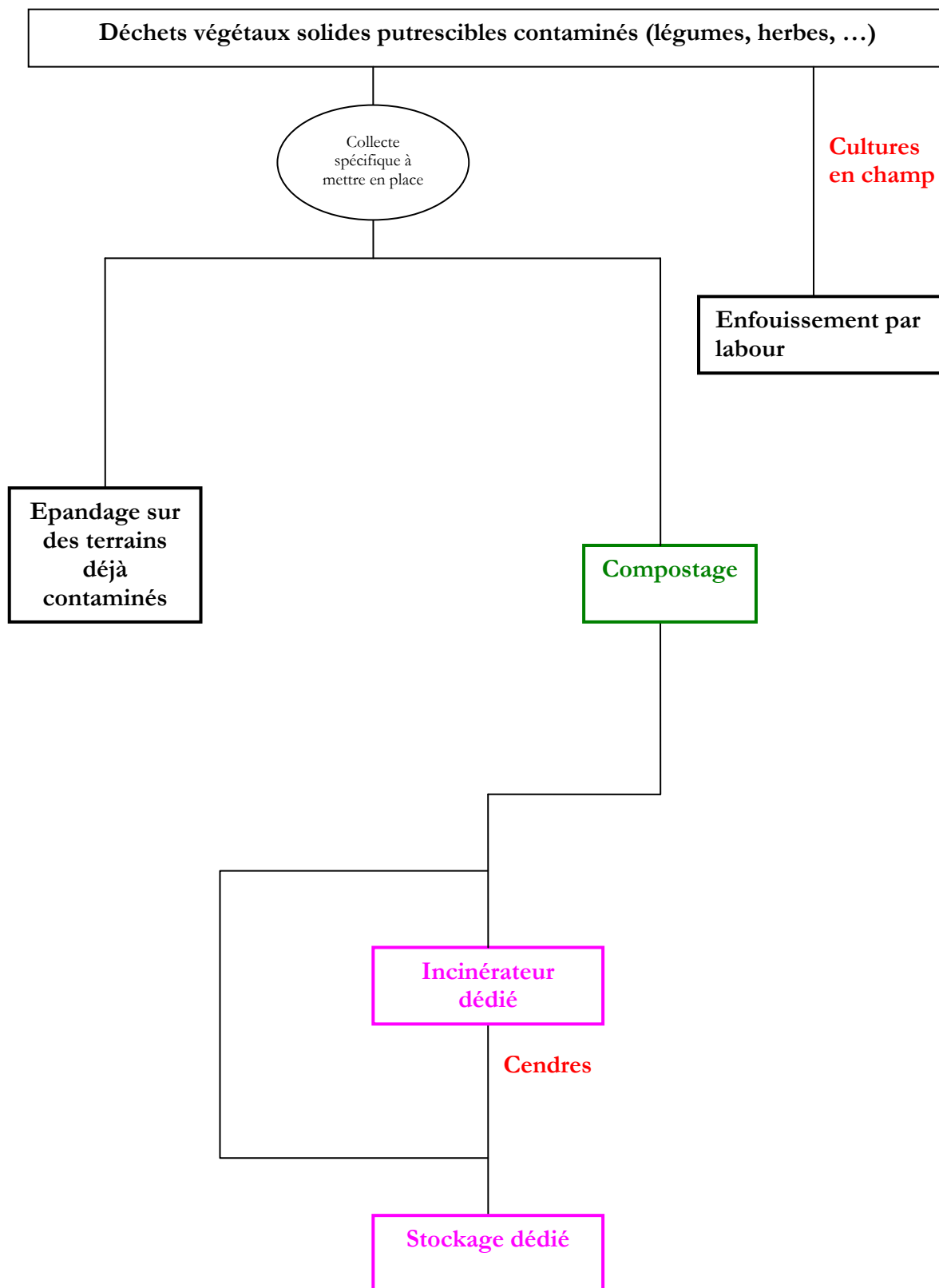




Figure 13 : arbre de décisions pour les cadavres animaux contaminés

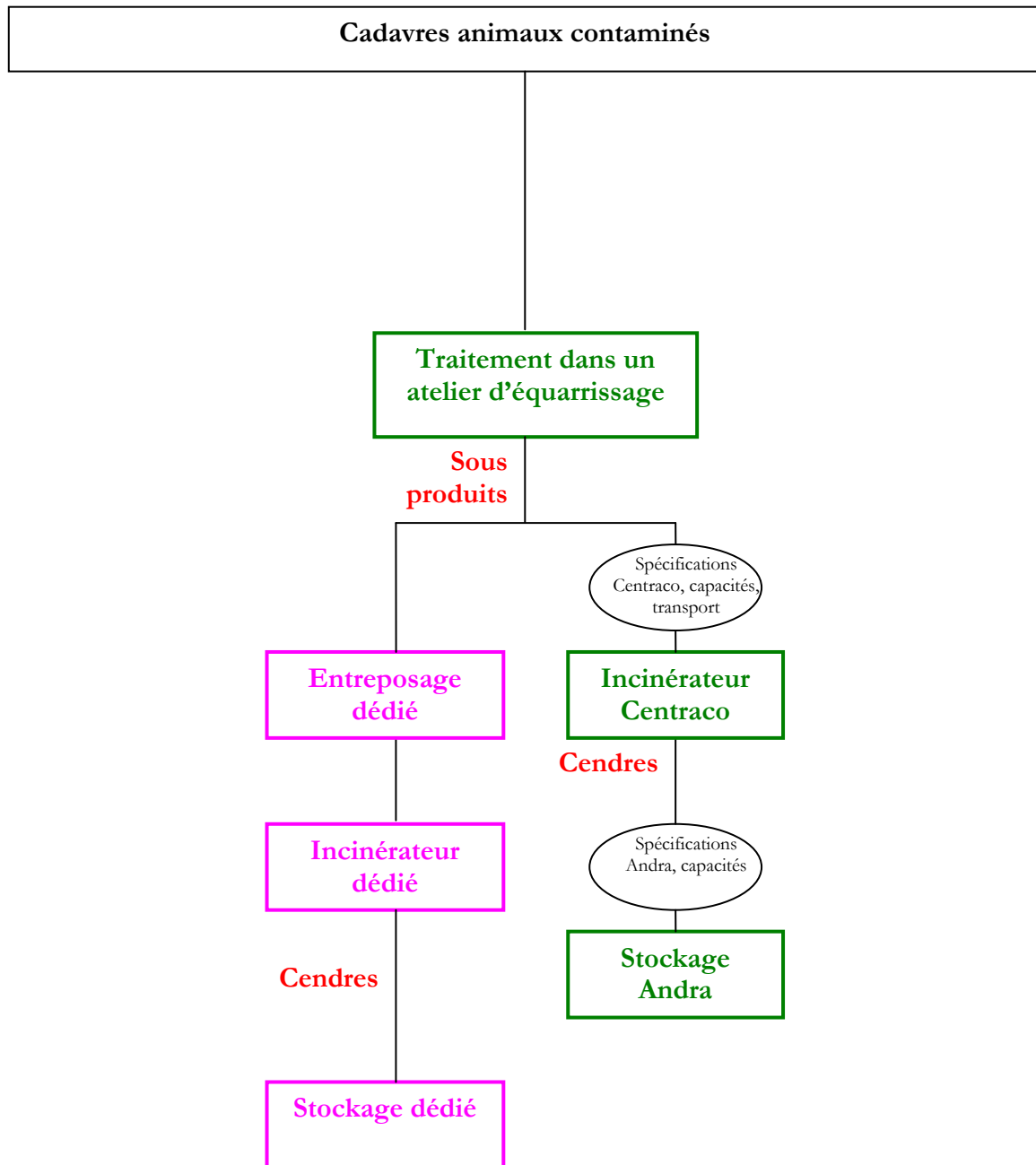


Figure 14 : arbre de décisions pour le lait contaminé

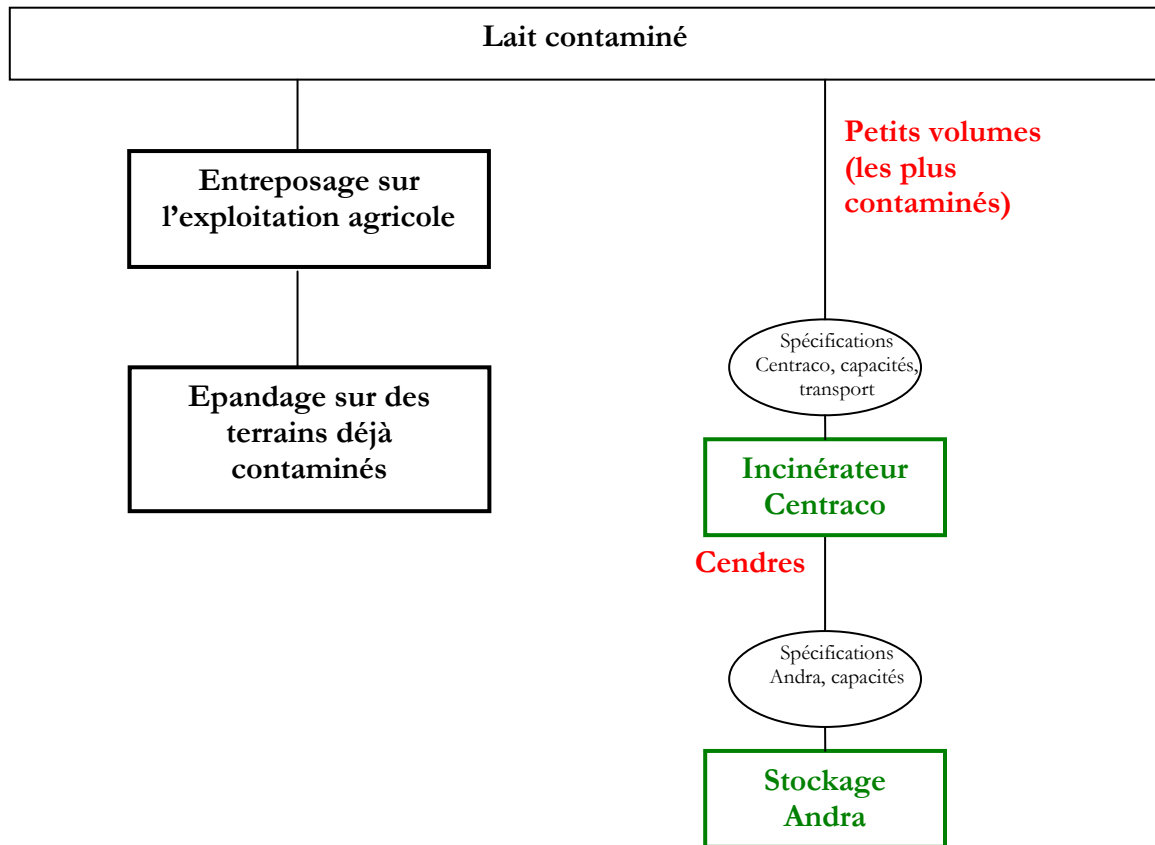


Figure 15 : arbre de décisions pour les boues contaminées

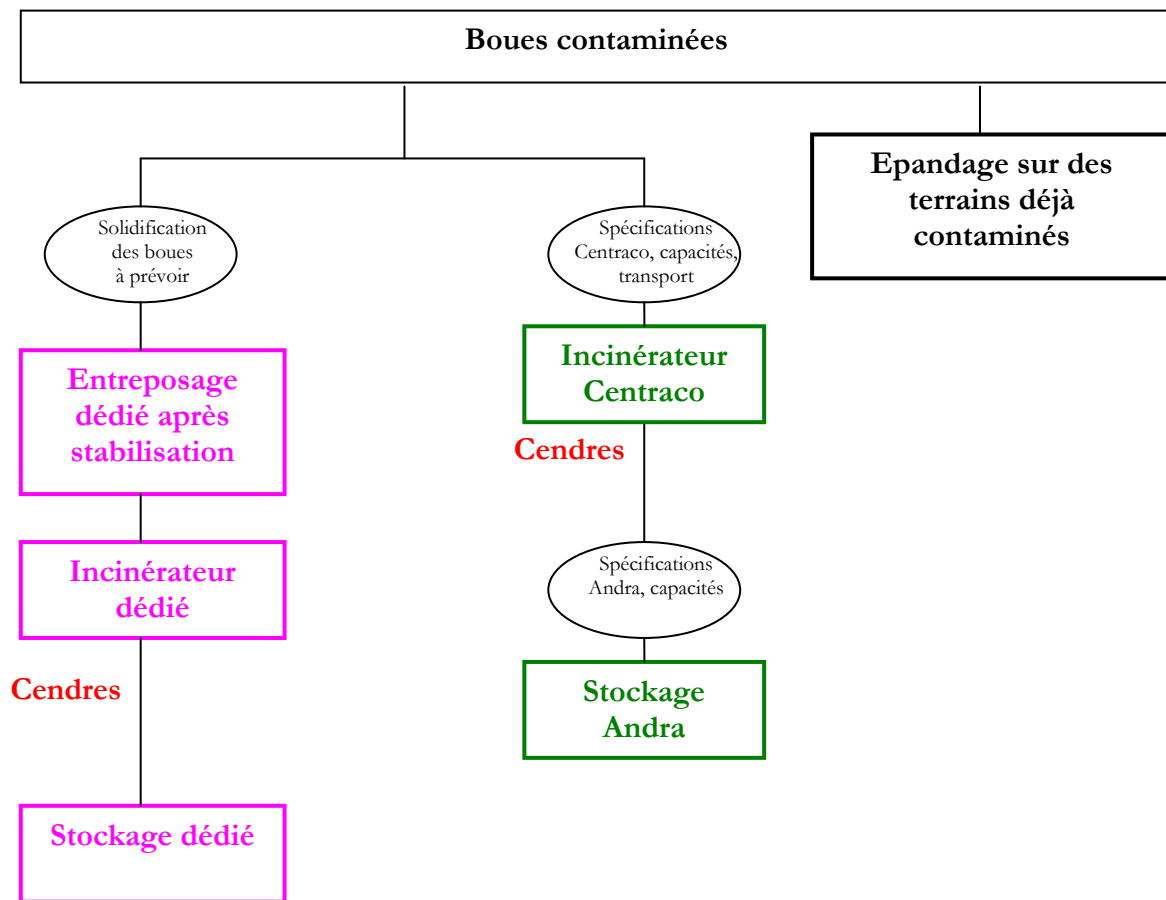
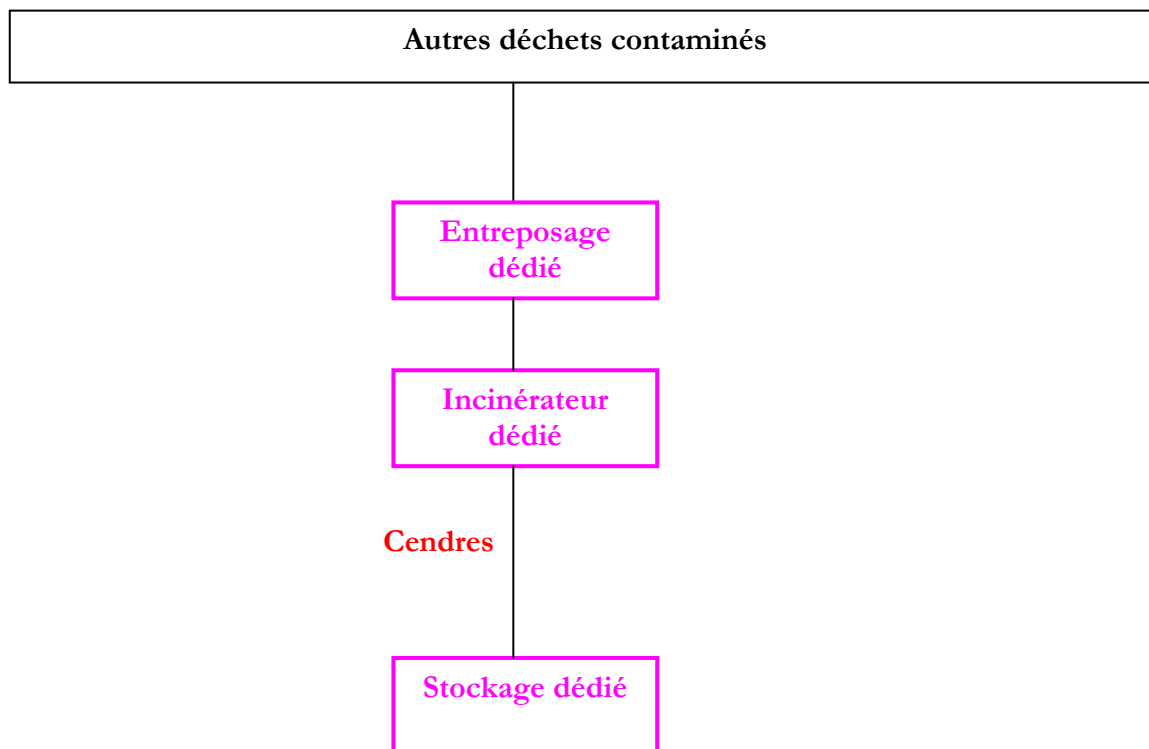


Figure 16 : arbre de décisions pour les autres déchets contaminés



## 8.2. Synthèse des actions à anticiper en phase de préparation à la survenue d'un accident

Les actions à anticiper en amont de l'accident ont été étudiées principalement pour les solutions de gestion devant être opérationnelles à court terme après l'accident. Pour les autres solutions, ce travail reste à approfondir sachant que leur mise en œuvre pourra être réalisée plusieurs mois après l'accident.

