

Janvier 2024

DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE DU CIRES



PIÈCE 5 Étude d'impact

VOLUME 8 Méthodes de réalisation de l'étude d'impact



Demande d'autorisation environnementale du Cires

Pièce 5 : Étude d'impact

Volume 8 : Méthodes de réalisation de l'étude d'impact

ACACIDOACID230044/B

Sommaire

1. Méthode générale de réalisation des études d'impact	15
1.1 Démarche itérative de l'étude d'impact	16
1.1.1 Définition de l'état initial	16
1.1.2 Hiérarchisation des enjeux	16
1.1.3 Identification et évaluation des incidences	17
1.1.4 Appréciation du niveau d'incidence	17
1.1.5 Définition des mesures selon la séquence éviter/réduire/compenser	18
1.2 Définition des aires d'étude	18
1.2.1 Typologie des aires d'étude	18
1.2.2 Description des aires d'étude associées aux facteurs de l'environnement	20
1.3 Recueil des données pour l'état initial	23
2. Climat - Méthodologie	29
2.1 État initial	30
2.1.1 Données climatologiques	30
2.1.2 Consommations	30
2.2 Incidences	30
2.2.1 Bilan carbone	30
3. Qualité de l'air - Méthodologie	33
3.1 État initial de la qualité de l'air	34
3.1.1 Périodes d'échantillonnage pour la qualité chimique de l'air	34
3.1.2 Mesures de la qualité chimique de l'air	35
3.1.3 Mesures de la qualité radiologique de l'air	37
3.1.4 Traitement des données	37
3.1.5 Mesures du rayonnement gamma ambiant	38
3.2 Incidences des émissions chimiques	38
3.2.1 Quantification des émissions chimiques	38
3.2.2 Modélisation de la dispersion	42
3.3 Incidences des radionucléides	43
3.3.1 Quantification des émissions	43
3.3.2 Incidence sur le rayonnement gamma ambiant	47
4. Sol et sous-sol - Méthodologie	51
4.1 État initial	52
4.2 Incidences	53
5. Eaux superficielles et sédiments - Méthodologie	55
5.1 État initial	56
5.1.1 L'hydrologie	56
5.1.2 La qualité des eaux superficielles et des sédiments	58
5.1.3 Usages des eaux superficielles	59
5.1.4 Risques d'inondation	59
5.2 Incidences	59
5.2.1 Données d'entrée pour l'évaluation du ruissellement	59

5.2.2	Incidences sur la qualité des eaux	59
6.	Eaux souterraines - Méthodologie	61
6.1	<i>État initial</i>	62
6.1.1	État quantitatif	62
6.1.2	État qualitatif et radiologique	63
6.1.3	Utilisation des eaux souterraines	63
6.1.4	Remontée de nappe	63
6.1.5	Interfaces eaux souterraines et eaux superficielles	63
6.2	<i>Incidences</i>	63
6.2.1	Incidences en phase d'exploitation future	63
6.2.2	Incidences en phase de post-surveillance	64
7.	Zones humides - Méthodologie	67
7.1	<i>Caractérisation des zones humides</i>	68
7.2	<i>Incidences sur les zones humides</i>	68
7.2.1	Méthode d'évaluation des fonctionnalités des zones humides	68
7.2.2	Identification des sites de compensation	69
8.	Fonctionnalités écologiques - Méthodologie	71
8.1	<i>État initial</i>	72
8.2	<i>Incidences</i>	73
9.	Écosystèmes terrestres - Méthodologie	75
9.1	<i>État initial</i>	76
9.1.1	Périodes d'inventaires	76
9.1.2	Inventaire de la flore et caractérisation des habitats	81
9.1.3	Inventaire des oiseaux	82
9.1.4	Inventaire des mammifères terrestres et semi-aquatiques	82
9.1.5	Inventaire des chauves-souris	84
9.1.6	Inventaire des amphibiens	89
9.1.7	Inventaire des reptiles	90
9.1.8	Inventaire des insectes	90
9.1.9	Définition hiérarchisée des enjeux écologiques	91
9.1.10	Radioécologie des indicateurs biologiques terrestres	95
9.2	<i>Incidences sur les écosystèmes</i>	95
9.2.1	Principes généraux et démarche ERC	95
9.2.2	Méthode d'évaluation des incidences sur les habitats et les espèces	96
9.2.3	Méthode d'évaluation du besoin compensatoire	97
10.	Écosystèmes aquatiques - Méthodologie	101
10.1	<i>État initial</i>	102
10.1.1	Qualité hydrobiologique des eaux de surface	102
10.1.2	Le suivi piscicole	103
10.1.3	Radioécologie aquatique	103
10.2	<i>Incidences</i>	104
11.	Paysages et sites - Méthodologie	105
11.1	<i>État initial</i>	106
11.2	<i>Incidences</i>	106

12. Socio économie - Méthodologie	107
12.1 <i>État initial</i>	108
12.2 <i>Incidences</i>	108
13. Émissions sonores et vibratoires - Méthodologie	111
13.1 <i>Bruit</i>	112
13.1.1 État Initial – Campagne de mesure 2020	112
13.1.2 Incidences	113
13.2 <i>Vibrations</i>	113
13.2.1 Etat initial	113
13.2.2 Incidences	113
14. Émissions lumière, odeurs- Méthodologie	115
14.1 <i>Luminosité</i>	116
14.1.1 État initial	116
14.1.2 Incidences	117
14.2 <i>Odeurs</i>	118
14.2.1 Méthode d'évaluation des effets des odeurs	118
15. Circulation routière - Méthodologie	119
15.1 <i>État initial</i>	120
15.2 <i>Incidences</i>	120
15.2.1 Incidences liées aux migrations pendulaires	120
15.2.2 Incidences actuelles liées à la réception de déchets radioactifs pour la RD 960 et les quatre grands axes structurants	120
15.2.3 Incidences futures	120
16. Natura 2000 - Méthodologie	121
16.1 <i>État initial</i>	122
16.2 <i>Incidences</i>	122
17. Santé humaine - Méthodologie	125
17.1 <i>Incidences en phase d'exploitation</i>	126
17.1.1 Méthodologie pour évaluer l'impact sanitaire des émissions chimiques	126
17.1.2 Méthodologie pour évaluer l'impact sanitaire des émissions radioactives	133
17.2 <i>Incidences en phase de post-surveillance</i>	144
17.2.1 Les scénarios considérés	144
17.2.2 Les évaluations de sûreté	145
Tables des illustrations	147
Références bibliographiques	149

Introduction

Contenu

L'étude d'impact du Cires est constituée de huit volumes pour l'étude elle-même et d'un résumé non technique (RNT)

Pièce 5	Étude d'impact
Volume 1	Introduction et contexte réglementaire
Volume 2	Description du projet
Volume 3	Solutions de substitution raisonnables examinées et principales raisons du choix effectué
Volume 4	État initial de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet
Volume 5	Analyse des incidences des installations sur l'environnement et mesures Éviter, Réduire, Compenser (ERC)
Volume 6	Évaluation des incidences Natura 2000
Volume 7	Évaluation des incidences sur la santé
Volume 8	Méthodes de réalisation

Pièce 5bis	Étude d'impact
RNT	Résumé non technique de l'étude d'impact

Le présent volume concerne le volume 8 qui décrit les méthodes mises en oeuvre pour collecter les données de l'état initial et analyser les incidences.

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

A la suite des avis du Conseil national de la protection de la nature (CNP) 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
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	Etude de dangers
EEE	Espèce exotique envahissante
ENS	Espace naturel sensible
Epïc	Etablissement public à caractère industriel et commercial
ERC	Eviter, réduire, compenser
ERI	Excès de risque individuel
ERI	Excès du risque individuel
ERU	Excès de risque unitaire
ETM	Élément métallique à l'état de trace

Acronymes

ETP	Evapotranspiration 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
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

Acronymes

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
PMPD	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 territoires
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 »

Méthode générale de réalisation des études d'impact

1.1	<i>Démarche itérative de l'étude d'impact</i>	16
1.2	<i>Définition des aires d'étude</i>	18
1.3	<i>Recueil des données pour l'état initial</i>	23



1.1 Démarche itérative de l'étude d'impact

1.1.1 Définition de l'état initial

L'analyse de l'état initial de l'environnement consiste à faire le diagnostic de l'existant et du fonctionnement du territoire d'implantation du Cires et du projet Acaci. L'état initial aborde tous les thèmes et facteurs de l'environnement, de façon à disposer des données nécessaires et suffisantes à l'évaluation des incidences du Cires dans sa configuration future.

Le caractère exhaustif de l'état initial de l'environnement n'implique pas pour autant de mener le même degré d'approfondissement pour tous les facteurs. Conformément à l'article R. 122-5 du code de l'environnement, la proportionnalité s'exprime en fonction de la « sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, ouvrages et autres interventions » et de « leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine ».

L'état initial est basé sur des connaissances bibliographiques et des investigations de terrain.

Les données de l'état initial ont été collectées principalement sur la période 2020-2021, permettant de caractériser l'environnement actuel du Cires. Ces informations sont comparées, lorsqu'elles sont disponibles, aux données issues de l'autosurveillance du Centre sur la période 2014-2021. Cette période est représentative de l'ensemble des activités et du fonctionnement du Cires et permet d'apprécier les potentielles évolutions depuis le dossier précédent. Les données de l'état initial sont également comparées à celles de l'état de référence réalisé avant l'implantation du site (2000), ainsi qu'à l'état initial complet réalisé en 2010 avant la construction du bâtiment d'entreposage puis du BRTT.

1.1.2 Hiérarchisation des enjeux

L'enjeu d'un facteur environnemental est le résultat de l'appréciation de sa valeur globale. Cette valeur est définie selon l'état du facteur. Les enjeux sont considérés d'autant plus forts que la qualité du facteur est élevée et que sa dégradation entraînerait une baisse de qualité de l'environnement.

La grille de hiérarchisation des enjeux comporte 5 niveaux. Les éléments permettant d'apprécier le niveau d'enjeu sont présentés dans le tableau 1-1.

Tableau 1-1 Éléments d'appréciation des enjeux

Niveau d'enjeu	Éléments d'appréciation
Nul à très faible	Facteur dégradé Pollution et dépassement régulier des normes de qualité ou de valeurs usuelles et de gestion Caractéristiques communes existantes sur de nombreux sites à toutes les échelles d'analyse (locale, régionale, nationale)
Faible	Dépassements ponctuels ou localisés des normes de qualité ou de valeurs de gestion Caractéristiques communes au niveau régional et national
Modéré	Respect global des normes de qualité ou de valeurs usuelles et de gestion Caractéristiques communes sur la région mais peu fréquentes au niveau national Importance du facteur pour la vie locale (activité et production significative, reconnaissance locale...)
Fort	Bonne qualité des composantes du facteur (absence de pollution ou de dégradation, présence de composantes protégées ou de zones protégées...) Caractéristiques rares au niveau régional et national Caractéristiques nécessitant une protection ou une conservation spécifique (grande sensibilité ou vulnérabilité du facteur)

Niveau d'enjeu	Éléments d'appréciation
Très fort	Caractéristiques exceptionnelles par leur qualité et leur rareté Caractéristiques irremplaçables et impossibles à recréer Degré de protection très élevé (protection nationale ou internationale)

1.1.3 Identification et évaluation des incidences

L'incidence du centre ou du projet caractérise ses effets sur les facteurs de l'environnement.

Les incidences peuvent être positives ou négatives.

Les incidences sur les facteurs de l'environnement peuvent être directes (directement liées au projet), indirectes secondaires (incidences résultant d'une incidence directe du projet), cumulatives (provenant de l'addition des incidences du projet sur un même facteur ou sur plusieurs facteurs en interaction, de l'addition des incidences des opérations constituant le projet global), à court, moyen et long terme, permanentes ou temporaires, transfrontalières.

1.1.4 Appréciation du niveau d'incidence

Les incidences sont classées selon six niveaux, une classe positive et cinq classes d'incidences négatives. La caractérisation des niveaux d'incidence sur les différents facteurs s'appuie sur les éléments d'appréciation présentés dans le tableau 1-2. Les incidences négatives sont d'autant plus fortes que la dégradation de l'environnement est importante.

Tableau 1-2 Éléments d'appréciation des niveaux d'incidence

Classe d'incidence	Éléments d'appréciation
Positive	Amélioration directe ou indirecte de l'état d'un facteur
Nulle à très faible	Absence d'effet Altération marginale d'un facteur de l'environnement
Faible	Altération légère d'un facteur de l'environnement. Effet perceptible, sur une faible zone géographique et/ou sur une durée limitée ou ponctuelle
Modérée	Modification perceptible d'un facteur de l'environnement localisée ou limitée dans le temps Perturbation ou dégradation importante de facteurs à enjeu Faible
Forte	Modification importante d'un facteur de l'environnement sur une période longue ou permanente Perturbation ou dégradation importante de facteurs à enjeu Modéré à Fort
Très forte	Modification très importante d'un facteur de l'environnement sur une période longue ou permanente Destruction d'un facteur de l'environnement présentant un enjeu Fort ou dégradation d'un facteur de l'environnement présentant un enjeu Très fort

Les incidences brutes sont évaluées avant mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction. Lorsque les incidences sont jugées notables, des mesures sont mises en œuvre afin de les réduire.

L'évaluation des incidences résiduelles, selon la grille d'évaluation ci-dessus, intervient après la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction et avant mesure de compensation.

1.1.5 Définition des mesures selon la séquence éviter/réduire/compenser

La séquence « éviter, réduire, compenser » dite séquence ERC a été introduite dans la méthodologie des études environnementales dès les années 90. Transposée progressivement dans le code de l'environnement, la séquence ERC a été intégrée à la réglementation et appliquée de façon transversale aux procédures environnementales.

Elle conduit les porteurs de projet à rechercher et mettre en œuvre des mesures visant prioritairement à éviter les atteintes (effet négatif) à l'environnement et à la santé humaine, à réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et, si nécessaire et lorsque c'est possible, à compenser les effets négatifs notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits.

Les mesures d'évitement visent à supprimer des effets négatifs sur l'environnement ou la santé humaine. Elles correspondent soit à un choix d'aménagement ou d'implantation qui permet d'éviter la survenue de l'impact grâce à la préservation de zones à enjeux, soit à des modifications dans les choix technologiques ou les temporalités de réalisation permettant de supprimer totalement des impacts.

Les mesures de réduction sont définies dès lors que des impacts ne peuvent être évités totalement lors de la conception du projet. Elles visent à réduire les effets négatifs permanents ou temporaires du projet sur l'environnement et la santé humaine, pendant sa construction ou son fonctionnement. Elles peuvent agir en diminuant soit la durée de cet impact, soit son intensité, soit la combinaison de plusieurs de ces éléments.

Les mesures de compensation ont pour objet d'apporter une contrepartie, en fonction des objectifs réglementaires édictés pour chacun des facteurs, aux incidences résiduelles négatives notables du projet qui n'ont pu être ni évitées, ni suffisamment réduites. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement et, si possible d'améliorer, la qualité environnementale des milieux.

En complément, des mesures d'accompagnement, ne s'inscrivant pas dans un cadre réglementaire ou législatif obligatoire, peuvent être définies afin d'améliorer l'efficacité ou de donner des garanties supplémentaires de succès environnemental aux mesures compensatoires (ou mesures d'évitement et de réduction). Les mesures d'accompagnement ne peuvent venir en substitution d'aucune des autres mesures, mais uniquement venir en plus.

1.2 Définition des aires d'étude

1.2.1 Typologie des aires d'étude

Les aires d'étude correspondent aux zones de collecte d'informations permettant d'appréhender les incidences notables du centre ou du projet concerné.

Trois aires d'étude sont définies :

- **Aire d'étude immédiate** : zone d'étude permettant d'appréhender les incidences potentielles notables d'emprise et de perturbations majeures liées aux travaux et activités. Les incidences étudiées sur cette aire sont essentiellement des incidences directes.
- **Aire d'étude rapprochée** : zone d'étude permettant d'appréhender les incidences potentielles notables plus spécifiques à certains facteurs. Cette aire est représentative du territoire d'implantation.
- **Aire d'étude éloignée** : zone d'étude permettant d'appréhender toutes les incidences potentielles notables, dont celles spécifiques à certains facteurs qui nécessitent d'être étudiées sur une large échelle.

L'aire d'étude éloignée contient les aires d'étude rapprochée et immédiate.

En complément de ces trois aires d'études, l'évaluation des incidences Natura 2000 présentée dans le volume 6 de l'étude d'impact, est réalisée en considérant un périmètre plus étendu qui va jusqu'à 20 km autour des emprises du Cires dans sa configuration future. Dans ce périmètre spécifique sont identifiés les sites Natura 2000 susceptibles d'avoir un lien fonctionnel avec le site et dont les objectifs de conservation pourraient être affectés par le Cires. Ce périmètre étendu est justifié par la présence d'espèces à grand déplacement comme certains oiseaux ou chiroptères.

1.2.2 Description des aires d'étude associées aux facteurs de l'environnement

Le tableau suivant présente la justification de l'aire d'étude retenue pour l'étude de chaque facteur de l'environnement.

Tableau 1-3 Justification des aires d'études retenues pour chaque facteur de l'environnement étudié

Facteur de l'environnement	Besoin d'acquisition de données à l'état initial	Aire d'étude	Justification de l'adaptation de l'aire d'étude à l'analyse des incidences
Climat	Connaissance du climat.	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet de définir le climat local. Une mise en perspective avec le climat régional et national et leur évolution est réalisée.
Qualité de l'air	Connaissance de la qualité de l'air locale et des influences du milieu physique sur la dispersion des polluants atmosphériques (chimiques et radiologiques).	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet d'acquérir une connaissance détaillée des milieux susceptibles d'être impactés par les effets des activités (envol de poussières, diffusion et dispersion des polluants atmosphériques, paysage) et pouvant influencer les effets des activités (topographie). Aucun prélèvement ou aucune mesure réalisés à l'extérieur de l'emprise du Cires n'a mis en évidence un impact sur l'environnement.
Paysage	Description des co-visibilités depuis l'extérieur et l'intérieur des emprises.	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Toutefois, afin d'englober les habitations les plus proches (La Chaise, Morvilliers, Soullaines), un rayon de 5 km autour du CIREs est retenu.
Topographie	Connaissance de la topographie à l'échelle locale afin de décrire les éléments qui peuvent influencer les autres facteurs du milieu physique (paysage, climat, qualité de l'air, etc.)	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Ce rayon englobe la prise en compte des incidences potentielles liées à la route d'accès depuis la D960 (la note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impacts des infrastructures routière (1) mentionne une distance d'étude de 300 mètres de part et d'autre de la route en scénario majorant).
Sol, sous-sol : Géologie, nature et qualité des sols	Connaissance de la géologie, de l'occupation des sols, de la qualité des sols et la pédologie au droit des emprises.	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet d'acquérir une connaissance précise du milieu qui pourra être modifié par le projet. C'est une échelle adaptée pour l'analyse des incidences (modification de l'occupation des sols ; pollution des sols).
Eaux superficielles	Connaissance des systèmes hydrauliques et hydrogéologiques en interrelation à proximité immédiate des emprises.	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire couvre une grande partie du bassin versant des Noues d'Amance, sur lequel est implanté le Cires, en amont de la confluence avec la Laine pour les eaux superficielles. Elle permet de présenter les écoulements superficiels et de comprendre les interrelations avec les
Eaux souterraines			

Facteur de l'environnement	Besoin d'acquisition de données à l'état initial	Aire d'étude	Justification de l'adaptation de l'aire d'étude à l'analyse des incidences
			nappes d'eau souterraine présentes au droit du Cires (Barrémien) et à proximité (Aptien). Elle inclut par ailleurs les points de surveillance périodiques : rejets, cours d'eau du bassin versant, piézomètres.
Faune/flore/habitats (dont les zones humides) terrestres	Connaissance de la richesse écologique au niveau des emprises du Cires et à proximité	Emprise future du Cires et de la route d'accès, augmentées d'une zone de 300 mètres de part et d'autre.	Cette aire est adaptée pour l'analyse des incidences des activités du Cires sur la faune, la flore et les habitats locaux (emprise, bruit, rejets, éclairage, etc.).
Faune/ Flore aquatique	Connaissance de la richesse écologique du milieu aquatique sous influence et hors influence des activités du Cires	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet de prendre en considération la zone sous influence hydraulique, physique, chimique et radiologique, ainsi qu'une partie sans influence afin d'identifier la richesse biologique et de mesurer les incidences positives ou négatives éventuelles du centre.
Continuités écologiques	Connaissance des continuités écologiques locales au sein desquelles se situe le Cires	Zone de 10 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet d'insérer les emprises du Cires dans le maillage des fonctionnalités et continuités écologiques locales. A cette échelle, elle prend en considération et va au-delà de la zone d'influence physique (bruit, vibration et éclairage notamment) des activités réalisées sur les emprises (Cires et sa route d'accès) et de leurs rejets aqueux sur les réservoirs de biodiversité et sur les corridors écologiques des trames bleues et vertes.
Zonages environnementaux (dont Natura 2000)	Connaissance des enjeux écologiques du territoire potentiellement sous influence directe ou indirecte.	Zone de 10 km autour des emprises futures du Cires. Zone spécifique Natura 2000 de 20 km autour des emprises futures du Cires.	Cette aire permet de présenter les enjeux écologiques du territoire sur lesquels les activités du Cires peuvent avoir une incidence, notamment pour des espèces ayant une grande capacité de déplacement.
Socio-économie : Population, démographie Activités économiques, filières déchets	Connaissance de l'état initial social et économique sous l'influence de l'Andra (emploi direct et indirect, taxes et impôts)	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet de présenter les communes les plus proches sous influence socio-économique du Cires. Une mise en perspective aux échelles inter-communales ou départementales est également réalisée.

Facteur de l'environnement	Besoin d'acquisition de données à l'état initial	Aire d'étude	Justification de l'adaptation de l'aire d'étude à l'analyse des incidences
Urbanisme	Connaissances des contraintes locales d'urbanisme définie par les plans locaux (PLUI) et plus large (SCoT)	Emprise future du Cires et de la route d'accès, augmentées d'une zone de 300 mètres de part et d'autre.	Cette aire permet d'identifier les contraintes liées à l'urbanisme sur les emprises directes et à proximité immédiate.
Patrimoine historique et culturel	Connaissance des enjeux associés aux patrimoine historique et culturel	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet d'étudier le patrimoine présent autour du Cires et de juger des incidences potentielles des activités Cires sur ce patrimoine.
Tourisme et activités de loisir	Connaissance des activités touristiques et de loisir présente à proximité du Cires	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire permet de cibler et de décrire l'orientation touristique et les activités de loisirs dans la zone d'implantation du Cires.
Cadre de vie (bruit, vibration, pollution lumineuse)	Connaissance de l'état du cadre de vie et de la santé des riverains du Cires pouvant être affectée par les activités du Cires	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	L'aire retenue prend en compte les populations présentes au plus près des installations, susceptibles de percevoir d'éventuelles influences.
Transports, réseaux et infrastructures	Connaissance des réseaux de transports et d'énergie présent sur le territoire utilisables et utilisés par les activités du Cires	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Cette aire englobe l'ensemble du réseau d'accès au Cires, notamment le réseau routier départemental avec la D960 (le Cires n'est pas relié au réseau ferroviaire). Il s'agit du réseau de communication utilisé pour les livraisons de colis de déchets et les déplacements pendulaires. Celle aire permet également de localiser et décrire le réseau de canalisations de transport d'énergie et les infrastructures présents localement.
Risques technologiques	Connaissance des activités à risque, et de leurs conséquences potentielles, pouvant avoir une influence sur le Cires	Zone de 5 km autour des emprises futures du Cires	Pour les risques technologiques, l'aire retenue est suffisamment large pour apprécier les effets potentiels de la présence d'autres installations sur le Cires et vice-versa.

1.3 Recueil des données pour l'état initial

Pour la rédaction de l'état initial de l'environnement, de nombreuses sources ont été consultées (services de l'État, sites Internet spécialisés, études techniques...). Les principales sources utilisées sont synthétisées par thématique dans le tableau 1-4. Par souci de simplification, elles ne sont pas reprises par la suite dans les différents chapitres concernés.

Tableau 1-4 Liste des principales sources consultées

Thème	Sous-thème	Sources
Air	Climatologie	Météo France pour les stations de Saint-Dizier, Troyes et Soulaines-Dhuys (CSA) Données acquises par l'Andra sur la station météo de Soulaines-Dhuys (CSA). Synthèses et analyses statistiques fournies par Météo France.
	GES	Atmo grand est pour les émissions de GES https://observatoire.atmo-grandest.eu/tableau-de-bord-des-territoires/
Socio- économie	Population	Contexte démographique – Taux de natalité (1968-2019) Contexte démographique – Population (1982 à 2019) Contexte démographique – Densités, pyramides des âges, répartition des logements (2019) Activités économiques – Emploi, CSP, secteurs d'activité, services (2019) Activités économiques - Activités touristiques, associatives, culturelles et de loisir (2021) Données de l'INSEE (https://www.insee.fr/) Consultation janvier 2023
	Urbanisation	Contexte démographique – urbanisation (2022) GEOPORTAIL (IGN) (https://www.geoportail.gouv.fr/)

Thème	Sous-thème	Sources
	Équipements et Infrastructures	Équipements et Infrastructures (2022) GEOPORTAIL (IGN) (https://www.geoportail.gouv.fr/) Réseau électrique (2017) https://www.rte-france.com/carte-reseau-transport-electricite Réseau ferré (2020) https://www.sncf-reseau.com/fr/carte/carte-reseau-ferre-national Réseau gaz https://www.grtgaz.com/ Eau potable et assainissement https://www.services.eaufrance.fr/
	Culture, loisirs	https://fedepêche10.fr/ https://www.stationverte.com/
Agriculture		Site de l'AGRESTE http://agreste.agriculture.gouv.fr/ Chambre d'agriculture de la Région Grand Est (données 2019) https://grandest.chambre-agriculture.fr/
Sylviculture		Site de l'AGRESTE http://agreste.agriculture.gouv.fr/ Activités sylvicoles Site de l'IGN (données 2017) Site de l'ONF (données 2022)
Tourisme		https://www.aube.fr/202-tourisme-les-incontournables.htm https://www.tourisme-hautemarne.com Consultation 2022
Patrimoine		Base de données du patrimoine architectural (Mérimée) : https://www.pop.culture.gouv.fr/search/list?base=%5B%22Patrimoine%20architectural%20%28M%C3%A9rim%C3%A9e%29%22%5D
Urbanisme		PLUi de la communauté de communes Vendeuvre/Soulaines : https://www.ccvendeuvresoulaines.fr/developpement/economie-locale/amenagement-de-l-espace/313-plui

Thème	Sous-thème	Sources
Aménagement du territoire		<p>Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR 2022-2026)</p> <p>Plan national de prévention des déchets (PNPD 2014-2020)</p> <p>Plan national de prévention des déchets (à venir 2021-2027)</p> <p>Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands (SDAGE 2022-2027)</p> <p>Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires Grand Est (SRADDET 2020)</p> <p>Plan de gestion des risques d'inondation du district hydrographique Seine-Normandie (PGRI 2022-2027)</p> <p>Schéma de Cohérence Territoriale des territoires de l'Aube (SCoT 2020)</p>
Risques	Risques majeurs	<p>Dossier départemental des risques majeurs de l'Aube (2018 et MAJ 2020) :</p> <p>https://www.aube.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Securite-protection-de-la-population/Securite-civile/Risques/L-etat-des-risques/L-etat-des-risques-dans-l-Aube</p>
	Installations classées	<p>Consultation de la base des installations classées soumises à autorisation ou à enregistrement (en fonctionnement ou en cessation d'activité) – novembre 2022</p> <p>www.georisques.gouv.fr/risques/installations</p>
	Inondation	<p>Mesures locales de la station météorologique du CSA, pour les données de précipitations</p> <p>BRGM à l'échelle nationale (2), des observations piézométriques locales et des études internes de l'Andra pour la remontée de nappe</p> <p>Plans de prévention des risques (PPRI)</p> <p>Observatoire National des Risques Naturels – Géorisques, https://www.georisques.gouv.fr/</p> <p>Arrêtés de catastrophes naturelles</p> <p>DREAL Grand Est pour les communes de la région concernées par le risque de rupture de barrage</p>

Thème	Sous-thème	Sources
Milieu naturel	Zonages environnementaux	Consultation du site de l'inventaire national du patrimoine naturel (INPN) http://inpn.mnhn.fr Cartes interactives DREAL Grand-est https://carto2.geo-id.e.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=03ba65a0-71f4-4e17-996c-faa723abe733#
	Inventaires habitats, faune, flore, zones humides	Consultation de la base de données « Faune-Champagne-Ardenne » https://www.faune-champagne-ardenne.org/ Inventaires de terrain réalisés par Ecosphère et le CPIE Sud Champagne, sur un cycle biologique complet, sur la période 2021-2022
Sols et sous-sol	Pédologie	Geoportail – 2022 https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-des-sols
	Géologie	Etudes universitaires sur le bassin de Paris BRGM, SIGES Seine-Normandie
	Sismologie	Zonage sismique (l'article D. 563-8-1 du code de l'environnement) Sismicité instrumentale (2020) https://www.franceseisme.fr/sismicite.html
Eaux	Hydrologie	HydroPortail (http://www.hydro.eaufrance.fr/) Réseau SANDRE (https://www.sandre.eaufrance.fr/) IGN
	Usages	Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau (BNPE) https://bnpe.eaufrance.fr/ Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (P.D.P.G.)
	Eaux souterraines	Etudes Andra (notamment surveillance du CSA et du Cires...) Banque du sous-sol (BSS) du BRGM http://infoterre.brgm.fr/

Thème	Sous-thème	Sources
Déchets	Filières d'élimination des déchets	SRADDET – Région Grand Est (version 2019) https://www.grandest.fr/politiques-publiques/sraddet/ Syndicat mixte d'élimination des déchets ménagers du territoire d'Orient SIEDMTO (CC Vendœuvre – Soulaines) (2022) https://www.siedmto.fr/
Paysages	Paysages	Atlas des paysages de l'Aube et de la Haute Marne (3)
	Sites inscrits et classés	Cartographies interactives de la DREAL Grand-est (https://carto2.geo-ide.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=03ba65a0-71f4-4e17-996c-faa723abe733#)

Climat - Méthodologie

2.1 *État initial*

30

2.2 *Incidences*

30



2.1 État initial

2.1.1 Données climatologiques

Les données climatologiques ont été recueillies principalement à la station météorologique de Soulaines-Dhuys, implantée sur le centre de stockage de l'Aube (CSA) et située environ 3 km au nord du Cires, qui fournit des données locales depuis 1992. C'est la station météorologique la plus proche du Cires.

Afin d'appréhender le contexte et les variabilités régionales, ces données sont analysées au regard des informations collectées sur deux autres stations météo : à l'ouest du centre, par la station de Troyes-Barbère, et au nord-est par celle de Saint-Dizier (les données sont disponibles depuis les années 1950 selon les paramètres).

Les conditions météorologiques sont comparées entre les stations sur leur période commune de coexistence, à savoir depuis la mise en service de la station de Soulaines-Dhuys (CSA) en 1992 jusqu'en 2020. Pour les phénomènes extrêmes, l'intégralité de l'historique des stations est également regardée. Pour les analyses particulières, la fréquence et la période utilisées sont définies spécifiquement en fonction du besoin, et selon les données disponibles.

Les données proviennent, sauf indication contraire, des synthèses établies par Météo France sur les périodes indiquées.

Tableau 2-1 Coordonnées géographiques des stations météorologiques de Troyes-Barbère, Soulaines-Dhuys et Saint Dizier (Source : Météo-France)

Localisation	Indicatif	Altitude	Latitude	Longitude
Troyes - Barbère Saint Sulpice	10030001	112 m	48°19'28"N	4°01'11"E
CSA - Soulaines-Dhuys	10372001	138 m	48°23'57"N	4°40'16"E
Saint-Dizier	52448001	139 m	48°37'52"N	4°54'13"E

Les informations collectées concernent :

- les températures ;
- les précipitations ;
- l'humidité de l'air ;
- l'insolation ;
- la vitesse et la direction des vents ;
- l'évapotranspiration.

2.1.2 Consommations

Les consommations d'électricité et de fioul sont issues des relevés de consommation et facturations du Cires.

2.2 Incidences

2.2.1 Bilan carbone

Cette méthode permet d'évaluer, en ordre de grandeur, l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre (GES) résultant des processus physiques nécessaires à l'existence d'une activité ou d'une organisation humaine, où que ces processus aient lieu.

Les GES comptabilisés sont ceux faisant l'objet d'accords internationaux, à savoir :

- le gaz carbonique (CO_2) ;
- le méthane (CH_4) ;
- l'oxyde nitreux ou protoxyde d'azote (N_2O) ;
- les hydrofluorocarbures (CnHmFp) ;
- les perfluorocarbures (CnF_{2n+2}) ;
- l'hexafluorure de soufre (SF_6) ;
- certains gaz non compris dans le protocole de Kyoto, tels certains CFC et gaz frigorigènes dépendant d'autres protocoles.

La méthode du Bilan Carbone® est un outil de hiérarchisation des sources d'émission de GES et d'évaluation de la dépendance d'une entité aux énergies fossiles (85 % des émissions mondiales de GES sont dues à l'utilisation d'énergies fossiles). L'application de cette méthode permet donc de réaliser un diagnostic des émissions de GES, d'identifier les postes les plus émetteurs de GES et de mener des actions en vue de les réduire. Les différentes activités à l'origine d'émissions de GES sont regroupées en différents postes d'agrégation :

- énergie interne : usages directs de l'énergie (combustibles, achat de vapeur et d'électricité) ;
- procédés internes : fuites et émanations (CO_2 et autres gaz à effet de serre) ;
- énergies et procédés sous-traitants : pour les entités sous-traitant à d'autres entités une partie de leur production ou de leur prestation de service vendu aux clients ;
- fret : amont, aval et interne aux activités de l'entreprise ;
- déplacements de personnes : déplacements professionnels, déplacements domicile-travail et déplacements des clients et des visiteurs ;
- matériaux et services entrants : prise en compte des matériaux incorporés, transformés ou jetés nécessaires à l'activité ainsi que les prestations tertiaires achetées ;
- emballage : fabrication et fin de vie des matériaux servant d'emballage aux produits vendus ;
- déchets directs : fin de vie des déchets directs de l'activité et émanation des eaux usées ;
- immobilisations : prise en compte, sur le même principe des immobilisations comptables, des émissions de GES liées à la construction des infrastructures (bâtiments, routes, parking...) et à l'achat de machines et outils (parc informatique, voiture, fournitures de bureau, consommables...) ;
- utilisation des produits ou service vendus par l'entité ;
- fin de vie des produits et service vendus par l'entité.

Dans la plupart des cas, il n'est pas possible de mesurer directement les émissions de gaz à effet de serre liées à une activité. C'est pourquoi il faut les estimer. L'élément de comparaison entre les différents gaz à effet de serre est le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) de gaz à 100 ans pour 1 kg en ce qui concerne le CO_2 . Le pouvoir de réchauffement global d'un gaz se définit comme le forçage radiatif (c'est à dire la puissance radiative que le gaz à effet de serre renvoie vers le sol), cumulé sur une durée de 100 ans.

Les résultats issus du BILAN CARBONE® peuvent être exprimés à la fois en équivalent carbone (équiv. C) mais aussi en équivalent gaz carbonique (CO_2e). Les chiffres qui permettent de convertir les données classiquement disponibles, comme le nombre de kWh ou de kilomètres parcourus, en émission de gaz à effet de serre sont appelés les **facteurs d'émission**. Ces facteurs d'émission sont basés sur des moyennes nationales, des études scientifiques ou des BILAN CARBONE® diffusés.

L'outil utilisé pour la présente étude est le BILAN CARBONE® 8.7.1 diffusé par l'Association Bilan Carbone (ABC). Dans cette dernière version, les données sont fournies en équivalent CO_2 . Tous les résultats sont accompagnés d'une présentation des incertitudes, résultant à la fois des données collectées mais aussi des facteurs d'émission.

2.2.1.1 Bilan carbone de l'exploitation du Cires

Le bilan carbone annuel du Cires a été réalisé en considérant les activités représentatives du centre. Les données prises en compte sont celles de :

- 2020 : pour les données relatives aux travaux (creusement d'alvéole et mise en place de couverture provisoire) ;
- 2021 : pour les données d'exploitation (réception des colis, stockage en alvéoles, traitement, entreposage)

En 2021, le tonnage de déchets TFA livrés a été de 15 300 tonnes (soit environ 20 000 m³).

2.2.1.2 Bilan carbone du projet Acaci

Le projet d'augmentation de capacité de stockage des déchets TFA autorisée du Cires (projet Acaci) va induire des travaux et aménagements spécifiques qui sont pris en compte pour l'élaboration de son bilan carbone. En revanche, il n'inclut pas les activités de creusement, de fermeture des alvéoles et d'exploitation courante qui sont déjà prises en compte dans le bilan carbone annuel du Cires.

