



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Janvier 2024

DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE DU CIRES



PIÈCE 8.7

Étude de dangers

VOLUME 7

Caractérisation et classement
des différents phénomènes dangereux
et accidents



Demande d'autorisation environnementale du Cires

Pièce 8.7 : Étude de dangers

Volume 7 : Caractérisation et classement
des différents phénomènes dangereux et accidents

ACACIDOACID230060/B

Sommaire

1. Introduction	13
1.1 Rappel des scénarios à caractériser	14
1.2 Seuils des effets retenus	15
1.2.1 Seuils d'effets thermiques	15
1.2.2 Seuils d'effets de surpression	16
1.2.3 Seuils d'effets toxiques	17
1.2.4 Objectifs de protection vis-à-vis des effets radiologiques et toxicologiques	17
2. Hypothèses et méthodologies d'évaluation des conséquences pour les scénarios accidentels en phase d'exploitation	19
2.1 Évaluation des conséquences radiologiques	20
2.1.1 Choix de l'outil de calcul	20
2.1.2 Forme chimique et classe pulmonaire	20
2.1.3 Hauteur et durée des rejets	20
2.1.4 Groupes de référence, classes d'âges et localisation	21
2.1.5 Instants de calculs	22
2.1.6 Situations météorologiques retenues	22
2.2 Évaluation des effets de surpression	23
2.2.1 Energie de d'explosion	23
2.2.2 Effets de surpression	23
2.3 Évaluation des effets thermiques	24
2.4 Évaluation de la toxicité des fumées d'incendie	24
3. Étude des scénarios retenus en phase exploitation	27
3.1 Scénarios impliquant des déchets TFA	28
3.1.1 Scénario « renversement d'un engin de transfert en alvéole »	28
3.1.2 Scénario « incendie d'un engin de transfert dans l'alvéole »	30
3.1.3 Scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment de traitement »	35
3.1.4 Scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment logistique »	38
3.1.5 Conclusion des évaluations de conséquences des scénarios impliquant des déchets TFA, en phase exploitation	42
3.2 Scénarios impliquant des déchets du bâtiment regroupement/tri/traitement	43
3.2.1 Scénario d'explosion du local contenant des déchets solvants et liquides scintillants	43
3.2.2 Scénario d'incendie d'un camion au niveau du quai de chargement	51
3.2.3 Chute d'un colis de déchets transitant dans le bâtiment de regroupement/ tri/ traitement	57
3.2.4 Conclusion des évaluations de conséquences des scénarios impliquant des déchets des filières hors électronucléaire du bâtiment de regroupement/tri/traitement	59
3.3 Scénarios impliquant des déchets du bâtiment entreposage	59

3.3.1	Scénario : incendie d'un chargement dans la zone de chargement/déchargement	59
3.3.2	Scénario « chute de colis de déchets »	62
3.3.3	Conclusion des évaluations de conséquences des scénarios impliquant des déchets du bâtiment d'entreposage	65
4.	Étude des scénarios retenus en phase surveillance	67
4.1	<i>Description du scénario</i>	68
4.2	<i>Hypothèses prises en compte</i>	69
4.3	<i>Terme source relâché</i>	69
4.4	<i>Impact radiologique</i>	71
5.	Étude des scénarios retenus en phase de post-surveillance	73
5.1	<i>Scénario de transferts par l'eau</i>	74
5.1.1	Description et voies de transfert	74
5.1.2	Cas de référence	75
5.1.3	Études de sensibilité	76
5.2	<i>Scénarios de transferts par l'air</i>	79
5.2.1	Méthodologie d'évaluation des conséquences radiologiques et toxicologiques	79
5.2.2	Scénario chantier routier	80
5.2.3	Scénario résidence	83
5.2.4	Scénario « jeux d'enfants »	86
5.3	<i>Conclusion des évaluations des conséquences en phase de post-surveillance</i>	88
6.	Conclusions	89
	Tables des illustrations	93
	Références bibliographiques	95

Préambule

Contenu

L'étude de dangers du présent dossier d'autorisation environnementale est constituée de 7 volumes et d'un résumé non technique (RNT).

Volume	Étude de dangers
Volume 1	Contexte et conditions de réalisation de l'étude de dangers
Volume 2	Description du projet
Volume 3	Description de l'environnement du site
Volume 4	Identification, caractérisation et mesures de réduction des potentiels de dangers
Volume 5	Enseignements tirés du retour d'expérience
Volume 6	Évaluation des risques
Volume 7	Caractérisation et classement des différents phénomènes dangereux
Volume 8 (RNT)	Résumé non technique de l'étude de dangers

Le présent volume 7 est constitué de l'étude détaillée des risques ayant pour objectifs d'évaluer l'intensité des phénomènes dangereux des scénarios accidentels retenus dans le cadre de l'analyse préliminaire des risques explicitée dans le volume 6 de la présente étude de dangers.

Mise à jour du dossier d'enquête publique du dossier de demande d'autorisation environnementale du Cires (projet Acaci)

À la suite des avis du Conseil national de la protection de la nature (CNPN) et de l'Autorité environnementale (Ae) émis dans le cadre du processus d'instruction de la demande d'autorisation environnementale, des mises à jour ont été apportées par l'Andra dans certaines pièces du dossier (déposé pour instruction le 9 avril 2023) avant son passage en enquête publique.

Pour assurer la clarté de l'information du public, l'Andra assure la traçabilité de ces mises à jour.

Toutes les adaptations (modifications ou ajouts) se matérialisent par un **surlignage gris** dans le corps du texte, les corrections mineures de forme et de mise en cohérence ne sont pas matérialisées.

Acronymes

Acaci	Augmentation de la capacité de stockage autorisée du Cires
Andra	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
APPB	Arrêté préfectoral de protection de biotope
ARS	Agence régionale de santé
ASN	Autorité de sûreté nucléaire
ATEX	Atmosphère explosive
AVP	Études d'avant-projet incluant l'APS (avant-projet sommaire) et l'APD (avant-projet définitif)
BE	Bâtiment d'entreposage
Bq	Becquerel, mesure de la radioactivité (nombre de désintégration par seconde)
BRTT	Bâtiment de regroupement, tri et traitement
BT	Bâtiment de traitement
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes
CBNBP	Conservatoire botanique national du Bassin parisien
CCVs	Communauté de communes de Vendevre-Soulaines
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CEM	Champ électro-magnétique
CEN	Conservatoire des espaces naturels
Ci2A	Centres industriels de l'Andra dans l'Aube
Cigéo	Centre industriel pour le stockage géologique profond
Cires	Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage
CLI	Commission locale d'information
CNDP	Commission nationale du débat public
CNPE	Centre national de production d'électricité
COV	Composés organiques volatils
CSA	Centre de stockage de l'Aube
CSE	Comité social et économique
CSM	Centre de stockage de la Manche
CSRPN	Conseil scientifique régional du patrimoine naturel
CSS	Commission de suivi de site
CSSCT	Commission de santé, sécurité et conditions de Travail
DAE	Déchets d'activité économique

Acronymes

DBO5	Demande biologique en oxygène pendant 5 jours
DCE	Directive cadre sur l'eau
DCE	Dossier de consultation des entreprises
DCO	Demande chimique en oxygène
DD	Déchets dangereux
DDRM	Dossier départemental des risques majeurs
DDT	Direction départementale des territoires
Déchet LA	Liquides aqueux
Déchet LH	Liquides huileux
Déchet LS	Solvant de laboratoire
Déchet SC	Déchet solide compactable
Déchet SI	Déchet solide incinérable
Déchet SL/SLV	Fioles de scintillation
Déchet SNC	Déchet solide non compactable
Déchet SNI	Déchet solide non incinérable
Déchet SO	Déchets solides organiques
Déchet VTC	Déchet radioactif à vie très courte
Déchets FA-VL	Déchets radioactifs de faible activité à vie longue
Déchets FMA-VC	Déchets radioactifs de faible activité et moyenne activité à vie courte
Déchets HA	Déchets radioactifs de haute activité
Déchets MA-VL	Déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue
Déchets TFA	Déchets radioactifs de très faible activité
DET	Direction de l'Exécution des contrats de Travaux
DJE	Dose journalière d'exposition
DMA	Déchets ménagers et assimilés
DND	Déchets non dangereux
DOCOB	Document d'objectifs
DOO	Document d'orientations et d'objectifs
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DSIN	Direction de la sûreté des installations nucléaires
EDD	Étude de dangers
EEE	Espèce exotique envahissante
ENS	Espace naturel sensible
Epic	Établissement public à caractère industriel et commercial
ERC	Éviter, réduire, compenser
ERI	Excès de risque individuel
ERI	Excès du risque individuel

Acronymes

ERU	Excès de risque unitaire
ETM	Élément métallique à l'état de trace
ETP	Évapotranspiration potentielle
EVEE	Espèce végétale exotique envahissante
EXE	Études d'exécution
FSD	Formulaire standard des données
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
GNT	Grave non traitée
GPS	Global positioning system
GTR	Guide des terrassements routier
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCT	Hydrocarbures totaux
IBD	Indice biologique diatomée
IBGN	Indice biologique global normalisé
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
INB	Installation nucléaire de base
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INPN	Inventaire national du patrimoine naturel
IPR	Indice poissons rivière
IRAC	Indice radiologique d'acceptation en capacité
IRAS	Indice radiologique d'acceptation en stockage
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
LA	Liquides Aqueux
La CTA	Centrale de traitement de l'air
LDCA	Limite dérivée de concentration dans l'air
Le CTA	Coefficient de transfert atmosphérique
LPO	Ligue de protection des oiseaux
MES	Matières en suspension
MNHN	Muséum national d'histoire naturelle
mSv	Millisievert. Le sievert est l'unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements ionisant sur l'Homme
MTD	Meilleures techniques disponibles
NGF	Nivellement général de la France
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONCFS	Office national de la chasse et de la faune sauvage

Acronymes

ONEMA	Office national de l'eau et des milieux aquatiques
ONF	Office nationale des forêts
OPERA	Observatoire permanent de la radioactivité de l'atmosphère
OPIE	Office pour les insectes et leur environnement
PADD	Projet d'aménagement et de développement durable
PEHD	Polyéthylène de haute densité
PGRI	Plan de gestion des risques d'inondation
PIC	Permis d'intervention dans un espace confiné
PL	Poids Lourds
PLUi	Plan Local d'urbanisme intercommunal
PM	Particulate matter (poussières)
PM10	Particulate matter, particules fines de diamètre inférieur à 10 microns
PM2,5	Particulate matter, particules fines de diamètre inférieur à 2,5 microns
PNA	Plan national d'action
PNGD	Plan national de gestion des déchets
PNGMDR	Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs
PNPD	Plan national de prévention des déchets
PNR	Parc naturel régional
PRA	Plan régional d'action
PRO	Projet
PRPGD	Plan régional de prévention et de gestion des déchets
QD	Quotient de danger
QD	Coefficient de danger
RBI	Réserve biologique intégrale
RDO	Réseau de diffusion d'ordres
RNN	Réserve naturelle nationale
RNR	Réserve naturelle régionale
SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
SCOT	Schéma de cohérence territoriale
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SEA	Scénario d'évolution altérée
SEF	Société entomologique de France
SEN	Scénario d'évolution normale
SEOF	Société d'études ornithologiques de France
SFEPM	Société française pour l'étude et la protection des mammifères
SHF	Société herpétologique de France
SIG	Système d'information géographique

SIHI	Scénarios d'intrusion humaines involontaires
SRADDET	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoire
SRCE	Schéma régional de cohérence écologique
STEP	Station d'épuration des eaux usées
TGBT	Tableau général de basse tension
THE	Filtre de très haute efficacité
TMJA	Trafic moyen journalier annuel
TVB	Trame verte et bleue
UEF	Union de l'entomologie française
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
UNGG	Réacteur nucléaire à uranium naturel graphite gaz
VISA	Visa des plans d'exécution
VL	Véhicules légers
VLEP	Valeur limite d'exposition professionnelle
VTR	Valeur toxicologique de référence
ZER	Zone à émergence règlementée
ZH	Zone humide
ZNIEFF	Zone naturelle d'Intérêt écologique, faunistique et floristique
ZPE	Zone de préparation des expéditions
ZPS	Zone de protection spéciale au titre de la directive « oiseaux »
ZSC	Zone spéciale de conservation au titre de la directive « habitats, faune, flore »

Introduction

<i>1.1 Rappel des scénarios à caractériser</i>	<i>14</i>
<i>1.2 Seuils des effets retenus</i>	<i>15</i>



1.1 Rappel des scénarios à caractériser

Le volume 6 de l'étude de dangers a concerné l'évaluation des risques et a permis de lister les risques résiduels qui pourraient conduire à des effets notables pour les personnes, les installations, l'environnement ou les tiers extérieurs.

Parmi les scénarios identifiés dans le volume précédent, il apparaît nécessaire d'estimer les effets que provoqueraient les événements suivants :

Phase d'exploitation

- **Évènement 6E** : incendie d'un camion contenant des déchets au niveau du quai de chargement du bâtiment de regroupement/ tri/ traitement (BRTT), au niveau du quai de chargement. L'incendie se propage à l'ensemble du chargement et aux colis de déchets inflammables entreposés dans la ZPE, avec remise en suspension de substances radioactives (C - III).
- **Évènement 7E** : incendie d'un camion contenant des déchets TFA, dans le hall de déchargement du bâtiment logistique ou du bâtiment de traitement, qui se propage aux colis de déchets transportés, avec remise en suspension de substances radioactives (C - II).
- **Évènement 8E** : incendie d'un engin de transfert de déchets TFA en alvéole, qui se propage aux colis de déchets transportés, avec remise en suspension de substances radioactives (C - II).
- **Évènement 10E** : incendie d'un chargement au niveau de la zone de chargement du bâtiment d'entreposage, avec remise en suspension de substances radioactives (D - III).
- **Évènement 11E** : explosion du local dédié aux déchets liquides ou mixtes de type LS/LH (solvants, liquides organiques, huiles) suivie d'un incendie se propageant aux locaux voisins, contenant des déchets à caractère inflammable, combustible ou liquide (D - III).
- **Évènement 14E** : renversement d'un engin de transfert de déchets et des colis transportés lors de sa descente en alvéole, avec remise en suspension de substances radioactives (B - II).
- **Évènement 15E** : chute d'une palette de déchets dispersables lors de sa manutention au niveau du BRTT, avec remise en suspension de substances radioactives (B - II).
- **Évènement 16E** : chute d'une palette ou d'un colis de déchets dispersables lors de sa manutention au niveau du bâtiment d'entreposage, avec remise en suspension de substances radioactives (C - II).

L'évènement 16E peut concerner à la fois une palette de déchets de type sels radioactifs manipulée par le chariot élévateur électrique ou encore un caisson de 6 m³ de déchets de type terres et gravats (déchets radifères ou thorifères) manipulé par le chariot élévateur thermique.

Phase de surveillance

- **Évènement 1S** : chute d'un avion militaire sur les alvéoles de stockage en phase de surveillance, avec remise en suspension de substances radioactives (C - II).

Phase de post-surveillance

- **Évènement 1P** : chantier de travaux publics traversant le site et impliquant la remise en suspension de substances radioactives et toxiques (B - II).
- **Évènement 2P** : présence d'une habitation sur le site, les habitants y demeurant en permanence (B - II).
- **Évènement 3P** : une exposition des enfants de la résidence exposés au stockage, durant des périodes de jeux (B - II).
- **Évènement 5P** : utilisation de l'eau d'un puits implanté directement en aval du site à des fins de consommation et d'irrigation (scénario puits) (C - II).

Pour l'ensemble de ces événements, il convient de caractériser le terme source, de définir les moyens de modélisation et les modèles choisis et enfin de déterminer les effets des événements en termes de nature et de distances pour un seuil donné. Les différents seuils des effets sont présentés dans le paragraphe suivant.

L'évaluation des scénarios retenus est présentée au chapitre 3 (phases d'exploitation actuelle et future), au chapitre 4 (phase de surveillance) et au chapitre 5 (phase de post-surveillance).

Les risques majeurs identifiés sur le site étant la dispersion de substances radioactives et de substances toxiques chimiques dans l'air et dans l'eau, l'incendie et l'explosion, les potentiels effets de ces substances (exposition radiologique et chimique), thermiques ou de surpression sur les hommes et les structures sont donc à évaluer pour ces événements (scénarios accidentels retenus).

1.2 Seuils des effets retenus

L'intensité des effets des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées pour les hommes et les structures, sous forme :

- de seuils d'effets thermiques pour les scénarios d'incendie ;
- de seuils d'effets de surpression et d'effets de projections pour les scénarios d'explosion ;
- de seuils d'effets toxiques pour l'inhalation des composés chimiques générés par les scénarios d'incendie ;
- d'objectifs de protection radiologique et toxicologique pour le public et le groupe de référence pour l'ensemble des scénarios mettant en jeu de déchets radioactifs.

Ces valeurs de référence sont issues :

- de l'arrêté du 29 septembre 2005 (1) relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation, pour les seuils d'effets thermiques, toxiques et de surpression ;
- de l'arrêté du 23 juin 2015 (2) relatif aux installations mettant en œuvre des substances radioactives, déchets radioactifs ou résidus solides de minerai d'uranium, de thorium ou de radium soumises à autorisation au titre de la rubrique 1716, de la rubrique 1735 et de la rubrique 2797 de la nomenclature des installations classées, pour les objectifs de dose liés aux conséquences radiologiques des scénarios accidentels.

1.2.1 Seuils d'effets thermiques

Les seuils réglementaires d'effets thermiques sur les personnes et les structures retenus dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 (1) sont recensés dans le tableau 1-1 et le tableau 1-2 ci-après avec les effets associés. Les seuils de référence des effets thermiques sur les structures, retenus dans le même arrêté, concernent des effets thermiques à des expositions prolongées des structures.

Tableau 1-1 *Seuils réglementaires pour les effets thermiques sur les personnes*

Effet du flux thermique reçu sur les personnes	Seuils	
	Exposition de courte durée	Exposition prolongée
Seuil des effets irréversibles (zone des dangers significatifs pour la vie humaine)	600 (kW/m ²) ^{4/3} .s	3 kW/m ²
Seuil des premiers effets létaux (zone des dangers graves pour la vie humaine)	1 000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	5 kW/m ²
Seuil des effets létaux significatifs (zone des dangers très graves pour la vie humaine)	1 800 (kW/m ²) ^{4/3} .s	8 kW/m ²

Tableau 1-2 *Seuils réglementaires pour les effets thermiques sur les structures*

Effet du flux thermique reçu sur les structures	Seuils
Seuil des destructions significatives de vitres	5 kW/m ²
Seuil des effets dominos ¹ et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures	8 kW/m ²
Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	16 kW/m ²
Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	20 kW/m ²
Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes	200 kW/m ²

1.2.2 Seuils d'effets de surpression

Les valeurs de référence d'effets de surpressions retenues dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 (1) sont indiquées dans le tableau 1-3 pour les effets sur les personnes et dans le tableau 1-4 pour les effets sur les structures.

Tableau 1-3 *Seuils réglementaires pour les effets de surpression sur les personnes*

Effets de surpression sur les personnes	Seuils
Seuil des effets délimitant la « zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme »	20 mbar
Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »	50 mbar
Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »	140 mbar
Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »	200 mbar

Tableau 1-4 *Seuils réglementaires pour les effets de surpression sur les structures*

Effets de surpression sur les structures	Seuils
Seuil des destructions significatives de vitres	20 mbar
Seuil des dégâts légers sur les structures	50 mbar
Seuil des dégâts graves sur les structures	140 mbar
Seuil des effets dominos	200 mbar
Seuil des dégâts très graves sur les structures	300 mbar

¹ Seuil à partir duquel les effets dominos doivent être examinés. Une modulation est possible en fonction des matériaux et structures concernés.

1.2.3 Seuils d'effets toxiques

Les seuils de référence pour les effets toxiques par inhalation retenus dans l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 (1) et repris dans la circulaire du 10 mai 2010 (3) sont indiqués dans le tableau 1-5 suivant. Ces seuils sont utilisés uniquement dans le cadre des évaluations accidentelles en phase d'exploitation actuelle et future.

Tableau 1-5 *Seuils réglementaires pour les effets toxiques par inhalation*

Effets toxiques par inhalation	Seuils
Zone des dangers significatifs pour la vie humaine	Seuils des Effets Irréversibles (SEI)
Zone des dangers graves pour la vie humaine	Seuils des Premiers Effets Létaux (SPEL) correspondant à une concentration létale de 1 %
Zone des dangers très graves pour la vie humaine	Seuils des Effets Létaux Significatifs (SELS) correspondant à une concentration létale de 5 %

1.2.4 Objectifs de protection vis-à-vis des effets radiologiques et toxicologiques

1.2.4.1 Critères de protection radiologiques

Pour les scénarios accidentels en phase d'exploitation et de surveillance, les critères de protection vis-à-vis des effets radiologiques du public, qu'il soit en limite de l'établissement ou au niveau du groupe de référence, sont indiqués dans le tableau 1-6 ci-dessous. Les objectifs réglementaires sont fixés par le code de la santé publique et/ou par l'arrêté du 23 juin 2015 (2). Ce même tableau présente les objectifs de protection retenus au sein de l'Andra.

À titre informatif, sont également rappelés dans le tableau les objectifs de protection du public pour un mode de fonctionnement normal des installations.

Tableau 1-6 *Objectifs de protection vis-à-vis des effets radiologiques*

Situation	Objectifs réglementaires	Objectifs Andra
Normale	Dose inférieure à 1 mSv/an	Dose inférieure à 0,25 mSv/an
Accidentelle	Dose inférieure à 10 mSv en limite de l'établissement Absence de nécessité de mesures de protection du public	Dose inférieure à 10 mSv pour le public et pour le groupe de référence (dose intégrée sur 50 ans)
	Dose comprise entre 10 mSv et 50 mSv Mise en place d'une politique de prévention des accidents	
	Interdiction de dépasser une dose supérieure à 50 mSv	

Pour la phase de post-surveillance, les impacts associés au scénario « puits dans la nappe en aval du site » et aux scénarios d'intrusions humaines involontaires, considérés comme des scénarios d'évolution altérée (SEA), sont comparés à :

- la dose moyenne annuelle reçue en France, soit 4,5 mSv/an (6,5 mSv/an en prenant en considération le nouveau coefficient de dose radon de la CIPR 137) ;
- la valeur de 10 mSv/an, borne haute de la gamme de valeurs retenue par l'Andra pour apprécier les résultats des scénarios d'évolution altérée pour les installations nucléaires de base (INB) ;

- Dans le cas particulier de l'exposition au radon, l'impact est apprécié en comparant la concentration volumique évaluée à l'intérieur de l'habitation au niveau de référence de 300 Bq.m⁻³ (article R1333-28 du code de la santé publique).

1.2.4.2 Critères de protection toxicologique

Pour les évaluations d'impact toxicologique, les indicateurs de risque retenus par l'Andra sont issus de la méthodologie définie dans le guide INERIS pour l'évaluation des milieux et des risques sanitaires. Il s'agit notamment de définir :

- Pour les substances présentant des effets systémiques ou à seuil, un quotient de danger (QD), selon la formule suivante :

$$QD = \frac{\text{Niveau d'exposition}}{VTR}$$

- Pour les substances présentant des effets cancérogènes sans seuil, l'excès du risque individuel (ERI) :

$$ERI = \text{Niveau d'exposition} \times ERU \times \frac{\text{Durée d'exposition (an)}}{\text{Durée vie entière (= 70 ans)}}$$

Vis-à-vis des risques associés à la présence de toxiques chimiques dans les déchets, deux gammes de valeurs sont retenues pour apprécier les résultats :

- indicateur de référence 1 (ce qui est recherché en termes d'optimisation) : QD < 1 et ERI < 10⁻⁵ ;
- indicateur de référence 2 (ce qui est acceptable) : QD < 5 et ERI < 10⁻⁴.

Il est à noter que dans le cas des scénarios de transfert par l'eau, la première phase consiste à comparer les concentrations potentielles évaluées dans les milieux avec les normes de qualité environnementale correspondantes. Ainsi, dans le cas du scénario « puits dans la nappe en aval du site », si la concentration volumique d'une substance toxique chimique dans la nappe est inférieure à sa limite de potabilité dans les eaux, l'impact est jugé acceptable et il n'est pas nécessaire de procéder à l'évaluation des QD et ERI.

Hypothèses et méthodologies d'évaluation des conséquences pour les scénarios accidentels en phase d'exploitation

<i>2.1 Évaluation des conséquences radiologiques</i>	<i>20</i>
<i>2.2 Évaluation des effets de surpression</i>	<i>23</i>
<i>2.3 Évaluation des effets thermiques</i>	<i>24</i>
<i>2.4 Évaluation de la toxicité des fumées d'incendie</i>	<i>24</i>

2.1 Évaluation des conséquences radiologiques

2.1.1 Choix de l'outil de calcul

Un modèle d'impact radiologique par voie atmosphérique se base sur un jeu d'hypothèses, de données et d'équations mathématiques qui vise à définir les conséquences quantitatives (en dose) sur un groupe de référence d'un rejet de radioactivité dans l'atmosphère (exprimé en Bq).

De manière générale, le modèle de l'impact des rejets atmosphériques peut être décomposé en deux sous-modèles qui se complètent :

- Un modèle de dispersion atmosphérique qui traduit le transport et le dépôt des particules radioactives vers l'environnement. Ce modèle permet d'établir une concentration atmosphérique d'activité en Bq/m³ dans l'air et un dépôt surfacique en Bq/m² en fonction de la distance du point de rejet ;
- Un modèle de biosphère qui traduit les expositions du groupe de référence par le biais de transfert dans l'environnement.

L'outil de calcul retenu est la plateforme CERES® (Code d'Évaluations Rapides Environnementales et Sanitaires) développé par le CEA et plus particulièrement le module MITHRA-EA (version 6.2.14) qui est dédié aux situations accidentelles et basé sur un modèle à bouffées gaussiennes. Ce module combine les deux sous modèles (dispersion atmosphérique et modèle biosphère).

Le module MITHRA de la plateforme CERES® a fait l'objet d'un dossier de qualification sous la forme de comparaisons avec d'autres codes de calcul. Pour le calcul des écarts-types de distribution gaussienne des concentrations, plusieurs méthodes sont disponibles dans le code MITHRA-EA. L'option choisie est la méthode de Pasquill-Turner recommandé par l'AIEA, dans sa publication 19 de la série 'Safety Reports Series' (4).

L'utilisation de la plateforme CERES pour l'évaluation des conséquences radiologiques des rejets atmosphériques en situation accidentelle du Cires est une évolution du choix des outils de calculs utilisés depuis 2014 (utilisation jusqu'alors des abaques de Doury) qui va permettre de réaliser des calculs d'impact radiologique en cohérence avec ce qui est fait sur les autres centres et projets de l'Andra. L'ensemble des voies d'exposition sera considéré et les évaluations seront également menées sur des durées de moyen et long terme (1 an et vie entière) en complément du court terme (24 h).

► NOTE IMPORTANTE

L'outil de calcul retenu pour l'évaluation des conséquences d'un rejet accidentel en phase d'exploitation et en phase de surveillance est la plateforme CERES® (Code d'Évaluations Rapides Environnementales et Sanitaires) et plus particulièrement le module MITHRA-EA.

2.1.2 Forme chimique et classe pulmonaire

Pour chaque élément, la forme chimique retenue correspond à la classe pulmonaire (S, M ou F) recommandée en absence de connaissance sur la forme chimique dans le tableau 1.3 de l'annexe III, chapitre 4 de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants (5).