Les actions à mener en amont de l'accident au niveau local pourraient être réalisées dans le cadre de groupes de travail locaux et les conclusions de ces groupes versées dans des plans de gestion des déchets post-accidentels locaux comme c'est prévu pour le plan POLMAR/TERRE. Il sera également nécessaire pour chaque action d'identifier les acteurs qui devront les mettre en œuvre. Les actions à mener en amont de l'accident au niveau national pourraient être menées dans le cadre de groupes de travail ad hoc.

### 8.2.1. L'entreposage de déchets contaminés

Les actions jugées nécessaires par le groupe de travail de mener en amont de l'accident concernant l'entreposage de déchets contaminés sont synthétisées dans le tableau suivant. Y sont également décrites les premières actions à mener dès les premières heures après l'accident.

**Tableau 13 : synthèse des actions à mener concernant l'entreposage**

	<b>Actions</b>
<b>Phase amont de l'accident</b>	Identification des zones d'entreposage potentielles dans un rayon de 20 km autour des INB
	Identification des aménagements à apporter en situation post-accidentelle à chaque zone identifiée pour que des déchets contaminés post-accidentels puissent y être entreposés dans des conditions satisfaisantes. Estimation des délais d'approvisionnement des matériaux nécessaires à cet aménagement et rejet de zones pour lesquelles l'aménagement prendrait plus de quelques jours.
	Identification des intervenants qui réaliseront ces aménagements
	Contrôle périodique de la disponibilité de ces zones en cas d'accident
	Estimation des capacités d'entreposage de chaque zone
	Identification des moyens de conditionnement par type de déchets (conteneurs, big bag, pas de conditionnement, ...) + disponibilité de ces moyens en phase post-accidentelle + certification
	Identification des intervenants pour le conditionnement
	Transport : identification des moyens de transport et des intervenants
	Estimation de l'exposition des intervenants. Identification des moyens de protection et de surveillance pour les intervenants.
	Identification des intervenants qui exploiteront ces aires d'entreposage
	Information, sensibilisation des intervenants aux actions prévues
	Mise en place d'outils réglementaires permettant une réquisition de ces aires en cas d'accident
<b>Premiers heures/jours après l'accident</b>	Autoriser des zones d'entreposage parmi celles identifiées en amont de l'accident
	Engager les actions d'aménagement des aires d'entreposage
	Informers les différents producteurs, collecteurs et transporteurs de déchets contaminés de la localisation des aires d'entreposage

## 8.2.2. L'épandage de déchets végétaux et de boues contaminés

Les actions jugées nécessaires par le groupe de travail de mener en amont de l'accident concernant l'épandage de déchets contaminés sont synthétisées dans le tableau suivant. Y sont également décrites les premières actions à mener dès les premières heures après l'accident. Ces actions sont assez similaires à celles identifiées pour l'entreposage des déchets contaminés.

**Tableau 14 : synthèse des actions à mener concernant l'épandage**

	<b>Actions</b>
<b>Phase amont de l'accident</b>	Identification des zones d'épandage favorables dans un rayon de 20 km autour des INB y compris sur les installations agricoles puis des terrains pouvant être utilisés pour l'épandage de déchets contaminés (prise en compte des caractéristiques du sol et du sous-sol, des conditions d'accès, ...)
	Identification des procédures à suivre pour épandre les déchets (épaisseur de la couche épandue, ...).
	Contrôle périodique de la disponibilité de ces terrains en cas d'accident
	Estimation des capacités d'épandage de chaque terrain
	Identification des moyens de conditionnement et de transport par type de déchets + disponibilité de ces moyens en phase post-accidentelle
	Identification des intervenants pour la collecte et le transport des déchets concernés
	Information, sensibilisation des intervenants aux actions prévues
	Estimation de l'exposition des intervenants. Identification des moyens de protection et de surveillance pour les intervenants.
	Mise en place d'outils réglementaires permettant une réquisition des terrains en cas d'accident (les terrains en jachère pourraient être privilégiés)
	Concertation avec le milieu agricole
<b>Premiers heures/jours après l'accident</b>	Autoriser « l'exploitation » des aires d'épandage
	Informers les différents producteurs, collecteurs et transporteurs de déchets contaminés de la localisation des aires d'épandage

### 8.2.3. Le traitement des cadavres animaux contaminés dans les ateliers d'équarrissage

Les actions jugées nécessaires par le groupe de travail de mener en amont de l'accident concernant le traitement des cadavres animaux contaminés dans les ateliers d'équarrissage sont synthétisées dans le tableau suivant.

**Tableau 15 : synthèse des actions à mener concernant le traitement des cadavres animaux contaminés dans les ateliers d'équarrissage**

	<b>Actions</b>
<b>Phase amont de l'accident</b>	Identification des ateliers d'équarrissage
	Estimation de l'exposition des intervenants. Identification des moyens de protection et de surveillance pour les intervenants.
	Evaluation de la contamination résiduelle des ateliers d'équarrissage et des effluents
	Concertation avec le milieu agricole et les personnels des ateliers d'équarrissage

### 8.2.4. L'épandage de lait contaminé

Les actions jugées nécessaires par le groupe de travail de mener en amont de l'accident concernant l'épandage de lait contaminé sont synthétisées dans le tableau suivant. Y sont également décrites les premières actions à mener dès les premières heures après l'accident. Ces actions sont assez similaires à celles identifiées pour l'entreposage des déchets contaminés.

**Tableau 16 : synthèse des actions à mener concernant l'épandage de lait contaminé**

	<b>Actions</b>
<b>Phase amont de l'accident</b>	Inventaire des exploitations agricoles productrices de lait dans un rayon de 20 km autour des INB et recensement de celles qui ne sont pas équipées de fosses à lisier.
	Identification des zones favorables pour l'épandage du lait contaminé dans un rayon de 20 km autour des INB
	Ecriture d'une nouvelle circulaire sur la base de la circulaire du 11 octobre 2004 pour le lait contaminé par des radionucléides ou adaptation de la circulaire du 11 octobre 2004
	Estimation de l'exposition des intervenants. Identification des moyens de protection et de surveillance pour les intervenants.
	Concertation avec le milieu agricole
<b>Premiers heures/jours après l'accident</b>	Informers les exploitants agricoles sur le mode de gestion du lait contaminé (arrêté préfectoral basé sur la doctrine et les études établies et menées au cours de la phase de planification)

### 8.2.5. Le compostage des déchets végétaux contaminés

Le groupe de travail estime nécessaire de mener, en amont de l'accident, les actions synthétisées dans le tableau suivant relatives au compostage des déchets végétaux putrescibles et peu putrescibles contaminés.

**Tableau 17 : synthèse des actions à mener concernant le compostage des déchets végétaux putrescibles et peu putrescibles contaminés**

	<b>Actions</b>
<b>Phase amont de l'accident</b>	Inventaire des installations de compostage dans un rayon de 20 km autour des INB
	Etudes des aménagements qu'il est possible d'effectuer en quelques jours pour réduire l'impact sur l'environnement et les intervenants de la prise en charge de déchets contaminés
	Etude des conditions d'exploitation de ces installations pour des déchets contaminés (réduction maximale de la manipulation des déchets)
	Estimation de l'exposition des intervenants. Identification des moyens de protection et de surveillance pour les intervenants.
	Concertation avec les exploitants des installations de compostage