Le bilan carbone du projet Acaci retient les activités suivantes :

- La préparation de la zone de dépôt des terres hors emprise du Cires actuel ;
- Le déplacement des stocks de terres ;
- L'aménagement de la plateforme de la tranche 3 ;
- La pose de la couverture définitive sur la tranche 3.

Le bilan permet de quantifier les émissions de GES issues de l'utilisation de combustible par les engins de chantier, de l'utilisation et du transport de matériaux (béton, métaux, liant hydraulique ...), et du personnel présent sur le site.

2.2.1.3 Bilan carbone annuel avec le projet Acaci

Le projet Acaci va induire une phase de travaux préparatoires, puis il permettra de prolonger l'exploitation du Cires d'environ 15 années supplémentaires.

Pour la phase d'exploitation future, une estimation du bilan carbone annuel est réalisée en prenant en compte le bilan annuel de l'exploitation actuelle sur 20 ans, ainsi que le bilan des émissions associées aux travaux non pris en compte par l'exploitation courante (travaux spécifiques Acaci et ceux liés à la mise en place de la couverture définitive de la tranche 2 non pris en compte par ailleurs).

Pour l'évaluation du bilan carbone annuel du Cires, l'année 2021 a été retenue comme représentative de l'exploitation courante. Néanmoins, compte tenu du faible volume livré cette année, un correctif a été apporté en considérant le flux moyen livré de colis sur la période 2005-2021 qui est de 24 300 m³. De ce fait, la part des émissions associées à la livraison des déchets TFA et aux matériaux nécessaires pour leur stockage est majorée de 21,5% dans le bilan 2021.

Qualité de l'air - Méthodologie

<i>3.1 État initial de la qualité de l'air</i>	<i>34</i>
<i>3.2 Incidences des émissions chimiques</i>	<i>38</i>
<i>3.3 Incidences des radionucléides</i>	<i>43</i>



3.1 État initial de la qualité de l'air

3.1.1 Périodes d'échantillonnage pour la qualité chimique de l'air

Pour pouvoir calculer des moyennes annuelles, la stratégie d'échantillonnage doit répondre à certains objectifs de qualité définis dans la **directive 2008/50/CE** : à savoir une période minimale de mesures sur 14 % de l'année, ou huit semaines, réparties sur toute l'année pour être représentatives des diverses conditions de climat.

Pour répondre à ces critères, quatre campagnes de mesures ont été programmées au cours de l'année 2021, d'une durée de deux semaines au minimum. Celle-ci est étendue à un mois pour les mesures de dépôts atmosphériques.

La première campagne a débuté le 20 janvier 2021 et la dernière période des mesures s'est achevée le 06 octobre 2021.

Les quatre périodes globales de réalisation des campagnes sont regroupées dans le tableau 3-1, tous types de mesures confondus.

Tableau 3-1 Périodes globales des quatre campagnes de mesures réalisées dans et autour du CIREs en 2021.

N° Campagne	C1	C2	C3	C4
Période effectuée	20/01/21 au 17/02/21	17/03/21 au 14/04/21	16/06/21 au 30/06/21 et 17/08/21 au 31/08/21*	08/09/21 au 06/10/21

* Suite à de nombreuses micro-coupures s'étant produites au cours de la 3ème campagne (initialement du 16 au 30 juin) et ayant affecté le fonctionnement de plusieurs appareils, la campagne a été réitérée pour les prélèvements actifs BTEX-COVt, les mesures en HAP et métaux lourds (du 17 au 31 août).

Chaque campagne de mesure a en général été réalisée en simultané sur l'ensemble des sites instrumentés sur une durée de deux semaines minimum, hormis les poussières dans les retombées atmosphériques, pour lesquelles les mesures ont duré un mois à chaque campagne. Pour le site n°1 équipé du moyen mobile, les mesures de la troisième période ont pu débuter dès le 9 juin.

Tableau 3-2 Détail des périodes de mesures réalisées au CIREs en 2021 en fonction des types de mesures.

Campagnes, méthodes et composés	Moyens mobiles (polluants classiques)	Tubes passifs (BTEX, COVt)	Tubes passifs (Acétonitrile)	Prélèvements actifs (BTEX, COVt)
C1	Site 1 : 20/01/21-03/02/21 Site 7 : 20/01/21-03/02/21	17/03/21-31/03/21**	20/01/21-03/02/21	03/02/21-17/02/21***
C2	Site 1 : 17/03/21-31/03/21 Site 7 : 17/03/21-31/03/21	31/03/21-14/04/21	17/03/21-31/03/21	17/03/21-31/03/21
C3	Site 1 : 09/06/21-23/06/21 Site 7 : 16/06/21-30/06/21	16/06/21-30/06/21	16/06/21-30/06/21	17/08/21-31/08/21*

Campagnes, méthodes et composés	Moyens mobiles (polluants classiques)	Tubes passifs (BTEx, COVt)	Tubes passifs (Acétonitrile)	Prélèvements actifs (BTEx, COVt)
C4	Site 1 : 08/09/21-22/09/21 Site 7 : 08/09/21-22/09/21	08/09/21-22/09/21	08/09/21-22/09/21	08/09/21-22/09/21
Total des campagnes	Site 1 : 56 jours (15%) Site 7 : 56 jours (15%)	56 jours (15%)	56 jours (15%)	56 jours (15%)

* C3 refaite suite à des micro-coupures produites du 16 au 30 juin initialement et ayant affecté le fonctionnement des appareils

** C1 réalisé du 20/01/21-03/02/21 mais reconduit suite à un problème rencontré par le laboratoire Tera (perte échantillons suite à une panne machine)

*** mesures refaites car problème technique rencontré avec les tubes actifs (préleveur HS)

Tableau 3-3 Détail des périodes de mesures réalisées au CIREs en 2021 en fonction des types de mesures (suite).

Campagnes, méthodes et composés	Prélèvements actifs par jauge (dépôts)	Prélèvements actifs par plaquettes (dépôts)	Préleveur actif (HAP)	Préleveur actif (éléments traces métalliques)
C1	20/01/21-17/02/21	20/01/21-17/02/21	20/01/21-03/02/21	20/01/21-03/02/21
C2	17/03/21-14/04/21	17/03/21-14/04/21	17/03/21-31/03/21	17/03/21-31/03/21
C3	16/06/21-15/07/21	16/06/21-15/07/21	16/06/21-30/06/21 + 17/08/21-31/08/21*	16/06/21-30/06/21 + 17/08/21-31/08/21*
C4	08/09/21-06/10/21	08/09/21-06/10/21	08/09/21-22/09/21	08/09/21-22/09/21
Total des campagnes	112 jours (31%)	112 jours (31%)	56 jours (15%)	56 jours (15%)

* C3 refaite suite à des microcoupures produites en juin et ayant affecté le fonctionnement de plusieurs appareils

3.1.2 Mesures de la qualité chimique de l'air

Du fait de la nature des déchets présents sur le Cires et des activités de traitement réalisées, la qualité chimique de l'air ambiant du site ne fait pas l'objet d'une autosurveillance ; toutefois, un nouvel état initial de la qualité chimique de l'air ambiant a été réalisé en 2021.

Les méthodes de mesures et de prélèvements sont décrites dans le tableau 3-4 et le tableau 3-5.

Tableau 3-4 Méthodes de mesure de la qualité de l'air ambiant sur le Cires en 2021 (méthodes automatiques)

Paramètre	Méthode utilisée	Type de mesure	Norme
NO ₂ , NO _x	Automatique	Analyseur dans moyen mobile	NF X 43-018 – NF EN 14211 : Chimiluminescence
SO ₂	Automatique	Analyseur dans moyen mobile	NF X 43-019 – NF EN 14212 : Fluorescence UV
PM ₁₀ – PM _{2,5}	Automatique	Analyseur dans moyen mobile	Méthode de mesure équivalente à la méthode de référence NF EN 12341
O ₃	Automatique	Analyseur dans moyen mobile	NF X 43-024 – NF EN 14625 : Absorption UV
CO	Automatique	Analyseur dans moyen mobile	NF X 43-044 – NF EN 14626 : Absorption infra-rouge associé à la corrélation par filtre gazeux

Tableau 3-5 Méthodes de mesure de la qualité de l'air ambiant sur le Cires en 2021 (autres méthodes)

Paramètre	Type de prélèvement	Pas de temps de prélèvement
Éléments traces métalliques (Pb, As, Cd, Ni)	Préleveur Partisol	1 prélèvement par semaine (sur 1 filtre)
HAP : B(a)P	Préleveur Leckel	1 prélèvement par jour sur 24h (sur 1 filtre) Analyse cumulée-
COV totaux (C6-C12)	Tubes passifs	15 jours
	Tubes actifs	7 jours
BTEX (dont benzène)	Tubes passifs	15 jours
	Tubes actifs	7 jours
Acétonitrile	Tubes passifs	15 jours
Dépôts atmosphériques (poussières sédimentables solubles, insolubles et cendres)	Prélèvements par jauge	30 jours
Dépôts atmosphériques (empoussièrément)	Prélèvements par plaquette	30 jours

3.1.3 Mesures de la qualité radiologique de l'air

Conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'exploitation du Cires, une autosurveillance de la qualité radiologique de l'air ambiant du site est réalisée. Du fait de la nature des paramètres surveillés et de la fréquence des analyses pratiquées, ces données de l'autosurveillance sont exploitées pour constituer l'état initial de la qualité radiologique de l'air ambiant du Centre en 2021. Une analyse détaillée de l'ensemble des mesures obtenues de 2014 (date de la dernière étude d'impact) à 2021 est fournie dans ce dossier. Une comparaison de ces résultats avec les données de l'état de référence de 2000 et l'état initial de 2010 permet de mettre en évidence d'éventuelles évolutions de l'environnement dans le temps depuis la mise en service du Cires.

Par ailleurs, dans le cadre de sa mission de surveillance, l'IRSN effectue des mesures régulières des niveaux de radioactivité dans l'environnement via des prélèvements et mesures en laboratoire. Cette action est une des composantes de la surveillance radiologique du territoire. Elle est exercée par l'IRSN au plan national. Pour assurer cette mission, l'IRSN dispose notamment d'un réseau de stations de collecte d'aérosols regroupées au sein de l'Observatoire Permanent de la Radioactivité de l'Atmosphère (OPERA) d'une très grande sensibilité (permet la détection de traces). Dans l'aire d'étude, les résultats de la station de surveillance de l'IRSN présente sur le CSA sont également utilisés, la station étant située à seulement 3 km du Cires et représentative de la qualité radiologique locale de l'air.

Les méthodologies appliquées à l'autosurveillance du Cires sont détaillées dans le Tableau 3-6.

Tableau 3-6 Méthodologies mises en œuvre dans le cadre de l'autosurveillance de la qualité radiologique de l'air du Cires en fonction des radionucléides.

Paramètre	Techniques	Norme d'analyse
H3	Scintillation liquide	NF ISO 13168
C14		NF EN ISO 13162
I125	Spectrométrie gamma	NF M 60 759
I129		
I131		
Alpha global	Compteur proportionnel à gaz	NF ISO 10704
Bêta global		

3.1.4 Traitement des données

L'ensemble des données de la surveillance sur plusieurs années sont compilées à des fins de lisibilité en présentant uniquement les valeurs minimales, maximales et moyennes.

L'ensemble des données est pris en compte, que les valeurs soient significatives (c'est à dire supérieures au seuil de détection) ou non :

- valeur est inférieure au seuil de décision ou limite de quantification, elle est ainsi incluse dans le calcul de la moyenne en considérant le seuil de détection comme la valeur à prendre en compte ;
- lorsque les valeurs utilisées pour le calcul des moyennes sont inférieures au seuil de détection, la moyenne est affichée avec le signe < devant la valeur moyenne (exemple : « <0,23 ») ;
- la proportion à leur significatives est indiquée dans les tableaux de compilation de données, afin de rendre compte du pourcentage de valeurs mesurées au-dessus du seuil de détection sur la période considérée.

Les plages de données utilisées sont précisées au chapitre En complément de la surveillance sur le Cires, les données de 2020 issues de la station de surveillance OPERA de l'IRSN (Observatoire Permanent de la Radioactivité de l'Atmosphère), située. Les plages de données utilisées sont précisées au chapitre 1.1 du présent volume.

3.1.5 Mesures du rayonnement gamma ambiant

Pour assurer la surveillance du rayonnement gamma ambiant, le Cires dispose de 13 dosimètres Radio Photo Luminescents (RPL) disposés en clôture, à proximité des bâtiments industriels et des alvéoles. Ce dispositif est complété par un dosimètre de référence situé au Bois de la Chaise, à plusieurs centaines de mètres du Cires.

3.2 Incidences des émissions chimiques

3.2.1 Quantification des émissions chimiques

3.2.1.1 Poussières et gaz d'échappement

Pour l'évaluation des émissions de poussières et les gaz d'échappement, plusieurs scénarios comprenant des travaux d'ampleur ont été comparés afin de déterminer le plus pénalisant qui sera retenu pour les évaluations futures :

- un scénario considérant la création de la zone de dépôt de terres et le déplacement des stocks depuis la tranche 3 ;
- un scénario prenant en compte les terrassements nécessaires pour la création de la plateforme de la tranche 3 ;
- un scénario de mise en place de la couverture définitive sur la tranche 3, en considérant qu'elle sera posée à la fin de la période d'exploitation, en une seule fois.

Tableau 3-7 Comparaison des trois grandes phases de travaux

	Création zone de dépôt des terres et déplacement des stocks	Terrassements pour création plateforme T3	Couverture définitive T3 (en 1 seule fois)
Volumes à déplacer	230 000 m ³	172 000 m ³	351 000 m ³
Durée	163 j (environ 7,5 mois)	190 j (environ 9 mois)	433 j (environ 20 mois)
Nombre d'engins de chantier (en pic)	16 engins max (estimation projet)	20 engins max (dossier 2014)	23 engins max (estimation projet)
Nombre d'engins selon le découpage par ateliers	8 engins max pour les ateliers	12 engins max (Rex T2)	8 engins max pour les ateliers

Le scénario le plus pénalisant retenu pour le calcul des émissions futures est la réalisation de la couverture définitive de la tranche 3. En effet, c'est celui qui conduit au déplacement des volumes de terres les plus importants (351 000 m³), à la plus longue durée de travaux (environ 20 mois) et au plus grand nombre d'engins de chantier en période de pic d'activité.

Les sources d'émissions principales retenues sont :

- les émissions des engins de chantier (poussières et gaz d'échappement) ;
- les émissions de poussières liées au soulèvement de poussières par la circulation des engins de chantier sur des surfaces non goudronnées ;
- les émissions de poussières liées aux chargement/déchargement de matériaux ;

- les envolées des particules liées à l'abrasion du vent sur les surfaces mises à nu en phase chantier.

Les émissions liées au trafic routier de poids lourds et VL à destination du Cires ne sont pas retenues pour l'évaluation. En effet, celles-ci sont négligeables par rapport aux émissions associées aux travaux, compte tenu du faible nombre de trajets concernés et de la durée très limitée de résidence sur l'aire d'étude retenue.

Évaluation des émissions de gaz d'échappement des engins de chantier

Les émissions à l'échappement des engins de chantier sont basées sur les normes d'émissions les plus strictes en vigueur pour les engins mis sur le marché après 2019 ou 2020 (stage V).

Plage de puissance (kW)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	Équipements concernés
$37 \leq P \leq 56$	5,00	$(HC + NOx) \leq 4,70$		0,015	Mini-Pelle
$56 \leq P \leq 130$	5,00	0,19	0,40	0,015	Pelle 20T
$130 \leq P \leq 560$	3,50	0,19	0,40	0,015	Pelle 30 T ; Bull, compacteur, malaxeur, épandeur, tombereaux

Les émissions pour les polluants CO, NOx, particules et hydrocarbures, sont exprimées en g/kWh. Les émissions sont calculées en multipliant le facteur d'émission de la norme par la puissance du véhicule et son temps de fonctionnement.

Les engins sont considérés en fonctionnement 8 h/jour et 245 jours par an.

Sans spéciation sur les particules (absence de distinction de taille), les particules émises sont considérées de façon majorante à la fois comme des PM10 et des PM2,5. Les émissions d'hydrocarbures imbrûlés sont quant à elles assimilées de manière pénalisante à des COV.

À noter que les émissions de dioxyde de soufre ne sont pas évaluées *via* cette méthode, ce paramètre n'ayant pas de valeur limite d'émission fixée pour les véhicules. Ces émissions sont maîtrisées par la teneur en soufre réglementée des carburants.

Émissions de poussières soulevées par la circulation des engins

Les émissions de poussières prises en compte sont celles liées à la circulation des camion (tombereaux) sur les pistes non revêtues, entre les zones de dépôt des terres et la zone de couverture. Elles dépendent de la distance parcourue et du poids des véhicules.

Les émissions liées au soulèvement des particules par les engins sont calculées sur la base de la méthodologie AP-42 de l'US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) à la section 13.2.2 - *Unpaved road*, mise à jour en novembre 2006.

La formule suivante est utilisée pour calculer le facteur d'émission :

$$FE = l \times k \times \left(\frac{s}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{3}\right)^b$$

Avec :

- FE = facteur d'émission en g/(veh.km) (véhicules.kilomètres) ;
- l = 281,9 (facteur de conversion métrique des lb/(veh.miles) en g/(veh.km)) ;
- s = pourcentage de limon (%) ;
- W = poids moyen des véhicules (t) ;
- k , a et b , constantes fixées selon le tableau suivant :

Constantes	PM2.5	PM10	PM30
k	0.15	1.5	4.9
a	0.9	0.9	0.7
b	0.45	0.45	0.45

Pour intégrer l'effet de la pluie sur la dispersion, les émissions sont ajustées par la formule suivante :

$$FE_{ext} = FE \times \frac{365 - P}{365}$$

- FE_{ext} = facteur d'émissions intégrant la pluviométrie g/(veh.km) ;
- FE = facteur d'émissions sans pluviométrie g/(veh.km) ;
- P = nombre de jours de pluie/an (>0,254 mm).

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

Pour des tombereaux A30, poids moyen en charge de 50 tonnes et une distance totale parcourue de 8 424 km/an.

Émissions de poussières liées aux mouvements de matériaux

Les terrassements et les opérations de chargement/déchargement de matériaux par les engins de chantier vont entraîner des émissions de particules. Les émissions sont calculées selon la méthodologie AP42 de l'US EPA, cinquième édition, à la section 11.9 « *Western Surface Coal Mining* ».

Ces équations d'émissions assimilent les matériaux à du charbon.

Tableau 3-8 Évaluation des émissions de poussières pour les opérations de terrassement et chargement/déchargement des matériaux (AP42 de l'US EPA)

Opération	Émissions de PM10	Émissions de PM2.5
Chargement/déchargement de matériaux (kg/tonne)	$0,75 \times \frac{0,0596}{M^{0,9}}$	$0,019 \times \frac{0,580}{M^{1,2}}$
Terrassement (kg/heure)	$0,75 \times \frac{8,44 \times s^{1,5}}{M^{1,4}}$	$0,022 \times \frac{35,6 \times s^{1,2}}{M^{1,3}}$

Avec :

- s = pourcentage de limon des matériaux (%) ;
- M = pourcentage d'humidité des matériaux (%).

Les émissions de poussières (PM10 et PM2,5) dépendant du tonnage déplacé (380 000 t) et du nombre d'heures d'activité (1 960 heures/an).

Émissions de poussières liées à l'abrasion des surfaces

Les émissions liées à l'abrasion du vent sont calculées selon la méthodologie AP-42 de l'US EPA, cinquième édition, à la section 13.2.5 « *Industrial wind erosion* ».

Les envolées de particules sont calculées selon la formule du potentiel d'érosion ci-dessous et en fonction de la force du vent pour une chronique météorologique de 5 ans, puis ramenées sur une année.

$$P = 58 (u^* - u_t^*)^2 + 25 (u^* - u_t^*)$$

$$P=0 \text{ pour } u^* \leq u_t^*$$

Avec :

- u^* = vitesse de friction (m/s) ;
- u_t^* = vitesse limite de friction (m/s), vitesse minimale pour que les particules puissent s'envoler. Pour l'étude, la surface du chantier a été assimilée à une surface de couverture dans le cas des mines (« overburden » surface sédimentaire au-dessus des roches). Une vitesse limite de friction de 1,02 m/s est ainsi prise en compte dans les calculs.

Les envolées globales de particules en g/m^2 constituent la somme des envolées P en fonction de la fréquence de terrassement, soit :

$$Emission\ globale = k \times \sum_{i=1}^N P_i$$

Émission globale sur l'ensemble de la chronique météorologique, avec :

- k = coefficient en fonction de la taille des particules ($k_{PM30} = 1$; $k_{PM15} = 0,6$; $k_{PM10} = 0,5$, $k_{PM2.5} = 0,075$) ;
- N = nombre de perturbations par an. Une perturbation est une action qui conduit à exposer au vent une surface de matériaux frais (pour une surface terrassée quotidiennement : $N = 365$; et pour une surface terrassée tous les 6 mois, $N = 2$). Il est en effet considéré que chaque surface de « matériaux frais » a un potentiel d'érosion en g/m^2 indépendant du temps, ce potentiel correspond à la quantité maximum de poussières pouvant être remis en suspension.

Les données horaires de vent max à 10 m ont été utilisées comme pas de temps de calcul de l'émission globale, au lieu d'une vitesse maximale de vent quotidienne. Cette approche est majorante car considère ainsi une mise en place horaire de nouveaux matériaux sur les surfaces.

La vitesse de friction est calculée selon la formule suivante pour chaque période entre deux perturbations de la surface :

$$u(z) = \frac{u^*}{0,4} \ln \frac{z}{z_0}$$

$z > z_0$

Avec :

- $u(z)$ = vitesse de vent mesurée à une hauteur z (m/s) ;
- z = hauteur à laquelle est mesurée la vitesse soit 10 m ;
- u^* = vitesse de friction (m/s) ;
- z_0 = rugosité du sol (en m) ;
- 0,4 = constante de Karman (sans dimension).

Pour une rugosité du sol de 0,5 cm, l'équation se simplifie :

$$u^* = 0,053 u_{10}^+$$

Avec :

- u^* = vitesse de friction (m/s) ;
- u_{+10} = vitesse maximale à 10 m pour chaque période entre deux perturbations de la surface.

Réduction des émissions de poussières

L'efficacité de l'arrosage est documentée dans la méthodologie AP-42 de l'US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) à la section 13.2.2 - *Unpaved roads*, mise à jour en novembre 2006. L'efficacité de la réduction des émissions poussières est ainsi fonction du taux d'aspersion (L/m^2) et de la fréquence d'application. En considérant un taux d'aspersion d'a minima 1 L/m^2 (taux préconisé pour

l'arrosage de pistes non revêtues avec adjuvant) et une fréquence minimale d'application de 15 jours, un abattement de 80 % des émissions théoriques de poussières peut être retenu pour les émissions liées à la circulation des engins et à la mise en place des matériaux.

Le facteur d'abattement de 80 % s'applique aux émissions de poussières liées à la circulation des engins et aux mouvements des matériaux. En revanche, ce facteur de réduction ne s'applique pas à l'abrasion des surfaces par le vent, les stocks n'étant pas arrosés en dehors de la mise en place et mise en forme des matériaux.

3.2.1.2 Autres substances chimiques

Les substances chimiques à traiter au BRTT sont des solvants et des liquides scintillants, respectivement à hauteur de 200 colis et 570 colis par an, en moyenne. En prenant en compte un pic de traitement correspondant à l'équivalent de 400 colis de solvants et de 1140 colis de liquides scintillants à traiter en une année, la masse de déchets liquides correspondante est respectivement de 11 120 kg, et de 9 690 kg. Sur la base du retour d'expérience issu du fonctionnement de l'installation SOCATRI, en termes de fraction de carbone 14 rejetée lors du traitement de liquides aqueux et des liquides solvants, et par analogie de comportement entre le carbone radioactif et le carbone stable, un taux de 8% est appliqué aux quantités de liquides à traiter pour évaluer les rejets de substances chimiques par voie atmosphérique. Ceci conduit à un terme source pour l'ensemble des colis présents de 1 665 kg/an, arrondi à 2 000 kg/an.

Concernant le taux de 8 % (REX de Socatri) appliqué pour le dégazage des composés volatils, la pertinence de cette hypothèse a pu être confirmée sur le Cires par la mesure des flux de C14 rejetés en cheminée du BRTT en regard des activités traitées dans les locaux R14 et R15 du BRTT.

3.2.2 Modélisation de la dispersion

Le cas de calcul à modéliser prend en compte les émissions surfaciques de poussières et de gaz d'échappement associés au déplacement des terres entre la zone de dépôt des altérites et de la terre végétale sur le terrain boisé, la zone de dépôt de l'argile sur le Cires et la tranche 3, pour la mise en place de la couverture définitive sur les alvéoles de la tranche 3.

Les rejets de poussières et gaz d'échappement issus du chantier de mise en place de la couverture sont considérés comme émis par l'ensemble de la surface du chantier : couverture de la tranche 3, zone de dépôt des terres et zone de dépôt de l'argile, soit une surface totale de 21,4 ha.

Les émissions sont réparties de manière uniforme, en fonction des surfaces respectives des zones de chantier.

En complément, sont également prises en compte les émissions de substances chimiques liées à l'activité de tri/traitement et aux rejets canalisés du BRTT.

Tableau 3-9 *Caractéristiques des modélisations utilisées pour l'étude de l'incidence chimique sur la qualité de l'air*

Modélisation des émissions de poussières et de gaz d'échappement	
Modèle numérique utilisé	Aria Impact 1.8
Chronique météo	2016-2020
Surface du chantier	214 000 m ² (65 000 m ² pour T3 + 95 000 m ² pour la zone de dépôt des terres + 54 000 m ² pour la zone de dépôt des argiles)
Durée totale du chantier	20 mois

Modélisation des émissions de poussières et de gaz d'échappement	
Quantification des émissions annuelles	CO = 33 756 kg/an COV = 2 048 kg/an NOx = 4 279 kg/an PM10 = 11 092 kg/an PM2,5 = 1 101 kg/an
Rejets diffus surfaciques	Surface totale du chantier (214 000 m²)

Modélisation des émissions chimiques du BRTT	
Modèle numérique utilisé	Aria Impact 1.8
Chronique météo	2016-2020
Rejets canalisés	Cheminée du BRTT – ATFA 3

3.3 Incidences des radionucléides

3.3.1 Quantification des émissions

3.3.1.1 Termes sources

Rejets canalisés

Les autorisations de rejets ont été sollicitées sur le cumul des deux cheminées de par la synergie des deux bâtiments de traitement (BT) et de regroupement-tri-traitement (BRTT).

Les autorisations de rejets issues de l'arrêté préfectoral en vigueur [1] sont rappelées ci-après :

Tableau 3-10 Autorisation annuelle de rejets canalisés en radionucléide autorisé par l'Arrêté préfectoral du Cires.

Rejets canalisés BT + BRTT	Radionucléide	Autorisation annuelle (Bq/an)
	Alpha global	4.10 ⁴
	Beta global	4.10 ⁵
	H3	40.10 ⁹
	C14	15.10 ⁹
	Iodes	4.10 ⁶

Pour la réalisation des calculs d'impact relatifs aux cinq catégories « Radionucléide » présentées dans le tableau 3-10, il a été considéré, par simplification, que ces activités sont émises par un seul point de rejet, la cheminée du bâtiment de traitement (BT).

Les émetteurs α sont assimilés au plutonium 239, et les émetteurs β au strontium 90 : en effet, pour ne pas sous évaluer l'impact radiologique des rejets en émetteurs α et β , la totalité de l'activité correspondante a été attribuée à ces deux radionucléides de l'inventaire des déchets qui apparaissent comme les plus pénalisants du point de vue de l'impact sur l'homme, même s'ils sont présents en faible quantité dans les déchets traités ou s'ils sont particulièrement bien piégés dans les filtres à très haute efficacité (THE).

Le C14 est associé à la forme CO₂ (coefficient de dose inhalation et ingestion CO₂>CO) et le tritium à la forme HTO (coefficient de dose inhalation et ingestion HTO>HT).

Les iodes sont associés à l'isotope I129 (sous forme gazeuse).

Par ailleurs, pour le BRTT, un terme source en radon a été évalué vis-à-vis du projet de procédé de traitement des têtes de paratonnerres et de sources au Ra226. Ce procédé n'est pour l'heure pas mis en fonctionnement.

Le terme source est pour autant évalué avec les hypothèses suivantes :

- présence permanente dans le procédé de traitement de 4 boîtes sources de 1L contenant des billes/pastilles Ra226, issues du démontage des têtes de paratonnerres ;
- 60 billes par boîte source ; 3 billes par paratonnerre ; activité moyenne d'un paratonnerre au Ra226 : 48,1 MBq,

Soit l'équivalent de 80 têtes de paratonnerres présentes en permanence dans le procédé, ce qui représente une activité de 3,84 GBq, arrondie à 4 GBq.

Pour un taux de dégazage des paratonnerres pris en compte à 0,5 % (taux de dégazage prenant en compte la sortie de la tête de son emballage primaire), et avec une constante radioactive du radon de $2,11 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$, **le terme source des rejets en radon pour le secteur tri/ traitement du BRTT est de 1,3 GBq/an.**

Ces opérations seront raccordées à la ventilation nucléaire ; les activités radon sont donc considérées émises par un seul point de rejet, **la cheminée du BRTT.**

Rejets diffus des bâtiments industriels

Pour les rejets diffus des bâtiments industriels, a été considéré un point d'émission au niveau du bâtiment d'entreposage (BE), dans la mesure où il s'agit du point de rejet potentiel le plus pénalisant (distance à la clôture du centre la plus faible).

- H3/C14 :
 - ✓ l'inventaire radiologique considéré en H3 et en C14 présent dans les différents bâtiments correspond aux capacités autorisées soit respectivement 2 000 GBq et 26 000 GBq en H3 et C14 ;
 - ✓ les taux de dégazage retenus sont : 10^{-2} pour le tritium et 10^{-5} pour le C14.
 - ✓ l'activité totale susceptible d'être relâchée, sous forme diffuse depuis les bâtiments du centre est donc de **$2 \cdot 10^{10} \text{ Bq/an de tritium et } 2,6 \cdot 10^8 \text{ Bq/an de C14.}$**

- Radon

Les émissions diffuses de radon ont essentiellement pour origine les déchets contaminés au Ra226, entreposés dans le BE. Les autres sources d'émission diffuses radon dans les autres bâtiments sont marginales.

Le BE est supposé en mode ventilé :

- ✓ 50 h/an avec une concentration en sortie de dispositifs d'extraction de $1\,000 \text{ Bq/m}^3$ en radon ;
- ✓ 400 h/an avec une concentration en sortie de dispositifs d'extraction de 200 Bq/m^3 .

Le débit d'extraction d'air est de $20\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ par dispositif et donc de $60\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ à l'échelle du bâtiment comportant 3 tourelles d'extraction.

Les rejets en radon 222 en mode ventilé sont donc de $7,8 \cdot 10^9$ Bq/an en considérant que les rejets sont continus sur l'année.

Tableau 3-11 Activité radon dégazée en mode ventilé (BE)

Concentration Radon (Bq/m3)	Durée (h/an)	Débit d'extraction (m3/h)	Activité en Radon dégazée à l'extérieur (Bq/an)
1 000	50	60000	3,00E+09
200	400		4,80E+09
		TOTAL	7,80E+09

Sur la base de l'inventaire prévisionnel en radium 226 du bâtiment d'entreposage, des taux de dégazage des colis et d'un taux de diffusion de 20 % au travers du bâtiment, **les relâchements diffus en radon 222 en mode non-ventilé sont de $8,59 \cdot 10^{10}$ Bq/an.**

Tableau 3-12 Activité radon dégazée en mode non-ventilé (BE)

Section du bâtiment d'entreposage	Inventaire en radium 226 (Bq)	Taux de dégazage des déchets	Constante radioactive (s ⁻¹)	Activité en Radon dégazée (Bq/s)	Taux de diffusion au travers du bâtiment	Activité en Radon dégazée à l'extérieur (Bq/s)	Activité en Radon dégazée à l'extérieur (Bq/an)
E01	1,58E+12	0,04%	2,11E-06	1,33E+03	20%	2,67E+02	8,41E+09
E01-5*	1,82E+11	1%		3,84E+03		7,68E+02	2,42E+10
E02	2,00E+11	1%		4,22E+03		8,44E+02	2,66E+10
E03	2,00E+11	1%		4,22E+03		8,44E+02	2,66E+10
			TOTAL	1,36E+04		2,72E+03	8,59E+10

Soit un total pour les 2 modes de ventilation de $9,36 \cdot 10^{10}$ Bq/an.

Rejets diffus des alvéoles

Le terme source des relâchements diffus a été évalué en considérant 2 alvéoles en cours de remplissage : 1 alvéole double standard et l'alvéole 50 dédiée aux colis de dimensions hors normes. Il a été considéré un point d'émission au barycentre des alvéoles et au niveau du sol.

Les activités stockées sur le site sont issues de l'inventaire arrêté au 31 décembre 2019. À cette date, 17 alvéoles doubles étaient fermées, l'alvéole 18 en fin d'exploitation (début de couverture provisoire en février 2020) et l'alvéole 19 en début d'exploitation. On peut considérer que 18 alvéoles étaient remplies à cette date et que 16 alvéoles doubles restent à exploiter (7 en tranche 2 + 9 en tranche 3) soit 16 alvéoles au total (hors alvéole 50 dédiée au stockage des déchets hors normes). L'activité d'un radionucléide par alvéole est déduite du ratio entre la différence entre l'activité maximale prévue sur le site et l'activité actuellement stockée dans les alvéoles standard, et du nombre d'alvéoles restantes à exploiter.

Ce calcul est majorant en regard de la réalité des déchets stockés car à fin 2019, les activités déjà stockées représentent moins de 15 % des inventaires de référence en tritium, carbone 14, iode 129 et radium 226 pour un volume de déchets stockés de 396 354 m³.

Tableau 3-13 Données d'entrées considérées pour les rejets diffus en tritium, carbone 14, iode 129 et radon.

Radionucléide	Données d'entrée
Tritium	<ul style="list-style-type: none"> Sur la base d'une activité issue de l'inventaire prévisionnel (inventaire de référence) de $8,50.10^{12}$ Bq et d'une activité stockée de $8,08.10^{11}$ Bq, l'activité moyenne par alvéole est de $4,81.10^{11}$ Bq ; le taux de dégazage de $3,6.10^3$/an appliqué aux alvéoles correspond au taux de dégazage réellement mesuré sur certains colis ; L'activité en tritium issue du relâchement diffus considéré est donc de $3,46.10^9$ Bq/an pour 2 alvéoles en exploitation.
Carbone14	<ul style="list-style-type: none"> L'activité totale issue de l'inventaire prévisionnel (inventaire de référence) est de $1,08.10^{12}$ Bq, l'activité stockée de $9,60.10^{10}$ Bq, soit une activité moyenne par alvéole de $6,15.10^{10}$ Bq ; Le taux de dégazage de 10^{-5}/an appliqué aux alvéoles est estimé à partir de mesures réalisées sur un site orphelin en cours d'assainissement et contenant des déchets contaminés en carbone 14 ; L'activité en carbone 14 issu du relâchement diffus considéré est donc de $1,23.10^6$ Bq/an pour 2 alvéoles en exploitation
Iode 129	<ul style="list-style-type: none"> L'activité totale de l'inventaire prévisionnel (inventaire de référence) est de $3,0.10^{10}$ Bq, l'activité stockée de $8,79.10^8$ Bq soit une activité moyenne par alvéole de $1,82.10^9$ Bq ; Le taux de dégazage de $1,41.10^{-6}$/an appliqué aux alvéoles correspond aux taux de dégazage réellement mesurés sur les colis AREVA. L'activité en iode 129 issu du relâchement diffus considéré est donc de $5,13.10^3$ Bq/an pour 2 alvéoles en exploitation.
Radon	<ul style="list-style-type: none"> Seule la dernière couche de déchets de l'alvéole en cours d'exploitation est susceptible de dégazer, soit 5 000 m³ de déchets sur 30 000 m³ de déchets contenus dans une alvéole ce qui revient à considérer que seul un sixième de l'inventaire en radium de l'alvéole génère du radon qui diffuse ; L'activité en radium de l'inventaire prévisionnel (inventaire de référence) est de $3,53.10^{11}$ Bq, l'activité stockée de $5,19.10^{10}$ Bq soit une activité moyenne par alvéole de $1,88.10^{10}$ Bq ; Le taux de dégazage de 10^{-2} appliqué aux alvéoles en une année correspond au taux de dégazage réellement mesuré sur des colis de déchets radifères ; La constante radioactive du radon 222 prise en compte est de $2,11.10^{-6}$ s⁻¹ ; L'activité en radon 222 issu du relâchement diffus considéré dans les alvéoles est donc de 271 Bq/s par alvéole soit $4,17.10^9$ Bq/an pour 2 alvéoles en exploitation

Compte tenu des incertitudes associées à la détermination de l'inventaire de référence, une analyse de sensibilité est réalisée en considérant des activités dans les alvéoles 10 fois supérieures à celles présentées dans le tableau ci-dessus.

