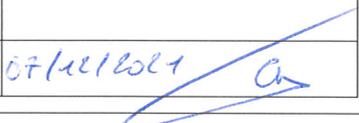


Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 1/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

DOCUMENTUM est la seule base de référence des documents applicables

Rôle	Nom Prénom	Fonction/Entité	Date/Visa
Rédacteur*	██████████	3SE-PP / SEP	07/12/21 
Vérificateur*	██████████	3SE-PP / SEP	07/12/21 
Vérificateur			
Vérificateur			
Vérificateur			
Approbateur*	██████████	Chef d'Installation LEA	07/12/21 

DIFFUSION DU DOCUMENT*		
Destinataires internes pour <u>APPLICATION</u>	Destinataires internes pour <u>INFORMATION</u>	Destinataires externes

TABLEAU DE SUIVI DES REVISIONS*		
Version	Date	Motif de la création, Désignation et origine des modifications
1.0	20/03/2020	Création
2.0	07/12/2021	Mise à jour avec données 2019 et 2020

SUIVI DES REVUES* - Périodicité de revue (en année) :					
Date	Décision suite à la revue (cocher)		Visa		
Echéance de revue	Applicable sans révision	Document à réviser	Date	Nom/ Fonction	Visa

Classement du document : Etablissement* : TRICASTIN Activité* : Sous activité : Activité liée :	Accès au document* : Choisissez un élément.	Confidentialité* : Choisissez un élément.
		Dual Use <input type="checkbox"/>
Numéro d'affaire :		
Satellite/BTL :		
Domaine d'expertise : Choisissez un élément.		

* A renseigner obligatoirement et en cohérence avec choix proposés par DOCUMENTUM

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 2/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

SOMMAIRE

1	OBJET DU DOCUMENT.....	5
2	DOCUMENTS DE REFERENCE.....	5
3	OUTIL ERICA.....	6
3.1	Généralités sur le projet ERICA	6
3.2	Présentation de l’outil ERICA.....	6
3.3	Méthodologie de l’outil ERICA	7
3.3.1	Principe de l’outil au niveau 1	8
3.3.2	Principe de l’outil au niveau 2	9
3.3.3	Interprétation du quotient de risque	9
4	DONNEES D’ENTREE RELATIVES A L’OUTIL ERICA	9
4.1	Niveau 1 de l’outil ERICA	10
4.1.1	Radionucléides disponibles	10
4.1.2	Ecosystèmes concernés	12
4.1.3	Valeur de débit de dose sans effet	12
4.1.4	Rejets atmosphériques	13
4.1.5	Rejets liquides.....	13
4.2	Niveau 2 de l’outil ERICA	13
4.2.1	Organismes de référence	13
4.2.2	Facteur d’incertitude.....	14
4.2.3	Paramètres radioécologiques	14
4.2.3.1	Coefficient de distribution K_d	15
4.2.3.2	Facteurs de concentration CR	15
4.2.4	Facteur d’occupation.....	15
4.2.5	Facteur de pondération radiologique	15
5	DONNEES D’ENTREE LIEES A L’INSTALLATION.....	17
5.1	Débits de dose sans effet.....	17
5.2	Terme source	17
5.2.1	Estimation des rejets atmosphériques.....	17
5.2.2	Hypothèses retenues pour le terme source.....	18
5.3	Durée de fonctionnement.....	19
5.4	Données météorologiques	20
5.5	Choix des points d’étude	20
5.5.1	Point le plus exposé de l’environnement	21
5.5.2	Zones Natura 2000 identifiées dans le périmètre de l’étude	23

<i>Référence*</i> : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 3/31	<i>Installation :</i>	<i>Type de document*</i> : NT	
<i>Ancien Code :</i>		<i>Objet / Titre*</i> : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
<i>Référence RGF :</i>				

5.6	Choix des données d'entrée pour le niveau 2 de l'outil ERICA	25
5.6.1	Organismes de référence	25
5.6.2	Facteur d'incertitude.....	25
5.6.3	Facteur d'occupation.....	25
5.6.4	Paramètres radioécologiques et facteurs de pondération radiologique	25
6	<i>EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES REJETS.....</i>	26
6.1	Activités dans le sol et dans l'air au point le plus exposé dans l'environnement	26
6.2	Caractérisation du risque.....	27
7	<i>CONCLUSION SUR LE CALCUL D'IMPACT RADIOLOGIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT</i>	29
8	<i>ANNEXE 1 : ETUDE DE SENSIBILITE</i>	30

<i>Référence*</i> : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 4/31	<i>Installation</i> :	<i>Type de document*</i> : NT	
<i>Ancien Code</i> :		<i>Objet / Titre*</i> : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
<i>Référence RGF</i> :				

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Radionucléides issus d'une chaîne de désintégration et considérés dans le calcul des coefficients de conversion de dose	12
Tableau 2 : Organismes de référence listés par écosystème	14
Tableau 3 : Terme source atmosphérique du LEA	18
Tableau 4 : Terme source atmosphérique retenu.....	19
Tableau 5 : Coordonnées des points de l'environnement les plus exposés aux rejets du LEA.....	22
Tableau 6 : Distance et azimuth entre la cheminée du LEA et des points de l'environnement les plus exposés	22
Tableau 7 : Paramètres de dispersion atmosphérique au niveau des points de l'environnement les plus exposés	23
Tableau 8 : Facteurs d'occupation des organismes terrestres.....	25
Tableau 9 : Concentrations d'activité dans le sol au niveau du point « Env 3 ».....	27
Tableau 10 : Concentrations d'activité dans l'air au niveau du point « Env 3 ».....	27
Tableau 11 : Débits de dose totaux reçus et quotients de risque, par organisme de référence, dus aux rejets du LEA au niveau du point d'exposition maximale dans l'environnement.....	28
Tableau 12 : Résultats de l'étude de sensibilité.....	31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de principe de l'outil ERICA.....	8
Figure 2 : Liste des radionucléides disponibles sous ERICA (niveau 1)	10
Figure 3 : Rose des vents à 10 m sur la période de 2018 à 2020 (Données de la station météorologique du Tricastin, « La Piboulette »).....	20
Figure 4 : Localisation des points de l'environnement les plus exposés aux rejets du LEA	21
Figure 5 : Localisation des zones Natura 2000 au voisinage de la plateforme du Tricastin	24

<i>Référence*</i> : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 5/31	<i>Installation</i> :	<i>Type de document*</i> : NT	
<i>Ancien Code</i> :		<i>Objet / Titre*</i> : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
<i>Référence RGF</i> :				

1 OBJET DU DOCUMENT

Le Laboratoire Etalon Activité (LEA) a pour principale activité la fabrication et la distribution de sources radioactives destinées au secteur de la recherche, de l'industrie et de la médecine nucléaire. Il est localisé sur la plateforme Orano du Tricastin.

La présente étude a pour objectif d'évaluer l'impact environnemental lié aux rejets radiologiques du LEA. Elle constitue l'évaluation des risques environnementaux des rejets radiologiques de cette installation.

Cette évaluation est réalisée à l'aide de l'outil ERICA.

2 DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Evaluation de l'impact dosimétrique associé aux rejets du LEA, TRICASTIN-20-002591 Version 2.0, **Décembre** 2021.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 6/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

3 OUTIL ERICA

3.1 Généralités sur le projet ERICA

Le projet européen ERICA (*Environmental Risk for Ionising Contaminants : Assessment and management*) du 6^{ème} PCRD (Programme Cadre de Recherche et de Développement) EURATOM a été lancé en mars 2004 et s'est achevé en février 2007. Ce projet a rassemblé 15 partenaires dont des universités, des entreprises et des instituts de recherche, issus de sept pays européens.

Ce projet a abouti aux résultats suivants :

- la mise à jour de la base de données FREDERICA¹ concernant les effets des rayonnements ionisants sur les organismes non-humains ;
- l'exploitation de cette base de données pour définir des critères de protection des écosystèmes ;
- la conception d'une méthode qui permet de caractériser le risque écologique en analysant des expositions de la faune et de la flore aux rayonnements ionisants et les effets de cette exposition.

Ce projet s'inscrit dans un consensus international pour développer des méthodes d'évaluation du risque radiologique pour l'environnement, à l'image de ce qui existe pour les substances chimiques.

Son objectif est de concevoir une approche intégrée pour évaluer les effets des contaminants radioactifs sur l'environnement. Il s'agit d'envisager les plans scientifiques, décisionnels et sociétaux, en mettant l'accent sur la protection de la faune, de la flore et des écosystèmes. Pour ce faire, le projet ERICA s'est fondé sur les acquis du projet européen FASSET (*Framework for ASSESSment of EnvironmenTal impact*) (5^{ème} PCRD), qui a formalisé le cadre conceptuel de l'évaluation de l'impact environnemental des radionucléides.

3.2 Présentation de l'outil ERICA

L'outil ERICA, né de ce projet, est utilisé dans le cadre de cette étude. Il permet d'évaluer le risque pour l'environnement de rejets chroniques de substances radioactives. Ce logiciel peut être obtenu à partir du site internet : <http://www.ERICA-tool.com/>.

La version utilisée dans le cadre de cette étude est : ERICA Assessment Tool 1.3 mise à jour en juin 2019.

Cet outil fonctionne avec trois niveaux de précision croissants (appelés Tiers) permettant une approche graduée.