## 9. Références

- [1] Stratégies de réhabilitation : méthodologie d'évaluation d'un environnement contaminé suite à un accident, Application à l'exercice Becquerel, Badie M., Brun-Yaba Ch., Cessac B., Peres J.M., rapport IPSN/DPRE/SERGD 99-13, 1999
- [2] Handbook for assessing the impact of a radiological incident on levels of radioactivity in drinking water and risks to operatives at water treatment works, J Brown, D Hammond and B T Wilkins, HPA-RPD-040, Health Protection Agency, 2008
- [3] Incremental doses to operatives and members of the public following the implementation of agricultural countermeasures and rural waste management options – Principles, illustrative methodology and supporting data, N Hesketh MP Harvey and T Cabianca, rapport Euranos D3C1R01, 2006
- [4] CODIRPA : conséquences à court et moyen termes d'un rejet de plutonium dans l'atmosphère, N. Reales, S. Masset, E. Navarro, Note technique IRSN/DEI/SESUC/08-067, 2008
- [5] Mémo sur la gestion des déchets en Ukraine, Biélorussie et Russie suite à l'accident de Tchernobyl, J.M. Péres, Note technique IRSN/DEI/SARG/2006-059, 2006
- [6] Economic consequences of the Chernobyl accident in Norway in the decade 1986-1995, Ulf Tveten, Lisbeth I. Brynildsen, Ingar Amundsen & Tone D.S. Bergan, Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 41, No. 3, pp. 233-255, 1998
- [7] Countermeasures for radiocesium in animal products in Norway after the Chernobyl accident – Techniques, effectiveness, and costs, L. I. Brynildsen, T.D. Selnaes, P. Strand, and K. Hove, Health physics, Volume 70, Number 5, May 1996
- [8] Séminaire Euranos, « Réhabilitation des conditions de vie sur le long terme dans des territoires contaminés », Vers un cadre de gouvernance de l'urgence et de la réhabilitation post-accidentelles en Europe, Paris, 24-25 janvier 2006
- [9] Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (PNGMDR), De l'inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables à un bilan et une vision prospective des filières de gestion à long terme des déchets radioactifs en France, Décembre 2006
- [10] Analyse des principes de gestion des déchets et des matériaux définis par le GT6, CODIRPA-GT6, N. Reales, Rapport IRSN/DEI/SESUC/09-89, 2009
- [11] Evaluations dosimétriques relatives aux options de gestion de l'environnement contaminé en carbone 14 autour de l'ancien laboratoire de la société Isotopchim à Ganagobie, S. Roussel-Debet, rapport IRSN/DEI/SESURE/2009-40, à paraître
- [12] Exposé de J.M. Péres, IRSN, du 4 mai 2006, réalisé dans le cadre du CODIRPA
- [13] CODIRPA : présentation de deux scénarios d'accident affectant une centrale nucléaire française, N Réales, E. Quentric, note technique DEI/SARG/07-026 et DEI/SESUC/07-53, 2007

[14] CODIRPA : conséquences à court et moyen termes d'un rejet de plutonium dans l'atmosphère, N Réales, S. Masset, E. Navarro, note technique DEI/SESUC/08-067, 2008

[15] Exposé de J.M. Péres, IRSN, du 25 mai 2007, réalisé dans le cadre du CODIRPA

[16] Les déchets en chiffres, données et références, édition 2007, Ademe

[17] La collecte des déchets par le service public en France, Résultats Année 2005, Ademe, Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche

[18] Réhabilitation de surfaces contaminées à la suite d'un accident nucléaire et gestion des déchets qui en sont issus, F. Besnus, A. Jouve, JM. Peres, P. Santucci, Rapport IPSN/DPRE 96/01, 1996

[19] Guide d'aide à la décision pour la gestion du milieu agricole en cas d'accident nucléaire, guide ACTA/IRSN, version du 31 mai 2007

[20] Compte rendu de la réunion sur l'équarrissage du 30 juillet 2009 entre le SIFCO, la DGAL, l'IRSN et l'ASN

[21] Traitement thermique de déchets de très faible activité en phase post-accidentelle d'un accident nucléaire, Synthèse de l'étude, janvier 2010

[22] Traitement thermique de déchets de très faible activité en phase post-accidentelle d'un accident nucléaire, Cahier des charges fonctionnel, janvier 2010

**Annexe 1 : classification des déchets radioactifs en fonction des solutions de gestion développées dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR)**

<b>Période</b>	<b>Très courte durée de vie &lt; 100 jours</b>	<b>Courte durée de vie &lt; 30 ans</b>	<b>Longue durée de vie &gt; 30 ans</b>
<b>Très faible activité</b>	Gestion par décroissance radioactive	Stockage dédié en surface Filières de recyclage	
<b>Faible activité</b>		Stockage de surface (Centre de stockage de l'Aube) sauf déchets tritiés et certaines sources scellées	Stockages dédiés de faible profondeur à l'étude
<b>Moyenne activité</b>			Filières à l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi du 28 juin 2006
<b>Haute activité</b>		Filières à l'étude dans le cadre de l'article 3 de la loi du 28 juin 2006	

Le tableau ci-dessous présente la correspondance utilisée en France entre la catégorie du déchet et son activité.

	<b>Activité totale moyenne</b>	<b>Activité totale maximale</b>
<b>Très faible activité</b>	10 Bq/g	100 Bq/g
<b>Faible activité</b>	1 000 Bq/g	10 000 Bq/g
<b>Moyenne activité</b>	1 000 000 Bq/g	100 000 000 Bq/g
<b>Haute activité</b>	100 000 000 000 Bq/g	-

## Annexe 2 : composition du GT6 de 2005 à 2009

Nom	Organisme
Dominique BERGOT	Ministère de l'Ecologie
François BESNUS	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
Philippe BODENEZ	Autorité de Sûreté Nucléaire
Jacky BONNEMAINS	Association Robin des Bois
Dominique BOUTIN	Commission Locale d'Information
Dorothee BRIAUMONT	Fédération Nationale des Syndicats Exploitants Agricoles
Louis CAYEUX	Fédération Nationale des Syndicats Exploitants Agricoles
Olivier CHABANIS	Ministère de l'Ecologie
Francis CHASTAGNER	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
Géraldine DANDRIEUX	Autorité de Sûreté Nucléaire
François DURAND	Ministère de l'Agriculture
Michel DUTHE	Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense
Michel DUTZER	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
Marie-Paule ELLUARD	Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense
Eric FILLION	Areva
Alain GILOT	Ministère de l'Agriculture
Pierrick JAUNET	Autorité de Sûreté Nucléaire
Bertrand LANTES	EDF
Isabelle MARTIN	SITA
Michel MASSON	Fédération Nationale des Syndicats Exploitants Agricoles
Florent MATOUK	Autorité de Sûreté Nucléaire
Isabelle MEHL-AUGET	Autorité de Sûreté Nucléaire
Aurélie MERLE-SZEREMETA	Autorité de Sûreté Nucléaire
Jean-Marc PERES	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
Claude PERRIN	Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement
Elisabeth PONCELET	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
Philippe PONCET	Areva
Nicolas REALES	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
Gaëtan RUDANT	Autorité de Sûreté Nucléaire
Frédéric SEIGLE	Ministère de l'Ecologie
Alain THIZON	Autorité de Sûreté Nucléaire
Philippe VOLANT	Secrétariat Général de la Défense Nationale

Ont également participé aux travaux du GT6 : M. AMMERICH (CEA), M. FOURGEAUD (Ministère de l'Agriculture), Mme LIZOT (ASN), M. MEINRAD (TRAME), Mme SOWINSKI (ASN), M. ZRIBI (Office National Interprofessionnel des Céréales)

### Annexe 3 : La gestion des déchets en Biélorussie et en Ukraine après l'accident de Tchernobyl

#### *Généralités sur l'organisation administrative des territoires contaminés*

Les quantités de déchets issus des actions d'assainissement ou de réduction de la contamination des territoires contaminés suite à l'accident de Tchernobyl, sont à mettre en rapport avec la gravité et l'ampleur de cet accident. Mais elles sont aussi fonction de l'organisation administrative des zones contaminées, organisation qui a fortement conditionné la nature des actions de décontamination et donc des volumes de déchets produits.

Les facteurs ayant influencé leur production sont, d'une part, l'urgence imposée par les niveaux élevés d'exposition à proximité du réacteur accidenté, d'autre part, l'évolution de la connaissance du degré de contamination des territoires au-delà d'une trentaine de kilomètres.

Dans les premiers jours qui suivirent l'accident, les populations furent évacuées d'une zone de 30 kilomètres de rayon autour du site du réacteur accidenté (environ 100 000 personnes). Des agglomérations extérieures à cette zone furent aussi évacuées (environ 15 000 personnes), mais plus tardivement, de juin à la fin de 1986.

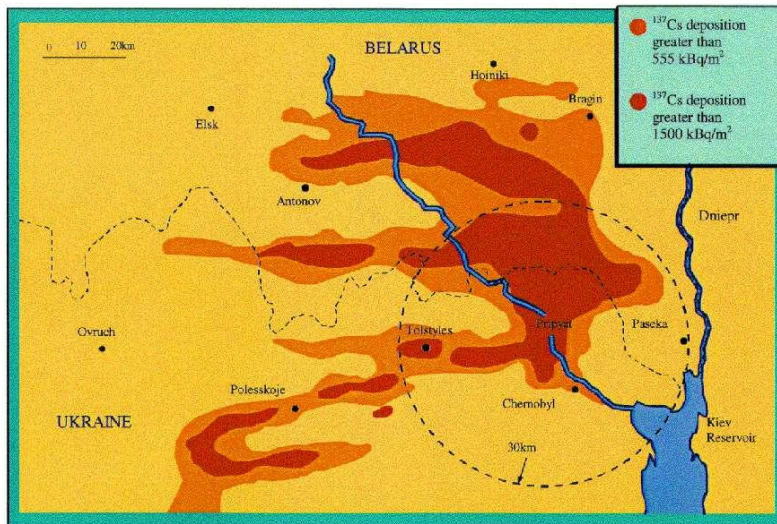
Le bétail présent dans les localités évacuées dans l'urgence fut en grande partie abandonné, puis abattu. Les carcasses furent enfouies (accompagnées d'un chaulage) dans des tranchées. Il n'existe pas d'informations fiables sur l'ampleur de ces opérations. Les autres animaux (volailles, chiens...) furent simplement abandonnés. Les évacuations organisées plus tardivement furent accompagnées d'une évacuation du bétail (une dizaine de milliers de têtes approximativement).