Points de calcul

La sélection des groupes de référence a été réalisée sur la base de la rose des vents du site (1992-2018) qui présente deux directions de vents privilégiées :

- vents de direction sud/sud-ouest – nord-nord-est (160°- 260°) : avec une fréquence de 30 % de vents. Ils représentent les vents dominants sur le site. Le centre de stockage de l'Aube (CSA) dédié au stockage de déchets radioactifs de faible et moyenne activité, situé à 2 km, constitue alors la zone « habitée » la plus proche du Cires ;
- vents de direction nord/nord-est – sud/sud-ouest (240°-360°) : ils sont caractérisés par une fréquence de l'ordre de 7,5 %. Les habitations les plus proches sont celles du village de La Chaise, situé respectivement à 650 m des premières alvéoles et 900 m du bâtiment de traitement.

3.3.1.2 Modélisation de la dispersion

La dispersion atmosphérique est réalisée à l'aide du code CERES développé par le CEA, qui permet de calculer l'activité volumique de l'air et les dépôts au sol au niveau des points cibles, pour tous les radionucléides considérés (cf. section 17.1.2.3 du présent volume).

3.3.2 Incidence sur le rayonnement gamma ambiant

L'irradiation externe est due essentiellement aux rayonnements gamma émis par certains radionucléides. Les dispositions prises pour protéger des travailleurs assurent un niveau de protection élevé des individus du public, ces derniers étant par définition plus éloignés des sources de rayonnements.

Étant donné l'influence prépondérante de la distance sur le niveau d'exposition induit, seules les personnes situées à proximité immédiate des déchets pourraient être concernées. Dans ces conditions, est considéré le cas pénalisant d'un promeneur présent au niveau de la clôture du Centre en face d'une alvéole en cours de remplissage, en face du bâtiment de regroupement/tri/traitement ou en face du bâtiment d'entreposage. L'hypothèse majorante retenue porte sur une présence pendant 3 heures par jour.

Le calcul du débit de dose est réalisé par le code MICROSIELD, couramment utilisé en radioprotection. Ce logiciel permet de calculer des doses reçues par exposition externe pour différentes géométries de sources et d'exposition. Il calcule les débits de dose dans l'air en résolvant analytiquement des équations d'atténuation des photons en ligne droite.

La dose efficace est ensuite calculée à partir des doses équivalentes à chaque organe et des facteurs de pondérations tissulaires correspondant.

Par ailleurs, dans le cas du bâtiment d'entreposage, une évaluation spécifique du débit de dose induit par effet de ciel, a été réalisée. Pour cette évaluation, le code TRIPOLI a été utilisé.

3.3.2.1 Alvéoles doubles

L'exploitation des alvéoles doubles, effective depuis l'alvéole 7, a fait l'objet d'une évaluation du débit de dose en clôture. Les hypothèses de calcul retenues, basées sur un spectre réaliste, sont les suivantes :

- on considère le cas d'une alvéole située à la périphérie de l'aire de stockage, c'est à dire au plus près de la clôture du Centre ;
- de manière pénalisante, l'alvéole sera supposée être en fin de remplissage, lorsque le niveau des déchets dépasse la plateforme d'exploitation d'environ 6 m (dôme optimisé) ;
- l'activité des déchets prise en compte est l'activité réelle déclarée par les producteurs, pour les déchets stockés dans les alvéoles 16 à 19 de la tranche 2 ;
- les alvéoles sont assimilées à des parallélépipèdes rectangles (175 m x 26 m x 6 m) présentant une densité moyenne égale à l'unité, ce qui réduit l'auto-atténuation au sein des déchets. L'atténuation apportée par les matériaux de remplissage utilisé (sable, grave) n'est pas prise en compte dans les évaluations ;

- on suppose l'individu d'une part, situé au plus près de l'alvéole (clôture), soit approximativement à 30 m des déchets, et d'autre part exposé à la plus grande longueur de l'ouvrage, en son milieu.

Concernant l'alvéole 50 dédiée au stockage de déchets hors normes, elle est implantée perpendiculairement à la clôture (pas d'exposition à la plus grande longueur de l'ouvrage). De plus, l'exploitation ne permet pas la mise en œuvre d'un dôme optimisé en fin de remplissage de l'alvéole. Cette configuration moins pénalisante n'a pas été retenue pour l'évaluation.

3.3.2.2 Bâtiment de regroupement/ tri/ traitement

L'évaluation du débit de dose résultant de l'exploitation du BRTT et en particulier des locaux R05 et R11 repose sur les hypothèses suivantes :

- on considère le cas du promeneur situé à la clôture du site soit à 200 m du bâtiment de regroupement/tri/traitement. À cette distance, les effets de ciel peuvent être négligés ;
- les locaux irradiant de ce bâtiment sont le local R05 et R11 susceptibles d'accueillir des déchets solides irradiants ;
- le local R05 est représenté par un rectangle de dimensions 5 m*7 m pour une hauteur libre utilisable de 4,3 m dans lequel sont entreposés des déchets et présentant une densité moyenne de 0,3 ce qui réduit l'auto-atténuation au sein des déchets. Les murs d'enceinte ont une épaisseur de 40 cm de béton ;
- le local R11 est représenté par un rectangle de dimensions 15 m*6 m pour une hauteur libre utilisable de 3 m dans lequel sont entreposés des déchets et présentant une densité moyenne de 0,3 ce qui réduit l'auto-atténuation au sein des déchets. Il est considéré que l'irradiation liée à l'activité des déchets présente dans ce local est atténuée par un ensemble de parois en béton (parois constituées de l'enceinte de confinement dans laquelle sera effectué le traitement des paratonnerres et par les murs des locaux eux même) dont l'épaisseur est équivalente à 40 cm de béton ;

Les évaluations sont réalisées sur la base des activités suivantes :

Tableau 3-14 Activité par local irradiant et par radionucléide, au BRTT

Local	Activité par RN
R05	9,29 GBq en Ra226
	0,98 GBq en Am241
	10,43 GBq en U nat (répartition en activité : 49% ²³⁴ U, 49% ²³⁸ U, 2% ²³⁵ U)
	7,73 GBq en U appauvri (répartition en activité : 34,1% ²³⁴ U, 64,06% ²³⁸ U, 1,85% ²³⁵ U)
	1,21 GBq en Th nat (répartition en activité : 1/3 ²³² Th, 1/3 ²²⁸ Th, 1/3 ²²⁸ Ra à l'équilibre)
	0,05 GBq en Cs137 (sources scellées)
R11	10 GBq en Ra226
	10 GBq en Am241

3.3.2.3 Bâtiment d'entreposage

Rayonnement direct

L'évaluation du débit de dose par rayonnement direct résultant de l'exploitation du bâtiment d'entreposage repose sur les hypothèses suivantes :

- on considère le cas du promeneur situé à la clôture du site soit :
 - ✓ à 50 m du local E01, local de 360 m² environ pour une hauteur libre de 5 m ;
 - ✓ à 80 m du local E02, local de 720 m² environ pour une hauteur libre de 7 m et à 65 m du local E03, local de 950 m² environ pour une hauteur libre de 7 m.
- les locaux sont modélisés par des rectangles ;
- les déchets présentent une densité moyenne égale à 0,3 ;
- les murs d'enceinte des locaux E01 et E02 ont des épaisseurs de béton respectives de 40 cm et 20 cm ;
- le merlon de terre périphérique a une pente de 2 H/3 V pour une hauteur de 6,75 m et une épaisseur minimale de 2 m. Il est modélisé par un écran de terre de densité 1 m et de 2 m d'épaisseur situé à proximité du local étudié ;
- les évaluations sont réalisées sur la base d'une activité uniformément répartie dans les locaux.

Effet de ciel

L'évaluation du débit de dose par rayonnement indirect résultant de l'exploitation du bâtiment d'entreposage repose sur les hypothèses suivantes :

- les épaisseurs de béton des plafonds des locaux E01 et E02 sont au minimum de 30 cm ;
- les déchets des locaux E01 et E03 présentent des densités de 0,41, les déchets du local E02 une densité de 0,74.

Sol et sous-sol - Méthodologie

4.1	<i>État initial</i>	52
4.2	<i>Incidences</i>	53



4.1 État initial

La réalisation du Cires, dont le concept repose, pour partie, sur les propriétés géologiques du site d'accueil, a nécessité une connaissance approfondie de la géologie de la région de Morvilliers.

Pour cette reconnaissance, il a été nécessaire de caractériser la nature et la géométrie des terrains affleurants, ainsi que de ceux situés plus en profondeur, inaccessibles à l'observation, mais qui sont en connexion hydraulique avec les eaux de ruissellement et aquifères superficiels de surface. Ainsi, toutes les couches géologiques ont été prises en considération depuis les formations superficielles recouvrant les marnes et argiles de l'Albien jusqu'aux calcaires portlandiens inclus, soit une tranche d'environ 250 m d'épaisseur. Cette reconnaissance repose sur l'analyse des caractéristiques physiques et litho-stratigraphiques des matériaux prélevés au moyen de très nombreux sondages.

Il était important de caractériser finement les structures tectoniques (failles et flexures éventuelles) qui pouvaient être à l'origine de discontinuités ayant un rôle éventuel sur le plan hydrogéologique et géomécanique. Vu l'absence d'affleurement et de morphologie déterminante, l'étude de ces structures a reposé sur la cartographie fine d'un horizon argileux remarquablement régulier (les argiles de l'Aptien inférieur) au moyen de sondages et de mesures géophysiques.

Les importants travaux de sélection/qualification, puis de caractérisation du site menés par l'Andra dans le cadre du projet Cires, ont conduit à la révision des contours cartographiques des différentes formations à l'affleurement. Les études et travaux associés ont permis la description fine de la lithologie et des structures sur la base de données de terrain détaillées.

Concernant le risque sismique, le zonage de la France est défini par l'article D. 563-8-1 du code de l'environnement. Il divise le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes, allant de 1 (zone de sismicité très faible) à 5 (zone de forte sismicité). Dans les zones 2 à 5, les règles de construction parasismique sont applicables aux bâtiments et ponts « à risque normal ». Le département de l'Aube est classé en zone de niveau 1, soit en zone d'aléa très faible. Les objectifs généraux des études et des travaux de géotechnique réalisés en 2000 ont consisté à acquérir les caractéristiques physiques et mécaniques nécessaires à l'évaluation :

- de la faisabilité et de la consistance des terrassements généraux nécessaires à la construction du Cires et des bâtiments en projet ;
- de la stabilité des bâtiments, à court et à long terme pour les ouvrages de stockage, ainsi qu'à leur dimensionnement ;
- des conditions de mise en œuvre des argiles de couverture du stockage ;
- de l'aptitude des différentes formations affleurantes à servir de sol de fondation de bâtiments légers et de soubassements de voies de circulation.

Les travaux ont principalement consisté en :

- des forages pour prélèvements d'échantillons destinés aux essais en laboratoire ;
- des forages spécifiques pour essais in situ de type pressiomètre ;
- des fosses et des tranchées pour reconnaître de visu l'argile en place ; ces travaux ont également été l'occasion de rechercher d'éventuelles discontinuités de petites dimensions dans l'argile, comme, par exemple des fissures de gel ; de telles structures avaient en effet été identifiées à quelques kilomètres au nord dans la formation des sables de l'Aptien supérieur ;
- des essais de laboratoire, sur échantillons intacts et également sur échantillons remaniés, ces derniers concernant l'argile qui sera mise en œuvre au-dessus des alvéoles de stockage ;
- des sondages pour visualiser la présence éventuelle d'eau et son niveau.

Deux campagnes de reconnaissances particulières ont été réalisées en 2010 au droit des deux zones d'implantation des bâtiments de regroupement et d'entreposage, puis en 2013 au droit de la zone d'implantation de la future extension tri/traitement du bâtiment de regroupement. Ces campagnes ont permis de préciser les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de ces deux zones, en perspectives des choix de dimensionnement des fondations des bâtiments.

Plus récemment et pour préciser le sous-sol au droit de la Tranche 3, une tranchée de reconnaissance a été creusée à proximité du bassin d'orage en 2019, et une campagne de 33 sondages carottés a été réalisée en 2020. La synthèse de l'ensemble de ces données a permis de préciser le toit des argiles de l'Aptien inférieur et les dimensions des deux anciens thalwegs déjà identifiés.

Concernant la plateforme de dépôt des matériaux, une campagne de reconnaissance a été réalisée en septembre 2021 sur la zone boisée située au nord et à l'est de la tranche 3. Cette campagne a consisté en :

- 3 sondages géologiques et pressiométriques de 15 m de profondeur ;
- 18 sondages géologiques réalisés à l'aide d'un engin de terrassement (fouille à la pelle) jusqu'à 4.40 m de profondeur ;
- 4 sondages géologiques à la tarière jusqu'à 2.00 m de profondeur ;
- 4 essais d'infiltration de type Porchet réalisés dans les 4 sondages précédents ;
- 5 sondages géologiques en tranchée (fouille à la pelle de 3.00 m de longueur et d'une profondeur de 1.0 m à 1.5 m) ;
- 7 essais au pénétromètre dynamique entre 2.25 m et 2.85 m de profondeur ou au refus ;
- des analyses en laboratoire : 18 identifications GTR, 72 mesures de la teneur en eau, 3 essais Proctor + IPI et 18 IPI à la teneur en eau naturelle.

La répartition des sondages a permis de préciser la zone en tenant compte des données obtenues lors des campagnes précédentes. L'ensemble des données acquises par les sondages, essais et analyses de cette campagne 2021 a donné un très bon niveau de connaissance pour la réalisation de cette plateforme de dépôt de matériaux.

Concernant la qualité des sols, des analyses de sols ont été réalisées en 2020, 2021 et 2022 pour caractériser la qualité physico-chimique et radiologique des sols sur le Cires, sur la future zone de dépôt des terres et au niveau du village de la Chaise.

Les analyses ont porté sur la recherche :

- Des éléments traces métalliques (ETM) ;
- Des composés organiques COV, HAP, BTEX et Hydrocarbures totaux (HCT) ;
- Des radionucléides naturels et artificiels susceptibles d'être présents dans les sols.

Les résultats sont comparés à ceux obtenus lors des états de référence précédents.

4.2 Incidences

Les incidences sur les sols en exploitation sont évaluées en lien avec les risques de dégradation de la qualité de sols par des dépôts de poussières ou de radionucléides.

En post-surveillance, les incidences sont évaluées en lien avec le risque de transfert de substances radioactives ou chimiques dans le sous-sol *via* les eaux souterraines et dans les sols adjacents aux alvéoles fermées, par débordement latéral (« effet baignoire »).

Eaux superficielles et sédiments - Méthodologie

<i>5.1 État initial</i>	<i>56</i>
<i>5.2 Incidences</i>	<i>59</i>



5.1 État initial

L'état initial des eaux superficielles et sédiments est décrit dans le chapitre 5 du volume 4 de l'étude d'impact.

5.1.1 L'hydrologie

Pour le tracé des cours d'eau, les données utilisées proviennent d'HydroPortail, du réseau SANDRE et de l'IGN. Elles peuvent être complétées par des données locales acquises spécifiquement, notamment pour ce qui concerne les interfaces avec les installations du Cires, et les résultats de la surveillance du CSA et du Cires.

5.1.1.1 Stations hydrométriques gérées par l'Andra

L'Andra a mis progressivement en place huit stations hydrométriques entre 1985 et 1988, en complément des stations déjà présentes gérées par les services de l'État. Il s'agit de stations aménagées, permettant d'effectuer le suivi en continu des niveaux d'eau, qui, couplé à des mesures ponctuelles de débit permettent d'établir la courbe de tarage, i.e. la relation hauteur-débit au niveau de la station. Des mesures hydrométriques y ont été réalisées pour le compte du CSA afin de :

- mieux comprendre le fonctionnement du système hydrologique régional ;
- préciser l'assèchement des Noues d'Amance ;
- connaître l'origine des apports des principaux ruisseaux ;
- quantifier les apports par drainage des aquifères ;
- positionner les stations hydrométriques.

Du fait des connaissances acquises depuis cette période, une seule station demeure exploitée (station du CD24, dont l'exploitation a démarré en 1985, point de surveillance « R2 », figure 5-1). Aujourd'hui, compte-tenu de son positionnement, la station hydrométrique du CD24 permet d'appréhender le régime hydraulique des Noues d'Amance en aval des rejets du Cires et du Centre de stockage de l'Aube (CSA), en procédant à la mesure du débit. Cette station a été modifiée fin 2012, par la mise en place d'un canal venturi, pour permettre une meilleure restitution des mesures de faibles débits, à partir de mai 2013 : elle est équipée d'une centrale d'acquisition et d'un capteur de hauteur d'eau ; une courbe de tarage est maintenue afin de convertir les hauteurs d'eau en débits.

Le Cires est implanté en amont hydraulique du CSA. Aussi les données recueillies depuis 1985 sur la station hydrométrique du CD24 sont utilisées dans le cadre de cet état initial.

En complément, une station hydrométrique (CDCires) a été implantée temporairement sur les Noues d'Amance, entre la confluence avec le Rû de Loriguette, et l'étang de Villemahu (figure 5-1). Le suivi a été effectué entre octobre 2020 et avril 2022, afin d'appréhender le régime hydrologique du milieu récepteur, au plus près de la confluence avec le Rû de Loriguette, dans lequel sont effectués les rejets liquides du Cires. Les mesures sont effectuées toutes les 15 minutes.

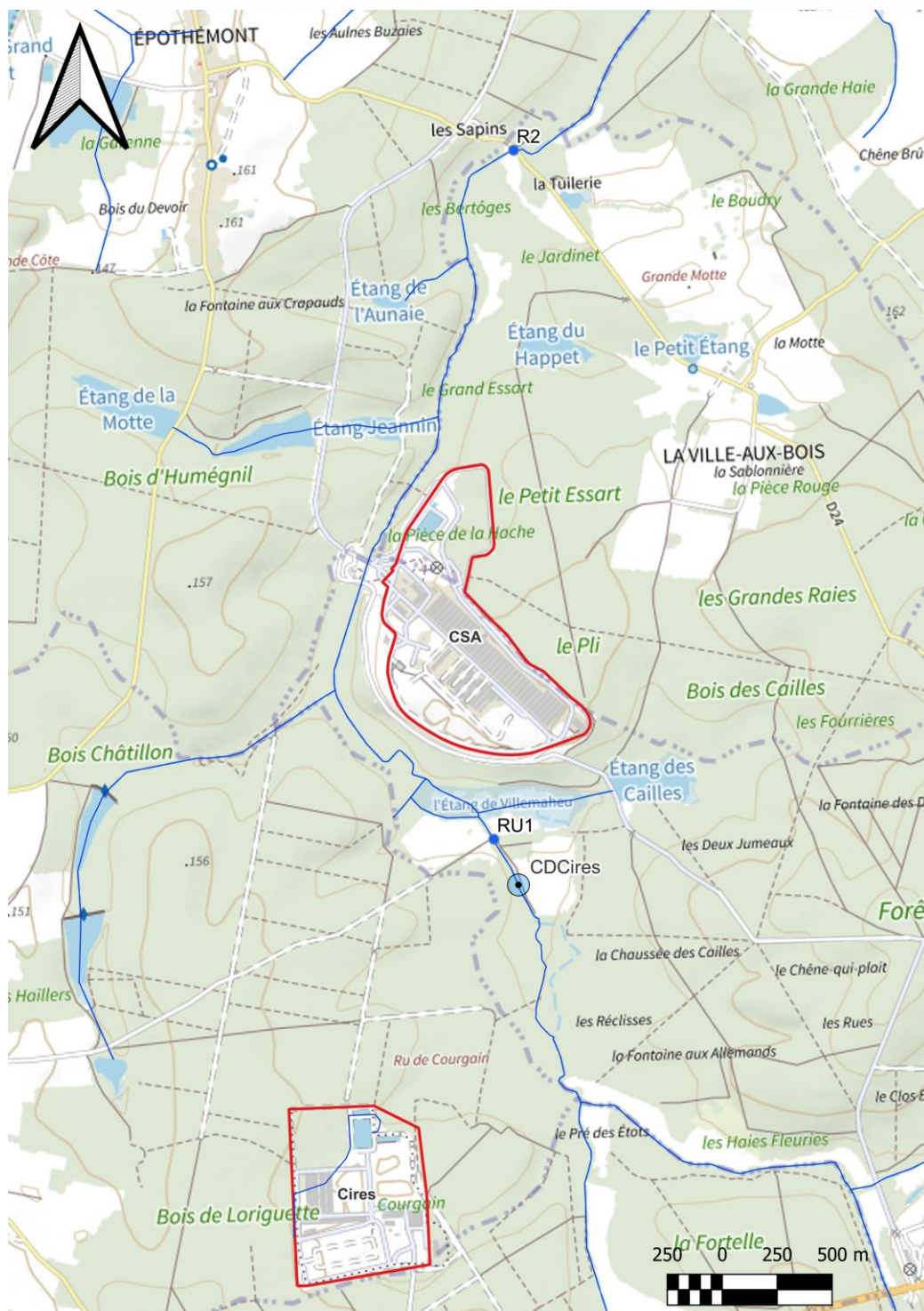


Figure 5-1 Localisation des stations hydrométriques sur les Noues d'Amance (CDCires et CD24-R2) et du point de surveillance RU1

5.1.1.2 Autres stations hydrométriques

Plusieurs stations hydrométriques sont exploitées autour des Centres de stockage de l'Aube, dont les données sont collectées par les organisations de l'État, et accessibles au travers de la banque Hydro du site Internet Eaufrance (<http://www.hydro.eaufrance.fr/>).

Exploitation des données

En ce qui concerne les débits, un ajustement fréquentiel à une loi normale a été réalisé pour les stations de la Laine à Soulaines-Dhuys et des Noues d'Amance à la station CD24. Cette méthode est couramment utilisée en hydrologie statistique, lorsque l'échantillon présente une bonne distribution et permet d'ajuster une loi normale.

Les débits à périodes de retour variables sont déterminés au moyen de la loi normale inverse appliquée à l'échantillon de données.

Les mesures, sur la période 1975-2022 pour la Laine et sur la période 1985-2021 pour les Noues d'Amance, ont été exploitées en moyennant les débits journaliers (un jour correspondant à un débit moyen journalier).

Les débits moyens, minimaux et maximaux annuels (moyenne des débits sur une année) ont été ajustés selon une loi normale.

Les valeurs fréquentielles de débits minima/maxima annuels ont été déduites des débits minima/maxima annuels (débit minimal/maximal sur une année) sur la base des débits moyens journaliers, par ajustement de la loi normale.

5.1.2 La qualité des eaux superficielles et des sédiments

Conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'exploitation du Cires, une autosurveillance de la qualité physico-chimique et radiologique des eaux superficielles et des sédiments est réalisée depuis 2003. Du fait de la nature des paramètres surveillés et de la fréquence des analyses pratiquées, ces données de l'autosurveillance sont exploitées pour constituer l'état initial de la qualité des eaux superficielles et des sédiments de ce dossier. Une analyse détaillée de l'ensemble des mesures obtenues de 2014 (date de la dernière étude d'impact) à 2021 est fournie dans ce dossier. Enfin, quelques données issues de l'autosurveillance du CSA sont également capitalisées. Une comparaison de ces résultats avec les données de l'état de référence de 2000 et l'état initial de 2010 permet de mettre en évidence d'éventuelles évolutions de l'environnement dans le temps depuis la mise en service du Cires.

Les analyses physico-chimiques sur les eaux et les sédiments sont réalisées par un ou des laboratoires extérieurs. Ces laboratoires sont conformes à la norme NF EN ISO/CEI 17025 et agréés par le ministère en charge de l'environnement, pour tout ou partie des analyses (agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques).

Les analyses radiologiques sont effectuées :

- par le laboratoire du CSA ;
- et pour partie par un (des) laboratoire(s) extérieur(s) notamment pour les analyses pour lesquelles le laboratoire du CSA ne dispose pas des agréments.

Ces laboratoires sont conformes à la norme NF EN ISO/CEI 17025 « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essai » et réalisent les analyses conformément aux modalités définies dans leur propre plan qualité particulier.

Pour les mesures de radioactivité dans l'environnement, au titre de l'arrêté du 08 juillet 2008 portant organisation d'un réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) et fixant les modalités d'agrément des laboratoires, les laboratoires d'analyses sont agréés par l'ASN pour chaque matrice ou catégories de radionucléides à analyser.

5.1.3 Usages des eaux superficielles

Les données relatives aux prélèvements proviennent du site BNPE (Banque Nationale des Prélèvements quantitatifs en Eau), consulté le 01/02/2023 pour les communes de l'aire d'étude rapprochée.

La Fédération Nationale de la Pêche en France fournit les informations concernant les catégories des cours d'eau piscicoles, complétés par les inventaires réalisés spécifiquement, et les informations provenant du Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (P.D.P.G.).

5.1.4 Risques d'inondation

Cf. Tableau 1-4 du paragraphe 1.3 du présent document.

5.2 Incidences

5.2.1 Données d'entrée pour l'évaluation du ruissellement

5.2.1.1 Pluie de référence

La référence de la pluie décennale cumulée sur 24 h a été réévaluée en 2014 pour atteindre 64 mm. Cette valeur est confirmée avec l'actualisation des données, et enveloppe de l'estimation GEV locale-régionale de Météo France sur la période 1996-2021 qui indique un cumul de 63,22 mm sur 24h.

Le réseau de collecte et les ouvrages hydrauliques sont dimensionnés pour une pluie décennale. Pour les calculs de débit, les valeurs des coefficients de Montana retenues sont celles fournies par Météo France pour la station de Soulaines (Indicatif : 10372001, alt : 138m, lat : 48°23'57'' N, lon : 4°40'16'' E) – coefficients fournis en annexe :

- 10 ans pluies supérieures à 1 h : $a = 10.663$ $b = 0.767$
- 10 ans pluies de 6 min à 1h : $a = 5.629$ $b = 0.584$

Avec ces coefficients, l'intensité $I_p = a \times t^{-b}$

5.2.1.2 Méthodes de calcul

Afin d'évaluer les incidences hydrauliques sur les eaux superficielles, le dimensionnement du bassin d'orage, du bassin de décantation et des réseaux de gestion des eaux pluviales ont été vérifiés afin de s'assurer qu'ils restent suffisants pour gérer les eaux du Cires dans sa configuration future et qu'ils permettent de respecter le débit de rejet maximum de 100L/s.

Les méthodes de calcul pour le ruissellement et l'évaluation des débits sont présentées dans l'annexe 4 du volume des annexes du présent dossier.

5.2.2 Incidences sur la qualité des eaux

Compte tenu du principe de gestion séparée entre les eaux pluviales et les effluents susceptibles d'être contaminés par des substances radioactives et chimiques contenues dans les déchets (cf. section 2.5.3 du volume 2 de la présente étude d'impact), les rejets liquides du Cires ne peuvent induire de pollution radioactive ou chimique du milieu naturel en fonctionnement normal. La surveillance de la qualité physico-chimique et radiologique des rejets et des eaux superficielles en amont et en aval du Cires permettent de montrer qu'il n'y a pas de dégradation de la qualité des eaux et du milieu.

Conformément aux préconisations du guide méthodologique pour l'évaluation des risques sanitaires des études d'impact des ICPE établi par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) et publié en 2021 (4) et considérant qu'il n'est pas attendu d'évolution de la qualité radiologique et chimique des rejets liquides du Cires, l'évaluation des incidences pour l'exploitation future est réalisée de manière qualitative et est basée sur les résultats de la surveillance du milieu et son évolution depuis la mise en service du Cires.

)

Eaux souterraines - Méthodologie

6.1	<i>État initial</i>	62
6.2	<i>Incidences</i>	63



6.1 État initial

L'état initial des eaux souterraines est décrit dans le chapitre 6 du volume 4 de l'étude d'impact.

Deux phases de travaux de reconnaissance et de caractérisation géologique ont été effectuées en 2000. Elles s'appuient sur une solide connaissance antérieure issue de reconnaissances réalisées dans le cadre de la recherche du site de stockage du CSA, et du suivi des nappes concernées par ce Centre ; ainsi dispose-t-on notamment de près de 20 ans de chroniques piézométriques qui, étroitement corrélées avec celles du Cires, permettent d'apprécier pleinement, non seulement les battements saisonniers, mais également les battements inter annuels de la nappe du Barrémien qui intéresse le Cires.

- la première phase de travaux entrant dans le cadre de la sélection/qualification du site a consisté d'une part à mesurer in situ, puis en laboratoire la perméabilité des argiles-hôtes de l'Aptien inférieur afin de s'assurer de leur imperméabilité. Elle a d'autre part consisté à caractériser, au moins sommairement, les deux aquifères intéressés par le stockage TFA, à savoir en premier lieu l'aquifère du Barrémien, et pour une moindre part du fait de sa position latérale au stockage, l'aquifère des sables de l'Aptien supérieur ;
- la seconde phase de travaux avait pour but de caractériser le site de façon détaillée en complétant le dispositif de forages issu de la phase précédente et en procédant à de nouveaux types d'essais très spécifiques. Ainsi l'argile a fait l'objet d'essais d'infiltrométrie in situ à trois profondeurs distinctes, pour vérifier que l'intégralité de la formation-hôte, y compris sa partie sommitale, présentait les performances d'imperméabilité requises. Des mesures de perméabilité par la méthode de pulse tests ont également été systématiquement réalisées en forage dans la tranche -3/-8 m et -8/-12 m. Enfin, 16 piézomètres ont été réalisés dans l'aquifère lenticulaire situé dans les formations superficielles et 4 essais de pompage (2 jours pour chacun des aquifères) dans les aquifères du Barrémien et de l'Aptien.

Des campagnes piézométriques sur la nappe du Barrémien ont été réalisées, entre octobre 2020 et avril 2022, afin d'actualiser l'état de référence, élargir la zone investiguée, et préciser les isopièzes autour des CI2A. Elles sont complétées par des données de reconnaissance acquises en 2014 au nord-ouest du Cires : l'utilisation de données asynchrones est possible du fait de la très faible amplitude de variation annuelle des niveaux piézométrique sur ces points (moins de 20 cm), compte tenu notamment de leur situation sous l'argile de l'Aptien inférieur, protégés de la recharge rapide. Tous les piézomètres disponibles captant la nappe du Barrémien ont été utilisés : la fréquence mensuelle permet de décrire les fluctuations plutôt lentes de la nappe, et la période d'observation couvre plus d'une année hydrologique.

6.1.1 État quantitatif

Les caractéristiques des aquifères en présence sont issues des phases de caractérisation du CSA (5) et du Cires.

Certains éléments, tel que la piézométrie du Barrémien, ont été complétés et actualisés pour ce projet, en exploitant le réseau de piézomètres existants (campagnes piézométriques entre octobre 2020 et avril 2022), et les mesures réalisées dans le cadre de la surveillance et l'acquisition de connaissances du CSA. Ces données ont été complétées de manière asynchrone par des mesures réalisées sur d'autres piézomètres en 2014 dans le cadre d'autres projets de l'Andra.

La carte piézométrique de la nappe des Sables de l'Aptien, et bassins versants souterrains, a été établie à partir des mesures piézométriques réalisées dans la nappe des Sables de l'Aptien par l'Andra et disponibles dans la banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM.

6.1.2 État qualitatif et radiologique

Conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral d'exploitation du Cires, une autosurveillance de la qualité physico-chimique et radiologique des eaux souterraines est réalisée depuis 2003. Du fait de la nature des paramètres surveillés et de la fréquence des analyses pratiquées, ces données de l'autosurveillance sont exploitées pour constituer l'état initial de la qualité des eaux souterraines de ce dossier. Une analyse détaillée de l'ensemble des mesures obtenues de 2014 (date de la dernière étude d'impact) à 2021 est fournie dans ce dossier. Ces données sont complétées par une campagne de mesures à bas seuil réalisée en 2019 sur les eaux du Barrémien. Une comparaison de ces résultats avec les données de l'état de référence de 2000 et l'état initial de 2010 permet de mettre en évidence d'éventuelles évolutions de l'environnement dans le temps depuis la mise en service du Cires.

Les analyses physico-chimiques sur les eaux sont réalisées par un ou des laboratoires extérieurs. Ces laboratoires sont conformes à la norme NF EN ISO/CEI 17025 et agréés par le ministère en charge de l'environnement, pour tout ou partie des analyses (agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques).

Les analyses radiologiques sont effectuées :

- par le laboratoire du CSA ;
- et pour partie par un (des) laboratoire(s) extérieur(s) notamment pour les analyses pour lesquelles le laboratoire du CSA ne dispose pas des agréments.

Ces laboratoires sont conformes à la norme NF EN ISO/CEI 17025 « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essai » et réalisent les analyses conformément aux modalités définies dans leur propre plan qualité particulier.

Pour les mesures de radioactivité dans l'environnement, au titre de l'arrêté du 08 juillet 2008 portant organisation d'un réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) et fixant les modalités d'agrément des laboratoires, les laboratoires d'analyses sont agréés par l'ASN pour chaque matrice ou catégories de radionucléides à analyser.

6.1.3 Utilisation des eaux souterraines

Cf. Tableau 1-4 au paragraphe 1.3 du présent document.

6.1.4 Remontée de nappe

Cf. Tableau 1-4 du paragraphe 1.3 du présent document.

6.1.5 Interfaces eaux souterraines et eaux superficielles

Les interfaces entre les eaux souterraines et les eaux superficielles sont décrites à partir de la confrontation des données respectives des eaux superficielles (cf. section 5.1 du présent volume) et des eaux souterraines (cf. section 6.1 du présent volume), ainsi que des observations locales, pour les nappes des Sables de l'Aptien, et des Sables du Barrémien.

6.2 Incidences

6.2.1 Incidences en phase d'exploitation future

Les incidences de l'exploitation future sur les eaux souterraines sont évaluées de manières quantitative et qualitative, en distinguant la nappe du Barrémien et la nappe de l'Aptien. L'analyse tient compte des activités actuelles et des évolutions apportées par les aménagements et activités futurs.

Évolution du réseau de piézomètres

Les aménagements et le maintien en conditions opérationnelles du réseau de piézomètre nécessitent l'abandon (rebouchage) et le remplacement de plusieurs piézomètres.

- Les piézomètres situés sur l'emprise de la future zone de dépôt des terres et non nécessaires à la surveillance du Cires sont rebouchés (abandon).
- Les piézomètres situés sur l'emprise future ou nécessitant un remplacement et participant à la surveillance réglementaire seront rebouchés et remplacés à proximité.

Les méthodes de creusement et de rebouchage choisies permettent de minimiser l'impact sur les eaux souterraines, d'assurer la continuité de la surveillance, d'éviter de mettre en communication des nappes d'eau distinctes et de prévenir toute introduction de pollution de surface.

Le choix des localisations pour le remplacement est effectué de manière à (i) être hors emprise des dépôts de terre et des voies de circulation, (ii) être situé sur des propriétés appartenant à l'Andra, (iii) être au plus près de la localisation initiale de l'ouvrage, (iv) permettre une répartition aussi régulière que possible des points de mesure de chaque aquifère et (v) être le plus proche possible d'une voie d'accès (layon, piste, ...).

6.2.2 Incidences en phase de post-surveillance

6.2.2.1 Principe

L'évaluation de l'impact du stockage sur les eaux souterraines est réalisée par modélisation sur la base des caractéristiques du milieu géologique, des déchets et des alvéoles. Les évaluations sont menées de manière conservatrice, en considérant des hypothèses majorant les transferts.

Parmi ces dernières on note :

- La membrane synthétique en P.E.H.D, qui assure l'étanchéité des alvéoles pendant plusieurs dizaines d'années, n'est pas considérée dans les évaluations ;
- Les performances de la couverture sont supposées se dégrader de manière linéaire dès 50 ans après le début de la phase de surveillance ;
- Les alvéoles sont représentées par un milieu poreux homogène avec des propriétés hydro-dispersives pénalisantes et un modèle de relâchement considéré comme labile. Ces choix induisent un relâchement prématuré des radionucléides et substances toxiques chimiques ;
- le stockage est supposé saturé en eau dès le début de la phase de surveillance. Cette hypothèse conduit à une représentation de la migration plus rapide qu'elle n'est phénoménologiquement possible, augmentant ainsi artificiellement leur impact aux exutoires ;
- l'activité présente dans les colis de déchets correspond à l'activité au moment de la réception du colis sur le centre. La décroissance radioactive entre la date de réception du colis sur le centre et la date du début du scénario est négligée, ce qui tend à maximiser l'impact des radionucléides mobiles à vie courte.

6.2.2.2 La conceptualisation numérique

Les calculs d'hydraulique et de transfert des solutés sont réalisés avec le code volumes finis « référent » Porflow. Cet outil permet la simulation numérique des écoulements de fluides, des transferts de chaleur et du transport de masse dans des milieux poreux saturés ou partiellement saturés en eau.