Le premier niveau est une étude simple qui requiert un minimum de données d'entrée. Les résultats obtenus sont conservatifs et permettent d'écarter les sites où le risque radiologique pour l'environnement est négligeable. Les concentrations d'activité calculées dans les différents milieux sont comparées aux *Environmental Media Concentration Limits* (EMCL) qui ont été calculées pour chaque radionucléide pour l'organisme le plus sensible (faune ou flore). L'EMCL correspond à la concentration d'activité à l'origine d'un débit de dose sans effet.

Le deuxième niveau constitue une étude plus détaillée qui nécessite des données d'entrée supplémentaires pour mieux définir la situation, notamment en ce qui concerne les conditions d'exposition et les paramètres de transfert. Pour chaque organisme de référence, le débit de dose absorbé est estimé et est comparé à une valeur de débit de dose sans effet. Les résultats obtenus peuvent être interprétés par comparaison aux niveaux d'effets des radiations ionisantes ainsi qu'aux valeurs de bruit de fond naturel.

Enfin, le troisième niveau est réservé pour des situations complexes et ne sera pas détaillé ici. Ce niveau peut nécessiter de considérer les données des effets biologiques contenues dans la base de données FREDERICA,

¹ FREDERICA : FASSET and ERICA Radiation Effect Database.

<i>Référence*</i> : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 7/31	<i>Installation</i> :	<i>Type de document*</i> : NT	
<i>Ancien Code</i> :		<i>Objet / Titre*</i> : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
<i>Référence RGF</i> :				

ou d'entreprendre des études écologiques. Le troisième niveau, contrairement aux deux premiers niveaux, est une étude probabiliste. L'utilisateur estime la probabilité d'occurrence et la gravité des effets radiologiques sur l'environnement susceptible de se produire, ce qui permet de discuter de l'acceptabilité du risque pour les espèces non-humaines.

3.3 Méthodologie de l'outil ERICA

L'outil ERICA permet de caractériser le risque radiologique pour l'environnement en calculant un quotient de risque à partir des données de concentration d'activité dans les différents milieux. Ces concentrations peuvent soit être issues de campagnes de mesures réalisées par le site, soit être déterminées à l'aide d'un modèle de dispersion. L'outil ERICA propose un modèle de dispersion propre pour les effluents atmosphériques et liquides. Ce modèle repose sur le Safety Reports Series (SRS) n°19 de l'AIEA.

En ce qui concerne les effluents atmosphériques, l'utilisation du modèle de dispersion proposé par le logiciel COMODORE² (logiciel spécifique de calcul d'impact dosimétrique utilisé par les sites Orano notamment ceux du Tricastin et Malvés) a été jugée plus pertinente car ce dernier permet une intégration plus précise et plus représentative des données météorologiques.

Le schéma de principe de l'outil ERICA est présenté par la figure suivante.

² Le logiciel COMODORE est une synthèse de trois logiciels validés par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) : ACADIE, COTRAM et AQUAREJ. Il est destiné au calcul d'impact dosimétrique de rejets chroniques (en fonctionnement normal des installations) de produits radioactifs liquides et gazeux, en prenant en compte les transferts de contamination dans l'environnement, ainsi que les transferts dans la chaîne alimentaire jusqu'à l'homme.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 8/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

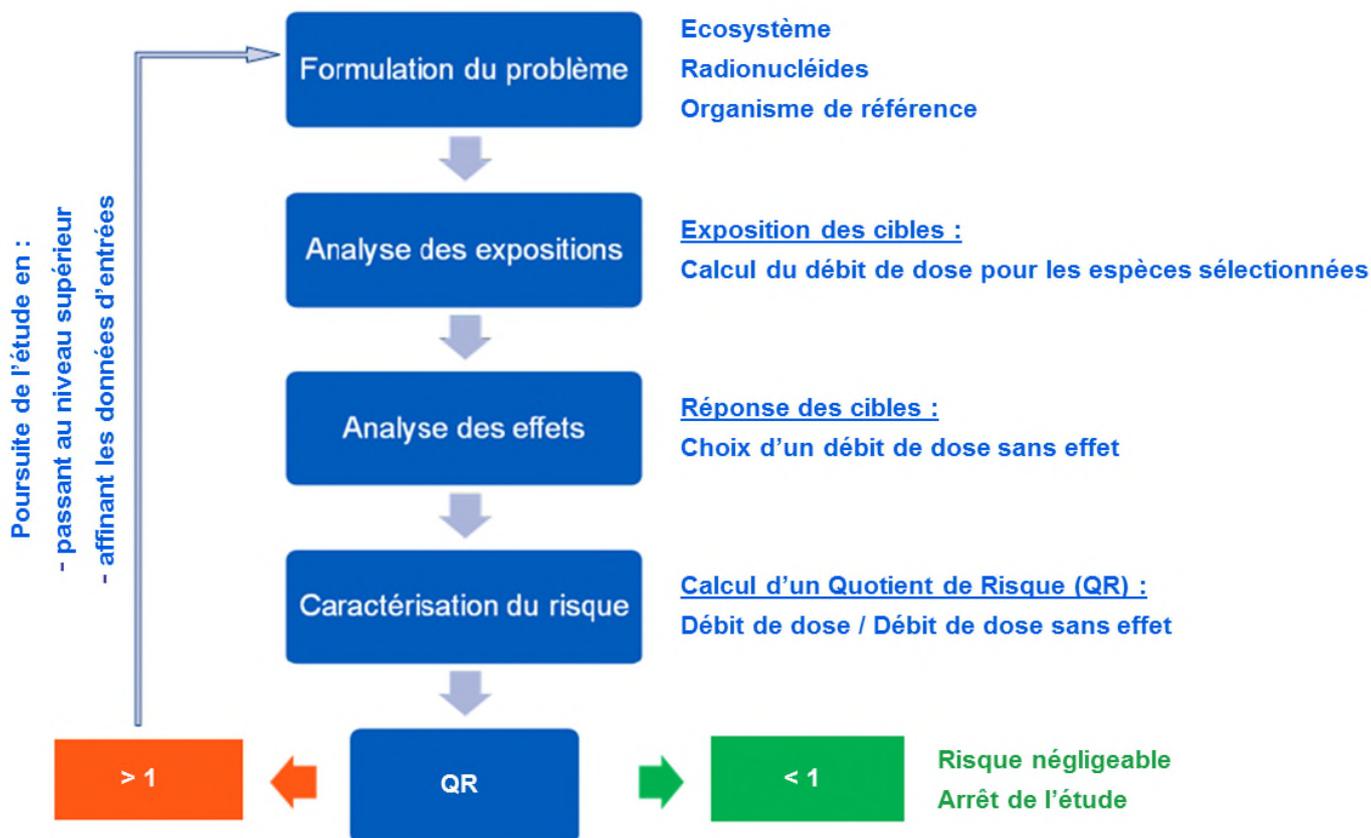


Figure 1 : Schéma de principe de l'outil ERICA

Le calcul du Quotient de Risque (QR) est réalisé suivant une approche différente pour les niveaux 1 et 2.

3.3.1 Principe de l'outil au niveau 1

Pour le niveau 1, la concentration d'activité est comparée à l'Environmental Media Concentration Limit (EMCL) correspondante. Les EMCL ont été calculées pour l'organisme le plus limitant et pour chaque couple radionucléide / écosystème.

L'EMCL correspond à la concentration d'activité d'un radionucléide qui provoquerait un débit de dose égal au débit de dose sans effet, déterminé par l'utilisateur (voir § 4.1.3 « Valeur de débit de dose sans effet »). Il est déterminé par la formule :

$$EMCL_n = \frac{PNEDR}{F_n}$$

Où :

- $EMCL_n$: EMCL de l'organisme le plus limitant pour le radionucléide n et pour le milieu considéré ($Bq.L^{-1}$ dans l'eau, $Bq.kg^{-1}$ dans le sol ou les sédiments et $Bq.m^{-3}$ dans l'air) ;
- PNEDR (Predicted No Effect Dose Rate) : valeur de débit de dose sans effet ($\mu Gy.h^{-1}$) ;
- F_n est le débit de dose reçu par un organisme qui serait confronté à une concentration d'activité unitaire d' $1 Bq.L^{-1}$ pour le milieu aquatique, d' $1 Bq.kg^{-1}$ pour le milieu terrestre et d' $1 Bq.m^{-3}$ pour le milieu atmosphérique ; F_n s'exprime donc en $\mu Gy.h^{-1}$ par Bq/L^{-1} ou $Bq.kg^{-1}$ ou $Bq.m^{-3}$.

Formulaire TRICASTIN-11-000516 v. 14.0

En application de la procédure TRICASTIN-11-000835

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 9/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Le quotient de risque est ensuite défini par l'équation suivante :

$$RQ_n = \frac{M_n}{EMCL_n}$$

Où :

- RQ_n : quotient de risque pour le radionucléide n (sans unité) ;
- M_n : concentration d'activité en radionucléide n dans le milieu (Bq.L⁻¹ dans l'eau, Bq.kg⁻¹ dans le sol ou les sédiments et Bq.m⁻³ dans l'air) ;
- $EMCL_n$: EMCL de l'organisme le plus limitant pour le radionucléide et le milieu considéré.