Depuis 1991, des zones ont été définies en fonction de la contamination du sol, sur un territoire intéressant les trois Etats concernés. A des fins opérationnelles, le critère pris en compte pour la détermination de ce zonage fut celui de l'activité surfacique en  $^{137}\text{Cs}$ , ceci pour des raisons de facilité de la mesure de ce radionucléide. En considérant le mode de vie rural des populations locales, une relation de  $1 \text{ Ci.km}^{-2}$  ( $37 \text{ kBq.m}^{-2}$ ) en  $^{137}\text{Cs} = 1 \text{ mSv.an}^{-1}$ , a été établie. A partir de cette relation approximative, un zonage a été défini en distinguant quatre statuts différents :

- ✓ les zones dites « interdites », dans lesquelles l'activité surfacique en  $^{137}\text{Cs}$  est supérieure à  $1480 \text{ kBq.m}^{-2}$  ( $> \text{ à } 40 \text{ mSv.an}^{-1}$ ) qui ont été totalement évacuées. Il n'y a aujourd'hui aucune résidence permanente ni activité économique dans ces zones ;
- ✓ les zones où l'activité surfacique en  $^{137}\text{Cs}$  est comprise entre  $555 \text{ kBq.m}^{-2}$  et  $1480 \text{ kBq.m}^{-2}$  ( $15 \text{ à } 40 \text{ mSv.an}^{-1}$ ), où l'habitation et les productions industrielles et agricoles sont interdites. Bien que ces zones soient appelées « zones de relogement obligatoire », elles n'ont été que partiellement évacuées ;
- ✓ les zones où l'activité surfacique en  $^{137}\text{Cs}$  est comprise entre  $185 \text{ kBq.m}^{-2}$  et  $555 \text{ kBq.m}^{-2}$  ( $5 \text{ à } 15 \text{ mSv.an}^{-1}$ ), les entreprises industrielles et agricoles ne peuvent pas être étendues et de nouvelles entreprises ne peuvent pas être créées. Ces zones sont appelées « zones de relogement volontaire », les populations peuvent demander un relogement dans des zones non contaminées, mais n'y sont pas contraintes ;
- ✓ les zones où l'activité surfacique en  $^{137}\text{Cs}$  est comprise entre  $37 \text{ kBq.m}^{-2}$  et  $185 \text{ kBq.m}^{-2}$  ( $1 \text{ à } 5 \text{ mSv.an}^{-1}$ ), les restrictions sont de même nature que dans les « zones de relogement volontaire », mais ne s'appliquent qu'aux entreprises dont les activités peuvent affecter la

santé des populations ou la qualité de l'environnement. Ces zones sont appelées « zones de contrôle radiologique ».

L'ensemble du territoire formé par la zone des 30 km (environ 2800 km<sup>2</sup>) et les agglomérations évacuées au-delà de ce périmètre (environ 1500 km<sup>2</sup>), aux dépôts théoriquement supérieurs à 555 kBq.m<sup>-2</sup> en <sup>137</sup>Cs, est appelé « zone d'exclusion ». Cette zone d'exclusion représente une surface totale de plus de 4310 km<sup>2</sup> : 2100 km<sup>2</sup> en Biélorussie, 2040 km<sup>2</sup> en Ukraine et 170 km<sup>2</sup> en Russie (cf. figure 1).



**Figure 1 : zone d'exclusion et surfaces dont l'activité surfacique est supérieure à 555 kBq.m<sup>-2</sup> en <sup>137</sup>Cs**

### **Opérations de décontamination**

Les activités d'assainissement ou de réduction de la contamination conduites dans ces zones doivent distinguer :

- ✓ les interventions réalisées dans l'urgence, à proximité du réacteur, qui avaient pour objet de rendre les lieux accessibles aux travailleurs (exploitants des réacteurs 1 et 2) et aux intervenants sur le réacteur accidenté, sans entraîner des expositions rédhibitoires ;
- ✓ les opérations de décontamination de zones où la population n'avait pas été évacuée, et plus particulièrement celles qui présentaient des niveaux de contamination surfacique compris entre 555 kBq.m<sup>-2</sup> et 1480 kBq.m<sup>-2</sup>, dans le but de réduire les sources d'exposition.

Toutes ces opérations ont produit des déchets. A titre illustratif, le décapage de la couche superficielle de sols, sur une dizaine de centimètres, qui a été réalisé quelques mois après l'accident, a conduit à des déchets :

- ✓ dépassant la centaine de Bq.g<sup>-1</sup> (tous radionucléides confondus), c'est-à-dire de type FMA (faible et moyenne activité) pour les zones dont l'activité surfacique en <sup>137</sup>Cs était supérieure à 1480 kBq.m<sup>-2</sup>. Ce type de déchets n'a été généré qu'à proximité du réacteur ;
- ✓ de type TFA (très faible activité) pour les zones dont l'activité surfacique en <sup>137</sup>Cs était comprise entre 37 kBq.m<sup>-2</sup> et 1480 kBq.m<sup>-2</sup>. Les concentrations (tous radionucléides confondus) étaient de l'ordre du Bq.g<sup>-1</sup> à quelques dizaines de Bq.g<sup>-1</sup>.

### ***Décontamination de la zone d'exclusion***

Une grande partie des opérations d'assainissement, conduites dans la zone d'exclusion, ont été effectuées dans l'urgence, entre 1986 et 1987. Elles se sont concentrées en premier lieu sur le site même de la centrale et sur des zones de « fréquentation élevée » dans l'environnement de proximité du réacteur accidenté, jusqu'à 4 à 5 km de distance.

Ces opérations étaient conditionnées par un enjeu de protection radiologique des travailleurs (et des intervenants), sur des zones où le débit de dose ambiant était compris entre quelques dizaines de  $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  et  $1\text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ , voire plus. A cette source d'exposition externe pouvait aussi s'ajouter un risque d'exposition interne dû à la remise en suspension dans l'air de particules radioactives (poussières contaminées et fins fragments de combustibles). La contamination surfacique totale pouvait atteindre dans ce périmètre  $10^5$  à  $10^7$   $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Les matériaux collectés étaient représentés par des équipements métalliques, mais surtout des bétons, des bitumes (routes) et des sols (5 à 10 premiers centimètres) avec la végétation qui les recouvrait. Ces opérations de décontamination se sont avérées assez efficaces pour créer des conditions radiologiques acceptables dans les unités réacteurs N°1 et N°2, qui reprendront leur activité en octobre 1986. Ces opérations ont conduit à réduire la dose externe d'un facteur 10 à 15, jusqu'à un facteur 100 dans certains lieux.

Après 1987, des opérations de réduction de la contamination de bâtiments et de leurs environnements ont été réalisées dans la ville de Tchernobyl (10 km au sud de la centrale) et quelques locaux de la ville de Pripiat (2 km au nord-ouest de la centrale), ainsi que dans des villages au sud et à l'est à l'intérieur de la zone d'exclusion dans lesquels des groupes de populations âgées se sont réinstallés dans les années qui suivirent l'accident.

Les véhicules les plus contaminés, ayant servi aux opérations d'assainissement, ont été entreposés à une dizaine de kilomètres au sud-ouest du site, en attente de traitement (cf. figure 2).

L'ensemble de ces opérations a généré environ 800 sites d'enfouissement de déchets, localisés en particulier dans une zone de 10 km autour de la centrale.



