



**Annexe 11**

**Arrêté Préfectoral du 18/07/2014**



## PRÉFET DE LA LOIRE-ATLANTIQUE

Préfecture de la Loire-Atlantique  
Direction de la coordination  
et du management de l'action publique  
Bureau des procédures d'utilité publique  
2012/IBPUP/067  
extension du crématorium  
OGF

### LE PRÉFET DE LA RÉGION PAYS DE LA LOIRE PRÉFET DE LA LOIRE-ATLANTIQUE Officier de la Légion d'Honneur officier de l'Ordre National du Mérite

- VU le code général des collectivités territoriales et notamment ses articles L2223-40 et D2223-99 à D2223-109 ;
- VU le code de l'environnement et notamment ses articles L123-1 à L123-16 et R123-1 à R123-23 ;
- VU la demande en date du 6 août 2013 complétée les 1<sup>er</sup> et 28 octobre 2013, par laquelle la société OGF sollicite l'autorisation de procéder à l'extension du crématorium de Saint-Nazaire ;
- VU l'avenant n° 6 au contrat de concession pour la construction et l'exploitation d'un crématorium et d'une salle de cérémonie au lieu-dit « la Fontaine » à SAINT-NAZAIRE ;
- VU l'avis tacite sans observation de l'autorité environnementale ;
- VU l'enquête publique à laquelle il a été procédé du 3 février au 5 mars 2014 ;
- VU le rapport et les conclusions et avis favorable du commissaire-enquêteur ;
- VU le rapport de l'Agence Régionale de Santé des Pays de la Loire ;
- VU l'avis favorable émis par le conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques du département de Loire-Atlantique dans sa séance du 8 juillet 2014 ;
- SUR proposition du secrétaire général de la préfecture de la Loire-Atlantique ;

### AR R E T E

Article 1er – La mise en place d'un second four et d'une nouvelle ligne de filtration au crématorium de Saint-Nazaire, situé route de la Fontaine Tnaud, est autorisée. Le projet devra être réalisé selon les modalités précisées dans le dossier présenté par la société OGF.

Article 2 – Une visite technique de conformité sera effectuée par un organisme de contrôle accrédité pour ces activités par la comité français d'accréditation (COFRAC), conformément aux articles D2223-108 et D2223-109 du code général des collectivités territoriales, lors de la mise en service du four, puis tous les deux ans.

Article 3 – L'établissement ne pourra fonctionner en l'absence d'une attestation de conformité délivrée après contrôle des équipements mis en œuvre et de leur bon fonctionnement. Celui-ci intégrera le contrôle des rejets atmosphérique. Les résultats de ce contrôle seront adressés au directeur de l'agence régionale de la santé des Pays de la Loire qui procédera à la délivrance de l'attestation de conformité de l'installation pour une durée de six ans.

Article 4 – Une campagne de mesures permettant de vérifier le respect des prescriptions des articles D2223-104 à D2223-105 doit être effectuée dans les trois mois suivant la mise en service de l'installation. Les résultats sont communiqués, dans les trois mois au directeur de l'agence régionale de santé des Pays de la Loire

Article 5 - Le présent arrêté ne peut être déféré qu'au tribunal administratif de Nantes. Le délai de recours est de deux mois.

Article 6 – le Secrétaire général de la préfecture de Loire-Atlantique, le sous-préfet de Saint-Nazaire, le maire de Saint-Nazaire et le directeur de la société OGF sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent arrêté.

Nantes, le 18 JUIL 2014

Le PREFET

Pour le préfet,  
le sous-préfet, chargé de mission

  
**M. DORE**

# O.G.F

## CREMATORIUM DE ST NAZAIRE

Installation d'une ligne de filtration

Route de la Fontaine Tuaud  
44 600 SAINT-NAZAIRE

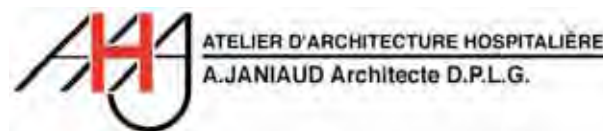


### MAITRISE D'OUVRAGE



31, Rue de Cambrai 75946 Paris Cedex 19  
Tel : 01 55 26 54 00 - Fax: 01 55 26 57 75

### ARCHITECTE MANDATAIRE



33, Rue Pierre Joigneaux - 92600 - ASNIERES / SEINE  
Tél : 01 47 91 40 70 - Fax 01 47 91 06 36  
E-mail : contact@janiaud-architecte.com

### ÉTUDE D'IMPACT (URS)

TYPE DE DOC.	NIVEAU	EMETTEUR	N° LOT	PHASE
-	-	A.A.H.A.J.		PRO

DATE : **Juillet 2013**  
ECHELLE :

**Rapport final**

**Etude d'impact relative à  
l'installation d'un second four  
de crémation et d'une ligne de  
filtration double au sein du  
crématorium de Saint-Nazaire**

**Site de Saint-Nazaire**

Préparé pour :

**OGF**

Date : 18 juillet 2013

Référence : PAR-RAP-13-11261B

N° de Projet : 46312025

**N° de référence du rapport :** PAR-RAP-13-11261B

**Titre du rapport :** Etude d'impact relative à l'installation d'un second four de crémation et d'une ligne de filtration double au sein du crématorium de Saint-Nazaire

**N° de Projet :** 46312025

**Statut :** Rapport final

**Nom du Client :** OGF

**Nom du Contact Client :** M.GOURINAL

**Emis par :** URS France, bureau de Paris  
87 avenue François Arago  
92017 Nanterre Cedex  
Tél : 01 55 69 20 00

**Révision du Document**

Version N°	Date	Détails des Révisions
B	18 juillet 2013	Version finale

## TABLE DES MATIERES

Chapitre	N° de Page
RÉSUMÉ NON TECHNIQUE .....	9
1. INTRODUCTION .....	12
2. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT INITIAL .....	13
2.1 Localisation du site.....	13
2.2 Milieu physique .....	13
2.2.1 Contexte géographique et hydrographique.....	14
2.2.2 Contexte géologique .....	14
2.2.3 Contexte hydrographique.....	15
2.2.4 Climatologie .....	16
2.3 Risques naturels .....	17
2.3.1 Foudre .....	17
2.3.2 Sismicité .....	18
2.3.3 Inondation, glissements de terrains et autres risques naturels.....	18
2.4 Environnement naturel .....	19
2.5 Environnement humain et industriel.....	20
2.5.1 Contexte économique du département de la Loire Atlantique .....	20
2.5.2 Population et urbanisation de la commune de Saint-Nazaire .....	21
2.5.3 Monuments historiques .....	22
2.5.4 Voies de communication .....	23
2.5.5 Voisinage industriel .....	24
2.6 Nuisances existantes.....	24
2.6.1 Qualités des sols et des eaux souterraines .....	24
2.6.2 Qualité des eaux de surface .....	25
2.6.3 Qualité de l'air .....	26
3. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES INSTALLATIONS .....	28
3.1 Justification du projet envisagé .....	28
3.2 Description du projet .....	28
3.3 Impact sur la santé : Évaluation des Risques Sanitaires .....	29
3.3.1 Bilan des émissions .....	29
3.3.2 Sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR).....	30
3.3.3 Sélection des composés traceurs des risques sanitaires .....	37
3.3.4 Schéma conceptuel et définition des scénarii d'exposition.....	38
3.3.5 Caractérisations des concentrations d'exposition .....	39
3.3.5.1 Modélisation de la dispersion atmosphérique.....	39
3.3.5.2 Paramètres d'entrée utilisés pour la dispersion atmosphérique .....	40
3.3.5.3 Résultats des calculs de dispersion atmosphérique .....	42
3.3.5.4 Modélisation du transfert dans les sols.....	43
3.3.6 Évaluation des impacts sanitaires.....	44
3.3.6.1 Méthodologie.....	44
3.3.6.2 Quantification des risques.....	45



3.3.7	Évaluation des incertitudes .....	46
3.3.7.1	Bilan des émissions .....	47
3.3.7.2	Caractérisation des concentrations d'exposition .....	47
3.3.7.3	Quantification du risque .....	48
3.3.7.4	Bilan des incertitudes .....	49
3.3.8	Conclusion sur l'Évaluation des Risques Sanitaires .....	49
3.4	Impacts liés à la consommation en eau et aux rejets aqueux.....	49
3.4.1	Consommation en eau .....	49
3.4.2	Rejets aqueux .....	50
3.5	Impacts liés aux rejets atmosphériques.....	50
3.6	Impacts sur les sols et les eaux souterraines .....	52
3.7	Impacts liés au trafic routier .....	53
3.8	Gestion de l'énergie.....	53
3.9	Gestion des déchets .....	54
3.10	Impacts liés aux émissions sonores.....	54
3.11	Nuisances olfactives.....	54
3.12	Nuisances lumineuses .....	55
3.13	Impact paysager .....	55
3.14	Impacts sur la faune et la flore .....	55
3.14.1	Impacts au droit de la zone visée par le projet .....	55
3.14.2	Impacts sur la faune et la flore au voisinage du site .....	56
3.14.3	Évaluation des incidences du projet sur les sites Natura 2000 les plus proches .....	56
3.14.3.1	Présentation des sites Natura 2000 .....	56
3.14.3.2	Incidence du projet sur les sites les plus proches .....	58
3.14.3.3	Conclusion de l'incidence du projet sur le site Natura 2000 .....	60
4.	ANALYSE DES METHODES UTILISEES POUR EVALUER LES IMPACTS DU CREMATORIUM SUR L'ENVIRONNEMENT .....	61
5.	MESURES PRISES POUR SUPPRIMER / REDUIRE LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....	62



## FIGURES

- Figure 1 : Localisation du site
- Figure 2 : Zones d'intérêt écologique à proximité de la zone d'étude
- Figure 2A : Zones Natura 2000
- Figure 2B : Inventaires d'espaces naturels
- Figure 2C : Zones à dominantes Humides
- Figure 3 : Occupation des terres
- Figure 4 : Plan du site
- Figure 5 : Relief de la zone d'étude
- Figure 6 : Isocontours des concentrations moyennes annuelles en oxydes d'azote
- Figure 7 : Isocontours des concentrations moyennes annuelles en Composés Organiques Volatils
- Figure 8 : Isocontours des dépôts moyens annuels en mercure

## TABLEAUX

### *Tableaux présentés dans le corps du texte*

Tableau 1 : Arrêtés de catastrophes naturelles de la commune de Saint-Nazaire .....	18
Tableau 2 : Zones d'intérêt écologique présentes au voisinage du site .....	19
Tableau 3 : Monuments historiques sur la commune de Saint-Nazaire.....	22
Tableau 4 : Sites industriels BASIAS à proximité.....	24
Tableau 5 : Valeurs guides pour les oxydes d'azote, le SO <sub>2</sub> et les poussières .....	37
Tableau 6 : Récepteurs considérés dans l'étude .....	42
Tableau 7 : Calculs de risques pour les récepteurs les plus exposés .....	46
Tableau 8 : Flux annuels des polluants réglementés émis .....	51
Tableau 9 : Principales méthodes et limites éventuelles rencontrées dans l'évaluation des impacts du projet.....	61

***Tableaux joints en fin de rapport***

Tableau A :	Données climatologiques (statistiques et records)
Tableau B :	Données de surveillance de la qualité de l'air de Saint-Nazaire
Tableau C :	Emissions des fours de crémation pour les paramètres réglementés
Tableau D :	Emissions des fours de crémation pour les paramètres non réglementés
Tableau E :	Paramètres d'entrée du modèle de dispersion atmosphérique (ADMS)
Tableau F :	Calculs de risques pour une exposition chronique par inhalation
Tableau G :	Concentrations maximales modélisées dans les sols
Tableau H :	Concentrations atmosphériques modélisées et valeurs limites du Code de l'Environnement