Un quotient de risque global est ensuite déterminé en sommant les quotients de risque obtenus pour chacun des radionucléides étudiés. Il convient de souligner que cette approche est majorante, étant donné que les quotients de risque sommés ne correspondent pas nécessairement aux mêmes organismes de référence.

3.3.2 Principe de l'outil au niveau 2

Au niveau 2, des organismes de référence proposés dans l'outil ERICA sont considérés (voir § 4.2.1). Le débit de dose total (interne et externe) est calculé pour chaque organisme de référence. Ce dernier est ensuite comparé au débit de dose sans effet. Pour chaque organisme et chaque radionucléide, un quotient de risque est calculé. Il est défini par l'équation suivante :

$$RQ_n = \frac{DR_n}{PNEDR}$$

Où :

- RQ_n : quotient de risque pour le radionucléide n (sans unité) ;
- DR_n : débit de dose estimé total (μGy.h⁻¹) pour chaque radionucléide n ;
- $PNEDR$: débit de dose sans effet (μGy.h⁻¹).

Un quotient de risque global pour chaque organisme est ensuite déterminé en sommant les quotients de risque obtenus pour chacun des radionucléides étudiés.

3.3.3 Interprétation du quotient de risque

Aux niveaux 1 et 2, le quotient de risque est comparé à la valeur de référence de 1. S'il est inférieur à 1, le risque pour l'environnement lié aux rejets radiologiques peut donc être considéré comme acceptable et l'étude peut alors être conclue.

Un quotient de risque supérieur à 1 nécessite une analyse plus poussée afin de pouvoir statuer sur l'acceptabilité du risque. Cette analyse plus poussée peut être réalisée en affinant les données d'entrée ou les paramètres utilisés, ou encore en passant au niveau supérieur de l'outil. Ce second niveau d'approche est destiné à réduire les incertitudes et réévaluer les hypothèses retenues, souvent majorantes en première approche, pour mener une étude représentative de la situation à analyser. Ce niveau d'approche est toutefois plus complexe à déployer.

4 DONNEES D'ENTREE RELATIVES A L'OUTIL ERICA

Les données d'entrée nécessaires à l'utilisation de l'outil ERICA varient en fonction du niveau de précision choisi, mais également en fonction du milieu considéré (air, rivière, etc.).

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 10/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Les données d'entrée détaillées pour les deux premiers niveaux de l'outil ERICA sont présentées ci-après.

4.1 Niveau 1 de l'outil ERICA

Au premier niveau, la réalisation de l'étude nécessite de déterminer :

- la liste des radionucléides rejetés ;
- l'écosystème concerné (terrestre, eau douce ou marin) ;
- le débit de dose sans effet ;
- la méthodologie de modélisation des rejets atmosphériques et liquides dans les écosystèmes qui font l'objet de l'évaluation.

4.1.1 Radionucléides disponibles

La liste des radionucléides proposés par défaut par l'outil ERICA est présentée dans la figure suivante.

Element	Isotopes	Element	Isotopes
Ag	Silver Ag-110m	P	Phosphorus P-32, P-33
Am	Americium Am-241	Pa	Protactinium Pa-231
Ba	Barium Ba-140	Pb	Lead Pb-210
C	Carbon C-14	Po	Polonium Po-210
Ca	Calcium Ca-45	Pu	Plutonium Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241
Cd	Cadmium Cd-109	Ra	Radium Ra-226, Ra-228
Ce	Cerium Ce-141, Ce-144	Ru	Ruthenium Ru-103, Ru-106
Cf	Californium Cf-252	S	Sulphur S-35
Cl	Chlorine Cl-36	Sb	Antimony Sb-124, Sb-125
Cm	Curium Cm-242, Cm-243, Cm-244	Se	Selenium Se-75, Se-79
Co	Cobalt Co-57, Co-58, Co-60	Sr	Strontium Sr-89, Sr-90
Cr	Chromium Cr-51	Tc	Technetium Tc-99
Cs	Caesium Cs-134, Cs-135, Cs-136, Cs-137	Te	Tellurium Te-129m, Te-132
Eu	Europium Eu-152, Eu-154	Th	Thorium Th-227, Th-228, Th-230, Th-231, Th-232, Th-234
H	Tritium H-3	U	Uranium U-234, U-235, U-238
I	Iodine I-125, I-129, I-131, I-132, I-133	Zn	Zinc Zn-65
Ir	Iridium Ir-192	Zr	Zirconium Zr-95
La	Lanthanum La-140		
Mn	Manganese Mn-54		
Nb	Niobium Nb-94, Nb-95		
Ni	Nickel Ni-59, Ni-63		
Np	Neptunium Np-237		

Figure 2 : Liste des radionucléides disponibles sous ERICA (niveau 1)

<i>Référence*</i> : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 11/31	<i>Installation</i> :	<i>Type de document*</i> : NT	
<i>Ancien Code</i> :		<i>Objet / Titre*</i> : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
<i>Référence RGF</i> :				

Les radionucléides produits par désintégration, appelés « radionucléides fils », dont la demi-vie est inférieure à 10 jours sont inclus dans les coefficients de conversion de dose de leur radionucléide « père ». Les radionucléides concernés sont présentés dans le tableau ci-après.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 12/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Radionucléide « père »	Radionucléides « fils » considérés à l'équilibre avec leur « père »						
Sr-90	Y-90						
Ru-106	Rh-106						
Cs-137	Ba-137m						
Pb-210	Bi-210						
Ra-226	At-218	Po-218	Bi-214	Pb-214	Rn-222	Po-214	
Ra-228	Ac-228						
Th-228	Po-216	Tl-208	Bi-212	Pb-212	Rn-220	Po-212	Ra-224
Th-234	Pa-234m	Pa-234					
U-235	Th-231						
Pu-241	U-237						

Tableau 1 : Radionucléides issus d'une chaîne de désintégration et considérés dans le calcul des coefficients de conversion de dose

Remarque : Au niveau 1, il n'est pas possible d'ajouter des isotopes ne faisant pas partie de la liste par défaut. Cette option est cependant disponible pour les niveaux 2 et 3.

4.1.2 Ecosystèmes concernés

L'outil ERICA permet d'évaluer le risque encouru par l'environnement pour trois écosystèmes :

- l'écosystème terrestre ;
- l'écosystème d'eau douce ;
- l'écosystème marin.

4.1.3 Valeur de débit de dose sans effet

Plusieurs valeurs de débit de dose sans effet sont proposées par l'outil ERICA :

- la valeur par défaut d'ERICA : 10 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$. Cette valeur est valable pour les situations d'expositions chroniques et pour tous les écosystèmes. Elle a été déterminée à l'aide d'une méthode basée sur le traitement mathématique des données SSD (Species Sensitivity Distribution) ;
- les valeurs tirées des rapports de l'AIEA (1992) et de l'UNSCEAR (1996) : 40 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ pour les animaux terrestres ou 400 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ pour la flore terrestre ainsi que toutes les espèces aquatiques. Ces valeurs sont considérées comme des valeurs protectrices en dessous desquelles, dans le cadre d'une exposition chronique, aucun effet mesurable n'est observable sur les espèces concernées ;
- la possibilité est également laissée à l'utilisateur d'entrer une autre valeur s'il le souhaite (en $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$).

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 13/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

4.1.4 Rejets atmosphériques

L'évaluation de l'impact dosimétrique des rejets radiologiques sur l'écosystème terrestre nécessite de renseigner la concentration d'activité dans les sols ($Bq.kg^{-1}$ de matière sèche) ou la concentration d'activité dans l'air ($Bq.m^{-3}$) pour les isotopes des éléments suivants : C, S, P et H.

Comme mentionné précédemment, ces valeurs sont fournies par le logiciel COMODORE, utilisé pour l'évaluation des risques radiologiques sur la santé des populations.

Le logiciel COMODORE est constitué de plusieurs codes de calculs dont le code COTRAM qui permet de déterminer les coefficients de transfert atmosphériques (CTA) ainsi que les débits de dépôt totaux (DDT), en utilisant des données météorologiques spécifiques à la zone d'étude et notamment des statistiques de condition de transfert (vitesse et direction du vent, type de stabilité atmosphérique). Ces données météorologiques sont présentées au § 5.4. Les données d'entrée relatives au logiciel COMODORE sont présentées dans l'étude dosimétrique détaillée du LEA [1] et ne sont pas reprises dans la présente étude.

4.1.5 Rejets liquides

Non concerné dans le cadre de cette étude, le LEA n'étant pas à l'origine de rejets liquides.

4.2 Niveau 2 de l'outil ERICA

Le deuxième niveau constitue une étude plus détaillée qui nécessite des données d'entrée supplémentaires.

Le choix du débit de dose sans effet ainsi que l'utilisation des modèles de dispersion sont identiques au premier niveau. La seule différence concerne le choix des radionucléides, puisqu'à partir de ce niveau, il est possible d'ajouter des radionucléides qui ne font pas partie de la liste proposée par défaut dans l'outil ERICA (voir figure 2 « Liste des radionucléides disponibles sous ERICA (niveau 1) »).

Les données d'entrée supplémentaires du deuxième niveau sont présentées ci-après :

- organismes de référence ;
- facteur d'incertitude ;
- paramètres radioécologiques ;
- facteur d'occupation ;
- facteur de pondération radiologique.