La mise en œuvre numérique des calculs avec Porflow est décrite à la Figure 6-1.

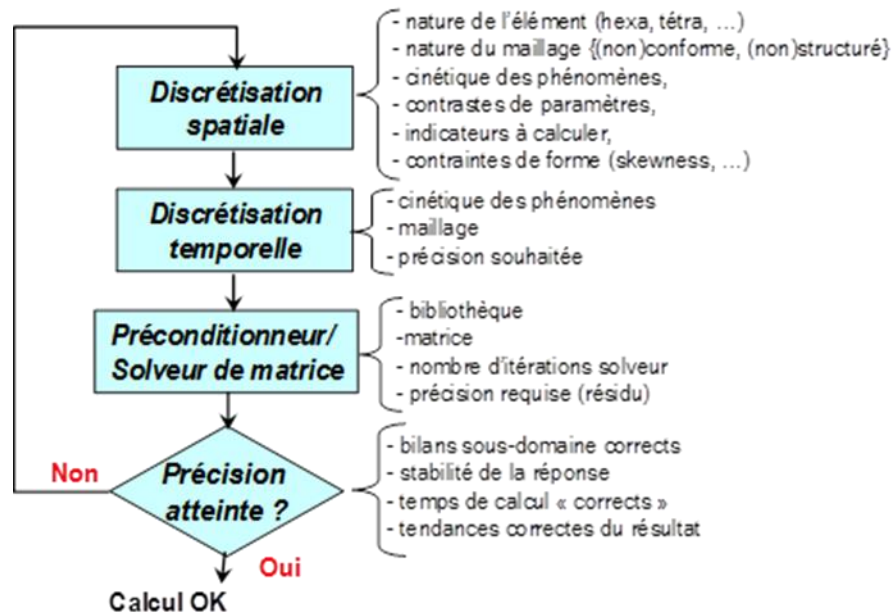


Figure 6-1 Schéma de construction numérique des calculs de performance et de sûreté

Les calculs d'impacts radiologiques et toxicologiques utilisent des facteurs de conversion biosphère calculés pour chacune des espèces, chacun des exutoires et des groupes de référence considérés, par le modèle de transfert biosphère CADHO (CALcul D'impact des radionucléides/toxiques chimiques à l'Homme).

Ce modèle écrit en Python intègre les modèles Aquabios, Aquatoxi, AquaC_14 et AquaCI36, utilisés par l'Andra pour les évaluations d'impact des différents centres de stockage en exploitation ou en projet de l'Agence.

L'ensemble des hypothèses et valeurs de paramètres prises en compte, la description des évaluations réalisées et leur conceptualisation, sont présentées dans la note « Evaluations de transfert par l'eau des radionucléides et toxiques chimiques » en annexe 1 du dossier des annexes.

Zones humides - Méthodologie

<i>7.1 Caractérisation des zones humides</i>	<i>68</i>
<i>7.2 Incidences sur les zones humides</i>	<i>68</i>



7.1 Caractérisation des zones humides

L'identification des zones humides s'organise en 4 temps :

1. Une phase préliminaire d'analyse des données bibliographiques disponibles en consultant les inventaires déjà réalisés dans le cadre des SDAGE, des SAGE... par les agences de l'eau, les EPTB, les départements... ;
2. L'identification des habitats naturels considérés comme humides ou potentiellement humides, conformément à l'annexe 2.2 de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié qui liste les habitats humides ou potentiellement caractéristiques de zone humide [humides pour partie (p)] en se fondant sur la typologie Corine Biotopes.

Les relevés floristiques (réalisés selon le protocole défini à l'annexe 2.1 de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié) sont réalisés uniquement lorsque l'habitat identifié est considéré comme humide pour partie (pro parte) ou non mentionné par l'arrêté.

3. La réalisation de sondages pédologiques à la tarière manuelle

L'analyse pédologique consiste en la réalisation de sondages pédologiques à la tarière à main, de préférence au printemps ou en automne, et l'analyse de la carotte. Elle porte essentiellement sur la recherche des traces d'hydromorphie (horizons à gley ou pseudo-gley, etc.). Les profils sont décrits avec mention des profondeurs d'apparition des éléments les plus caractéristiques. La profondeur du profil est au maximum de 1,2 m. Les sondages sont géoréférencés afin de pouvoir délimiter précisément les contours des zones humides. Lorsque cela est nécessaire, plusieurs sondages sont réalisés selon un transect perpendiculaire à la limite présumée de la zone humide.

4. Délimitation in situ des zones humides

La délimitation précise des zones humides est un exercice difficile du fait de la nature même de ces milieux. Par ailleurs, la délimitation varie fortement en fonction de l'échelle d'analyse du fait du caractère fractal des zones humides. Elle est fondée sur les critères suivants :

- ✓ les habitats naturels identifiés comme déterminants de zone humide (la frontière entre une unité de végétation humide et une unité de végétation non humide) ;
- ✓ les résultats des relevés pédologiques (passage d'un relevé positif à un relevé négatif avec toutefois une analyse du contexte local) ;
- ✓ la topographie et le contexte local ;
- ✓ l'analyse fine du terrain *in situ*.

7.2 Incidences sur les zones humides

7.2.1 Méthode d'évaluation des fonctionnalités des zones humides

L'évaluation de l'équivalence fonctionnelle est réalisée avec la méthode nationale d'évaluation des fonctions des zones humides, élaborée par l'OFB (Gayet et al., 2016).

Les trois grandes fonctions évaluées par la méthode sont la fonction hydrologique, la fonction biogéochimique et la fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces.

Ces trois fonctions sont déclinées en 10 sous-fonctions :

- Fonction hydrologique :
 - ✓ ralentissement des ruissellements ;
 - ✓ recharge des nappes ;
 - ✓ rétention des sédiments.
- Fonction biogéochimique :
 - ✓ dénitrification des nitrates ;
 - ✓ assimilation végétale de l'azote ;
 - ✓ adsorption/précipitation du phosphore ;

- ✓ assimilation végétale des orthophosphates ;
- ✓ séquestration du carbone.
- Fonction d'accomplissement du cycle biologique des espèces :
 - ✓ support des habitats ;
 - ✓ connexion des habitats.

Trente-deux (32) indicateurs rattachés aux différentes sous-fonctions sont étudiés lors de l'application de cette méthode.

Sont analysées dans un premier temps les fonctions de la zone humide impactée, afin d'identifier les principales fonctions à compenser. Les sites de compensation identifiés sont ensuite prospectés et analysés, avec la même méthodologie, afin de définir les actions permettant d'obtenir une équivalence fonctionnelle avec les fonctions de la zone impactée.

7.2.2 Identification des sites de compensation

Plusieurs paramètres sont pris en compte pour le choix des sites de compensation :

- proximité géographique avec le site impacté ;
- appartenance à la même unité hydrographique ;
- possibilité d'améliorer certaines fonctions ;
- maîtrise foncière afin de sécuriser la pérennité des mesures.

Les relevés de terrain de l'état initial des sites avant action écologique ont été réalisés le 12 avril 2022, le 13 avril 2022 et le 11 mai 2022.

Fonctionnalités écologiques - Méthodologie

8.1	<i>État initial</i>	72
8.2	<i>Incidences</i>	73



8.1 État initial

Une part importante de la fonctionnalité écologique est liée à l'utilisation des continuités écologiques par la faune des différents compartiments d'un paysage nécessaires aux cycles biologiques (reproduction, alimentation, repos, déplacement...).

Un paysage se définit comme une mosaïque d'habitats homogènes (boisements, prairies, points d'eau, etc.) reliés entre eux par des relations fonctionnelles plus ou moins importantes (flux d'individus, flux de gènes, flux de matières...).

Pour que les populations animales et végétales puissent se maintenir, il faut que chaque espèce trouve durablement les conditions nécessaires à son existence, et notamment :

- la présence d'habitats suffisants en quantité et en qualité ;
- la possibilité d'échanges plus ou moins réguliers entre (sous-) populations, permettant de maintenir la diversité génétique et de compenser les contraintes locales (exemple : la disparition des libellules dans une mare temporairement asséchée peut être compensée par une recolonisation rapide grâce aux animaux venus d'une mare voisine) ;
- les possibilités de déplacements réguliers entre habitats complémentaires : les crapauds pondent par exemple dans des plans d'eau et vivent en forêt le reste de l'année.

Les aménagements humains, linéaires (autoroutes, LGV...) ou non (urbanisation, grandes cultures intensives, activités industrielles...) peuvent constituer des obstacles plus ou moins prononcés pour les déplacements des espèces, pouvant entraîner la disparition de certaines d'entre elles.

Un réseau écologique est un ensemble d'habitats complémentaires, reliés les uns aux autres, et permettant de conserver durablement les populations des espèces d'une guild. Ce réseau est constitué de différents éléments (cf. Figure 8-1).

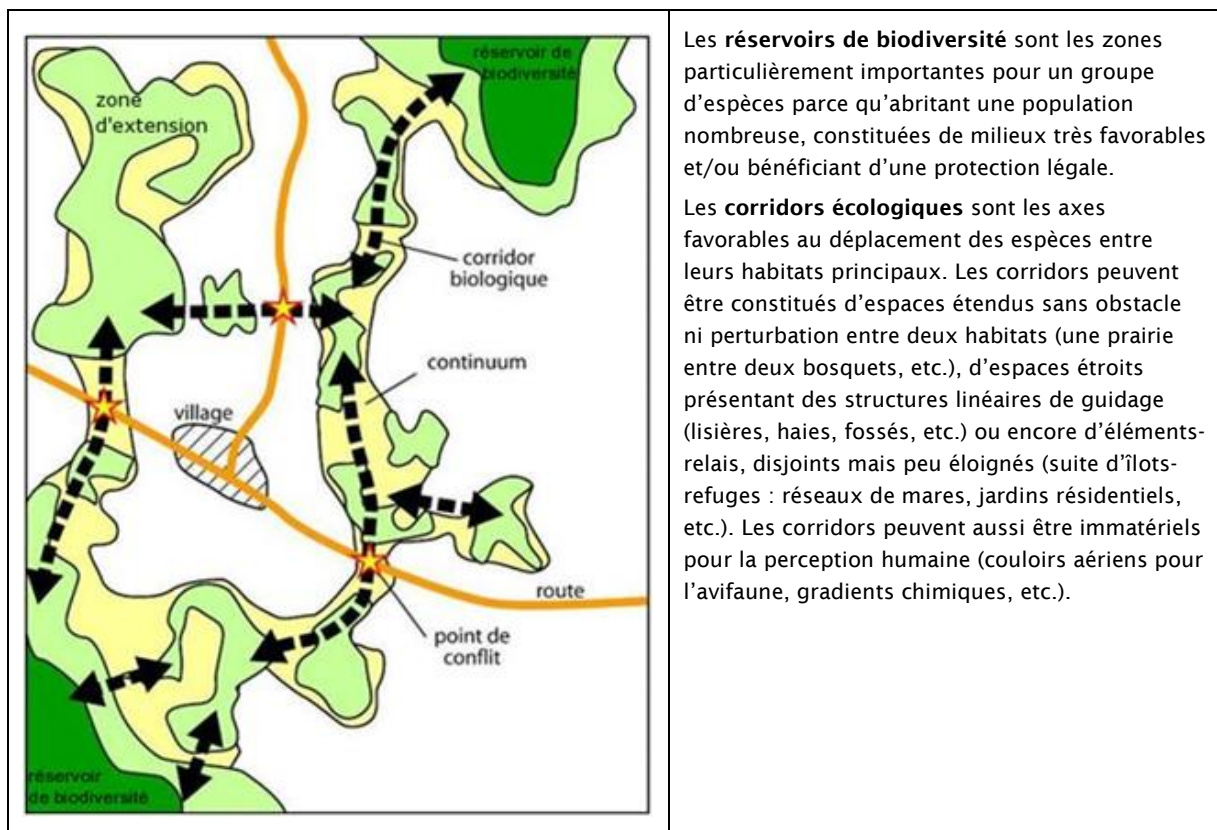


Figure 8-1

Éléments constituant le réseau écologique

Des « points noirs » sont identifiés lorsqu'il y a intersection entre un corridor et un obstacle à la libre circulation des espèces.

Dans l'aire d'étude, cette approche fonctionnelle porte sur :

- les continuités écologiques forestières ;
- le corridor écologique naturel des vallées en tant que couloir privilégié de circulation de la faune (oiseaux d'eau, poissons...) et de la flore ;
- les continuités écologiques liées au fonctionnement biologique de certains groupes faunistiques, notamment les batraciens, les chiroptères et la grande faune (cervidés, sangliers). Ainsi, certaines espèces sont amenées à fréquenter différents compartiments de leur territoire vital (zone d'alimentation, de repos, de reproduction, d'hivernage, d'estivage...) afin d'accomplir leur cycle biologique ;
- l'effet « écotone », notamment en lisière de boisement. Ces zones de transition entre les milieux ouverts (espaces prairiaux) et fermés (forestiers) abritent généralement une biodiversité élevée. Ce sont également d'importantes zones d'échanges entre les différents compartiments vitaux des espèces, ce qui leur confère un rôle écologique fonctionnel notable. La préservation de lisières de bonne qualité est donc nécessaire à la préservation des écosystèmes.

8.2 Incidences

Les enjeux écologiques d'un site ne se limitent pas à l'intérêt patrimonial des habitats et des espèces qui le composent mais doivent également prendre en compte différents niveaux de fonctionnalités écosystémiques. En effet, les habitats et leur disposition dans la matrice paysagère (mosaïque de milieux) jouent des rôles multiples, aussi bien pour les espèces rares et menacées que pour la nature dite « ordinaire ». Les 2 principales fonctions écologiques à prendre en considération sont les suivantes :

- la capacité d'accueil générale des habitats pour les espèces. Il s'agit d'apprécier dans quelle mesure l'habitat ou les ensembles d'habitats jouent un rôle particulier de réservoir de biodiversité ;
- le rôle en tant que continuité écologique. Le niveau d'enjeu est d'autant plus important que les habitats ou les ensembles d'habitats sont susceptibles de jouer un rôle particulier pour les déplacements quotidiens ou saisonniers des espèces.

L'appréciation de ces fonctionnalités sur l'aire d'étude est menée à dire d'expert, à partir des éléments suivants :

- une approche paysagère de l'aire d'étude et ses abords, afin de les contextualiser dans un paysage global : localisation et occupation du sol, principaux obstacles - naturels ou artificiels (fragmentation), principales entités paysagères (mosaïque d'habitats, éléments structurant type haies, lisières...) ;
- la qualité des habitats de l'aire d'étude, d'un point de vue à la fois phytoécologique et faunistique, afin d'apprécier l'exploitabilité de ces habitats par la flore et la faune ;
- la connaissance des mœurs des espèces (écologie et phénologie), pour apprécier leur potentiel d'exploitation de l'aire d'étude (déplacement, alimentation, reproduction, repos) ;
- la connaissance du secteur de l'aire d'étude, acquise par les divers projets traités par Écosphère sur l'ensemble de la région depuis plus de 25 ans.

Sur la base de ces éléments d'analyse et des observations faites sur l'aire d'étude (indices de passage (féces, traces d'alimentation, poils, enregistrement automatique de chauves-souris, couloirs migratoires...), un niveau d'enjeu fonctionnel peut être attribué.

Cinq niveaux d'enjeu fonctionnel sont définis.

Un habitat ou ensemble d'habitats se voit attribuer un niveau d'enjeu fonctionnel s'il joue au moins l'un des deux rôles fonctionnels. Ex. un ensemble d'habitats a un niveau d'enjeu fonctionnel « Assez fort » s'il a une capacité d'accueil d'intérêt infrarégional, et/ou s'il joue un rôle dans les continuités écologiques à l'échelle locale.

Écosystèmes terrestres - Méthodologie

9.1	<i>État initial</i>	76
9.2	<i>Incidences sur les écosystèmes</i>	95



9.1 État initial

9.1.1 Périodes d'inventaires

Les inventaires, réalisés pendant les périodes favorables du calendrier écologique, ont été assurés par les équipes d'ÉCOSPHÈRE et du CPIE Sud Champagne.

Les dates d'intervention pour chaque groupe correspondent aux périodes où ces groupes s'expriment particulièrement. De même, les observateurs sont des spécialistes intervenants pour ces inventaires.

Tableau 9-1 *Détail des investigations de terrain*

Groupes ciblés	Intervenants	Dates de passage	Conditions météo	Techniques
Flore, habitats naturels et zones humides	Jean SAUSSEY	27-28-29 avril 2021	Ensoleillé, 0/14°C	Sondages pédologiques à la tarière manuelle Cartographie des habitats et des zones humides via des relevés phytoécologiques Inventaires botaniques Recherche des espèces exotiques envahissantes
		03-04 juin 2021	Ensoleillé, 13/24°C	
		29-30 juillet 2021	Éclaircies, 19°C	
		23-24 septembre 2021	Ensoleillé, 10/24°C	
Mammifères terrestres et semi-aquatiques	Emmanuel FERY & Axel COMPTANT	17 février 2021	Couvert, de 6 à 10° C, éclaircies	Pose des pièges photographiques et recherche d'indices de présence.
	Emmanuel FERY	26 février 2021	Couvert, 8 à 9 °C, pluie intermittente	Relevés des pièges photographiques et recherche d'indices de présence.
	Emmanuel FERY & Astrid MICKAELSSON	02 mars 2021	Dégagé, 4 à 15°C, belles éclaircies	Repérage pour pose des nichoirs à Muscardin et recherche d'indices de présence.
	Emmanuel FERY & Maéva ROBLIN	04 mars 2021	Dégagé, 7 à 13°C	Pose des nichoirs à Muscardin et recherche d'indices de présence.
	Emmanuel FERY	18 mars 2021	Légèrement couvert, 0 à 6°C	Relevé et pose de pièges photographiques ; recherche d'indices de présence
	Emmanuel FERY	23 mars 2021	Dégagé, 1 à 10°C	Relevé et pose de pièges photographiques ; recherche d'indices de présence

Groupes ciblés	Intervenants	Dates de passage	Conditions météo	Techniques
	Emmanuel FERY	29 avril 2021	Couvert, 7 °C	Relevé des pièges photographiques et recherche d'indices de présence.
	Emmanuel FERY	26 mai 2021	Couvert, 9 à 10 °C	Contrôle des nioirs à Muscardin et recherche d'indices de présence
	Emmanuel FERY	03 juin 2021	Couvert à dégagé ; <16 à 24 °C	Relevé et pose de pièges photographiques ; contrôle des nioirs à Muscardin ; recherche d'indices de présence.
	Emmanuel FERY	16 juin 2021	Dégagé, 18 à 27 °C	Pose des pièges photographiques, Contrôle des nioirs à Muscardin.
	Emmanuel FERY	23 juillet 2021	Couvert, 16 à 27 °C	Relevé et pose de pièges photographiques ; recherche d'indices de présence
	Emmanuel FERY	27 septembre 2021	Couvert, 9 à 20 °C	Pose des pièges photographiques et recherche d'indices de présence
	Emmanuel FERY	30 septembre 2021	Non relevé	Retrait des nioirs à Muscardin et recherche d'indices de présence
	Emmanuel FERY	29 octobre 2021	Dégagé à couvert	Relevé des pièges photographiques et recherche d'indices de présence
	Tous les passages faune			Observations directes et recherche d'indices de présence
Chauves-souris	Olivia GARCIN	20 mai 2021	Nébulosité 90%, 15 °C-13 °C, vent nul, lune premier quartier	Enregistrement d'ultrasons (points d'écoute et transects actives)
		21 juillet 2021	Brume, 19 °C-14 °C, vent nul, lune gibbeuse croissante	
		25 août 2021	Nébulosité 0%, 16 °C-13 °C, vent nul, lune gibbeuse décroissante	
		21 juin au 9 juillet 2021	-	Enregistrement d'ultrasons (enregistrements automatiques Batcorders)

Groupes ciblés	Intervenants	Dates de passage	Conditions météo	Techniques
		30 juillet au 18 août 2021	-	
Oiseaux nicheurs	Guillaume DUMONT	22 & 23 avril 2021	Ensoleillé, 4 à 19 °C, vent faible	Recherche à vue (à l'aide de jumelles) et auditive de jour (points et transects d'écoute et d'observation)
		12 mai 2021	Ensoleillé avec quelques nuages, 7 à 18 °C, vent faible	
		31 mai & 1er juin 2021	Ensoleillé, 8 à 27 °C, vent faible	
		25 juin 2021	Ensoleillé avec quelques nuages, 13 à 23 °C, vent faible	
		22 avril 2021	Ciel dégagé, 4 à 19 °C, vent faible	Inventaire crépusculaire et nocturne (points d'écoute + transect)
Oiseaux migrateurs		16 mars 2021	Couvert puis légère pluie dans l'après-midi, 2 à 7 °C, vent faible	Recherche à vue (à l'aide de jumelles) et auditive de jour (points d'écoute et d'observation)
		22 & 23 avril 2021	Ensoleillé, 4 à 19 °C, vent faible	
		23 septembre 2021	Ensoleillé, 8 à 21 °C, vent faible	
		27 octobre 2021	Ensoleillé, 6 à 17 °C, vent faible	
Oiseaux hivernants			11 janvier 2021	Ensoleillé, -7 à 2 °C, vent nul
Amphibiens	Stéphane BELLENOUE & Ninon CHINAL	18 février 2021	Couvert, quelques averses, T°C à 20 h : 10 °C	Inventaire nocturne, recherche d'individus en transit
		4 mars 2021	Couvert, pluie, T°C à 20 h : 9 °C	Inventaire nocturne, recherche d'individus en transit
		16 mars 2021	Couvert, quelques averses, T°C à 20 h : 6 °C	Inventaire nocturne, recherche d'individus en transit

Groupes ciblés	Intervenants	Dates de passage	Conditions météo	Techniques
		15 avril 2021	Partiellement couvert, T°C à 20 h : 9 °C	Inventaire nocturne des mares recensées sur la zone d'étude (pose de nasses immergées)
	Ninon CHINAL & Nicolas SALVI	20 avril 2021	Ciel dégagé, T°C à 20 h : 15 °C	Inventaire nocturne des mares recensées sur la zone d'étude (pose de nasses immergées)
		20 et 21 avril 2021	Ciel dégagé, T°C à 7 h : 10 °C	Inventaire nocturne et diurne des bassins d'orage et de décantation sur le site du Cires (pose de nasses flottantes)
		22 avril 2021	Ciel dégagé, T°C à 20 h : 15 °C	Inventaire nocturne des mares recensées sur la zone d'étude (pose de nasses immergées)
		23 avril 2021	Ciel dégagé, T°C à 10 h : 8 °C	Inventaire diurne des bassins d'orage et de décantation sur le site du Cires (pose de nasses immergées)
	Stéphane BELLENOUE & Ninon CHINAL	29 avril 2021	Partiellement couvert, T°C à 10 h : 10 °C	Inventaire diurne des bassins d'orage et de décantation sur le site du Cires (pose de nasses immergées)
	Ninon CHINAL & Nicolas SALVI	30 avril 2021	Partiellement couvert, T°C à 14 h : 14 °C	Inventaire diurne à la recherche d'habitats favorables au Sonneur à ventre jaune
		21 mai 2021	Partiellement couvert, T°C à 20 h : 16 °C	Inventaire nocturne à la recherche de Sonneur à ventre jaune
		11 juin 2021	Partiellement couvert, T°C à 13 h : 23 °C	Inventaire diurne à la recherche de Sonneur à ventre jaune
	Ninon CHINAL	20 juillet 2021	Ciel dégagé, T°C à 18 h : 26 °C	Inventaire diurne à la recherche de Sonneur à ventre jaune
Reptiles	Ninon CHINAL & Emmanuel FERY	8 et 9 février 2021	Couvert, T°C à 9 h : 0 °C	Pose des plaques à reptiles sur l'aire d'étude
	Ninon CHINAL & Nicolas SALVI	22 avril 2021	Ciel dégagé, T°C à 14 h : 16 °C	Relève des plaques à reptiles
		20 mai 2021	Partiellement couvert, T°C à 14 h : 16 °C	Relève des plaques à reptiles

Groupes ciblés	Intervenants	Dates de passage	Conditions météo	Techniques
		25 juin 2021	Partiellement couvert, T°C à 13 h : 23 °C	Relève des plaques à reptiles
	Ninon CHINAL & Henriette WORMS	26 août 2021	Couvert, T°C à 13 h : 15 °C	Relève des plaques à reptiles
	Ninon CHINAL	23 septembre 2021	Ciel dégagé, T°C à 15 h : 21 °C	Relève des plaques à reptiles
	Tous les passages faune			Observations directes et recherche d'indices de présence
Insectes	Guillaume DUMONT	12 mai 2021	Ensoleillé avec quelques nuages, 7 à 18 °C, vent faible	Recherche à vue (y compris à l'aide de jumelles) et auditive, de jour ; Capture au filet à insectes ; Examen visuel des plantes-hôtes potentielles ; Écoutes nocturnes
		25 juin 2021	Ensoleillé avec quelques nuages, 13 à 23 °C, vent faible	
		04 août 2021	Couvert avec éclaircies en matinée et 2ème partie d'après-midi, 16 à 21 °C, vent faible	
		23 septembre 2021	Ensoleillé, 22 °C, vent faible	

Les expertises de terrain se sont déroulées en période optimale (en termes de saisonnalité et de conditions climatiques) pour l'ensemble des groupes taxonomiques et thématiques étudiées.

Par conséquent, l'état initial présenté repose sur des données naturalistes robustes permettant une évaluation des enjeux écologiques et réglementaires représentatifs des milieux naturels en présence.

9.1.2 Inventaire de la flore et caractérisation des habitats

Les prospections ont été orientées vers la localisation de stations d'espèces patrimoniales et d'habitats remarquables. Le calage des périodes d'inventaires a reposé sur la mise en œuvre de recherches ciblées d'espèces à enjeu et/ou protégées, en fonction de leurs phénologies et des milieux concernés.

Les inventaires floristiques et phytoécologiques ont été effectués sur l'ensemble de l'aire d'étude lors de 4 sessions de passages en 2021 : les 27-28-29 avril, les 3-4 juin, les 29-30 juillet et les 23-24 septembre. Une cartographie a pu être réalisée ensuite en délimitant ces habitats grâce à l'analyse des photos aériennes et aux observations in situ.

9.1.2.1 Réalisation des relevés floristiques

La stratégie d'échantillonnage proposée dans le cadre de la présente étude associe un échantillonnage stratifié multicritères et un échantillonnage systématique.

Dans un premier temps, l'échantillonnage stratifié multicritères a conduit à identifier les différentes situations à explorer. Cet échantillonnage s'est fondé sur l'identification des groupements végétaux homogènes : à un groupement végétal homogène correspond des conditions écologiques stationnelles précises en termes de type de végétation (friche pionnière mésohygrophile, végétation hygrophile, boisement rudéral, pelouse calcicole...), de caractéristiques édaphiques (granulométrie, bilan hydrique des sols), ou encore de niveau de perturbation (friches, zones en dynamique, zones stables...).

Dans un second temps, un échantillonnage systématique a consisté à multiplier les parcelles échantillonnées de manière à appréhender l'hétérogénéité du site et disposer d'une bonne représentativité du cortège floristique, dans les différentes situations écologiques.

À chacune des phases, l'inventaire a consisté à établir la liste des espèces présentes sur les parcelles échantillonnées. La surface des relevés est définie par la notion d'aire minimum : lorsque, en doublant la surface prospectée, on ne relève plus d'espèces nouvelles, on peut estimer que l'évaluation de la composition floristique d'un groupement est proche de l'exhaustivité. Les listes d'espèces relevées ont été confrontées aux listes d'espèces remarquables, protégées ou menacées selon la réglementation en vigueur :

- espèces d'intérêt communautaire nécessitant une protection stricte dans les États membres : annexe IV de la directive Habitats (directive 92/43/CEE du 12 mai 1992) ;
- espèces protégées en France : arrêté du 20 janvier 1982 modifié par l'arrêté du 31 août 1995 ;
- espèces protégées en région Champagne-Ardenne : arrêté ministériel du 8 février 1988 ;
- espèces menacées : Livre Rouge de la flore menacée de France (Muséum National d'Histoire Naturelle), listes rouges UICN.

9.1.2.2 Cartographie des habitats naturels

Le but de cette analyse est de caractériser la nature des groupements végétaux présents, et de localiser les secteurs à forte valeur patrimoniale caractérisés par la présence d'habitats naturels remarquables, au sens de la directive Habitats (annexe I de la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992).

À partir des relevés floristiques, les unités phytosociologiques supérieures identifiées dans le prodrome des végétations de France (BARDAT *et al.*, 2004) ont été distinguées. Les correspondances entre les unités de végétation présentes sur le terrain avec les unités phytosociologiques et la typologie d'habitats naturels ont été établies à partir des listes d'espèces relevées sur site. L'identification des habitats naturels d'intérêt communautaire est fondée sur les nomenclatures officielles (Corine Biotopes, EUNIS et Natura 2000). Les cahiers d'habitats d'intérêt communautaire (Documentation française, 2001 – 2005) constituent les ouvrages de référence pour la réalisation de ce travail.

9.1.3 Inventaire des oiseaux

Les recherches de terrain (observations directes visuelles et auditives selon des itinéraires échantillons et par points d'écoute) ont permis d'établir un inventaire qualitatif des oiseaux fréquentant l'aire d'étude et ses abords en distinguant :

- les oiseaux nicheurs sur l'aire d'étude ;
- les oiseaux non nicheurs (estivants, hivernants et migrateurs ou erratiques) observés sur l'aire d'étude.

Concernant les oiseaux nicheurs, il a été réalisé, en plus de l'inventaire qualitatif, un inventaire quantitatif par points d'écoutes selon la méthode dite Indice Ponctuel d'Abondance (IPA) (Blondel *et al.*, 1973). Cet indice est établi sur la base de la mise en place de points d'écoute de durée et d'emplacement fixes en période de reproduction. Ainsi, 15 points d'écoutes de 10 min et séparés les uns des autres par au moins 300 mètres ont été réalisés. Ces points d'écoute sont suivis lors de deux sessions espacées de 4 semaines minimum durant le printemps :

- une 1^{re} session, réalisée les 22 et 23 avril, permettant de bien identifier les espèces sédentaires et les migrateurs précoces ;
- une 2^e session, réalisée les 31 mai et 1^{er} juin, permettant de dénombrer les migrateurs plus tardifs.

L'ensemble des oiseaux entendus ou vus, sont identifiés. Chaque contact est coté de la façon suivante (Müller, 1985 ; Leroux, 1989) :

Tableau 9-2 Modalités de cotation des oiseaux nicheurs (protocole IPA)

Équivalence selon BLONDEL, FERRY & FROCHOT, 1970 ; MÜLLER, 1985 ; LEROUX, 1989		Cotation
oiseaux simplement vus ou entendus criant	½ couple	0,5
mâles chantant	1 couple	1
oiseaux bâtissant	1 couple	1
groupes familiaux	1 couple	1
nids occupés	1 couple	1

Ces cotations servent à évaluer l'abondance relative des espèces : pour chaque espèce et chaque point d'écoute, la somme de ces cotations est comparée entre les 2 sessions. La plus forte des 2 valeurs obtenues constitue l'IPA de l'espèce pour la station et l'année considérée.

L'inventaire de l'avifaune peut être considéré comme proche de l'exhaustivité pour les nicheurs. Les périodes d'inventaires s'avèrent optimales pour le recensement des oiseaux nicheurs, certains débutant de manière précoce (en mars et avril) et d'autres s'étalant tardivement jusqu'en juillet. L'ensemble de l'aire d'étude a été parcouru à pied. Des suivis nocturnes, basés sur l'écoute ont complété l'information diurne. Une recherche des nids a été opérée pour localiser précisément les enjeux. Les enjeux ornithologiques de l'aire d'étude peuvent donc être évalués. La fréquentation par les oiseaux migrateurs, estivants ou hivernants est évaluée à partir des inventaires de début de printemps et de l'automne.

9.1.4 Inventaire des mammifères terrestres et semi-aquatiques

Du fait de leur activité essentiellement nocturne et leur discrétion vis-à-vis de l'Homme, il s'agit d'un groupe difficile à inventorier de façon exhaustive.

Pour le suivi des mammifères, chaque opérateur a noté toutes observations directes ou d'indices de présence (terriers, empreintes, fèces, crottes, coulées...) lors des prospections des autres taxons.

Les espèces ciblées par l'inventaire ont été prioritairement les espèces protégées (enjeu réglementaire) : Hérisson d'Europe, Écureuil roux. Par ailleurs, il était demandé dans le cahier des charges de rechercher plus particulièrement 5 espèces, présentes localement et susceptibles de fréquenter l'aire d'étude :

- le Chat forestier ;
- le Putois d'Europe ;
- le Muscardin (espèce protégée) ;
- la Crossope aquatique (espèce protégée) ;
- le Campagnol amphibie (espèce protégée).

Pour détecter la présence de ces espèces à enjeu, des techniques spécifiques de détection par pièges photographiques et nichoirs spécifiques (pour le Muscardin) ont été mobilisées.

Le Campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) n'est pas distinguable du Campagnol terrestre (*Arvicola terrestris*) en phase aquatique sans capture. Sa présence en Champagne humide n'est documentée que par l'analyse d'ossements contenus dans des pelotes de réjection de rapaces nocturnes. Depuis ces données anciennes antérieures à 2000, le Campagnol amphibie n'a été détecté que dans le sud-ouest du département de la Marne.

9.1.4.1 Pièges photographiques

Des pièges photographiques ont été spécifiquement posés pour la détection des espèces élvives attendues. Il s'agit en particulier des mustélidés : Belette (*Mustela nivalis*), Hermine (*Mustela erminea*), Putois d'Europe (*Mustela putorius*), Martre des pins (*Martes martes*), Fouine (*Martes foina*) et du Chat forestier (*Felis sylvestris*). La détection de ces espèces a été réalisée à l'aide de 3 pièges photos. Le recours à des appâts carnés pour attirer les petits carnivores a été utilisé.

Les appareils ont été déployés à compter du 17 février 2021 sur l'emprise du Cires en amont de la période de début de campagne déterminée afin de détecter précocement les espèces de mammifères terrestres ainsi que leurs déplacements. L'ensemble des dates de pose et de relevé des pièges photographiques sont renseignées dans le Tableau 9-1.

Les périodes de pose des pièges photographiques ont été modulées en fonction des résultats des prises de vues (nombre et espèces), de la détection de possibles portées de mammifères terrestres autour et au sein de l'enceinte du Cires, et des observations directes. Ainsi par exemple la partie nord du Cires a été plus prospectée par pièges photographiques afin de déterminer les passages entre la lisière du boisement et l'enceinte du Cires et préciser s'il y avait de la reproduction d'espèces protégées (Chat forestier notamment) au sein du Cires (terris).

L'un des pièges photographiques STC n°1 a été adapté pour la recherche spécifique du Crossope aquatique (*Neomys fodiens*). C'est une technique alternative sans capture qui ne nécessite donc pas de demande de dérogation au titre de la protection des espèces. La distance minimale de mise au point étant d'une vingtaine de centimètres, une bouteille en plastique découpée a été placée devant l'objectif et les leds d'éclairage, avec un appât composé de graines et de vers de farine.

La proximité des cours d'eau et des plans d'eau a été privilégiée ; les appareils étant installés en lisière de bois, en rive de fossé ou à proximité d'arbres couchés constituant des passerelles naturelles au-dessus des rus. Ce piège a été installé particulièrement sur le ru du Courgain, et déplacé plusieurs fois le long du ru (toutefois la localisation exacte du piège photographique sur le ru de Courgain par GPS n'a pas été relevée à chaque fois).

La pression d'observation a été accentuée au nord-ouest de l'aire d'étude afin de détecter des déplacements des mammifères terrestres entre le boisement et l'enceinte du Cires à la suite du constat fait de déplacements importants de mammifères terrestres sur ce secteur en particulier, la détection d'une portée de Renard roux dans un tas de terre dans l'enceinte du Cires. Ce renforcement de la pression d'observation sur cette zone a eu pour objectif de détecter une éventuelle reproduction du Chat forestier au sein de l'enceinte du Cires. Un piège photographique a été placé le 16/06/2021 au sein du Cires proche de terrier de Blaireau européen afin de détecter la reproduction de cette dernière espèce ou

la présence de portée de Chat forestier au sein de cette blaireautière. Les passages de mammifères terrestres sous le grillage de l'enceinte du Cires ont été relevés.

9.1.4.2 Nichoirs à Muscardin

Le Muscardin (*Muscardinus avellanarius*) fréquente les zones buissonnantes possédant une grande variété d'essences, avec notamment des arbustes à baie. Une bonne façon de les détecter est de poser des nichoirs spécifiques. Vingt nichoirs spécifiques pour la recherche du Muscardin ont été installés sur l'aire d'étude en recherchant l'habitat favorable, association du *Rubo fruticosi-Prunetum spinosae*. Le contrôle de ces nichoirs a eu lieu au moins 3 fois au cours de la période de suivi. Chaque nichoir a été localisé par GPS et numéroté.