***Figure 2 : Entreposage des véhicules utilisés durant l'intervention sur le réacteur***

### ***Décontamination des territoires hors de la zone d'exclusion***

Dans les territoires sous contrôle radiologique, desquels les populations ne furent pas évacuées (contamination surfacique supposée inférieure à 555 kBq.m<sup>-2</sup> en <sup>137</sup>Cs), les actions de réduction de la contamination ont porté sur les milieux bâti et agricole. Ces opérations de réduction de la contamination, qui ont concerné plus de 1200 localités entre 1986 et 1989, ont été principalement focalisées sur les zones les plus contaminées. En effet, la variabilité importante des dépôts sur ces territoires a conduit à des niveaux ponctuels de contamination surfacique dépassant sensiblement les 555 kBq.m<sup>-2</sup> en <sup>137</sup>Cs. Ces opérations de réduction de la contamination ont consisté en :

- ✓ des actions de retrait de supports contaminés, à l'origine des productions de déchets : décapage des sols, remplacement des toits, parfois démantèlement d'habitations, récupération des filtres de systèmes de filtration d'air, collecte de certaines productions agricoles, de cendres, défoliation, etc. ;
- ✓ des actions de réduction des sources d'exposition : lavage des façades, goudronnage des voies, cours, espaces de jeux ou de sport, creusement de puits pour approvisionnement en eau de boisson, labours, etc..

L'ensemble de ces actions a conduit à une réduction de l'exposition de l'ordre de 10 à 30 %. L'activité massique des déchets radioactifs produits dans ce cadre est de l'ordre du Bq à quelques Bq.g<sup>-1</sup>. Elle peut atteindre quelques dizaines de Bq.g<sup>-1</sup> pour certains déchets, tels que les cendres de combustion du bois ou les boues issues du curage de zones de décantation (bassins ou fossés).

### ***Bilan sur les stockages réalisés en Biélorussie, Russie et Ukraine***

Le bilan présenté ci-après fait abstraction des déchets contenus dans le sarcophage qui représentent près de 40 000 m<sup>3</sup> de déchets hautement contaminés (combustible, graphite, sable et équipements du circuit primaire), quelques milliers de m<sup>3</sup> de déchets liquides et plus de 300 000 m<sup>3</sup> de déchets moyennement contaminés ou faiblement contaminés (sable, béton, équipements et matériels métalliques divers).

Ce bilan est focalisé sur les déchets issus d'une part, des actions d'assainissement conduites sur le site même de la centrale ainsi que dans l'environnement proche et d'autre part, des actions de réduction de la contamination de l'environnement des zones habitées dans les territoires sous contrôle radiologique (certaines actions conduites dans la zone d'exclusion, par exemple dans la ville de Tchernobyl, peuvent être associées à cette dernière catégorie).

L'information disponible à ce jour concernant les quantités de déchets générées par l'ensemble des actions d'assainissement des territoires contaminés, ainsi que la connaissance de la localisation des stockages ou des zones d'enfouissement, ne permettent pas de disposer d'une photographie très précise de la situation. Les recensements disponibles évaluent à environ un millier, le nombre de sites créés (stockages ou entreposages). Ceux-ci sont concentrés en grande partie dans la zone d'exclusion (800 sites environ), le reste étant réparti dans les zones contrôlées radiologiquement (quelques dizaines dans chaque état). La figure 3 présente les principales zones de stockages réalisés dans chacun des états. Chacune de ces zones peut comprendre plusieurs sites, voire quelques dizaines.

Un recensement conduit dans le cadre du programme IFA (Initiative Franco-Allemande), avec la participation des 3 Etats biélorusse, ukrainien et russe, a permis de dresser le bilan suivant :

- ✓ plus de 2 millions de m<sup>3</sup> répartis dans une dizaine de zones en Ukraine ;
- ✓ plus de 400 000 m<sup>3</sup> répartis sur une dizaine de zones en Biélorussie ;
- ✓ plus de 100 000 m<sup>3</sup> répartis sur 5 zones en Russie.



Néanmoins, ces volumes sont certainement largement sous-estimés. Si dans les territoires habités, les sites de stockage ou d'entreposage sont assez bien identifiés, il n'en est pas de même dans la zone d'exclusion. Les quelques investigations réalisées sur des zones identifiées, ont mis à jour des tranchées d'enfouissement non répertoriées. Les volumes et les activités des déchets stockés dans ces sites d'enfouissement sont extrêmement variables et surtout mal connus. La totalité pourrait probablement dépasser les 3 millions de m<sup>3</sup> pour plus de 10<sup>16</sup> Bq. Grossièrement, on peut estimer que 70 % des déchets sont stockés sur le territoire ukrainien, 25 % sur le territoire biélorusse et 5 % en Russie.

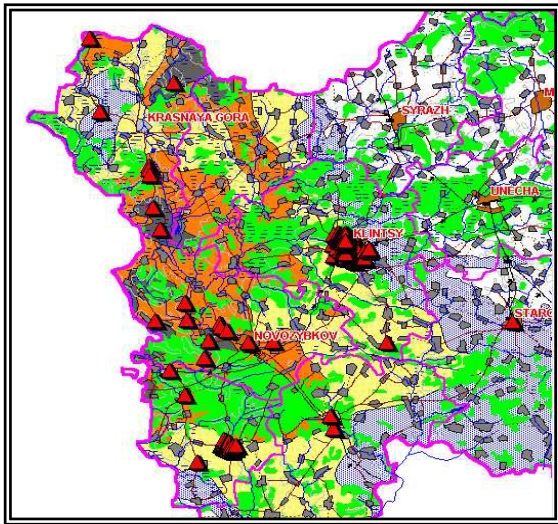


Figure 3a : Territoire de Russie

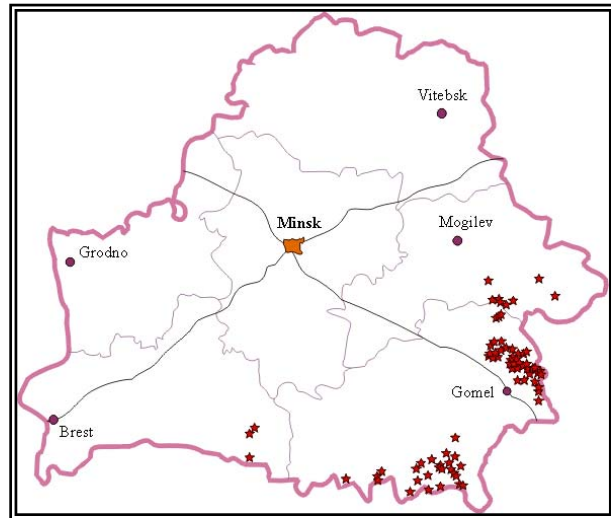


Figure 3b : Territoire de Biélorussie

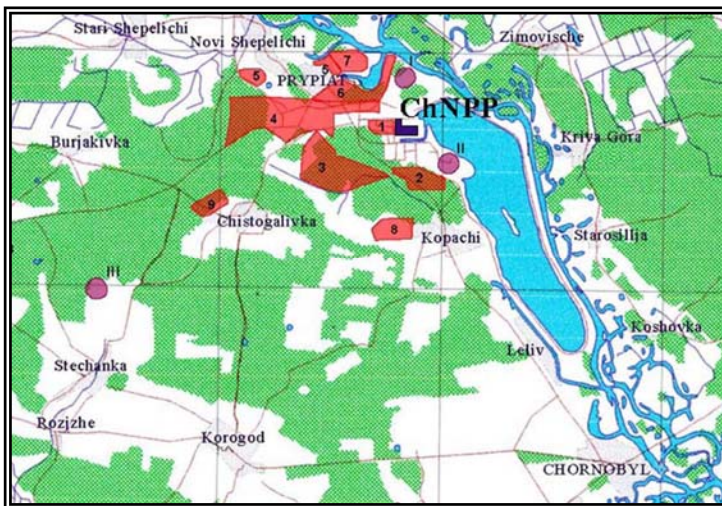


Figure 3c : Territoire d'Ukraine (zone des 10 Km)

- I - "Podlesnyi"; II - "3<sup>rd</sup> stage of ChNPP"; III - "Buriakovka".
- 1 - "Staraia Stroibaza"; 2 - "Novaia Stroibaza";
- 3 - "Ryzhyi Les" (Forêt Rousse);
- 4 - "Stantsyia Yanov"; 5 - "Town of Prypiat";
- 6 - "Neftebaza";

Figure 3 : Localisation des zones de stockages temporaires de déchets issus des actions de réduction de la contamination des territoires habités, sous contrôle radiologique

Naturellement, après un tel accident, il n'était pas possible d'organiser des stockages ou des entreposages suivant des règles précises de conditionnement des déchets et de concept de stockage, respectant la nature physique et le niveau de contamination des déchets. Suivant l'information disponible à ce jour, les natures des stockages réalisés sur l'ensemble des trois états peuvent être regroupées en trois catégories.