**ANNEXES**

Annexe A :	Fiche climatologique de la station météorologique de Saint-Nazaire Montoir
Annexe B :	Définition des différentes zones d'intérêt écologique et fiches descriptives des zones Natura 2000 à proximité de la zone d'étude
Annexe C :	Toxicologie des composés
Annexe D :	Modèle de détermination des concentrations d'exposition dans les sols
Annexe E :	Espèces ayant justifiées le classement du site « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf »
Annexe F :	Espèces ayant justifiées le classement du site « Estuaire de la Loire Nord »

**LISTE DES ACRONYMES**

ADMS	Atmospheric Dispersion Modelling System (logiciel de modélisation de dispersion atmosphérique)
AEP	Approvisionnement en eau potable
AIRPL	L'association Air Pays de la Loire
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agence Régionale de Santé
ATMO	Réseau National des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BASOL	Base de données maintenue par le MEDDE recensant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action de la part des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS	Banque de données du Sous-Sol
CAA	Concentration Admissible dans l'Air
CARENE	Communauté d'agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire
CERC	Cambridge Environmental Research Consultants Ltd
CO	Monoxyde de Carbone
COV	Composé Organique Volatil
D <sub>a</sub>	Densité d'arcs ou densité de foudroiement
DGS	Direction Générale de la Santé
DJA	Dose Journalière Admissible
DOCOB	Document d'Objectifs d'un site Natura 2000
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERS	Évaluation des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuel
ERU	Excès de Risque Unitaire
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HQE	Haute Qualité Environnementale
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INPN	Inventaire National du Patrimoine Naturel
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INSEE	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
INVS	Institut National de Veille Sanitaire
IR	Indice de Risque
IRIS	Integrated Risk Information System
IUT	Institut Universitaire de Technologie
MEDDE	Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Energie
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturel
NGF	Nivellement Général de la France
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
NO <sub>x</sub>	Oxydes d'azote
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OPERSEI	Observatoire des pratiques de l'Evaluation des Risques Sanitaires dans les études d'impact
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PRQA	Plan Régional de Qualité de l'Air
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PM <sub>10</sub>	Matière particulaire (PM = Particulate Matter) > 10 microns
PM <sub>2,5</sub>	Matière particulaire (PM = Particulate Matter) > 2,5 microns
PPRI	Plan de Prévention du Risque d'Inondation

RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute of Public Health and the Environment)
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
SRCAE	Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie
STEP	Station d'épuration
TER	Train Express Régional
TGV	Train à Grande Vitesse
US EPA	United-States Environmental Protection Agency
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique
ZPPAUP	Zones de Protection du Patrimoine Architectural Urbain et Paysager
ZPS	Zone de Protection Spéciale

## RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

### ***Objet de l'étude***

La société OGF est délégataire pour l'exploitation du crématorium de Saint-Nazaire situé au lieu-dit de la Fontaine Tuaud, dans le département de la Loire Atlantique (Pays de la Loire). OGF envisage la mise en place d'un four supplémentaire (permettant une augmentation du nombre annuel de crémations, qui est de 1 155 actuellement et qui sera d'environ 1 500 en 2020 d'après les prévisions, avec une capacité maximale de 1 872 crémations à l'année) et d'un système de filtration double (en conservant les locaux actuels mais avec un réaménagement de la salle de fours et de la salle d'introduction). Conformément à la réglementation (article R122-2 du Code de l'Environnement), une étude d'impact a été réalisée afin d'évaluer les conséquences de ces aménagements du crématorium sur l'environnement.

### ***Situation géographique et environnement du site***

D'une superficie d'environ 0,75 ha, le crématorium est situé au cœur du parc du cimetière. Outre le cimetière, le crématorium est entouré par des champs et des habitations.

Les zones d'intérêt écologique les plus proches sont le Parc Naturel Régional de la Brière situé à 1,8 km au Nord et deux zones appartenant au réseau européen Natura 2000 (une Zone de protection Spéciale et un Site d'Importance Communautaire) situées à 2,4 km au Sud.

### ***Évaluation de l'impact des installations***

#### Impacts liés à la consommation en eau et aux rejets aqueux

L'eau consommée dans le cadre de l'exploitation du crématorium est fournie par le réseau communal et est utilisée principalement pour les besoins sanitaires et l'arrosage de la végétation du site. L'ajout d'un nouveau four et d'un système de filtration ne nécessitera aucun apport d'eau supplémentaire par rapport à la quantité d'eau actuellement consommée (seule une faible augmentation liée à une fréquentation plus importante du crématorium est attendue), qui peut être considérée comme faible au regard de la consommation en eau de la population de Saint-Nazaire qui compte plus de 69 500 habitants.

Les rejets aqueux actuellement observés du fait de l'exploitation du crématorium comprennent les eaux usées sanitaires et les eaux pluviales. Ces eaux seront canalisées vers les réseaux de collecte et de traitement de la ville de Saint-Nazaire. Le projet de modification ne génèrera aucun rejet aqueux complémentaire considérant l'absence de besoin en eau pour le système de filtration (utilisation de réactifs sous forme solide) et pour le nouveau four de crémation. Le projet ne sera donc pas à l'origine d'une modification notable des rejets aqueux actuellement observés.

#### Impact sur la santé

Une Évaluation des Risques Sanitaires a été réalisée dans le cadre de cette étude afin de quantifier les impacts potentiels des émissions futures du crématorium après la mise en place des nouvelles installations (nouveau four et système de filtration) sur la santé des populations avoisinantes. L'évaluation quantitative a porté sur les émissions atmosphériques de la cheminée émettant les gaz filtrés provenant des fours de crémation et est basée sur une modélisation de la dispersion

atmosphérique des polluants. L'étude montre que les niveaux de risques sanitaires sont inférieurs aux seuils de référence<sup>1</sup>.

#### Impacts liés aux rejets atmosphériques

Les émissions atmosphériques proviennent des 2 fours de crémation. Ces émissions sont rejetées dans l'air par une cheminée après filtration et comportent principalement des gaz de combustion (oxydes d'azote et dioxyde de soufre), des poussières, des métaux et des dioxines/furanes.

Les quantités de polluants émises annuellement ont été estimées considérant le temps de fonctionnement des fours de crémation (avec un fonctionnement maximal de 1 872 crémations par an), les valeurs limites d'émissions imposées par la réglementation et les mesures disponibles sur d'autres installations similaires en fonctionnement. Ces quantités sont négligeables au regard des quantités émises au niveau régional. Les émissions atmosphériques liées à l'installation d'un second four de crémation et d'une ligne de filtration ne conduisent pas à une dégradation de la qualité de l'air ambiant.

#### Impacts sur les sols et les eaux souterraines

Les principales sources potentielles de pollution des sols et des eaux souterraines liées à l'exploitation du crématorium sont les émissions atmosphériques, pouvant comporter des métaux et des dioxines susceptibles de se déposer au sol. Une modélisation a permis de déterminer les concentrations en métaux et dioxines dans les sols au voisinage du site d'implantation du projet. Ces concentrations ont été comparées à celles observées naturellement dans les sols en France et aux concentrations ubiquitaires. Les résultats indiquent que l'impact des émissions du crématorium sur la qualité des sols considérant la mise en place du nouveau four et du système de filtration est très faible, voire négligeable.

#### Impacts liés au trafic routier

Le projet n'aura aucun impact direct sur le trafic journalier associé à l'exploitation du crématorium. L'évolution du fonctionnement vers la capacité maximale ne serait pas à l'origine d'une augmentation significative du trafic routier sur le site, qui peut être considéré comme très faible par rapport au trafic observé à proximité du site.

#### Impacts liés aux émissions sonores et nuisances olfactives et lumineuses

Le crématorium considérant le projet de modification ne sera pas à l'origine de nuisances sonores, olfactives ou lumineuses.

#### Impacts sur la faune et la flore

Les aménagements associés au projet (nouveau four et système de filtration) seront réalisés dans les locaux existants du crématorium et n'auront donc aucune incidence sur l'environnement extérieur. De plus, les émissions atmosphériques du crématorium considérant le projet de modification ne conduiront pas à une dégradation de son environnement proche.

Le site du crématorium se situe à environ 2,4 km de deux zones appartenant au réseau européen Natura 2000. Une évaluation spécifique des incidences éventuelles liées au projet sur ces zones a été menée, conformément à la réglementation. Etant donné que les émissions du crématorium,

---

<sup>1</sup> Un dépassement de ces seuils aurait impliqué la nécessité de mener une analyse plus approfondie afin de quantifier un risque éventuel.



considérant le projet de modification, ne conduiront pas à une dégradation de son environnement, et compte tenu de l'éloignement des zones d'intérêt écologique, aucun impact lié au crématorium et au projet envisagé n'est à considérer sur ces zones.

Sur la base de ces différents éléments, le projet n'est pas susceptible d'engendrer d'effet indésirable sur la faune et la flore avoisinantes et n'aura pas d'incidence sur les sites Natura 2000 les plus proches.

### **Synthèse des impacts du projet**

Le tableau suivant présente une synthèse de l'évaluation des impacts du projet.

Type d'impact	Evaluation de l'impact du projet
Consommation en eau	Impact très faible
Rejets aqueux	Impact très faible
Impacts sur la santé	Niveaux de risques sanitaires inférieurs aux valeurs de référence
Rejets atmosphériques	Pas de dégradation de la qualité de l'air ambiant – Mise en place d'une ligne de filtration pour la maîtrise des futures émissions
Impact sur les sols	Sans impact
Impact sur les eaux souterraines	Sans impact
Trafic routier	Négligeable
Emissions sonores	Négligeables
Emissions olfactives	Sans impact
Emissions lumineuses	Sans impact
Impact sur la faune et la flore	Pas d'effet indésirable sur la faune et la flore
Impact sur la zone Natura 2000 la plus proche	Pas d'incidence

## 1. INTRODUCTION

La société OGF est délégataire pour l'exploitation du crématorium de Saint-Nazaire situé au lieu-dit de la Fontaine Tuaud, dans le département de la Loire Atlantique (Pays de la Loire).

OGF envisage la mise en place d'un four supplémentaire (en plus du four existant) et d'un système de filtration double (en conservant les locaux actuels avec un réaménagement de la salle de fours et de la salle d'introduction).

Conformément à la réglementation (Article R122-2 du Code de l'Environnement), une étude d'impact a été réalisée afin d'évaluer les conséquences de ces aménagements du crématorium sur l'environnement.

L'objectif d'une étude d'impact est d'évaluer les conséquences du fonctionnement des installations du crématorium sur l'environnement, suite à la mise en place des nouveaux aménagements. Pour ce faire, cette étude décrit l'environnement au voisinage du site visé par le projet (environnement naturel, humain et industriel) ainsi que les nuisances existantes. Elle analyse ensuite les effets du projet sur cet environnement. Les dispositions mises en œuvre pour supprimer, limiter ou compenser les éventuels inconvénients produits sont également précisées.

A la suite de cette Introduction, ce rapport est organisé de la manière suivante :

- le Chapitre 2 présente une description de l'environnement initial du site visé par le projet ;
- le Chapitre 3 présente la justification du projet et détaille l'évaluation des impacts du projet sur l'environnement ;
- le Chapitre 4 présente l'analyse des méthodes utilisées pour l'évaluation de ces impacts ; et,
- le Chapitre 5 précise les mesures prises pour supprimer / réduire les impacts du projet sur l'environnement.

## 2. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT INITIAL

### 2.1 Localisation du site

Le crématorium est localisé en zone partiellement urbanisée à l'Ouest de la ville de Saint-Nazaire.

D'une superficie d'environ 0,75 ha, le site du crématorium est situé au cœur du parc du cimetière de la Fontaine Tuaud et est entouré par des champs et des habitations.