2.1.3 Hauteur et durée des rejets

En raison de la localisation des scénarios de chute considérés, les rejets ne sont pas canalisés par un émissaire rejetant en hauteur. Une hauteur de rejet réaliste de 0 m est retenue pour les scénarios de chute en alvéole ou en installation.

Pour les rejets consécutifs à un incendie ou une explosion, dont la hauteur de rejet peut dépendre des circonstances de l'accident, il est retenu de manière conservatrice une hauteur de rejet à 0 m sans surhauteur.

2.1.4 Groupes de référence, classes d'âges et localisation

2.1.4.1 Groupe multi-activités

L'Andra considère différents groupes potentiellement exposés, représentatifs d'une activité spécifique. Les groupes sont choisis pour être représentatifs d'activités actuellement observées dans la région concernée par le projet Acaci.

Le groupe défini comme « multi-activités », défini comme le groupe de référence inclut l'ensemble des voies d'exposition (exposition externe, inhalation, et ingestion) liées à ses multiples activités. Il s'agit du même groupe retenu pour les évaluations en fonctionnement normal.

Les produits autoconsommés par le groupe multi-activités proviennent de son lieu de vie (jardin potager, basse-cour, achat circuit-court). Ces quantités autoconsommées proviennent d'une enquête alimentaire réalisée en 2013 sur le secteur de Meuse/Haute-Marne.

Conformément à la démarche de biosphère mise en place par l'Andra, trois classes d'âge sont considérées : adulte, enfant de 1 an et enfant de 10 ans. Les trois classes d'âge sont choisies selon les recommandations de la CIPR 89 et le code de la santé publique et sont présentées ci-après :

- enfant (3 mois à 5 ans) avec les habitudes de vie de 1 an, dénommé enfant de 1 an ;
- enfant (6 à 15 ans) avec les habitudes de vie des enfants de 10 ans, dénommé enfant de 10 ans ;
- adulte (16 ans à 70 ans) avec les habitudes de vie des adultes, dénommé individu adulte.

Un temps de présence maximal est considéré, égal à 100 % du temps (24h), permettant ainsi de maximiser l'exposition d'une personne au point cible étudié.

Le groupe de référence multi-activités est localisé au hameau de La Chaise situé à environ 900 m du Cires (en considérant l'emplacement des activités industrielles actuelles). Il s'agit de la zone habitée du village la plus proche du centre (la distance moyenne du village étant de 1430 m). L'individu représentatif du groupe de référence multi-activités est considéré dans tous les cas être dans l'axe du vent pendant toute la durée du rejet.

2.1.4.2 Groupe promeneur

Le groupe de référence « promeneur » correspond à un adulte se promenant en limite de site à proximité de la clôture au moment de l'accident. Le promeneur ne consomme aucun aliment issu de son lieu de promenade. Seules les expositions par exposition externe au panache, au dépôt et inhalation du panache sont considérées.

Le temps d'exposition est fixé à 2 heures. En effet, il est supposé qu'en cas d'accident, les secours et pompiers arrivent sur le lieu d'accident en 30 minutes et procèdent à l'évacuation du promeneur. Le temps d'exposition de 2 heures paraît ainsi majorant et permet d'englober toute la durée de passage du panache. Cette durée est aussi usuellement utilisée par d'autres exploitants nucléaires.

Le groupe de référence « promeneur à la clôture » est considéré à 200 m du point de rejet pour les scénarios localisés au BRTT ou au bâtiment logistique qui se situent au centre du Cires et à 100 m du point de rejet pour les autres scénarios accidentels.

Le promeneur est considéré dans tous les cas être dans l'axe du vent pendant toute la durée du rejet.

► NOTE IMPORTANTE

Deux groupes de références sont retenus pour l'évaluation des conséquences radiologiques en fonctionnement accidentel : un groupe multi-activités localisé au village de La Chaise et un groupe promeneur localisé au voisinage de la clôture du Cires.

2.1.5 Instants de calculs

Pour le groupe promeneur la dose est uniquement évaluée à court terme (24 h) et correspond à l'exposition reçue à la suite du passage du panache avec un temps d'exposition de 2 h. Les voies d'exposition considérées sont celles liées à de l'exposition court terme (exposition externe au panache et au dépôt et exposition interne par inhalation) car il ne s'agit pas d'un lieu de vie (pas d'ingestion).

Pour le groupe multi-activités la dose est évaluée à court, moyen et long terme soit respectivement 24 h, 1 an et 50 ans (70 ans pour les enfants) en considérant l'ensemble des voies d'exposition : exposition externe, exposition interne par inhalation et par ingestion.

2.1.6 Situations météorologiques retenues

Dans le cas d'une situation accidentelle, les conditions météorologiques à considérer sont retenues conformément aux règles méthodologiques de la circulaire du 10 mai 2010 (3) applicables aux études de dangers des ICPE. Elles correspondent à différentes classes de stabilité de Pasquill associées à une vitesse de vent donnée. Les conditions de rejet à étudier dépendent également de la nature du rejet selon si celui-ci a lieu au niveau du sol ou en hauteur. Le tableau 2-1 récapitule les conditions à étudier d'après la circulaire pour des rejets horizontaux au niveau du sol (cas des rejets à 0m).

Tableau 2-1 Conditions météorologiques à considérer en situations accidentelles pour des rejets au niveau du sol

Conditions de rejet	Stabilité atmosphérique	Vitesse de vent
	Classe de Pasquill	m/s
Rejet horizontal au niveau du sol	D	5
	F	3

Les conditions à étudier sont donc D5 (condition médiane présente en journée) et F3 (condition défavorable pour la dispersion atmosphérique et présente la nuit).

La condition météorologique D5 peut se rencontrer en journée, ainsi tous les scénarios sont calculés avec cette condition météorologique.

La condition météo F3 ne se rencontrant que la nuit, elle est associée uniquement aux scénarios pouvant survenir la nuit et qui ne font pas suite à une action humaine d'exploitation (l'exploitation du centre étant limité aux horaires de journée).

Une analyse statistique des données météorologiques (2016-2020) de la station de Soulaines-Dhuys située sur le site du centre de stockage de l'Aube (CSA) à environ 2 kilomètres du Cires a été réalisée afin de s'assurer que les conditions météorologiques recommandées par la circulaire (3) sont cohérentes avec les conditions observées et permettent une couverture suffisante des conséquences radiologiques estimées à court, moyen et long terme.

► NOTE IMPORTANTE

- Deux conditions météorologiques sont retenues pour les évaluations : D5 (condition pénalisante en journée) et F3 (condition pénalisante la nuit).
- De manière conservatrice, les groupes de référence sont supposés être en cas d'accident systématiquement dans l'axe de vent et ce indépendamment des directions préférentielles de vent sur le site.

2.2 Évaluation des effets de surpression

Un seul scénario en exploitation (11E : explosion du local dédié aux déchets liquides ou mixtes de type SL/SLV/LS/LH suivie d'un incendie se propageant aux locaux voisins) nécessite dans le cadre du présent volume une évaluation détaillée des conséquences.

Pour ce scénario, les effets associés à l'explosion de gaz en milieu confiné sont évalués au chapitre 3.2.1.5 par la méthode Multi-Energie associée au calcul de l'énergie de détente liée à l'éclatement de la capacité par la formule de Brode.

La démarche de calcul consiste ainsi en 2 étapes :

- calculer l'énergie d'explosion à l'aide de la formule de Brode ;
- déterminer les distances d'effets des surpressions seuils à partir de l'abaque indice 10 de la méthode multi-énergie représentatif de la propagation d'une onde de choc liée à l'éclatement de l'enceinte.

2.2.1 Energie de d'explosion

Le relâchement brutal d'énergie consécutif à la rupture d'une capacité sous pression engendre une onde de surpression pouvant causer des dommages à l'homme et des dégâts aux biens. Le calcul de l'énergie de détente par la formule de l'énergie de Brode (E_b) est déterminée par la formule suivante :

$$E_b = V * \frac{P_{ex} - P_{atm}}{\gamma - 1}$$

où :

- E_b est l'énergie libérée (Joules) ;
- P_{ex} est la pression d'éclatement absolue de l'enceinte (Pa) ;
- P_{atm} est la pression atmosphérique (Pa) ;
- V est le volume du ciel gazeux dans la capacité ou l'enceinte (m^3) ;
- et γ est le rapport des chaleurs spécifiques du gaz contenu dans la capacité (sans dimension), il est pris égal à 1,4 pour l'air et les gaz diatomiques.

2.2.2 Effets de surpression

Les distances d'effets de l'onde de surpression sont ensuite déterminées en utilisant la méthode multi-énergie avec un indice de violence (ou de sévérité) de 10. Il s'agit de l'indice le plus pénalisant, assimilant l'onde de pression libérée par l'éclatement du local à celle émise par la détonation d'un explosif.

Les formules utilisées correspondant à la courbe multi-énergie indice 10 sont reprises dans le tableau 2-2.

Tableau 2-2 Formule de détermination des distances des effets de surpression

Valeurs de référence – Seuils d'effets de surpression	Distances associées aux seuils d'effets de surpression Méthode multi-énergie indice 10
200 mbar	$0,032 \times E^{1/3}$
140 mbar	$0,05 \times E^{1/3}$
50 mbar	$0,11 \times E^{1/3}$
20 mbar *	$0,22 \times E^{1/3}$

* L'arrêté du 29 septembre 2005 précise que compte tenu des dispersions de modélisation pour les faibles surpressions, il peut être adopté pour la surpression de 20 mbar, une distance d'effet égale à 2 fois la distance d'effet obtenue pour une surpression de 50 mbar

2.3 Évaluation des effets thermiques

Les scénarios d'incendie évalués dans le présent volume sont des feux de camions ou d'engins de transport se propageant aux colis de déchets transportés. Ces feux sont assimilés à des feux de nappe considérant que le feu de camion peut induire un épandage d'hydrocarbure au droit du camion et l'inflammation de cette nappe. Parmi tous ces scénarios, seul le scénario 6E : incendie d'un camion contenant des déchets au niveau du quai de chargement du BRTT est susceptible de mettre en jeu d'autres déchets que ceux transportés à savoir les déchets liquides ou mixtes inflammables présents dans la zone de préparation des expéditions (ZPE). L'épandage au sol des déchets liquides inflammables (assimilés à des hydrocarbures) génère donc une nappe sur la surface du quai intégrant la ZPE. Les impacts de ce scénario sont les plus importants en termes de flux thermiques puisque la nappe d'hydrocarbures en feu présente la surface la plus grande.

Les distances d'effets thermiques ont été calculées à l'aide de l'outil de calcul au format Excel développé par l'INERIS à la suite des travaux du GTDLI (groupe de travail sectoriel « dépôts de liquides inflammables ») et joint à la circulaire DPPR/SEI2/AL- 06- 357 du 31/01/07 relative aux études de dangers des dépôts de liquides inflammables - Compléments à l'instruction technique du 9 novembre 1989 (abrogée).

Cet outil de calcul a été retenu en application du guide Omega 2 – Modélisations de feux industriels – 14/03/2014 – INERIS (6).

L'évaluation des effets thermiques est ainsi présentée dans le chapitre 3.2.2 et les distances d'effets majorantes ont été reportées à tous les scénarios d'incendie de camion ou d'engin de transport sur des surfaces imperméabilisées susceptibles de générer une nappe d'hydrocarbures. Pour le scénario d'incendie de l'engin de transfert et de son chargement en alvéole, une évaluation spécifique présentée au chapitre 3.1.2.5 a été réalisée en l'absence d'extension d'une nappe d'hydrocarbures du fait de la perméabilité des matériaux de remplissage.

2.4 Évaluation de la toxicité des fumées d'incendie

Une évaluation de l'impact de la toxicité des gaz et de fumées de combustion a été réalisée pour le scénario d'explosion suivi d'un incendie généralisé au BRTT considérant celui-ci majorant en raison de la quantité de déchets mise en jeu.

La démarche d'évaluation de la toxicité des fumées d'incendie repose sur les étapes successives suivantes :

1. Détermination de la composition des fumées par bilan atomique, compte tenu de la composition chimique des produits combustibles
Sur la base de données issues de la bibliographie (cf. Rapport d'étude INERIS n°57149 – Ω16 - version 2005 (7)), sont considérés les hypothèses de base suivantes :

- ✓ Pour le carbone, les produits d'oxydation sont le CO, le CO₂, les suies et l'HCN (en cas de présence d'azote). Il est retenu pour l'évaluation de la composition des fumées un rapport molaire CO/CO₂ de 0,1 pour la répartition des produits issus de l'oxydation du carbone ;
- ✓ Pour le soufre, il est considéré que tout s'oxyde en SO₂ (approximation réaliste et pénalisante) ;
- ✓ Pour l'azote il est considéré que 60 % de l'azote est recombinaison en azote moléculaire N₂, 20 % en NO₂ et 20 % en HCN ;
- ✓ Pour le phosphore, une approche plus pénalisante que le guide Q16 a été retenue sur la base d'une recombinaison à 100 % en phosphine (PH₃).

De cette étape, un inventaire massique des produits de décomposition émis au cours du scénario est déterminé.

2. Calcul des débits massiques de composés toxiques formés

À cette étape est considérée la durée de l'incendie, pour évaluer le débit massique des composés toxiques formés identifiés à la première étape.

3. Évaluation des concentrations en composés toxiques au niveau du village de la Chaise

Cette étape nécessite d'étudier la dispersion atmosphérique des composés toxiques émis au cours de l'incendie. Dans le cadre de la présente étude de dangers, la dispersion a été évaluée au travers des abaques de Doury en considérant les conditions atmosphériques les plus pénalisantes (vent de 0,5 m/s et diffusion faible).

De cette étape est obtenue une concentration volumique au point cible pour chaque composé identifié.

4. Caractérisation du risque sanitaire

La dernière étape consiste en l'évaluation de la toxicité des composés émis par l'incendie. La concentration volumique pour chaque composé pris séparément est ainsi comparée en premier lieu au seuil d'effet indésirable (SEI).

Par ailleurs, afin de prendre en compte la toxicité cumulée du mélange de ces composés, la somme des ratios est calculée, selon la formule suivante :

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(\text{Concentration du polluant } P_i)}{(\text{Seuil du polluant } P_i)}$$

Il est ainsi vérifié que le ratio obtenu, en considérant les SEI de chaque composé, est inférieur à 1.

Étude des scénarios retenus en phase exploitation

<i>3.1 Scénarios impliquant des déchets TFA</i>	28
<i>3.2 Scénarios impliquant des déchets du bâtiment regroupement/tri/ traitement</i>	43
<i>3.3 Scénarios impliquant des déchets du bâtiment entreposage</i>	59



L'analyse des différents risques susceptibles d'intervenir a permis d'identifier huit scénarios accidentels en phase exploitation jugés enveloppes du fait de leurs conséquences éventuelles.

Scénarios impliquant des déchets TFA, au niveau du bâtiment de traitement, du bâtiment logistique ou de l'alvéole :

- renversement de la remorque de l'engin de transfert des déchets en alvéole (événement 14E) ;
- incendie de l'engin de transfert des déchets en alvéole (événement 8E) ;
- incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment logistique ou de traitement (événement 7E).

Scénarios impliquant des déchets des filières hors électronucléaire, au niveau du BRTT :

- incendie d'un camion au niveau de la zone de chargement (événement 6E) ;
- explosion du local contenant les déchets de types solvants et liquides scintillants suivi d'un incendie généralisé (événement 11E) ;
- chute d'une palette de déchets (événement 15E).

Scénarios impliquant des déchets des filières hors électronucléaire, au niveau du bâtiment d'entreposage :

- incendie d'un chargement au niveau de la zone de chargement (événement 10E) ;
- chute d'une palette ou d'un colis de déchets (événement 16E).

Ces scénarios ont été évalués pour la phase d'exploitation (actuelle et future, la mise en œuvre du projet Acaci n'ayant pas d'incidence sur la nature et la portée des scénarios d'accident par rapport à la situation actuelle). Pour autant, en regard de la poursuite de certaines activités d'exploitation sur toute ou partie de la phase de surveillance, certains scénarios peuvent perdurer au-delà de phase d'exploitation de la zone de stockage du Cires. L'évaluation de ces scénarios est identique quelle que soit la phase de vie considérée (exploitation ou surveillance).

L'impact associé à chacune de ces situations a été évalué et les résultats en sont repris ci-après.

3.1 Scénarios impliquant des déchets TFA

3.1.1 Scénario « renversement d'un engin de transfert en alvéole »

Le seul risque que présente ce scénario est la dissémination de substances radioactives dans l'air. Par conséquent, l'évaluation de ce scénario porte uniquement sur l'estimation de la dose efficace vis-à-vis des populations les plus exposées.

3.1.1.1 Description

On suppose que l'engin de transfert des déchets est déséquilibré et se renverse lors de sa descente dans l'alvéole en cours de remplissage. De façon pénalisante, on considère que le chargement est composé d'un lot de colis 870 L correspondant aux colis les plus pénalisants reçus.

3.1.1.2 Hypothèses

- On suppose que la remorque de 24 t contient 8 colis 870 L, ce qui correspond à la quantité maximale transportée ;
- La fraction de déchets remise en suspension est supposée être de 10^{-3} , ce qui est pénalisant compte tenu de la nature du colis (colis bloqué) ;
- On considère le spectre et l'activité massique des déchets les plus pénalisants ;
- La hauteur de relâchement est considérée à 0 m dans l'alvéole ;
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un engin de transfert pendant les heures d'exploitation, les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.1.1.3 Terme source relâché

Sur la base des activités du lot de colis de 870 L correspondant aux colis les plus pénalisants reçus, et des hypothèses ci-avant, le terme source relâché dans le cadre du scénario de renversement d'un engin de transfert en alvéole est repris dans le Tableau 3-1.

Tableau 3-1 Terme source relâché relatif au scénario « renversement d'un engin de transfert en alvéole »

RN	Activité colis (Bq)	Coefficient de remise en suspension chute	Nombre de colis/remorque	Activité relâchée (Bq)
Am241	3,66E+07	1,00E-03	8	2,93E+05
Co60	1,39E+04	1,00E-03	8	1,11E+02
Cs134	1,90E+04	1,00E-03	8	1,52E+02
Cs137	9,16E+05	1,00E-03	8	7,33E+03
Ni63	6,26E+03	1,00E-03	8	5,01E+01
Pu238	1,41E+07	1,00E-03	8	1,13E+05
Pu239	4,13E+07	1,00E-03	8	3,30E+05
Pu240	3,98E+07	1,00E-03	8	3,18E+05
Pu241	5,72E+09	1,00E-03	8	4,58E+07
Ru106	4,16E+04	1,00E-03	8	3,32E+02
Sr90	2,74E+05	1,00E-03	8	2,19E+03

3.1.1.4 Impact radiologique

La dose induite à un individu situé au hameau de La Chaise est inférieure à 0,0032 mSv. L'exposition d'un promeneur, situé à proximité de la clôture est de 0,12 mSv.

SYNTHÈSE – Scénario « Renversement d'un engin de transfert en alvéole - Impact sur le public »

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Exploitation			
Scénario	Renversement d'un engin de transfert en alvéole			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site			
Paramètres	Chargement considéré : 8 colis 870 L (Charge maximale d'une remorque de transfert) Spectre retenu : Colis 870 L les plus pénalisants reçus Coefficient de remise en suspension : 10^{-3} (chute) Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5			
Résultat groupe « promeneur »	1,16E-01 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	adulte	3,01E-03	3,08E-03	3,11E-03
	enfant 10 ans	2,06E-03	2,11E-03	2,15E-03
	enfant 1 an	1,05E-03	1,10E-03	1,14E-03

3.1.2 Scénario « incendie d'un engin de transfert dans l'alvéole »

Les risques liés à ce scénario sont de trois types, soient :

- la dissémination de substances radioactives dans l'air ;
- les effets thermiques de l'incendie ;
- la dispersion de fumées d'incendie.

3.1.2.1 Description

On considère le transfert d'un chargement de déchets compactés sortant du bâtiment de traitement et orienté vers l'alvéole de stockage. Le tracteur emprunte la piste de descente en marche arrière et s'immobilise en bas de cette dernière. On suppose qu'un incendie se déclare dans le compartiment moteur de l'engin et se propage à la remorque de transfert. L'incendie est limité au chargement en l'absence de risque de propagation au restant du massif de déchets.

3.1.2.2 Hypothèses

- La remorque de 24 tonnes est supposée chargée au maximum de sa capacité de transport, soit 8 balles contenant des déchets technologiques compactés issus de la presse à balle. L'ensemble du chargement est supposé combustible ;
- On considère le spectre et l'activité massique des déchets les plus pénalisants reçus (déchets technologiques) ;
- Le facteur de mise en suspension est pris égal à 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres (représentatif de déchets combustibles soumis à une flamme) ;
- Dans cette approche pénalisante, les capacités d'extinction disponibles ne sont pas valorisées, on suppose ainsi que la totalité du chargement est consumée ;
- La hauteur de relâchement considérée est de 0 m ;
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un engin, les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.1.2.3 Terme source relâché

L'estimation du terme source est basée sur les 24 big-bags déjà reçus les plus pénalisants (1 balle équivaut à 3 big-bags compactés).

Tableau 3-2 Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un engin de transfert en alvéole »

RN	Activité 8 balles (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq)
Pu241(beta)	6,24E+08	0,05	3,12E+07
U234	7,59E+07	0,05	3,79E+06
U238	4,42E+07	0,05	2,21E+06
Th230	2,98E+07	0,05	1,49E+06
Fe55	2,32E+07	1	2,32E+07
Am241	1,37E+07	0,05	6,83E+05
Sm151	1,35E+07	0,05	6,75E+05
U236	1,09E+07	0,05	5,43E+05
Ni63	1,02E+07	1	1,02E+07
Co60	6,17E+06	1	6,17E+06
Sr90	5,26E+06	1	5,26E+06
H3	5,12E+06	1	5,12E+06
Cs137	3,86E+06	1	3,86E+06
Ra228	2,44E+06	1	2,44E+06
Ra226	1,65E+06	1	1,65E+06
Pb210	1,38E+06	1	1,38E+06
C14	9,96E+05	1	9,96E+05
Ni59	6,52E+05	1	6,52E+05
Tc99	3,96E+05	1	3,96E+05
Th228	6,86E+06	0,05	3,43E+05
Ag110m	3,30E+05	1	3,30E+05
Pu238	4,69E+06	0,05	2,35E+05
Pu240	4,49E+06	0,05	2,25E+05
Np237	3,39E+06	0,05	1,70E+05
U235	3,36E+06	0,05	1,68E+05
Pu239	3,25E+06	0,05	1,63E+05
Mn54	1,54E+05	1	1,54E+05

RN	Activité 8 balles (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq)
Ac227	2,85E+06	0,05	1,43E+05
Th232	2,47E+06	0,05	1,24E+05
I129	5,89E+04	1	5,89E+04
Mo93	2,90E+04	1	2,90E+04
Eu154	3,60E+05	0,05	1,80E+04
Cs134	1,45E+04	1	1,45E+04
Cm244	1,29E+05	0,05	6,45E+03
Eu152	7,58E+04	0,05	3,79E+03
Ce144	6,51E+04	0,05	3,26E+03
Zr93	4,85E+04	0,05	2,43E+03
Ag108m	1,67E+03	1	1,67E+03
Am243	1,31E+04	0,05	6,55E+02
Pu242	4,51E+03	0,05	2,26E+02
U232	2,12E+03	0,05	1,06E+02

3.1.2.4 Impact radiologique

L'exposition radiologique d'un individu du groupe de référence a été évaluée, sur la base des hypothèses pénalisantes mentionnées ci-dessus. La dose à 24 h est inférieure à **0,009 mSv** et la dose long terme est inférieure à **0,015 mSv**.

La dose maximale pour le promeneur est de **0,31 mSv**.

SYNTHÈSE – Scénario « Incendie d'un engin de transfert dans l'alvéole - Impact sur le public »

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Exploitation			
Scénario	Incendie d'un engin de transfert en alvéole			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site			
Paramètres	Chargement considéré : 8 balles compactées (Charge maximale d'une remorque de transfert) Spectre et activités retenus : big-bag de déchets technologiques les plus pénalisants reçus Coefficient de remise en suspension : 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5			
Résultat groupe « promeneur »	3,10E-01 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	adulte	8,06E-03	8,84E-03	1,40E-02
	enfant 10 ans	6,80E-03	7,77E-03	1,44E-02
	enfant 1 an	4,88E-03	5,98E-03	1,26E-02

3.1.2.5 Effets thermiques

Les effets thermiques d'un tel incendie sont limités à l'engin de transfert en bas de la rampe d'accès (du fait de la nature des déchets) et n'atteindront en aucun cas l'extérieur du Centre compte-tenu de l'éloignement des alvéoles de stockage par rapport à la clôture du Cires.

Une évaluation des effets thermiques a été effectuée en appliquant la même méthode que pour le scénario « incendie d'un camion au niveau du quai de chargement du BRTT » (cf. section 3.2.2 du présent document), mais en considérant une surface en feu limitée à l'engin de transfert et son chargement. En effet les matériaux granulaires utilisés pour le comblement des vides en alvéoles et pour la circulation des engins font qu'une nappe d'hydrocarbure n'est pas en mesure de se répandre en alvéole. La surface considérée est donc celle de l'engin et de sa remorque attelée soit 11,80 m * 2,55, arrondi par la feuille de calcul pour un feu de nappe d'hydrocarbures à un rectangle de 12 m * 3m.

En application de l'outil de calcul joint à la circulaire DPPR/SEI2/AL- 06- 357 du 31/01/07 (cf. paragraphe 2.3) sont obtenues les distances d'effets thermiques arrondies à la demi-décade supérieure présentées dans le Tableau 3-3 et illustrées par la cartographie de la figure 3-1.

Tableau 3-3 Effets thermiques dans le cas de l'incendie d'un engin de transfert en alvéole

Seuils	Dommages prévisibles sur les personnes et dégâts prévisibles sur les biens	Distance d'effet sur la longueur (m)	Distance d'effet sur la largeur (m)
8 kW/m ²	Effets létaux significatifs, effets dominos	10	Non atteint
5 kW/m ²	Effets létaux, destruction significative des vitres	15	Non atteint
3 kW/m ²	Effets irréversibles	20	10

La représentation des distances des effets thermiques en figure 3-1 confirme qu'aucun des rayons de dangers correspondant aux flux thermiques de 3, 5 ou 8 kW/m² ne sortirait de l'enceinte de l'établissement.

La gravité de ce scénario est donc principalement liée aux substances radioactives transportées par l'engin de transfert.