➤ **Stockages de déchets de moyenne et haute activité (MA et HA) maintenus sous contrôle**

- ✓ *Stockage de Podlesny.* Ce stockage, qui a été exploité entre fin 1986 et fin 1988, contient plus de 11 000 m<sup>3</sup> de déchets de moyenne et parfois de haute activité (suivant les matériaux l'activité spécifique est comprise entre 10<sup>4</sup> Bq.g<sup>-1</sup> et plus de 10<sup>6</sup> Bq.g<sup>-1</sup>). Les déchets, de natures diverses (structures métalliques, béton, sables, débris de combustibles, sols, bitumes, végétation), sont stockés dans des casemates en béton, réalisées dans l'enceinte même du site « réacteurs ».
- ✓ *Stockage de Kompleksny.* Ce stockage réalisé entre fin 1986 et 1988, a accueilli près de 30 000 m<sup>3</sup> de déchets de moyenne activité (entre 10<sup>4</sup> Bq.g<sup>-1</sup> et quelques 10<sup>5</sup> Bq.g<sup>-1</sup>). Ce stockage a été réalisé sur le site des réacteurs 5 et 6, qui étaient en construction au moment de l'accident. Les déchets (structures métalliques, béton, sables), sont conditionnés dans des fûts métalliques, stockés dans des casemates en béton.
- ✓ *Stockage de Buriakovka.* Ce stockage réalisé à partir de 1987, représente une surface de 24 ha, pour plus de 650 000 m<sup>3</sup> de déchets de faible et moyenne activité (béton, sables, bitumes des routes et végétation principalement). Les déchets y sont stockés dans des tranchées (une trentaine), constituées d'un fond étanche et d'une couverture argileuse.

- **Stockages non contrôlés de déchets de faible activité (FA).** Ces déchets, dont l'activité massique est comprise entre quelques 10<sup>2</sup> Bq.g<sup>-1</sup> et 10<sup>4</sup> Bq.g<sup>-1</sup>, représentent un volume compris entre 1 et 1,5 million de m<sup>3</sup>. Ces déchets sont enfouis dans des tranchées de 2 à 4 m de profondeur et de quelques mètres de large. Ces tranchées, situées dans un rayon de 10 km autour du réacteur accidenté, pouvant atteindre une longueur d'une centaine de mètres, sont recouvertes d'une simple couche de sable, prélevé à proximité et plus faiblement contaminé que les déchets. L'une des zones les plus caractéristiques de ce type d'enfouissement est certainement celle de la « Forêt Rousse » créée à 2 km à l'ouest du réacteur accidenté, qui fut entièrement consacrée à des opérations de stockage après abattage de la végétation (cf. figure 4).



a)



b)

**Figure 4 : Zone de la « Forêt Rousse » a) après abattage des arbres (1986) ; b) après réalisation des tranchées d'enfouissement (2000).**

➤ ***Stockages non contrôlés de déchets de très faible activité (TFA).***

Ces déchets, dont la concentration en radioactivité est comprise entre la fraction de Bq.g<sup>-1</sup> et quelques dizaines de Bq.g<sup>-1</sup>, représentent un volume compris entre 600 000 et plus de 1 million de m<sup>3</sup>. Ces déchets sont stockés dans des tranchées dispersées dans la zone d'exclusion ainsi que dans les zones habitées sous contrôle radiologique de Biélorussie, Russie et Ukraine. Certaines d'entre elles, dans les zones habitées, sont parfois recouvertes d'une couche imperméable argileuse.

Ce bilan montre que la majeure partie des déchets n'a pas été conditionnée et que les concepts associés à ces stockages sont souvent extrêmement sommaires. Pour la plupart, et en particulier pour ceux réalisés dans la période comprise entre 1986 et 1988, la pratique consistait à enfouir les déchets à même le sol, dans des tranchées de quelques mètres de profondeur et à les recouvrir d'un matériau peu étanche et souvent seulement d'un sol sableux peu contaminé.

On peut donc craindre une contamination progressive de l'environnement proche de ces sites par la lixiviation par l'eau de pluie. L'instrumentation mise en œuvre au niveau d'une tranchée identifiée en 1998 et localisée dans la zone de Ryshy (tranchée n° 22), dans le cadre d'une collaboration entre deux instituts ukrainiens et l'IRSN, a permis de mettre en évidence un marquage radiologique de l'aquifère de surface qui commence à progresser. L'activité massique des déchets présents dans cette tranchée, est de l'ordre de quelques milliers de Bq.g<sup>-1</sup> en <sup>90</sup>Sr et <sup>137</sup>Cs.

Annexe 4 : durées de dépassement des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA)

Tableau 18 : durées de dépassement des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA) en fonction des distances au point de rejet pour le scénario RTGV [8]

	Période radioactive	1 km	2 km	5 km	10 km	20 km	40 km	Distance maximale d'atteinte des NMA	
Céréales	RN > 10 j	1ère récolte > NMA 2ème récolte < NMA							11 km
	Iode	1ère récolte > NMA 2ème récolte < NMA							
Légumes feuilles	RN > 10 j	2 mois	1,5 mois	1 mois	25 jours			36 km	
	Iode	1,5 mois	1 mois	25 jours	15 jours	3 jours			
Viande bovine	RN > 10 j	1 an	1 an	9 mois	6 mois	1,5 mois		18 km	
	Iode	1 mois							
Lait de vache	RN > 10 j	> 2 mois	> 2 mois	2 mois	30 jours			35 km	
	Iode	2 mois	45 jours	35 jours	25 jours	10 jours			

Tableau 19 : durées de dépassement des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA) en fonction des distances au point de rejet pour le scénario Pu

	1 km	2 km	5 km	10 km	20 km	40 km	Distance maximale d'atteinte des NMA
Céréales	1 <sup>ère</sup> récolte						6 km
Légumes feuilles	60 j	60j	30j	15j			18 km
Légumes fruits	4 mois	3 mois	20 j				6 km
Légumes racines	4 mois	3 mois	20 j				6 km
Pomme de terre	1 <sup>ère</sup> récolte, 6 mois après l'accident						1 km
Viande bovine							/
Lait de vache							/

## Annexe 5 : L'entreposage des déchets agricoles dans des silos existant

La possibilité d'utiliser des structures existantes et notamment des silos pour entreposer les déchets céréaliers a été étudiée, du fait de leur capacité en terme de volume.

Plusieurs types de silos existent :

- ✓ les silos de collecte sont de capacité moyenne et équipés de systèmes de ventilation. Ils sont utilisés pour stocker les céréales juste après la récolte ;
- ✓ les silos intermédiaires sont de capacité plus importante et également équipés de systèmes de ventilation. Ils sont réservés au transit avant la commercialisation.

Il existe également des plates-formes de stockage temporaire (aires dallées ou bétonnées) situées sur les lieux de récolte qui peuvent éventuellement être couvertes. Ces plates-formes servent au stockage temporaire des céréales au moment de la récolte (quelques jours), en attendant leur enlèvement vers un silo de collecte.

Des estimations des capacités de stockage des céréales dans un rayon de 50 km autour des centrales de Belleville, Cattenom et Nogent ont été réalisées. Ce rayon de 50 km correspond à la distance sur laquelle on peut envisager de transporter les déchets pour les entreposer. Ces estimations ne tiennent pas compte des stockages à la ferme qui sont très développés dans la région Centre (Belleville).

Il existe une très forte densité de silos autour de la centrale de Belleville. Les silos sont remplis quasiment toute l'année car leur taux de rotation est très élevé (environ 3 fois dans l'année) du fait des quantités importantes de céréales stockées à la ferme dans la région Centre. La région Centre dispose ainsi de capacités de stockage globalement plus faibles que d'autres régions céréalières.

Il existe également une très forte densité de silos autour de la centrale de Nogent-sur-Seine (région Champagne-Ardenne). Beaucoup de communes autour de la centrale de Nogent présentent une capacité de stockage de plus de 30 000 tonnes.

La densité de silos est moindre autour de la centrale de Cattenom (région Lorraine). Les capacités de stockage d'importance (plus de 30 000 tonnes) sont peu nombreuses et éloignées de la centrale (30 à 40 km). Les capacités de stockage du Benelux ne sont pas connues. Il est probable qu'elles ne soient pas très importantes, le Benelux étant importateur de céréales.

Malgré les importantes capacités de stockage de certaines régions, la question de la disponibilité des silos peut se poser, notamment pour la région de Belleville pour laquelle les silos sont remplis quasiment toute l'année.

Les silos sont prévus pour entreposer uniquement du grain. Les pailles ne peuvent pas être entreposées dans des silos. Lors des récoltes, les pailles sont laissées dans les champs. Elles peuvent être « récoltées » si les broyeur des moissonneuses ne sont pas activés. Cette « désactivation » a l'avantage de réduire le panache de poussière émis lors de la récolte. Les pailles sont ensuite « pressées ». Les balles de paille obtenues peuvent être entreposées (gros volumes) puis éventuellement incinérées. Le matériel n'est pas disponible sur place mais peut être acheminé, la contrainte étant de prévoir la logistique associée. De plus, il se peut qu'un lavage de ces équipements soit à planifier avant un retour de ceux-ci dans leur territoire d'origine.