4.2.1 Organismes de référence

Au niveau 2, les organismes de référence sont à prendre en compte. La liste des organismes de référence proposés par ERICA selon l'écosystème choisi est présentée dans le tableau suivant.

Ecosystèmes	Eau douce	Marin	Terrestre
-------------	-----------	-------	-----------

Formulaire TRICASTIN-11-000516 v. 14.0

En application de la procédure TRICASTIN-11-000835

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 14/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Organismes de référence	Amphibien	Anémone de mer ou corail	Amphibien
	Bivalve - mollusque	Crustacé	Annélide
	Crustacé	Oiseau	Arbre
	Gastéropode - mollusque	Macro algue	Arbuste
	Larve d'insecte	Mammifère	Arthropode Détritivore
	Mammifère	Mollusque - bivalve	Mollusque - gastéropode
	Oiseau	Phytoplancton	Herbe et aromate
	Phytoplancton	Plante vasculaire	Insecte volant
	Plante vasculaire	Poisson benthique	Lichen et Bryophyte
	Poisson benthique	Poisson pélagique	Mammifère (grande taille)
	Poisson pélagique	Polychète	Mammifère (petit animal fouisseur)
	Reptile	Reptile	Oiseau
	Zooplancton	Zooplancton	Reptile

Tableau 2 : Organismes de référence listés par écosystème

Il est toutefois possible d'ajouter des organismes de référence. Divers paramètres comme le nom, le groupe, les facteurs d'occupation, la masse ou les dimensions de l'organisme sont alors à renseigner.

4.2.2 Facteur d'incertitude

Une autre particularité du niveau 2 est la possibilité d'estimer une valeur conservative du quotient de risque attendu en considérant que les quotients de risques suivent une distribution exponentielle. L'estimation de cette valeur conservative peut ainsi être réalisée en multipliant le quotient de risque attendu par un facteur nommé « facteur d'incertitude » (UF – Uncertainty Factor).

Deux valeurs de facteurs d'incertitude sont proposées par défaut, 3 et 5, mais la possibilité est laissée à l'utilisateur de choisir sa propre valeur.

Si le produit de l'espérance estimée par le facteur d'incertitude UF est inférieur à 1, alors la probabilité que le quotient de risque dépasse 1 est inférieure ou égale à 5 % pour UF=3 (et 1 % pour UF=5). Cela revient à dire que la probabilité que le débit de dose estimé dépasse le débit de dose sans effet est inférieure ou égale à 5 % pour UF=3 (et 1 % pour UF=5).

4.2.3 Paramètres radioécologiques

Selon le choix de l'écosystème, divers paramètres sont à renseigner.

Pour les écosystèmes aquatiques :

- coefficient de distribution K_d (L.kg⁻¹) ;
- facteur de concentration CR (Bq.kg⁻¹ de masse fraîche par Bq.L⁻¹).

Pour les écosystèmes terrestres :

- facteur de concentration CR (Bq.kg⁻¹ de masse fraîche par Bq.kg⁻¹ de sol masse sèche ou par Bq.m⁻³ d'air pour les isotopes de H, C, S et P).

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 15/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

4.2.3.1 Coefficient de distribution K_d

Le coefficient de distribution K_d correspond au rapport entre la phase solide et la phase dissoute d'un élément. Cela signifie qu'il permet de calculer la concentration d'activité dans l'eau lorsque la concentration d'activité dans les sédiments est connue, et vice-versa.

Il est exprimé en $L.kg^{-1}$ et est défini par l'équation suivante.

$$K_d = \frac{\text{Concentration d'activité dans les sédiments (en } Bq.kg^{-1} \text{)}}{\text{Concentration d'activité dans l'eau (en } Bq.L^{-1} \text{)}}$$

L'outil propose les coefficients de distribution par défaut contenus dans ERICA pour les radionucléides sélectionnés. Il est cependant possible de modifier ces valeurs.

4.2.3.2 Facteurs de concentration CR

Les facteurs de concentration CR sont définis comme suit dans l'outil ERICA.

Pour les écosystèmes terrestres :

$$CR = \frac{\text{Concentration d'activité dans l'organisme (en } Bq.kg^{-1} \text{ de masse fraîche)}}{\text{Concentration d'activité dans le sol (en } Bq.kg^{-1} \text{ de masse sèche)}}$$

Sauf pour les rejets atmosphériques des éléments H, C, P et S où la grandeur au dénominateur est l'activité de l'air ($Bq.m^{-3}$).

Pour les écosystèmes aquatiques :

$$CR = \frac{\text{Concentration d'activité dans l'organisme (en } Bq.kg^{-1} \text{ de masse fraîche)}}{\text{Concentration d'activité dans l'eau (en } Bq.L^{-1} \text{)}}$$

Lorsque cela est possible, les données sont tirées d'études. Cependant, pour de nombreuses combinaisons organisme / radionucléide, les facteurs de concentration ne sont pas connus. Pour déterminer les données manquantes, l'outil propose différentes options, comme par exemple utiliser une valeur de facteur de concentration disponible pour un organisme de référence similaire. L'utilisateur peut cependant choisir d'utiliser ses propres données.

4.2.4 Facteur d'occupation

Le facteur d'occupation correspond à la fraction de temps passé par chaque organisme de référence dans chacun des habitats proposés. La liste des habitats dépend de l'écosystème choisi (exemple : surface du sol, sol et air pour les écosystèmes terrestres).

4.2.5 Facteur de pondération radiologique

Le facteur de pondération radiologique (W_r) est un facteur qui tient compte de la nature du rayonnement et qui permet de déterminer la dose équivalente H_T (Sv) à partir de la dose absorbée D_T (Gy) à l'aide de la formule suivante :

$$H_T = D_T \times W_r$$

Les valeurs proposées par l'outil ERICA sont, selon la nature du rayonnement :

- 10 pour le rayonnement α ;

Formulaire TRICASTIN-11-000516 v. 14.0

En application de la procédure TRICASTIN-11-000835

<i>Référence*</i> : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 16/31	<i>Installation</i> :	<i>Type de document*</i> : NT	
<i>Ancien Code</i> :		<i>Objet / Titre*</i> : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
<i>Référence RGF</i> :				

- 3 pour le rayonnement β^- ;
- 1 pour les rayonnements β^+ et γ .

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 17/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

5 DONNEES D'ENTREE LIEES A L'INSTALLATION

5.1 Débits de dose sans effet

Dans le cadre de cette étude, la valeur de débit de dose sans effets définie par défaut dans l'outil ERICA de **10 µGy.h⁻¹** a été retenue. Cette valeur a été choisie car l'exposition radiologique du site est naturellement faible, et il convient donc de pouvoir distinguer les situations de faible niveau d'exposition.

5.2 Terme source

Pour mémoire, le LEA n'est pas à l'origine de rejets radiologiques liquides. Seuls les rejets atmosphériques à la cheminée sont considérés dans le cadre de cette étude.

5.2.1 Estimation des rejets atmosphériques

Les radionucléides rejetés à l'atmosphère constituent le terme source. Ce terme source sert de donnée d'entrée au calcul d'impact. Il précise pour chaque radionucléide les quantités rejetées par an.

Les rejets du LEA sont effectués via une cheminée d'une hauteur de 10 m.

La méthodologie de détermination du terme source est présentée de manière détaillée dans la note [1].

D'une manière générale, le terme source est construit à partir des valeurs annuelles maximales sur la période 2012-2020, majorées de 50 %.

Dans le détail, les hypothèses suivantes sont retenues :

- pour le ⁸⁵Kr, ¹³³Xe, ¹²⁷Xe et ¹⁴C, la valeur annuelle maximale estimée, pour la période 2012-2020, est retenue ;
- pour le ¹²⁵I, ¹³¹I et ³H, la valeur annuelle maximale mesurée sur la période 2012-2020 est retenue ;
- pour les radionucléides restants, l'activité est déterminée, selon que ces derniers sont émetteurs alpha ou bêta, à partir :
 - o de l'activité annuelle maximale, en alpha ou en bêta, sur la période 2012-2020 ;
 - o la part maximale de chaque radionucléide dans la production annuelle sur la période 2012-2020.

Pour le ⁵⁷Co et le ¹⁰⁹Cd, l'activité « Fluo X » a été prise en compte. Cette activité n'ayant pas encore démarrée à la date de rédaction de cette étude, les activités ont été estimées de manière majorante. L'activité rejetée (⁵⁷Co et ¹⁰⁹Cd) est estimée sur la base des rejets réels actuels rapportée à l'activité mise en œuvre

L'ensemble des valeurs maximales ainsi obtenues a été majoré de 50 % afin de couvrir des émissions potentiellement plus élevées que les maximums historiques observés.