En proximité Nord du cimetière se trouve le bâtiment des pompes funèbres. A l'Ouest du site (à 400 mètres du crématorium) se trouve la nouvelle station d'épuration de Saint-Nazaire Ouest, Pornichet et Saint-André-des-Eaux (dite « STEP des Ecossiernes »), dont le fonctionnement a débuté en janvier 2012.

L'accès au crématorium se fait à l'Est par la route de la Fontaine Tuaud, à l'intersection avec la route du Haut Rocher.

La Figure 1 présente la localisation de la zone visée par le projet sur un extrait de carte de l'Institut Géographique National (IGN) au 1/25 000<sup>ème</sup>.

#### ***Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme opposables***

Le projet concerne le crématorium existant et ne sera pas à l'origine de changements visibles depuis l'extérieur des structures en place. Il reste donc compatible avec les usages actuels.

Le crématorium de Saint-Nazaire est situé en zone classée « Ne » au Plan Local d'Urbanisme de la ville (cette zone concerne les espaces naturels déjà fortement anthropisés, destinés à accueillir des ouvrages publics et installations d'intérêt général).

Le PLU de Saint-Nazaire a été approuvé le 18 décembre 2009 et remplace l'ancien Plan d'Occupation des Sols de la ville.

### 2.2 Milieu physique

Les paragraphes suivants présentent le contexte hydrographique, géologique et hydrogéologique de la zone d'étude, établi à partir :

- de la consultation des cartes topographiques de la zone d'étude : cartes IGN 1022 ET & 1023OT ;
- de l'étude de la carte géologique n°479 de Saint-Nazaire au 1/50 000<sup>ème</sup> et de sa notice éditées par le Bureau de Recherche Géologique et Minières (BRGM) ;
- des données extraites de la base de données *Infoterre* administrée par le BRGM ; et
- des données transmises par l'Agence Régionale de Santé (ARS) de Loire-Atlantique (44).

### 2.2.1 Contexte géographique et hydrographique

Le crématorium est localisé à 1,3 km à l'Est de l'agglomération de Saint-Nazaire, en Loire Atlantique. Il se trouve à une altitude d'environ 32 m NGF<sup>2</sup>.

Le site est localisé à environ à 2,5 à 3 km au Nord-Ouest de l'estuaire de la Loire. Ce fleuve s'écoulant à proximité du site d'Est en Ouest, se jette dans l'Océan Atlantique, distant d'environ 3,3 km au Sud et 5 km à l'Ouest du site.

Plusieurs bassins et étangs sont également présents à proximité du site, notamment l'étang du Bois à Jalland et les bassins de Guindreff à respectivement 1,7 km et 2,9 km au Nord-Est du site, ainsi qu'un étang non identifié à 2,5 km au Nord du site.

Le site est également localisé à environ 1,8 km au Sud du territoire du Parc naturel régional de Brière se caractérisant principalement par la présence de marais, qui recouvrent près de la moitié de sa surface.

### 2.2.2 Contexte géologique

#### *A l'échelle régionale*

Le site est localisé au sein de l'ensemble métamorphique et cristallin du Massif Armoricain, à son extrémité Sud.

L'étude des données disponibles parmi les sources présentées précédemment permet de décrire les formations sous-jacentes susceptibles d'être rencontrées dans le secteur d'étude.

Ces formations sont les suivantes :

- des **gneiss métatectiques à biotite et sillimanite**, qui se présentent sous la forme de roches plus ou moins finement rubanées avec une alternance de lits quartzo-feldspatiques clairs et de lits phylliteux sombres ; et
- des **granites anatectiques**, cette formation se présente sous forme d'amas granitiques plus ou moins homogénéisés.

#### *A l'échelle locale*

D'après les informations issues des coupes lithologiques<sup>3</sup> les sondages BSS 04793X0055/F et 04793X0111/CSG, situés respectivement à environ 375 m à l'Est et 535 m au Sud du site indiquent la présence des formations géologiques suivantes (depuis la surface) :

- des remblais sur une épaisseur de 0 à 2 m, variable en fonction des sondages ;
- une couche de roches métamorphiques altérée (de type schistes), sur une épaisseur variable de 3 à 38 m en fonction des sondages ;

---

<sup>2</sup> Nivellement Général de France

<sup>3</sup> Source : Infoterre

- le socle granitique, dont la profondeur attendue au droit du site est de 40 m.

### 2.2.3 Contexte hydrographique

#### *A l'échelle régionale*

Les ressources en eaux souterraines de la zone d'étude sont faibles. Les principales ressources susceptibles d'être rencontrées dans le sous-sol à proximité du site correspondent aux nappes suivantes :

- la nappe des **granites de Guérande** : cette nappe circulerait dans la partie supérieure arénisée des granites ; et,
- la nappe **des cordons flandriens et des dunes côtières**, non présente au droit du site.

#### *A l'échelle locale*

D'après les informations issues de la coupe technique<sup>4</sup> du puits BSS 04793X0055/F situé à environ 375 m à l'Est du site, la première ressource en eau souterraine rencontrée est la nappe contenue dans la partie supérieure des granites.

En l'absence de piézomètres implantés au droit du site, le sens d'écoulement de la nappe phréatique ne peut être déterminé précisément au niveau local.

#### *Puits et captages*

Environ 96 puits et forages sont référencés dans la base de données Infoterre du BRGM (BSS<sup>5</sup>) dans un rayon de 5 km autour du site.

Selon la base de données, l'utilisation de ces captages est répartie comme suit :

- 3 captages répertoriés comme exploités temporairement pour l'alimentation en eau potable<sup>6</sup> et situés respectivement à environ 1,1 km au Nord-Ouest, 2,9 et 4,6 km au Sud-Ouest du site sur la commune de Pornichet. Ces captages atteignent entre 4 et 6 m de profondeur ;
- 34 captages à usage domestique ou individuel, dont le plus proche, d'une profondeur de 38 m, est situé à environ 375 m à l'Est du site ;
- 3 captages à usage agricole, dont le plus proche est situé à environ 3 km au Sud-Ouest du site et d'une profondeur de 58 m ;
- 11 ouvrages à usage géothermique, dont l'ouvrage exploité le plus proche, d'une profondeur de 75 m, est situé à environ 535 m au Sud du site ;
- 45 captages d'usage inconnu dont le plus proche est situé à environ 1,2 km au Sud-Est du site et d'une profondeur de 80 m.

---

<sup>4</sup> Source : Infoterre

<sup>5</sup> BSS : Banque de données du Sous-Sol

<sup>6</sup> D'après les données fournies par l'ARS en mai 2013, cet usage n'est plus recensé (cf. paragraphe ci-après)

L'ARS de Loire Atlantique, consultée en mai 2013, indique l'absence de captage destinés à l'Alimentation en Eau Potable (AEP) exploité dans un rayon de 5 km autour du site, y compris sur la commune voisine de Pornichet.

#### **2.2.4 Climatologie**

A l'échelle régionale, le climat est de type océanique tempéré, avec des influences méridionales. Ce climat est caractérisé par des automnes et des hivers doux, humides et venteux, ainsi que des étés plus secs mais dont les températures sont plus basses que celles observées sur le reste du territoire.

Concernant la zone d'étude, les données climatologiques proviennent de la station météorologique de Saint-Nazaire-Montoir, ouverte depuis le 1<sup>er</sup> Juillet 1957 (station automatique depuis le 8 mars 2007) et située au niveau de l'aéroport de Saint-Nazaire à environ 11 km à l'Est. Elle correspond à la station météorologique la plus représentative de la zone d'étude, contrairement à la station de la Pointe de Chemoulin, plus proche, mais très exposée aux variations maritimes (station côtière).

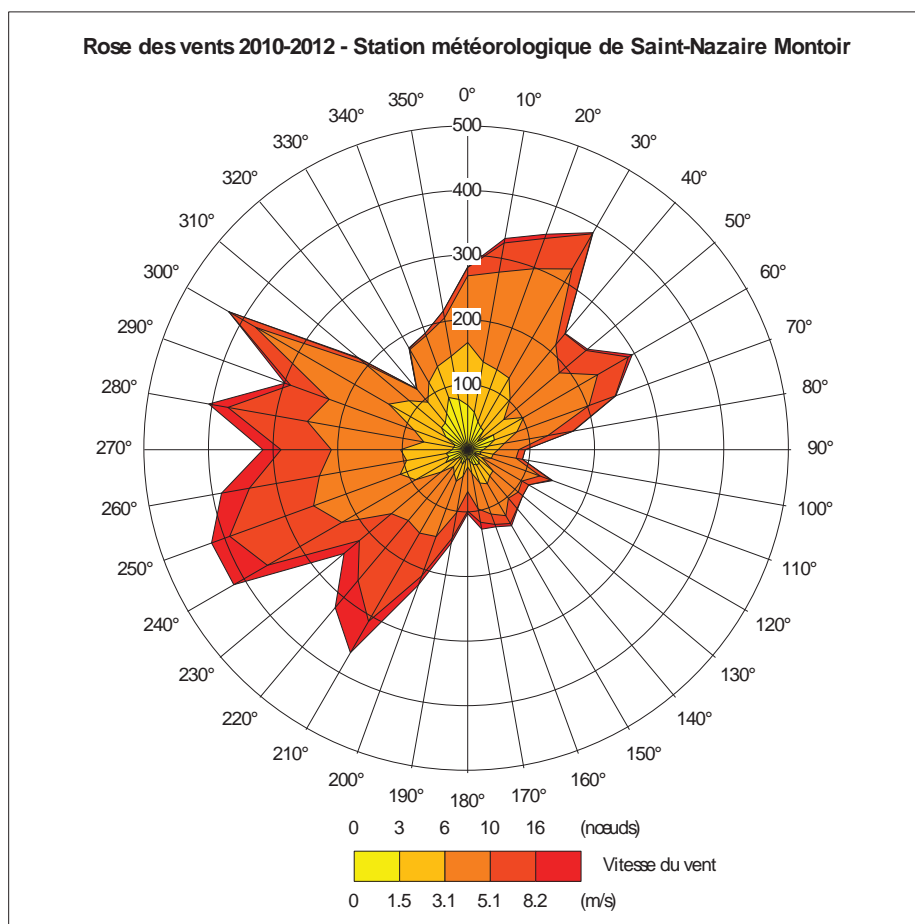
##### ***Températures, précipitations et phénomènes locaux***

Le Tableau A présente la synthèse des statistiques et records de températures, et précipitations pour la station de Saint-Nazaire-Montoir.

La fiche climatologique de cette station est jointe en Annexe A.

##### ***Régime des vents***

La rose des vents réalisée à partir des données de la station météorologique de Saint-Nazaire-Montoir, établie sur la période 2010 - 2012 est présentée ci-après. Celle-ci indique une prédominance des vents provenant des quarts Sud-Ouest et Nord-Est.



Note : La rose des vents indique l'origine du vent. Les nombres indiqués sur les différents axes (100, 200, 300, 400 et 500) correspondent au nombre d'observations (c'est-à-dire le nombre d'heures dans l'année où une même vitesse et direction des vents est observée).

## 2.3 Risques naturels

### 2.3.1 Foudre

Par le passé, l'activité orageuse était caractérisée par le niveau kéraunique représentant « le nombre de jours par an où le tonnerre a été entendu ». Le service Météorage calcule une valeur équivalente au niveau kéraunique : le nombre de jours d'orage, issu des mesures du réseau de détection foudre. Pour chaque commune, ce nombre est calculé à partir de la Base de Données Foudre sur les dix dernières années.

Le nombre de jours d'orage moyen annuel mesuré par Météorage au niveau de la commune de Saint-Nazaire est de 4 pour la période 2003 - 2012. La valeur moyenne en France est de 11,32.