9.1.5 Inventaire des chauves-souris

Pour étudier les espèces de chauves-souris présentes sur la zone d'étude, plusieurs méthodologies ont été mises en œuvre :

- un protocole d'écoute active ;
- un protocole d'écoute passive ;
- une estimation du potentiel des gîtes arboricoles.

L'effort de prospection a été de trois passages d'écoute active et de 2 campagnes d'écoute passive. Les 2 campagnes d'écoute passive ont eu lieu entre juin et août 2021. Les campagnes de prospections actives ont été menées au cours des 3 périodes importantes du cycle biologique des chauves-souris :

- 1 passage en mai, en fin de période de transit printanier ;
- 1 passage en juillet, en période d'émancipation des jeunes ;
- 1 passage en août, correspondant à la période de transit automnal, de migration, d'accouplement et d'engraissement.

La compilation de ces techniques permet l'évaluation de l'activité, de la diversité et de la richesse spécifiques ainsi que de l'occupation spatiale des espèces.

9.1.5.1 Points d'écoute active

Le protocole utilisé s'appuie fortement sur la méthodologie de suivi des populations de chiroptères utilisée par Becu et Fauvel (2002) dans le cadre d'une étude sur des étangs piscicoles (Boulet M. et Durupt J., 2002). L'identification de la séquence de cris se fait au plus précis en fonction du recouvrement acoustique des espèces. Lorsqu'une séquence ne peut être identifiée à l'espèce, c'est le groupe d'espèces qui est identifié. Compte tenu des difficultés de dénombrement des individus, celui-ci se base sur la présence ou l'absence de contacts par unité de temps (la minute est retenue dans cette étude). La durée d'écoute pour chaque point est définie à 10 minutes. Les résultats s'expriment en indice d'activité par groupe d'espèces exprimé en fréquence (nombre de minute où le groupe a été contacté/nombre de minutes total). Ainsi l'activité est considérée comme forte quand 8 à 10 min sont positives pour une même espèce sur le même point d'écoute (8/10, 9/10 ou 10/10). L'activité est moyenne quand 5 à 7 minutes sont positives (5/10, 6/10 ou 7/10), faible quand 1 à 4 minutes sont positives (1/10, 2/10, 3/10 ou 4/10) et nulle quand aucun contact n'a été fait (0/10). En fonction des caractéristiques des cris enregistrés, il est parfois possible de déterminer le comportement des individus.

Ce protocole nécessite l'utilisation du détecteur d'ultrasons avec la fonction hétérodyne (disponible sur la plupart des détecteurs ultrasons). Pour cette étude, la double fonction « hétérodyne » et « expansion de temps » des détecteurs Petterson D240X a été utilisée. Le mode « expansion de temps », qui enregistre les signaux en « étirant le temps » (les oscillations sont donc élargies et les signaux plus informatifs), permet une détermination spécifique pour un plus grand nombre de contacts.

Les contacts susceptibles de présenter un intérêt sont ensuite enregistrés en format wav sur un lecteur numérique (ZOOM H4) puis analysés à l'aide du logiciel BATSOUND® ou BCIdent®.

9.1.5.2 Transects d'écoute active

Cette technique s'inspire du programme de suivi des chauves-souris communes, élaboré par le Muséum National d'Histoire Naturelle (Programme Vigie Nature, Kerbiriou, 2006), mais a été adaptée au contexte (identification spécifique recherchée).

L'opérateur se déplace à pied le long des chemins un détecteur Petterson D240X à la main. Chaque contact le long des transects a été géolocalisé grâce à un GPS GARMIN Etrex 20x. Comme pour les points fixes, la détermination à l'espèce est possible dans un grand nombre de cas. Les contacts susceptibles de présenter un intérêt sont ensuite enregistrés en format wav sur un lecteur numérique (ZOOM H4) puis analysés à l'aide du logiciel BATSOUND® ou BCIdent®.

Cette technique a pour mérite de couvrir au maximum les zones ouvertes dans un temps limité et de surveiller l'utilisation des zones de cultures par les chauves-souris. Dans bien des cas, elle permet de multiplier la couverture des linéaires de haies ou de bosquets ainsi que des prairies, secteurs où les chauves-souris se trouvent le plus souvent en chasse ou en transit.

9.1.5.3 Points d'écoute passive

Cette méthode de détection, d'identification et surtout de mesure d'activité des chiroptères en vol, repose sur l'enregistrement automatique des signaux détectés. Le mode de transformation en expansion de temps des ultrasons permet l'identification spécifique.

D'une part, le Batcorder est conçu pour fonctionner automatiquement (sans manipulateur) et d'autre part, il permet de contacter et d'identifier de façon certaine les espèces réputées difficiles à l'aide d'un détecteur Pettersson, en particulier les espèces de Rhinolophes.

Les sons enregistrés sont ensuite triés par le logiciel BCAdmin®. Cette méthode permet d'identifier les espèces passant à proximité du détecteur. Pour la mesure de l'activité des chauves-souris, il ne s'agit pas de fréquences absolues. En effet, un individu isolé peut entraîner une forte activité au même titre qu'un grand nombre d'individus avec un passage bref à portée du micro.

Des enregistrements automatiques ont été effectués sur 6 points fixes à raison de 2 campagnes, entre juin et août. L'appareillage a été laissé en place sur des périodes de 3 nuits minimum.

Les Batcorders fonctionnent avec les réglages suivants : seuil -27 dB, qualité 20, fréquence critique 16, posttrigger 400 ms.

Compte tenu de la surface de la zone d'implantation potentielle, 6 points d'écoute passive et 7 points d'écoute active ont été définis. Tous les milieux naturels et semi-naturels de la zone d'étude sont échantillonnés. Les points d'écoute sont localisés de préférence sur les zones potentiellement attractives pour une large majorité d'espèces, à savoir les lisières des forêts, les haies, les points d'eau, etc. Ils donnent un aperçu de la diversité chiroptérologique locale.

Les transects correspondent en général aux chemins empruntés pour rejoindre les points d'écoute. Pour cette étude, 2 transects ont été définis.

Dans la mesure du possible, tous les points d'écoute et tous les transects sont suivis à chaque campagne. Selon les conditions météorologiques du moment et la praticabilité des chemins, le protocole peut être adapté (points d'écoute non réalisés, changement du cheminement...).

9.1.5.4 Évaluation du potentiel des gîtes arboricoles

En France, certaines espèces de chauves-souris sont arboricoles ; c'est-à-dire qu'elles effectuent une partie ou la totalité de leur cycle biologique dans les arbres. Elles les utilisent en tant que gîtes d'étape durant leurs nuits de chasse ou au cours de leurs migrations printanières et automnales. En été, les femelles installent leur colonie de parturition (mise-bas) dans des cavités ou fissures des arbres. Les mâles ne font pas parti de ces colonies mais s'installent à proximité. D'autres espèces passent également l'hiver dans les cavités, fissures ou décollement d'écorce.

Ainsi, les arbres adéquats peuvent abriter des chauves-souris tout au long de l'année. L'élagage non contrôlé ou la disparition de ces arbres gîtes entrainerait la dispersion et le départ des colonies dus à la perte de leur habitat.

Une recherche d'arbres gîtes potentiels a été réalisée par l'ONF les 15 et 16 février 2022, selon la méthodologie décrite à la suite :

La phase de repérage des gîtes potentiels se déroule en hiver. L'absence de végétation à cette époque permet un meilleur repérage des gîtes qui peuvent facilement être cachés sous le feuillage à partir du printemps.

De façon théorique, selon les études réalisées dans d'autres régions, plus de 50 % des gîtes arborés repérés en hiver se sont avérés occupés par les chauves-souris au moins une partie de l'année (PENICAUD, 2000).

L'objectif est d'évaluer le plus finement possible les capacités potentielles en gîtes au regard des cavités disponibles, par type de cavité (TILLON, 2008).

En effet, de nombreux facteurs peuvent influencer sur la présence ou non de chauves-souris dans un arbre. Il est ainsi nécessaire d'avoir auparavant pris connaissance de ces différents facteurs pour la sélection des arbres. Ainsi, l'utilisation de la grille d'évaluation construite à partir de diverses sources (Meschede & Heller, 2003 ; Pénicaud, 2000 ; Tillon, 2008...) a permis une sélection des arbres selon leur potentialité vis-à-vis des gîtes.

Cette grille théorique fonctionne suivant un système de seuils. Trois classes de potentialité ont été définies suivant les critères de l'arbre :

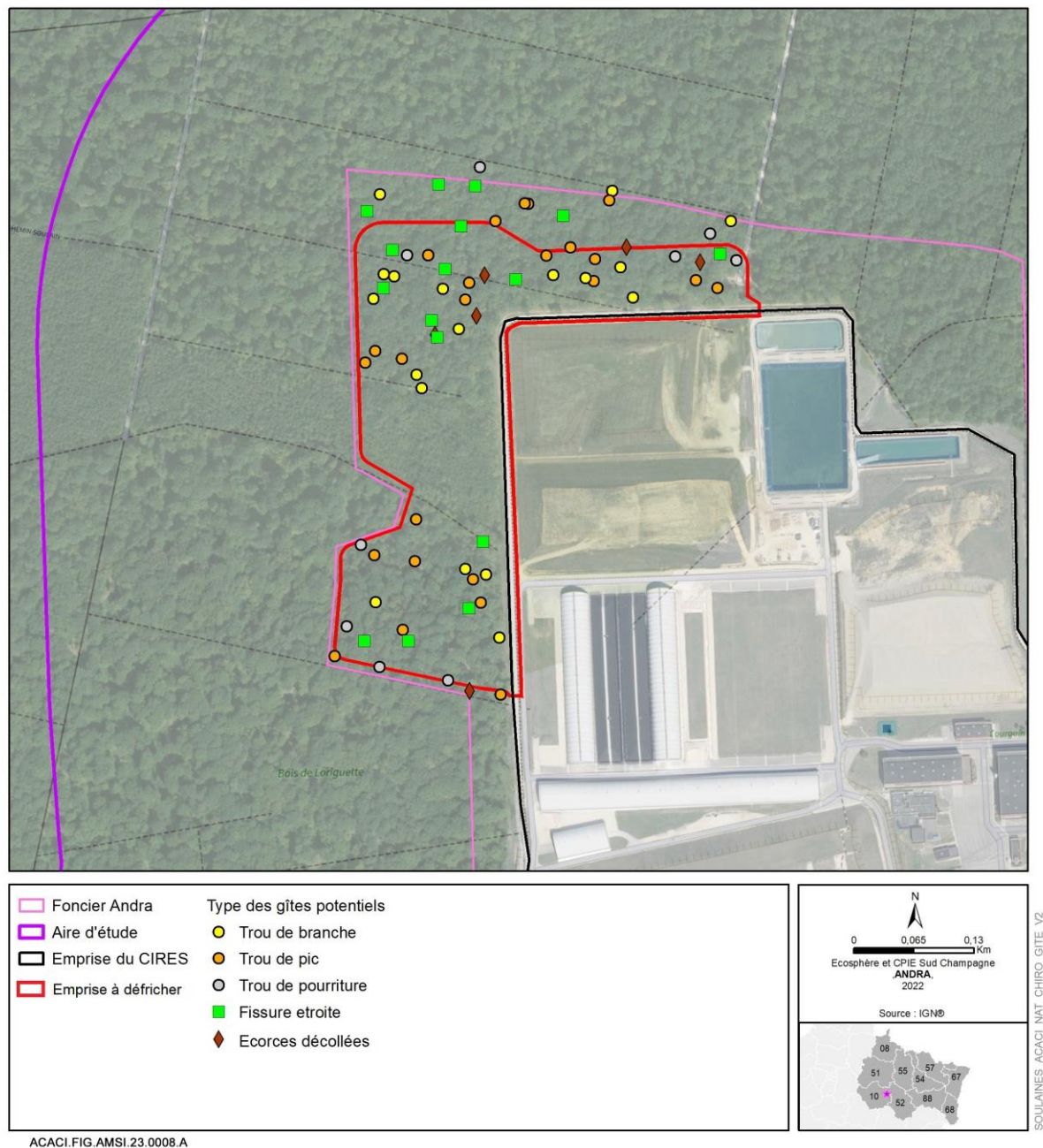
- Classe 1 : au moins 3 critères « Très favorable » ;
- Classe 2 : au moins 5 critères « Favorable » ;
- Classe 3 : seulement 1 critère « Très favorable » ou 2 critères « Favorable »

Tableau 9-3 Grille d'évaluation des potentialités en arbres gîtes

		Très favorable	Favorable	Peu favorable
Arbre	Essence	Feuillu très favorable (chêne, hêtre...)	Autre feuillu	Résineux
	Diamètre	> à 60 cm	Entre 30 et 60 cm	< à 20 cm
	Lierre	Dense	Moyen	-
Environnement de l'arbre	Type de forêt	Feuillus exclusivement	Mixte à dominante feuillus	Mixte à dominante conifères
	Gestion forestière	Diversité en âge, présence de vieux arbres isolés ou en îlots	Diversité en âge mais absence de vieux arbres	Jeune parcelle avec semenciers
	Eau et lisière	Présence d'un point d'eau et d'une lisière à moins de 25 m	Présence d'un point d'eau ou d'une lisière à moins de 25 m	Présence d'un point d'eau ou d'une lisière à moins de 100 m
	Réseau	Autres arbres favorables dans un rayon de 50 m	Autres arbres favorables dans un rayon de 100 m	-
Gîte	Hauteur de la cavité	Plus de 2 m de haut	Plus de 1 m de haut	-
	Type et ouverture	Cavité : Fissure étroite, trou de pic (simple ou double)	Cavité : trou de pourriture, trou insertion branche ou anfractuosités : fentes, écorces décollées...	Aucune cavité, fissure, écorce décollée... visible
	Profondeur de la cavité au-dessus de l'ouverture	> à 45 cm	Entre 20 et 45 cm	< à 20 m

Les arbres vivants sont davantage prisés par les chauve-souris, mais certains arbres morts possédant de belles cavités peuvent servir de gîtes pour certaines espèces. L'emprise de la future zone de dépôt des terres a ainsi été prospectée.

Les résultats (pointages des arbres et type de gîte potentiel) sont présentés ci-après.



Seules les classes 1 et 2 sont retenues dans le pointage des arbres. De plus, l'estimation de la potentialité d'accueil peut être faite grâce aux écoutes passives.

Les contacts de chauves-souris effectués en début de nuit ou avant le coucher du soleil indiquent la présence de gîte à proximité du point d'écoute. Les individus contactés peuvent être des mâles solitaires ou des femelles en colonie ainsi que des jeunes volants.

9.1.6 Inventaire des amphibiens

Pour les amphibiens, les prospections sont ciblées sur les secteurs potentiels de reproduction et de déplacement. Plusieurs points d'eau (bassins, mares, fossés, dépressions, trous, rus...) sont présents sur l'aire d'étude. Les parcelles semblent peu favorables aux amphibiens mais les plans d'eau adjacents constituent des sites potentiels pour leur reproduction.

Les prospections seront basées sur 4 méthodes de détection des amphibiens :

1. Le piégeage des adultes d'urodèles à l'aide de nasses passives de type nasse à poissons chats dans les mares, bassins de pré-décantation, bassins de décantation et bassin d'orage en mars et avril (nécessite une autorisation de capture d'espèces protégées dont le CPIE a fait la demande) ;
2. La recherche par prospections à la lampe torche dans les points d'eau, en mars et avril ;
3. La recherche par prospections nocturnes sur les voies carrossables (phase terrestre) en période de migration (de mi-février à fin mars) par temps de pluie ;
4. La recherche par prospections diurnes et crépusculaires en période de reproduction, en mai et juin, dans les habitats potentiellement occupés par le Sonneur à ventre jaune ;

Les individus capturés ou observés (en fonction des méthodes) ont été comptabilisés dans l'éventualité d'estimer une population minimale en période de reproduction.

Alors que la détection à vue des individus est aisée dans une pièce d'eau de faible superficie comme une mare abreuvoir et dont l'eau est limpide, elle devient difficile voire impossible dans les plans d'eau de grandes tailles ou turbides. Ainsi, selon les configurations des points d'eau, les méthodes 1, 2 et 4 citées précédemment ont été utilisées ou une combinaison des trois.

Les prospections à la nasse ont eu lieu de jour (début ou fin de journée). Le piégeage diurne par nasse a donné de très bons résultats de détection des espèces d'urodèles (tritons) (Bellenoue S. & Fradin E., 2013) et a permis de conforter son usage en journée notamment à la suite d'une expérimentation sur un cycle de 24 heures mené par Rondel S. et Ternois V. en 2009 (2012).

Trois nasses ont été utilisées par points d'eau de type mare ou tous les 50 mètres de berges pour les plans d'eau plus vastes. Entre 3 et 12 nasses ont été utilisées sur les points d'eau.

Celles-ci doivent être immergées à faible profondeur et à proximité d'abris naturels (herbiers, embâcles).

Dans le cadre de la présente étude, les recommandations de C. MIAUD (2016), avec 3 passages par point d'eau (dont bassins techniques) ont été suivies.

L'interprétation des résultats prend en compte essentiellement la notion de présence/absence de l'espèce et d'habitats favorables. Les effectifs permettent d'apprécier l'importance de la population.

Trois campagnes de prospections nocturnes ont été menées de mi-février à fin mars pour détecter les déplacements d'amphibiens sur toutes les voies carrossables de l'aire d'étude (route d'accès et chemin de ronde). Les prospections ont été réalisées à l'aide d'un véhicule et ont été réparties sur toute cette période printanière pour contacter l'ensemble du cortège d'amphibiens, des espèces précoces en février (Grenouille rousse) aux plus tardives fin mars (Triton crêté). Les prospections ont été réalisées uniquement par temps de pluie. Pour chaque individu ou groupe d'individus contactés, les coordonnées géographiques ont été relevées.

Pour le Sonneur à ventre jaune, les prospections ont été réalisées de mai à juin sur toutes les allées forestières et les lisières avec présence de micro-habitats de reproduction : ornières, flaques.... Les prospections ont débuté en mai, les jours où la température atmosphérique de l'après-midi atteignait ou dépassait 21 °C.

9.1.7 Inventaire des reptiles

Les recensements ont été effectués durant la période d'activité des reptiles. Les espèces présentant des enjeux particuliers de conservation ont été particulièrement recherchées (Coronelle lisse, Lézard des souches...). Les inventaires ont été plus particulièrement axés sur la recherche des espèces peu fréquentes (très rares, rares et assez rares).

Les méthodes d'inventaire proposées s'appuient sur les références suivantes :

- GRAITSON E. (2009). – Guide de l'inventaire et du suivi des reptiles en Wallonie. L'Écho des Rainettes. Hors-Série 1. 56 pp.
- Le protocole POP Reptile 1(a) « Méthode combinée à vue & plaque » proposé par la Société Herpétologique de France sera mis en œuvre :
http://lashf.org/wp-content/uploads/2019/10/2_Protocole_POPReptile_V2016.pdf.

Le principe repose sur deux techniques spécifiques :

- Méthode active par prospection à vue en arpentant les milieux favorables (lisières forestières, les ronciers et fourrés, le bord des chemins exposés à l'ensoleillement, ainsi que les abris habituels des reptiles comme les tas de pierres, de bûches, de branches, les amas de feuilles, le dessous des matériaux abandonnés (tôles, planches, bâches plastique, pneus...) ;
- Méthode passive en disposant des abris refuge afin de faciliter la détection de certaines espèces discrètes.

Le protocole « POP Reptile » intègre ces deux techniques.

La pose de plaques est particulièrement efficace pour la détection de 2 espèces potentiellement présentes sur la zone d'étude et connues pour être très discrètes : la Coronelle lisse et l'Orvet fragile. Néanmoins, toutes les espèces de reptiles peuvent être détectées sous des abris artificiels.

Dans le cadre de cette étude, et compte tenu de la difficulté d'inventaire de ce taxon, 10 transects (géoréférencés) de 60 à 150 m de longueur ont été réalisés, équipés de plaques (type bande transporteuse de carrière). Les plaques ont été posées 2 mois avant le début des campagnes d'inventaire et chaque transect a fait l'objet de 5 passages de prospections réparties sur les meilleures périodes de détection, à savoir 3 passages entre le 15 avril et le 15 juin et 2 passages entre le 1er août et le 15 septembre.

Les reptiles ont également été recherchés de manière active par l'ensemble des chargés d'études à l'occasion des différents passages sur site.

9.1.8 Inventaire des insectes

Les inventaires concernent les papillons de jour, les orthoptères, les libellules et les coléoptères. Ils ont été réalisés par conditions météorologiques favorables. Ces groupes ont été recherchés à l'occasion de chaque passage sur site entre avril et septembre 2021.

S'agissant des **papillons de jour**, plusieurs méthodes ont été combinées :

- la « chasse » à vue des imagos, principalement mise en œuvre pour établir la liste la plus exhaustive possible. Ainsi, les adultes volants ont été systématiquement recherchés dans l'ensemble des milieux ouverts, semi-ouverts, en sous-bois et le long des lisières. Des captures ont été réalisées pour identifier certaines espèces délicates ;
- la recherche des chenilles et/ou plantes hôtes, qui permet d'établir l'autochtonie des espèces et de localiser plus précisément leurs habitats. Elles sont recherchées par observation directe dans la végétation herbacée.

S'agissant des **orthoptères**, deux méthodes ont été optées :

- la recherche diurne à vue des adultes, dans l'ensemble des milieux ouverts et semi-ouverts favorables aux orthoptères incluant les végétations des prairies, les lisières thermophiles, les milieux pionniers... Compte tenu du faible potentiel orthoptérologique des boisements, une pression moindre leur a été appliquée. Les quelques espèces inféodées à ces milieux (Grillon des bois, Decticelle cendrée) ont été dans tous les cas détectés en lisières. Les espèces arboricoles (méconèmes, leptophye) ont été recherchées de nuit à la lampe sur la végétation. La capture au filet, avec relâcher immédiat des individus, a été réalisée ;
- l'écoute des stridulations diurnes et nocturnes des adultes. Écoutes directes à l'oreille, en effet la plupart des criquets, grillons et sauterelles émettent des stridulations dans l'audible (émissions inférieures à 20 000 Hz). Ces stridulations sont caractéristiques des espèces et permettent de compléter très efficacement les inventaires à vue.

S'agissant des **odonates**, une approche qualitative a été adoptée, avec l'inventaire à vue des imagos transitant et territoriaux le long des berges, des roselières et des lisières boisées de la zone d'étude. Les milieux aquatiques ainsi que les habitats de maturation constitués par des lisières boisées, voire des milieux ouverts proches (friches...) ont été prospectés. Les preuves d'autochtonies ont été systématiquement recherchées. Les identifications ont été confirmées au besoin par captures au filet à papillons suivies de relâchers systématiques.

S'agissant des **coléoptères saproxyliques**, afin de répondre aux objectifs (recherche des espèces protégées), les prospections ont été menées à travers la recherche d'indice de présence d'adultes en vol ou d'individus au stade larvaire. Cette méthode permet de cibler la détection des espèces caractéristiques (notamment du Grand Capricorne) au sein des habitats favorables.

9.1.9 Définition hiérarchisée des enjeux écologiques

L'évaluation des enjeux écologiques se décompose en 5 étapes :

1. évaluation des enjeux liés aux habitats (enjeux phytoécologiques) ;
2. évaluation des enjeux floristiques (enjeux spécifiques et des habitats d'espèces correspondant au cortège floristique stationnel) ;
3. évaluation des enjeux faunistiques (enjeux spécifiques et des habitats d'espèce) ;
4. évaluation des enjeux fonctionnels ;
5. évaluation globale des enjeux par habitat ou complexe d'habitats (tableau de synthèse).

Les enjeux régionaux ou infrarégionaux sont définis en prenant en compte les critères :

- de menaces (habitats ou espèces inscrites en liste rouge régionale méthode UICN) ;
- ou à défaut, de rareté régionale ou infrarégionale la plus adaptée.

Au final, 5 niveaux d'enjeu sont retenus : « Très fort », « Fort », « Modéré », « Faible » et « Nul à très faible ».

La grille ci-dessous permet d'établir la correspondance entre les niveaux d'enjeux de la méthodologie de l'Andra présentés dans la présente étude d'impact et ceux de la méthode utilisée par Écosphère.

Tableau 9-4 Correspondance entre niveaux d'enjeu de l'Andra et niveaux Écosphère

Niveaux d'enjeu de l'Andra	Correspondance avec les niveaux d'enjeu d'Écosphère
Très fort	Très fort
Fort	Fort
	Assez fort
Modéré	Moyen
Faible	Faible
Nul à très faible	

9.1.9.1 Enjeux phytoécologiques des habitats

Enjeu régional

Tableau 9-5 Évaluation du niveau d'enjeu régional pour les habitats, en fonction du niveau de rareté ou de menace

Menace régionale (liste rouge UICN)	Rareté régionale	Critères en l'absence de référentiels	Niveau d'enjeu régional (Ecosphère)
CR (En danger critique)	TR (Très Rare)	Habitats déterminants de ZNIEFF, diverses publications, avis d'expert (critères pris en compte : la répartition géographique, la menace, tendance évolutive)	Très fort
EN (En danger)	R (Rare)		Fort
VU (Vulnérable)	AR (Assez Rare)		Assez fort
NT (Quasi-menacé)	PC (Peu Commun)		Moyen
LC (Préoccupation mineure)	AC à TC (Assez Commun à Très Commun)		Faible
DD (insuffisamment documenté), NE (Non Évalué)	?	-	Dire d'expert

Enjeu stationnel

Pour déterminer l'enjeu au niveau du site d'étude, on utilisera l'enjeu régional de chaque habitat qui sera éventuellement pondéré (1 niveau à la hausse ou à la baisse) par les critères qualitatifs suivants (sur avis d'expert) :

- état de conservation sur le site (surface, structure, état de dégradation, fonctionnalité) ;
- typicité (cortège caractéristique) ;
- ancienneté/maturité notamment pour les boisements ou les milieux tourbeux.

L'enjeu sera d'autant plus grand que l'habitat sera ancien et peu modifié par les activités humaines. Plusieurs critères sont pris en compte : l'état de conservation des sols et de la végétation, l'intensité de l'activité humaine, le caractère spontané de la végétation, la présence d'espèces invasives... On distinguera :

- Les habitats naturels ou gérés extensivement. Ils occupent des sols anciens pas ou peu modifiés par les activités humaines (boisements, tourbières, formations herbacées pérennes, formations aquatiques...). Ils font l'objet d'une exploitation ancestrale, généralement extensive, qui permet l'expression d'une biodiversité presque exclusivement dominée par des espèces spontanées non anthropiques ;
- Les habitats moyennement artificialisés. Les sols sont partiellement artificialisés mais gardent la majeure partie de leurs fonctionnalités (capacité d'infiltration, échanges hydriques et gazeux, banque de graine du sol...). Ces habitats sont issus d'une activité humaine plus ou moins marquée ayant laissée place à une végétation secondaire de recolonisation dominée généralement pas des espèces spontanées (prairies gérées, plantations d'espèces autochtones, friches de recolonisation...) ;
- Les habitats les plus artificialisés. Les sols sont généralement très artificialisés (remblais, décapage récent...), voire imperméabilisés et ont perdu une partie importante de leurs fonctionnalités. Il s'agit soit de formations dominées largement par des espèces introduites par l'homme (cultures, vergers, plantations, zones engazonnées, berges artificielles...) ou de formations rudérales (friches, sites envahis par des espèces exotiques...) colonisant spontanément des terrains perturbés.

9.1.9.2 Enjeux floristiques et faunistiques

L'évaluation de l'enjeu se fait en deux étapes :

- évaluation de l'enjeu spécifique régional ;
- évaluation de l'enjeu stationnel/habitat.

Enjeux spécifiques régionaux

Ils sont définis en priorité sur des critères de menace ou à défaut de rareté :

- menace : liste officielle (liste rouge régionale) ou avis d'expert ;
- rareté : utilisation des listes officielles régionales. En cas d'absence de liste, la rareté est définie par avis d'expert ou évaluée à partir d'atlas publiés.

Les espèces subspontanées, naturalisées, plantées, cultivées sont exclues de l'évaluation. Celles à statut méconnu sont soit non prises en compte, soit évaluées à dire d'expert.

Les données bibliographiques récentes (<5 ans) sont prises en compte lorsqu'elles sont bien localisées et validées.

Lorsqu'une liste rouge régionale est disponible, l'enjeu spécifique sera défini selon le tableau ci-dessous. Cas particulier de l'ex. région Champagne-Ardenne où des listes rouges existent (CSRPN, 2007) mais ne sont plus actuelles et ne prennent pas en compte la méthodologie d'évaluation de l'UICN. Par conséquent, leur emploi nécessite des ajustements. Dans le cas contraire, l'enjeu spécifique est défini à partir de la rareté régionale ou infrarégionale et des connaissances bibliographiques locales.

Tableau 9-6 Évaluation du niveau d'enjeu régional pour la flore et la faune, en fonction du niveau de menace ou de rareté

Menace régionale (liste rouge UICN)	Rareté régionale ou infrarégionale	Niveau d'enjeu Écosphère
CR (En danger critique)	Très rare	Très fort
EN (En danger)	Rare	Fort
VU (Vulnérable)	Assez rare	Assez fort
NT (Quasi-menacé)	Peu commun	Moyen
LC (Préoccupation mineure)	Très commun à Assez commun	Faible

Enjeux spécifiques stationnels

Afin d'adapter l'évaluation de l'enjeu spécifique au site d'étude ou à la station, une pondération d'un seul niveau peut être apportée en fonction des critères suivants :

- rareté infrarégionale :
 - ✓ si l'espèce est relativement fréquente au niveau biogéographique infrarégional : possibilité de perte d'un niveau d'enjeu ;
 - ✓ si l'espèce est relativement rare au niveau biogéographique infrarégional : possibilité de gain d'un niveau d'enjeu.
- endémisme restreint du fait de la responsabilité particulière d'une région ;
- dynamique de la population dans la zone biogéographique infrarégionale concernée :
 - ✓ si l'espèce est connue pour être en régression : possibilité de gain d'un niveau d'enjeu ;
 - ✓ si l'espèce est en expansion : possibilité de perte d'un niveau d'enjeu.
- état de conservation sur le site :
 - ✓ si la population est très faible, peu viable, sur milieu perturbé, atypique : possibilité de perte d'un niveau d'enjeu ;
 - ✓ si la population est importante, habitat caractéristique, typicité stationnelle : possibilité de gain d'un niveau d'enjeu.

Au final, on peut évaluer l'enjeu multi-spécifique stationnel d'un cortège floristique ou faunistique en prenant en considération l'enjeu spécifique le plus fort des espèces constitutives d'un habitat.

Application du niveau d'enjeu spécifique à l'habitat d'espèce :

- si l'habitat est favorable de façon homogène, l'enjeu s'applique à l'ensemble de l'habitat d'espèce ;
- si l'habitat est favorable de façon partielle, l'enjeu s'applique à une partie de l'habitat d'espèce ;
- sinon, l'enjeu s'applique à la station.

9.1.9.3 Enjeux écologiques globaux

Pour un habitat donné, l'enjeu écologique global dépend de trois types d'enjeux unitaires différents :

- enjeu habitat ;
- enjeu floristique ;
- enjeu faunistique ;

Au final, on peut définir un niveau d'enjeu écologique global par unité de végétation/habitat qui correspond au niveau d'enjeu unitaire le plus élevé au sein de cette unité, éventuellement modulé/pondéré d'un niveau.

La pondération finale prend en compte le rôle de l'habitat dans son environnement : complémentarité fonctionnelle avec les autres habitats, rôle dans les continuités écologiques, zone privilégiée d'alimentation, de repos ou d'hivernage, richesse spécifique élevée, effectifs importants d'espèces communes...

9.1.10 Radioécologie des indicateurs biologiques terrestres

L'établissement en 2020/2021 de l'état initial des indicateurs biologiques terrestres a donné lieu à une caractérisation de la radioactivité sur des végétaux cultivés et non cultivés destinés ou non à la consommation humaine :

- Pour les végétaux non cultivés :
 - ✓ des mousses terrestres ;
 - ✓ des feuilles de chênes ;
 - ✓ des champignons.

Ces végétaux sont prélevés à proximité de la clôture du Cires, dans la direction principale des vents dominant (nord-nord est) et à proximité du bâtiment d'entreposage.

- Pour les végétaux cultivés : salades prélevées à La Chaise

Les analyses radiologiques sont effectuées :

- par le laboratoire du CSA ;
- et pour partie par un (des) laboratoire(s) extérieur(s) notamment pour les analyses pour lesquelles le laboratoire du CSA ne dispose pas des agréments.

Ces laboratoires sont conformes à la norme NF EN ISO/CEI 17025 « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essai » et réalisent les analyses conformément aux modalités définies dans leur propre plan qualité particulier.

Pour les mesures de radioactivité dans l'environnement, au titre de l'arrêté du 08 juillet 2008 portant organisation d'un réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) et fixant les modalités d'agrément des laboratoires, les laboratoires d'analyses sont agréés par l'ASN pour chaque matrice ou catégories de radionucléides à analyser.

9.2 Incidences sur les écosystèmes

9.2.1 Principes généraux et démarche ERC

Les différents types d'impacts suivants sont classiquement distingués :

- Les impacts directs sont les impacts résultant de l'action directe de la mise en place ou du fonctionnement de l'aménagement sur les milieux naturels. Pour identifier les impacts directs, il faut prendre en compte à la fois les emprises de l'aménagement mais aussi l'ensemble des modifications qui lui sont directement liées (zone d'emprunt et de dépôts, pistes d'accès...) ;
- Les impacts indirects correspondent aux conséquences des impacts directs, conséquences se produisant parfois à distance de l'aménagement (par ex. cas d'une modification des écoulements au niveau d'un aménagement, engendrant une perturbation du régime d'alimentation en eau d'une zone humide située en aval hydraulique d'un projet) ;
- Les impacts induits sont des impacts indirects non liés au projet lui-même mais à d'autres aménagements et/ou à des modifications induites par le projet (par ex. remembrement agricole après passage d'une grande infrastructure de transport, développement de ZAC à proximité des échangeurs autoroutiers, augmentation de la fréquentation par le public entraînant un dérangement accru de la faune aux environs du projet) ;
- Les impacts permanents sont les impacts liés à l'exploitation, à l'aménagement ou aux travaux préalables et qui seront irréversibles ;

- Les impacts temporaires correspondent généralement aux impacts liés à la phase travaux. Après travaux, il convient d'évaluer l'impact permanent résiduel qui peut résulter de ce type d'impact (par ex. le dépôt temporaire de matériaux sur un espace naturel peut perturber l'habitat de façon plus ou moins irréversible) ;
- Les effets cumulés correspondent à l'accentuation des impacts d'un projet en association avec les impacts d'un ou plusieurs autres projets. Ces impacts peuvent potentiellement s'ajouter (addition de l'effet d'un même type d'impact créé par 2 projets différents) ou être en synergie (2 types d'impact s'associant pour en créer un troisième). Les effets cumulés sont traités dans le Chapitre 18 du volume V de la présente étude d'impact.

D'une manière générale, les impacts potentiels d'un projet d'aménagement sont les suivants :

- Modification des facteurs abiotiques et des conditions stationnelles (modèle du sol, composition du sol, hydrologie...) ;
- Destruction d'habitats naturels ;
- Destruction d'individus ou d'habitats d'espèces végétales ou animales, en particulier d'intérêt patrimonial ou protégées ;
- Perturbation du fonctionnement des écosystèmes (coupure de continuités écologiques, pollution, bruit, lumière, dérangement de la faune, modifications hydrauliques...).

Ce processus d'évaluation suit la **séquence ERC** (Éviter/Réduire/Compenser) et conduit à :

- Proposer dans un premier temps différentes mesures visant à supprimer ou réduire les incidences (impacts avant mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction) ;
- Évaluer ensuite le niveau d'incidence résiduelle après mesures de réduction ;
- Proposer enfin des mesures de compensation si les incidences résiduelles restent significatives. Ces mesures seront proportionnelles au niveau d'incidence.
- Des mesures d'accompagnement peuvent également être définies afin d'apporter une plus-value écologique au projet (hors cadre réglementaire).

9.2.2 Méthode d'évaluation des incidences sur les habitats et les espèces

Tout comme un niveau d'enjeu a été déterminé précédemment, un niveau d'impact est défini pour chaque habitat naturel ou semi-naturel, espèce, habitat d'espèces ou éventuellement fonction écologique (par ex. corridor).

De façon logique, le niveau d'impact ne peut pas être supérieur au niveau d'enjeu.

Ainsi, l'effet maximal sur un enjeu « fort » (destruction totale) ne peut dépasser un niveau d'impact « Fort » : on ne peut donc pas perdre plus que ce qui est mis en jeu.