Le terme source ainsi obtenu est présenté dans le tableau suivant.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 18/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Radionucléides	Rejets (Bq/an)	Radionucléides	Rejets (Bq/an)
Kr85	9,05.10 ⁹	Cr51	1,52.10 ³
Xe133	4,59.10 ⁷	Cs134	6,65.10 ²
Xe127	4,57.10 ⁷	Cs137+Ba137m	7,81.10 ³
C14	5,07.10 ⁴	Eu152	2,94.10 ³
Co57	1,58.10 ⁶	Fe55	9,90.10 ¹
I125	1,11.10 ⁶	Fe59	1,48.10 ³
I131	1,13.10 ⁵	Mn54	5,58.10 ²
H3	1,71.10 ⁸	Na22	3,03.10 ²
Am241	8,43.10 ³	Ni63	4,10.10 ¹
Cm244	3,19.10 ²	P32	5,25.10 ¹
Np237	3,35.10 ²	Pm147	2,43.10 ¹
Pu238	9,89.10 ¹	S35	9,96
Pu239	6,64.10 ²	Sn113	9,71.10 ²
U233	1,33	Sr85	1,58.10 ³
Ag110m	1,91.10 ³	Sr89	1,02.10 ²
Ba133	5,72.10 ³	Sr90	3,41.10 ³
Ca45	3,37.10 ¹	Tc99	1,00.10 ³
Cd109	1,15.10 ⁷	Tl204	2,84.10 ⁻¹
Ce139	2,44.10 ³	Y88	1,49.10 ³
Cl36	4,49.10 ¹	Zn65	9,40.10 ²
Co60	1,60.10 ³		

Tableau 3 : Terme source atmosphérique du LEA

5.2.2 Hypothèses retenues pour le terme source

Comme précisé précédemment, le modèle de dispersion proposé par le logiciel COMODORE est utilisé dans le cadre de cette étude car ce dernier permet une intégration plus précise et plus représentative des données météorologiques.

Certains radionucléides présents dans le terme source atmosphérique du LEA ne sont pas disponibles dans la base de données du logiciel COMODORE. Il s'agit du ¹²⁷Xe, ¹³³Ba, ⁴⁵Ca, ¹⁰⁹Cd, ¹³⁹Ce, ⁵⁹Fe, ³²P, ³⁵S, ¹¹³Sn, ⁸⁵Sr, ²⁰⁴Tl et ⁸⁸Y. Les hypothèses utilisées pour la prise en compte de ces radionucléides dans le logiciel COMODORE sont présentées dans la note [1] et sont rappelées ci-dessous :

- le ¹²⁷Xe et le ¹⁰⁹Cd ont été ajoutés au logiciel COMODORE ;
- les autres radionucléides manquants étant tous des émetteurs bêta, leurs activités ont été ajoutées à l'activité rejetée par le ¹³⁴Cs, identifié comme le radionucléide le plus pénalisant.

En outre, certains radionucléides ne sont pas proposés par défaut par l'outil ERICA (voir § 4.1.1). Il s'agit de ¹²³³U, du ⁸⁵Kr, du ¹²⁷Xe, du ¹³³Xe, du ⁵⁵Fe, du ²²Na et du ¹⁴⁷Pm. Concernant ¹²³³U, l'outil ERICA disposant dans sa base d'autres isotopes de l'uranium, ce dernier peut être ajouté facilement puisque les paramètres radioécologiques sont identiques.

Pour les autres radionucléides manquants, en l'absence de paramètres radioécologiques disponibles à l'heure actuelle, ils ne peuvent être retenus dans le cadre de cette étude. Il convient toutefois de souligner que ces radionucléides contribuent à la dose totale chez l'homme pour moins de 1,1 % (pour l'adulte au groupe de référence le plus exposé, voir [1]).

Le terme source ainsi obtenu est présenté dans le tableau suivant.

Formulaire TRICASTIN-11-000516 v. 14.0

En application de la procédure TRICASTIN-11-000835

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 19/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Radionucléides	Rejets (Bq/an)	Radionucléides	Rejets (Bq/an)
C14	5,07.10 ⁴	Cl36	4,49.10 ¹
Co57	1,58.10 ⁶	Co60	1,60.10 ³
I125	1,11.10 ⁶	Cr51	1,52.10 ³
I131	1,13.10 ⁵	Cs134*	1,44.10 ⁴
H3	1,71.10 ⁸	Cs137	7,81.10 ³
Am241	8,43.10 ³	Eu152	2,94.10 ³
Cm244	3,19.10 ²	Mn54	5,58.10 ²
Np237	3,35.10 ²	Ni63	4,10.10 ¹
Pu238	9,89.10 ¹	Sr89	1,02.10 ²
Pu239	6,64.10 ²	Sr90	3,41.10 ³
U233	1,33	Tc99	1,00.10 ³
Ag110m	1,91.10 ³	Zn65	7,61.10 ²
Cd109	1,15.10 ⁷		

* L'activité rejetée en ¹³⁴Cs correspond à l'activité de ce radionucléide ainsi que l'activité des émetteurs bêta non disponibles dans la base de données du logiciel COMODORE, à savoir le ¹³³Ba, ⁴⁵Ca, ¹³⁹Ce, ⁵⁹Fe, ³²P, ³⁵S, ¹¹³Sn, ⁸⁵Sr, ²⁰⁴Tl et ⁸⁸Y.

Tableau 4 : Terme source atmosphérique retenu

Une analyse de sensibilité, présentée en Annexe 1, étudie la prise en compte des radionucléides non disponibles dans la base de données du logiciel COMODORE mais proposés par l'outil ERICA, à savoir le ⁴⁵Ca, le ³²P et le ³⁵S.

5.3 Durée de fonctionnement

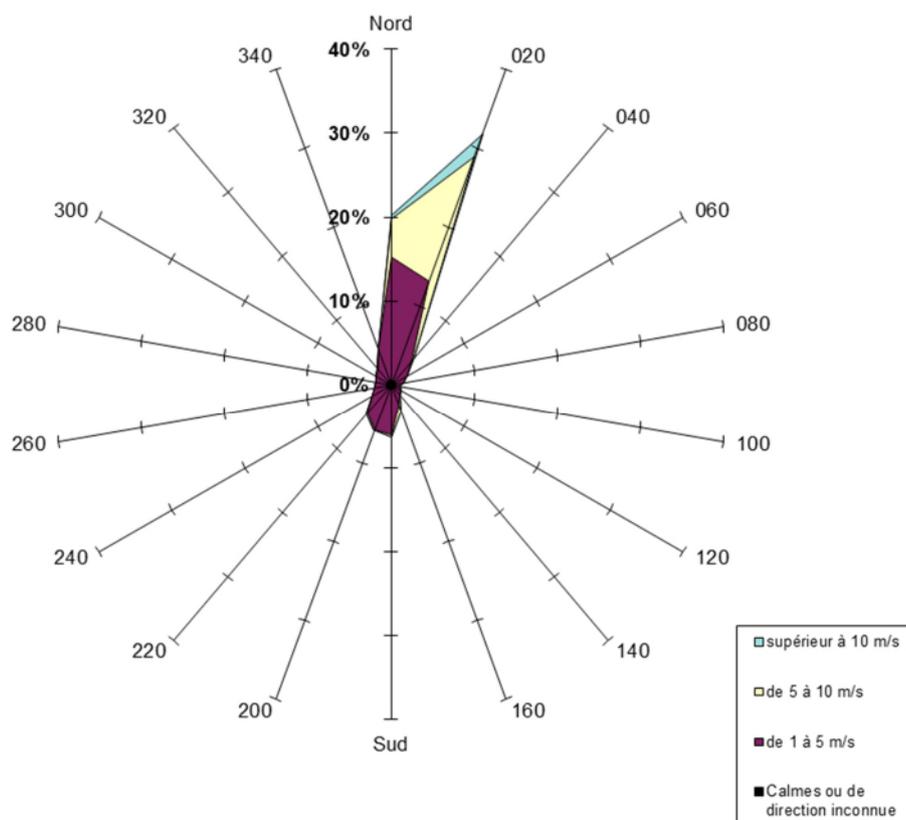
La durée d'exploitation du LEA est prise égale à 30 ans.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 20/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

5.4 Données météorologiques

Les données météorologiques retenues pour réaliser la modélisation dans l'air sont spécifiques à la zone d'étude. Elles proviennent de la station météorologique « La Piboulette » de la plateforme Orano du Tricastin. Les données moyennes sur la période 2018-2020 sont utilisées dans le cadre de cette étude.

La figure suivante présente la rose des vents construite sur la base de ces données.



**Figure 3 : Rose des vents à 10 m sur la période de 2018 à 2020
(Données de la station météorologique du Tricastin, « La Piboulette »)**

5.5 Choix des points d'étude

Les concentrations d'activité ajoutées par les rejets atmosphériques du LEA sont modélisées avec le logiciel COMODORE. Ce logiciel permet de déterminer les concentrations des composés émis dans les sols et dans l'air aux points d'exposition maximale.

Le choix des points d'étude retenus pour l'évaluation des risques est établi à partir :

- de la localisation de la cheminée ;
- de la clôture de la plateforme ;
- de la rose des vents.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 21/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

5.5.1 Point le plus exposé de l'environnement

Afin de déterminer le point de l'environnement (hors plateforme Orano du Tricastin) le plus exposé aux rejets du LEA, plusieurs points sont localisés le long de la clôture de la plateforme Orano du Tricastin parmi les points susceptibles d'être les plus exposés. Ces points sont localisés sur la figure suivante.