Cependant, le critère du nombre de jours d'orage ne caractérise pas l'importance des orages. En effet un impact de foudre isolé ou un orage violent sera comptabilisé de la même façon. Aussi, la meilleure représentation de l'activité orageuse est la densité d'arcs (Da), appelée également densité de foudroiement, représentant le nombre de coups d'arcs de foudre au sol par km<sup>2</sup> et par an. Elle est de 0,31 arcs / km<sup>2</sup> / an au niveau de la commune de Saint-Nazaire, la moyenne française étant de 1,55 arcs / km<sup>2</sup> / an. Ainsi, il



apparaît que la commune de Saint-Nazaire est moins exposée aux orages que la moyenne française.

### 2.3.2 Sismicité

Faisant suite au zonage de sismicité défini par le décret du 14 mai 1991, un nouveau zonage sismique est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> mai 2011 (décrets 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010 modifiant les articles R.563-1 à R.563-8 du Code de l'Environnement), divisant le territoire national en cinq niveaux d'aléas sismiques en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes :

- une zone de sismicité de niveau 1, n'impliquant pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible) ; et,
- quatre zones de sismicité de niveau croissant (2 – faible, 3 – modérée, 4 – moyenne et 5 – forte), où des règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

La commune de Saint-Nazaire est classée en zone de sismicité de niveau 3 (sismicité modérée). Cette commune n'a pas fait l'objet d'arrêté de catastrophe naturelle pour l'aléa « séisme » (source PRIM.NET – Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie - MEDDE).

### 2.3.3 Inondation, glissements de terrains et autres risques naturels

D'après l'outil « CARTORISQUE » du Ministère en charge de l'Écologie (MEDDE), la zone d'étude n'est pas soumise au risque d'inondation et n'est pas située dans un périmètre de Plan de Prévention du Risque d'Inondation (PPRI) approuvé.

Le site d'implantation du projet est localisé en zone d'aléa faible de retrait-gonflement des argiles (source : [www.argiles.fr](http://www.argiles.fr)). Selon les données fournies par le BRGM ([www.mouvementsdeterrain.fr](http://www.mouvementsdeterrain.fr) et [www.bdmvt.net](http://www.bdmvt.net)), deux mouvements de terrain (fiches référencées n° 56000179 et 64400084) sont recensés pour la ville de Saint-Nazaire, ayant engendré des chutes de blocs et des éboulements en novembre 1982, toutefois ces événements n'ont pas engendré de dommages sur des biens.

Le tableau suivant présente les arrêtés de reconnaissance de catastrophes naturelles sur la commune de Saint-Nazaire.

**Tableau 1 : Arrêtés de catastrophes naturelles de la commune de Saint-Nazaire**

Type de catastrophe	Début	Fin	Arrêté du
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999
Inondations et coulées de boue	10/01/2001	15/02/2001	19/07/2001
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols	01/07/2003	30/09/2003	18/10/2007
Inondations et coulées de boue	04/08/2004	04/08/2004	11/01/2005

Type de catastrophe	Début	Fin	Arrêté du
Inondations et coulées de boue	14/09/2006	14/09/2006	22/02/2007
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/02/2010	28/02/2010	11/03/2010

## 2.4 Environnement naturel

Les zones d'intérêt écologique recensées dans un rayon de 5 km autour du crématorium sont présentées dans le tableau suivant. La définition des différents types de zones est fournie en Annexe B.

**Tableau 2 : Zones d'intérêt écologique présentes au voisinage du site**

Type de zone	Dénomination	Superficie de la zone (ha)	Distance approximative du site par rapport à la zone d'étude
<b>Parc Naturel Régional</b>	Parc Naturel Régional de la Brière	49 000	1,8 km au Nord
<b>ZNIEFF de Type I</b>	Secteur de la pointe de la LANDE à la pointe de CHEMOULIN	7	3,6 km au Sud-Ouest
	Marais de Grande Brière	10 598	3,9 km au Nord
<b>ZNIEFF de type II</b>	Zones résiduelles de la Baule à Saint-Nazaire	198	2,7 km au Sud
	Marais de Grande Brière, de Donges et du Brivet	21 085	3,9 km au Nord
<b>Zones Natura 2000 Directive « Oiseaux » Zone de Protection Spéciale</b>	Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf	80 202	2,4 km au Sud Est
	Grande Brière et Marais de Donges et du Brivet	19 754	3,9 km au Nord
<b>Zones Natura 2000 Directive « Habitats » Sites d'Importance Communautaire</b>	Estuaire de la Loire Nord	30 714	2,4 km au Sud Est
	Grande Brière et Marais de Donges	16 842	3,9 km au Nord

Source des données : DREAL Pays de la Loire, cartographie de diffusion des données « CARMEN »

**ZNIEFF** : Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique

La localisation de ces zones est présentée sur les Figures 2A et 2B.

Les milieux naturels appartenant au Réseau Natura 2000 les plus proches du crématorium sont la Zone de Protection Spéciale (ZPS) « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf » et le Site d'Importance Communautaire (SIC) « Estuaire de la Loire Nord »,

ayant une emprise commune. Ces zones sont situées à environ 2,4 km au Sud-Est du crématorium.

Les zones humides recensées à proximité de la zone d'étude sont présentées sur la Figure 2C.

## **2.5 Environnement humain et industriel**

### **2.5.1 Contexte économique du département de la Loire Atlantique**

*Source des données : Chambre de Commerce et de l'Industrie Nantes - Saint-Nazaire*

Situé au cœur du littoral Ouest français, le département de la Loire Atlantique est un département dynamique de par la croissance de sa population (le département comptait près de 1,3 millions d'habitants en 2010) et l'importante offre d'emplois qu'il présente (en 2012, le taux de chômage du département de 8,7 % était inférieur à la moyenne nationale).

Ce département est caractérisé par un dense tissu d'entreprises (notamment des PME). L'économie y est diversifiée, basée sur un socle industriel historique et une concentration des services au niveau des agglomérations de Nantes et St Nazaire.

Les secteurs les plus développés dans le département sont les services aux particuliers (représentant 39 % des emplois), les services aux entreprises (représentant 23 % des emplois) et les industries (représentant 14 % des emplois). Le reste des emplois est réparti entre les domaines du commerce, du BTP et de l'agriculture (la région des Pays de la Loire est la seconde région agricole à l'échelle nationale).

Le moteur de la croissance du département est le secteur des services avec notamment les banques et assurances, les technologies de l'information et de la communication, les conseils, l'assistance et les services opérationnels, les transports logistiques et le commerce de gros.

La région des Pays de la Loire est la 3<sup>ème</sup> région industrielle de France. La force industrielle du département de la Loire Atlantique est caractérisée par une importante diversification des activités. La première filière industrielle de la région est le travail et la transformation des métaux et des matériaux (représentant 36 000 emplois en Loire Atlantique). Les autres secteurs industriels majeurs sont l'agroalimentaire, la plasturgie et le bois et l'ameublement.

Le tourisme est également un secteur développé avec un poids économique important (30 000 emplois) grâce au riche patrimoine de la région (littoral, patrimoine naturel et monumental, lieux remarquables et manifestations).

Enfin, le département reste ouvert à l'international de par sa localisation notamment.

Au sein du département, le crématorium de Saint-Nazaire constitue l'un des deux crématoriums de la Loire Atlantique (le second établissement étant situé à Nantes).

## **2.5.2 Population et urbanisation de la commune de Saint-Nazaire**

Détruite à près de 85 % durant la seconde guerre mondiale, la ville de Saint-Nazaire fut reconstruite à la fin des années 50. Depuis ces vingt dernières années, la municipalité a entrepris de faire évoluer la ville sur son port et la mer.

Saint-Nazaire Nantes, premier port de la façade atlantique française est le lieu de construction de dizaines de paquebots depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (dont *Le Normandie*, *Le France*, *Le Millénium*, *Le Queen Mary II*, *Le MSC Divina*, *Le MSC Preziosa*...). Avec 565 000 tonnes de trafic en 2012 Saint-Nazaire dispose de quatre formes destinées à la construction et à la réparation navale et d'une grue bigue avec une capacité de 400 tonnes permettant le traitement de colis lourds : moteurs, cheminées de navires, pièces de chaudronnerie ou encore éléments d'avions. C'est pourquoi cette ville est également l'un des plus gros sites de conception de gros avions au monde. Les installations portuaires sont également destinées à l'importation d'oléagineux, l'exportation de céréales et d'huiles végétales et au stockage de masse (fruits, surgelés et grains).

Dans le cadre du recensement INSEE de la population en 2010, la population totale comptabilisée sur la commune de Saint-Nazaire était de 69 724 habitants.

Faisant partie d'une métropole (Nantes/Saint-Nazaire) de 800 000 habitants, Saint-Nazaire est la ville-centre d'une intercommunalité avec la CARENE (Communauté d'agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire) formée avec neuf communes voisines. Grâce aux jumelages (Sunderland, Saarlouis et Avilés), la ville a su également trouver sa place dans l'Europe et le monde.

Saint-Nazaire propose une offre touristique originale. L'activité culturelle est complétée par les animations et événements organisés par la ville (représentations sportives, événementielles, touristiques et commerciales). A la fin des années 90, un vaste programme de reconquête des friches et de la base sous-marine a créé un nouveau quartier : « Ville-Port ». Des équipements, des logements, des services, un multiplex de cinéma, des animations sur les quais et le centre international des paquebots « Escal'Atlantic » dans la base sous-marine ont fait muter ce secteur en quartier attractif. Une seconde étape du projet a vu le jour en 2002 : « Ville-Port 2 » ayant pour ambition de conforter l'élargissement du centre-ville vers le port et de renforcer sa vocation culturelle, touristique et commerciale.

L'Ouest de la ville, situé entre mer et centre-ville, concentre de nombreux atouts (un site vert et boisé, des plages et des lieux de promenade à proximité, des équipements publics tels que bibliothèque, piscine, écoles...) et fait aujourd'hui l'objet d'un programme de renouvellement urbain, appelé « Ville-Ouest ».

Le crématorium se situe à l'Ouest de la ville, en zone péri-urbaine, principalement occupée par des terres agricoles et de petites zones résidentielles. Outre la proximité avec la nouvelle station d'épuration « des Ecossiernes », le voisinage du crématorium comprend :

- des zones résidentielles à l'Ouest ;

- la zone Ouest urbanisée de Saint-Nazaire hébergeant notamment l'IUT de Saint-Nazaire (à environ 1,2 km à l'Est) et la cité sanitaire de Saint-Nazaire (centre hospitalier, située à environ 1,5 km à l'Est de la zone d'étude) ; et,
- des zones principalement agricoles au Nord et au Sud.

L'Etablissement Recevant du Public le plus proche est un supermarché se situant à environ 1 km au Sud du crématorium.

La Figure 3 présente l'occupation des terres, d'après la base de données géographiques Corine Land Cover<sup>7</sup>.

### 2.5.3 Monuments historiques

Parmi les monuments recensés sur la commune de Saint-Nazaire, 7 sont inscrits et/ou classés au titre des Monuments Historiques (d'après la base de données Mérimée - <http://www.culture.gouv.fr>). Ils sont cités dans le tableau suivant.

**Tableau 3 : Monuments historiques sur la commune de Saint-Nazaire**

Monument historique	Adresse	Type de protection	Date de l'Arrêté	Distance au site
Croix dite du Dernier	C.V. 26	Inscrit	09/01/1926	100 m au Nord-Est du site
Dolmen sous tumulus, au lieu-dit Dissignac	39 Route de Dissignac	Classé	1889	400 m au Nord du site
Croix d'Henleix	1 Rue Albert Einstein	Inscrit	18/10/1944	800 m au Sud-Est du site
Calvaire des Rochelles	Allée Ernest Hemingway	Inscrit	18/08/1944	2 km au Sud du site
Balise des Morées	En mer	Inscrit	22/11/2011	5 km au Sud-Est du site
Dolmen Trilithé	2-6 Square du Dolmen	Classé	1889	5,5 km à l'Est du site
Phare du Grand Charpentier	En mer	Inscrit	22/11/2011	6,5 km au Sud du site

D'après le PLU de Saint-Nazaire, le site du crématorium n'est situé dans aucun des périmètres de protection de ces monuments historiques.