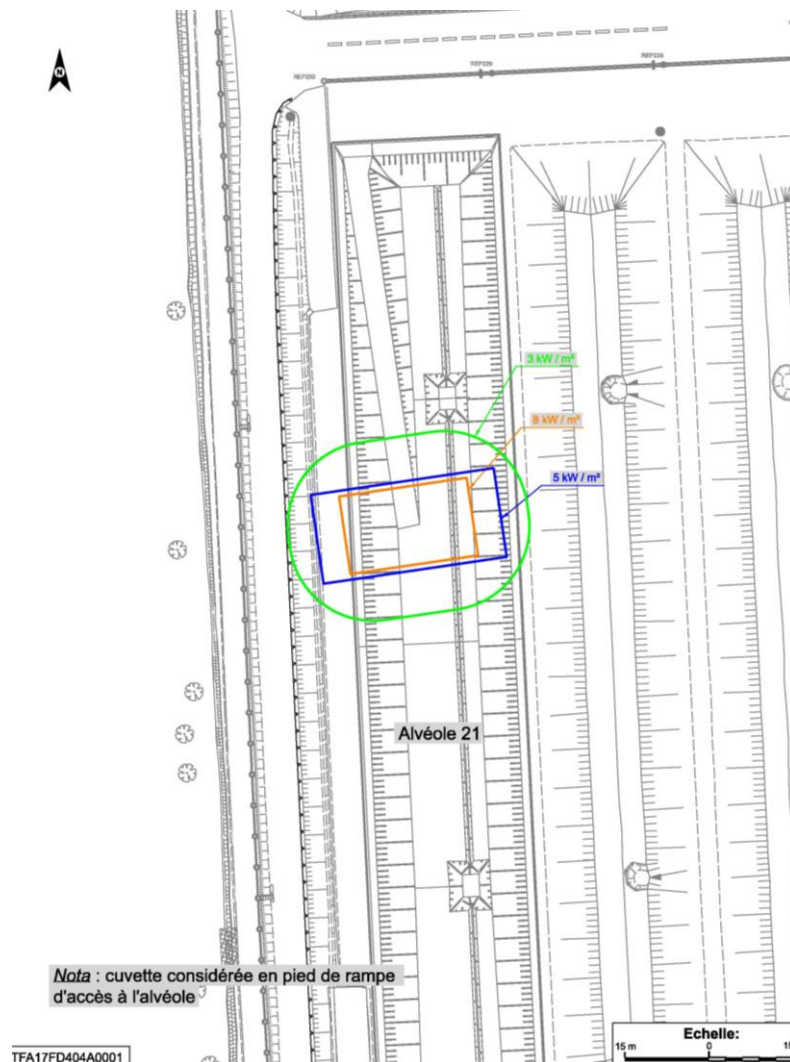


Figure 3-1 Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion en alvéole

3.1.2.6 Toxicité des fumées d'incendie

Tout scénario d'incendie est susceptible en sus des effets thermiques de générer des effets toxiques dues aux fumées émises. Dans le présent scénario, les matières combustibles sont limitées à l'engin de transfert et à son chargement. Les fumées générées par l'incendie ne seraient donc pas de nature à induire un impact significatif en dehors du site.

À noter qu'une évaluation de l'impact toxique des fumées a été réalisée pour le scénario d'explosion suivi d'un incendie généralisé au BRTT considérant que ce scénario est majorant sur ces aspects en regard des quantités de déchets mises en jeu.

Ainsi dans tous les cas, la toxicité des fumées d'incendie reste inférieure à l'évaluation réalisée pour le scénario majorant présenté au paragraphe 3.2.1.

3.1.3 Scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment de traitement »

Les risques liés à ce scénario sont de deux types :

- la dissémination de substances radioactives dans l'air ;
- les effets thermiques de l'incendie ;
- la dispersion de fumées d'incendie.

3.1.3.1 Description

Après prise en charge d'un camion de transport de colis de déchets dans le hall de déchargement du BT, on considère qu'un incendie se déclare dans le compartiment moteur du camion, atteint le réservoir et se propage à tout le chargement. On suppose, de manière pénalisante, que l'ensemble des déchets présents dans le conteneur de transport est susceptible de brûler.

Dans le bâtiment de traitement, seul 1 camion peut stationner, celui-ci pouvant transporter un chargement de 2 conteneurs ISO 20 pieds.

3.1.3.2 Hypothèses

- On considère un chargement composé entièrement de déchets combustibles ;
- On considère le conteneur de transport de plus fort tonnage (conteneur ISO 20 pieds pleine hauteur). La totalité du volume utile (24 m³) est supposée remplie de déchets technologiques conditionnés en big-bags, soit un maximum de 20 big-bags par conteneur ;
- On considère que l'incendie qui se déclare au niveau du réservoir d'un des camions se propage à l'ensemble du chargement, soit aux colis contenus dans les 2 conteneurs, ce qui correspond à 40 big-bags ;
- Dans cette approche pénalisante, les capacités d'extinction disponibles ne sont pas valorisées, on suppose ainsi que la totalité du chargement est consumée ;
- On considère le spectre et l'activité massique des déchets les plus pénalisants reçus ;
- La hauteur de relâchement considérée est de 0 m (au sol) ;
- Le facteur de mise en suspension est pris égal à 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres (représentatif de déchets combustibles soumis à une flamme) ;
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un camion (moteur en marche, ou moteur encore chaud), les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.1.3.3 Terme source relâché

L'estimation du terme source est basée sur un transport avec 2 conteneurs de déchets technologiques en big-bag les plus pénalisants.

Tableau 3-4 Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment de traitement »

RN	Activité 1 conteneur de 20 big-bags (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq) 1 conteneur	Activité relâchée (Bq) 2 conteneurs
Ac227	5,20E+06	0,05	2,60E+05	5,20E+05
Am241	1,94E+05	0,05	9,71E+03	1,94E+04
Eu152	7,17E+04	0,05	3,58E+03	7,17E+03
Np237	3,30E+05	0,05	1,65E+04	3,30E+04
Pb210	1,10E+06	1	1,10E+06	2,19E+06
Ra226	4,29E+06	1	4,29E+06	8,59E+06
Ra228	7,58E+04	1	7,58E+04	1,52E+05
Th228	1,65E+05	0,05	8,23E+03	1,65E+04
Th232	1,97E+05	0,05	9,87E+03	1,97E+04
U234	6,57E+06	0,05	3,29E+05	6,57E+05
U235	4,90E+06	0,05	2,45E+05	4,90E+05
U238	5,94E+06	0,05	2,97E+05	5,94E+05
Th230	1,17E+07	0,05	5,83E+05	1,17E+06

3.1.3.4 Impact radiologique

Sur la base des hypothèses caractéristiques du scénario incendie, pour l'habitant de La Chaise la dose à 24 h est inférieure à **0,012 mSv** et la dose long terme est inférieure à **0,03 mSv**.

Pour le promeneur la dose maximale est inférieure à **0,46 mSv**.

SYNTHÈSE – Scénario « Incendie d'un camion dans le hall de déchargement du BT - Impact sur le public »

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Exploitation			
Scénario	Incendie d'un camion dans le hall de déchargement du BT			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site			
Paramètres	Chargement considéré : transport avec 2 conteneurs de 20 big-bags Spectre et activités retenus : big-bags de déchets technologiques les plus pénalisants reçus Coefficient de remise en suspension : 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5			
Résultat groupe « promeneur »	4,56E-01 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	adulte	1,18E-02	1,28E-02	2,42E-02
	enfant 10 ans	1,12E-02	1,26E-02	2,89E-02
	enfant 1 an	8,73E-03	1,03E-02	2,65E-02

3.1.3.5 Effets thermiques

Les effets thermiques d'un tel incendie sont limités au camion (du fait de la nature des déchets) et n'atteindront en aucun cas l'extérieur du Centre compte-tenu de l'éloignement du bâtiment de traitement par rapport à la clôture du Cires.

Une évaluation des effets thermiques potentiels a tout de même été effectuée en appliquant les zones d'effets majorantes calculées pour le scénario « incendie d'un camion au niveau du quai de chargement du BRTT » (cf. Section 3.2.2 du présent document). En effet, si l'on considère un feu de nappe induit par l'incendie du véhicule, les distances d'effets thermiques calculées pour le scénario sur le quai du BRTT sont les plus pénalisantes en regard des dimensions de la nappe et de la nature des déchets liquides inflammables constituant le chargement. Les zones d'effets associées au présent scénario au BT seraient donc nécessairement inférieures à celles évaluées au paragraphe 3.2.2 et en tout état de cause inférieures à 35 m.

La représentation des distances des effets thermiques en figure 3-2 confirme qu'aucun des rayons de dangers correspondant aux flux thermiques de 3, 5 ou 8 kW/m² ne sortirait de l'enceinte de l'établissement. A l'intérieur de site, les effets sont limités au coin sud-ouest du bâtiment traitement dont les dispositions constructives (voiles béton jusqu'à une hauteur de 6 m) viendraient atténuer les effets thermiques évalués.

La gravité de ce scénario est donc principalement liée aux substances radioactives transportées par le camion.

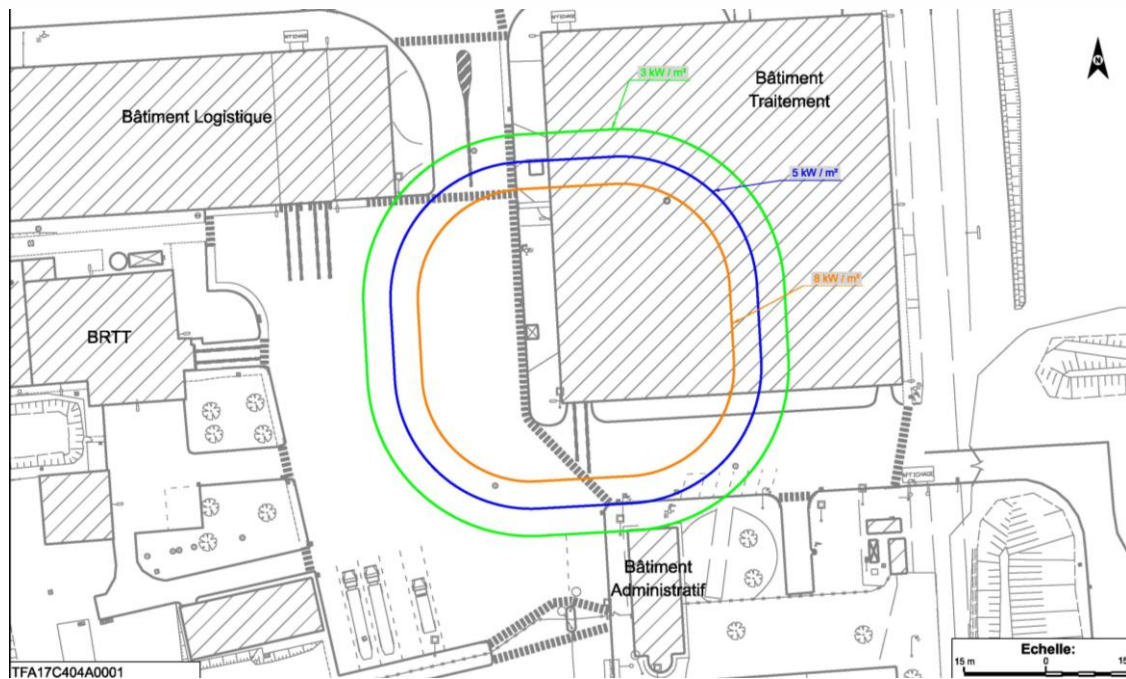


Figure 3-2 Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment de traitement

3.1.3.6 Toxicité des fumées d'incendie

Tout scénario d'incendie est susceptible en sus des effets thermiques de générer des effets toxiques dues aux fumées émises. Dans le présent scénario, les matières combustibles sont limitées au camion et à son chargement. Les fumées générées par l'incendie ne seraient donc pas de nature à induire un impact significatif en dehors du site.

À noter qu'une évaluation de l'impact toxique des fumées a été réalisée pour le scénario d'explosion suivi d'un incendie généralisé au BRTT considérant que ce scénario majorant sur ces aspects en regard des quantités de déchets mises en jeu.

Ainsi dans tous les cas, la toxicité des fumées d'incendie reste inférieure à l'évaluation réalisée pour le scénario majorant présenté au chapitre 3.2.1.

3.1.4 Scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment logistique »

Les risques liés à ce scénario sont de deux types :

- la dissémination de substances radioactives dans l'air ;
- les effets thermiques de l'incendie ;
- la dispersion de fumées d'incendie.

3.1.4.1 Description

Dans le bâtiment logistique, 2 camions peuvent être présents en même temps, chacun pouvant transporter un chargement de 2 conteneurs ISO 20 pieds.

Après prise en charge de deux camions de transport de colis de déchets dans le hall de déchargement du BL, on considère qu'un incendie se déclare dans le compartiment moteur d'un des camions, atteint le réservoir et se propage à tout le chargement et se propage au chargement du camion voisin. On suppose, de manière pénalisante, que l'ensemble des déchets présents dans les conteneurs de transport sont susceptibles de brûler.

3.1.4.2 Hypothèses

- Hormis les déchets non métalliques destinés au compactage dans le bâtiment de traitement, les déchets TFA sont constitués principalement de matériaux inertes (ferrailles, gravats) qui ne présentent pas de caractère combustible. Toutefois, de façon pénalisante, on suppose que la totalité du chargement impliqué dans l'incendie est composé de déchets technologiques pouvant entièrement brûler (chiffons, plastiques, ...) ;
- On considère le conteneur de transport de plus fort tonnage (conteneur ISO 20 pieds pleine hauteur). La totalité du volume utile (24 m³) est supposée remplie de déchets technologiques conditionnés en big-bags, soit un maximum de 20 big-bags par conteneur ;
- On considère que l'incendie qui se déclare se propage à l'ensemble des deux chargements, soit aux colis contenus dans les 2 conteneurs des deux camions, ce qui correspond à 80 big-bags ;
- Dans cette approche pénalisante, les capacités d'extinction disponibles ne sont pas valorisées, on suppose ainsi que la totalité du chargement est consommée ;
- Afin de prendre en compte une hypothèse majorante mais vraisemblable, on considère le spectre et l'activité massique des déchets les plus pénalisants reçus de deux provenances différentes. En effet, la réception sur le même créneau horaires de deux expéditions de même origine et présentant l'activité massique maximale est une hypothèse extrêmement peu vraisemblable ;
- La hauteur de relâchement considérée est de 0 m (au sol) ;
- Le facteur de mise en suspension est pris égal à 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres (représentatif de déchets combustibles soumis à une flamme) ;
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un camion (moteur en marche, ou moteur encore chaud), les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.1.4.3 Terme source relâché

L'estimation du terme source est basée sur deux transports avec 2 conteneurs de déchets technologiques en big-bag les plus pénalisants reçus de deux provenances différentes.

Tableau 3-5 Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment logistique »

RN	Activité 1 conteneur de 20 big-bags (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq) 1 conteneur	Activité relâchée (Bq) 2 conteneurs
1^{er} transport				
Ac227	5,20E+06	0,05	2,60E+05	5,20E+05
Am241	1,94E+05	0,05	9,71E+03	1,94E+04
Eu152	7,17E+04	0,05	3,58E+03	7,17E+03
Np237	3,30E+05	0,05	1,65E+04	3,30E+04
Pb210	1,10E+06	1	1,10E+06	2,19E+06
Ra226	4,29E+06	1	4,29E+06	8,59E+06
Ra228	7,58E+04	1	7,58E+04	1,52E+05
Th228	1,65E+05	0,05	8,23E+03	1,65E+04
Th232	1,97E+05	0,05	9,87E+03	1,97E+04
U234	6,57E+06	0,05	3,29E+05	6,57E+05

RN	Activité 1 conteneur de 20 big-bags (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq) 1 conteneur	Activité relâchée (Bq) 2 conteneurs
U235	4,90E+06	0,05	2,45E+05	4,90E+05
U238	5,94E+06	0,05	2,97E+05	5,94E+05
Th230	1,17E+07	0,05	5,83E+05	1,17E+06
2^e transport				
Ac227	1,66E+05	0,05	8,31E+04	1,66E+05
Eu152	5,88E+03	0,05	2,94E+03	5,88E+03
Pb210	4,80E+06	1	2,40E+06	4,80E+06
Ra226	5,16E+06	1	2,58E+06	5,16E+06
Ra228	8,14E+06	1	4,07E+06	8,14E+06
Th228	9,95E+05	0,05	4,97E+05	9,95E+05
Th232	4,12E+05	0,05	2,06E+05	4,12E+05
U234	4,94E+06	0,05	2,47E+06	4,94E+06
U235	1,66E+05	0,05	8,30E+04	1,66E+05
U238	4,84E+06	0,05	2,42E+06	4,84E+06
Th230	5,04E+06	0,05	2,52E+06	5,04E+06

3.1.4.4 Impact radiologique

Sur la base des hypothèses caractéristiques du scénario incendie, pour l'habitant de La Chaise la dose à 24 h est inférieure à **0,022 mSv** et la dose long terme est inférieure à **0,06 mSv**.

Pour le promeneur la dose maximale est inférieure à **0,28 mSv**.

SYNTHÈSE – Scénario « Incendie d'un camion dans le hall de déchargement du BL - Impact sur le public »

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Exploitation			
Scénario	Incendie d'un camion dans le hall de déchargement du BL			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site			
Paramètres	Chargement considéré : 2 transports avec 2 conteneurs de 20 big-bags Spectre et activités retenus : big-bags de déchets technologiques les plus pénalisants reçus de 2 provenances différentes Coefficient de remise en suspension : 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5			
Résultat groupe « promeneur »	2,73E-01 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	2,11E-02	2,32E-02	4,25E-02
	Enfant 10 ans	1,98E-02	2,29E-02	5,06E-02
	Enfant 1 an	1,56E-02	1,92E-02	4,69E-02

3.1.4.5 Effets thermiques

Les effets thermiques d'un tel incendie sont limités aux camions (du fait de la nature des déchets) et n'atteindront en aucun cas l'extérieur du Centre compte-tenu de l'éloignement du bâtiment de traitement par rapport à la clôture du Cires.

Une évaluation des effets thermiques potentiels a tout de même été effectuée en appliquant les zones d'effets majorantes calculées pour le scénario « incendie d'un camion au niveau du quai de chargement du BRTT » (cf. Section 3.2.2 du présent document). En effet, si l'on considère un feu de nappe induit par l'incendie des véhicules, les distances d'effets thermiques calculées pour le scénario sur le quai du BRTT sont les plus pénalisantes en regard des dimensions de la nappe et de la nature des déchets liquides inflammables constituant le chargement. Les zones d'effets associées au présent scénario au BL seraient donc nécessairement inférieures à celles évaluées au paragraphe 3.2.2 et en tout état de cause inférieures à 35 m.

La représentation des distances des effets thermiques en figure 3-3 confirme qu'aucun des rayons de dangers correspondant aux flux thermiques de 3, 5 ou 8 kW/m² ne sortirait de l'enceinte de l'établissement.

La gravité de ce scénario est donc principalement liée aux substances radioactives susceptibles d'être présentes dans le hall de déchargement.

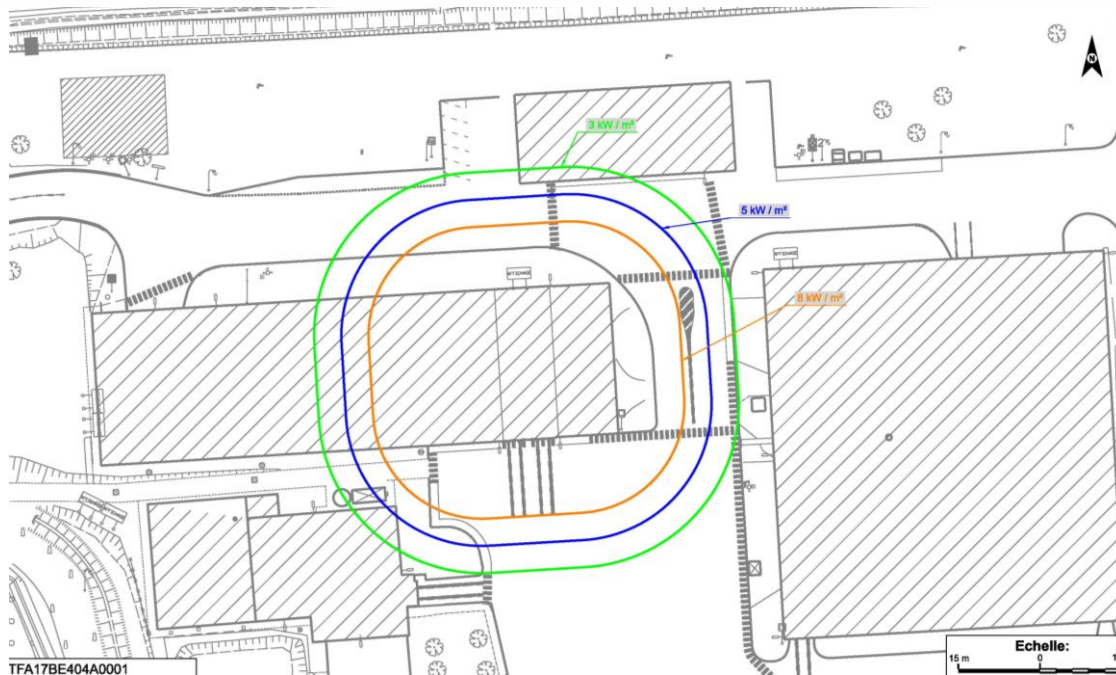


Figure 3-3 Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment logistique

3.1.4.6 Toxicité des fumées d'incendie

Tout scénario d'incendie est susceptible en sus des effets thermiques de générer des effets toxiques dues aux fumées émises. Dans le présent scénario, les matières combustibles sont limitées aux 2 camions susceptibles d'être présents et à leur chargement. Les fumées générées par l'incendie ne seraient donc pas de nature à induire un impact significatif en dehors du site.

À noter qu'une évaluation de l'impact toxique des fumées a été réalisée pour le scénario d'explosion suivi d'un incendie généralisé au BRTT considérant que ce scénario est majorant sur ces aspects en regard des quantités de déchets mises en jeu.

Ainsi dans tous les cas, la toxicité des fumées d'incendie reste inférieure à l'évaluation réalisée pour le scénario majorant présenté à la section 3.2.1.

3.1.5 Conclusion des évaluations de conséquences des scénarios impliquant des déchets TFA, en phase exploitation

L'analyse des risques susceptibles d'intervenir au cours de l'exploitation du bâtiment de traitement, du bâtiment logistique et des alvéoles a permis d'identifier 4 situations accidentelles jugées enveloppes du fait de leurs conséquences radiologiques éventuelles.

Il est nécessaire de rappeler que de tels scénarios restent par définition hypothétiques, que les différentes mesures de prévention mises en œuvre sur le Centre rendront leurs probabilités d'occurrence très faibles et que ces évaluations ont été réalisées sans tenir compte des dispositions de limitations des conséquences comme la mise en œuvre des moyens d'extinction et l'intervention des secours.

Malgré le caractère pénalisant des différentes hypothèses retenues dans les évaluations, les expositions radiologiques associées à l'occurrence de ces scénarios restent faibles et bien en deçà des critères de protection réglementaire. Ainsi, les scénarios impliquant des déchets TFA sont susceptibles d'induire une dose maximale pour le groupe de référence « multi-activités » à la Chaise inférieure à 0,022 mSv à 24 heures et 0,06 mSv à long terme. Pour le groupe « promeneur », la dose maximale est inférieure 0,46 mSv.

Concernant les effets thermiques associés aux scénarios d'incendies, les dommages létaux, les effets irréversibles ou encore les effets sur les installations ne s'étendront pas au-delà des limites du Centre. Les dommages sur les personnes ne concerneront que les personnes situées à proximité directe de la zone de l'incendie ; les dommages sur les structures ne concerneront que le bâtiment de logistique ou le bâtiment de traitement ou encore l'alvéole en cours d'exploitation.

Les scénarios d'incendie considérés ne sont pas susceptibles de générer d'impact significatif en dehors du site induit par la toxicité des fumées, compte tenu des résultats du scénario présenté infra (explosion impliquant un local du BRTT, suivi d'un incendie généralisé).

3.2 Scénarios impliquant des déchets du bâtiment regroupement/tri/traitement

3.2.1 Scénario d'explosion du local contenant des déchets solvants et liquides scintillants

Les risques évalués liés à ce scénario sont de trois types comme suit :

- les effets de surpression de l'explosion ;
- la dissémination de substances radioactives dans l'air ;
- la dispersion de fumées dues à l'incendie consécutif.

3.2.1.1 Description

Des dispositions constructives sont mises en place dans le BRTT en matière de prévention du risque d'explosion et du risque incendie. Malgré ces dispositions, on suppose l'explosion d'un des locaux dédiés aux déchets liquides ou mixtes de type LS/LH (solvants, liquides organiques, huiles) et SL/SLV (fioles de scintillation en plastique ou en verre) ; on considère que l'explosion est suivie d'un incendie se propageant aux locaux voisins, contenant des déchets à caractère inflammable, combustible ou liquide. Cette dernière hypothèse permet de considérer des termes sources majorants pour la dissémination de substances radioactives et pour la dispersion de composés chimiques dues à l'incendie.

3.2.1.2 Hypothèses

- L'hypothèse retenue est celle de l'explosion d'un local contenant des déchets de type solvants et liquides scintillants ;
- On considère que l'explosion du local est suivie d'un incendie se propageant aux locaux proches pouvant également contenir des déchets de type inflammable ou combustible ;
- Sur la base de l'inventaire des déchets dans le BRTT, on considère, de façon majorante, que la totalité de l'activité présente dans le bâtiment est mobilisée ;
- Lors de l'explosion, l'activité du local est disséminée dans l'atmosphère dans toutes les directions mais de manière pénalisante, on considère une émission au niveau du sol (0 m) ;
- Différentes typologies de déchets sont présentes au sein du BRTT, ainsi, une discrétisation est faite dans l'utilisation des coefficients de remise en suspension pour prendre en compte :
 - ✓ la présence du 3H, 14C, 129I, 241Am dans des liquides combustibles. Pour cette raison un coefficient 0,05 est considéré pour l'americium-241 et 1 pour les autres radionucléides ;
 - ✓ la présence du 3H, 14C, 238U dans des déchets solides, majoritairement non combustibles. Pour cette raison un coefficient 0,005 est considéré pour l'uranium-238 et 1 pour les autres radionucléides
- Le scénario d'explosion pouvant survenir de jour comme de nuit, les calculs de conséquences sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée D5 et à la condition pénalisante la nuit F3.
- Deux inventaires radiologiques différents ont été considérés :
 - ✓ **Un inventaire majorant** mais réaliste basé sur le retour d'expérience de l'exploitation du bâtiment. Il considère les activités réceptionnées par le passé et le remplissage maximal dans chaque local ;

- ✓ **Un inventaire enveloppe** tenant compte des capacités autorisées. Cette analyse de sensibilité prend en compte un terme source de 2000 GBq en 3H et de 2000 GBq en 14C présent dans le BRTT (pour un inventaire inchangé pour les autres radionucléides).
- Pour l'impact toxique des fumées de combustion est pris en compte l'inventaire physique maximal autorisé de 70 tonnes de déchets inflammables au BRTT décomposé en 20 tonnes de solvants (LS/LH) et 50 tonnes de déchets liquides scintillants (SL/SLV).

3.2.1.3 Terme source relâché

L'estimation du terme source relâché est réalisée sur la base des 2 inventaires majorant/réaliste et enveloppe présentée précédemment.

Tableau 3-6 Terme source relâché relatif au scénario « explosion suivie d'un incendie généralisé au BRTT »

RN	Activité totale présente (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq)
Inventaire majorant (REX d'exploitation)			
H3	5,51E+11	1	5,51E+11
C14	7,89E+11	1	7,89E+11
U238	4,57E+09	0,005	2,29E+07
I129	9,11E+09	1	9,11E+09
Am241	4,80E+08	0,05	2,40E+07
Inventaire enveloppe (capacités autorisées)			
H3	2,0E+12	1	2,0E+12
C14	2,0E+12	1	2,0E+12
U238	4,57E+09	0,005	2,29E+07
I129	9,11E+09	1	9,11E+09
Am241	4,80E+08	0,05	2,40E+07

3.2.1.4 Impact radiologique

Pour le promeneur, la dose maximale est inférieure à **0,61 mSv** en condition D5 et inférieure à **4,6 mSv** en condition F3. À noter que la condition F3 étant une condition rencontrée la nuit, ce scénario demeure peu vraisemblable (promeneur nocturne à la clôture). Pour l'habitant de La Chaise la dose à 24h est inférieure à **0,4 mSv** et de l'ordre de **7,11 mSv** pour le long terme.