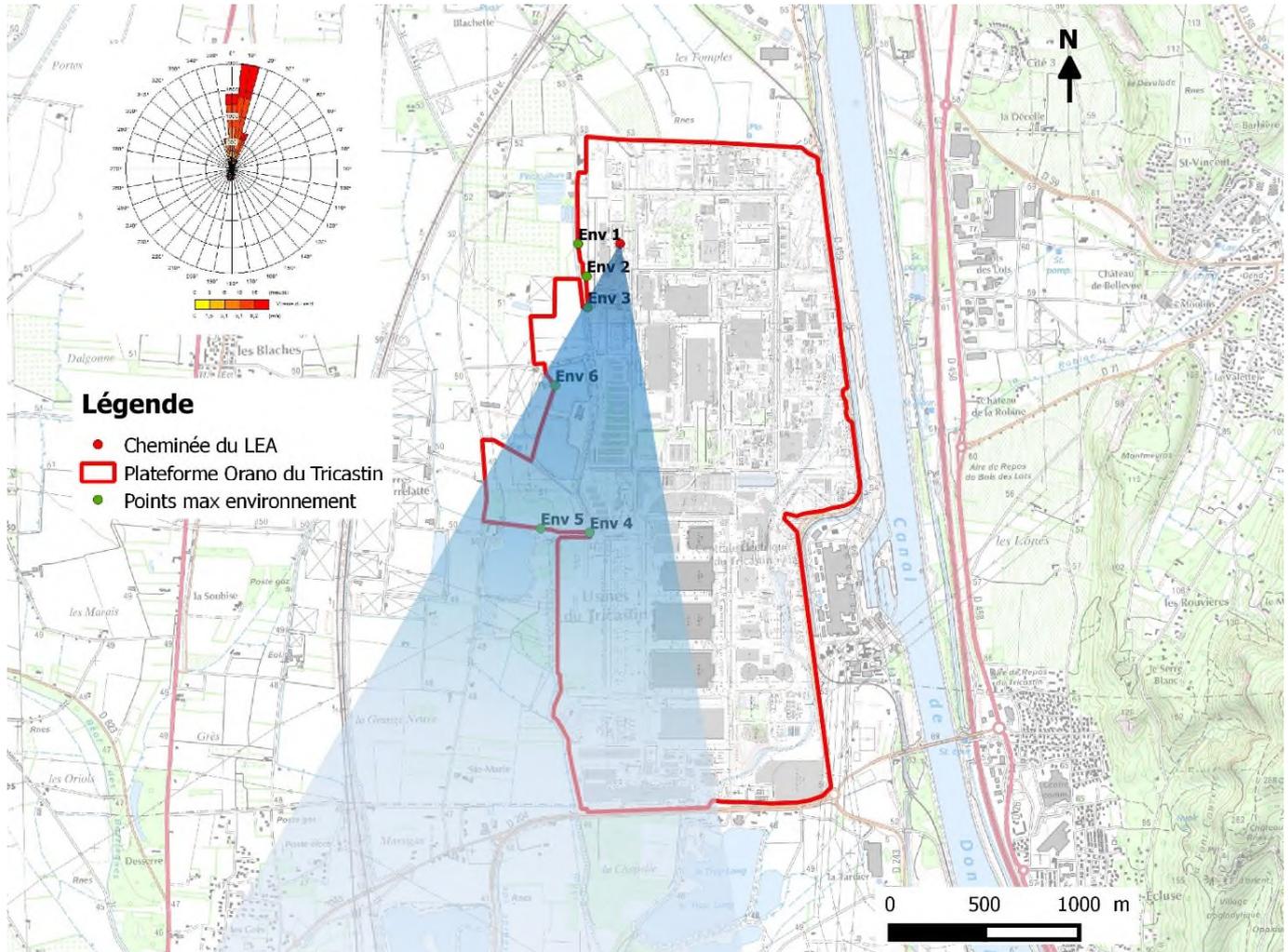


Figure 4 : Localisation des points de l'environnement les plus exposés aux rejets du LEA

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 22/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Les coordonnées des points de l'environnement susceptibles d'être les plus exposés aux rejets atmosphériques du LEA sont présentées dans le tableau suivant.

Nom	Coordonnées Lambert 93	
	X	Y
Env 1	836 641	6 362 428
Env 2	836 686	6 362 256
Env 3	836 692	6 362 090
Env 4	836 702	6 360 887
Env 5	836 443	6 360 909
Env 6	836 520	6 361 675

Tableau 5 : Coordonnées des points de l'environnement les plus exposés aux rejets du LEA

La donnée d'entrée nécessaire au module COTRAM est la position de ces points par rapport à la cheminée. La distance (en m) et l'azimut (en °) de la cheminée à chacun des points de l'environnement sont présentés dans le tableau suivant.

Nom	Distance au point de rejet (m)	Azimut (en °)
Env 1	210	271
Env 2	240	225
Env 3	370	206
Env 4	1 540	186
Env 5	1 570	195
Env 6	820	204

Tableau 6 : Distance et azimut entre la cheminée du LEA et des points de l'environnement les plus exposés

Une modélisation est réalisée à l'aide du module COTRAM au niveau de ces six points en considérant un rejet unitaire (1 Bq/s) afin de déterminer les coefficients de transfert atmosphériques ainsi que les débits de dépôts. Les caractéristiques de la dispersion associées aux différents points de l'environnement sont présentées dans le tableau suivant.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 23/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

	Env 1	Env 2	Env 3	Env 4	Env 5	Env 6
Coefficient de transfert atmosphérique pour les aérosols (s/m ³)	8.54E-06	1.51E-05	5.21E-05	6.69E-06	6.52E-06	2.17E-05
Coefficient de transfert atmosphérique pour les gaz rares, le ³ H et le ¹⁴ C (s/m ³)	8.88E-06	1.55E-05	5.31E-05	7.47E-06	7.30E-06	2.27E-05
Débit de dépôt sec (Bq.m ⁻² .s ⁻¹ /Bq.s ⁻¹ rejeté)*	4.27E-08	7.53E-08	2.61E-07	3.35E-08	3.26E-08	1.09E-07
Débit de dépôt humide (Bq.m ⁻² .s ⁻¹ / Bq.s ⁻¹)	5.54E-10	7.81E-10	2.59E-09	6.33E-10	6.18E-10	1.21E-09
Débit de dépôt total (Bq.m ⁻² .s ⁻¹ / Bq.s ⁻¹)	4.33E-08	7.60E-08	2.63E-07	3.41E-08	3.32E-08	1.10E-07

* Compte tenu des très faibles valeurs des radiations dues au tritium pas de valeur spécifique pour le tritium.

Tableau 7 : Paramètres de dispersion atmosphérique au niveau des points de l'environnement les plus exposés

Le point de l'environnement possédant les coefficients de transfert atmosphérique et débits de dépôt les plus importants est le point « Env 3 ». Ce point est retenu dans la suite de l'étude comme étant le point le plus exposé de l'environnement (hors plateforme Orano du Tricastin).

5.5.2 Zones Natura 2000 identifiées dans le périmètre de l'étude

Le réseau Natura 2000 est un réseau écologique européen cohérent de sites mis en place en application des directives « Oiseaux » (79/409 CEE du 2 avril 1979) et « Habitats faune flore » (92/43 CEE du 21 mai 1992). Il est composé de :

- Zones Spéciales de Conservation (ZSC), zones désignées en application de la directive « Habitat faune flore » et qui sont la retranscription au niveau national des zones européennes dites « Sites d'Intérêt Communautaires » (SIC) ;
- Zones de Protection Spéciales (ZPS), zones désignées en application de la directive « Oiseaux » et issues des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO).

Les cinq zones Natura 2000 identifiées dans le périmètre de l'étude de 10 km sont les suivantes :

- ZPS « Marais de l'Île Vieille et alentour », qui se superpose à la partie nord de la zone Natura 2000 « Le Rhône Aval » ;
- SIC « Le Rhône Aval », zone étendue englobant notamment la zone Natura 2000 « Marais de l'Île Vieille et alentour » ;
- SIC « Milieux Alluviaux du Rhône Aval » ;
- SIC « Basse Ardèche Urgonienne » ;
- SIC « Les Sables du Tricastin ».

Leur localisation est indiquée sur la figure suivante.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 24/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