<sup>7</sup> La base de données géographiques CORINE Land Cover France est produite dans le cadre du programme européen de coordination de l'information sur l'environnement et est consultable sur le site Internet du MEDDE. Elle recense les principaux usages des sols par commune. Les données disponibles les plus récentes datent de 2006.

#### **2.5.4 Voies de communication**

La ville de Saint-Nazaire dispose de nombreux axes de communication lui conférant une importante ouverture nationale et internationale.

##### ***Réseau routier***

L'accès au crématorium se fait au Nord-Est de la parcelle, au carrefour de la route de la Fontaine Tuaud (axe routier orienté Nord/Sud longeant l'Est du site) et de la route du Haut Rocher (axe routier orienté Est/Ouest longeant le Nord du site).

La route départementale la plus proche de la zone d'étude est la D92 (route de la « Côte d'Amour ») reliant Saint-Nazaire à Pornichet. Celle-ci se situe à environ 900 mètres au Sud de la parcelle, en intersection avec la route de la Fontaine Tuaud.

Les autres principaux axes routiers traversant la commune de Saint-Nazaire sont :

- la route nationale RN171 reliant Nozay à Saint-Nazaire ;
- la route départementale D213, rocade Nord de Saint-Nazaire, route touristique également appelée la « Route bleue » reliant Guérande aux Moutiers-en-Retz en desservant La Baule, Saint-Nazaire et Pornic ; et,
- la route départementale D492 reliant la rocade Nord de la ville à Saint-Marc-sur-Mer.

Deux principaux réseaux de transports publics ont été mis en place pour les besoins des agglomérations : un réseau de transport interne/externe pour les 10 communes de la CARENE et un réseau de transport assurant les déplacements à l'échelle du département.

##### ***Réseau ferré***

A l'échelle de la région, la ligne ferroviaire (TER) Nantes / Saint-Nazaire / Le Croisic est la plus importante avec près de 22 allers et retours quotidiens proposés entre Saint-Nazaire et Nantes.

De plus, un accès au réseau TGV est directement disponible en gare de Saint-Nazaire, avec des liaisons quotidiennes directes pour Paris Montparnasse ainsi que des liaisons hebdomadaires avec Lille.

##### ***Réseau maritime***

Le port Nantes Saint-Nazaire est le premier port de la façade atlantique française et le 4<sup>e</sup> Grand Port Maritime avec un trafic extérieur annuel de l'ordre de 30 millions de tonnes. Il s'étend sur l'estuaire de la Loire (débouchant sur le golfe de Gascogne). Représentant une surface totale de plus de 1 300 hectares, ses activités sont réparties sur 18 sites spécialisés permettant le transit de 300 types de trafics. Les sites portuaires de Nantes Saint-Nazaire accueillent chaque année plus de 3 000 escales de navires marchands.

Une autoroute de la mer permet également de relier Nantes/Saint-Nazaire à Gijón (Espagne) par ferry avec 3 départs par semaine. De plus, un projet pour une seconde ligne entre Saint-Nazaire et Vigo a été validé en mars 2013 par les gouvernements espagnols et français.

**Réseau aérien**

A près de 7 km au Nord-Est de Saint-Nazaire se trouve l'aéroport de Saint-Nazaire-Montoir. Cet aéroport national dessert notamment les villes de Nantes (correspondance pour Paris), Marseille, Nice, Lille et Toulouse.

**2.5.5 Voisinage industriel**

Au total 821 installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont présentes dans le département de Loire-Atlantique, d'après le ministère en charge de l'environnement (selon le site Internet national de l'inspection des installations classées : <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr>), dont 24 sont recensées sur la commune de Saint-Nazaire. Les deux ICPE les plus proches du site du crématorium sont situées à l'Est et au Sud-Est à environ 1,5 km. Il s'agit du Centre Hospitalier Heinlex et du supermarché Géant Casino, soumis à autorisation mais n'appartenant pas au régime Seveso.

**2.6 Nuisances existantes****2.6.1 Qualités des sols et des eaux souterraines**

Sur la commune de Saint-Nazaire, aucun site n'est répertorié dans la base de données BASOL (base de données du MEDDE des sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics).

La banque de données BASIAS (base de données du BRGM des sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics les sites industriels ayant ou ayant eu une activité susceptible d'engendrer une pollution de l'environnement) recense dans un rayon d'un kilomètre autour du crématorium de Saint-Nazaire, un total de 4 sites industriels (dont un n'étant plus en activité) répertoriés dans le tableau suivant.

**Tableau 4 : Sites industriels BASIAS à proximité**

Identifiant BASIAS	Raison sociale de l'entreprise connue	Etat d'occupation du site	Date première activité	Activité
PAL4403067	CHR, Dépôt de carburants	Activité terminée	01/01/1977	Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
PAL4403070	DUPONT SA H. Fab. colorants et pigments	En activité	non fournie	Fabrication de colorants et de pigments et d'encre
PAL4403063	GARAGE DE L'ETOILE SA, Station-service, garage	En activité	01/01/1972	Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station-service de toute capacité de stockage)
PAL4403039	BLAIN G, tôlerie et peinture	En activité	01/01/1966	Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)



## **2.6.2 Qualité des eaux de surface**

L'article L. 211-1 du Code de l'Environnement vise une gestion équilibrée de la ressource en eau, pour assurer notamment la préservation des écosystèmes aquatiques, ainsi que la protection des eaux et la lutte contre toute pollution.

La politique de l'eau se décline selon les deux axes principaux que sont la surveillance des cours d'eau et le respect d'objectifs de qualité, ainsi que la planification de la gestion équilibrée de la ressource en eau. Ce dernier axe s'illustre par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), qui est un document de planification définissant, pour une période de 6 ans, les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau ainsi que les objectifs de qualité et de quantité des eaux à atteindre à l'échelle d'un bassin ou d'un groupement de bassins hydrographiques. Les dispositions du SDAGE actuellement en vigueur visent le bon état chimique et écologique des masses d'eaux conformément à la Directive Cadre sur l'Eau (directive 2000/60/CE).

La commune de Saint-Nazaire se situe dans le Bassin Loire-Bretagne, pour lequel le SDAGE 2010 - 2015 défini a fixé comme objectif l'atteinte du bon état écologique pour 61 % des eaux de surface en 2015.

En complément du SDAGE, les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) sont des démarches de gestion concertée par bassin versant pour l'atteinte du bon état des eaux exigé par la Directive Cadre sur l'Eau.

La totalité de la région des Pays de la Loire est couverte par le SDAGE du bassin Loire-Bretagne. Cependant elle est concernée par 18 SAGE approuvés ou en cours d'élaboration qui, à terme, couvriront plus de 85 % du territoire de la région.

La commune de Saint-Nazaire est concernée par le SAGE « Estuaires de la Loire ».

D'après les données de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (mai 2013), l'état écologique de la Loire en amont de la ville de Saint-Nazaire est évalué comme « Moyen » avec un niveau de confiance « élevé ». En Aval de Saint-Nazaire, l'état écologique de la Loire (dite « au large ») est évalué comme « bon » avec un niveau de confiance « moyen ».

### 2.6.3 Qualité de l'air

#### *Au niveau régional et départemental*

L'association Air Pays de la Loire (Airpl) est agréée par le ministère en charge de l'environnement pour assurer la surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Cette association réunit les acteurs impliqués dans les problématiques de pollution de l'air : des représentants de l'Etat et des établissements publics, les collectivités territoriales de la région, des représentants des diverses activités contribuant à l'émission de substances surveillées, des associations agréées de protection de l'environnement, de consommateurs et des personnalités qualifiées.

Airpl est l'une des 26 associations de surveillance de la qualité de l'air. Elle fait partie du réseau national ATMO<sup>8</sup> et participe au programme national de surveillance de la qualité de l'air.

Airpl assure deux missions :

- la surveillance de la qualité de l'air par l'exploitation d'un réseau permanent de mesures fixes et indicatives, la réalisation de campagnes de mesure et l'usage de systèmes de modélisation numérique ;
- l'information du public et des autorités compétentes par la publication des résultats obtenus sous la forme de communiqués, bulletins, rapports et par son site Internet [www.airpl.org](http://www.airpl.org).

En 2010, l'association dispose de 81 stations de mesures de la qualité de l'air réparties sur les Pays de la Loire.

La pollution de fond de la région de Nantes et de Saint-Nazaire est estimée à partir de stations urbaines (situées dans les agglomérations densément peuplées), les stations périurbaines (sous l'influence des agglomérations de Nantes et de Saint-Nazaire) et les stations rurales régionales sur le reste de la région. Ces stations sont éloignées de toutes sources directes de pollution. Les stations trafic sont situées près de voies de circulation, à quelques mètres des pots d'échappement des véhicules, afin d'évaluer l'exposition maximale des piétons ou automobilistes. Les polluants surveillés sont les oxydes d'azote, les poussières, le dioxyde de soufre, l'ozone et les HAP. Certains composés sont également surveillés de manière plus ponctuelle, comme le mercure, les pesticides et les dioxines et furanes.

La région des Pays de la Loire est également dotée d'un Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) Nantes - Saint-Nazaire, outil de gestion de la qualité de l'air. Le premier PPA Nantes - Saint-Nazaire adopté le 30 août 2005, prévoyait un rééquilibrage de la surveillance par une réduction significative du réseau de mesures permanentes sur sites urbains au profit de mesures indicatives et du développement des outils de prévisions et de modélisation. Parallèlement, une surveillance accrue de la qualité de l'air à proximité des voies de circulation avait été programmée. Un second PPA, actuellement en révision, définit sur la base du bilan du premier plan les nouvelles actions permettant

---

<sup>8</sup> Réseau National des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

une réduction plus efficace des polluants atmosphériques, à savoir les actions regroupant des mesures réglementaires et également des actions incitatives (objectifs et recommandations, mesures d'accompagnement et études).

En complément au PPA, le Plan Régional de Qualité de l'Air (PRQA) de la région Pays de la Loire approuvé par arrêté préfectoral le 24 décembre 2002, est un outil de planification pour l'atteinte des objectifs fixés pour la qualité de l'air. Il dresse un bilan de la qualité de l'air de la région, présente les effets des polluants atmosphériques sur la santé, les écosystèmes et le patrimoine et détaille les contributions des principales sources de pollutions atmosphériques. Le PRQA définit des orientations visant à prévenir ou à réduire la pollution atmosphérique (atteinte des objectifs de qualité de l'air fixées par la réglementation de manière permanente et proposition le cas échéant des mesures compensatoire). Les 29 orientations émises par le PRQA se concentrent autour de trois axes principaux : améliorer les connaissances, réduire l'exposition à la pollution et informer et sensibiliser les populations.

Un Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) pour la région des Pays de la Loire est actuellement en cours d'élaboration.

#### ***Au niveau local***

Aucune station de surveillance n'est recensée à proximité immédiate de la zone d'étude, la station la plus proche se situant à environ 2,2 km.

Le Tableau B présente les données de surveillance de la qualité de l'air disponibles pour la ville de Saint-Nazaire. Ces données concernent essentiellement les produits de combustion. Les données mesurées pour les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre et les poussières PM<sub>10</sub> sont inférieures aux objectifs de qualité définis dans le Code de l'Environnement. Pour les PM<sub>2,5</sub>, les valeurs mesurées sont légèrement supérieures à l'objectif de qualité de 10 µg/m<sup>3</sup> (valeur moyenne annuelle maximale de 13 µg/m<sup>3</sup> mesurée en 2010 et 2011).