Dans le cadre du calcul de sensibilité correspondant aux capacités autorisées, la dose maximale est inférieure à 0,63 mSv pour le promeneur en condition D5 et inférieure à 4,8 mSv en condition F3. Pour l'habitant de La Chaise la dose à 24h est inférieure à 0,4 mSv et de l'ordre de 7,38 mSv pour le long terme.

SYNTHÈSE – Scénario « Explosion d'un local contenant des déchets solvants et liquides scintillants dans le BRTT et impact sur le public »

Situation	Accidentelle
Phase de vie	Exploitation
Scénario	Explosion d'un local contenant des déchets solvants et liquides scintillants suivi d'un incendie généralisé
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site
Paramètres	Inventaire considéré : majorant basé sur le REX des activités reçues et sur l'inventaire maximal physique de chaque local. Coefficient de remise en suspension : 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5 et F3

Inventaire majorant (REX d'exploitation)

Résultat groupe « promeneur » _ D5	6,07E-01 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « promeneur » _ F3	4,57E+00 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités » _ D5	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	4,71E-02	5,15E-01	7,17E-01
	Enfant 10 ans	4,05E-02	6,70E-01	9,59E-01
	Enfant 1 an	2,32E-02	4,95E-01	7,78E-01
Résultat groupe « multi-activités » _ F3	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	3,50E-01	3,83E+00	5,32E+00
	Enfant 10 ans	3,02E-01	4,98E+00	7,11E+00
	Enfant 1 an	1,73E-01	3,70E+00	5,78E+00

Inventaire enveloppe (capacités autorisées)

Résultat groupe « promeneur » _ D5	6,28E-01 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « promeneur » _ F3	4,76E+00 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités » _ D5	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	4,88E-02	5,41E-01	7,43E-01
	Enfant 10 ans	4,22E-02	6,97E-01	9,86E-01
	Enfant 1 an	2,44E-02	5,31E-01	8,14E-01
Résultat groupe « multi-activités » _ F3	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	3,68E-01	4,10E+00	5,59E+00
	Enfant 10 ans	3,18E-01	5,25E+00	7,38E+00
	Enfant 1 an	1,85E-01	4,06E+00	6,15E+00

3.2.1.5 Effets de surpression

Ce scénario correspond à l'explosion d'un mélange air-vapeur dans les locaux où sont entreposés les déchets type solvants et liquides scintillants. L'évaluation des effets de surpression est réalisée pour le cas le plus pénalisant, c'est-à-dire l'explosion du local d'entreposage le plus grand, à savoir le local R02.

Dans le scénario considéré, l'éclatement du local R02 est consécutif à une inflammation interne du ciel gazeux (explosion) conduisant à une montée en pression très rapide. Comme préconisé par l'INERIS (Oméga 15), la pression d'éclatement (pression de rupture dynamique) de la capacité peut être considérée égale au double la pression de rupture statique. On retient ainsi : $P_{ex} - P_{atm} = 2 * P_{rupture}$.

Le toit métallique du local est une structure fusible/soufflable faisant office d'évent, la pression de rupture statique du local est prise égale à 200 mbar soit $2 \cdot 10^4$ Pa (valeur disponible dans le Guide Silos INERIS - version 3- 2008 pour les toits de cellules métalliques).

Les calculs ont été réalisés sur la base des données du tableau 3-7. Par l'application numérique, l'énergie de Brode libérée à la suite de l'explosion interne et à l'éclatement du local est ainsi égale à :

$$E_b = V * \frac{P_{ex} - P_{atm}}{\gamma - 1}$$

$$E_b = 482 * 2 * 2 \cdot 10^4 / (1,4-1)$$

$$E_b = 4,82 \cdot 10^7 \text{ J}$$

$$E_b = 48,2 \text{ MJ}$$

Tableau 3-7 Données utilisées pour la modélisation de l'explosion de vapeurs dans le local R02

Volume local R02	525 m ³
Encombrement estimé	8 %
Volume libre en R05	482 m ³
Tenue des cloisons	300 mbar
Surface faisant office d'événements (toiture métallique)	116,25 m ²
Pression d'ouverture des événements (toiture métallique)	200 mbar
Courbe multi énergie retenue	10

Les distances d'effet de surpression associées considérant l'indice 10 de la méthode multi-énergie sont présentées dans le tableau 3-8.

Tableau 3-8 Effets de surpression associés à l'explosion de vapeurs dans le local R02

Seuils mbar	Distance d'effets (multi-énergie 10)	Distances d'effets (m)	Dommages prévisibles sur les personnes et dégâts prévisibles sur les biens
200	$0,032 \times E^{(1/3)}$	12	Effets létaux significatifs, effets dominos
140	$0,05 \times E^{(1/3)}$	18	Effets létaux, dégâts graves sur les structures
50	$0,11 \times E^{(1/3)}$	40	Effets irréversibles, dégâts légers sur les structures
20	$2 \times 0,11 \times E^{(1/3)}$	80	Effets indirects par bris de vitre, destructions significatives de vitres

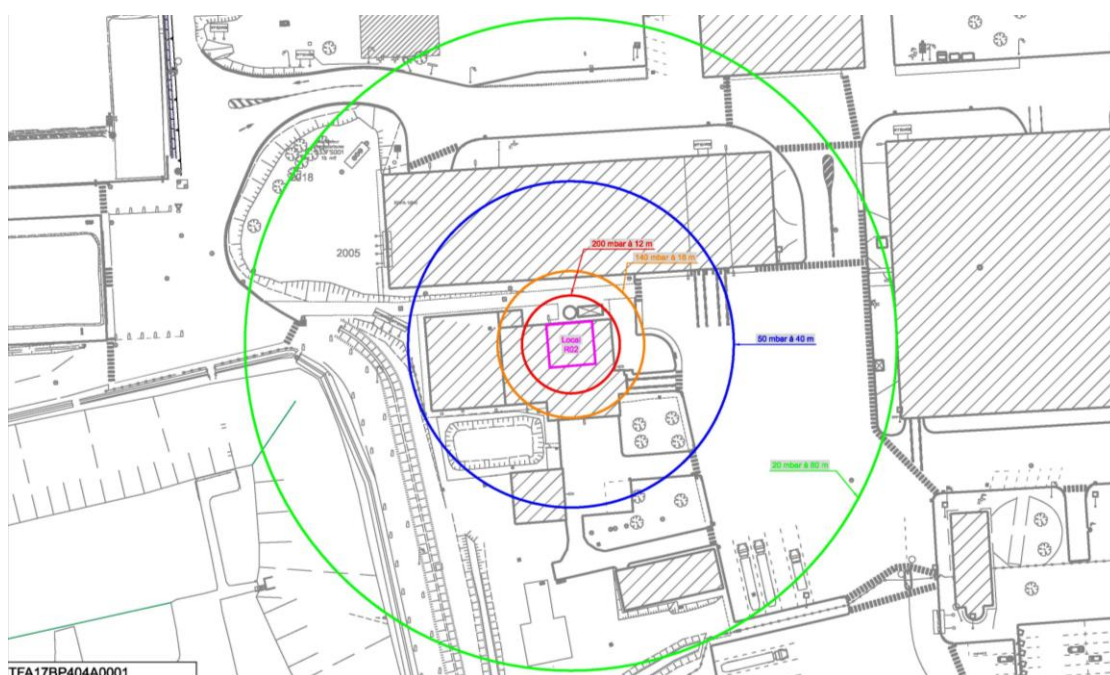


Figure 3-4 Zones des effets de surpression associés à l'explosion du local R02 du bâtiment de regroupement/ tri/ traitement

La figure 3-5 présente les zones d'effets calculées sur la base des dimensions du local R02 (hypothèse pénalisante) et appliquée au local R01.

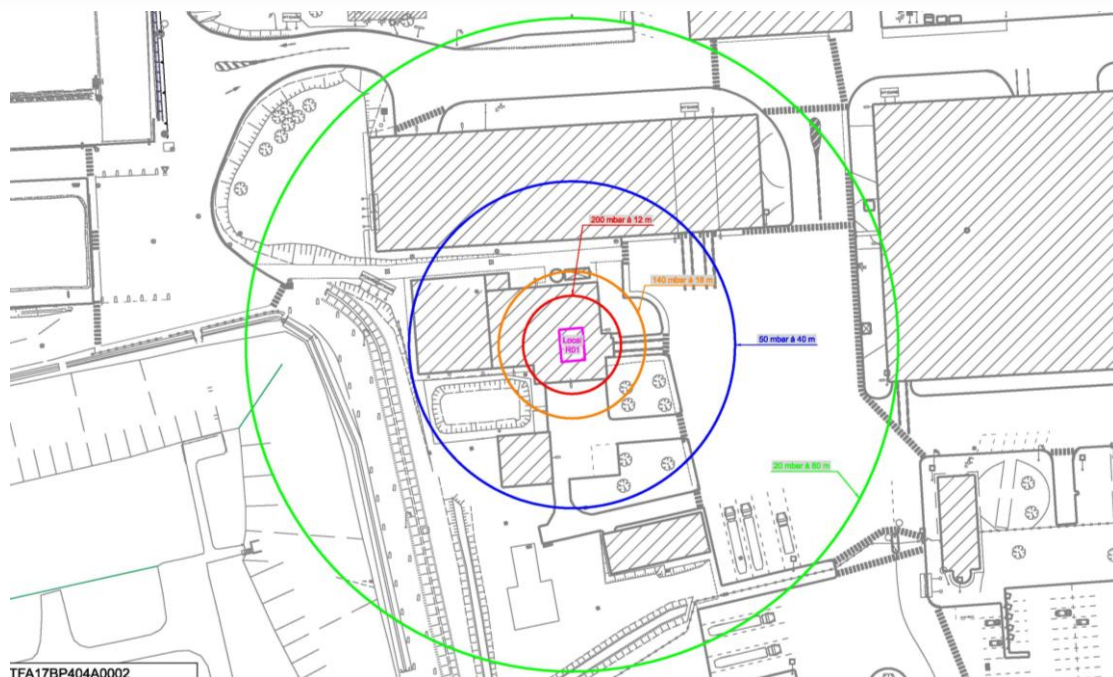


Figure 3-5 Zones des effets de surpression associés à l'explosion du local R01 du bâtiment de regroupement/tri/traitement

Les effets de surpression associés au scénario d'explosion d'un des locaux R01 ou R02 n'induirait pas de dommages à l'extérieur du site puisqu'aucun des 4 seuils d'effets de surpression présentés ne sort des limites. Il est à noter que l'atteinte des effets irréversibles sur les personnes (à partir de 50 mbar) se situe dans un périmètre de 40 m dans lequel hormis le BRTT ne se trouve que le local R10 (consommables) et le bâtiment logistique pour partie ; ce qui limite en interne les risques d'exposition à ces effets.

Concernant les effets de la surpression sur les structures, en dehors des bris de vitres et des dégâts légers, des dégâts plus considérables peuvent survenir dans un rayon de 18 m. Aucun autre bâtiment que le BRTT n'est présent dans ce périmètre dans le cas de l'explosion du R01. Pour l'explosion du local R02, hormis le BRTT lieu de l'explosion, le flux de 140 mbar atteindrait uniquement le bâtiment logistique mais sur une très faible portion et ne serait pas de nature à générer des dégâts considérables en regard de la structure du bâtiment (charpente et murs en béton jusqu'à une hauteur de 6 m). Seules les parties hautes du bâtiment en bardage métallique seraient potentiellement impactées mais sans conséquences sur les conteneurs de déchets présents dans la zone d'entreposage des conteneurs du bâtiment.

Le seuil des effets dominos fixé à 200 mbar se situe dans un rayon de 12 m. Ces effets sont donc limités au BRTT. L'analyse des équipements et installations présents dans ce périmètre permet de conclure à l'absence d'effets dominos associés à ce scénario. Pour autant, du fait de la présence de liquides inflammables et de déchets combustibles, les conséquences radiologiques ont été évaluées en considérant un incendie généralisé à la suite de cette explosion. Au niveau du bâtiment lui-même et au vu de sa conception, il n'y a pas d'effets dominos à attendre du fait du soulèvement du toit du local et du compartimentage de la toiture.

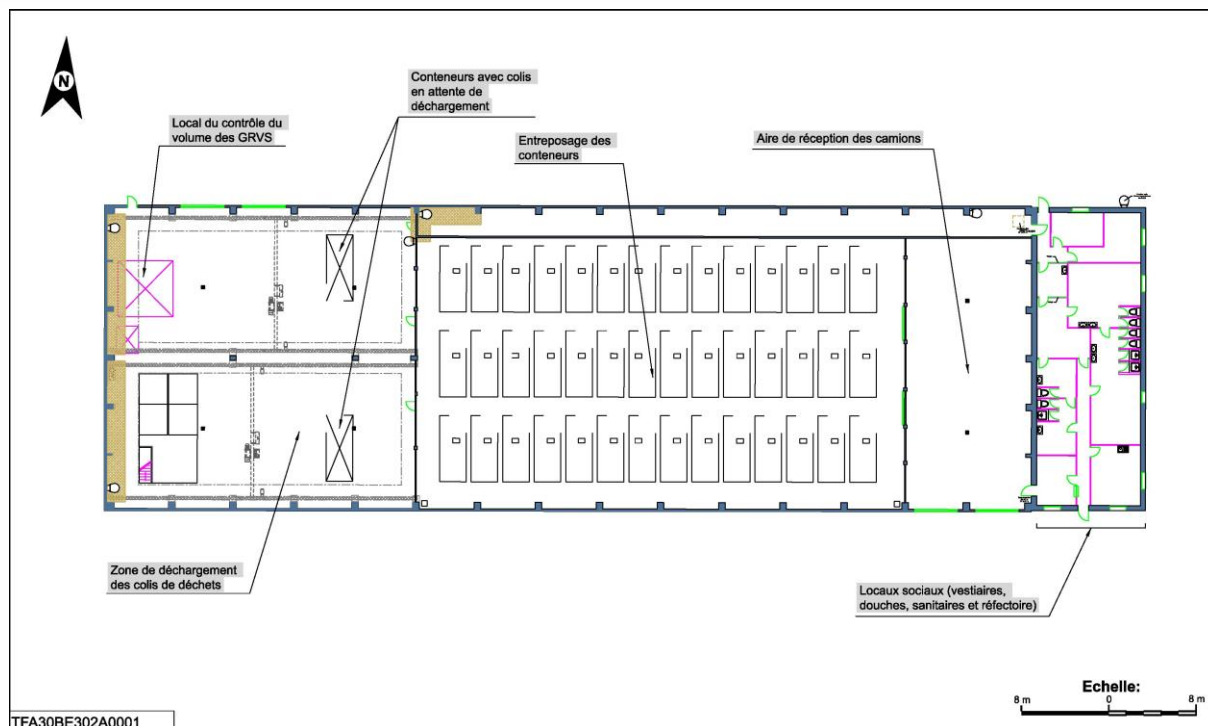


Figure 3-6 Représentation des différentes zones du bâtiment logistique

Analyse de la cinétique du phénomène

Le scénario d'explosion des locaux R01 et R02 peut être considéré comme un événement à cinétique rapide du fait de la libération soudaine de l'énergie de surpression. Pour autant, la formation d'une atmosphère explosive dans ces locaux est un phénomène plus lent qui est maîtrisé par la présence des deux explosimètres par local dont le suivi des valeurs fait l'objet de report et d'alarmes en supervision, et d'un asservissement de la ventilation (extracteur).

En regard de l'absence d'effets à l'extérieur du site, les mesures de sécurité mises en œuvre sont suffisantes pour protéger les personnes à l'extérieur des installations. En complément, les moyens de secours externes interviendraient pour compléter les moyens de secours internes, sécuriser les zones impactées et prendre en charge les éventuelles personnes blessées.

L'ensemble de ces éléments ainsi que l'analyse des zones sous l'influence de ce scénario permettent de conclure que le niveau de risque a été réduit à un niveau satisfaisant et que les effets à l'extérieur du site sont inexistants.

3.2.1.6 Toxicité des fumées d'incendie

Le scénario d'explosion suivi d'un incendie généralisé au BRTT est susceptible d'émettre des substances chimiques toxiques issues de la combustion des solvants et liquides scintillants présents. Une évaluation de l'impact chimique des émissions de gaz et de fumées de combustion a été réalisée pour ce scénario considérant qu'il est majorant par rapport aux autres scénarios d'incendie sur la base de la quantité de déchets mise en jeu.

Sont prises en compte les quantités maximales de solvants et de liquides scintillants susceptibles d'être présentes dans le bâtiment de regroupement/tri/traitement, soit les 70 tonnes autorisées. La répartition retenue est la suivante : 20 tonnes de solvants et 50 tonnes de liquides scintillants et dont les composés chimiques liquides répertoriés sont présentés au Tableau 3-9.

Tableau 3-9 Formule chimique des liquides scintillants et solvants identifiés au BRTT

Composés chimiques	Formule chimique
Acétonitrile	C ₂ H ₃ N
Triméthylbenzène	C ₉ H ₁₂
Éthanol	C ₂ H ₆ O
Méthanol	CH ₄ O
Toluène	C ₇ H ₈
Xylène	C ₈ H ₁₀
Acétate d'éthyle	C ₄ H ₈ O ₂
Éther diéthylique	(C ₂ H ₅) ₂ O
Éther isopropylique	(C ₃ H ₇) ₂ O
Diisopropyl naphtalene	C ₁₆ H ₂₀
Benzene, C10-13 - alkyl dérivatives	C ₆ H ₅ C _n H _{2n+1} (n = 10-13)
Ethoxylated alkylpenol	C ₉ H ₁₉ C ₆ H ₄ (OCH ₂ CH ₂) _n OH
Mixture of phenylethylxylenes	C ₁₆ H ₁₈
Docusate de sodium	C ₂₀ H ₃₇ NaO ₇ S
Bis(2-thylhexyl) hydrogène phosphate	C ₁₆ H ₃₅ O ₄ P
2-(2-butoxyethoxy) éthanol	C ₄ H ₉ -O-(CH ₂) ₂ -OCH ₂ -CH ₂ OH

Les solvants et liquides scintillants sont principalement constitués de produits hydrocarbonés ; en sus du carbone (C), de l'oxygène (O) et de l'hydrogène (H), certains produits contiennent de l'azote (N), du soufre (S) ou du phosphore (P).

Du fait de la composition chimique des composés inventoriés au Tableau 3-9, la combustion des liquides scintillants et solvants présents conduirait à la formation des produits de décomposition et polluants suivants : CO, CO₂, SO₂, HCN, NO₂, N₂ et PH₃

L'évaluation se base sur une durée d'incendie de 60 minutes. Cette durée est pénalisante mais peut être justifiée par la quantité de solvants et liquides scintillants présents, ainsi que leur répartition dans les locaux. En effet, ces liquides inflammables sont principalement entreposés dans les locaux R01, R02 et dans la zone de préparation des expéditions située à proximité (ZPE). En considérant que la totalité des liquides (70 t) est répandue sur la surface de ces locaux (208 m²), la durée d'incendie du feu de nappe nécessaire à une combustion complète serait *a minima* de 62 à 72 minutes², en retenant les caractéristiques des solvants les plus volatiles qui possèdent les vitesses de combustion les plus élevées.

² Calcul en considérant l'ensemble des liquides comme des solvants volatiles tels que le xylène (vitesse de combustion de 90 g/m².s) ou le toluène (la vitesse de combustion de 78 g/m².s). Les alcools (éthanol ou méthanol) ont des vitesses de combustion beaucoup plus faibles (de l'ordre de 17 g/m².s)

La combustion complète des 70 tonnes de solvants et liquides scintillants sur cette durée de 60 minutes conduit aux débits massiques suivants :

Tableau 3-10 Débits massiques des produits de décomposition, pour une durée de combustion de 60 minutes (kg/s)

	CO	CO ₂	SO ₂	HCN	NO ₂	N ₂	PH ₃
Débit massique (kg/s)	3,56	50,33	0,11	0,31	0,52	0,96	0,06

Les concentrations induites calculées au Hameau de La Chaise par application d'un Coefficient de Transfert Atmosphérique (CTA issus des abaques de Doury) sont comparées dans le tableau 3-11 aux seuils des effets irréversibles (SEI) pour une combustion de 60 minutes, pour chaque produit de décomposition³.

Tableau 3-11 Concentrations au hameau de La Chaise comparées aux SEI 60 min

	CO	CO ₂	SO ₂	HCN	NO ₂	N ₂	PH ₃
Concentration (mg/m ³)	160	2 265	5,1	13,8	23,6	43,1	2,7
SEI 60 min (mg/m ³)	920	78 400*	211	45**	75	-	54

* Pour le CO₂, en l'absence de donnée sur 60 min est retenue de manière pénalisante la valeur IDLH 30 min.

** Pour le HCN, en l'absence de SEI défini par l'INERIS, ce sont les SPEL (seuil des premiers effets létaux) plus pénalisants qui sont pris en compte.

La concentration pour chaque polluant pris séparément est nettement inférieure au seuil d'effet indésirable.

Afin de prendre en compte également la toxicité cumulée du mélange de ces gaz, la somme des ratios est calculée :

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{(\text{Concentration du polluant } P_i)}{(\text{Seuil du polluant } P_i)}$$

Le ratio équivalent obtenu est égal à 0,90 (<1).

Dans ces conditions, les conséquences induites par un incendie, sur le plan de la toxicité des fumées émises, ne sont pas de nature à générer d'effet à caractère irréversible sur la population et en particulier les habitants du village de La Chaise.

En support au résultat obtenu, il faut rappeler que les hypothèses retenues pour le calcul des concentrations et du ratio équivalent sont majorantes puisqu'elles considèrent un incendie de la totalité des solvants et liquides scintillants autorisés dans le bâtiment regroupement/tri/traitement, sans tenir compte des différents dispositifs de sécurité incendie présents dans les locaux (portes coupe-feu, dispositifs d'extinction automatique, réseau de collecte des liquides...). De ce fait, un incendie généralisé mettant en jeu la totalité des liquides présents est très improbable.

3.2.2 Scénario d'incendie d'un camion au niveau du quai de chargement

³ Calculs en utilisant un CTA de $4,5 \cdot 10^{-5}$ s/m³ pour un rejet à une hauteur de 10m et une distance de 900 m entre le BRTT et le hameau de La Chaise. On considère des conditions atmosphériques avec vent de 0,5 m/s et une diffusion faible.

Les risques liés à ce scénario sont de trois types :

- la dissémination de substances radioactives dans l'air ;
- les effets thermiques de l'incendie ;
- la dispersion de fumées d'incendie.

3.2.2.1 Description

On considère un camion situé au niveau du quai de déchargement du BRTT. Ce camion transporte des déchets destinés à un traitement sur le Cires. En plus des déchets présents sur le camion, des déchets sont entreposés à proximité du quai de chargement (dans la zone de préparation des expéditions, zone ZPE). Un incendie se déclare dans le compartiment moteur du camion, atteint le réservoir et se propage à tout le chargement ainsi qu'aux déchets présents dans la ZPE. On suppose, de manière pénalisante, que l'ensemble des déchets présents dans le conteneur de transport et dans la ZPE est susceptible de brûler.

3.2.2.2 Hypothèses

- Sur la base du retour d'expérience, on considère un chargement de déchets contaminés en 3H, 14C, 129I et 90Sr ;
- On suppose que l'incendie se propage aux déchets présents sur la zone de chargement. L'activité prise en compte est l'activité maximale présente en ZPE sur la base de la capacité d'entreposage et des activités maximales reçues ;
- Dans cette approche pénalisante, les capacités d'extinction disponibles ne sont pas valorisées, on suppose ainsi que la totalité des déchets présents est consumée ;
- La hauteur de relâchement dans le BRTT est de 0 m (au sol) ;
- Le facteur de mise en suspension est pris égal à 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres (représentatif de déchets combustibles soumis à une flamme) ;
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un camion (moteur en marche, ou moteur encore chaud), les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.2.2.3 Terme source relâché

L'estimation du terme source relâché est réalisée sur la base de l'inventaire du chargement et celui présent en ZPE.

Tableau 3-12 Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un camion au niveau du quai de chargement du BRTT »

RN	Activité du chargement (Bq)	Activité dans la ZPE (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité totale relâchée (Bq)
H3	2,50E+09	6,50E+09	1	9,00E+10
C14	2,00E+10	1,04E+10	1	3,04E+11
Sr90	5,00E+07	0,00E+00	1	5,00E+08
I129	5,00E+07	4,40E+08	1	4,90E+09
Am241	0,00E+00	2,30E+07	0,05	1,15E+07

3.2.2.4 Impact radiologique

Pour le promeneur la dose maximale à 24 heures est inférieure à **0,3 mSv**.

Pour l'habitant de La Chaise la dose à 24 heures est inférieure à **0,03 mSv** et la dose long terme est inférieure à **0,6 mSv**.

SYNTHÈSE – Scénario « Incendie d'un camion au niveau du quai de chargement du BRTT et Impact sur le public »

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Exploitation			
Scénario	Incendie d'un camion au niveau du quai de chargement se propageant à la Zone de Préparation des Expéditions (ZPE)			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site			
Paramètres	Spectre et activités retenus : camion de déchets contaminés en 3H, 14C, 129I et 90Sr + activité maximale en ZPE (REX d'exploitation) Coefficient de remise en suspension : 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5			
Résultat groupe « promeneur »	2,91E-01 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	2,26E-02	2,73E-01	3,90E-01
	Enfant 10 ans	1,97E-02	3,59E-01	5,28E-01
	Enfant 1 an	1,10E-02	2,64E-01	4,31E-01

3.2.2.5 Effets thermiques

Est considéré au travers de ce scénario une nappe de liquide inflammable pouvant s'étendre sur la totalité de la surface du quai de chargement/déchargement, ainsi que sur la zone où se trouve le camion. Le scénario considérant que l'incendie se propage aux déchets présents dans la ZPE (zone de préparation des expéditions) une nappe en feu est ainsi considérée comme une surface rectangulaire d'environ 172 m² (23,6*7,3).

En application de l'outil de calcul joint à la circulaire DPPR/SEI2/AL-06-357 du 31/01/07 (cf. Paragraphe 2.3) sont obtenues les distances d'effets thermiques arrondies à la demi-décade supérieure présentées dans le tableau 3-13 et illustrées par la cartographie de la figure 3-7.