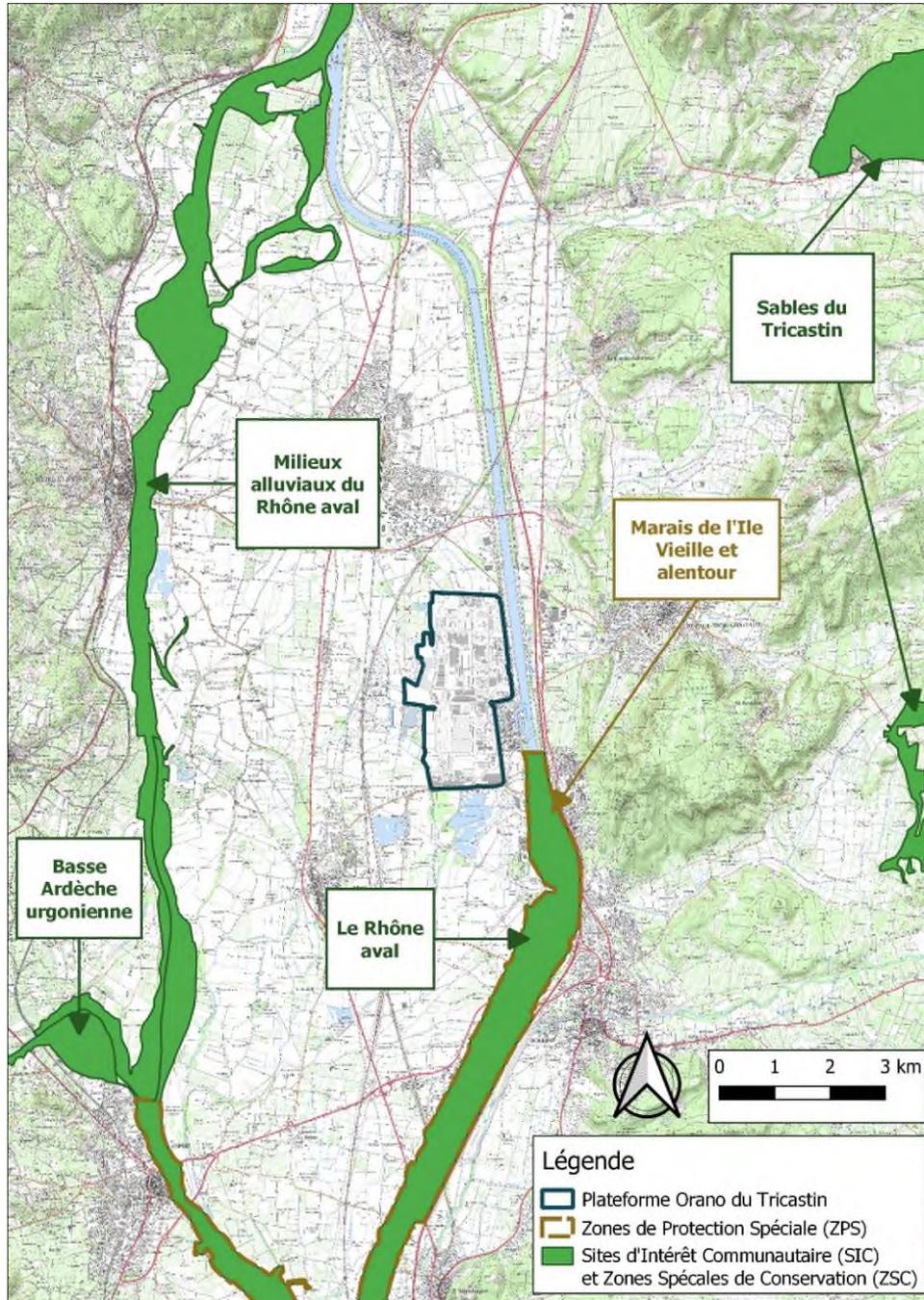


Figure 5 : Localisation des zones Natura 2000 au voisinage de la plateforme du Tricastin

Le LEA, comme le reste de la plateforme Orano du Tricastin, n'est pas localisé sur une zone naturelle protégée.

La zone Natura 2000 la plus proche à savoir ZPS « Marais de l'île vieille et alentour » / ZSC « Rhône Aval » est située à plus de 2,5 km de la cheminée du LEA, au sud-est de la plateforme.

Au vu de la distance et de la zone sous influence des rejets du LEA visible sur la Figure 4, aucun point d'étude n'est positionné dans la zone Natura 2000.

Formulaire TRICASTIN-11-000516 v. 14.0

En application de la procédure TRICASTIN-11-000835

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 25/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

5.6 Choix des données d'entrée pour le niveau 2 de l'outil ERICA

5.6.1 Organismes de référence

Une des particularités du niveau 2 de l'outil ERICA est la prise en compte des organismes de référence. En l'absence d'inventaire faunistique et floristique spécifique aux points d'étude et selon une première approche, l'ensemble des organismes listés dans le logiciel ERICA, pour le milieu terrestre est retenu.

A noter que le LEA n'étant pas à l'origine de rejets liquides, le milieu eau douce n'est pas étudié.

5.6.2 Facteur d'incertitude

Le niveau de risque calculé est le quotient de risque.

Comme mentionné précédemment, une estimation de la valeur conservative du quotient de risque au 95^{ème} percentile de la valeur calculée est également présentée en appliquant au quotient de risque attendu, un facteur d'incertitude de 3.

5.6.3 Facteur d'occupation

Dans la présente étude, les facteurs d'occupation considérés pour les écosystèmes terrestres (temps passé par chaque organisme de référence dans chacun des habitats proposés) sont présentés dans le tableau suivant.

Organismes de référence	Surface de sol	Sol	Air
Amphibien	1	0	0
Annélide	0	1	0
Arbre	1	0	0
Arbuste	1	0	0
Arthropode Détritivore	0	1	0
Mollusque - gastéropode	1	0	0
Herbe et aromate	1	0	0
Insecte volant	0,8	0	0,2
Lichen et bryophyte	1	0	0
Mammifère (grand)	1	0	0
Mammifère (petit animal fouisseur)	0,5	0,5	0
Oiseau	0,8	0	0,2
Reptile	1	0	0

Les valeurs en gras sont celles modifiées. Les autres valeurs sont celles renseignées par défaut dans l'outil.

Tableau 8 : Facteurs d'occupation des organismes terrestres

5.6.4 Paramètres radioécologiques et facteurs de pondération radiologique

Ces différents paramètres sont présentés au paragraphe 4.2.3 et 4.2.5.

Pour l'ensemble de ces paramètres, les valeurs proposées ou déterminées par défaut par l'outil ERICA sont retenues.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 26/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

6 EVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES REJETS

L'étude est démarrée au niveau 2 de l'outil ERICA. Le détail des calculs est présenté dans les paragraphes suivants.

Dans le cadre de la présente évaluation environnementale des risques liés aux rejets radiologiques, le modèle de dispersion du logiciel COMODORE est utilisé dans un premier temps afin de déterminer les concentrations d'activité dans le sol et dans l'air à partir du terme source. Dans un second temps, l'outil ERICA permet de déterminer les quotients de risque associés à ces concentrations.

6.1 Activités dans le sol et dans l'air au point le plus exposé dans l'environnement

Pour réaliser l'évaluation des rejets radiologiques atmosphériques, le logiciel ERICA nécessite les concentrations d'activité dans le sol ou dans l'air au point d'exposition maximale de l'environnement, à savoir « Env 3 » (voir § 5.5.1)

A l'aide du modèle de dispersion COMODORE, les concentrations d'activité dans les sols en Bq/kg sol sec pour les aérosols et les concentrations d'activité dans l'air en Bq/m³ pour les gaz rares, le tritium et le carbone 14 déterminées au point « Env 3 » sont introduites dans le logiciel ERICA :

- pour les aérosols, le logiciel COMODORE donne des concentrations d'activité surfacique dans les sols en Bq/m² qui sont converties en Bq/kg sol sec en considérant une masse volumique du sol sec en surface de 1 500 kg sec/m³ (3) sur une profondeur de 20 cm ;
- pour les gaz rares, le tritium et le carbone 14, le logiciel COMODORE donne des concentrations d'activité dans l'air en Bq/m³ qui sont directement introduites dans le logiciel ERICA.

Les concentrations d'activités dans le sol et dans l'air utilisées dans l'outil ERICA sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

³ EUSES (European Union System for the Evaluation of Substances) 2.1 background report.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 27/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

Radionucléides	Concentration d'activité dans le sol (Bq/kg sec)
Co-57	2.59E-03
I-125	4.04E-04
I-131	5.47E-06
Am-241	3.74E-04
Cm-244	8.72E-06
Np-237	1.08E-05
Pu-238	4.01E-06
Pu-239	3.02E-05
U-233	3.09E-08
Ag-110m	2.88E-06
Cl-36	2.77E-08
Co-60	1.82E-05
Cr-51	2.53E-07
Cs-134*	6.53E-05
Cs-137	2.58E-04
Eu-152	6.37E-05
Mn-54	5.88E-07
Ni-63	1.05E-06
Sr-89	1.74E-06
Sr-90	1.64E-06
Tc-99	1.37E-07
Zn-65	3.10E-08
Cd-109	1.02E-04

* L'activité rejetée en ¹³⁴Cs correspond à l'activité de ce radionucléide ainsi que l'activité des émetteurs bêta non proposés par le logiciel COMODORE, à savoir le ¹³³Ba, ⁴⁵Ca, ¹³⁹Ce, ⁵⁹Fe, ³²P, ³⁵S, ¹¹³Sn, ⁸⁵Sr, ²⁰⁴Tl et ⁸⁸Y.

Tableau 9 : Concentrations d'activité dans le sol au niveau du point « Env 3 »

Radionucléides	Concentration d'activité dans l'air (Bq/m ³)
H-3	2,88.10 ⁻⁴
C-14	8,54.10 ⁻⁸

Tableau 10 : Concentrations d'activité dans l'air au niveau du point « Env 3 »

6.2 Caractérisation du risque

A partir des valeurs de concentrations d'activité dans les sols et dans l'air, déterminées au niveau du point le plus exposé de l'environnement en dehors de la plateforme Orano du Tricastin, l'outil ERICA permet de calculer :

- le débit de dose total reçu par chaque organisme de référence ;
- les quotients de risque estimés ;
- une estimation de la valeur conservatrice des quotients de risque (UF=3).

Les résultats sont présentés ci-après.