### 3. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES INSTALLATIONS

#### 3.1 Justification du projet envisagé

Le projet consiste à installer un second four de crémation ainsi qu'un système de traitement des fumées (système de filtration).

La mise en place d'un second four au sein du crématorium répond à une évolution croissante des mœurs en matière de crémation, avec une demande estimée en 2020 à près de 1 500 crémations à l'année (le nombre actuel de crémations étant d'environ 1 155). L'installation du second four permettra de répondre à cette demande et de garantir un meilleur taux de disponibilité des installations de crémation.

L'installation d'une ligne de filtration double répond à une volonté de réduire les émissions atmosphériques, permettant d'assurer le respect des valeurs limites réglementaires applicables à la création de nouvelles installations de crémation devant répondre au respect des Meilleurs Techniques Disponibles.

#### 3.2 Description du projet

Le système de filtration permettra le traitement des rejets gazeux en sortie des fours de crémation avant rejet dans l'atmosphère. L'ajout de cette unité de filtration permettra une réduction des émissions atmosphériques du crématorium.

Conformément à la réglementation, le crématorium est constitué d'une partie publique réservée à l'accueil des familles et d'une partie technique abritant l'ensemble des installations (four, local technique, vestiaires...), réservée au personnel.

La partie publique comprend un hall d'accueil, une salle de réception, une salle de cérémonie, une salle de visualisation et de remise des cendres, un espace cafétéria, un espace salon-attente et des sanitaires.

La partie technique comprend un hall de service, un bureau pour le conducteur des fours, une salle d'introduction des cercueils et une salle comportant deux fours et leur système de filtration. Les équipements relatifs au nouveau four de crémation et la mise en place d'un système de filtration des fumées seront installés dans la partie technique du crématorium.

Il n'est pas prévu dans le cadre de projet de procéder à la modification ou à l'extension de ces bâtiments existants (seules la salle des fours et la salle d'introduction associée seront modifiées pour l'accueil du second four).

Le nouveau four (à effet pyrolytique) sera alimenté par le gaz de ville, comme le four actuellement en place. Le système de filtration double envisagé comprendra une chaudière de refroidissement double des fumées, couplées à un doseur de réactifs pour le traitement des fumées. Après traitement, les éléments piégés par le réactif seront récupérés par un filtre à manches. Les rejets après traitement par le système de filtration se feront par un nouveau conduit, qui sera intégré à la cheminée présente actuellement.

Le nombre annuel de crémations estimé pour l'année 2014 compte tenu du taux de crémation actuel est de 1 322. Considérant l'estimation d'une augmentation des besoins

en crémation (environ 1 500 crémations d'ici 2020), la présente étude a été réalisée en considérant la capacité maximale des nouvelles installations, soit 1 872 crémations par an (ce qui correspond à 6 crémations par jour, 6 jours par semaine et 52 semaines par an).

La Figure 4 présente un plan du site avec la localisation de la cheminée de rejet des gaz filtrés.

### 3.3 **Impact sur la santé : Évaluation des Risques Sanitaires**

Cette partie traite de l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) des émissions liées à l'exploitation du crématorium, suite à l'installation d'un second four et la mise en place d'un système de filtration. Cette évaluation a pour objectif d'étudier l'impact chronique des futures activités du crématorium sur la santé des populations avoisinantes, lors du fonctionnement normal des installations.

Bien que le crématorium ne soit pas soumis à la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), l'étude a été réalisée conformément aux guides de l'Institut National de Veille Sanitaire (INVS) « Guide pour l'analyse du Volet Sanitaire des études d'impact », publié en février 2000, de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) « Évaluation des risques sanitaires dans l'étude d'impact des installations classées », publié en 2003 et à la Circulaire de la Direction Générale de la Santé DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006.

#### 3.3.1 **Bilan des émissions**

Les rejets aqueux attribuables au crématorium correspondent :

- aux eaux pluviales, dont le projet ne modifiera pas la qualité par rapport à la situation actuelle ; et,
- aux eaux usées sanitaires<sup>9</sup>, qui seront transférées vers le réseau d'assainissement collectif de la ville et qui seront également peu modifiées par le projet (légère augmentation liée à une fréquentation plus importante prévue dans le futur).

Etant donné l'absence de rejet direct à l'environnement pour les eaux usées sanitaires et l'absence d'impact sanitaire attendu pour les eaux pluviales, le bilan des émissions considère les rejets atmosphériques du crématorium.

Ces émissions se font par la cheminée de sortie des gaz filtrés et sont composées principalement de gaz de combustion (oxydes d'azote et dioxyde de soufre), de poussières, de métaux et de dioxines/furanes.

Les émissions atmosphériques des crématoriums sont réglementées par l'arrêté ministériel du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de la cheminée des crématoriums et aux quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère.

---

<sup>9</sup> Il est à noter que ces eaux ne sont pas susceptibles de contenir des composés justifiant leur intégration dans l'évaluation quantitative des risques sanitaires.

Le dimensionnement du système de filtration a été réalisé de manière à garantir à minima le respect des valeurs limites d'émission réglementaires. Les émissions futures du crématorium ont donc été estimées sur la base :

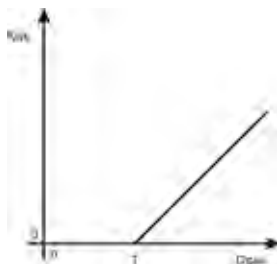
- des valeurs limites d'émission précédemment mentionnées, ce qui constitue une approche majorante au regard des émissions réelles observées sur des installations similaires en fonctionnement. Il est à noter qu'une valeur limite est fixée pour l'ensemble des Composés Organiques Volatils (COV). Afin d'évaluer l'impact des émissions en COV sur la santé humaine, il est nécessaire de les caractériser en terme de composés individualisés. En l'absence de données spécifiques pour le projet, les COV totaux ont été assimilés à du benzène ce qui constitue une approche très majorante ;
- de mesures réalisées sur des installations similaires<sup>10</sup> en activité pour les composés ne disposant pas de valeur limite d'émission (métaux hors mercure).

Les flux d'émission ont été estimés à partir d'un temps de fonctionnement de 1 404 heures par an et par four calculé sur la base de la durée maximale réglementaire de crémation (90 minutes) et de 6 crémations par jour durant 312 jours (soit 1 872 crémations annuelles réparties sur les deux fours) et des caractéristiques techniques des installations projetées (débit des fumées et taux d'oxygène en sortie). Ces flux sont présentés dans les Tableaux C et D.

### 3.3.2 Sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

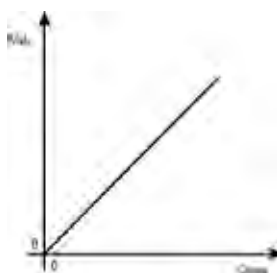
Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont des indices permettant d'établir une relation quantitative, entre une exposition à une substance chimique et un effet sanitaire. Elles sont spécifiques d'une substance, d'une durée d'exposition et d'une voie d'exposition. Leur construction diffère en fonction de l'hypothèse formulée ou des données acquises sur les mécanismes d'action toxique de la substance. Aussi, il est défini deux types de VTR :

- les VTR « à seuil de dose », pour les substances qui provoquent, au-delà d'une certaine dose, des dommages dont la gravité augmente avec la dose absorbée ; ces VTR s'expriment pour une exposition par inhalation comme des Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) applicables à l'homme. Ces niveaux de référence correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes pour l'homme. Ces effets peuvent être illustrés par le graphique suivant :



<sup>10</sup> Ces résultats proviennent de la campagne de mesures réalisée en octobre 2003 sur les installations du crématorium de Montfermeil (93) par le Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques (CETIAT), à la demande du Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA) et des campagnes de mesures réalisées en 2005 sur 10 crématoriums (Rapport "Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques canalisées du parc français de crématoriums", Vincent Nedelec Consultants, décembre 2005).

- les VTR « sans seuil de dose », pour les substances pour lesquelles il existe une probabilité, même infime, qu'une seule molécule pénétrant dans l'organisme provoque des effets néfastes pour cet organisme. Ces dernières substances sont, pour l'essentiel, des substances génotoxiques<sup>11</sup> pouvant avoir des effets cancérigènes ou dans certains cas reprotoxiques. Ces VTR s'expriment comme un Excès de Risque Unitaire ( $ERU_I$ ,  $(\mu g/m^3)^{-1}$  pour une exposition par inhalation). Il s'agit de la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet (par exemple, un cancer) s'il est exposé à 1 unité de dose ou de concentration de la substance toxique pendant sa vie entière. Ces effets peuvent être illustrés par le graphique ci-après :



Les VTR sont en premier lieu recherchées auprès de deux organismes français de référence dans le domaine des risques sanitaires :

- 1- l'Observatoire des pratiques de l'Evaluation des Risques Sanitaires dans les études d'impact (OPERSEI) qui recommande l'utilisation de VTR pour certaines substances. Ces recommandations sont validées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France,
- 2- l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)<sup>12</sup>.

Il est à noter que l'ANSES a deux approches : soit elle construit des VTR sur la base d'études toxicologiques, soit elle sélectionne des VTR émanant de bases de données reconnues internationalement. Les VTR proposées par l'ANSES selon ces 2 approches sont prises en compte dans le cadre de la présente méthodologie de sélection des VTR.

Si plusieurs VTR sont disponibles auprès de ces deux organismes (OPERSEI et ANSES), la sélection de la VTR est basée sur : la date d'élaboration du document de référence et de consultation des bases de données, l'exhaustivité des études considérées, et les arguments justifiant le choix de la VTR.

En l'absence de VTR disponibles auprès de l'un de ces organismes nationaux, les VTR sont recherchées dans des bases de données internationales et selon la hiérarchisation recommandée par la circulaire de la Direction Générale de la Santé DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006.

<sup>11</sup> Se dit d'un agent physique ou chimique qui provoque des anomalies chromosomiques ou géniques dans l'ADN. Les agents génotoxiques peuvent être mutagènes (c'est-à-dire provoquant des mutations chromosomique ou génique), mais aussi clastogène (pouvant rompre un chromosome en plusieurs fragments) ou encore aneugène (ou aneuploïde, provoquant des anomalies chromosomiques).

<sup>12</sup> Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)<sup>12</sup>, née de la fusion au 1<sup>er</sup> juillet 2010 de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) et de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA).



Les bases de données consultées sont les suivantes, par ordre de priorité :

- l'IRIS<sup>13</sup> de l'US EPA<sup>14</sup> (Etats-Unis) ;
- l'ATSDR<sup>15</sup> (Etats-Unis) ;
- l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ;
- Santé Canada (Health Canada) ;
- le RIVM<sup>16</sup> (agence nationale de l'environnement des Pays-Bas) ;
- l'EPA<sup>17</sup> de Californie (OEHHA<sup>18</sup>).

Dans le cas d'une réactualisation d'une ou plusieurs de ces bases de données, postérieure à la date d'élaboration des documents de référence des deux organismes français (OPERSEI et ANSES), le choix de ces organismes est réexaminé et la méthodologie de la circulaire DGS est suivie.

Pour la voie d'exposition considérée, les VTR définitives sont privilégiées par rapport aux VTR provisoires.

#### **Sélection des VTR pour les effets à seuil**

Les VTR correspondant à une exposition chronique (caractérisée par une durée d'exposition généralement supérieure à un an et une administration réitérée de faibles doses) sont privilégiées par rapport aux valeurs sub-chroniques (durée d'exposition de quelques semaines à quelques mois) car elles sont cohérentes avec les durées d'exposition considérées dans les ERS (Evaluations Quantitatives des Risques Sanitaires). Elles sont sélectionnées selon la hiérarchie décrite précédemment.