Tableau 3-13 Effets thermiques dans le cas de l'incendie au niveau de la zone de chargement du bâtiment de regroupement/ tri/ traitement

Seuils	Dommages prévisibles sur les personnes et dégâts prévisibles sur les biens	Distance d'effet sur la longueur (m)	Distance d'effet sur la largeur (m)
8 kW/m ²	Effets létaux significatifs, effets dominos	25	15
5 kW/m ²	Effets létaux, destruction significative des vitres	30	20
3 kW/m ²	Effets irréversibles	35	25

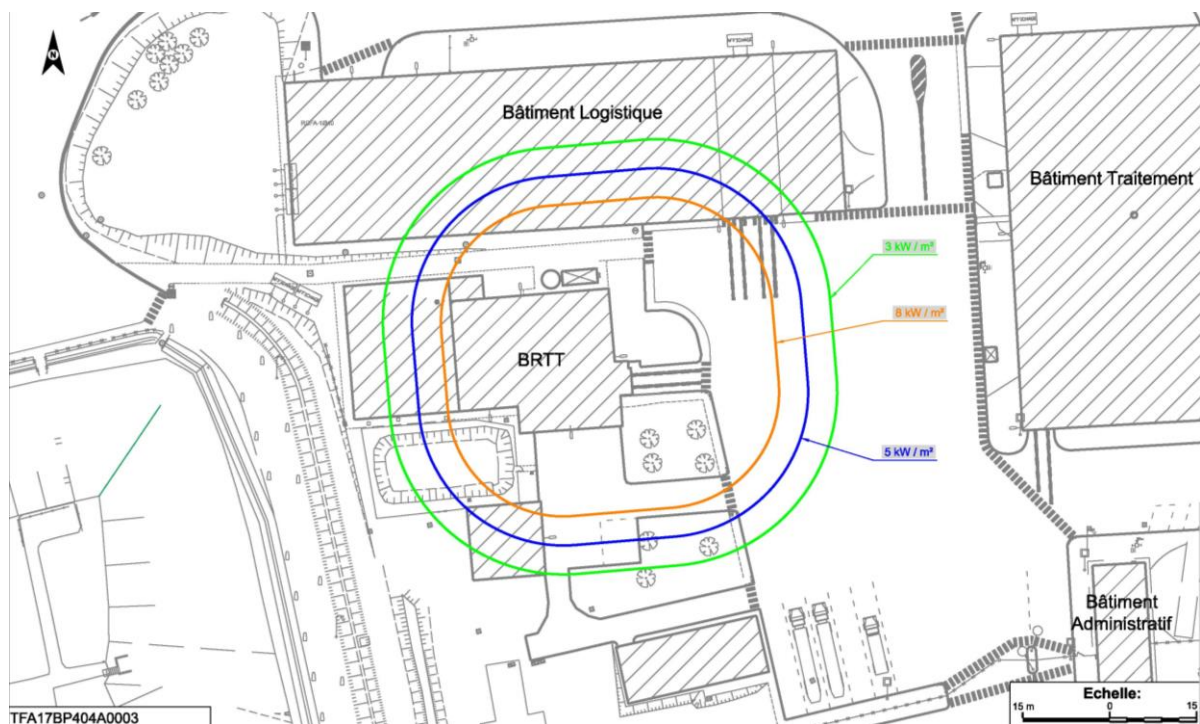


Figure 3-7 Zones des effets thermiques associés à l'incendie au niveau de la zone de chargement du bâtiment de regroupement/tri/traitement

Aucune des zones d'effets thermiques associés aux flux de 3, 5 et 8 kW/m² ne sort des limites de l'ICPE.

Pour compléter l'analyse, les distances d'effets associées au flux de 20 kW/m² (cf. Tableau 3-14) ont également été considérées et représentées sur la figure 3-8.

Tableau 3-14 Distance d'effets associés au flux de 20 kW/m² dans le cas de l'incendie au niveau de la zone de chargement du BRTT

Seuils	Dommages prévisibles sur les structures	Distance d'effet sur la longueur (m)	Distance d'effet sur la largeur (m)
20 kW/m ²	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	14	11

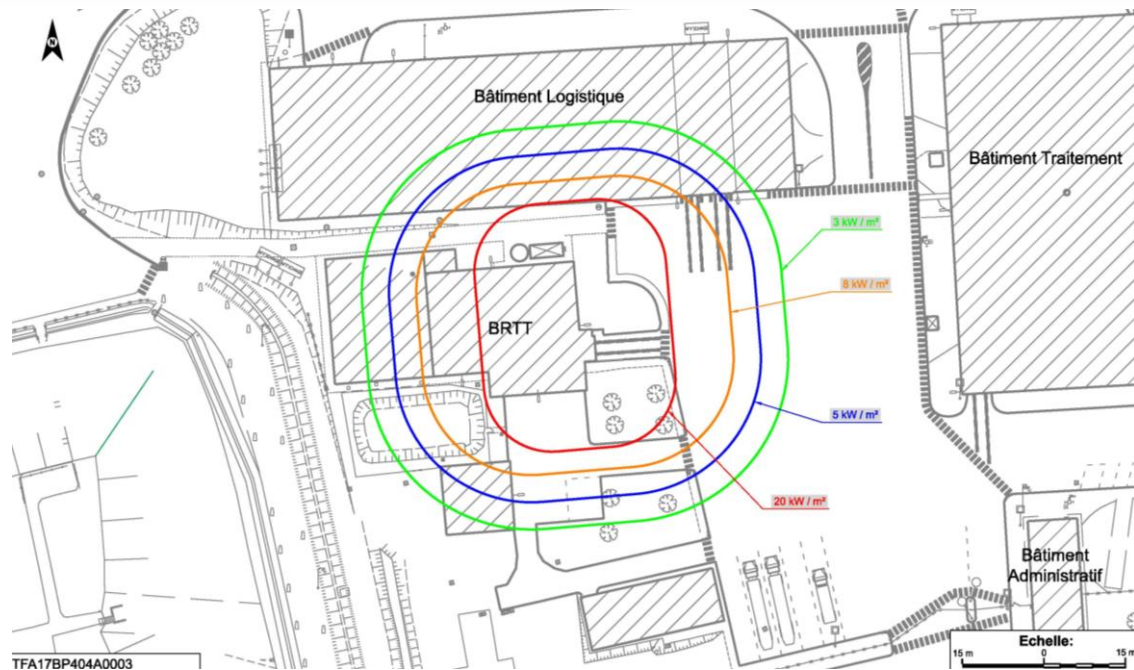


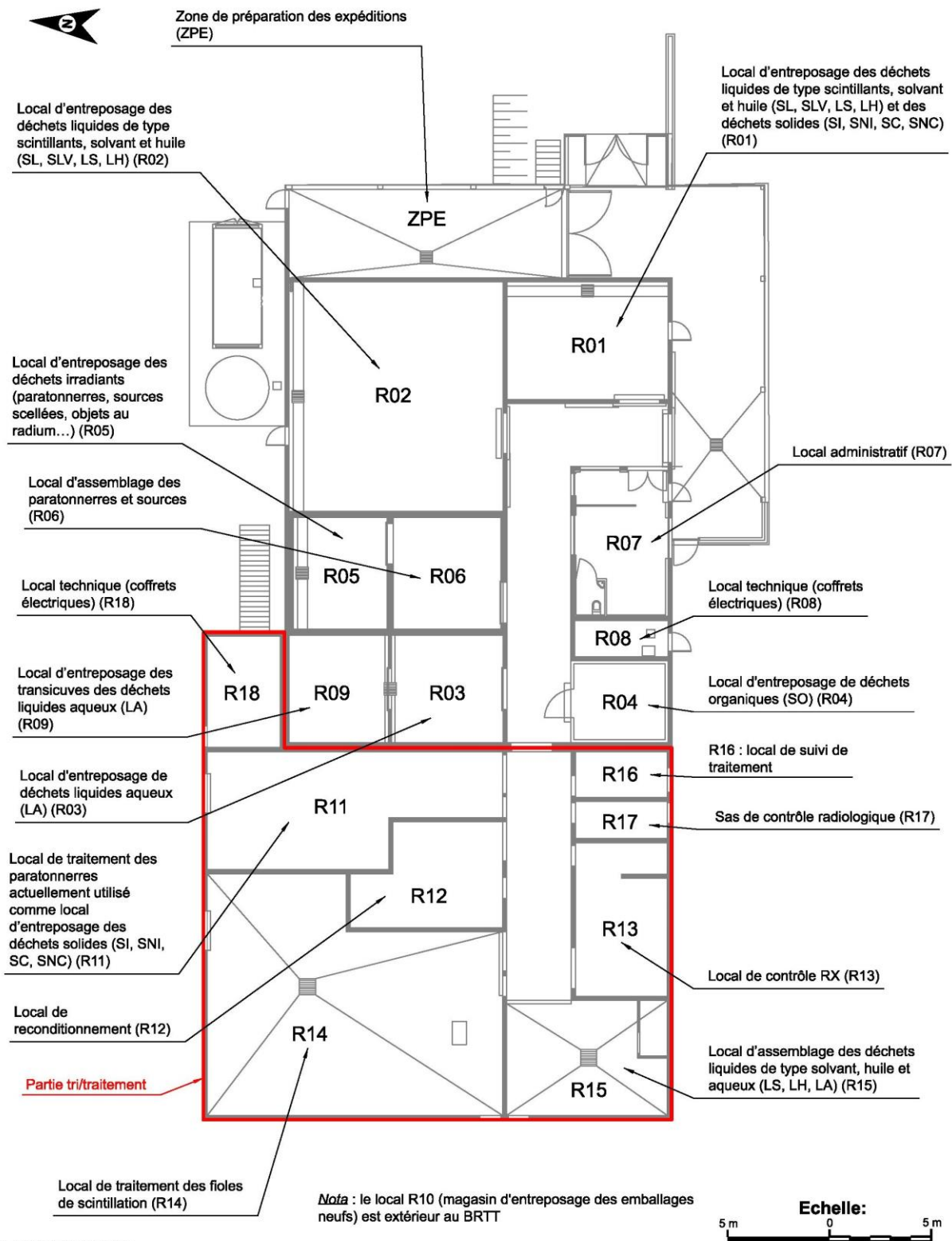
Figure 3-8 Zones des effets thermiques (dont flux 20 kW/m²) associés à l'incendie au niveau de la zone de chargement du BRTT

L'atteinte des effets irréversibles (à partir de 3 kW/m²) sur les personnes se situe à une distance de 35 m sur la longueur et 25 m sur la largeur. Le BRTT et une partie du bâtiment logistique (correspondant à la zone d'entreposage des conteneurs principalement) et du local R10 (consommables) se trouve dans ce périmètre. Il n'y a ainsi pas d'impact sur les personnes à l'extérieur du site, et le risque d'atteinte au personnel sur site est limité.

L'atteinte du seuil de 5 kW/m² se situe à une distance de 30 m sur la longueur et 20 sur la longueur et se limite aux mêmes bâtiments.

L'atteinte du seuil de 8 kW/m² correspondant aux effets dominos, se situe à une distance de 25 m sur la longueur et 15 m sur la largeur. Ce flux atteint :

- le coin nord-est du local R10 d'entreposage d'emballages plastiques et métalliques vides, sans risque de générer un incendie avec des effets à l'extérieur du site ;
- une partie du bâtiment logistique dont la charpente et les murs sont en béton sur une hauteur de 6 m. La figure 3-8 montre que le bâtiment dans sa partie basse (à hauteur de flammes) est soumis à un flux radiatif ne dépassant pas les 20 kW/m², la tenue de la zone impactée est ainsi assurée pendant plusieurs heures. Pour la partie haute du bâtiment au-delà de 6 m en bardage, aucun flux n'est à considérer, la hauteur des flammes évaluée étant de 5,7 m ;
- les locaux du BRTT qui jouxtent le quai de déchargement et la ZPE, hors des locaux R01 et R02 (cf. Figure 3-9) sont conçus pour l'entreposage de déchets liquides inflammables et dotés de murs coupe-feu de degré 2 heures.



TFA30BN302A0001

Figure 3-9 Représentation des différents locaux du BRTT

Par conséquent, le scénario n'est pas susceptible de générer des effets dominos pouvant conduire à des impacts à l'extérieur du site supérieurs à ceux évalués dans la présente étude de dangers.

L'ensemble de cette étude permet de conclure que les rayons de dangers ne sortent pas de l'enceinte de l'établissement et que les effets thermiques à l'extérieur du site sont inexistantes.

Analyse de la cinétique du phénomène

Le scénario d'incendie d'un chargement de camion peut être considéré comme un événement à cinétique rapide. Si une source d'inflammation est présente dans la zone d'emprise des liquides, sa position influe sur le déroulement et la cinétique du scénario.

La cinétique associée à ce scénario est réduite par l'organisation mise en place sur le site : personnel formé et disposant de moyens appropriés (cf. Volume 4 de l'étude de dangers).

En complément, les moyens de secours externes interviennent pour compléter les moyens de secours internes, sécuriser les zones impactées et prendre en charge les éventuelles personnes blessées.

L'ensemble de ces éléments ainsi que l'analyse des zones sous l'influence de ce scénario permettent de conclure que le niveau de risque a été réduit à un niveau satisfaisant et qu'il n'y a pas d'effets thermiques à l'extérieur du site.

3.2.2.6 Toxicité des fumées d'incendie

Tout scénario d'incendie est susceptible en sus des effets thermiques de générer des effets toxiques dues aux fumées émises. Dans le présent scénario, les matières combustibles sont limitées au chargement du camion et aux déchets susceptibles d'être présents sur le quai et dans la ZPE. Les fumées générées par l'incendie ne seraient donc pas de nature à induire un impact significatif (SEI) à la population en dehors du site.

À noter qu'une évaluation de l'impact toxique des fumées a été réalisée pour le scénario d'explosion suivi d'un incendie généralisé au BRTT considérant que ce scénario majorant sur ces aspects en regard des quantités de déchets mises en jeu.

Ainsi dans tous les cas, la toxicité des fumées d'incendie reste inférieure à l'évaluation réalisée pour le scénario majorant présenté au chapitre 3.2.1.

3.2.3 Chute d'un colis de déchets transitant dans le bâtiment de regroupement/ tri/ traitement

Le seul risque que présente ce scénario est la dissémination de substances radioactives dans l'air. Par conséquent, l'évaluation de ce scénario porte uniquement sur l'estimation de la dose efficace vis-à-vis des populations les plus exposées.

3.2.3.1 Description

Des dispositions limitent les risques de dispersion des déchets : emballages livrés fermés, colis contenant des déchets liquides entreposés dans des rétentions étanches, locaux munis d'un sol en pente permettant de recueillir les liquides contaminés.

On considère néanmoins l'accident suivant : une palette transportant des sels naturels, manipulée par un opérateur, tombe au sol et se renverse.

3.2.3.2 Hypothèses

- Le facteur de mise en suspension est pris égal à 10^{-4} (un coefficient 10^{-3} est retenu pour représenter la situation accidentelle de chute en complément duquel un coefficient 10^{-1} est valorisé pour représenter la rétention de l'emballage contenant le déchet) ;
- Suite à la chute du colis, l'activité remise en suspension est considérée, de manière pénalisante, comme relâchée au niveau du sol (0 m) ;
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un engin de manutention, les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.2.3.3 Terme source relâché

Le scénario met en jeu une palette transportant la totalité des colis de sels naturels présents à savoir 3 colis de thorium naturel (activité 1/3 ²³²Th, 1/3 ²²⁸Th, 1/3 ²²⁸Ra à l'équilibre), soit 1,2 GBq ainsi que 5 colis d'Uranium naturel (activité 49% ²³⁴U, 49% ²³⁸U, 2% ²³⁵U), soit 10,4 GBq. Le terme source relâché associé est présenté dans le Tableau 3-15.

Tableau 3-15 Terme source relâché relatif au scénario « chute de colis au BRTT »

RN	Activité de la palette (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq)
Th232	4,00E+08	1,00E-04	4,00E+04
Th228	4,00E+08	1,00E-04	4,00E+04
Ra228	4,00E+08	1,00E-04	4,00E+04
U234	5,10E+09	1,00E-04	5,10E+05
U235	2,08E+08	1,00E-04	2,08E+04
U238	5,10E+09	1,00E-04	5,10E+05

3.2.3.4 Impact radiologique

La dose la plus importante est associée au promeneur et est inférieure à 0,003 mSv.

Pour l'habitant de La Chaise la dose à 24 heures est inférieure à 0,0003 mSv et la dose long terme est inférieure à 0,0004 mSv. Sur la base des hypothèses caractéristiques de ce scénario, la dose reçue est inférieure à 1 µSv.

SYNTHÈSE – Scénario « Chute d'un colis de déchets transitant dans le BRTT et impact sur le public »

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Exploitation			
Scénario	Chute d'une palette de sels naturels au BRTT			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site			
Paramètres	Inventaire considéré : Palette de 8 colis de sels naturels (1,2 GBq de thorium naturel et 10,4 GBq d'uranium naturel) Coefficient de remise en suspension : 10 ⁻⁴ (donnée caractéristique pour les colis de déchets de terres et gravats) Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5			
Résultat groupe « promeneur »	2,86E-03 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	adulte	2,22E-04	2,37E-04	3,26E-04
	enfant 10 ans	2,11E-04	2,37E-04	3,64E-04
	enfant 1 an	1,72E-04	2,03E-04	3,30E-04

3.2.4 Conclusion des évaluations de conséquences des scénarios impliquant des déchets des filières hors électronucléaire du bâtiment de regroupement/tri/traitement

L'analyse des risques susceptibles d'intervenir au cours de l'exploitation du BRTT a permis d'identifier trois situations accidentelles jugées enveloppes par leurs conséquences radiologiques éventuelles et les effets thermiques ou de surpression associés.

Il est nécessaire de rappeler que de tels scénarios restent par définition hypothétiques, et que les différentes mesures de prévention mises en œuvre sur le Centre rendront leurs probabilités d'occurrence très faibles.

Malgré le caractère pénalisant des différentes hypothèses retenues dans les évaluations, les expositions radiologiques associées à l'occurrence de ces scénarios restent acceptables pour un scénario accidentel au regard des critères de protection rappelés au paragraphe 1.2.4.1. Ainsi, la dose maximale reçue est de l'ordre de 0,35 mSv sur 24h et 7,11 mSv sur le long terme pour le groupe de référence « multi-activités » à la Chaise et de 4,57 mSv pour le promeneur sur 24 h. Ces mêmes doses maximales sont respectivement 0,37 mSv, 7,38 mSv et 4,76 mSv pour le cas de sensibilité mettant en jeu une activité majorée en 3H et 14C dans le bâtiment).

Concernant les effets de surpression associés au scénario d'explosion des locaux contenant les déchets solvants et liquides scintillants, les dommages létaux, les effets irréversibles ou encore les effets indirects ne s'étendront pas au-delà des limites du Centre. En cas d'explosion, les dommages sur les personnes ne concerneront que les personnes situées à proximité directe du local concerné par l'explosion ; les dommages sur les structures, en dehors de la destruction des vitres, ne concerneront que le BRTT, le bâtiment le plus proche (bâtiment logistique) ne sera pas impacté de manière significative.

Concernant les effets thermiques associés au scénario incendie, les dommages létaux, les effets irréversibles ou encore les effets sur les installations ne s'étendront pas au-delà des limites du Centre. En cas d'incendie, les dommages sur les personnes ne concerneront que les personnes situées à proximité directe de la zone de chargement concernée par l'incendie ; les dommages sur les structures ne concerneront que le BRTT ; le bâtiment logistique ne sera pas impacté en regard des dispositions constructives.

Par ailleurs sur le plan de la toxicité des fumées émises en cas d'incendie, les conséquences induites et évaluées au travers d'un scénario majorant, ne sont pas de nature à générer d'effet à caractère irréversible sur la population et en particulier les habitants du village de la Chaise.

3.3 Scénarios impliquant des déchets du bâtiment entreposage

3.3.1 Scénario : incendie d'un chargement dans la zone de chargement/déchargement

Les risques liés à ce scénario sont de deux types :

- la dissémination de substances radioactives dans l'air ;
- les effets thermiques de l'incendie ;
- la dispersion de fumées d'incendie.

3.3.1.1 Description

Un camion chargé de colis de déchets en provenance du BRTT stationne à proximité du bâtiment d'entreposage. On considère qu'un incendie se déclare dans le compartiment moteur du camion, atteint le réservoir et se propage au chargement. On suppose que les colis présents dans le conteneur de transport conduisent à un relâchement sous l'effet de la chaleur dégagée par l'incendie.

3.3.1.2 Hypothèses

- Le chargement pris en compte est représentatif de la collecte et des transports réalisés entre le BRTT et le bâtiment d'entreposage ;
- De manière pénalisante, il est retenu un chargement contenant des déchets émetteurs alpha (226Ra et 241Am) ;

- Les déchets considérés comme non combustibles sont conditionnés dans des emballages métalliques. De façon pénalisante, il n'est pas retenu de rétention provenant des emballages ;
- Les facteurs de mise en suspension retenus sont ceux correspondant à des déchets non combustibles soumis aux flammes (0,005 pour les radionucléides non volatils, 0,05 pour les radionucléides semi-volatils et 1 pour les volatils) ;
- Dans cette approche pénalisante, les capacités d'extinction disponibles ne sont pas valorisées, on suppose ainsi que la totalité du chargement est consommée ;
- La hauteur de relâchement retenue est de 0 m (au sol) ;
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un camion (moteur en marche, ou moteur encore chaud), les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.3.1.3 Terme source relâché

L'estimation du terme source relâché est réalisée sur la base de l'inventaire d'un chargement représentatif des transferts de déchets entre le BRTT et le bâtiment d'entreposage.

Tableau 3-16 Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un chargement au niveau du quai de BE »

RN	Activité du chargement (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité rejetée (Bq)
H3	8,90E+07	1,00E+00	8,90E+07
Pb210	2,20E+09	5,00E-02	1,10E+08
Ra226	6,69E+09	5,00E-02	3,34E+08
Ra228	3,48E+07	5,00E-02	1,74E+06
Ac227	1,39E+06	5,00E-03	6,95E+03
Th228	2,23E+07	5,00E-03	1,12E+05
Th230	3,40E+07	5,00E-03	1,70E+05
Th232	4,20E+07	5,00E-03	2,10E+05
U234	2,27E+09	5,00E-03	1,14E+07
U235	9,80E+07	5,00E-03	4,90E+05
U238	3,55E+09	5,00E-03	1,78E+07
Am241	5,82E+09	5,00E-03	2,91E+07

3.3.1.4 Impact radiologique

La dose induite à un individu situé au hameau de La Chaise est inférieure à 0,09 mSv à 24 heures et inférieure à 0,8 mSv à long terme. L'exposition d'un promeneur situé à proximité de la clôture est inférieure à 3,4 mSv.

SYNTHÈSE - Scénario : Incendie d'un chargement dans la zone de chargement du bâtiment d'entreposage - Impact sur le public

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Exploitation			
Scénario	Incendie d'un chargement au niveau de la zone du BE			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site			
Paramètres	Inventaire considéré : Chargement représentatif des transferts BRTT=> BE Coefficient de remise en suspension : déchets non combustibles soumis aux flammes Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5			
Résultat groupe « promeneur »	3,39E+00 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	8,82E-02	1,21E-01	5,59E-01
	Enfant 10 ans	7,60E-02	1,29E-01	7,54E-01
	Enfant 1 an	5,59E-02	1,12E-01	7,37E-01

3.3.1.5 Effets thermiques

Les effets thermiques d'un tel incendie sont limités au camion (du fait de la nature des déchets) et n'atteindront en aucun cas l'extérieur du Centre compte-tenu de la présence du merlon de terre et de l'éloignement du bâtiment d'entreposage par rapport à la clôture du Cires.

Une évaluation des effets thermiques potentiels a tout de même été effectuée en appliquant les zones d'effets majorantes calculées pour le scénario « incendie d'un camion au niveau du quai de chargement du BRTT » (cf. Section 3.2.2 du présent document). En effet, si l'on considère un feu de nappe induit par l'incendie du véhicule, les distances d'effets thermiques calculées pour le scénario sur le quai du BRTT sont les plus pénalisantes de la nature des déchets liquides inflammables constituant le chargement.

La représentation des distances des effets thermiques en figure 3-10 confirme qu'aucun des rayons de dangers correspondant aux flux thermiques de 3, 5 ou 8 kW/m² ne sortirait de l'enceinte de l'établissement. Si le flux de 8 kW/m² atteindrait tout juste la façade nord du bâtiment d'entreposage avec ces hypothèses majorantes de nappe, a fortiori l'incendie limité au camion du fait de la nature de déchets transportés seraient limités à la zone de déchargement.

L'impact de ce scénario est donc lié aux émissions de substances radioactives contenues dans le chargement du camion.

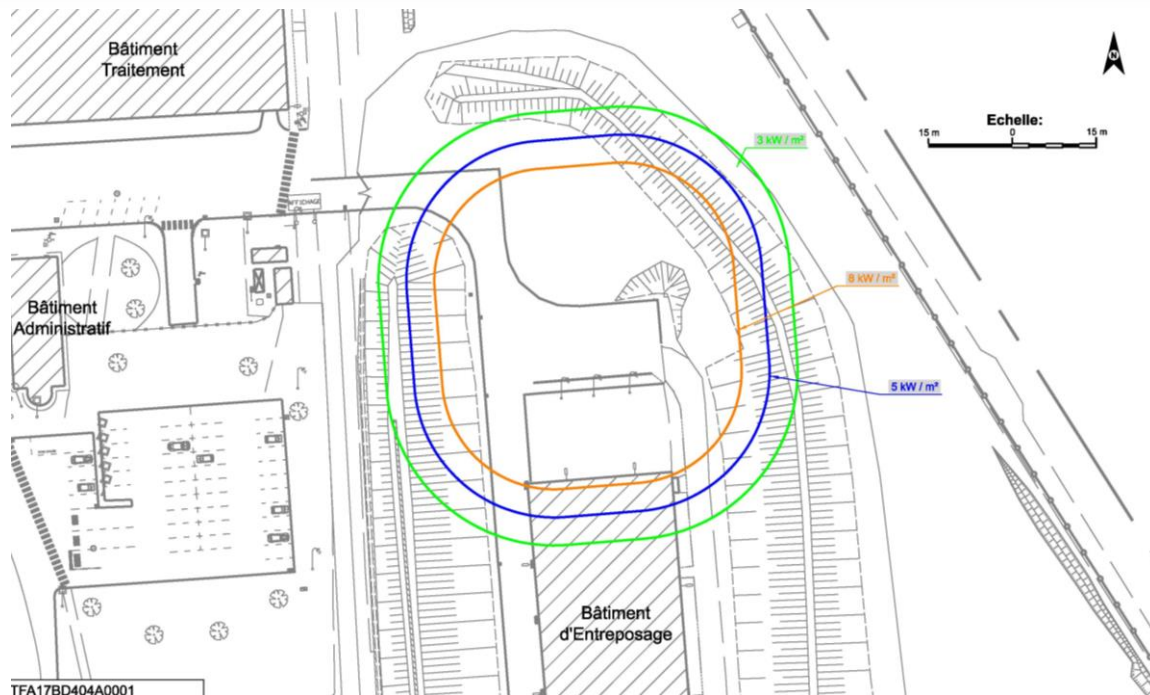


Figure 3-10 Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion au niveau de la zone de chargement du bâtiment d'entreposage

3.3.1.6 Toxicité des fumées d'incendie

Tout scénario d'incendie est susceptible en sus des effets thermiques de générer des effets toxiques dues aux fumées émises. Dans le présent scénario, les matières combustibles sont limitées à l'engin de transfert et à son chargement. Les fumées générées par l'incendie ne seraient donc pas de nature à induire un impact significatif en dehors du site.

À noter qu'une évaluation de l'impact toxique des fumées a été réalisée pour le scénario d'explosion suivi d'un incendie généralisé au BRTT considérant que ce scénario majorant sur ces aspects en regard des quantités de déchets mises en jeu.

Ainsi dans tous les cas, la toxicité des fumées d'incendie reste inférieure à l'évaluation réalisée pour le scénario majorant présenté au paragraphe 3.2.1.

3.3.2 Scénario « chute de colis de déchets »

Le seul risque que présente ce scénario est la dissémination de substances radioactives dans l'air. Par conséquent, l'évaluation de ce scénario porte uniquement sur l'estimation de la dose efficace vis-à-vis des populations les plus exposées.

3.3.2.1 Description

Trois sous-scénarios sont retenus :

- La chute d'un caisson de 6 m³ transportant 9 tonnes de déchets radifères constitués de terres et de gravats.
- La chute d'un caisson de 6 m³ transportant 9 tonnes de déchets thorifères constitués de terres et de gravats.
- La chute d'une palette contenant la totalité des sels naturels transitant via le bâtiment de regroupement.