Si une telle récolte est envisagée, une évaluation de l'exposition radiologique des intervenants devra être réalisée en amont.

## **Annexe 6 : l'entreposage des déchets sur les parkings des CNPE**

L'avantage de ces zones est qu'elles sont déjà généralement équipées de surfaces enrobées et disposent de systèmes de collecte des eaux pluviales.

Les parkings des CNPE ont une surface comprise entre 3 et 8 hectares. Une estimation des capacités d'entreposage a été faite pour un conditionnement des déchets en conteneurs car ce mode de conditionnement sécurise le transport, permet d'optimiser l'entreposage, facilite la manutention et permet de confiner la radioactivité. Sur cette base, une surface de 3 hectares permettrait d'entreposer 2 000 conteneurs, soit 20 000 tonnes de déchets si on suppose une densité de 0,3. A titre d'exemple, l'activité entreposée serait de 600 GBq pour une hypothèse d'activité moyenne des déchets de 30 Bq/g, ce qui est comparable à celle d'une aire TFA en exploitation.

**Annexe 7 : liste des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) les plus proches des INB**

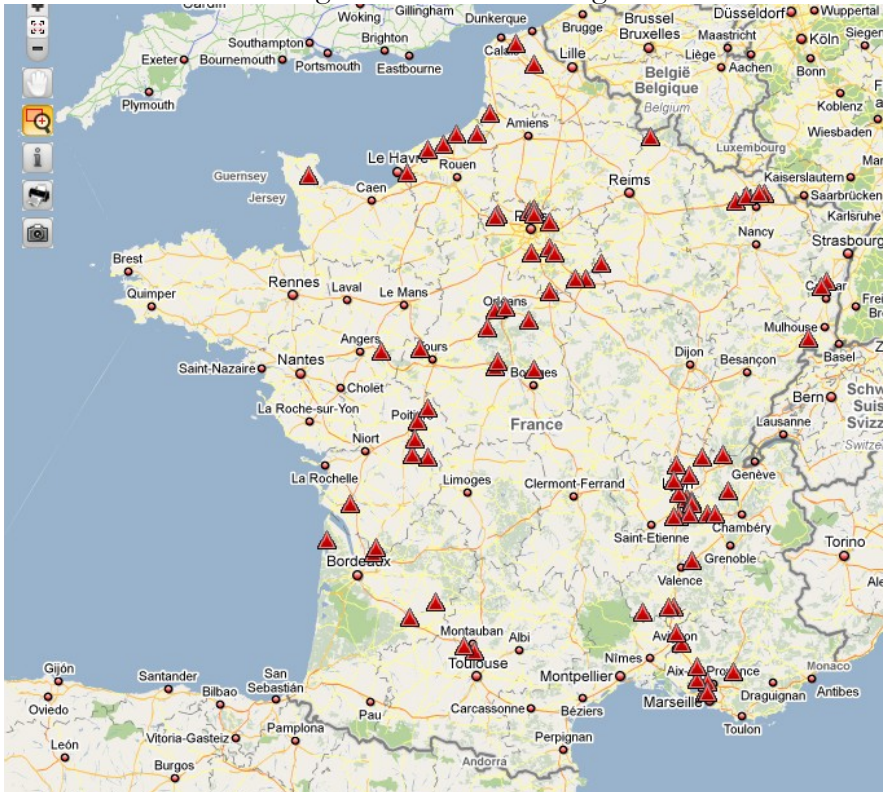
<b>INB</b>	<b>Distance entre l'UIOM et l'INB (localisation de l'UIOM, département)</b>
CNPE de Gravelines	98 km (Béthune, Labeuvrière, 62) 100 km (Lille, Halluin, 59) 117 km (Douchy les Mines, 59) 162 km (Maubeuge, 59)
CNPE de Chooz	150 km (Douchy les Mines, 59) 80 km (Maubeuge, 59) 150 km (Châlons-en-Champagne, La Veuve, 51)
CNPE de Penly	78 km (Grand Quévilly, 76) 140 km (Evreux, Guichainville, 27)
CNPE de Paluel	50 km (Grand Quévilly, 76) 140 km (Evreux, Guichainville, 27) 157 km (Guerville, 78)
CNPE de Flamanville	141 km (Caen, Colombelles, 14)
CNPE de Nogent sur Seine	45 km (Sens, 89) 70 km (Montereau, 77) 66 km (Vaux le Pénil, 77)
CNPE de Cattenom	43 km (Metz, 57) 108 km (Nancy, Ludres, 54)
CNPE de Dampierre	42 km (Montargis, Amilly, 45) 20 km (Gien, Arrabloy, 45)
CNPE de Belleville-sur-Loire	70 km (Montargis, Amilly, 45) 32 km (Gien, Arrabloy, 45)
CNPE de Saint Laurent des Eaux	22 km (Blois, 41)
CNPE de Chinon	58 km (Lasse, 49) 89 km (Angers, Sainte Gemme sur Loire, 49)
CNPE de Fessenheim	26 km (Sausheim, 68)
CNPE de Bugey	36 km (Lyon Nord, Rillieux le Pape, 69) 41 km (Bourgoin Jallieu, 38)
CNPE de Saint-Alban	70 km (Lyon Nord, Rillieux le Pape, 69) 79 km (Bourgoin Jallieu, 38)
CNPE de Cruas	92 km (Avignon, Vedène, 84)
CNPE de Tricastin	50 km (Avignon, Vedène, 84)
CEN de Cadarache	112 km (Avignon, Vedène, 84) 118 km (Toulon, 83)
CNPE de Civaux	36 km (Poitiers, 86)
CNPE de Blayais	115 km (Rochefort, Echillais, 17) 84 km (Angoulême, La Couronne, 16)
CNPE de Golfech	40 km, (Agen, Le Passage, 47) 65 km (Montauban, 82)
CEN Saclay	< 10 km (Villejust, 91)

## Annexe 8 : exemples de requêtes réalisées avec la base de données SINOE

Usines d'incinération d'ordures ménagères situées à moins de 50 km des CNPE

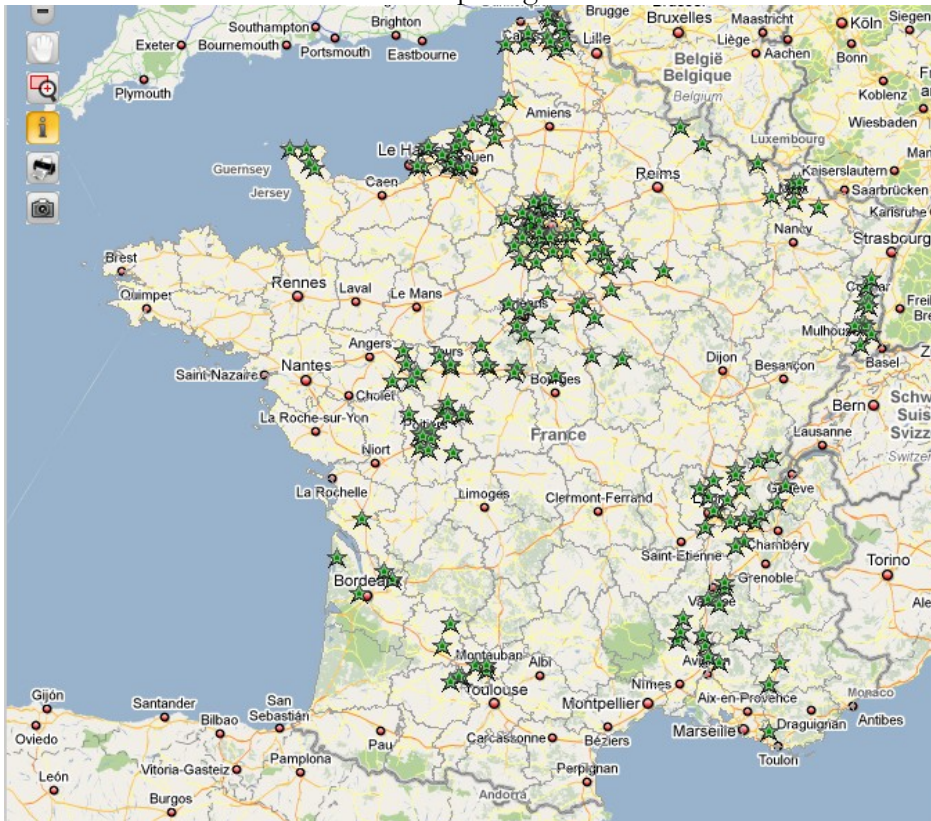


Centres de stockage de déchets non dangereux situés à moins de 50 km des CNPE





Installations de compostage situées à moins de 50 km des CNPE



Installations de méthanisation situées à moins de 50 km des CNPE