Organismes de référence	Débit de dose total (μGy/h)	Quotient de risque attendu	Valeur conservatrice du quotient de risque
-------------------------	-----------------------------	----------------------------	--

Formulaire TRICASTIN-11-000516 v. 14.0

En application de la procédure TRICASTIN-11-000835

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 28/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

		(ne prenant pas en compte le facteur d'incertitude)	(prenant en compte le facteur d'incertitude)
Amphibien	2,37.10 ⁻⁶	2,37.10 ⁻⁷	7,12.10 ⁻⁷
Annélide	1,06.10 ⁻⁵	1,06.10 ⁻⁶	3,17.10 ⁻⁶
Arbre	2,30.10 ⁻⁶	2,30.10 ⁻⁷	6,90.10 ⁻⁷
Arbuste	1,23.10 ⁻⁶	1,23.10 ⁻⁷	3,69.10 ⁻⁷
Arthropode Détritivore	7,75.10 ⁻⁶	7,75.10 ⁻⁷	2,33.10 ⁻⁶
Herbe et aromate	5,44.10 ⁻⁶	5,44.10 ⁻⁷	1,63.10 ⁻⁶
Insecte volant	7,61.10 ⁻⁶	7,61.10 ⁻⁷	2,28.10 ⁻⁶
Lichen et bryophyte	1,35.10⁻⁵	1,35.10⁻⁶	4,04.10⁻⁶
Mammifère (grand)	4,96.10 ⁻⁶	4,96.10 ⁻⁷	1,49.10 ⁻⁶
Mammifère (petit animal fouisseur)	4,56.10 ⁻⁶	4,56.10 ⁻⁷	1,37.10 ⁻⁶
Mollusque - Gastéropode	3,81.10 ⁻⁶	3,81.10 ⁻⁷	1,14.10 ⁻⁶
Oiseau	1,06.10 ⁻⁶	1,06.10 ⁻⁷	3,18.10 ⁻⁷
Reptile	4,63.10 ⁻⁶	4,63.10 ⁻⁷	1,39.10 ⁻⁶

Tableau 11 : Débits de dose totaux reçus et quotients de risque, par organisme de référence, dus aux rejets du LEA au niveau du point d'exposition maximale dans l'environnement

L'ensemble des rejets atmosphériques liés au LEA est à l'origine d'un quotient de risque maximal de **1,35.10⁻⁶**, valeur obtenue pour les lichens et bryophytes. De plus, la valeur conservative du quotient de risque est de 4,04.10⁻⁶.

Les valeurs calculées sont très inférieures à la valeur de référence de 1. Le risque radiologique sur l'écosystème terrestre, attribuable aux rejets radiologiques atmosphériques du LEA, peut ainsi être considéré comme acceptable.

En outre, du fait de son éloignement (voir § 5.5.2), l'incidence des rejets du LEA sur la zone Natura 2000 la plus proche est nécessairement inférieure à celle évaluée au point le plus exposé de l'environnement puisqu'aucune zone Natura 2000 n'est située sur la plateforme Orano du Tricastin.

<i>Référence*</i> : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 29/31	<i>Installation</i> :	<i>Type de document*</i> : NT	
<i>Ancien Code</i> :		<i>Objet / Titre*</i> : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
<i>Référence RGF</i> :				

7 CONCLUSION SUR LE CALCUL D'IMPACT RADIOLOGIQUE SUR L'ENVIRONNEMENT

Au vu du bilan des émissions présenté au paragraphe 5.2 et de la nature des substances rejetées, les rejets atmosphériques du LEA sont retenus et étudiés quantitativement dans le cadre de cette étude.

Les calculs réalisés avec l'outil ERICA, selon les informations et les connaissances disponibles au moment de sa réalisation, permettent de conclure que le risque environnemental induit par les rejets radiologiques du LEA, peut être considéré comme acceptable.

En effet, les quotients de risques attendus (et les valeurs conservatives des quotients de risque), sont systématiquement très inférieurs à la valeur de référence de 1, quels que soient les organismes de référence considérés.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 30/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

8 ANNEXE 1 : ETUDE DE SENSIBILITE

Pour réaliser l'évaluation des effets des rejets radiologiques atmosphériques sur l'environnement, le logiciel ERICA nécessite les activités dans le sol ou dans l'air au point d'exposition maximale de l'environnement.

Afin de déterminer ces activités, le choix a été fait dans le cadre de cette étude, d'utiliser le modèle de dispersion proposé par le logiciel COMODORE. Ce dernier permet une intégration plus précise et plus représentative des données météorologiques.

Cependant, comme expliqué au § 5.2.2, certains radionucléides présents dans le terme source atmosphérique du LEA ne sont pas disponibles dans la base de données du logiciel COMODORE et n'ont pas pu être pris en compte en tant que tels. Il s'agit du ^{133}Ba , ^{45}Ca , ^{139}Ce , ^{59}Fe , ^{32}P , ^{35}S , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{204}Tl et ^{88}Y . Pour le calcul d'impact, les activités rejetées par ces radionucléides ont toutefois été ajoutées à l'activité rejetée par le radionucléide considéré comme le plus pénalisant, à savoir le ^{134}Cs qui présente le ratio dose / activité le plus élevé.

Parmi les radionucléides non disponibles dans la base de données COMODORE, certains sont toutefois proposés par l'outil ERICA. Il s'agit du ^{45}Ca , ^{32}P et ^{35}S . Afin d'évaluer l'impact de ces radionucléides, une étude de sensibilité est réalisée et permet de comparer les résultats obtenus pour ^{134}Cs , ^{45}Ca , ^{32}P et ^{35}S modélisés via COMODORE (en globalisant les activités correspondantes avec celle du ^{134}Cs) ou via ERICA (en considérant chaque radionucléide individuellement).

Afin de déterminer les activités dans les sols (pour ^{45}Ca , et ^{134}Cs) et dans l'air (pour ^{32}P et ^{35}S), le modèle de dispersion proposé par l'outil ERICA pour le milieu « Air » a été utilisé. Ce modèle repose sur le Safety Reports Series (SRS) n°19 de l'AIEA.

Ce modèle nécessite des données d'entrée supplémentaires, telles que :

- les activités rejetées en Bq/s ;
- la hauteur de rejet : 10 m ;
- la distance au récepteur : 370 m (entre la cheminée du LEA et le point le plus exposé de l'environnement, à savoir « Env 3 ») ;
- la vitesse moyenne de vent : 6,4 m/s qui correspond à la vitesse moyenne sur la période 2018-2020 dans l'axe cheminée du LEA - point « Env 3 » (entre 20 et 40°) ;
- la fraction du temps pendant lequel le vent souffle dans la direction considérée : 0,31 sur la période 2018-2020.

Les résultats obtenus avec l'outil de dispersion du logiciel ERICA sont présentés dans le tableau suivant. Ils sont comparés à ceux obtenus à l'aide de l'outil de dispersion du logiciel COMODORE.

Référence* : TRICASTIN-20-002590		Orano Chimie - Enrichissement		
Version 2.0	PAGE 31/31	Installation :	Type de document* : NT	
Ancien Code :		Objet / Titre* : ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIÉS À LA TOXICITÉ RADIOLOGIQUE DES REJETS DU LEA (« ÉTUDE ERICA »)		
Référence RGF :				

		Etude ERICA		Etude de sensibilité		
Hypothèses	Outil de dispersion utilisé	COMODORE		ERICA		
	Terme source (Bq/s)	Cs134*	4,58.10 ⁻⁴	Ca45	1,07.10 ⁻⁶	0,2%
				P32	1,67.10 ⁻⁶	0,4%
				S35	3,16.10 ⁻⁷	0,07%
				Cs134**	4.55.10 ⁻⁴	99%
			Total	4,58.10 ⁻⁴	100%	
Débit de dose total pour les lichens et bryophytes (µg/h)		Cs134	4,17.10 ⁻⁸	Ca45	7,08.10 ⁻¹³	0,008%
				P32	3,06.10 ⁻¹²	0,03%
				S35	1,30.10 ⁻¹⁴	0,0001%
				Cs134	8,76.10 ⁻⁹	99,96%

* L'activité rejetée en ¹³⁴Cs correspond à l'activité de ce radionucléide ainsi que l'activité des émetteurs bêta non proposés par le logiciel COMODORE, à savoir le ¹³³Ba, ⁴⁵Ca, ¹³⁹Ce, ⁵⁹Fe, ³²P, ³⁵S, ¹¹³Sn, ⁸⁵Sr, ²⁰⁴Tl et ⁸⁸Y.

** Dans le cadre de l'étude de sensibilité, l'activité rejetée en ¹³⁴Cs correspond à l'activité de ce radionucléide ainsi que l'activité des émetteurs bêta non proposés ni par le logiciel COMODORE ni par le logiciel ERICA, à savoir le ¹³³Ba, ¹³⁹Ce, ⁵⁹Fe, ¹¹³Sn, ⁸⁵Sr, ²⁰⁴Tl et ⁸⁸Y. Les radionucléides ⁴⁵Ca, ³²P et ³⁵S sont modélisés indépendamment.

Tableau 12 : Résultats de l'étude de sensibilité

Le tableau précédent montre que les hypothèses retenues dans le cadre de cette étude sont bien majorantes.

Le débit de dose total obtenu en considérant les radionucléides proposés par l'outil ERICA (⁴⁵Ca, ³²P et ³⁵S) est plus de 4 fois inférieur au débit de dose obtenu en ajoutant l'ensemble des activités des radionucléides non proposés par l'outil COMODORE à l'activité du ¹³⁴Cs.