3.3.2.2 Hypothèses

- La fraction de déchets remise en suspension considérée est de 10^{-4} .
- La hauteur de relâchement dans le bâtiment entreposage est de 0 m (au sol).
- Le scénario impliquant l'utilisation d'un engin de manutention, les calculs de conséquence sont associés à la condition météorologique pénalisante en journée qui est D5.

3.3.2.3 Terme source relâché

Le scénario est évalué au travers de 3 typologies de colis et les inventaires radiologiques associés :

- Caisson 6 m³ de déchets radifères : 2,5 GBq en radium à l'équilibre séculaire (2,5 GBq ²²⁶Ra et 2,5 GBq ²¹⁰Pb).
- Caisson 6 m³ déchets thorifères : 2,5 GBq en thorium à l'équilibre séculaire (2,5 GBq en ²³²Th, ²²⁸Th et ²²⁸Ra).
- Palette de sels naturels : 3 colis de thorium naturel (activité 1/3 ²³²Th, 1/3 ²²⁸Th, 1/3 ²²⁸Ra à l'équilibre), soit 1,2 GBq + 5 colis d'Uranium naturel (activité 49% ²³⁴U, 49% ²³⁸U, 2% ²³⁵U), soit 10,4 GBq.

Le terme source relâché pour ces trois sous-scénarios est présenté dans le Tableau 3-17.

Tableau 3-17 Terme source relâché relatif au scénario « chute de colis de déchets transitant dans le BE »

RN	Activité du colis (Bq)	Coefficient de remise en suspension	Activité relâchée (Bq)
Caisson de déchets radifères			
Ra226	2,50E+09	1,00E-04	2,50E+05
Pb210	2,50E+09	1,00E-04	2,50E+05
Caisson de déchets thorifères			
Th232 à l'équilibre	2,50E+09	1,00E-04	2,50E+05
Palette de sels naturels			
Th232	4,00E+08	1,00E-04	4,00E+04
Th228	4,00E+08	1,00E-04	4,00E+04
Ra228	4,00E+08	1,00E-04	4,00E+04
U234	5,10E+09	1,00E-04	5,10E+05
U235	2,08E+08	1,00E-04	2,08E+04
U238	5,10E+09	1,00E-04	5,10E+05

3.3.2.4 Impact radiologique

La dose induite à un individu situé au hameau de La Chaise est inférieure à 0,0007 mSv à 24 heures et inférieure à 0,0014 mSv à long terme. L'exposition d'un promeneur situé à proximité de la clôture est inférieure à 0,03 mSv.

SYNTHÈSE – Scénario « Chute d'un colis de déchets transitant dans le bâtiment d'entreposage - Impact sur le public »

Situation	Accidentelle
Phase de vie	Exploitation
Scénario	Chute de colis de déchet au bâtiment entreposage
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise Groupe « promeneur » en limite de site
Paramètres	Inventaire considéré : 3 typologies de colis différentes (caisson radifère, caisson thorifère, palette de sels naturels) Coefficient de remise en suspension : situation de chute avec valorisation d'une rétention provenant du conteneur Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5

Caisson de déchets radifères

Résultat groupe « promeneur »	1,52E-03 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	3,94E-05	7,94E-05	4,16E-04
	Enfant 10 ans	3,97E-05	1,07E-04	5,92E-04
	Enfant 1 an	3,24E-05	1,12E-04	6,01E-04

Caisson de déchets thorifères

Résultat groupe « promeneur »	2,69E-02 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	6,99E-04	7,44E-04	1,19E-03
	Enfant 10 ans	6,33E-04	7,43E-04	1,37E-03
	Enfant 1 an	5,08E-04	6,30E-04	1,26E-03

Palette de sels naturels

Résultat groupe « promeneur »	8,54E-03 mSv sur 24 h			
Résultat groupe « multi-activités »	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	2,22E-04	2,37E-04	3,26E-04
	Enfant 10 ans	2,11E-04	2,37E-04	3,64E-04
	Enfant 1 an	1,72E-04	2,03E-04	3,30E-04

3.3.3 Conclusion des évaluations de conséquences des scénarios impliquant des déchets du bâtiment d'entreposage

L'analyse des risques susceptibles d'intervenir au cours de l'exploitation du bâtiment d'entreposage a permis d'identifier deux situations accidentelles jugées enveloppes du fait de leurs conséquences radiologiques éventuelles.

Il est nécessaire de rappeler que de tels scénarios restent par définition hypothétiques, et que les différentes mesures de prévention mises en œuvre sur le Centre rendront leurs probabilités d'occurrence très faibles.

Les expositions radiologiques associées à l'occurrence de ces scénarios restent faibles. Ainsi, la dose maximale reçue par le groupe de population susceptible d'être le plus exposé, est de l'ordre de 0,09 mSv sur 24 heures et 0,8 mSv sur le long terme (3,4 mSv pour le promeneur) pour le scénario incendie d'un chargement.

Concernant les effets thermiques associés au scénario incendie, les dommages létaux, les effets irréversibles ou encore les effets sur les installations ne s'étendront pas au-delà des limites du Centre.

En cas d'incendie, les dommages sur les personnes ne concerneront que les personnes situées à proximité directe de la zone de chargement concernée par l'incendie ; les dommages sur les structures ne concerneront que le bâtiment d'entreposage.

Étude des scénarios retenus en phase surveillance

<i>4.1 Description du scénario</i>	68
<i>4.2 Hypothèses prises en compte</i>	69
<i>4.3 Terme source relâché</i>	69
<i>4.4 Impact radiologique</i>	71



La phase de surveillance correspond à la période de suivi post-exploitation au sens de l'arrêté préfectoral fixée à 30 ans minimum après le dernier apport de déchets destinés au stockage et la mise en place de la couverture définitive.

Pendant cette période, la configuration du Cires sera la suivante :

- Les alvéoles de stockage sont recouvertes par une couverture définitive de plusieurs mètres d'épaisseur assurant un rôle de confinement et de protection biologique ;
- Les bâtiments liés aux activités de stockage sont démantelés (bâtiment logistique, bâtiment de traitement et bâtiment de maintenance)⁴ ;
- Le BRTT et le bâtiment d'entreposage peuvent être encore en exploitation.

La présence de l'Andra sur le site permettra d'une part d'assurer la surveillance de l'intégrité de la couverture du stockage, avec si besoin la mise en place d'actions préventives ou correctives, et d'autre part, d'interdire toute intrusion sur le Centre.

Pour ces différentes raisons, les seuls risques majeurs identifiés comme possibles pendant cette période sont les suivants :

- **un scénario de chute d'avion militaire sur la zone de stockage** (événement 1S), cette dernière présentant la surface d'atteinte maximale ;
- **les scénarios de chute de colis, d'incendie ou d'explosion** associés aux activités résiduelles du BRTT et du bâtiment d'entreposage, identiques à ceux évalués en phase d'exploitation. Ils sont rappelés ci-après :
 - ✓ chute d'une palette ou d'un colis de déchets au bâtiment d'entreposage ;
 - ✓ incendie d'un chargement constitué de 3 000 têtes de paratonnerres chacun, sur la zone de quai de chargement du bâtiment d'entreposage ;
 - ✓ explosion des déchets de type solvants du local dédié suivi d'un incendie généralisé au BRTT ;
 - ✓ incendie d'un camion au niveau du quai de chargement/déchargement du BRTT, avec propagation aux colis entreposés dans la zone de préparation des expéditions ;
 - ✓ chute d'un colis de déchet transitant dans le secteur de regroupement du BRTT.

Le scénario de chute d'avion (événement 1S) ainsi que l'évaluation des conséquences radiologiques associées sont présentés ci-après.

4.1 Description du scénario

L'activité aérienne dans la zone de stockage est principalement liée aux mouvements des avions de chasse de l'armée de l'air, la base de Saint-Dizier Robinson étant située à une trentaine de kilomètres du Cires. En phase de surveillance, la totalité des alvéoles est remplie, ce qui rend la probabilité de chute sur l'une d'entre elles maximale. Bien que cette probabilité soit très faible, on suppose que dès le début de la phase de surveillance, un avion de combat s'écrase sur le Cires au droit d'une alvéole et atteint les déchets. Une fraction de l'activité est alors remise en suspension dans l'atmosphère.

⁴ Toutefois, on ne peut exclure, la possibilité de maintien en service des bâtiments logistique et de traitement pendant la phase de surveillance, dans le cas où serait implanté, à proximité du Cires, le prochain centre de stockage TFA destiné à prendre le relai du Cires. Dans cette hypothèse, les bâtiments logistiques et de traitement du Cires pourraient conserver une fonction support à ce futur centre, en particulier pour ce qui concerne les déchets nécessitant toujours un traitement préalable par compactage ou stabilisation/solidification. Dans cette hypothèse, subsisteraient également les scénarios d'incendie de camion concernant ces deux bâtiments et présentés dans le chapitre 3 du présent document.

4.2 Hypothèses prises en compte

La chute de l'avion décape la couverture et est supposée impacter les déchets présents dans un cône de 10 m de diamètre et 5 m de profondeur, soit 130 m³. Le kérosène issu de l'avion s'écoule et prend feu. En considérant d'après le retour d'expériences de l'exploitation que 50 % des matériaux en alvéoles sont constitués par des graves de remplissage et une densité moyenne des colis de l'ordre de 1, la masse de déchets ainsi concernée serait d'environ 65 tonnes.

Les déchets concernés sont supposés être pénalisants pour la voie d'atteinte par inhalation. De ce fait, le spectre retenu est un spectre représentatif de l'aval du cycle (spectre COGEMA 2). On associe à ce spectre l'activité massique maximale admise pour un lot, selon les spécifications édictées par l'Andra, soit 92 Bq/g. Cette activité massique est différente de celle retenue dans le cas des scénarios mettant en jeux des masses plus réduites (incendie, chute). En effet, étant donnée la masse de déchets prise en compte, il est considéré extrêmement improbable que tous les colis les plus actifs (pouvant présenter jusqu'à dix fois l'activité massique acceptable en moyenne par lot) soient regroupés dans un même endroit.

Deux phénomènes principaux interviennent dans la mise en suspension, d'une part la force mécanique, associée à l'énergie cinétique de l'avion, et d'autre part l'incendie qui fait suite à la chute de l'appareil. Concernant l'incendie, le facteur de mise en suspension est pris égal à 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres (représentatif de déchets combustibles soumis à une flamme). Pour la contribution de la force mécanique, un coefficient de mise en suspension de 10⁻³ est considéré. Cette valeur est a priori pénalisante, car il est probable que la majeure partie des matériaux projetés en l'air retomberont à proximité de la zone d'impact et n'atteindront pas le groupe de référence.

On suppose que l'alvéole touchée est située à l'extrémité sud-ouest du Cires, au plus près du hameau de La Chaise, soit approximativement à 650 m.

Pour ce scénario un calcul à l'aide de l'outil CERES MITHRA a été réalisé.

4.3 Terme source relâché

Sur la base des hypothèses de mise en suspension par la force mécanique de la chute et par l'incendie présentés au chapitre précédent, le terme source relâché par ce scénario est évalué au travers du tableau 4-1.

Tableau 4-1 Terme source relâché relatif au scénario « chute d'un avion militaire sur une alvéole de stockage fermée »

RN	Activité massique max. lot (Bq/g)	Activité max. mobilisable (Bq)	Act. max. remise en susp. par la chute (Bq)	Coef. remise en susp.	Act. max. remise en susp. par la chute (Bq)	Activité totale relâchée (Bq)
Pu241	7,99E+01	5,19E+09	5,19E+06	0,05	2,60E+08	2,65E+08
Cs137	2,69E+00	1,75E+08	1,75E+05	1	1,75E+08	1,75E+08
Sr90	1,49E+00	9,69E+07	9,69E+04	1	9,69E+07	9,69E+07
Ru106	1,01E+00	6,57E+07	6,57E+04	1	6,57E+07	6,57E+07
Sb125	3,83E-01	2,49E+07	2,49E+04	1	2,49E+07	2,49E+07
Ni63	2,87E-01	1,87E+07	1,87E+04	1	1,87E+07	1,87E+07
Co60	1,80E-01	1,17E+07	1,17E+04	1	1,17E+07	1,17E+07
Pu238	2,02E+00	1,31E+08	1,31E+05	0,05	6,57E+06	6,70E+06
Cs134	1,02E-01	6,63E+06	6,63E+03	1	6,63E+06	6,64E+06
Pu239	1,60E+00	1,04E+08	1,04E+05	0,05	5,20E+06	5,30E+06

RN	Activité massique max. lot (Bq/g)	Activité max. mobilisable (Bq)	Act. max. remise en susp. par la chute (Bq)	Coef. remise en susp.	Act. max. remise en susp. par la chute (Bq)	Activité totale relâchée (Bq)
Pu240	9,83E-01	6,39E+07	6,39E+04	0,05	3,19E+06	3,26E+06
Am241	9,73E-01	6,32E+07	6,32E+04	0,05	3,16E+06	3,23E+06
Ce144	1,09E-01	7,09E+06	7,09E+03	0,05	3,54E+05	3,61E+05
Cm244	8,99E-02	5,84E+06	5,84E+03	0,05	2,92E+05	2,98E+05
Mn54	4,12E-03	2,68E+05	2,68E+02	1	2,68E+05	2,68E+05
C14	2,82E-03	1,83E+05	1,83E+02	1	1,83E+05	1,83E+05
Kr85	1,84E-03	1,20E+05	1,20E+02	1	1,20E+05	1,20E+05
Ni59	1,65E-03	1,07E+05	1,07E+02	1	1,07E+05	1,07E+05
Eu154	3,14E-02	2,04E+06	2,04E+03	0,05	1,02E+05	1,04E+05
Eu155	2,92E-02	1,90E+06	1,90E+03	0,05	9,49E+04	9,68E+04
Tc99	1,15E-03	7,48E+04	7,48E+01	1	7,48E+04	7,48E+04
U238	2,00E-02	1,30E+06	1,30E+03	0,05	6,50E+04	6,63E+04
Sm151	1,50E-02	9,75E+05	9,75E+02	0,05	4,88E+04	4,97E+04
Zn65	5,39E-04	3,50E+04	3,50E+01	1	3,50E+04	3,51E+04
U234	9,07E-03	5,90E+05	5,90E+02	0,05	2,95E+04	3,01E+04
Pu242	2,02E-03	1,31E+05	1,31E+02	0,05	6,57E+03	6,70E+03
Zr93	1,14E-03	7,41E+04	7,41E+01	0,05	3,71E+03	3,78E+03
Ag110m	4,32E-05	2,81E+03	2,81E+00	1	2,81E+03	2,81E+03
Cm243	8,10E-04	5,27E+04	5,27E+01	0,05	2,63E+03	2,69E+03
H3	2,98E-05	1,94E+03	1,94E+00	1	1,94E+03	1,94E+03
Ba133	2,06E-05	1,34E+03	1,34E+00	1	1,34E+03	1,34E+03
U235	3,94E-04	2,56E+04	2,56E+01	0,05	1,28E+03	1,31E+03
Sn121m	1,90E-05	1,24E+03	1,24E+00	1	1,24E+03	1,24E+03
Sn126	1,77E-05	1,15E+03	1,15E+00	1	1,15E+03	1,15E+03
Cs135	1,47E-05	9,56E+02	9,56E-01	1	9,56E+02	9,56E+02
Sr89	1,38E-05	8,97E+02	8,97E-01	1	8,97E+02	8,98E+02
Se79	9,29E-06	6,04E+02	6,04E-01	1	6,04E+02	6,04E+02
U236	1,76E-04	1,14E+04	1,14E+01	0,05	5,72E+02	5,83E+02
Eu152	1,73E-04	1,12E+04	1,12E+01	0,05	5,62E+02	5,73E+02
Cl36	6,51E-06	4,23E+02	4,23E-01	1	4,23E+02	4,24E+02
Mo93	5,89E-06	3,83E+02	3,83E-01	1	3,83E+02	3,83E+02
Be10	3,49E-06	2,27E+02	2,27E-01	1	2,27E+02	2,27E+02
Pd107	3,46E-06	2,25E+02	2,25E-01	1	2,25E+02	2,25E+02
Co57	2,87E-06	1,87E+02	1,87E-01	1	1,87E+02	1,87E+02

RN	Activité massique max. lot (Bq/g)	Activité max. mobilisable (Bq)	Act. max. remise en susp. par la chute (Bq)	Coef. remise en susp.	Act. max. remise en susp. par la chute (Bq)	Activité totale relâchée (Bq)
Am243	4,47E-05	2,91E+03	2,91E+00	0,05	1,45E+02	1,48E+02
I129	9,46E-07	6,15E+01	6,15E-02	1	6,15E+01	6,16E+01
Ra228	8,02E-07	5,21E+01	5,21E-02	1	5,21E+01	5,22E+01
Co58	5,54E-07	3,60E+01	3,60E-02	1	3,60E+01	3,60E+01
Nb94	4,80E-07	3,12E+01	3,12E-02	1	3,12E+01	3,12E+01
Cm242	8,32E-06	5,41E+02	5,41E-01	0,05	2,70E+01	2,76E+01
Ru103	3,08E-07	2,00E+01	2,00E-02	1	2,00E+01	2,00E+01
Fe59	1,41E-07	9,17E+00	9,17E-03	1	9,17E+00	9,17E+00
Ag108m	1,25E-07	8,13E+00	8,13E-03	1	8,13E+00	8,13E+00
Zr95	2,44E-06	1,59E+02	1,59E-01	0,05	7,93E+00	8,09E+00
Cm245	1,87E-06	1,22E+02	1,22E-01	0,05	6,08E+00	6,20E+00
Ca41	9,15E-08	5,95E+00	5,95E-03	1	5,95E+00	5,95E+00
Np237	8,58E-07	5,58E+01	5,58E-02	0,05	2,79E+00	2,84E+00
Cm246	4,33E-07	2,81E+01	2,81E-02	0,05	1,41E+00	1,44E+00
I131	9,34E-09	6,07E-01	6,07E-04	1	6,07E-01	6,08E-01
Th228	8,60E-08	5,59E+00	5,59E-03	0,05	2,80E-01	2,85E-01
U233	3,52E-08	2,29E+00	2,29E-03	0,05	1,14E-01	1,17E-01

4.4 Impact radiologique

Pour le scénario de chute d'un avion militaire sur une alvéole de stockage fermée pendant la phase de surveillance, la dose la plus importante est associée à l'adulte habitant la Chaise en condition météorologique F3. La dose reçue est inférieure à **0,5 mSv** sur 24 h (dose court terme) et inférieure à **1,2 mSv** sur 50 ans (dose long terme).

SYNTHÈSE – Scénario « Chute d'un avion militaire sur une alvéole de stockage »

Situation	Accidentelle			
Phase de vie	Surveillance			
Scénario	Chute d'un avion militaire sur une alvéole de stockage fermée			
Cibles	Groupe « multi-activités » au hameau de La Chaise			
Paramètres	Volume impacté : cône de 130 m ³ soit 65 tonnes de déchets Spectre considéré : spectre COGEMA 2 avec activité massique max. (92 Bq/g) Coefficient de remise en suspension (chute) : 10 ⁻³ Coefficient de remise en suspension (incendie) : 0,05 pour les radionucléides non volatils et 1 pour les autres Hauteur de rejet : 0 m Condition météorologique : D5 et F3			
Résultat groupe « multi-activités » – D5	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	6,55E-02	7,43E-02	1,61E-01
	Enfant 10 ans	4,52E-02	5,33E-02	1,56E-01
	Enfant 1 an	2,52E-02	3,33E-02	1,36E-01
Résultat groupe « multi-activités » – F3	(mSv)	24 h	1 an	50/70 ans
	Adulte	4,84E-01	5,49E-01	1,19E+00
	Enfant 10 ans	3,34E-01	3,94E-01	1,15E+00
	Enfant 1 an	1,86E-01	2,46E-01	1,01E+00

Étude des scénarios retenus en phase de post- surveillance

<i>5.1 Scénario de transferts par l'eau</i>	<i>74</i>
<i>5.2 Scénarios de transferts par l'air</i>	<i>79</i>
<i>5.3 Conclusion des évaluations des conséquences en phase de post-surveillance</i>	<i>88</i>



Comme indiqué en introduction, pour la phase de post-surveillance, un scénario de transfert par la voie eau et trois scénarios de transfert par l'air ont été identifiés comme devant faire l'objet d'une évaluation de conséquences dans le cadre de la présente étude de dangers. Ils sont présentés ci-après :

- **Évènement 1P** : chantier de travaux public traversant le site et impliquant la remise en suspension de substances radioactives et toxiques (B - II).
- **Évènement 2P** : présence d'une habitation sur le site, les habitants y demeurant en permanence (B - II).
- **Évènement 3P** : une exposition des enfants de la résidence exposés au stockage, durant des périodes de jeux (B - II).
- **Évènement 5P** : utilisation de l'eau d'un puits implanté directement en aval du site à des fins de consommation et d'irrigation (scénario puits) (C - II).

5.1 Scénario de transferts par l'eau

Le détail de l'évaluation de l'impact des transferts par l'eau est présenté dans l'annexe 1 « Évaluation de transfert par l'eau des radionucléides et toxiques chimiques » présentée dans le dossier des annexes.

5.1.1 Description et voies de transfert

En phase de post-surveillance, l'augmentation présumée de la perméabilité de la couverture entraîne une entrée d'eau météorique dans les alvéoles qui se resaturent progressivement, ainsi que la couche d'argile sous-jacente. Il s'ensuit alors un transfert des effluents ayant lixiviés les déchets dans l'argile sous-jacente jusqu'à la nappe du Barrémien.

La figure 5-1 ci-dessous présente un schéma du transfert supposé des radionucléides et toxiques chimiques depuis les colis de déchets jusqu'à la biosphère pour l'exutoire puits par pompage dans les sables du Barrémien.

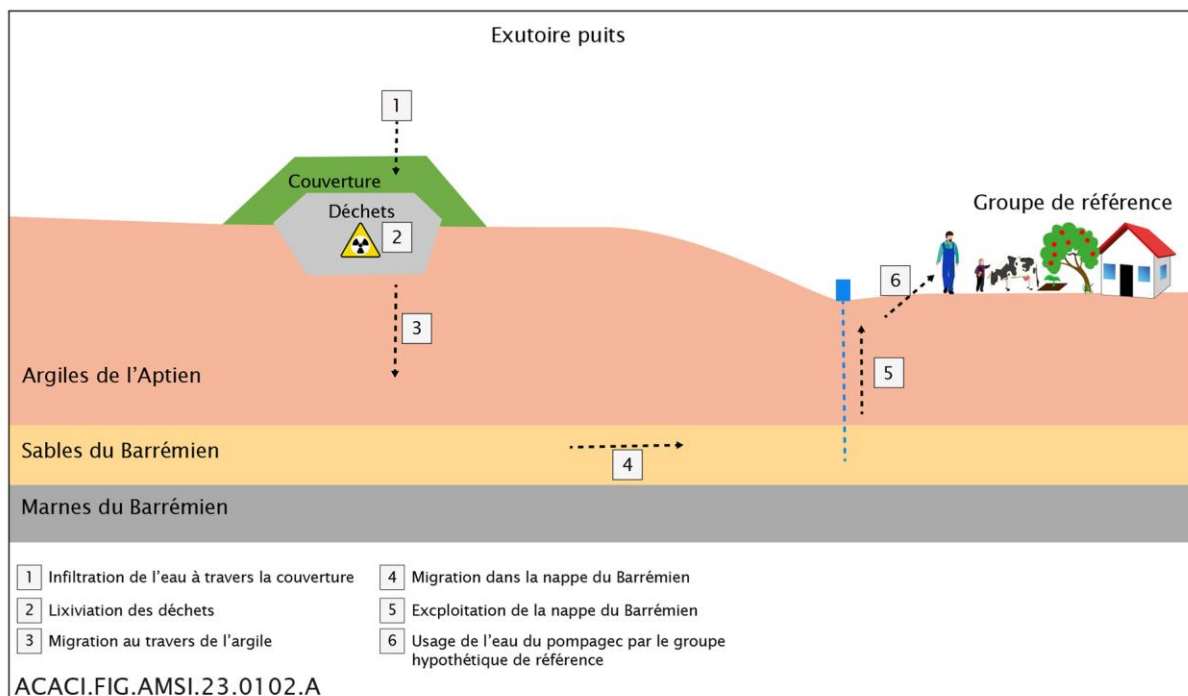
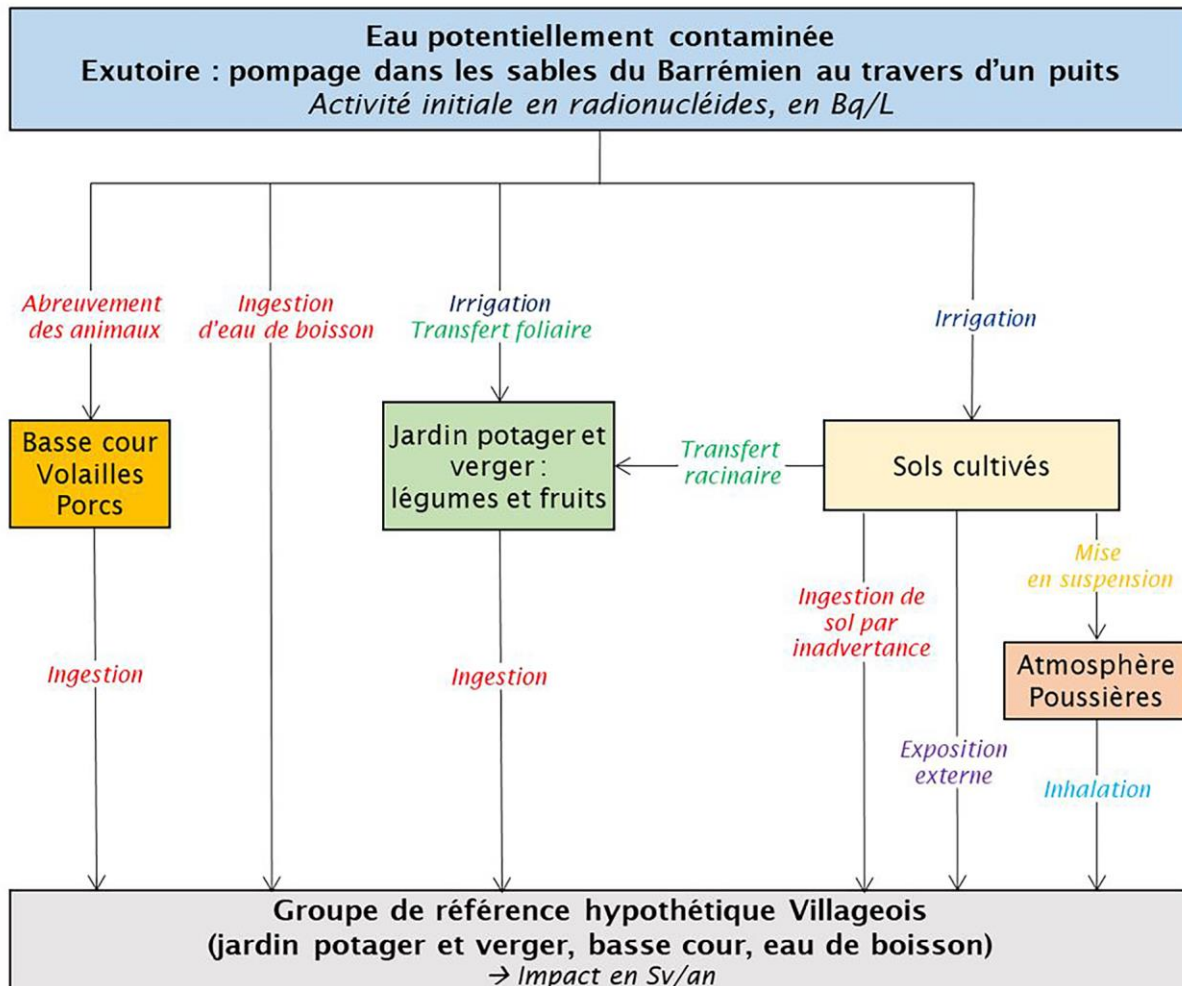


Figure 5-1 *représentation du transfert des radionucléides et substances toxiques chimiques depuis les déchets jusqu'à la biosphère - exutoire puits*

Le groupe de référence hypothétique retenu et les voies de transferts associées sont un groupe de villageois avec un jardin potager et une bassecour.