Le niveau d'impact dépend donc du niveau d'enjeu confronté avec l'intensité d'un type d'impact sur une ou plusieurs composantes de l'état initial.

La sensibilité aux impacts prévisibles du projet, qui correspond à l'aptitude d'une espèce ou d'un habitat à réagir plus ou moins fortement à un ou plusieurs effets liés à un projet. Cette analyse prédictive prend en compte la biologie et l'écologie des espèces et des habitats, ainsi que leur capacité de résilience et d'adaptation, au regard de la nature des impacts prévisibles. Trois niveaux de sensibilité sont définis : Fort, Moyen ou Faible ;

La portée de l'impact, qui est d'autant plus forte que l'impact du projet s'inscrit dans la durée et concerne une proportion importante de l'habitat ou de la population de l'espèce concernée. Elle dépend donc notamment de la durée, de la fréquence, de la réversibilité ou de l'irréversibilité de l'impact, de la période de survenue de cet impact, ainsi que du nombre d'individus ou de la surface impactés, en tenant compte des éventuels cumuls d'impacts. Trois niveaux de portée sont définis : Fort, Moyen ou Faible ;

Pour obtenir le niveau d'impact avant mesures, les niveaux d'enjeu sont croisés avec l'intensité de l'impact préalablement défini.

Au final, 5 niveaux d'incidences sont retenus : « Très fort », « Fort », « Modéré », « Faible » et « Nul à très faible ».

La grille ci-dessous permet d'établir la correspondance entre les niveaux d'incidences de la méthodologie de l'Andra, tels que présentés dans la présente étude d'impact, et ceux de la méthode utilisée par Écosphère.

Sont considérées comme notables, les incidences avant mesures *a minima* de niveau faible.

Tableau 9-7 Correspondance entre les niveaux d'incidences de la méthode Andra et ceux de la méthode Écosphère

Niveau d'impact Écosphère (brut et résiduel)	Niveau d'incidence Andra avant mesures	Niveau d'incidence résiduel Andra
Très fort	Notable	Très fort
Fort		Fort
Assez fort		Modéré
Moyen		Faible
Faible		Nul à très faible
Négligeable	Non notable	

Les incidences notables donnent lieu à la mise en œuvre de mesures de réduction.

9.2.3 Méthode d'évaluation du besoin compensatoire

C'est le niveau d'incidence résiduelle qui détermine la nécessité de compenser ou non. Les mesures compensatoires ne sont nécessaires que pour des niveaux d'incidence résiduelle significatifs.

Tableau 9-8 Niveau d'incidence résiduelle et justification du besoin de compensation

Niveau de l'incidence résiduelle après mesures E R	Niveau de compensation
Très fort (impact significatif)	Difficilement acceptable et pas systématiquement compensable
Fort (impact significatif)	Compensation importante à définir selon les caractéristiques écologiques (résilience, capacités de restauration, de récréation...) des habitats, des espèces ou des fonctionnalités impactés
Modéré (impact significatif)	Compensation nécessaire, mais souvent limitée, proportionnelle au niveau d'impact
Faible (impact peu significatif)	Compensation non obligatoire mais possible selon le contexte local
Nul à très faible (impact non significatif)	Pas de compensation

Les principaux critères pris en compte pour évaluer quantitativement les besoins de compensation sont notamment :

- la quantité impactée pour une espèce ou un habitat (nombre de sites, nombre de mètres linéaires, nombre d'hectares) ;
- l'incertitude quant à la réussite de la mesure ;
- le délai prévisible d'atteinte des objectifs.

Une incertitude et un délai significatifs donnent généralement lieu à la définition d'un coefficient multiplicateur (ratio a posteriori) destiné à pallier les risques de non atteinte des objectifs de compensation et les éventuelles pertes intermédiaires liées au délai d'atteinte de ces objectifs.

Ce coefficient multiplicateur est défini notamment en fonction de :

- la résilience des habitats et des espèces impactées : un habitat à forte résilience aura plus de capacité à se régénérer et nécessitera un coefficient moindre pour obtenir in fine la quantité souhaitée ;
- la complexité des milieux visés : il est en effet plus difficile de restaurer une lande tourbeuse que de recréer une mare, d'où une incertitude et un délai plus importants, nécessitant un coefficient plus fort ;
- la fiabilité des techniques de génie écologiques existantes : plus ces techniques sont fiables, plus on a de retour d'expériences sur celles-ci et plus on est sûr que les mesures vont être efficaces.

La méthode appliquée pour évaluer les besoins de compensation s'inspire des travaux réalisés par le bureau d'études ECO-MED. Elle utilise la version de cette méthode qui était en cours en 2017.

La méthode attribue des valeurs (de 1 à 4) à un ensemble de 10 facteurs :

- 2 facteurs portent sur l'enjeu local de chaque espèce impactée et sur l'enjeu local des surfaces impactées ;
- 4 facteurs portent sur les impacts ;
- 4 facteurs portent sur la solution compensatoire.

Ces facteurs sont détaillés dans le tableau suivant.

Tableau 9-9 Facteurs utilisés pour l'évaluation du ratio de compensation

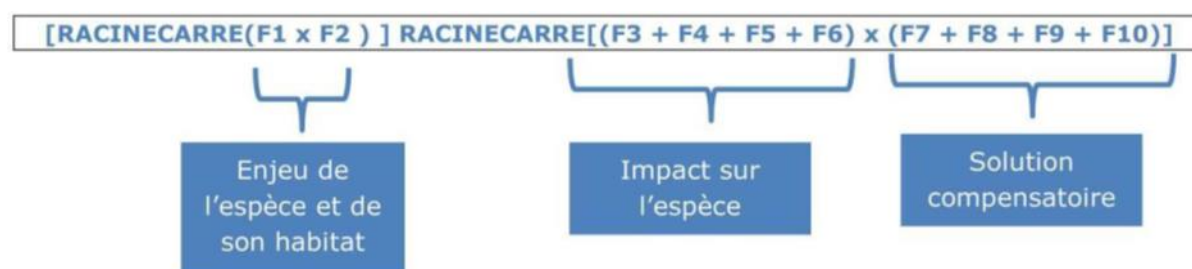
Facteurs	Descriptif	Valeurs	
Enjeu local de conservation de chaque espèce protégée (F1)	Rareté de l'espèce, distribution, vulnérabilité, tendances démographiques et état de conservation au niveau local	Faible	1
		Modéré	2
		Fort	3
		Très fort	4
Enjeu local de conservation de la zone impactée pour chaque population d'espèce protégée (F2)	Importance de la zone d'emprise : la note attribuée à l'habitat considéré de l'espèce par rapport aux critères : état de conservation des habitats dans le secteur géographique, abondance, isolation de la population, etc.)	Faible	1
		Modéré	2
		Fort	3
		Très fort	4
Nature de l'impact (F3)	Quantification de l'impact d'après sa nature	Simple dérangement hors période de reproduction	1
		Altération et destruction d'habitats d'espèces	2
		Destruction d'individus	3

Facteurs	Descriptif	Valeurs	
Durée de l'impact (F4)	Impact temporaire (phase travaux) ou impact permanent. Dans le cas de projets comportant une superficie d'impact permanent et une superficie périphérique d'impact temporaire, la méthode distingue les deux superficies	Impact à court terme	1
		Impact à moyen terme	2
		Impact à long terme	3
		Impact irréversible	4
Surface impactée/nombre d'individus (F5)	Il s'agit d'exprimer la part de la population impactée par rapport aux populations en présence. Est pris comme cadre de référence l'ensemble de la zone d'étude recensée	$S/S(t)$ ou $N/N(t) < 15\%$	1
		$15\% < S/S(t)$ ou $N/N(t) < 30\%$	2
		$30\% < S/S(t)$ ou $N/N(t) < 50\%$	3
		$S/S(t)$ ou $N/N(t) > 50\%$	4
Impact sur les éléments de continuités écologiques (F6)	Effets altérant les continuités écologiques importantes pour le fonctionnement d'une population locale	Faible	1
		Modéré	2
		Fort	3
Efficacité d'une mesure (F7)	Dépend de l'incertitude liée à l'application des mesures de génie écologique	Méthode de gestion déjà prouvée et efficace	1
		Méthode de gestion testée mais dont l'incertitude quant à l'efficacité est possible	2
		Méthode de gestion non expérimentée et dont l'incertitude quant à l'efficacité est grande	3
Équivalence temporelle (F8)	Prend en compte le décalage temporel entre la réalisation des impacts et la mise en œuvre de la compensation voire le délai nécessaire pour atteindre l'efficacité des mesures ou d'une partie d'entre elles	Compensation effectuée avant les travaux et dont l'efficacité est perceptible en même temps que les impacts du projet	1
		Compensation effectuée de façon simultanée et dont l'efficacité sera effective à court terme après les impacts du projet	2
		Compensation effectuée après les travaux et dont l'efficacité sera perceptible bien après les impacts du projet	3
Équivalence écologique (F9)	L'équivalence écologique a pour objectif de réaliser la compensation dans un habitat naturel propice à l'espèce, le plus proche possible des caractéristiques et de l'état de conservation de l'habitat naturel perdu. La recherche des terrains présentant ces critères d'équivalence, en tenant compte d'une gestion conservatoire adaptée, est difficile. C'est un objectif à atteindre dans la démarche dérogatoire. Il est illusoire de penser que l'équivalence entre zone compensée et zone impactée sera parfaite tant le fonctionnement d'un milieu naturel correspond à l'interférence de nombreux	Compensation répondant convenablement à l'ensemble des critères d'équivalence écologique	1
		Compensation répondant partiellement à l'ensemble des critères d'équivalence écologique	2
		Compensation répondant difficilement à l'ensemble des critères d'équivalence écologique	3

Facteurs	Descriptif	Valeurs	
	facteurs qui ont souvent une expression stationnelle précise et difficilement reproductible. La note retenue (dernière colonne) exprime le degré d'équivalence écologique atteint par la proposition de mesure		
Équivalence géographique (F10)	Prend en compte la distance géographique entre les mesures compensatoires et les impacts	Compensation effectuée à proximité immédiate du projet	1
		Compensation effectuée à une distance respectable du projet	2
		Compensation effectuée à une grande distance du projet	3

Pour chaque espèce, les facteurs sont évalués au regard du contexte local et une note globale est attribuée selon la méthode de calcul proposée ci-dessous.

La formule donnant une note globale est bâtie sur une multiplication qui associe un produit issu de l'enjeu de conservation (de l'espèce F1 et de la surface impactée F2) et un produit issu de l'impact (F3 à F6) et de la solution compensatoire (F7 à F10). Les valeurs d'au plus 1 à 4 pour chaque critère évite de recourir à des pondérations entre les critères.



La note obtenue est ensuite ramenée à une échelle de compensation comprise entre 1 et 10. Ainsi, le plus grand nombre qui serait issu des valeurs maximales (672) correspond à 10 et le plus petit (16) correspond à 1. La droite qui relie l'ensemble des valeurs possibles ($y = ax + b$) est la suivante (x = le ratio de compensation et y = la note globale issue du produit précédent) :

Ratio de compensation = $0,1875 \times (\text{note globale}) + 0,25$

La surface à compenser pour chaque habitat/espèce/fonction est calculée à partir de la surface impactée (impacts résiduels) multipliée par le ratio de compensation obtenu par la méthode. Le calcul est réalisé pour chaque catégorie d'impact (temporaire ou permanent) ou dans chaque typologie de superficie d'habitats. Les surfaces calculées pour chaque espèce sont regroupées en fonction de leurs habitats de vie.

)

Écosystèmes aquatiques - Méthodologie

10.1 État initial

102

10.2 Incidences

104



10.1 État initial

10.1.1 Qualité hydrobiologique des eaux de surface

L'évaluation de la qualité biologique de ces milieux comprend la mise en œuvre de deux méthodes différentes fondées sur l'analyse de peuplements d'organismes aquatiques et permettant d'obtenir deux indices de qualité complémentaires :

- L'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), basé sur l'étude du peuplement de macroinvertébrés, animaux colonisant tous les compartiments d'un cours d'eau, des sédiments jusqu'à la colonne d'eau.
- L'Indice Biologique Diatomée (IBD), basé sur l'étude du peuplement de diatomées, végétaux unicellulaires aquatiques vivant plus spécifiquement à l'interface eau/substrat (périphyton).

L'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) permet d'évaluer la qualité hydrobiologique d'un site aquatique, par l'intermédiaire de la composition des peuplements d'invertébrés benthiques vivant sur divers habitats (couple support/vitesse) dans les cours d'eau, permettant la visibilité et l'accessibilité des différents supports à prospector, en évitant les zones des sources, les cours inférieurs des grands cours d'eau et les milieux atypiques (canaux et estuaires).

L'IBGN est sensible aux variations de la composition physico-chimique de l'eau et plus particulièrement aux fluctuations de la pollution organique et chimique, mais aussi de la nature des substrats (travaux en rivière ou recalibrage) et des événements climatiques (orages, crues subites).

La méthode permet, dans les conditions naturelles de stabilité hydraulique et dans les limites de sa sensibilité, d'évaluer l'incidence d'une perturbation sur le milieu récepteur.

Une note indicelle, comprise entre 0 et 20, détermine la qualité globale du milieu aquatique (cf. Tableau 10-1).

Tableau 10-1 Valeurs seuils de l'IBGN

Classe de couleur	Qualité biologique	Note IBGN
Bleu	Très bonne	≥ 16
Vert	Bonne	$16 > \text{IBGN} \geq 14$
Jaune	Moyenne	$14 > \text{IBGN} \geq 10$
Orange	Médiocre	$10 > \text{IBGN} \geq 6$
Rouge	Mauvaise	$\text{IBGN} < 6$

Ces végétaux sont sensibles aux variations de la qualité de l'eau et particulièrement aux modifications des concentrations de la matière organique, des éléments nutritifs (azote et phosphore), de la minéralisation et du pH. La méthode est applicable à la partie continentale d'un cours d'eau naturel ou artificialisé, à l'exception des zones naturellement salées.

Le calcul (note sur 20) de l'Indice Biologique Diatomée (IBD) est basé sur la polluosensibilité des espèces. Il traduit ainsi la plus ou moins bonne qualité de l'eau. Leur interprétation repose sur une note indicelle (cf. Tableau 10-2).

Tableau 10-2 Valeurs seuils de l'IBD (norme NF T 90-354 - décembre 2007 - Classe HER 9)

Classe de couleur	Note IBD	Appréciation de l'IBD
Bleu	$\geq 17,1$	Pollution ou eutrophisation faible ou nulle
Vert	$17,1 > \text{IBD} \geq 14,3$	Eutrophisation modérée
Jaune	$14,3 > \text{IBD} \geq 10,4$	Pollution moyenne ou forte eutrophisation
Orange	$10,4 > \text{IBD} \geq 6,1$	Pollution forte
Rouge	$\text{IBD} < 6,1$	Pollution très forte

10.1.2 Le suivi piscicole

Afin d'évaluer la qualité de l'écosystème piscicole des Noues d'Amance, des pêches électriques sont effectuées chaque année sur le cours d'eau suivant la norme NF EN 14011. Le protocole de pêche utilisé permet l'application de l'Indice Poisson Rivière (IPR) normalisé par l'AFNOR (TPR T90 344). Cet indice permet la comparaison d'un peuplement de référence (non perturbé) avec celui réellement présent dans les milieux.

L'écart entre le peuplement théorique et observé est estimé par une note, d'autant plus élevée que la différence est forte. Ces notes sont ensuite additionnées pour donner une note globale. La perturbation est d'autant plus importante que la note est élevée (cf. Tableau 10-3).

Tableau 10-3 Valeurs seuils de l'IPR

Classe de couleur	Note IPR	Appréciation de l'IPR
Bleu	< 7	Très bonne : Le milieu est normal, la population piscicole est en bon état (espèces, classes d'âge).
Vert	$7 > \text{IPR} \geq 16$	Bonne : La perturbation est faible ; il existe souvent des problèmes de reproduction et les espèces les plus sensibles sont trop peu abondantes.
Jaune	$16 > \text{IPR} \geq 25$	Moyenne : La situation est moyenne ; si les espèces les plus sensibles ont disparu, les espèces « généralistes » sont abondantes. Les populations sont déséquilibrées.
Orange	$25 > \text{IPR} \geq 36$	Médiocre : La situation est dégradée, les espèces présentes sont peu sensibles et celles caractéristiques du milieu sont devenues rares.
Rouge	$\text{IPR} > 36$	Mauvaise : il ne reste que peu d'espèces, en petites quantités, parmi les plus tolérantes.

10.1.3 Radioécologie aquatique

La surveillance du CSA intègre un suivi radiologique annuel des végétaux aquatiques dans le ruisseau en aval des rejets du Cires. Une analyse détaillée de l'ensemble des mesures obtenues depuis 2014 est réalisée, ainsi qu'une comparaison de ces résultats avec les données de l'état de référence de 2000 et de 2010.

Les analyses radiologiques sont effectuées :

- par le laboratoire du CSA ;
- et pour partie par un (des) laboratoire(s) extérieur(s) notamment pour les analyses pour lesquelles le laboratoire du CSA ne dispose pas des agréments.

Ces laboratoires sont conformes à la norme NF EN ISO/CEI 17025 « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essai » et réalisent les analyses conformément aux modalités définies dans leur propre plan qualité particulier.

Pour les mesures de radioactivité dans l'environnement, au titre de l'arrêté du 08 juillet 2008 portant organisation d'un réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) et fixant les modalités d'agrément des laboratoires, les laboratoires d'analyses sont agréés par l'ASN pour chaque matrice ou catégories de radionucléides à analyser.

10.2 Incidences

L'incidence sur les écosystèmes aquatiques est évaluée en tenant compte de la qualité des rejets liquides et des eaux superficielles.

Paysages et sites - Méthodologie

11.1 État initial

106

11.2 Incidences

106



11.1 État initial

L'Andra a travaillé avec le bureau d'étude Caudex en 2021 pour la réalisation d'une étude paysagère du Cires et de ses environs. L'état initial du paysage a été menée selon la méthodologie suivante :

- **définition d'un contexte général paysager** : situation du Cires dans les grandes unités paysagères régionales et départementales ;
- **étude du paysage au niveau de l'aire d'étude rapprochée** : étude de l'ensemble des composantes du paysage dans un rayon de 5 km autour du Cires ;
- **étude du paysage au niveau du lieu d'implantation du projet** : étude des micro-paysages en interaction directe avec l'implantation du projet Acaci.

Une visite de terrain a été effectuée le 29 août 2021 pour la réalisation d'un reportage photographique. Elle a permis de compléter l'étude cartographique et paysagère.

Les enjeux et perceptions visuelles sont déterminés selon :

- L'influence de la topographie et la situation de la végétation sur les vues ;
- La visibilité dans le paysage, en priorisant sur les grands axes de circulation, sur les lieux de vie et paysage du quotidien, les lieux touristiques, les monuments ou site patrimoniaux, les espaces habités ... ;
- La distance par rapport au projet.

11.2 Incidences

Les incidences du projet sont déterminées par l'analyse de photomontages à différents points de vue donnant sur le projet autour du Cires.

Les points de vue pour les photomontages sont localisés depuis des lieux régulièrement accessibles au public. Afin de représenter au mieux le projet et ses impacts visuels, les points de vue sont réalisés sur d'autres lieux tels que des voies secondaires, le chemin de ronde, comme les covisibilités depuis l'espace public sont inexistantes.

Les localisations choisies cherchent à montrer au mieux la réalité du projet en conservant des éléments du contexte afin de faciliter la compréhension du lecteur.

Ensuite, l'objectif des mesures paysagères est d'aménager le site en respectant le plus possible l'identité des lieux. Il est par conséquent proposé d'utiliser la végétation existante sur les différents secteurs afin d'insérer au mieux le projet dans son contexte. Les mesures paysagères proposées s'intéressent à la fois à la place du végétal dans le projet, mais aussi à l'esthétisme et la qualité des éléments techniques (clôture, accès, etc.) de manière à proposer un ensemble cohérent avec son environnement, facilitant son intégration.

Socio économie - Méthodologie

12.1 État initial

108

12.2 Incidences

108



12.1 État initial

L'état initial du cadre socio-économique du Centre a été réalisée sur le territoire des 15 communes présentes au sein de l'aire d'étude rapprochée (5 km autour du Cires). Sur certaines parties de l'état initial, une contextualisation de certaines données des communes a été faite en les comparant aux données des intercommunalités et départements.

12.2 Incidences

Méthode d'évaluation des effets sur l'économie

Les principes d'évaluation de l'influence du Cires sur l'économie reposent sur les données suivantes :

- données économiques des communes, intercommunalités et départements de l'aire d'étude ;
- personnel nécessaire à l'exploitation des centres de l'Andra dans l'Aube ;
- investissements et coûts de fonctionnement du Centre.

Ces données servent de base à des calculs permettant d'évaluer les retombées économiques du Cires sur l'économie locale.

Une étude réalisée par Utopies en 2019, sur les données 2018, apprécie l'état socio-économique local des zones d'implantation des centres de l'Andra et mesure l'impact socio-économique des activités de l'Agence dans le Grand-Est. Cette étude a été menée à la fois sur le Cires et le CSA.

Elle utilise des modèles qui reproduisent de la manière la plus vraisemblable possible le fonctionnement d'une économie locale. Ils reposent sur des analyses des flux entrée-sortie des différents acteurs (380 secteurs d'activité différents regardés) pour mesurer la contribution économique en termes d'emplois ou de valeur ajoutée générée. Ces outils simulent les impacts socio-économiques à partir de données collectées auprès de l'Andra correspondant aux flux financiers injectés dans l'économie et la production locales. Les données recouvrent les commandes engagées auprès des fournisseurs, les salaires et traitement des collaborateurs et la fiscalité payée.

Plusieurs types d'impacts sont mesurés (cf. Figure 12-1) :

- les impacts directs correspondent aux emplois de salariés Andra et prestataires permanents sur site ainsi qu'à la valeur ajoutée générée directement par les centres ;
- les impacts indirects traduisent les emplois et les retombées économiques générés par les achats ou les investissements. Ainsi, chaque euro dépensé par les centres pour ses achats de biens ou de services génère de l'activité économique chez ses prestataires et fournisseurs. Cette activité due aux commandes soutient des emplois et génère de la valeur ajoutée dans l'économie ;
- les impacts induits correspondent à la capacité à pousser d'autres acteurs économiques à effectuer des dépenses de consommation. Ainsi, les rémunérations versées permettent de soutenir la consommation des ménages sur les territoires et les retombées fiscales contribuent à l'économie *via* les dépenses des administrations.

Concernant les emplois indirects et induits, ceux-ci sont évalués de façon statistique à partir d'une méthodologie généralement utilisée pour les études d'impact socio-économiques qui consiste à utiliser les rapports entre les différents secteurs de l'économie pour convertir des données monétaires en données d'emploi.

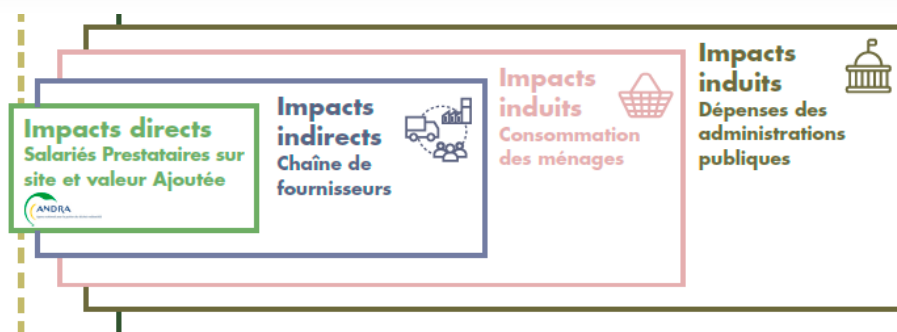


Figure 12-1

Types d'impact générés par les centres industriels de l'Aube

Émissions sonores et vibratoires - Méthodologie

13.1 Bruit

112

13.2 Vibrations

113



13.1 Bruit

13.1.1 État Initial – Campagne de mesure 2020

Les mesures se sont déroulées les 3 et 4 septembre 2020.

Emplacement des points de mesure

Les 4 points de mesure des niveaux sonores sont définis par l'arrêté préfectoral :

Tableau 13-1 Localisation des points de mesure du bruit

Point de mesure	Localisation
STFA1	Limite de propriété est du site
STFA2	Limite de propriété ouest du site
STFA3	Les premières habitations les plus proches, au sud du site (commune de la Chaise)
STFA4	Commune de Petit Morvilliers à l'ouest/nord-ouest du site

Méthode de mesure

Les mesurages sont réalisés conformément à la méthode de mesures annexée à l'arrêté du 23 janvier 1997 (2) relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement (méthode d'expertise), ainsi qu'aux recommandations de la norme NF S 31-010, sans déroger à aucune de ses dispositions.

Appareillage

Les mesures et analyses ont été effectuées au moyen des équipements suivants :

- sonomètres de précision modèle Fusion (marque 01 dB) ;
- calibreur de classe 1, de type Cal 21;
- logiciel d'analyse dBTRAIT (version 5.5.2 build 11)

Les sonomètres sont homologués, vérifiés par un organisme agréé et calibrés avant et après les mesures.

Les microphones des sonomètres sont positionnés à une hauteur de 1,5 mètres.

Conditions météo

Les mesures ont été réalisées en conformité avec les exigences météorologiques de la norme NF S 31-010/A1 de décembre 2008.

Tableau 13-2 Relevés météorologiques de la campagne de septembre 2020

Date	Température	Pression atmosphérique	Vitesse moyenne du vent	Direction du vent	Observation
Jour 03/09/20220	15 °C à 27 °C	1021 hPa	3 km/h	Est	Ciel dégagé
Nuit du 03/09/2020 au 04/09/2020	11 °C à 17 °C	1021 hPa	0 km/h	Ouest	Ciel dégagé
Jour 04/09/2020	11 °C à 24 °C	1023 hPa	2 km/h	Ouest	Ciel dégagé

13.1.2 Incidences

Pour le fonctionnement actuel du Cires, les résultats des campagnes de mesures menées depuis la mise en service du Cires sont comparés aux seuils réglementaires de l'arrêté préfectoral n° 2016020-0003 du 20 janvier 2016 (6), pour les mesures en limite de propriété et au niveau des zones à émergence réglementées.

Pour l'exploitation future, l'évaluation est qualitative, en considérant les phases de travaux d'ampleur à venir, les sources sonores mises en œuvre et en les comparant aux activités et travaux passés, ainsi qu'aux résultats des différentes campagnes de suivi effectuées depuis la mise en exploitation du Cires.

13.2 Vibrations

13.2.1 Etat initial

Une campagne de mesure de vibrations a été réalisée le 3 septembre 2020 au niveau des trois points de mesure suivants :

- VTFA1 : sur la structure du bâtiment logistique ;
- VTFA2 : à proximité de la route d'accès, à l'entrée du site ;
- VTFA3 : au carrefour de la route d'accès et de la RD960.

Les mesurages sont réalisés conformément à la méthode de mesures de classe « contrôle » décrite dans la circulaire n° 23 du 23 juillet 1986 annexée à l'arrêté du 23 janvier 1997 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement, sans déroger à aucune de ses dispositions.

Les systèmes de mesures utilisés sont des géophones tri-axe de marque SIGICOM pour les points 1 et 2, et une chaîne d'acquisition composée d'un géophone tri-axe de type SM6 branché sur une centrale d'acquisition de marque Dewesoft de type SIRIUS8 (mesures enregistrées et analysées directement à l'aide d'un ordinateur pilotant la centrale d'acquisition).

Le paramétrage utilisé permet de mesurer dans les 3 directions la vitesse particulière crête par période de 30 secondes dans la gamme de fréquence 1-150 Hz afin de les comparer avec les seuils réglementaires.

13.2.2 Incidences

Au préalable, pour chaque phase de vie du Cires, les activités génératrices de vibration sont étudiées, si elles sont nouvelles par rapport à l'exploitation actuelle (correspondant à l'état initial).

Les incidences aux différentes phases de vie du Cires sont estimées par comparaison avec les seuils réglementaires en vigueur. Le seuil retenu de façon pénalisante correspond à celui des constructions sensibles.

Émissions lumière, odeurs- Méthodologie

14.1 Luminosité

116

14.2 Odeurs

118



14.1 Luminosité

14.1.1 État initial

La campagne de mesure de 2022 a consisté à parcourir de nuit les villages proches du Centre ainsi que le chemin de ronde autour du Cires afin de mesurer les différentes sources lumineuses rencontrées. Les mesures ont été effectuées le 5 avril 2022. Sont également reprises les mesures réalisées en 2014 sur le Cires et à proximité.

Les points de mesures pris en compte et leurs coordonnées sont présentés dans le tableau 14-1.

Tableau 14-1 Points de mesure pour l'état initial lumineux du Cires en 2014 et 2022

Lieu		Coordonnées (Système NTF, Projection Lambert 1)	Coordonnées des mesures 2022 (Lambert 93)
Sur le Cires	Portail entrée Sud Cires	X : 772802.60 Y : 77139.67	X : 823596 Y : 6809159
	Bungalows zone chantier Cires	X : 772844.94 Y : 77168.80	
	Sud-est bâtiment traitement Cires	X : 772839.49 Y : 77344.79	
	Nord bâtiment traitement	X : 772811.21 Y : 77393.36	
	Bassin d'orage	X : 772687.38 Y : 77735.67	X : 823417 Y : 6809768
	Portail zone chantier alvéoles	X : 772689.45 Y : 77136.17	
	Ouest du bâtiment de regroupement	X : 772673.53 Y : 77318.02	
Hors Cires	Habitation RD 960	X : 772043.47 Y : 76448.67	X : 822865 Y : 6808482
	Habitation entrée du village de La Chaise	X : 772216.77 Y : 76104.78	X : 823136 Y : 6808228
	Habitation village de Petit Morvilliers	X : 770461.40 Y : 77812.50	X : 821266 Y : 6809862
	Ferme entrée du village de Soulaines Dhuys	X : 777355.88 Y : 77387.57	X : 828110 Y : 6809367

Les mesures réalisées pour la mise à jour de l'état initial lumineux du Cires ont été effectuées à partir du sol, à l'aide d'un luxmètre.

14.1.2 Incidences

14.1.2.1 Réglementation et sources

Le Cires est situé en pleine forêt, le niveau lumineux actuel est donc uniquement lié au niveau d'éclairage des bâtiments et voiries du site.

Respect de la réglementation

Les installations et les conditions d'exploitation sont conçues afin de satisfaire au code du travail R. 4223-4. Les niveaux d'éclairage mesurés au niveau des plans de travail ou, à défaut, au sol sont au moins égaux aux valeurs indiquées dans le tableau 14-2.

Tableau 14-2 Niveaux d'éclairage minimaux

Locaux affectés au travail et leurs dépendances	
Voies de circulation intérieure	40 lux.
Escaliers et entrepôts	60 lux.
Locaux de travail, vestiaires, sanitaires	120 lux.
Locaux aveugles affectés à un travail permanent	200 lux.
Espaces extérieurs	
Zones et voies de circulation extérieures	10 lux.
Espaces extérieurs où sont effectués des travaux à caractère permanent	40 lux.

Caractérisation des sources de nuisances

Les émetteurs sont caractérisés par une intensité lumineuse en lux et un positionnement sur Cires (latitude, longitude, hauteur).

Sur le Centre, les lampadaires sont installés de façon à assurer la surveillance et la prévention d'intrusions sur le site. Ces zones et voies de circulation présentent un éclairage de 10 lux minimum au niveau de chaque projecteur.

Les zones de travail extérieures généreront à minima une intensité lumineuse de 40 lux (principalement le chantier de l'extension en projet).

14.1.2.2 Méthodes utilisées

À une distance D de la source, l'intensité lumineuse (L) résultant de ce flux est donnée par :

$$L = \Phi / (4 \cdot \pi \cdot D^2)$$

Avec :

- D → = distance en m
- Φ → = flux lumineux en lumens

L'intensité lumineuse qui en résulte, à quelques centaines de mètres, est d'autant plus faible que, pour des installations définitives, correctement entretenues comme celle-ci, le coefficient réducteur à appliquer à la formule ci-dessus, est de 5 à 20.

14.2 Odeurs

14.2.1 Méthode d'évaluation des effets des odeurs

14.2.1.1 Données d'entrée

Le niveau d'une odeur ou concentration d'un mélange odorant est défini conventionnellement comme étant le facteur de dilution qu'il faut appliquer à un effluent pour qu'il ne soit plus ressenti comme odorant par 50 % des personnes constituant un échantillon de population.

Le débit d'odeur est défini conventionnellement comme étant le produit du débit d'air rejeté, exprimé en m³/h, par le facteur de dilution au seuil de perception.

14.2.1.2 Sources de nuisances

Les seules sources de nuisances olfactives potentielles liées à l'exploitation du Cires proviennent des cadavres d'animaux entreposés au BRTT et aux colis contenant des solvants.

L'odeur peut être définie comme une perception mettant en jeu un ensemble de processus complexes tels que les processus neurosensoriels, cognitifs et mnésiques qui permettent à l'homme d'établir des relations avec son environnement odorant.

Selon la norme NF X 43-103¹, il n'est possible d'utiliser directement ni le facteur de dilution au seuil de détection, ni l'intensité de l'odeur pour mesurer la gêne éventuellement provoquée par les odeurs puisqu'il n'existe pas de relations simples entre le facteur de dilution au seuil de détection, l'intensité de l'odeur et son caractère agréable ou désagréable. La mesure de ce caractère appelle une démarche particulière qui tient compte des réactions de la population concernée.

La loi sur l'Air et l'utilisation rationnelle de l'énergie² reprise aujourd'hui dans le Code de l'environnement reconnaît comme pollution à part entière « toute substance susceptible de provoquer des nuisances olfactives excessives ».

¹ Norme NF X 43-103 (Juin 1996) - Qualité de l'air - Mesurage olfactométrique - Mesurage de l'odeur d'un effluent gazeux - Méthodes supraliminales.

² Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996

Circulation routière - Méthodologie

15.1 État initial

120

15.2 Incidences

120



15.1 État initial

Les comptages routiers ayant servi d'état initial pour l'évaluation de l'impact des activités actuelles du Cires ont été choisis afin de représenter au mieux la circulation autour du Centre.

Des comptages automatiques ont été effectués par la société Alyce à l'aide de compteurs pneumatiques, du 23 février au 15 mars 2021 sur la route départementale D960 au niveau de La Chaise, sur la route d'accès du Cires et sur la route départementale D102 à proximité de l'intersection avec la RD960.

Une correction des valeurs a été effectuée pour tenir compte du contexte particulier de couvre-feu lors de cette période de mesures.

En complément des différents comptages automatiques, des données ont été récoltées auprès des conseils départementaux (via la base CoMPTAGE de la DREAL Grand Est) sur les autres routes à proximité.

15.2 Incidences

Les flux de circulations sont répartis en deux grandes catégories :

- les flux de véhicules légers intégrant les 40 employés du Cires, un certain nombre de collaborateurs d'entreprises non permanentes pouvant être amenés à travailler sur site, et enfin des visiteurs,
- les flux de poids lourds générés par le transport des colis de déchets depuis les sites producteurs (1 662 réceptions pour 2020), le transport de matériaux, le transport de sable, plus quelques PL liés à diverses activités occasionnelles (terrassement, regroupement de déchets).

15.2.1 Incidences liées aux migrations pendulaires

Sur la base de données anonymisées du personnel (source : Andra, 2021), la répartition sur le territoire au 30 juin 2021 des lieux de résidence des 40 salariés du Cires a été analysée. Grâce à la localisation du lieu de résidence, les trajets empruntés par les salariés pour se rendre sur le site ont été identifiés.

15.2.2 Incidences actuelles liées à la réception de déchets radioactifs pour la RD 960 et les quatre grands axes structurants

Le trafic généré par les activités actuelles du Cires est estimé en fonction :

- du nombre de camion de livraison ou d'expédition pour les déchets TFA, et pour les déchets issus des producteurs non électronucléaires ;
- du nombre de camion de livraison de consommables.

La répartition sur les différents axes dépend du lieu de départ. Cependant, la RD 960 est le seul axe routier permettant l'accès au Cires. Sur la base du trafic généré par le Cires et des comptages routiers réalisés, la part du trafic lié à l'activité du Cires sur la RD960 est calculée.

15.2.3 Incidences futures

En situation future, les activités courantes du Cires ne seront pas modifiées et les flux routiers seront dépendants des volumes de déchets livrés.

Les livraisons de déchets TFA ayant été faibles sur l'année 2020 de l'état initial (environ 18000 m³), l'incidence de l'exploitation future est estimée en considérant le volume moyen de déchets livré sur la période 2005-2021, qui est de 24 300 m³. Le flux routier augmentera donc légèrement en lien avec le transport et le stockage des déchets TFA.

Il n'est pas attendu de modification des flux en lien avec l'activité du BRTT et du BE.