En cas d'absence de VTR chroniques pour l'exposition considérée, celles-ci sont établies en dérivant des VTR sub-chroniques par application d'un facteur de sécurité de 10, comme indiqué dans le document de l'INVS<sup>19</sup>.

En dernier recours, il est envisagé de dériver des VTR établies pour la voie orale ou pour la voie inhalation, selon la méthodologie établie par l'US EPA<sup>20</sup>. La dérivation de la Dose Journalière Admissible (DJA) en Concentration Admissible dans l'Air (CAA) ou inversement est effectuée en appliquant un poids corporel de 70 kg et un taux d'inhalation de 20 m<sup>3</sup>/j.

Selon un premier niveau d'approche, la dérivation d'une VTR d'une voie à une autre est réalisée quels que soient les effets engendrés par la substance, à l'exception du cas où

---

<sup>13</sup> Integrated Risk Information System, US EPA

<sup>14</sup> United-States Environmental Protection Agency

<sup>15</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry

<sup>16</sup> Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute of Public Health and the Environment)

<sup>17</sup> Environmental Protection Agency

<sup>18</sup> Office of Environmental Health Hazard Assessment

<sup>19</sup> Institut National de Veille Sanitaire. Valeurs toxicologiques de référence : méthode d'élaboration. Janvier 2002.

<sup>20</sup> US EPA. Soil Screening Guidance, Technical Background Document, Appendix B – Route-to-route extrapolation of inhalation benchmarks. 1996.

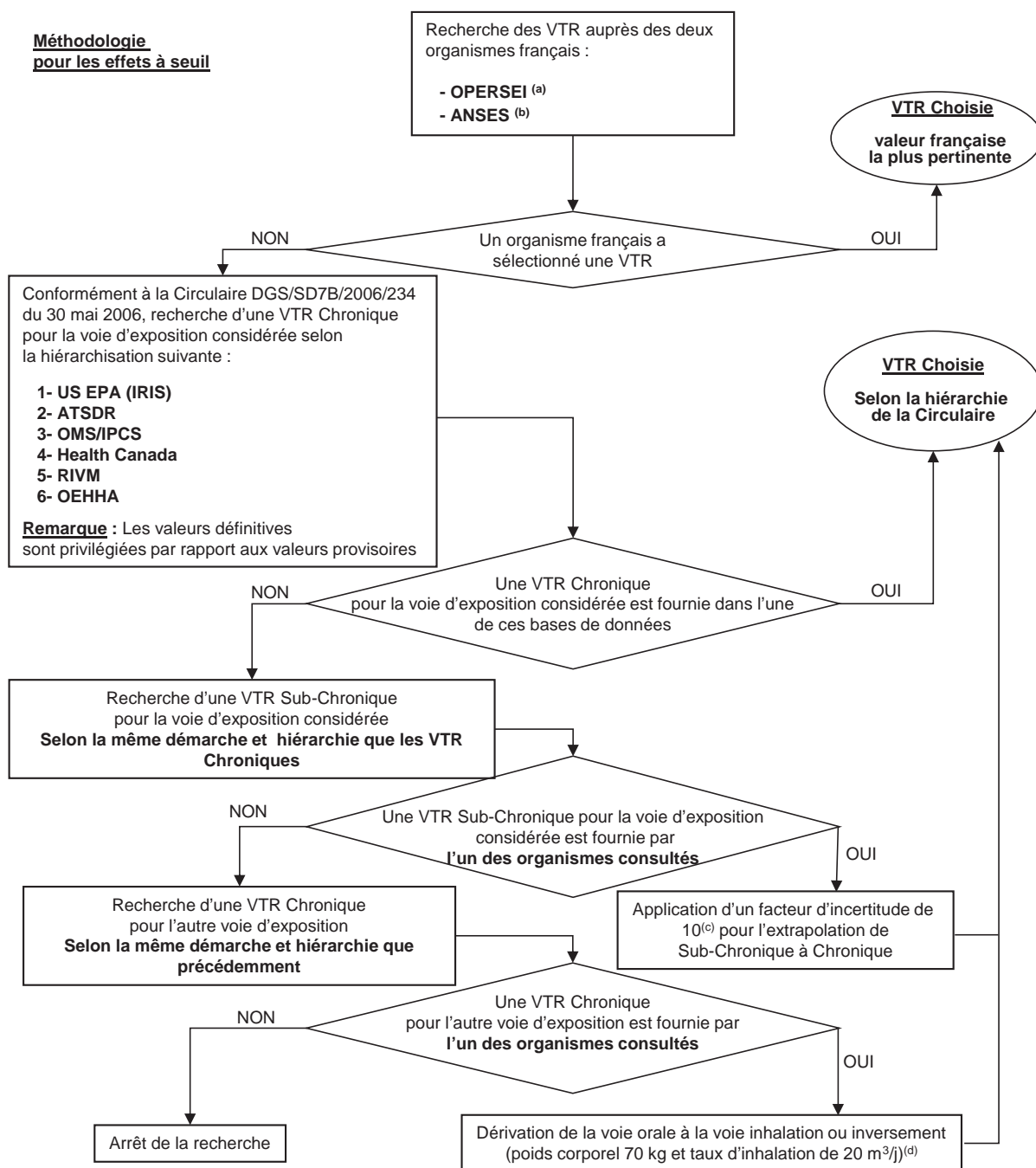


un des organismes précités précise clairement que les données disponibles ne sont pas suffisantes pour effectuer une dérivation.

Lorsqu'ils sont disponibles, les facteurs d'absorption sont pris en compte. A défaut, une absorption de 100 % du composé pour la voie d'exposition concernée est considérée.

Le logigramme suivant présente la méthodologie suivie pour la sélection des VTR pour les effets à seuil.

**Méthodologie  
pour les effets à seuil**



(a) Les valeurs sélectionnées par l'Observatoire des Pratiques de l'Evaluation des Risques Sanitaires dans les Etudes d'Impact (OPERSEI) sont disponibles sur le site Internet : [http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud\\_impact/](http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/)

(b) Seules les VTR construites par cet organisme ayant fait l'objet de validation ou de consensus national sont prises en compte.

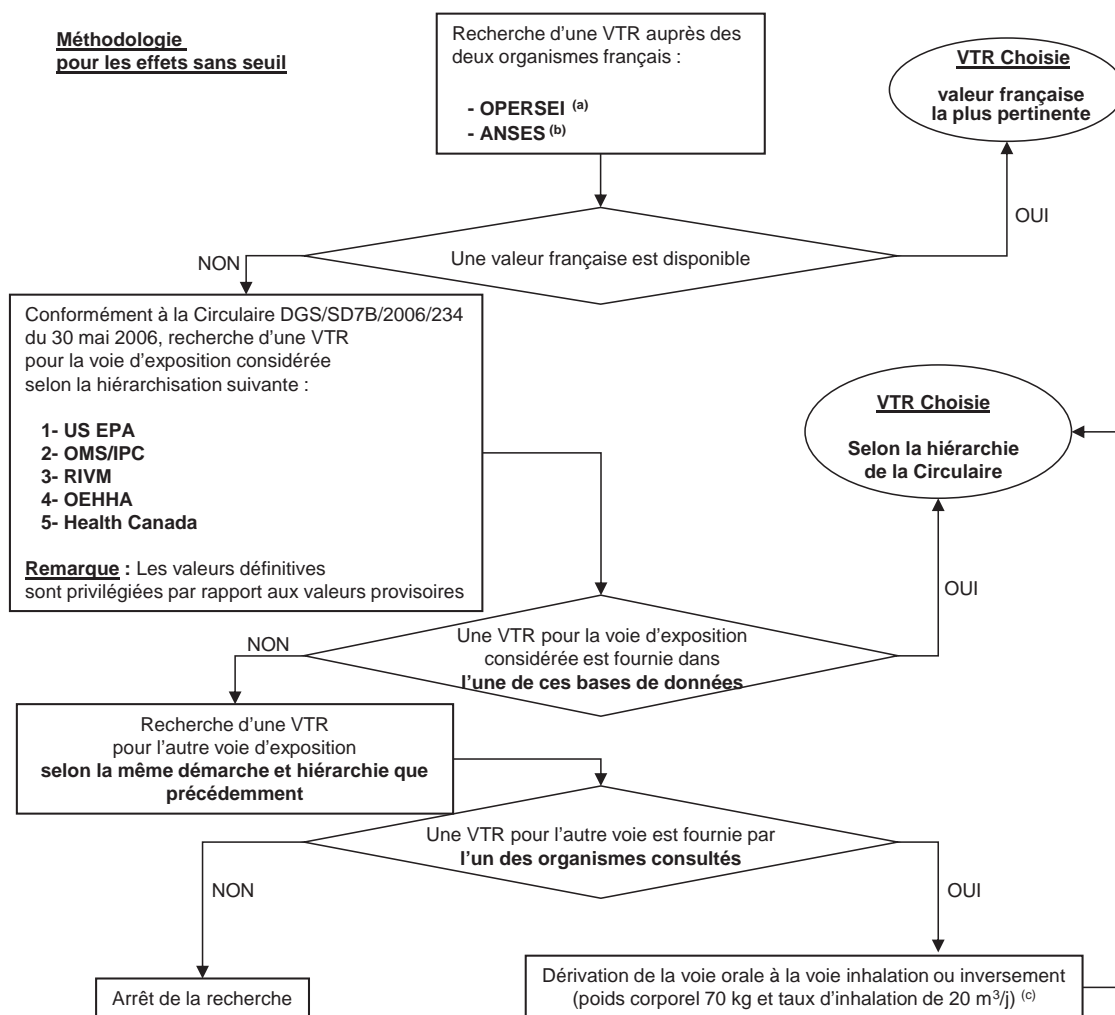
(c) Le document de l'InVS relatif aux « Valeurs toxicologiques de référence : méthode d'élaboration » (2002) indique qu'il peut être supposé qu'un effet observé lors d'expositions subchroniques sera également observé pour des expositions chroniques. Dans ce cas de figure, un facteur d'incertitude supplémentaire de 10, fondé sur des études qui ont comparé des NOAEL (No Observed Adverse Effect Levels) provenant d'études subchroniques à des NOAEL provenant d'études chroniques, peut être appliqué.

(d) La VTR est dérivée après vérification que la substance engendre un effet similaire quelle que soit la voie considérée. En première approche, il est considéré que le taux d'absorption est de 100 %. Les paramètres d'extrapolation (poids corporel et taux d'inhalation) proviennent du guide de l'US-EPA « Soil Screening Guidance, Technical Background Document, Appendix B – Route-to-route extrapolation of inhalation benchmarks » (1996).

### Sélection des VTR pour les effets sans seuil

Les VTR pour les effets sans seuil (ERU) sont sélectionnées selon la même méthodologie. Cependant, un ERU étant établi pour une exposition sur la vie entière, il n'existe pas de valeurs sub-chroniques.

En l'absence de VTR pour l'exposition considérée, selon un premier niveau d'approche, la dérivation d'une VTR d'une voie à une autre est réalisée quels que soient les effets engendrés par la substance, à l'exception du cas où un des organismes ayant défini la VTR précise clairement que les données disponibles ne sont pas suffisantes pour effectuer une dérivation. Le logigramme suivant présente la méthodologie suivie pour la sélection des VTR pour les effets sans seuil.



(a) Les valeurs sélectionnées par l'Observatoire des Pratiques de l'Evaluation des Risques Sanitaires dans les Etudes d'Impact (OPERSEI) sont disponibles sur le site Internet : [http://www.sante.gouv.fr/html/dossiers/etud\\_impact/](http://www.sante.gouv.fr/html/dossiers/etud_impact/)

(b) Seules les VTR construites par cet organisme ayant fait l'objet de validation ou de consensus national sont prises en compte. sélectionnées par ces organismes et émanant de bases de données reconnues seront considérées.