La figure 5-2 présente les voies de transfert retenues entre l'eau de l'exutoire (puits) et l'individu représentatif du groupe de référence hypothétique pour les expositions radiologiques. En ce qui concerne, l'évaluation des impacts associés aux substances toxiques chimiques, les mêmes voies de transfert et d'exposition sont considérées à l'exception de l'exposition externe.



ACACI.FIG.AMSI.23.0103.A

Figure 5-2 Voies de transferts associées à l'individu représentatif du groupe de référence hypothétique « villageois » à l'exutoire puits

Les trois classes d'âge sont considérées : l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an.

Étant donnée la faible productivité de cet aquifère et les hypothèses conservatives considérées dans son traitement, ce scénario est considéré comme un scénario d'évolution altérée (SEA).

5.1.2 Cas de référence

5.1.2.1 Impact radiologique

Les doses maximales obtenues sont les plus élevées pour la classe d'âge « enfant de 1 an » et pour les radionucléides mobiles à vie longue ou moyenne, comme l'iode 129, le chlore 36, et dans une moindre mesure le carbone 14. Elles sont atteintes à environ 1 300 ans après la fin de la phase de surveillance.

Le cumul de dose atteint 5,8 mSv/an pour l'enfant de 1 an et 3,7 mSv/an pour l'adulte. Ce niveau de dose respecte les critères de protection rappelés au paragraphe 1.2.4.1 pour un SEA.

La figure 5-3 présente le graphe des historiques de doses à l'exutoire « pompage dans le barrémien » pour la classe d'âge « enfant de 1 an », la plus pénalisante.

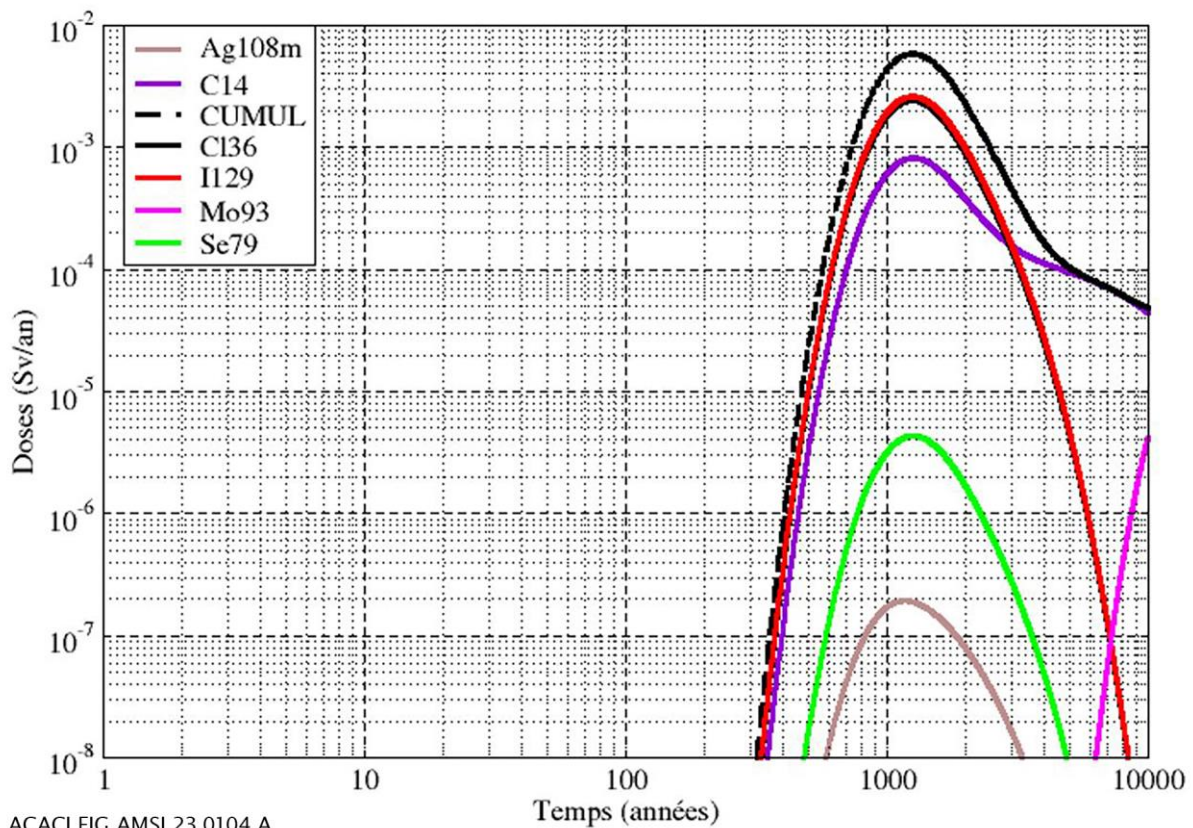


Figure 5-3 Cas de référence - Historiques des doses à l'exutoire « Pompage dans le Barrémien », pour le groupe de référence « villageois » et la classe d'âge « enfant de 1 an »

5.1.2.2 Impact toxicologique

Pour toutes les substances toxiques considérées, les concentrations induites au niveau de la nappe sont inférieures à leurs limites de potabilité dans les eaux.

5.1.3 Études de sensibilité

5.1.3.1 Étude de sensibilité aux paramètres de rétention dans l'alvéole

La prise en compte de coefficients de partage divisés par trois, ou de limites de solubilité multipliées par 10, par rapport au cas de référence du SEA sont sans effet significatif sur l'impact radiologique cumulé à l'exutoire qui est piloté par les radionucléides mobiles non retenus dans la grave (dose cumulée de 6 mSv.an⁻¹ piloté par l'iode 129, chlore 36 et carbone 14), ni sur l'impact des substances toxiques dont les concentrations restent inférieures aux limites de potabilité dans les eaux.

Les résultats associés au SEA « pompage dans le Barrémien » sont robustes vis-à-vis des incertitudes sur les propriétés de sorption et de solubilité dans la partie utile de l'alvéole.

5.1.3.2 Étude de sensibilité aux paramètres des argiles à Plicatules visant à maximiser les transferts vers la nappe

La diminution de la rétention (sorption) dans les argiles à Plicatules conduit (i) à un transfert plus rapide du molybdène 93 et du potassium 40 vers la nappe, avec un maximum d'impact vers 4 000 ans et 7 000 ans respectivement, et (ii) à un transfert avancé dans le temps des actinides à travers l'argile hôte.

En termes d'impact radiologique global, le maximum de la courbe de cumul des doses est inchangé par rapport à l'évaluation de référence du SEA, étant toujours piloté par les éléments mobiles dans l'argile hôte. Il s'établit à 5,8 mSv/an à 1 300 ans pour l'enfant de 1 an.

Concernant les substances toxiques chimiques, la diminution de la rétention (sorption) dans les argiles à Plicatules conduit à un transfert plus rapide des substances toxiques chimiques peu à moyennement sorbées dans l'argile hôte : bore, arsenic, cadmium, antimoine et uranium. Les valeurs enveloppant des coefficients de partage (Kd) de ces éléments sont 5 à 50 fois inférieures aux valeurs de référence.

Dans ce cas de sensibilité, seules les concentrations du bore, de l'antimoine et de l'uranium dépassent les limites de potabilité. Les facteurs de risques QD et ERI associés sont donc présentés ci-après.

Pour la voie ingestion, le QD du bore (11) dépasse la limite de 5 à partir d'environ 8 500 ans. Le QD de l'uranium (5) est au niveau de cette limite et l'antimoine (0,7) reste en deçà de cette limite. Pour la voie inhalation, les QD restent très en-dessous des limites.

Cette évaluation illustre la sensibilité des résultats d'impact toxicologique (notamment du bore) au niveau de l'exutoire « pompage dans le Barrémien » aux incertitudes sur les paramètres intrinsèques des argiles à Plicatules pouvant maximiser le transfert vers la nappe. Cependant, il est important que le dépassement identifié de la limite maximale de QD soit mis en perspective avec les hypothèses conservatives suivantes :

- La prise en compte pour les transferts par l'eau d'un modèle de relâchement instantané pour la totalité de l'inventaire contenu dans les déchets. À cet égard, une part significative de l'inventaire en bore est associé à du carbure de bore (B4C) qui est un matériau peu soluble, ainsi qu'à du béton boré, pour lequel de la rétention pourrait être valorisée, limitant d'autant le transfert, donc les concentrations dans la nappe.
- La prise en compte d'un milieu saturé en eau dès l'instant initial qui conduit à une migration plus rapide des substances toxiques chimiques qu'elle n'est phénoménologiquement pas possible, augmentant ainsi artificiellement leur impact à l'exutoire, notamment pour les éléments mobiles tel que le bore dans cette étude de sensibilité.
- L'absence de rétention au niveau de la nappe (uniquement valorisée dans la couche d'argiles à Plicatules).
- Il est considéré que le groupe hypothétique de référence vit en autarcie au niveau des exutoires.

L'impact, bien qu'illustrant une sensibilité des résultats du SEA « pompage dans le Barrémien » avec un dépassement de la limite de QD pour le bore, n'est pas jugé comme inacceptable au regard des conservatismes mentionnés ci-avant.

5.1.3.3 Étude de sensibilité aux paramètres des argiles à Plicatules visant à maximiser les transferts vers la voie latérale

La sensibilité aux paramètres hydro-dispersifs des argiles à Plicatules (perméabilité divisée par 10, coefficient de diffusion effective divisé par 3) favorisent le transfert de la voie latérale⁵ mais réduit et retarde le transfert des radionucléides et substances toxiques chimiques à travers l'argile hôte vers la nappe du Barrémien.

En termes d'impact radiologique, le maximum de la courbe de cumul des doses est divisé par environ 30 par rapport à l'évaluation de référence, et s'établit à 0,20 mSv.an⁻¹ à 10 000 ans (contre environ 6 mSv.an⁻¹ à 1 300 ans dans le cas de référence du SEA).

En termes d'impact associé aux substances toxiques chimiques, les concentrations restent en dessous des limites de potabilité comme pour le cas de référence du SEA.

5.1.3.4 Autres études de sensibilité

Les sensibilités relatives à la dégradation des performances de la couverture et à la prise en compte de mesures d'exploitation destinées à limiter les inventaires en certains radionucléides des alvéoles de bord, n'ont pas d'impact significatif sur le scénario « puits ».

⁵ Les incidences liées au transfert par la voie latérale sont détaillées dans le volume 7 de l'étude d'impact.

À ce titre, les résultats associés au SEA « pompage dans le Barrémien » sont robustes vis-à-vis des incertitudes sur les performances de la couverture en phase de post-surveillance.

Une fiche de synthèse est présentée ci-après pour le SEA « pompage dans le Barrémien ».

SYNTHÈSE – Scénario « pompage dans le Barrémien »

Situation	Évolution altérée, scénario « pompage dans le Barrémien »
Phase de vie	Post-surveillance
Scénario	Migration de radionucléides et de substances toxiques chimiques issus des déchets TFA avec l'eau d'infiltration superficielle, au travers de l'argile hôte et de la nappe du Barrémien jusqu'à un puits de pompage. Utilisation de l'eau du puits à des fins de consommation humaine et animale, et pour l'irrigation d'un jardin potager.
Cible	Public adulte, enfant de 10 ans et enfant de 1 an
Voies d'atteinte	Ingestion d'eau et de produits contaminés (végétaux et animaux) après irrigation et abreuvement avec de l'eau de la nappe Exposition externe (spécifique aux radionucléides) à la suite des dépôts par irrigation Inhalation de particules contaminées remises en suspension dans l'air
Paramètres	Déchets : totalité du stockage. Terme source considéré labile mais prise en compte selon les éléments, de propriétés de rétention (Kd et limite de solubilité) dans la grave calcaire et l'argile hôte. Migration au travers de 15 m d'argile hôte (dont 4 m oxydé) supposée saturée en eau, avec une porosité de 35 % et perméabilité 10^{-10} m/s. La nappe du Barrémien est représentée par un facteur de dilution, aucune propriété de rétention n'est considérée.
Résultats	Le maximum du cumul de dose (hors cas de sensibilité) atteint 5,8 mSv/an pour l'enfant de 1 an (et 3,7 mSv/an pour l'adulte) à 1 300 ans. Pour l'enfant de 1 an, les principaux radionucléides contributeurs sont : I129 : 2,6 mSv/an, Cl36 : 2,4 mSv/an C14 : 0,82 mSv/an Concernant les toxiques chimiques, les concentrations maximales dans la nappe pour toutes les substances toxiques chimiques sont au moins un ordre de grandeur en dessous des seuils de potabilité. Il est noté une sensibilité des résultats de l'uranium et du bore aux incertitudes sur la sorption dans les argiles à Plicatules.

5.2 Scénarios de transferts par l'air

Le détail de l'évaluation de l'impact des transferts de radionucléides et substances toxiques chimiques par la voie air en phase de post-surveillance est présenté dans l'annexe 2, « scénarios d'intrusion humaine involontaire pour le projet ACACI – Description, résultats et enseignements » du dossier des annexes.

En phase de post-surveillance, la mise en place de servitudes d'utilité publique permet d'assurer la mémoire de la présence du stockage et des dangers qu'il présente. Il semble néanmoins difficile de garantir la pérennité de telles dispositions administratives sur le très long terme. De ce fait, l'hypothèse d'une perte de la mémoire de l'existence du stockage après une certaine période est postulée, ce qui implique comme corollaire pour la démonstration de sûreté que le site pourrait alors faire l'objet de diverses utilisations ou intrusions humaines involontaires.

L'objectif du présent chapitre est de décrire les différents scénarios d'intrusion humaines involontaires (SIHI) pour la phase de post-surveillance de l'installation et d'autre part d'évaluer les impacts radiologiques et en substances toxiques chimiques correspondant susceptibles d'être reçus par les groupes de populations les plus exposées (transfert par l'air).

En 2002, dans le cadre de la demande initiale d'autorisation d'exploiter du Cires, des scénarios d'intrusions humaines involontaires (SIHI) ont été intégrés par l'Andra dans son étude de dangers. Bien que non requis pour une installation de type ICPE, ces scénarios ont été présentés par l'Andra en cohérence avec ceux étudiés pour les INB de stockage de déchets radioactifs. Les scénarios considérés étaient comme suit :

- **Un scénario de chantier routier** : il s'agit de la traversée du stockage par un chantier de travaux public.
- **Un scénario de résidence** : il s'agit d'une habitation construite sur le stockage à la suite du chantier routier, les personnes étant supposées y demeurer en permanence.
- **Un scénario « jeux d'enfants »** : il s'agit de l'application du scénario résidence à des enfants de 10 ans supposés passer une partie de leur temps de jeu sur les déblais du chantier routier.

L'occurrence de ces scénarios est liée à la perte de mémoire du stockage. La durée de surveillance du Cires étant au moins de 30 ans, il semble peu probable que l'oubli du site de stockage intervienne après une durée aussi courte, d'autant plus que des servitudes d'utilité publique seront instaurées. En outre, étant donné la présence de l'Andra pendant au moins 300 ans pour assurer la surveillance du centre de stockage de l'Aube (CSA) à proximité du Cires, l'Andra prévoit de poursuivre quelques activités de suivi sur le Cires sur cette période.

Ainsi, de manière pessimiste vis-à-vis de la durée vraisemblable du maintien de la mémoire, et afin de majorer l'inventaire radiologique résiduel dans le stockage, il est supposé que le scénario intervienne 300 ans après la fermeture du stockage.

Deux études de sensibilité considérant des dates d'occurrence plus lointaines sont examinées à savoir :

- 500 ans après la fermeture du stockage, ce qui constitue la durée prévisible de maintien effectif de la mémoire et qui est requise pour le stockage géologique profond (projet Cigéo) ;
- 10 000 ans après la fermeture du stockage, de manière à donner une évaluation conservatrice de l'impact des substances toxiques chimiques dont l'inventaire provient majoritairement des aciers inoxydables et dont la cinétique de corrosion est très lente.

5.2.1 Méthodologie d'évaluation des conséquences radiologiques et toxicologiques

5.2.1.1 Impact radiologique

La dose totale susceptible d'être reçue par l'individu du groupe de référence hypothétique est la somme des expositions par inhalation, ingestion et exposition externe.

Le principe est de calculer les masses de poussières inhalées et ingérées par un individu du groupe de référence hypothétique sur la base de ces modalités d'exposition. La prise en compte de l'activité massique des matériaux considérés, notamment celle du sol remanié, permet alors de déterminer par radionucléide les activités inhalées et ingérées. Les doses reçues sont ensuite déterminées en pondérant les activités inhalées et ingérées par les facteurs de dose associés correspondant au radionucléide considéré.

L'exposition externe est modélisée via un code de calcul communément utilisé dans le domaine de la radioprotection, en supposant l'individu du groupe de référence hypothétique debout sur un mélange de matériaux correspondant aux caractéristiques du scénario et selon ces modalités d'exposition.

L'ensemble des formules de calculs des expositions par inhalation, ingestion et exposition externe sont présentées dans l'annexe 1 « scénarios d'intrusion humaine involontaire pour le projet ACACI - Description, résultats et enseignements » du dossier des annexes.

5.2.1.2 Impact toxicologique

Les QD et ERI sont calculés à l'aide des Valeurs Toxicologiques de référence (VTR) et des excès de risque unitaire (ERU) pour une exposition chronique :

$$QD = \frac{\text{Niveau d'exposition}}{VTR}$$
$$ERI = \text{Niveau d'exposition} \times ERU \times \frac{\text{Durée d'exposition (an)}}{\text{Durée vie entière (= 70 ans)}}$$

Le niveau d'exposition correspond :

- à la dose journalière d'exposition (DJE en g/kg/j) pour l'exposition par ingestion ;
- à la concentration dans l'air (Cair en g/m³) pour l'exposition par inhalation.

Le scénario « chantier routier » est caractérisé, au regard de la durée d'exposition associée (80 h) par une exposition aiguë à sub-chronique. Les VTR aiguës sont privilégiées aux VTR sub-chroniques et aux valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP). Pour les scénarios « résidence » et « jeux d'enfants » les VTR chroniques sont privilégiées au regard de la durée d'exposition.

Dans le cas de l'exposition par ingestion, les VTR sont données en g/kg corporel/j et les ERU en (g/kg corporel/j)⁻¹. À ce titre, la masse de l'individu est prise en compte dans le calcul du QD et de l'ERI par ingestion. Il est considéré de manière conventionnelle une masse de 70 kg pour l'adulte, de 30 kg pour l'enfant de 10 ans et 10 kg pour l'enfant d'un an.

L'évaluation est réalisée séparément pour chaque substance toxique chimique. Puis, les quotients de danger des substances impactant les mêmes types d'organes cibles, indépendamment de la voie de transfert (ingestion ou inhalation), sont additionnés de façon à évaluer l'effet toxique de l'ensemble des substances prises en compte. Pour l'ERI, la règle est de sommer tous les ERI pour calculer un effet de risque pour tout effet sans seuil confondu.

5.2.2 Scénario chantier routier

5.2.2.1 Description

Dans ce scénario, l'objectif est d'évaluer l'impact dosimétrique associé à une intrusion de durée limitée au sein du stockage durant la phase de post-surveillance. On suppose ainsi la réalisation d'un chantier de travaux publics, de type chantier routier, sur le stockage.

Le groupe de référence hypothétique est composé des travailleurs du chantier. Lors de la réalisation du chantier, l'exposition des travailleurs est due aux voies d'exposition suivantes :

- l'inhalation des poussières remises en suspension dans l'air par les activités du chantier ;
- l'ingestion par inadvertance de sol contaminé par portage des mains à la bouche ;
- l'irradiation externe en provenance des déchets présents dans la couche de matériaux remaniés.

5.2.2.2 Hypothèses

Composition des terrains

De manière pénalisante le chantier est supposé traverser le stockage sur sa plus grande longueur, en traversant successivement les trois tranches du stockage, soit 800 m.

Pour minimiser les coûts et les délais, les pratiques actuelles de construction de route visent à excaver le moins profondément possible. Néanmoins, de manière à maximiser l'impact potentiel, la profondeur du chantier est considérée atteindre le niveau topographique initial moins un mètre pour la réalisation des fondations. Il est à noter qu'une excavation des matériaux équivalente à la hauteur totale du stockage ne serait pas réaliste pour une installation où la base des alvéoles est située à plusieurs mètres sous le niveau du sol d'origine.

Lors de la réalisation du chantier, les opérations de terrassement induisent un mélange des matériaux en présence (déchets, grave calcaire, couverture). Sur la base de la géométrie des alvéoles et du retour d'expérience de l'exploitation en termes de volume et densité de déchets stockés, la teneur en déchets des matériaux remaniés est de 0,382 tonne de déchets par m³ de sol.

La masse volumique de la couche composée du mélange des déchets et des matériaux de la couverture est supposée être de 1 700 kg/m³.

Inventaire radiologique et en substances toxiques chimiques

La concentration massique du sol remanié en radionucléides et substances toxiques chimiques est définie sur la base de l'inventaire radiologique et chimique à terminaison présenté dans le chapitre 1 du volume 2 de l'étude d'impact, d'une densité des déchets de 1 et de la teneur en déchets présentée plus haut.

Concernant les substances toxiques chimiques, le cas du nickel et du chrome est particulier, car ils proviennent principalement des aciers inoxydables. L'hypothèse considérant la totalité de l'inventaire disponible dès 300 ans serait excessivement pénalisante au regard de leur cinétique de corrosion très lente en conditions de stockage. D'autre part, les pièces en aciers inoxydables, non corrodées peuvent être mises de côté lors du chantier routier. Par conséquent, l'inventaire total en nickel et en chrome disponible pour l'inhalation et l'ingestion correspond (i) à la part de l'inventaire issue des déclarations faites par les producteurs hors aciers inoxydables et (ii) à la part issue de la corrosion des aciers inoxydables, cette dernière étant variable selon la date d'occurrence du scénario. Sur la base des connaissances disponibles, une vitesse de corrosion de l'ordre 10 nm/an est jugée réaliste. Etant donnée les incertitudes notamment sur l'environnement chimique au sein du stockage, cette vitesse est multipliée par 10, soit 100 nm/an pour chaque face.

La quantité disponible au cours du temps est définie selon les hypothèses suivantes :

- 10 % de la masse des aciers inoxydables ont une épaisseur inférieure à 5 mm. De manière pénalisante, cette part de l'inventaire est considérée totalement corrodée et donc disponible dès la première occurrence du scénario, soit 300 ans ;
- 80 % des déchets d'acier inoxydable ont une épaisseur moyenne de 10 mm ;
- 10 % des déchets d'acier inoxydable sont sous forme de lingots et ont une épaisseur moyenne de 550 mm.

Les produits de corrosion sont supposés rester dans le stockage jusqu'à la date d'occurrence du scénario d'intrusion humaine, leur transfert potentiel par la voie eau n'est donc pas pris en compte dans le cadre des scénarios d'intrusion humaine involontaire, ce qui constitue une hypothèse conservatrice.

Modalités d'exposition

Une valeur d'empoussièrement de 4 mg/m^3 est retenue pour la concentration en poussières dans l'air du scénario « chantier routier ». Une sensibilité à 10 mg/m^3 est également considérée.

De manière pénalisante, est prise l'hypothèse que toutes les poussières mises en suspension dans l'air sont inhalables par les travailleurs.

D'après la Fédération Interdépartementale des Travaux Publics, la vitesse d'avancement moyenne d'un chantier routier est de l'ordre de 10 m/h . En considérant la plus grande longueur de l'aire de stockage, soit approximativement 800 m , la durée d'exposition des travailleurs est donc estimée à 80 h .

Le débit respiratoire des travailleurs est supposé être de $1,88 \text{ m}^3/\text{h}$, ce qui correspond à $2/3$ d'activités légères ($1,5 \text{ m}^3/\text{h}$) et $1/3$ d'activités intenses ($3 \text{ m}^3/\text{h}$).

La quantité de poussières ingérées résulte du fait que les travailleurs peuvent porter leurs mains à la bouche au cours du chantier. En cohérence avec les autres dossiers de l'Agence, une ingestion de $0,05 \text{ g/h}$ est retenue pour un milieu fortement empoussiéré.

5.2.2.3 Résultats

Impact radiologique

L'occurrence de la construction d'une route traversant le stockage de déchets TFA sur sa plus grande longueur induirait aux personnes les plus exposées, à savoir les travailleurs participant à la réalisation du chantier, une dose efficace de $17 \text{ } \mu\text{Sv}$ à 300 ans pour un empoussièrement de 4 mg/m^3 et $29 \text{ } \mu\text{Sv}$ pour le cas de sensibilité à 10 mg/m^3 .

Impact toxique

Tous les QD sont inférieurs à l'unité, mis à part pour le nickel qui présente un QD de $1,8$ à 300 ans et $2,8$ à $10\,000$ ans et respectivement $4,6$ et $7,1$ pour la sensibilité à un empoussièrement à 10 mg/m^3 . Pour cette sensibilité, le QD associé à l'uranium est légèrement supérieur à 1 ($1,6$). L'ensemble des QD reste néanmoins inférieur à 5 (sauf pour une sensibilité pénalisante concernant le nickel).

Cet impact est à relativiser au regard des hypothèses conservatives prises en compte dans les évaluations, notamment :

- La vitesse de corrosion retenue de 100 nm/an , est particulièrement pénalisante, le retour d'expérience des mesures indiquant plutôt une vitesse de l'ordre de 10 nm/an ;
- L'intégralité des pièces d'acier inoxydable dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm est supposée totalement corrodée et disponible à l'inhalation et l'ingestion dès 300 ans ;
- La totalité des produits de corrosion est supposée rester en place dans le stockage jusqu'à l'occurrence du scénario d'intrusion (pas de transferts par l'eau).

Notons également que si les travailleurs du chantier routier étaient considérés comme des « travailleurs » par rapport à la réglementation du travail, leur exposition serait examinée par rapport aux VLEP (valeurs limite d'exposition professionnelle). Dans ces conditions, tous les QD seraient inférieurs d'un à plusieurs ordres de grandeur à la valeur cible de 1 . Ce point illustre le caractère conservatif des VTR considérées (utilisation de VTR sub-chroniques pour une durée d'exposition de 10 jours à défaut de VTR aiguës) par rapport aux VLEP-8h (indicateur pour le travailleur).

Dans ces conditions, les résultats sont jugés acceptables.