Le trafic des poids lourds est estimé en tenant compte des travaux associés à l'aménagement de la zone de dépôt des terres et de la tranche 3 (approvisionnement en matériels et matériaux, transport du bois...).

Natura 2000 - Méthodologie

16.1 État initial

122

16.2 Incidences

122



16.1 État initial

Plusieurs paramètres sont pris en compte afin de définir l'étendue de l'aire d'étude spécifique à l'évaluation des incidences Natura 2000 :

- la nature du projet ;
- l'ampleur du projet ;
- le contexte écologique dans lequel il s'inscrit ;
- les espèces susceptibles d'être impactées et leur capacité de déplacement autour des sites de reproduction, d'hibernation ou des domaines vitaux qui définit pour chacune une aire d'évaluation spécifique.

L'aire retenue pour l'évaluation des incidences vis-à-vis des sites Natura 2000 est de 20 km autour du Cires.

Dans ce rayon de 20 km sont listés les sites Natura 2000 présents, ainsi que les espèces et les habitats ayant justifié la désignation de ces sites Natura 2000.

La description des espèces et les habitats naturels de chaque site Natura 2000 est issue des Formulaires Standards de Données (FSD) et/ou des documents d'objectifs (DOCOB).

16.2 Incidences

L'évaluation des incidences porte sur les zones naturelles relevant des dispositions de la directive « Habitats » 92/43/CEE du 21 mai 1992 et de la directive « Oiseaux » 79/409/CEE du 2 avril 1979. La transposition en droit français de ces directives a été achevée par les articles L. 414-1 à 7 et les articles R. 414-1 et suivants du Code de l'Environnement.

L'évaluation des incidences répond au principe de proportionnalité, c'est-à-dire en relation avec l'importance (a priori) des effets du projet sur l'état de conservation des espèces d'intérêt communautaire qui ont justifié la désignation du site Natura 2000 (Art. R 414-23).

L'évaluation comporte trois grandes phases :

- une 1^{re} phase, qui consiste à vérifier si le projet est inscrit sur une des deux listes établies suite au décret du 9 avril 2010 ;
- une évaluation préliminaire à partir d'une analyse bibliographique : description du projet (incluant une carte de sa localisation par rapport au réseau Natura 2000) et analyse de ses éventuels effets significatifs/notables, temporaires ou permanents, directs ou indirects, sur les habitats naturels et les espèces ayant justifié la désignation du (ou des) site(s) Natura 2000. En cas d'absence d'incidence significative ou notable sur les habitats naturels et espèces inscrits au Formulaire Standard de Données (FSD) du ou des sites concerné(s), l'évaluation des incidences est terminée. Dans le cas contraire, une évaluation détaillée est requise ;
- une évaluation détaillée des incidences, dans le cas où le projet a potentiellement des incidences notables ou significatives ou qu'il n'est pas possible de conclure à l'absence d'incidence notable au terme de la phase 2. L'objectif étant de caractériser les effets notables négatifs, au regard des objectifs de conservation du site, et de proposer des mesures pour supprimer ou atténuer ces incidences. Si les mesures complémentaires permettent de conclure à l'absence d'effets notables aux objectifs de conservation, l'évaluation est terminée, dans le cas contraire, l'évaluation doit être approfondie.

Des aires d'évaluation spécifiques sont définies d'après les rayons d'action et la taille des domaines vitaux des différentes espèces. Le domaine vital d'une espèce peut se définir comme l'ensemble des habitats (aire) de l'espèce dans lesquels elle vit et qui suffisent à répondre à ses besoins (reproduction, alimentation, élevage et repos).

L'aire d'influence correspond à l'aire d'étude écologique. Il s'agit de la zone dans laquelle les éventuels effets et risques directs et/ou indirects liés au projet sont potentiellement pressentis. L'identification des aires d'évaluation s'inspire notamment du document de cadrage « EI2 Méthodes et techniques des inventaires et de caractérisation des éléments nécessaires à l'évaluation d'incidences Natura 2000 sur les espèces animales et leurs habitats » issue de l'ancienne DREAL Picardie (7).

Par ailleurs, pour le cas des habitats naturels et/ou espèces liés aux milieux humides, l'aire d'évaluation spécifique correspond à des critères relatifs aux conditions hydriques ou hydrogéologiques (bassins versants) sans notion de distance précise. Dans ce cas, la phase de tri consiste à prendre en considération uniquement les habitats naturels et/ou espèces étant sous influence avec le projet par leur connexion hydraulique directe et/ou indirecte avec celui-ci. L'analyse consiste ici à croiser les zones hydrographiques, l'aire d'influence de l'aire d'étude immédiate et la localisation des habitats naturels et/ou espèces par rapport au projet (amont ou aval hydraulique).

Par une analyse croisée de la zone d'emprise et/ou d'influence du projet avec les aires d'évaluation spécifiques de chaque espèce et/ou habitat naturel, les incidences attendues du projet sont définies.

Santé humaine - Méthodologie

<i>17.1 Incidences en phase d'exploitation</i>	<i>126</i>
<i>17.2 Incidences en phase de post-surveillance</i>	<i>144</i>



17.1 Incidences en phase d'exploitation

L'évaluation des incidences sur la santé humaine vise à apprécier les effets induits par les émissions du Cires sur la santé des populations environnantes.

L'évaluation des risques sanitaires liés à ces émissions repose, sur des méthodes éprouvées et intègre l'état de l'art des connaissances scientifiques :

- pour les émissions chimiques, les risques sanitaires sont étudiés conformément au guide méthodologique pour l'évaluation des risques sanitaires des études d'impact des ICPE établi par l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) et publié en 2021 (4);
- pour les émissions radiologiques, les risques sanitaires sont évalués en réalisant un calcul de dose efficace engagée à l'homme.

Le Cires est à l'origine d'émissions chimiques et radiologiques.

Compte tenu du principe de gestion séparée entre les eaux pluviales et les effluents susceptibles d'être contaminés par des substances radioactives et chimiques contenues dans les déchets (cf. section 2.5.3 du volume 2 de la présente étude d'impact), les rejets liquides du Cires ne peuvent induire de pollution radioactive ou chimique du milieu naturel en fonctionnement normal. La surveillance de la qualité physico-chimique et radiologique des rejets et des eaux superficielles en amont et en aval du Cires permettent de montrer qu'il n'y a pas de dégradation de la qualité des eaux et du milieu. Ainsi, conformément aux préconisations du guide INERIS, et considérant qu'il n'est pas attendu d'évolution de la qualité radiologique et chimique des rejets liquides du Cires, l'évaluation des incidences pour l'exploitation future est réalisée de manière qualitative.

Des évaluations quantitatives sont menées pour les émissions atmosphériques.

Le choix étant fait de se baser sur les méthodologies éprouvées et reconnues précédemment évoquées, des hypothèses différentes ont parfois dû être intégrées aux évaluations, comme la prise en compte de l'exposition :

- 30 ans pour l'évaluation des impacts des toxiques chimiques ;
- 1 an et 50 ans pour les évaluations des impacts radiologiques.

Le détail des hypothèses est présenté dans les paragraphes suivants.

L'évaluation des risques sanitaires est effectuée à partir d'un scénario basé sur une même population riveraine ayant une activité normale située à La Chaise (habitations les exposées, situées sous les vents dominants).

Au vu des substances considérées, les voies d'exposition pour ce groupe sont l'inhalation, l'ingestion et l'exposition externe pour l'évaluation du risque sanitaire radiologique alors que seule la voie inhalation est considérée pour l'évaluation du risque sanitaire chimique.

17.1.1 Méthodologie pour évaluer l'impact sanitaire des émissions chimiques

L'évaluation de l'impact sanitaire des populations riveraines concerne, dans le cadre de ce dossier, le risque lié aux émissions chimiques du Cires.

Conformément aux recommandations de l'INERIS, l'étude réalisée se décompose en 4 étapes :

- L'évaluation des émissions de l'installation et des enjeux au regard de l'environnement du site et des usages. Dans cette étape, les données d'émissions caractérisant l'ensemble des rejets atmosphériques sont recueillies, analysées et synthétisées. Par ailleurs, l'environnement du site est décrit, en particulier du point de vue de ses populations humaines (populations sensibles notamment), des usages et des sources de contamination déjà présentes dans la zone d'étude. Les voies de transfert et d'exposition pertinentes sont identifiées ;

- L'identification des dangers des substances chimiques et des relations dose-réponse. L'inventaire des polluants chimiques est commenté du point de vue du risque sanitaire potentiel. Les composés traceurs de risques sont sélectionnés parmi les agents identifiés, en fonction de leurs propriétés toxicologiques et des quantités émises au niveau des rejets. Pour chacune des substances retenues, sont rassemblés les effets sur la santé et les valeurs toxicologiques de référence issues de la bibliographie, les valeurs réglementaires, ainsi que les préconisations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et autres structures de santé publique ;
- L'évaluation de l'exposition des populations. Les voies et scénarios d'exposition sont définis en fonction du contexte local et en fonction des émissions recensées. Les concentrations d'exposition sont estimées en considérant les différents modes d'exposition (selon leur pertinence), avec par exemple : air (exposition par inhalation), sol, végétaux, animaux pour la viande, lait maternel, etc. ;
- La caractérisation des risques est effectuée à partir de la synthèse des informations issues de l'évaluation des expositions et de l'évaluation de la toxicité sous la forme d'une expression qualitative ou quantitative du risque.

17.1.1.1 Évaluation des émissions et des enjeux

Inventaire des substances chimiques

Les émissions atmosphériques conventionnelles du Cires s'effectuent selon deux types de rejets : les rejets canalisés et les rejets surfaciques diffus.

Les rejets canalisés sont effectués au niveau de la cheminée du BRTT. Les coordonnées géographiques et les caractéristiques de la cheminée du BRTT sont précisées dans les tableaux suivants :

Tableau 17-1 Coordonnées de la cheminée du BRTT (ATFA3)

Coordonnées	Projection Lambert 2 Étendu			Projection Lambert 93		
	X	Y	Z	X	Y	Z
ATFA3 - Cheminée du BRTT	772 710.79	2 377 433.74	159.40	823 474.89	6 809 356.41	159.40

Tableau 17-2 Caractéristiques de l'émissaire au BRTT

Hauteur du point de rejet (en mètres)	Température de rejet (°C)	Diamètre de la cheminée (en mm)	Débit nominal autorisé (en Nm³/h)		Débit moyen réel 2016-2020 (en Nm³/h)	Vitesse minimale d'éjection ³ (en m/s)	Vitesse réelle moyenne (m/s)
			min	max			
10	20 (T ambiante)	315	3000	6000	5000	8	18

Les composés chimiques rejetés par la cheminée du BRTT et issus du traitement des déchets liquides sont l'Acétronitrile, le Triméthylbenzène, l'Ethanol, le Méthanol, le Toluène, le Xylène, l'Acétate d'éthyle, l'Ether diéthylique, l'Ether isopropylique, le Diisopropyl naphtalène, le « Benzène C10-13-alkyl dérivatives », l'Ethoxylated alkylphénol, le mélange de phénylethylxylènes, le Docusate de sodium, le Bis(2-thylhexyl) hydrogène phosphate et le 2-(2-butoxyethoxy) éthanol.

Pour la modélisation du rejet à la cheminée, la formule de surhauteur de Holland est utilisée mais sans rabatement du panache compte-tenu de la hauteur de 10 m de la cheminée du BRTT.

³ Vitesse minimale prescrite par l'arrêté préfectoral

Les rejets de poussières et gaz d'échappement issus du chantier de mise en place de la couverture sont considérés comme émis par l'ensemble de la surface du chantier : couverture de la tranche 3, zone de dépôt des terres et zone de dépôt de l'argile, soit une surface totale de 21,4 ha.

Les composés chimiques rejetés par le chantier de mise en place de la couverture sont le monoxyde carbone (CO), les Composés Organiques Volatils (COV), les oxydes d'azote (NOx), et les poussières (PM_{2,5} et PM₁₀). Les sources d'émissions de ces composés sont précisées dans le chapitre 3.2.1 du présent volume.

17.1.1.2 Identification des dangers des substances chimiques et des relations dose-réponse

Choix des traceurs de risque

Les traceurs de risque sont les substances émises susceptibles de générer des effets sanitaires chez les personnes qui y sont exposées. Ils sont choisis sur la base de l'existence de valeurs toxicologiques de références (VTR), ou à défaut de valeurs seuils réglementaires ou de gestion (valeurs guides).

Choix de la relation dose - effet

L'évaluation des risques sanitaires, selon la méthodologie recommandée par l'INERIS [3], est réalisée à l'aide des valeurs toxicologiques de référence (VTR). Les VTR permettent de définir la relation quantitative entre un niveau d'exposition et la possibilité ou la probabilité d'apparition d'un effet critique. On parle de « relation dose-effet ». Les VTR sont établies sur la base d'une analyse des connaissances toxicologiques et épidémiologiques actuellement disponibles.

Le recensement des VTR suit la méthode définie dans la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués [6].

Les VTR sont recherchées parmi les bases de données en suivant cet ordre :

- l'Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail ;
- l'US-EPA : Environmental Protection Agency ;
- l'ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry ;
- l'OMS : Organisation mondiale de la santé ;
- la Health Canada : Santé Canada ;
- le RIVM : Institut national de santé publique et de l'environnement des Pays-Bas ;
- l'OEHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment ;
- l'EFSA : European Food Safety Authority.

En absence de VTR, les valeurs guides ou valeurs réglementaires sont retenues pour une évaluation qualitative des risques.

L'appellation VTR regroupe toutes les relations quantitatives entre une dose et l'apparition d'un effet lié à une exposition aiguë ou à une exposition chronique continue ou répétée dans le temps (effets à seuil), ou entre une dose et une probabilité d'effet (effets sans seuil).

Les valeurs toxicologiques de référence disponibles pour la voie inhalation sont présentées dans le Tableau 17-3 .

Tableau 17-3 Valeur toxicologiques de référence (VTR) pour la voie inhalation

Traceurs de risque	VTR	Durée d'exposition	Source	Effet critique/organe cible	Type de VTR
Acétonitrile	60 µg/m ³	année	US-EPA, 2005	Mortalité	Effets à seuil
Triméthylbenzène	60 µg/m ³	année	US-EPA, 2016	Diminution de la sensibilité à la douleur, diminution des neutrophiles segmentés, lésions pulmonaires inflammatoires	Effets à seuil
Toluène	19000 µg/m ³	année	Anses, 2017	Effets neurologiques	Effets à seuil
Xylène	100 µg/m ³	année	Anses, 2020	Effets neurologiques	Effets à seuil
Acétate d'éthyle	6400 µg/m ³	année	Anses, 2015	Effets neurologiques	Effets à seuil
Benzène	10 µg/m ³	année	Anses 2012	Diminution du nombre de lymphocytes	Effets à seuil
	2,6 x 10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹	année	Anses, 2013	Leucémies aiguës	Effets sans seuil

Pour les effets à seuil, une valeur toxicologique de référence (VTR) désigne la dose ou la concentration en-deçà de laquelle la survenue d'un effet n'est pas attendue. Elle s'exprime dans la même unité que l'exposition. Pour les effets sans seuil, une valeur toxicologique de référence (VTR) désigne la probabilité supplémentaire de survenue d'un effet pour une unité d'exposition. Elle est aussi appelée excès de risque unitaire (ERU) et s'exprime dans l'unité inverse de l'exposition.

Les valeurs réglementaires (valeurs limites pour la protection des populations) ou de gestion (objectifs de qualité de l'air) disponibles sont présentées dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs de référence sont fournies sur 24 heures (moyenne journalière) pour les expositions aiguës, et sur un an (moyenne annuelle) pour les expositions chroniques.

Tableau 17-4 Valeurs guide et valeurs limites disponibles pour les traceurs de risque

Traceurs de risque	Moyenne annuelle ($\mu\text{g.m}^{-3}$)		Moyenne journalière ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	
	Objectif de qualité de l'air	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Objectif de qualité de l'air	Valeur limite pour la protection de la santé humaine
Dioxyde d'azote	10 (8)	40	25	-
PM ₁₀	15 (8)	40	45	50 (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an)
PM _{2,5}	5	25	15	-
Monoxyde de carbone	-	-	-	4000 (8)

Les valeurs guides retenues pour l'évaluation des risques sanitaires sont en surligné gris dans le tableau.

17.1.1.3 Évaluation des expositions

Voies d'exposition et schéma conceptuel

Au regard des émissions considérées et des propriétés des composés chimiques émis dans l'atmosphère, la seule voie d'exposition évaluée est l'inhalation. En effet, la voie ingestion n'est pas évaluée car les métaux, dioxines et HAP, susceptibles de s'accumuler dans les sols et de se transférer dans les aliments produits localement (légumes, œufs, lait et viandes) ne sont pas émis par le Cires intégrant le projet Acaci.

Description des scénarios d'exposition

Pour le Cires, l'Andra a retenu pour les populations le scénario Habitant « majorant » présenté dans le guide INERIS 2021 [3]. Ce scénario correspond à un habitant qui réside à 100 % de son temps au niveau de l'habitation la plus exposée (où les concentrations sont les plus élevées).

Dans ce scénario, le nombre d'années d'exposition est fixé à 30 ans pour des expositions continues. Ce scénario est majorant car il tient compte d'une durée d'exposition correspondant à 100 % de son temps de résidence pendant toute la journée. Ce scénario est a fortiori très pénalisant pour le travailleur du CSA qui ne réside pas sur son lieu de travail et qui n'est exposé que 8 heures par jour.

Pendant l'exploitation du Cires avec le projet Acaci, la population est exposée à la fois aux émissions « continues » issues du BRTT et aux émissions des activités discontinues. Ces activités discontinues concernent les travaux de creusement des alvéoles, de mise en place des couvertures provisoires, de terrassement, de dépôt des terres en lien avec le projet Acaci et de mise en place des couvertures définitives des tranches T1, T2 et T3 du Cires.

Les activités discontinues sont caractérisées par les mêmes types de travaux et les mêmes types d'émissions :

- Les émissions associées aux gaz d'échappement des engins, soulèvement de poussières, et mouvements de matériaux en lien avec les engins de chantier ;
- Les envols de poussières liés à l'abrasion du vent sur les matériaux stockés et le terrassement.

La durée associée au cumul des activités discontinues est estimée à 98 mois en considérant que la plateforme T1 a été réalisée en phase chantier lors de la création du Cires.

En tenant compte qu'il existe entre les phases plus actives des périodes de creusement régulier des alvéoles et la mise en place des couvertures provisoires, une durée enveloppe de 120 mois, soit 10 ans, est retenue pour les émissions associées au cumul de l'ensemble des activités discontinues.

Dans le scénario Habitant « majorant », il a donc été considéré que la population était soumise à **30 ans d'exposition associée aux émissions du BRTT et à 10 ans d'exposition cumulée associée aux émissions discontinues**. Parmi les activités discontinues, la mise en place de la couverture de la tranche 3 (T3) considérée comme la plus pénalisante en termes de flux d'émissions est retenue pour les calculs d'évaluation de risque sanitaire.

Dispersion atmosphérique

La dispersion atmosphérique a été modélisée à l'aide du logiciel développé par ARIA Technologies : ARIA Impact version 1.8 basé sur un modèle de type gaussien conforme aux recommandations de US EPA et de l'INERIS.

Ce logiciel permet de simuler la dispersion à long terme de polluants atmosphériques (gazeux ou particulaires) issus de tout type de sources émettrices et de calculer les concentrations et les dépôts (secs ou humides) exprimés en moyenne annuelle ou en centiles. Le modèle gaussien permanent permet la simulation de rejets continus en 2D en champ lointain (> 100 m) jusqu'à une distance de 50 km.

Les données météorologiques prises en compte sont les données tri-horaires mesurées au niveau de la station du CSA, pour la période 2016-2020. Cette station, qui fait partie du réseau de Météo-France, enregistre les données relatives au vent (vitesse et direction), à la température pour différentes hauteurs, à la pluie et à l'humidité relative.

Pour caractériser la stabilité atmosphérique, les données de température à différentes hauteurs sont utilisées.

17.1.1.4 Caractérisation du risque sanitaire

Les concentrations moyennes inhalées, et les valeurs toxicologiques de référence (VTR) permettent de calculer des indicateurs de risque. Ces indicateurs de risque sont soit des quotients de danger (QD) dans le cas des polluants avec effet de seuil (polluants non cancérrogènes), soit des excès de risque individuel (ERI) dans le cas des polluants sans effet de seuil (polluants cancérrogènes).

Polluants à effets à seuil

Pour les polluants à effet à seuil, l'indicateur de risque est le quotient de danger (QD) qui est pour la voie inhalation le rapport entre la concentration moyenne inhalée et la valeur toxicologique de référence.

$$QD = \frac{CI}{VTR}$$

Avec CI : Concentration moyenne inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;

VTR : valeur toxicologique de référence pour un effet à seuil (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si le QD ne dépasse pas 1 le risque peut être considéré comme « non préoccupant ».

Polluants à effets sans seuil

Pour les polluants à effet sans seuil, l'indicateur de risque est l'excès de risque individuel (ERI). Pour l'inhalation il est calculé à partir de la concentration (CI), le temps d'exposition (T_i) et la durée de vie (T_m) comme suit :

$$ERI = \frac{\sum_i CI \times T_i}{T_m} \times ERU$$

Avec CI : Concentration moyenne inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;

ERU : excès de risque unitaire ou valeur toxicologique de référence pour un effet sans seuil (en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$).

Si l'ERI ne dépasse pas 10^{-5} le risque peut être considéré comme « non préoccupant ».

Pour les composés à effets sans seuil, l'exposition est rapportée à la durée de vie, conventionnellement 70 ans (Tm). Compte tenu du scénario retenu, le temps d'exposition (Ti) est égal à 10 ans car seules les activités discontinues sont émettrices de substances à effet sans seuil.

Effet additif à seuil ou sans seuil

La caractérisation des effets additifs à seuil consiste à additionner les quotients de danger des substances provoquant le même effet sur le même organe, par le même mécanisme biologique.

La caractérisation des effets additifs sans seuils consiste à additionner les ERI des composés chimiques.

17.1.1.5 Analyse des incertitudes sur l'évaluation des incidences chimiques

Différentes sources d'incertitudes interviennent dans l'évaluation des incidences chimiques sur la santé.

L'analyse des incertitudes sur les émissions chimiques

Les composés organiques volatils (COV) et les hydrocarbures provenant des gaz d'échappement des véhicules sont assimilés de façon très majorante à du benzène pour l'évaluation de la qualité de l'air.

Pour l'évaluation du risque sanitaire, 5 % du COV est assimilé au benzène. Les COV émis font partie des hydrocarbures imbrûlés de la combustion de carburant. D'un point de vue quantitatif, un taux de 5 % a été appliqué sur le total des composés organiques volatils. Ce choix tient compte de la réglementation en vigueur sur les teneurs maximales en benzène utilisé comme additif dans les carburants ne devant pas dépasser 1 % depuis le 1er janvier (directive n° 98/70/CE du 13 octobre 1998 (9) concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 93/12/CEE du Conseil). Par conséquent, la prise en compte d'un taux de 5 % de benzène dans les gaz d'échappement reste un choix majorant.

L'analyse des incertitudes sur la dispersion atmosphérique

Les modèles 2D appliqués par le logiciel de dispersion atmosphérique Impact™ développé par ARIA Technologie sont des modèles de type gaussien. Ils mettent en jeu un ensemble d'hypothèses permettant de reproduire de manière simplifiée le phénomène de dispersion. Tous les modèles gaussiens, peuvent être utilisés pour la modélisation autour de sites situés dans des reliefs peu accidentés et sur lesquels les conditions météorologiques sont homogènes. Le logiciel Impact™ est un outil de référence de nombreuses installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

Les résultats sont valables pour des distances supérieures à 100 m du point d'émission, notamment en cas de présence de bâtiments. Par ailleurs, au-delà de la dizaine de kilomètres, les résultats présentent plus d'incertitudes car d'autres phénomènes de turbulence et de diffusion peuvent être considérés. Les calculs présentés se situent dans le domaine de validité des modèles à savoir dans la fourchette de distance 100 m – 10 km. Les points cibles sont bien à moins de 10 km de la source d'émission atmosphérique. La pertinence des modèles gaussiens n'est pas remise en cause, cependant, il est important de signaler que les résultats obtenus par différents logiciels de simulation (ADMS...) peuvent présenter des différences d'environ un ordre de grandeur dans l'évaluation des concentrations massiques des polluants conventionnels. Même avec cet ordre de grandeur, les évaluations concluent à l'absence de risque pour l'environnement et la santé des populations environnantes.

L'analyse des incertitudes sur l'exposition humaine

Il a été retenu des scénarios d'exposition correspondant à la présence de population 24 heures sur 24, 365 jours par an. Ce scénario n'est peut-être pas représentatif de la population exposée qui peut être amenée à quitter son lieu de vie régulièrement pour le travail ou les vacances par exemple. Ce scénario est à fortiori très pénalisant pour le travailleur du CSA qui ne réside pas sur son lieu de travail.

Toutefois cette hypothèse très majorante permet de prendre en compte les classes d'âges plus sensibles telles que les enfants, qui n'ont pas de valeur de référence, et les cas extrêmes pouvant exister au sein de la population (personnes âgées peu mobiles par exemple, agriculteurs locaux).

Même en considérant une durée d'exposition liée aux émissions du BRTT dépassant 30 ans, aucune différence n'est à considérer dans les conclusions des évaluations d'impact, car les substances chimiques émises sont des substances à seuil (liées à des calculs de QD) et dont les évaluations des incidences ne sont pas conditionnées à une durée d'exposition, mais à un seul dépassement d'un seuil. Le seul composé chimique dont l'indicateur de risques est lié à la durée d'exposition, est le benzène, qui est émis par les engins lors des chantiers.

L'analyse des incertitudes sur l'incidence sur la qualité de l'air

L'incidence sur la qualité de l'air est analysée en additionnant les concentrations estimées par le code de calcul de dispersion atmosphérique et les valeurs de fonds mesurées sur la commune de la Chaise (PM10, CO, NO₂, Benzène) ou à l'entrée du Cires (PM2,5). Les valeurs de fonds sont considérées homogènes sur toute la zone d'étude en absence d'activités industrielles autres que celles de l'Andra (CSA et Cires) susceptibles d'émettre les polluants concernés par les valeurs réglementaires de la qualité de l'air. Par ailleurs, les concentrations maximales de ces polluants déterminées sur le site du Cires sont toutes inférieures aux valeurs réglementaires. L'incertitude sur les résultats de l'incidence sur la qualité de l'air est donc très faible et ne modifie en rien les conclusions.

L'analyse des incertitudes sur les effets

Les valeurs repères d'effet utilisées comme indicateur pour les risques liés aux rejets chimiques sont basées sur des résultats d'études expérimentales (études animales). Les valeurs toxicologiques de référence, valeurs repères utilisées pour la santé humaine, peuvent aussi être basées sur des résultats d'études épidémiologiques. Des facteurs d'incertitudes sont utilisés pour majorer les résultats des études à l'origine de leurs estimations.

Les polluants chimiques peuvent interagir les uns par rapport aux autres. La connaissance des interactions entre polluants est peu avancée. Il n'est donc actuellement pas possible de savoir si leurs effets sont antagonistes, synergiques ou additifs.

Cependant les quotients de danger calculés pour les effets additifs pour le triméthylbenzène, le toluène, le xylène et l'acétate d'éthyle ont montré que le risque pour les effets avec seuil sur le système nerveux peut être considéré comme non préoccupant vis-à-vis de la santé humaine pour les populations.

17.1.2 Méthodologie pour évaluer l'impact sanitaire des émissions radioactives

17.1.2.1 Démarche générale d'évaluation des risques radiologiques

La démarche générale de calcul d'impact radiologique comporte plusieurs étapes d'évaluation et de modélisation (en rouge sur la Figure 17-1) :

- évaluation des termes sources ;
- évaluation de la dispersion pour les rejets atmosphériques et dilution pour les rejets liquides ;
- transferts dans l'environnement le long de la chaîne agro-alimentaire ;
- définition des voies d'exposition à l'Homme et calculs de doses ;
- caractérisation du risque, par le calcul des doses calculées à des valeurs de référence.

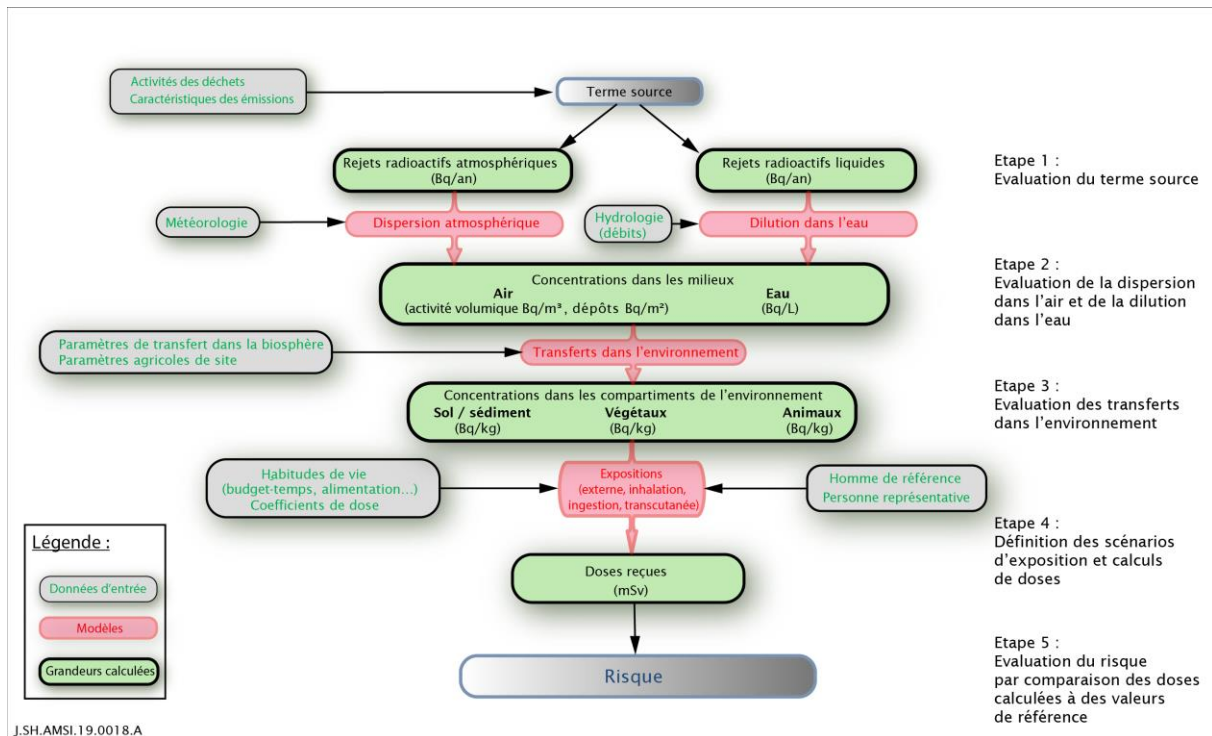


Figure 17-1 Démarche générale d'évaluation des incidences sur la santé liées aux émissions radioactives

Ensuite les résultats de dose sont comparés à des seuils de référence prédéfinis à savoir la valeur réglementaire pour le public de 1 mSv/an et la valeur définie par l'Andra de 0,25 mSv/an.

17.1.2.2 Évaluation du terme source

Les termes sources ont plusieurs origines :

- les rejets canalisés issus des autorisations de rejets du centre par les émissaires du bâtiment de traitement (BT) et du bâtiment de regroupement tri traitement (BRTT) ;
- les rejets diffus, issus des alvéoles en exploitation, calculés à partir de l'inventaire radiologique prévisionnel de référence ;
- les rejets diffus issus du bâtiment d'entreposage (BE) sur la base des activités susceptibles d'être présentes dans le bâtiment .

Tableau 17-5 Rejets atmosphériques (Bq/an) du Cires basés sur les autorisations ou des évaluations et localisation des émissions retenues

Radionucléide	Rejet canalisé (autorisations de rejet)	Rejet canalisé (évaluation)	Rejets diffus bâtiments industriels (Évaluation)		Rejet diffus Alvéole (évaluation)
			Mode ventilé	Mode non ventilé	
Emissaire	BT	BRTT	BE – (Extr 2)	BE – Centre	Barycentre
Hauteur de rejet (m)	20 m	10 m	10 m	0 m	0 m
¹⁴ C (CO ₂)	1,50E+10	-	-	2,60E+08	1,23E+06
³ H (HTO)	4,00E+10	-	-	2,00E+10	3,46E+09
Iodes (¹²⁹ I, vapeur)	4,00E+06	-	-	-	5,13E+03
Emetteurs alpha (²³⁹ Pu aérosol)	4,00E+04	-	-	-	-
Emetteurs beta/gamma (⁹⁰ Sr aérosol)	4,00E+05	-	-	-	-
²²² Rn (gaz rare)	-	1,30E+09	7,8E+09	8,58E+10	4,17E+09

Les mesures des rejets en cheminée montrent que le tritium est rejeté sous les formes HT et HTO et que le carbone 14 est rejeté sous les formes CO et CO₂. Les formes CO₂ du carbone 14 et HTO du tritium ont été prises en compte car elles sont plus pénalisantes (coefficients de dose inhalation et ingestion de HTO et CO₂ supérieurs à ceux de HT et CO respectivement).

Parmi les trois isotopes de l'iode I131, I125 et I129, concernés par l'arrêté d'autorisation, le rejet autorisé global en iode est considéré sous forme I129 vapeur, plus pénalisante (période et coefficients de dose plus élevés).

Les émetteurs alpha sont représentés par le Pu239 et les émetteurs bêta gamma par le Sr90 plus pénalisants par voie atmosphérique pour les populations humaines (coefficients de dose par inhalation plus élevés que les autres émetteurs alpha et beta/gamma respectivement).

17.1.2.3 Dispersion atmosphérique

La plateforme CERES®, module GASCON (version 6.2.14), modèle à bouffée gaussienne, est utilisée pour modéliser la dispersion atmosphérique et les dépôts en fonctionnement normal de tous les radionucléides, en utilisant les données météo de la station de Soulaines-Dhuys (CSA) sur une chronique de 5 années (2016-2020).

Les conditions météo sur la période sont données dans le tableau suivant :

Tableau 17-6 Conditions météo de la station de Soulaines-Dhuys pour la période 2016-2020

Hauteur de pluie annuelle	mm/an	724
Nombre de jours de pluie	j/an	175
Température de l'air	°C	20
Humidité relative de l'air	%	50

Pour la détermination des classes de stabilité, les données ont été traitées avec le code IMPACT développé par ARIA Technologies pour réaliser des statistiques nécessaires aux données d'entrée du module GASCON de la plateforme CERES® utilisée pour modéliser la dispersion atmosphérique et les dépôts et calculer les écarts-types. Les données doivent être distribuées sur les 6 classes de stabilité de Pasquill-Turner. La méthode du gradient de températures permet de distribuer les données météo en 6 classes de stabilité atmosphérique, A, B, C, D avec et sans pluie, E, F.

Les pourcentages d'occurrence obtenus avec les données météorologiques retenues de la station de Soulaines-Dhuys sont indiqués ci-dessous pour chaque classe de stabilité :

- Classe A : Très instable (12,6 %)
- Classe B : Instable (3,0 %)
- Classe C : Légèrement instable (4,1 %)
- Classe D : Neutre (19,51 %)
- Classe E : Stable (33,9 %)
- Classe F : Très stable (26,9 %)

17.1.2.4 Transferts dans l'environnement

Les paramètres utilisés pour modéliser les transferts du sol vers les plantes, puis vers les animaux sont détaillés ci-après.