SYNTHÈSE – Scénario « Chantier routier »

Situation	Perte de mémoire du site
Phase de vie	Post surveillance, 300 ans après la fin de l'exploitation
Scénario	Chantier avec excavation du site de stockage
Cible	Public (personnel travaillant sur le chantier routier)
Voies atteintes	Inhalation + ingestion + exposition externe
Paramètres	Inventaires radiologique et toxique basés sur inventaire global site Teneur des matériaux en déchets : 0,382 tonne de déchets par m ³ de sols La masse volumique des matériaux remaniés est de 1700 kg.m ⁻³ Empoussièremment : 4 mg/m ³ Longueur : 800 m soit la plus grande longueur du site Durée d'exposition : 80 h Débit respiratoire : 1,88 m ³ /h
Résultats	Radiologique : la dose totale (inhalation + ingestion + exposition) : 17 µSv Toxique chimique : QD < 1 pour toutes les substances toxiques chimiques sauf le QD du Nickel qui reste entre 1 et 5.
Sensibilité	Si l'empoussièremment est de 10 mg/m ³ : la dose totale induite serait de 29 µSv. QD maximal du nickel à 10 000 ans de 7,1 qui reste acceptable au regard des conservatismes considérés dans ces cas de calculs Si le travailleur est considéré comme un « travailleur » au lieu d'un « public » : QD inférieurs d'un à plusieurs ordres de grandeur à la valeur cible de 1.

5.2.3 Scénario résidence

5.2.3.1 Description

L'objectif recherché est d'évaluer l'impact radiologique et toxicologique associé à une intrusion humaine involontaire de longue durée au sein du stockage durant la phase de post-surveillance. On considère ainsi la construction d'une zone résidentielle sur le stockage.

Ce scénario considère qu'une résidence est construite à l'emplacement du stockage après que celui-ci a été modifié par des travaux de terrassement de type chantier routier. Cette résidence est composée d'une habitation et d'un jardin. La réalisation de la zone résidentielle s'accompagne d'un apport significatif de matériaux inactifs d'origine extérieure (sable, graviers, terre arable...).

Il est également considéré la présence de gravats contaminés sur site constitués de 100 % de matériaux issus du stockage laissés sur place à la suite du chantier routier et que des enfants utilisent comme terrain de jeux occasionnels (vélo cross par exemple). Cette exposition spécifique sera étudiée dans le cadre du scénario « jeux d'enfants ».

5.2.3.2 Groupe de référence

Le groupe de référence est composé des habitants à savoir des adultes et des enfants que l'on assimile aux classes d'âge enfant de 10 ans et enfant de 1 an. Les individus sont supposés vivre à l'année dans la zone résidentielle localisée sur le site de stockage.

Il est considéré qu'un adulte passe 10 % de son temps à l'extérieur de son habitation en activité légères⁶ et 90 % à l'intérieur⁷. À l'intérieur ses activités se composent pour 8 heures par jour de sommeil et le reste comme des activités légères.

Pour l'enfant de 10 ans, on estime qu'il passe 10 % de son temps à l'extérieur de son habitation ou de bâtiments comme l'école (supposés à proximité de la résidence sur le site de stockage) et 90 % à l'intérieur. À l'intérieur, ses activités se composent pour 10 heures par jour de sommeil et d'activités légères le reste du temps.

Pour l'enfant de 1 an, on estime qu'il dort quatorze heures par jour, passe une heure par jour à l'extérieur de l'habitation et le reste du temps (9 heures) en activité légère à l'intérieur de l'habitation.

5.2.3.3 Voies d'atteinte

À l'extérieur de l'habitation, l'exposition du groupe de référence est liée à :

- L'irradiation externe en provenance des radionucléides présents dans la couche superficielle du sol et les gravats (jeux d'enfant) ;
- L'inhalation des poussières remises en suspension ;
- L'ingestion de sol contaminé par inadvertance.

Le radon, issu de la désintégration du radium, se diluant rapidement dans l'air extérieur, son impact est négligeable.

À l'intérieur de l'habitation, l'exposition du groupe de référence est liée à :

- L'inhalation des poussières remises en suspension dans l'air extérieur ;
- L'irradiation externe induite par les déchets présents dans le sol sous le radier de l'habitation ;
- L'exposition au radon, le radium présent dans les déchets produisant du radon qui est susceptible de s'accumuler dans l'atmosphère intérieure de la résidence.

5.2.3.4 Paramètres

Composition des terrains

On considère que les terrains superficiels sont composés à 85 % de matériaux inactifs apportés de l'extérieur. Les 15 % restant sont issus des matériaux excavés lors de la réalisation du chantier de génie civil et présentent les mêmes caractéristiques que le sol remanié considéré dans le scénario « chantier routier ».

En conclusion, la masse de déchets dans les sols superficiels est de $0,382 \times 0,15 = 0,0573$ tonnes de déchets par m³ de sol remanié.

Empoussièrément

Les concentrations de poussières dans l'air retenues pour l'évaluation du scénario « résidence » sont inspirées de l'intervalle haut des gammes de référence présentées dans le guide méthodologique « Gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives » de décembre 2011 »⁴.

- Intérieur de l'habitation, degré d'empoussièrément très faible : 0,01 mg.m⁻³ ;
- Extérieur de l'habitation, degré d'empoussièrément faible : 0,1 mg.m⁻³.

⁶ Guide méthodologique – Gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives, IRSN – ASN – DGPR 2011.

⁷ Etude d'impact radiologique autour des sites nucléaires : une revue des données de mode de vie ; les budgets temps et autres paramètres (hors alimentaires), Radioprotection, Vol.34 - ROMMENS

Débits respiratoires

Les débits respiratoires sont définis selon l'âge et la nature de l'activité considérée (sommeil, activité légère) préconisés par le guide méthodologique. Le détail des valeurs est fourni dans l'annexe 2, « Scénarios d'intrusion humaine involontaire pour le projet ACACI – Description, résultats et enseignements » du dossier des annexes.

Quantités de poussières ingérées

Les quantités de poussières/sol ingérées par inadvertance sont :

- pour l'adulte : 40 mg/j ;
- pour l'enfant de 10 ans : 50 mg/j ;
- pour l'enfant de 1 an : 100 mg/j

Les poussières ingérées sont supposées provenir exclusivement des sols contaminés de la résidence.

5.2.3.5 Résultats

Impact radiologique

La dose susceptible d'être reçue par un adulte ou un enfant de 1 an, vivant en permanence sur le stockage après que celui-ci a été remanié serait de l'ordre de 20 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ (respectivement 20 et 21 $\mu\text{Sv}/\text{an}$). La prise en compte d'une date d'occurrence de 500 ans ne modifie que très peu l'impact (respectivement 19 et 21 $\mu\text{Sv}/\text{an}$).

La concentration potentielle en radon ($< 10 \text{ Bq}/\text{m}^3$) est très inférieure à la limite de 300 Bq/m^3 .

Les doses ainsi estimées sont du même ordre de grandeur que celles estimées lors de la précédente itération de l'étude de danger. Elles restent très faibles en comparaison de la dose annuelle naturelle de l'ordre de 3 mSv/an .

Impact toxicologique

Les ERI cumulés (ingestion et inhalation) sont tous inférieurs à la valeur cible 10^{-5} .

Pour toutes les substances toxiques, les QD inhalation sont inférieurs à la valeur cible de 1.

Pour la voie ingestion, toutes les substances toxiques chimiques présentent des QD inférieurs à 1, hormis pour le plomb qui présente un QD maximal de l'ordre de 9 pour l'enfant de 1 an, supérieure à la limite maximale de 5 pour ce type de scénario. Compte tenu des conservatismes inhérents à la définition du scénario, ce résultat n'est pas considéré comme inacceptable, en effet :

- Le transfert par l'eau du plomb en amont de l'occurrence du scénario d'intrusion humaine involontaire n'est pas pris en compte ;
- Bien que le plomb soit principalement présent à l'état massif dans les déchets, la totalité de l'inventaire toxique chimique en plomb, est considérée comme disponible à l'inhalation et l'ingestion (stockage considéré à l'état détritique) ;
- L'intégralité de l'inventaire toxique chimique disponible à l'inhalation et l'ingestion est considérée comme assimilée par l'organisme (entièrement biodisponible) ;
- La teneur en déchets considérée dans le scénario est enveloppe de la teneur réelle dans le stockage car la hauteur de couverture utilisée pour l'évaluer est la valeur minimale réglementaire de 4 m, des épaisseurs plus importantes pouvant être réellement mises en œuvre ;
- La quantité de poussières considérée ingérée par jour par l'enfant se base sur le guide [6], cette valeur d'ingestion de 100 mg/jour est une valeur conservative couvrant le 97ième percentile des valeurs estimées pour les enfants de 6 ans et moins (cf. rapport [12]). En considérant la valeur moyenne de ce rapport (31,5 mg/j), le QD serait alors de l'ordre de 3, soit inférieur à la limite maximale de QD de 5.

Par ailleurs, une évaluation de la plombémie potentielle évaluée avec les hypothèses conservatives du scénario « résidence » a été réalisée sur la base du rapport ANSES [12] et conduit à une valeur de 24 µg/L, à comparer à la valeur de 15 µg/L considérée comme valeur cible (dépassement d'un facteur 1,6 nettement plus modéré que le dépassement d'un facteur 9 issu des calculs de QD).

SYNTHÈSE – Scénario « résidence »

Situation	Perte de mémoire du site
Phase de vie	Post surveillance, 300 ans après la fin de l'exploitation
Scénario	Habitation d'une résidence sur le site
Cible	Public : adulte et enfant de 1 an
Voies atteintes	Inhalation + ingestion + exposition externe
Paramètres	Inventaires radiologique et toxique basés sur inventaire global site Apport de matériaux de l'extérieur pour jardin et résidence Teneur des matériaux en déchets : 0,0573 tonne de déchets par m ³ de sols La masse volumique des matériaux remaniés est de 1700 kg.m ³ Empoussièrément : 0,1 mg/m ³ (extérieur) et 0,01 mg/m ³ (intérieur) Durée d'exposition : 10 % du temps passé à l'extérieur
Résultats	Dose efficace totale (inhalation + ingestion + exposition) : 20 µSv/an (adulte) et 21 µSv/an (enfant de 1 an) Les ERI cumulés sont tous inférieurs à 10 ⁻⁵ . Tous les QD inhalation sont inférieurs à 1. Tous les QD ingestion sont inférieurs à 1 sauf pour le plomb à 9, qui reste acceptable au regard des conservatismes.
Sensibilité	Date de 500 ans : 19 µSv/an (adulte) et 21 µSv/an (enfant de 1 an).

5.2.4 Scénario « jeux d'enfants »

5.2.4.1 Description

Le scénario « jeux d'enfants » considère des enfants qui, outre leur présence permanente sur la zone résidentielle, passent une partie de leur temps de jeux sur une zone de gravats plus contaminée que le sol du jardin de la résidence.

Le groupe de référence est alors un enfant de 10 ans, qui partage son temps entre activités dans le jardin, jeux sur les gravats, activité à l'intérieur de l'habitation et sommeil.

5.2.4.2 Paramètres

La différence avec la résidence est donc liée à cette activité de jeux sur les gravats. Les paramètres considérés sont :

- Les gravats sont issus des matériaux générés dans le cadre du chantier routier, et n'ont pas été dilués par des matériaux apportés de l'extérieur. Les caractéristiques sont identiques à celles du sol remanié considéré dans le scénario « chantier routier ». La masse de déchets dans les gravats est donc de 0,382 tonnes de déchets par m³ de gravats.
- La durée de jeux sur les gravats est estimée à 50 h/an, soit 1 h par semaine en moyenne ;
- L'empoussièrément lors des jeux sur les gravats est considéré identique à celui retenu pour le chantier routier, soit 4 mg/m³ ;

- Le débit respiratoire retenu correspond à une activité légère, soit 1,1 m³/h ;
- L'ingestion par inadvertance de poussières est liée au fait de porter ses mains à la bouche dans un milieu fortement empoussiéré. En cohérence avec le scénario « chantier routier », une ingestion de 0,05 g/h est retenue.

5.2.4.3 Résultats

Impact radiologique

La dose susceptible d'être reçue par un enfant de 10 ans vivant en permanence dans une résidence implantée au droit du stockage (cf. Chapitre 5.2.3), et s'adonnant en plus à des épisodes de jeux sur des remblais plus contaminés serait de 33 µSv/an.

Impact toxicologique

Les ERI pour chaque substance toxique chimique et cumulés (ingestion et inhalation en fonction du type d'effet associé) sont tous inférieurs à la valeur cible 10⁻⁵.

Les QD inhalation pour tous les toxiques sont inférieurs à la valeur cible de 1.

Pour la voie ingestion, toutes les substances chimiques toxiques présentent des QD inférieurs à 1, hormis pour le plomb qui présente un QD de 2,8 pour l'enfant de 10 ans. Bien que supérieure à 1, cette valeur est inférieure à la limite de 5 considérée comme acceptable pour des scénarios d'intrusion.

SYNTHÈSE – Scénario « jeux d'enfants »

Situation	Perte de mémoire du site
Phase de vie	Post surveillance, 300 ans après la fin de l'exploitation
Scénario	Habitation d'une résidence sur le site + jeux sur des remblais
Cible	Public – enfant de 10 ans
Voies atteintes	Inhalation + ingestion + exposition externe
Paramètres	Inventaires radiologique et toxique basés sur inventaire global site Apport de matériaux de l'extérieur pour jardin et résidence Teneur des matériaux en déchets : 0,0573 tonne de déchets par m ³ de sol de la résidence et 0,382 pour remblais La masse volumique des matériaux remaniés est de 1700 kg.m ⁻³ Empoussièremet : 0,1 mg/m ³ (extérieur) et 0,01 mg/m ³ (intérieur) et 4 mg/m ³ (remblais) Durée d'exposition : 10 % du temps passé à l'extérieur dont 50 h sur remblais et 90% à l'intérieur
Résultats	Dose efficace totale (inhalation + ingestion + exposition) : 33 µSv/an ERI pour chaque substance toxique et cumulé sont tous inférieurs à 10 ⁻⁵ . Tous les QD inhalation sont inférieurs à 1. Tous les QD ingestion sont inférieurs à 1 sauf pour le plomb inférieur à 5
Sensibilité	Date de 500 ans : 32 µSv/an.

5.3 Conclusion des évaluations des conséquences en phase de post-surveillance

L'impact radiologique associé au scénario « pompage dans le Barrémien » (5,8 mSv/an pour l'enfant de 1 an et 3,7 mSv/an pour l'adulte) respectent les critères de protection pour un scénario d'évolution altérée et étant donné les hypothèses conservatives retenues.

En situation de référence, c'est-à-dire sur la base des meilleures connaissances disponibles, les concentrations induites dans la nappe pour les différentes substances toxiques présentes dans les déchets, resteraient inférieures aux seuils de potabilité. Seule la prise en compte de performances de rétention minimales pour le bore serait susceptible d'induire un QD supérieur à la limite retenue sans toutefois atteindre des niveaux de dépassement inacceptables au regard des conservatismes associés à ce cas d'étude de la démonstration de sûreté.

Concernant les scénarios d'intrusion humaine involontaire, les impacts radiologiques sont très faibles et au maximum de 33 μ Sv/an pour la résidence avec jeux d'enfants. Les résultats soulignent ainsi les points suivants :

- les critères d'acceptation des colis de déchets (limites d'activité massique) définis dans les spécifications d'acceptation permettent de maintenir les impacts radiologiques des scénarios d'intrusion à un niveau inférieur aux critères de protection ;
- la durée de la phase de surveillance et de maintien de la mémoire (durée combinée de 300 ans) est pertinente au regard de la décroissance radiologique globale de l'inventaire considéré.

Les impacts associés à la présence de substances toxiques chimiques sont globalement inférieurs à la valeur de QD de 1 ou compris entre 1 et 5, ce qui respecte les critères de protection pour ce type de scénario. Seuls, le nickel pour le scénario « chantier routier », et le plomb pour le scénario « résidence » pour l'enfant de 1 an, présentent des valeurs de QD supérieures à 5. Ces valeurs sont cependant jugées acceptables compte tenu des conservatismes intrinsèques à la définition de ces deux scénarios, notamment :

- la vitesse de corrosion des aciers inoxydables et l'hypothèse considérant que la totalité des pièces inférieures à 5 mm d'épaisseur sont corrodées à 300 ans ;
- pour le plomb, essentiellement présent sous forme de déchets massifs (blindage, hublots), la totalité de l'inventaire est considérée disponible à l'inhalation et l'ingestion ;
- la totalité des inventaires disponibles à l'inhalation et l'ingestion est considérée comme assimilée par l'organisme ;
- les transferts par l'eau, qui permettraient de réduire les concentrations dans le stockage, ne sont pas considérés ;
- la teneur en déchets considérée dans les sols pour les calculs est enveloppe de la teneur réelle dans le stockage.

Conclusions



L'analyse de risque présentée au volume 6 de la présente étude de dangers a fait ressortir plusieurs événements redoutés qui ont conduit à leur caractérisation et à leur classement au travers de l'analyse de treize scénarios.

Les différentes phases de vie du Centre ont fait l'objet de caractérisation d'un ou plusieurs scénarios accidentels. Parmi ces scénarios on retient les éléments suivants :

- tous les scénarios évalués mettent en jeu des substances radioactives et ont ainsi fait l'objet d'une évaluation d'impact radiologique ;
- 1 scénario d'explosion fait l'objet d'une analyse des effets de surpression ;
- 4 scénarios d'incendie font l'objet d'une analyse des effets thermiques ;
- les scénarios d'incendie et d'explosion (suivi d'un incendie généralisé) ont fait l'objet d'une analyse des effets toxiques des fumées induites ;
- les scénarios en phase post-surveillance par transfert par l'air ou par l'eau ont fait l'objet d'une évaluation d'impact des toxiques chimiques.

Toutes les installations industrielles sont concernées : bâtiment logistique, bâtiment de traitement, alvéole de stockage, BRTT et bâtiment d'entreposage.

Pour chacun de ces scénarios, le terme source a été caractérisé, la ou les modélisations ont été réalisées et les impacts de différentes natures évalués.

Le tableau 6-1 récapitule les différents impacts radiologiques maximaux (plusieurs conditions météorologiques ayant été considérés) associés aux différents scénarios étudiés.

Pour les scénarios d'incendie et d'explosion, les effets thermiques et les effets de surpression restent limités au centre.

Tableau 6-1 Synthèse des impacts radiologiques

N°	Scénario	Dose efficace		
		La Chaise		Promeneur
		24 h	Long terme	
14E	Renversement d'un engin de transfert en alvéole	3,01E-03 mSv	3,11E-03 mSv	1,16E-01 mSv
7E	Incendie d'un camion de déchets dans le hall de déchargement du bâtiment de traitement	1,18E-02 mSv	2,89E-02 mSv	4,56E-01 mSv
	Incendie d'un camion de déchets dans le hall de déchargement du bâtiment logistique	2,11E-02 mSv	5,06E-02 mSv	2,73E-01 mSv
8E	Incendie d'un engin de transfert en alvéole	8,06E-03 mSv	1,44E-02 mSv	3,10E-01 mSv
11E	Explosion du local d'entreposage des solvants et liquides scintillants du BRTT	3,68E-01 mSv	7,38E+00 mSv	4,76E+00 mSv
6E	Incendie d'un camion dans la zone de chargement au bâtiment regroupement/tri/traitement	2,26E-02 mSv	5,28E-01 mSv	2,91E-01 mSv
15E	Chute d'une palette de sels naturels au BRTT	2,22E-04 mSv	3,64E-04 mSv	2,86E-03 mSv
10E	Incendie d'un camion dans la zone de chargement du bâtiment d'entreposage	8,82E-02 mSv	7,54E-01 mSv	3,39E+00 mSv

N°	Scénario	Dose efficace		
		La Chaise		Promeneur
		24 h	Long terme	
16E	Chute d'un caisson de déchets thorifères au bâtiment d'entreposage	6,99E-04 mSv	1,37E-03 mSv	2,69E-02 mSv
	Chute d'un caisson de déchets radifères au bâtiment d'entreposage	3,97E-05 mSv	6,01E-04 mSv	1,52E-03 mSv
	Chute d'une palette de sels naturels au bâtiment d'entreposage	2,22E-04 mSv	3,64E-04 mSv	8,54E-03 mSv
1S	Chute d'un avion militaire sur une alvéole en phase de surveillance	4,84E-01 mSv	1,19E+00 mSv	/
5P	Scénario pompage dans le Barrémien	5,8 E+00 mSv/an (enfant 1 an) à 1300 ans		
1P	Scénario chantier routier	1,7E-02 mSv (travailleur sur le chantier)		
2P	Scénario résidence	2,1E-02 mSv/an (adulte habitant la résidence)		
3P	Scénario jeux d'enfants	3,3E-02 mSv/an (enfant (10 ans) habitant la résidence)		

En conclusion, aucun scénario ne conduit à des impacts inacceptables à l'extérieur de l'emprise du site.

Le tableau 6-2 résume les scénarios les plus significatifs sur le plan radiologique pour chacune des cibles considérées, en fonction des différentes phases de vie du centre.

Tableau 6-2 Scénarios les plus significatifs sur le plan radiologique en fonction des phases de vie du Centre

Phase de vie du Centre	Scénario	Dose efficace à La Chaise	Dose efficace pour le promeneur	Dose efficace pour le résident sur site
Exploitation	Explosion du local d'entreposage des solvants et liquides scintillants	0,37 mSv (24h) 7,38 mSv (long terme)	4,76 mSv	/
Surveillance	Chute d'avion	0,484 mSv 1,19 mSv (long terme)	/	/
Post-surveillance	Pompage dans le Barrémien	/	/	5,8 mSv/an à 1300 ans

Le risque résiduel de ces scénarios accidentels quantifiés est présenté dans le Tableau 6-3. Au regard de cette grille et de la cotation des scénarios quantifiés, les risques résiduels sont acceptables.

Tableau 6-3 Synthèse des niveaux de risques des événements redoutés quantifiés

	Extrêmement peu probable E	Très improbable D	Improbable C	Probable B	Courant A
V - Désastreux					
IV - Catastrophique					
III - Important					
II - Sérieux					
I - Modéré		10E, 11E	6E, 7E, 8E, 16E, 1S, 5P	14E, 15E, 1P, 2P, 3P	

La présente étude de dangers du Cires montre que **le niveau de risque atteint est aussi bas que possible** compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. Les dispositions matérielles et organisationnelles de prévention, de détection, de protection et de limitation des effets mises en place sur le site sont suffisantes pour assurer la sécurité de l'installation et du public ainsi que la protection de l'environnement.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 3-1	Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion en alvéole	34
Figure 3-2	Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment de traitement	38
Figure 3-3	Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment logistique	42
Figure 3-4	Zones des effets de surpression associés à l'explosion du local R02 du bâtiment de regroupement/ tri/ traitement	47
Figure 3-5	Zones des effets de surpression associés à l'explosion du local R01 du bâtiment de regroupement/tri/traitement	48
Figure 3-6	Représentation des différentes zones du bâtiment logistique	49
Figure 3-7	Zones des effets thermiques associés à l'incendie au niveau de la zone de chargement du bâtiment de regroupement/tri/traitement	54
Figure 3-8	Zones des effets thermiques (dont flux 20 kW/m ²) associés à l'incendie au niveau de la zone de chargement du BRTT	55
Figure 3-9	Représentation des différents locaux du BRTT	56
Figure 3-10	Zones des effets thermiques associés à l'incendie d'un camion au niveau de la zone de chargement du bâtiment d'entreposage	62
Figure 5-1	représentation du transfert des radionucléides et substances toxiques chimiques depuis les déchets jusqu'à la biosphère - exutoire puits	74
Figure 5-2	Voies de transferts associées à l'individu représentatif du groupe de référence hypothétique « villageois » à l'exutoire puits	75
Figure 5-3	Cas de référence - Historiques des doses à l'exutoire « Pompage dans le Barrémien », pour le groupe de référence « villageois » et la classe d'âge « enfant de 1 an »	76

Tableaux

Tableau 1-1	Seuils réglementaires pour les effets thermiques sur les personnes	15
Tableau 1-2	Seuils réglementaires pour les effets thermiques sur les structures	16
Tableau 1-3	Seuils réglementaires pour les effets de surpression sur les personnes	16
Tableau 1-4	Seuils réglementaires pour les effets de surpression sur les structures	16
Tableau 1-5	Seuils réglementaires pour les effets toxiques par inhalation	17
Tableau 1-6	Objectifs de protection vis-à-vis des effets radiologiques	17
Tableau 2-1	Conditions météorologiques à considérer en situations accidentelles pour des rejets au niveau du sol	22
Tableau 2-2	Formule de détermination des distances des effets de surpression	24
Tableau 3-1	Terme source relâché relatif au scénario « renversement d'un engin de transfert en alvéole »	29
Tableau 3-2	Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un engin de transfert en alvéole »	31
Tableau 3-3	Effets thermiques dans le cas de l'incendie d'un engin de transfert en alvéole	33
Tableau 3-4	Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment de traitement »	36
Tableau 3-5	Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un camion dans le hall de déchargement du bâtiment logistique »	39

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Tableau 3-6	Terme source relâché relatif au scénario « explosion suivie d'un incendie généralisé au BRTT »	44
Tableau 3-7	Données utilisées pour la modélisation de l'explosion de vapeurs dans le local R02	46
Tableau 3-8	Effets de surpression associés à l'explosion de vapeurs dans le local R02	47
Tableau 3-9	Formule chimique des liquides scintillants et solvants identifiés au BRTT	50
Tableau 3-10	Débits massiques des produits de décomposition, pour une durée de combustion de 60 minutes (kg/s)	51
Tableau 3-11	Concentrations au hameau de La Chaise comparées aux SEI 60 min	51
Tableau 3-12	Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un camion au niveau du quai de chargement du BRTT »	52
Tableau 3-13	Effets thermiques dans le cas de l'incendie au niveau de la zone de chargement du bâtiment de regroupement/ tri/ traitement	54
Tableau 3-14	Distance d'effets associés au flux de 20 kW/m ² dans le cas de l'incendie au niveau de la zone de chargement du BRTT	54
Tableau 3-15	Terme source relâché relatif au scénario « chute de colis au BRTT »	58
Tableau 3-16	Terme source relâché relatif au scénario « incendie d'un chargement au niveau du quai de BE »	60
Tableau 3-17	Terme source relâché relatif au scénario « chute de colis de déchets transitant dans le BE »	63
Tableau 4-1	Terme source relâché relatif au scénario « chute d'un avion militaire sur une alvéole de stockage fermée »	69
Tableau 6-1	Synthèse des impacts radiologiques	90
Tableau 6-2	Scénarios les plus significatifs sur le plan radiologique en fonction des phases de vie du Centre	91
Tableau 6-3	Synthèse des niveaux de risques des événements redoutés quantifiés	92

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 Arrêté du 29 septembre 2005 relatif l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation. Version consolidée au 28 octobre 2015 (2005). Journal officiel de la République française.
- 2 Arrêté du 23 juin 2015 relatif aux installations mettant en œuvre des substances radioactives, déchets radioactifs ou résidus solides de minerai d'uranium, de thorium ou de radium soumises à autorisation au titre de la rubrique 1716, de la rubrique 1735 et de la rubrique 2797 de la nomenclature des installations classées. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2015). Journal officiel de la République française, N°0161.
- 3 Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (2010). Bulletin officiel du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, N°2010/12, pp.125-246.
- 4 Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2001). N°Safety reports series n°19. 229 p. Disponible à l'adresse : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1103_scr.pdf.
- 5 Arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants. Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes handicapées (2003). Journal officiel de la République française, N°262, pp.58003-68.
- 6 Incendie en milieu confiné : Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35). Ministère de l'Écologie et du Développement durable; Ineris (2007). N°Rapport d'étude INERIS-DRA-INVE n°46055 - C70050. 110 p. Disponible à l'adresse : https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/incendie_milieu_confine_web.pdf.
- 7 Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) : Toxicité et dispersion des fumées d'incendie - Phénoménologie et modélisation des effets. Ineris (2005). N°Rapport d'étude n°57149. Disponible à l'adresse : https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Omega_16_Toxicite_fumees_web.pdf.



**AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS**

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
Tél. : 01 46 11 80 00

www.andra.fr