Tableau 17-7 Facteur de transfert sol/plante (Bq/kg de végétal frais)/(Bq/kg de sol sec)

Isotopes	Salade	Carottes	P. de terre	Haricots	Tomates	Pommes
C14 CO2	1.25E-01	1.25E-01	1.25E-01	1.25E-01	1.25E-01	0.00E+00
HTO	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I129élévap	3.28E-04	7.52E-04	2.10E-02	2.50E-02	6.00E-03	6.30E-03
OBT	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pa231	4.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	2.50E-03	2.50E-03	2.50E-03
Pu239+	2.24E-05	6.24E-05	3.15E-05	1.55E-05	3.72E-06	8.00E-06
Sr90+	9.60E-02	9.76E-02	2.73E-02	3.50E-01	8.40E-02	3.90E-02
U235+	3.44E-03	4.00E-03	5.88E-03	5.75E-03	1.38E-03	0.00E+00

Isotopes	Foin	Herbe	Blé	Maïs four.
C14 CO2	1.25E-01	1.25E-01	1.25E-01	1.25E-01
HTO	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I129élévap	2.92E-03	3.70E-04	3.10E-04	1.12E-04
OBT	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pa231	4.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	4.00E-02
Pu239+	1.26E-04	3.00E-05	4.21E-06	1.61E-05
Sr90+	4.74E-01	1.10E-01	9.46E-02	2.17E-01
U235+	7.74E-03	7.20E-03	6.62E-03	2.42E-03

Tableau 17-8 Facteurs de translocation (sans dimension)

Isotopes	Salade	Carottes	P. de terre	Haricots	Tomates	Pommes
C14 CO2	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
HTO	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
I129élévap	1.00E+00	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01
OBT	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pa231	1.00E+00	1.00E-03	1.00E-03	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02
Pu239+	1.00E+00	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02	3.00E-06
Sr90+	1.00E+00	5.00E-03	1.00E-03	2.00E-02	2.00E-02	4.40E-03
U235+	1.00E+00	1.00E-03	1.00E-03	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02
Isotopes	Foin		Herbe	Blé		Maïs four.
C14 CO2	1.00E+00		1.00E+00	1.00E+00		1.00E+00
HTO	1.00E+00		1.00E+00	1.00E+00		1.00E+00
I129élévap	1.00E+00		1.00E+00	1.00E-01		1.00E-01
OBT	0.00E+00		0.00E+00	0.00E+00		0.00E+00
Pa231	1.00E+00		1.00E+00	2.00E-02		2.00E-02
Pu239+	1.00E+00		1.00E+00	1.00E-02		1.00E-02
Sr90+	1.00E+00		1.00E+00	2.00E-02		2.00E-02
U235+	1.00E+00		1.00E+00	2.00E-02		2.00E-02

Tableau 17-9 Facteur de transfert aux produits animaux (j/kg)

Isotopes	Viande (Bovin)	Viande (Mouton)	Viande (Porc)	Œuf (Poule)	Viande (Poule)	Lait (Vache laitière)
C14 CO2	1.20E-01	1.70E+00	5.80E-01	2.30E+01	2.30E+01	5.00E-02
HTO	2.90E-02	4.10E-01	1.40E-01	5.80E+00	5.80E+00	1.50E-02
I129élévap	6.70E-03	3.00E-02	4.10E-02	2.40E+00	8.70E-03	5.40E-03
OBT	2.90E-02	4.10E-01	1.40E-01	5.80E+00	5.80E+00	1.50E-02
Pa231	1.00E-03	1.00E-02	1.00E-02	4.10E-03	4.00E-03	5.00E-06
Pu239+	1.10E-06	5.30E-05	8.00E-05	1.20E-03	3.00E-03	1.00E-05
Sr90+	1.30E-03	1.50E-03	2.50E-03	3.50E-01	2.00E-02	1.30E-03
U235+	3.90E-04	2.00E-03	4.40E-02	1.10E+00	7.50E-01	1.80E-03

Tableau 17-10 Consommations annuelles des animaux (kg/an)

	Bovin	Mouton	Porc	Poule	Vache laitière
Blé	1610.00	0.00	803.00	43.80	0.00
Herbe	9310.00	2560.00	0.00	0.00	6300.00
Maïs four.	0.00	0.00	0.00	0.00	6650.00
Foin	1530.00	0.00	0.00	0.00	4900.00

17.1.2.5 Définition des scénarios d'exposition et calculs de dose

Groupe de référence

Les groupes de référence sont définis par leur mode de vie actuel, c'est-à-dire en considérant les voies de transfert actuellement observées. Leur description repose sur des études et observations locales autour du site. Pour les groupes retenus comme potentiellement exposés, les voies d'exposition adaptées aux activités associées, en tenant compte d'un certain niveau d'autarcie, sont choisies.

Le groupe de référence considéré correspond à un groupe multi-activités qui consomme les produits issus de son jardin potager, sa basse-cour, son élevage bovin et de la chasse. Ce groupe est localisé à La Chaise, (village le plus proche, à quelques centaines de mètres du Cires au sud-ouest, sous les vents dominants). Est considéré également le travailleur du CSA (travaillant au centre de stockage de l'Aube situé à proximité du Cires).

Voies de transfert et d'atteinte des populations

Les voies de transfert prises en compte sont (cf. Figure 17-2) :

- L'irradiation/exposition externe dans le panache (extérieur et intérieur des habitations) ;
- L'irradiation/exposition externe secondaire due à l'activité des sols suite aux dépôts atmosphériques en extérieur ;
- L'inhalation de particules de sol et l'ingestion par inadvertance de sol mis en suspension suite aux dépôts au sol ;
- L'inhalation durant le passage dans le panache (présence extérieure) ;
- L'ingestion de produits végétaux et animaux contaminés par voie atmosphérique (panache et dépôt), via leur ration alimentaire (céréales, herbe, foin) ;
- Le passage transcutané pour le tritium (en extérieur).

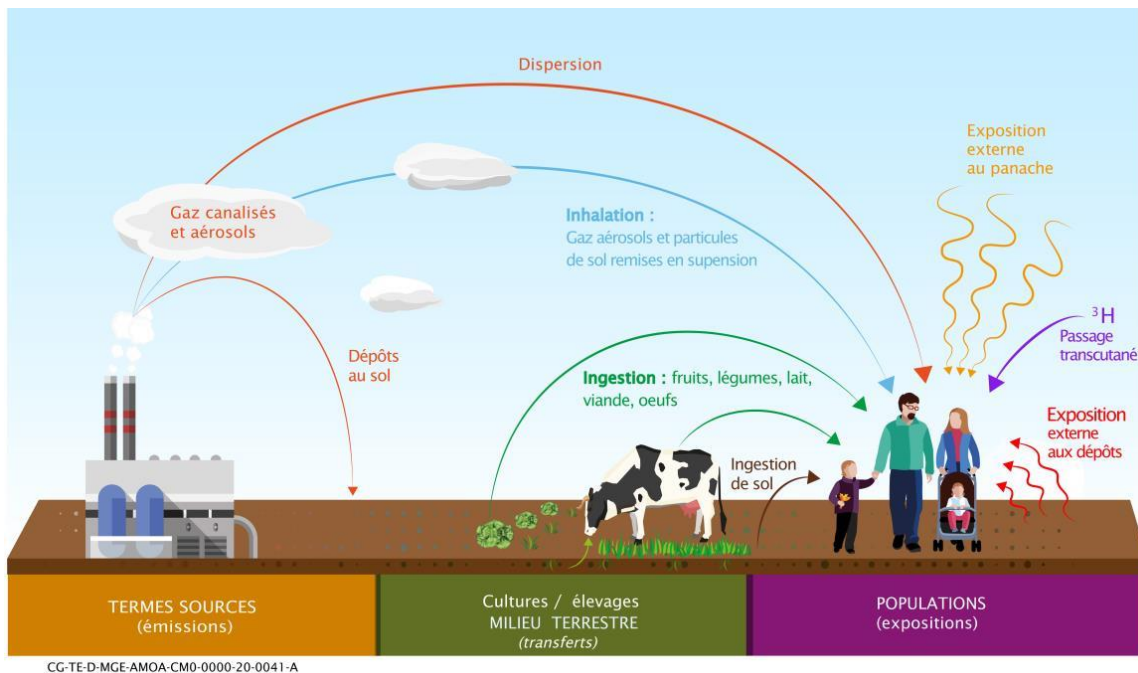


Figure 17-2 Schéma des voies de transfert et d'exposition pour les rejets atmosphériques du Cires

Variables d'exposition

Le coefficient de dose est la dose reçue par unité d'activité par un individu exposé à un (ou des) rayonnement(s). Ce terme est générique et sa définition diffère selon la voie d'atteinte considérée :

- dans le cas d'une exposition interne (inhalation ou ingestion), le coefficient de dose, ou dose par unité d'incorporation, est la dose (équivalente à un organe ou efficace) engagée par unité d'incorporation. Il s'exprime en Sv/Bq ;
- dans le cas d'une exposition externe à un panache, ou de l'immersion dans l'eau, le coefficient de dose est le débit de dose (équivalente à un organe ou efficace) par unité d'activité volumique. Il s'exprime en (Sv/s)/(Bq/m³) ;
- dans le cas d'une exposition externe à un dépôt au sol en surface, le coefficient de dose est le débit de dose (équivalente à un organe ou efficace) par unité d'activité surfacique. Il s'exprime en (Sv/s)/(Bq/m²) ;
- dans le cas d'une exposition externe à un dépôt au sol en profondeur, le coefficient de dose est le débit de dose (équivalente à un organe ou efficace) par unité d'activité volumique. Il s'exprime en (Sv/s)/(Bq/m³).

Coefficient de dose pour une exposition externe

Les vitesses de dépôt sec et les coefficients de dose externe figurent dans le Tableau 17-11.

Tableau 17-11 Période radioactive, vitesse de dépôt, coefficients de dose externe

Isotopes	Période radioactive (secondes)	Vitesse de dépôt sec au sol (m/s)	Irradiation panache ((Sv/s)/(Bq/m ³))	Irradiation dépôt ((Sv/s)/(Bq/m ²))
C14 CO2	1.80E+11	1.00E-30	2.24E-19	1.61E-20
HTO	3.89E+08	3.00E-03	0.00E+00	0.00E+00
I129élevap	5.08E+14	2.00E-02	3.80E-16	2.58E-17
OBT	3.89E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu239+	7.61E+11	5.00E-03	4.24E-18	3.67E-19
Rn222	3.30E+05	S.O	1.91E-17	S.O
Sr90+	9.09E+08	5.00E-03	1.98E-16	5.60E-18

Coefficient de dose pour une exposition interne par inhalation ou ingestion

Tableau 17-12 Coefficients de dose efficace par inhalation ou ingestion

Isotopes	Solubilité	Granulométrie (µm)	Inhalation - Efficace (Sv/Bq)			Ingestion - Efficace (Sv/Bq)		
			Adulte	Enfant de 10 ans	Enfant de 1 à 2 ans	Adulte	Enfant de 10 ans	Enfant de 1 à 2 ans
C14 CO2			6.20E-12	8.90E-12	1.90E-11	5.80E-10	8.00E-10	1.60E-09
HTO			1.80E-11	2.30E-11	4.80E-11	1.80E-11	2.30E-11	4.80E-11
I129élevap			9.60E-08	1.70E-07	2.00E-07	1.10E-07	1.90E-07	2.20E-07
OBT			0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.20E-11	5.70E-11	1.20E-10
Pu239+	M	1	5.00E-05	4.80E-05	7.70E-05	2.50E-07	2.70E-07	4.20E-07
Sr90+	M	1	3.74E-08	5.36E-08	1.18E-07	3.07E-08	6.59E-08	9.30E-08
U235+	M	1	3.10E-06	4.30E-06	1.00E-05	4.73E-08	7.17E-08	1.33E-07

Les facteurs utilisés intègrent la contribution des descendants au facteur de dose du radionucléide père (noté +)

Habitudes alimentaires

Les consommations alimentaires des populations résidentes proviennent d'une enquête régionale réalisée en 2013 sur le territoire de Meuse-Haute-Marne. Cette étude, réalisée pour le projet global Cigéo, est considérée comme applicable au Cires, au vu de la proximité géographique des deux sites (une soixantaine de kilomètres). Il est pris en compte dans l'évaluation de l'exposition toutes les denrées alimentaires susceptibles d'être produites localement.

On considère que le travailleur du CSA n'habite pas dans les quatre communes proches du Cires et qu'il ne consomme pas les produits locaux.

Le groupe « multi-activités » consomme les produits issus de son jardin potager, sa basse-cour, son élevage bovin et de la chasse.

Les valeurs d'autoconsommation entrées dans CERES pour le groupe de référence multi-activités sont présentées dans le tableau 17-13.

Tableau 17-13 Valeurs d'autoconsommation retenues pour le groupe multi-activités

Aliments	Autoconsommation (kg.an ⁻¹)			Explications
	Enfant de 1 à 2 ans	Enfant de 10 ans	Adulte	
Salade	9	15	28	Autoconsommation légumes feuilles
Carottes	5	8	16	Autoconsommation légumes racines
P. de terre	15	27	31	Autoconsommation pommes de terre
Haricot	11	13	15	Autoconsommation légumes fruits
Tomate	11	12	15	Autoconsommation légumes fruits
Pommes	22	26	30	Autoconsommation fruits
Viande (Bovin)	2	3	4	Autoconsommation du bœuf
Viande (Mouton)	0.1	0.2	0.3	Autoconsommation du gibier (chevreuil assimilé à un mouton)
Viande (Porc)	3	5	6	Autoconsommation du porc + charcuterie car CERES® ne permet pas de prendre en compte la charcuterie séparément
Œufs (Poule)	4	8	10	Autoconsommation œufs
Viande (Poule)	3	7	10	Autoconsommation volaille
Lait (Vache laitière)	36	51	29	Autoconsommation lait + produits laitiers (fromage non pris en compte dans CERES® 1 kg fromage = 10 litres de lait)

Temps d'exposition et débits respiratoires

Les individus du groupe de référence « multi-activités » sont considérés 100 % de leur temps sur la zone exposée.

Le cas du travailleur au CSA concerne un adulte travaillant 8 heures par jour sur le site.

Des valeurs de débits respiratoires selon la classe d'âge et l'activité sont proposées par la CIPR 89. Ces données ne sont pas dépendantes du site contrairement aux habitudes alimentaires et au budget temps (habitudes de vie). Les débits respiratoires moyens sont calculés à partir des temps passés et des débits respiratoires par activité et par classe d'âge proposés par la CIPR 89.

Tableau 17-14 Débit respiratoire moyen pour chaque catégorie d'âge

Catégorie	Débit respiratoire
Adulte	0.96 m ³ /h
Enfant de 10 ans	0,64 m ³ /h
Enfant de 1 an	0,22 m ³ /h

17.1.2.6 Evaluation des relations dose-réponse

Les calculs dosimétriques sont réalisés avec le module GASCON de CERES sauf pour le radon 222 pour lequel l'indicateur dosimétrique de l'exposition interne (inhalation) au radon est l'énergie α potentielle de ses descendants comme le préconise l'arrêté du 1er septembre 2003. L'énergie alpha potentielle (EAP) d'un atome de radon 222 est l'énergie alpha totale émise par les désintégrations alpha de cet atome et de ses descendants jusqu'au 210Pb non inclus.

La formule de calcul de dose interne liée au radon 222 est donc présentée ci-dessous :

$$\text{Dose (Sv/an)} = \text{budget temps (h/an)} \times \text{Av (Bq/m}^3\text{)} \times \text{F (0,4)} \times \text{EAP (5,565.10}^{-9}\text{ J.Bq}^{-1}\text{)} \times \text{CD (1,1 Sv/J.h.m}^3\text{)}$$

Avec · Budget temps : nombre d'heures d'exposition à l'inhalation de radon par an ;

· Av = activité volumique en radon dans l'air (Bq/m³) ;

· F = Facteur d'équilibre, qui traduit l'équilibre du radon avec ses descendants (fixé en moyenne à 0,4 dans les habitations, UNSCEAR 2000)

· EAP = Energie alpha potentielle pour 1 Bq de radon 222 à l'équilibre soit 5,56.10⁻⁹ J/Bq ;

· CD = Facteur de conversion de dose 1,1 Sv.J⁻¹.m³.h⁻¹ (Arrêté du 1er septembre 2003)

La dose est considérée la même quelle que soit la classe d'âge.

Les calculs de dose sont comparés à la valeur de référence réglementaire de 1 mSv/an et à la valeur cible définie par l'Andra de 0,25 mSv/an.

17.1.2.7 Incertitudes associées à l'évaluation de l'impact sanitaire des émissions radiologiques

Plusieurs sources d'incertitudes sont identifiées et analysées.

Incertitude liée aux activités des groupes de population étudiés

Des calculs de sensibilité ont été réalisés dans le cadre du projet global Cigéo et ont permis de mettre en évidence un rapport maximum de 2 entre les groupes de populations particuliers : éleveurs bovins (à consommation majoritairement bovine, à hauteur du 95ème percentile des résultats obtenues lors de l'enquête alimentaire de 2013 effectué autour du projet global Cigéo), villageois jardinier (à consommation majoritairement des produits de son jardin, à hauteur du 95ème percentile des résultats obtenues lors de l'enquête alimentaire de 2013 effectué autour du projet global Cigéo) etc... Etant donné la faible différence de dose totale annuelle reçue entre ces différents groupes, cette étude de sensibilité n'a pas été réitérée dans le cadre de la présente évaluation des incidences. De plus, l'exposition par inhalation radon faisant la dose (91 %), les habitudes alimentaires différentes entre les groupes n'ont donc que très peu d'influence sur la dose totale annuelle reçue.

Par ailleurs, le débit respiratoire de l'individu est potentiellement un facteur jouant sur la dose totale reçue annuellement. Par exemple, pour un coureur de fond adulte ayant un débit respiratoire lourd de l'ordre de 3 m³/h comparé à 0,96 m³/h pour un adulte lambda il recevra une dose annuelle supérieure.

Incertitude liée au logiciel (CERES) utilisé

Une comparaison des résultats de dispersion atmosphérique entre CERES, développé par le CEA, et IMPACT, développé par ARIA Technologies (outil de modélisation de dispersion atmosphérique) a été réalisée en 2022 afin d'évaluer l'incertitude liée au choix de l'outil de calcul.

Les résultats de dispersion atmosphérique pour La Chaise et Petit Morvilliers à proximité du site sont ainsi comparés entre les codes CERES et IMPACT et présentés dans le Tableau 17-15.

Tableau 17-15 *Ratio des activités volumiques calculés par les outils CERES et IMPACT pour les villages de La Chaise et Petit Morvilliers*

Isotope	CERES	ARIA	Ratio	CERES	ARIA	Ratio
	La Chaise	La Chaise	CERES/ARIA	Petit Morvilliers	Petit Morvilliers	CERES/ARIA
C14 CO2 (canalisés + diffus)	1,60E-03	6,12E-04	2,6	1,80E-04	1,23E-05	14,6
HTO (canalisés + diffus)	4,50E-02	3,50E-03	12,9	2,80E-03	6,09E-05	46,0
I129aéro (canalisés)	3,80E-07	1,48E-07	2,6	3,70E-08	2,89E-09	12,8
Pu239+ (canalisés)	4,10E-09	1,43E-09	2,9	4,50E-10	2,76E-11	16,3
Rn222 (canalisés + diffus)	2,10E-01	6,68E-03	31,4	1,20E-02	1,14E-04	105,3
Sr90+ (canalisés)	4,10E-08	1,43E-08	2,9	4,50E-09	2,76E-10	16,3

La comparaison des ratios entre CERES et IMPACT, hors radon, montre une différence d'un facteur allant de 2 à 45, ce qui est tout à fait acceptable. Les incertitudes associées au modèle peuvent expliquer des fourchettes de variation des résultats entre deux codes jusqu'à un ordre de grandeur. De plus, l'outil CERES, plus pénalisant, est utilisé dans cette étude.

Les différences d'activité volumique pour le radon sont dues à la prise en compte d'une vitesse de dépôt du radon pour les calculs réalisés avec IMPACT.

Incertitude liée au mode de vie des populations

Les concentrations à l'intérieur des habitations sont considérées égales aux concentrations extérieures. Cela représente une condition majorante de l'exposition.

Il a été retenu un scénario correspondant à la présence de population 24 heures sur 24 heures, 7 jours sur 7 jours et 365 jours par an sur l'aire d'étude. Ce scénario n'est peut-être pas représentatif de la population de l'aire d'étude qui peut être amenée à quitter l'aire d'étude régulièrement pour le travail ou les vacances par exemple. Toutefois cette hypothèse majorante permet de prendre en compte les cas particuliers pouvant exister au sein de la population (personnes âgées peu mobiles par exemple, agriculteurs locaux).

La méthode retenue pour réaliser l'enquête alimentaire utilise un échantillon de population dont les familles possèdent un jardin potager ce qui majore l'autarcie moyenne locale.

Incertitude liée au transfert dans la biosphère

Il est reconnu que les paramètres de transfert dans la biosphère correspondent à l'incertitude la plus importante pour les calculs dosimétriques.

Les valeurs utilisées pour les facteurs de transfert des radionucléides dans la biosphère, issues du Technical Report Series 472 (IAEA 2010) (10) sont basées sur des modèles déterministes (et non probabilistes) c'est-à-dire qu'ils utilisent des valeurs moyennes à l'équilibre et non pas des distributions de valeurs de paramètres. Ces approximations engendrent des incertitudes sur les résultats de calculs sans pouvoir quantifier les fourchettes de valeurs associées.

Incertitude liée aux coefficients de dose

Les valeurs dosimétriques utilisées pour calculer l'impact des expositions internes aux rayonnements ionisants proviennent de la commission internationale de protection radiologique (CIPR), reprises dans la directive EURATOM et la réglementation française. Elles sont communément utilisées pour l'évaluation des impacts radiologiques. Ces valeurs résultent de consensus d'experts internationaux dont les incertitudes ne seront pas discutées ici.

Incertitude liée aux formes chimiques des isotopes considérés

Le tritium est considéré sous sa forme vapeur (eau tritiée HTO), compte tenu que cette forme est plus pénalisante par rapport à la forme gazeuse HT (coefficient de dose inhalation de la forme HTO 10 000 fois supérieur au coefficient de dose inhalation de la forme HT).

Pour réaliser une évaluation pénalisante des expositions humaines aux rejets d'aérosols, les particules émettrices alpha ont été assimilées à du Pu239 et les particules émettrices bêta-gamma ont été assimilées à du Sr90. En effet, les coefficients de dose par inhalation parmi les émetteurs de la même famille, sont plus élevés pour ces deux radionucléides qui sont donc retenus pour leur représentativité.

Les incertitudes sont globalement faibles et compensées par des hypothèses majorantes sur les estimations des émissions et des expositions humaines, conférant une bonne fiabilité des résultats de l'évaluation des incidences sur la santé humaine et du risque sanitaire associé.

17.2 Incidences en phase de post-surveillance

L'objectif fondamental de la sûreté après fermeture du stockage est la protection de l'homme et de l'environnement. Cet objectif conduit à évaluer les incidences sur la santé humaine au-delà de la fermeture du stockage. La démarche associée pour évaluer ces incidences repose en premier lieu sur la définition de scénarios puis, en second lieu sur l'évaluation quantitative des incidences sur l'homme et l'environnement apportées par le stockage pour ces scénarios.

17.2.1 Les scénarios considérés

Les scénarios de sûreté sont définis pour représenter la manière dont les éléments radioactifs et les substances chimiques toxiques contenus dans les déchets sont susceptibles d'arriver jusqu'à l'homme.

L'élaboration de ces scénarios s'appuie sur une connaissance approfondie des phénomènes qui se déroulent dans le stockage et son environnement en fonction du temps. Elle prend en compte des hypothèses prudentes en regard de l'état de cette connaissance et des incertitudes résiduelles associées.

La définition d'un scénario comprend la description des caractéristiques du milieu géologique, des composants ouvragés du stockage et de l'environnement du stockage impliqués dans le transfert des éléments radioactifs et substances toxiques chimiques vers l'environnement. Les incertitudes de toutes natures associées sont analysées à travers une analyse des risques et des incertitudes. Il peut s'agir d'incertitudes résiduelles portant sur la connaissance du milieu géologique (domaines de valeurs par exemple de perméabilité) et des processus régissant l'évolution du stockage incluant des événements externes futurs d'origine naturelle ou liés aux activités humaines. Cette analyse permet de s'assurer que l'ensemble des incertitudes résiduelles sont couvertes par la conception du stockage ou par les choix effectués pour les évaluations de performance et de sûreté.

À l'issue de cette analyse, une liste de scénarios et des choix permettant de couvrir les incertitudes résiduelles est établie et les scénarios définis sont ensuite évalués quantitativement. La méthodologie mise en œuvre par l'Andra distingue :

- un scénario qui vise à représenter l'évolution normale du stockage à long terme une fois fermé en se fondant sur l'analyse de l'état de la connaissance scientifique et technologique sur les comportements du milieu géologique et des composants du stockage tels qu'envisagés (scénario présenté dans l'étude d'impact) ;
- un ensemble de scénarios qui permet de couvrir différentes déviations de cette évolution normale en prenant en compte les incertitudes résiduelles ou d'éventuels risques internes ou aléas externes au stockage comme par exemple l'exploitation d'un puits dans la nappe du Barrémien en aval hydraulique du stockage ou un chantier routier qui traverserait le site de stockage (scénarios présentés dans l'étude de danger).

Ces scénarios sont définis dans le but d'étudier et de justifier la robustesse de la démonstration de performance et de sûreté du stockage. Leur définition constitue la base fondamentale pour les évaluations quantitatives de la performance des dispositions mises en place vis-à-vis de la protection de l'homme et l'environnement.

En lien avec les fonctions fondamentales, l'évaluation de sûreté en phase de post-surveillance s'appuie donc sur :

- l'analyse qualitative des risques et incertitudes résiduelles de connaissance pour en déduire les scénarios pertinents ainsi que leur classification ;
- l'évaluation quantitative des scénarios retenus à l'aide d'indicateurs appropriés pour vérifier la conformité aux objectifs. L'évaluation quantitative permet de porter un jugement sur les fonctions de sûreté du stockage et sur la robustesse d'ensemble du système de stockage et vérifier que la protection de l'homme et de l'environnement est respectée.

17.2.2 Les évaluations de sûreté

Les évaluations quantitatives de sûreté portent sur l'appréciation de l'incidence sur la santé humaine induites par les éléments radioactifs et les substances chimiques toxiques, contenus dans les déchets radioactifs stockés.

Sur la base de l'analyse des risques et incertitudes, les scénarios de sûreté sont identifiés et définis par des choix d'hypothèses, modèles, paramètres qui s'appuient sur la connaissance scientifique et technologique acquise. Sur la base de la description des scénarios de sûreté, une étape dite de « conceptualisation » de ces scénarios est menée. Cette conceptualisation permet de représenter l'ensemble des échelles d'espaces à considérer et les différents compartiments du stockage et son environnement.

Les évaluations quantitatives se fondent ensuite sur l'utilisation d'outils numériques capables de modéliser et de quantifier le relâchement des colis, la migration des éléments radioactifs et des substances chimiques toxiques dans les ouvrages et la couche géologique jusqu'à des exutoires (nappe, eaux de surface, sol). Les données de sortie de cette étape dite de « simulation » permettent d'évaluer quantitativement les indicateurs de performances intermédiaires (relâchement des ouvrages par exemple) et les concentrations des éléments radioactifs arrivant potentiellement aux exutoires.

L'évaluation de l'incidence sur la santé humaine est ensuite réalisée en considérant les différentes voies de transfert jusqu'à l'homme (irrigation, abreuvement des animaux, ingestion d'aliments du potager...) via un compartiment dit « biosphère ».

Le compartiment biosphère représente le dernier maillon pour transformer la concentration dans l'eau à l'exutoire, exprimée en Bq/L en exposition humaine, c'est-à-dire en une dose sur l'homme exprimée en mSv/an.

Des groupes de références hypothétiques sont définis en tenant compte d'activités susceptibles de conduire à des expositions potentielles. Il s'agit ensuite de décrire un individu représentatif de chacun des groupes sélectionnés, par sa classe d'âge, ses voies d'exposition et son comportement alimentaire.

Conformément à l'approche prudente usuelle pour ce type d'études qui mettent en jeu des échelles de temps assez longues, il est fait l'hypothèse que ces groupes consomment en autarcie complète les divers produits animaux et végétaux issus de leurs activités même si ce n'est pas le cas aujourd'hui pour les populations locales.

En conformité avec les recommandations de la CIPR 101 (11), l'Andra retient pour les évaluations de la dose 3 classes d'âge : l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an.

Pour évaluer l'incidence principale qu'est la radioactivité, les doses efficaces calculées pour ces groupes de personnes sont comparées aux objectifs de protection (0,25 mSv/an pour le scénario d'évolution normale, ce qui représente une fraction de la limite réglementaire définie dans l'article R. 1333-8 du code de la santé publique qui fixe que la somme des doses efficaces reçues par toute personne n'appartenant pas aux catégories mentionnées à l'article R. 1333-9, du fait des activités nucléaires, ne doit pas dépasser 1 mSv par an.)

Ces doses calculées à long terme sont considérées comme un indicateur, il ne s'agit pas d'une évaluation précise mais d'une appréciation prudente de la dose à laquelle la population serait potentiellement exposée selon ses activités.

Pour l'incidence associée aux substances chimiques toxiques contenues dans les colis de déchets en tant qu'accompagnants, une évaluation de l'impact sur l'Homme n'est engagée que si leurs concentrations à l'exutoire sont élevées et potentiellement toxiques (supérieures aux seuils de pollution avérée et significative). Des indicateurs spécifiques à cette phase de caractérisation du risque de pollution et d'évaluation de l'état du milieu sont utilisés (arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine). En cas de dépassement de ces indicateurs, l'impact toxicologique à l'Homme est quantifié par la mise en œuvre d'une évaluation des risques sanitaires (ERS) et le calcul d'un quotient de Danger (QD) et d'un Excès de risques individuel (ERI) en fonction du type de toxicité sur l'homme. Ces valeurs sont comparées aux valeurs usuellement utilisées pour l'évaluation des risques sanitaires, à savoir une valeur de QD de 1 et une valeur d'ERI de 10^{-5} .

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 5-1	Localisation des stations hydrométriques sur les Noues d'Amance (CDCires et CD24-R2) et du point de surveillance RU1	57
Figure 6-1	Schéma de construction numérique des calculs de performance et de sûreté	65
Figure 8-1	Éléments constituant le réseau écologique	72
Figure 9-1	Typologie des arbres gîtes potentiels identifiés (ONF, 2022)	88
Figure 12-1	Types d'impact générés par les centres industriels de l'Aube	109
Figure 17-1	Démarche générale d'évaluation des incidences sur la santé liées aux émissions radioactives	134
Figure 17-2	Schéma des voies de transfert et d'exposition pour les rejets atmosphériques du Cires	139

Tableaux

Tableau 1-1	Éléments d'appréciation des enjeux	16
Tableau 1-2	Éléments d'appréciation des niveaux d'incidence	17
Tableau 1-3	Justification des aires d'études retenues pour chaque facteur de l'environnement étudié	20
Tableau 1-4	Liste des principales sources consultées	23
Tableau 2-1	Coordonnées géographiques des stations météorologiques de Troyes-Barbercy, Soullaines-Dhuys et Saint Dizier (Source : Météo-France)	30
Tableau 3-1	Périodes globales des quatre campagnes de mesures réalisées dans et autour du CIREs en 2021.	34
Tableau 3-2	Détail des périodes de mesures réalisées au CIREs en 2021 en fonction des types de mesures.	34
Tableau 3-3	Détail des périodes de mesures réalisées au CIREs en 2021 en fonction des types de mesures (suite).	35
Tableau 3-4	Méthodes de mesure de la qualité de l'air ambiant sur le Cires en 2021 (méthodes automatiques)	36
Tableau 3-5	Méthodes de mesure de la qualité de l'air ambiant sur le Cires en 2021 (autres méthodes)	36
Tableau 3-6	Méthodologies mises en œuvre dans le cadre de l'autosurveillance de la qualité radiologique de l'air du Cires en fonction des radionucléides.	37
Tableau 3-7	Comparaison des trois grandes phases de travaux	38
Tableau 3-8	Évaluation des émissions de poussières pour les opérations de terrassement et chargement/déchargement des matériaux (AP42 de l'US EPA)	40
Tableau 3-9	Caractéristiques des modélisations utilisées pour l'étude de l'incidence chimique sur la qualité de l'air	42
Tableau 3-10	Autorisation annuelle de rejets canalisés en radionucléide autorisé par l'Arrêté préfectoral du Cires.	43
Tableau 3-11	Activité radon dégazée en mode ventilé (BE)	45
Tableau 3-12	Activité radon dégazée en mode non-ventilé (BE)	45
Tableau 3-13	Données d'entrées considérées pour les rejets diffus en tritium, carbone 14, Iode 129 et radon.	46
Tableau 3-14	Activité par local irradiant et par radionucléide, au BRTT	48

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Tableau 9-1	Détail des investigations de terrain	76
Tableau 9-2	Modalités de cotation des oiseaux nicheurs (protocole IPA)	82
Tableau 9-3	Grille d'évaluation des potentialités en arbres gîtes	87
Tableau 9-4	Correspondance entre niveaux d'enjeu de l'Andra et niveaux Écosphère	92
Tableau 9-5	Évaluation du niveau d'enjeu régional pour les habitats, en fonction du niveau de rareté ou de menace	92
Tableau 9-6	Évaluation du niveau d'enjeu régional pour la flore et la faune, en fonction du niveau de menace ou de rareté	94
Tableau 9-7	Correspondance entre les niveaux d'incidences de la méthode Andra et ceux de la méthode Ecosphère	97
Tableau 9-8	Niveau d'incidence résiduelle et justification du besoin de compensation	97
Tableau 9-9	Facteurs utilisés pour l'évaluation du ratio de compensation	98
Tableau 10-1	Valeurs seuils de l'IBGN	102
Tableau 10-2	Valeurs seuils de l'IBD (norme NF T 90-354 - décembre 2007 - Classe HER 9)	103
Tableau 10-3	Valeurs seuils de l'IPR	103
Tableau 13-1	Localisation des points de mesure du bruit	112
Tableau 13-2	Relevés météorologiques de la campagne de septembre 2020	112
Tableau 14-1	Points de mesure pour l'état initial lumineux du Cires en 2014 et 2022	116
Tableau 14-2	Niveaux d'éclairement minimaux	117
Tableau 17-1	Coordonnées de la cheminée du BRTT (ATFA3)	127
Tableau 17-2	Caractéristiques de l'émissaire au BRTT	127
Tableau 17-3	Valeur toxicologiques de référence (VTR) pour la voie inhalation	129
Tableau 17-4	Valeurs guide et valeurs limites disponibles pour les traceurs de risque	130
Tableau 17-5	Rejets atmosphériques (Bq/an) du Cires basés sur les autorisations ou des évaluations et localisation des émissions retenues	135
Tableau 17-6	Conditions météo de la station de Soulaines-Dhuys pour la période 2016-2020	136
Tableau 17-7	Facteur de transfert sol/plante (Bq/kg de végétal frais)/(Bq/kg de sol sec)	136
Tableau 17-8	Facteurs de translocation (sans dimension)	137
Tableau 17-9	Facteur de transfert aux produits animaux (j/kg)	138
Tableau 17-10	Consommations annuelles des animaux (kg/an)	138
Tableau 17-11	Période radioactive, vitesse de dépôt, coefficients de dose externe	140
Tableau 17-12	Coefficients de dose efficace par inhalation ou ingestion	140
Tableau 17-13	Valeurs d'autoconsommation retenues pour le groupe multi-activités	141
Tableau 17-14	Débit respiratoire moyen pour chaque catégorie d'âge	142
Tableau 17-15	Ratio des activités volumiques calculés par les outils CERES et IMPACT pour les villages de La Chaise et Petit Morvilliers	143

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 Note technique du 22 février 2019 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières. Ministère de la Transition écologique et solidaire (2019), N°TRET1833075N.
- 2 Atlas des remontées de nappes en France métropolitaine - Rapport final. BRGM (2006). N°BRGM/RP-54414-FR. 106 p. Disponible à l'adresse : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-54414-FR.pdf?msclkid=d3913110b19911ecb4ed34ab3b0c0904>.
- 3 Atlas des paysages de Haute-Marne. DDT Haute Marne; Agence Folléa-Gautier paysagistes urbanistes (2016). 373 p. Disponible à l'adresse : <https://objectif-paysages.developpement-durable.gouv.fr/atlas-des-paysages-de-haute-marne-83>.
- 4 Grammont, V. Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions et substances chimiques par les installations classées - Deuxième édition. Ineris (2021). N°Ineris-200357-2563482-v1.0. 130 p. Disponible à l'adresse : https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Ineris_GuideERS-Juillet2021-A4-%2310Quatro_Web.pdf.
- 5 Kaelin, J.L. Région de Soulaines (Aube, France) : Géologie, hydrogéologie et géotechnique. Andra (1990).
- 6 Arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter n°DDT-SG-2016020-003 du 20 janvier 2016 - Installations classées pour la protection de l'environnement - Andra, communes de Morvilliers et La Chaise. Préfet de l'Aube (2016).
- 7 Méthodes et techniques des inventaires et de caractérisation des éléments nécessaires à l'évaluation d'incidences Natura 2000 sur les espèces animales et leurs habitats. Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Picardie (NR). N°EI2. 19 p. Disponible à l'adresse : http://www.natura2000-picardie.fr/EI_EI2.pdf.
- 8 Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air - Résumé d'orientation. Organisation mondiale de la Santé (OMS) (2021). 16 p.
- 9 Directive n°98/70/CE du 13 octobre 1998 concernant la qualité de l'essence et les carburants diesel et modifiant la directive 93/12/CEE du Conseil (1998). Journal officiel des Communautés européennes, N°L 350, pp.58-68.
- 10 Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2010). N°N°472. 208 p.
- 11 ICRP Publication 101 : Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection : Broadening the Process. Annals of the ICRPValentin, J. Vol. 36, N°3, 104 p.



**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



© Andra • Janvier 2024 • Création graphique : Agence Les Récréateurs • Crédit photo : Andra / Vincent Dutorme