(c) La VTR est dérivée après vérification que la substance engendre un effet similaire quelle que soit la voie considérée. En première approche, il est considéré que le taux d'absorption est de 100 %. Les paramètres d'extrapolation (poids corporel et taux d'inhalation) proviennent du guide de l'US-EPA « Soil Screening Guidance, Technical Background Document, Appendix B – Route-to-route extrapolation of inhalation benchmarks » (1996).

**Cas particuliers : NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> et poussières**

L'OPERSEI précise que : « En l'absence de VTR, les valeurs guides et valeurs réglementaires offrent des points de repères quant aux concentrations dans l'air ambiant. Ce ne sont cependant en aucun cas des VTR. ». Aucune VTR chronique ou subchronique n'est définie pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les particules (PM<sub>10</sub>).

Aussi, à défaut de VTR et afin de considérer ces composés dans le cadre des EQRS, des valeurs guides sont choisies parmi les valeurs suivantes :

- les valeurs réglementaires définies pour la protection de la santé par le Code de l'Environnement (article R. 221-1, modifié en dernier lieu par le décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010), exprimées en moyenne annuelle civile
- les différentes valeurs guides et objectifs de qualité de l'air proposés par les bases de données classiques (US EPA, ANSES et OMS notamment).

Pour chaque composé, la valeur la plus conservative est sélectionnée. Le tableau suivant indique les valeurs recensées et les résultats de la sélection (valeurs en gras).

Tableau 5 : Valeurs guides pour les oxydes d'azote, le SO<sub>2</sub> et les poussières

Substance	Valeur guide assimilée à une CAA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Référence
PM <sub>10</sub>	20	OMS, 2005, valeur guide (mise à jour de 2006)
	20	Recommandation de l'ANSES pour l'air intérieur, 2010
	30	Article R.221-1 du Code de l'Environnement : objectif de qualité
	40	Article R.221-1 du Code de l'Environnement, valeur limite
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	20	Valeur Guide pour l'Air Intérieur (VGAI), ANSES, 2013 <sup>(1)</sup>
	40	Article R.221-1 du Code de l'Environnement : objectif de qualité et valeur limite
	40	OMS, 2005, valeur guide (mise à jour de 2006) et valeur guide pour l'air intérieur (2010)
	100	US EPA, norme de qualité de l'air, 2006
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> , exprimés en équivalent massique NO <sub>2</sub> )	30	Article R. 221-1 du Code de l'Environnement : Niveau critique annuel pour la protection de la végétation <sup>(2)</sup>
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	50	Article R.221-1 du Code de l'Environnement : objectif de qualité
	50	OMS, 2000, valeur guide (doc 2000, 2e édition) <sup>(3)</sup>
	80	US EPA, norme de qualité de l'air, 2006
	20	Article R. 221-1 du Code de l'Environnement : Niveau critique annuel pour la protection de la végétation <sup>(1)</sup>

CAA : Concentration Admissible dans l'air

(1) VGAI développée pour les effets respiratoires et visant à protéger les populations sensibles.

(2) Cette valeur ne correspond pas à un effet sur la santé humaine. Elles n'est donc pas retenue comme VTR dans le cadre de la présente étude.

(3) Dans sa mise à jour de 2006, l'OMS ne définit plus de valeur guide chronique pour le SO<sub>2</sub> mais précise que : « une ligne directrice annuelle n'est pas nécessaire puisque l'observance de la concentration sur 24 heures garantira des concentrations moyennes annuelles faibles ».

L'ensemble des VTR retenues est présenté dans le Tableau 1 de l'Annexe C. Il est à noter que le monoxyde de carbone ne dispose pas de VTR pour une exposition chronique par inhalation.

### 3.3.3 Sélection des composés traceurs des risques sanitaires

L'ensemble des composés émis a été considéré dans la présente étude.

Ces composés sont les suivants :

- les gaz de combustion : oxydes d'azote et dioxyde de soufre ;
- les poussières (assimilées à des PM<sub>10</sub>) ;
- l'acide chlorhydrique ;
- les Composés Organiques Volatils (assimilés à du benzène) ;
- les dioxines et furanes ; et,

- les métaux : antimoine, arsenic, cadmium, chrome (assimilé à du chrome III), cobalt, mercure, nickel, plomb, sélénium et vanadium.

L'Annexe C présente les effets toxicologiques de ces composés.

### 3.3.4 Schéma conceptuel et définition des scénarii d'exposition

Le schéma conceptuel est élaboré en fonction des types de rejets et des composés émis, identifiés dans le bilan des émissions, en considérant les personnes présentes au voisinage du site du crématorium et les différentes voies d'exposition potentielles.

#### **Récepteurs potentiels**

Les personnes qui peuvent être directement exposées aux émissions atmosphériques du site sont les habitants et les employés des entreprises situés au voisinage.

Considérant la localisation du crématorium et son environnement immédiat, deux types de récepteurs ont été retenus :

- les résidents des habitations voisines (l'habitation la plus proche étant située à une vingtaine de mètres à l'Est), comportant potentiellement des adultes et des enfants, qui constituent une population sensible notamment en raison d'un temps d'exposition pouvant être important. Les habitations individuelles identifiées au voisinage du site peuvent comporter des jardins potagers ; et,
- les employés des entreprises voisines (les employés les plus proches étant ceux des Pompes Funèbres, situées à environ 30 mètres au Nord) qui constituent des récepteurs moins sensibles que les résidents, en raison du type de population (composée uniquement d'adultes) et du temps de présence moins important.

#### **Voies de transfert et d'exposition**

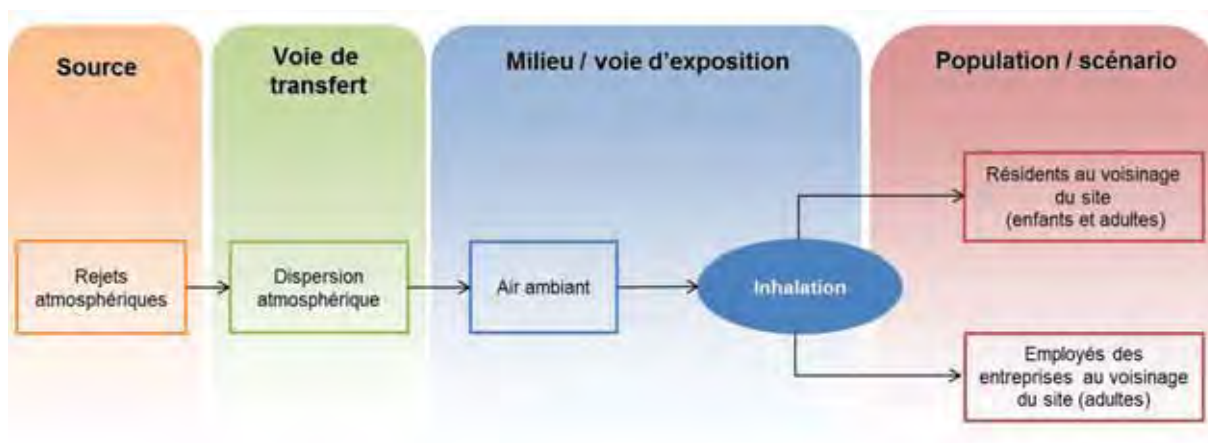
Étant donné que les composés considérés pour l'étude proviennent des émissions atmosphériques, la voie de transfert prédominante est la dispersion atmosphérique et la voie d'exposition principale est l'inhalation. Les risques sanitaires ont donc été évalués quantitativement pour une exposition par inhalation et les deux scénarios d'exposition retenus sont :

- l'exposition par inhalation dans un cadre résidentiel ; et,
- l'exposition par inhalation dans un cadre professionnel.

Il est à noter que les composés rejetés à l'atmosphère peuvent se déposer au sol. Aussi, les concentrations dans les sols ont également été modélisées et comparées au bruit de fond observé dans les sols en France afin d'évaluer si les émissions du crématorium conduiront à une dégradation de la qualité des sols, nécessitant de quantifier les risques associés à une exposition par ingestion de végétaux autoproduits.

#### **Schéma conceptuel**

Au terme de ce schéma conceptuel, les voies de transferts et d'exposition jugées pertinentes pour la présente étude sont représentées sur la figure ci-après.



### 3.3.5 Caractérisations des concentrations d'exposition

#### 3.3.5.1 Modélisation de la dispersion atmosphérique

Une modélisation de la dispersion atmosphérique a été réalisée en utilisant le modèle pseudo-gaussien à sources multiples ADMS (Atmospheric Dispersion Modeling System) afin d'évaluer les concentrations moyennes annuelles pour les composés émis par le crématorium.

Le modèle ADMS a été développé par Cambridge Environmental Research Consultants Ltd (CERC), en collaboration avec l'office de météorologie du Royaume-Uni et l'Université du Surrey.

ADMS est un modèle particulièrement adapté au calcul des concentrations atmosphériques pour les composés émis par des installations industrielles, disposant d'une reconnaissance internationale.

La version la plus récente disponible du logiciel ADMS (version 5.0 de novembre 2012, commercialisée au premier trimestre 2013) a été utilisée pour cette étude.

#### **Principe**

Après une phase de dilution et de dispersion atmosphérique, le modèle calcule les concentrations moyennes des composés émis. Les résultats sont fonction de la nature du composé, des conditions de rejet, des conditions météorologiques et de la topographie.

ADMS 5 prend en compte simultanément les phénomènes de dispersion et de sédimentation, en fonction de la granulométrie (pour les poussières). A la différence des modèles gaussiens classiques, ADMS 5 recalcule les intensités de turbulence de manière continue et pour chaque enregistrement météo, plutôt que de répertorier en 6 classes le phénomène de stabilité atmosphérique.

Le domaine de calcul est divisé en un nombre fini de points (10 000), appelés mailles. Le modèle calcule les concentrations horaires (moyennes et maximales) pour chaque maille définie et fournit des valeurs moyennes pour la période d'enregistrement météo considérée. Le logiciel Surfer, permettant des représentations bi et tridimensionnelles, a ensuite été utilisé pour tracer des isocontours par interpolation (krigeage linéaire).



Les principaux avantages du modèle ADMS sont :

- la prise en compte des bâtiments et du relief ;
- la grande variété de sources (cheminée, volume, jet, surface...), plusieurs types de sources pouvant être pris en compte simultanément, dans un même calcul ;
- le module de traitement des données météorologiques élaboré, basé sur les formules récentes de traitement des effets des conditions météorologiques et de la stabilité atmosphérique ; et,
- le calcul des dépôts secs et humides selon la nature du polluant.

### 3.3.5.2 Paramètres d'entrée utilisés pour la dispersion atmosphérique

#### *Émissions atmosphériques*

Les flux d'émission instantanés (exprimés en g/s) ont été déterminés en considérant le temps de fonctionnement des fours (1 404 heures par four et par an), avec des émissions réparties sur les plages horaires de fonctionnement du crématorium (du lundi au samedi de 9H00 à 18H00).

La Figure 4 présente la localisation de la cheminée du système de filtration du crématorium et le Tableau E présente les paramètres d'entrée utilisés pour la modélisation.

#### *Relief et maillage*

Le relief influe sur l'écoulement de l'air et donc la dispersion atmosphérique des composés. L'influence du relief de la zone d'étude sur la dispersion atmosphérique a été prise en compte en utilisant un fichier topographique créé à partir de données acquises auprès de l'IGN. La précision de ce fichier est de 50 mètres selon les axes x et y et de 1 mètre selon l'axe z. La Figure 5 présente le relief de la zone d'étude considéré dans la modélisation.

La zone d'étude définie s'étend sur un carré de 3 km sur 3 km. Le système comprenant un total de 10 000 mailles, cela représente une maille tous les 30 mètres.

#### *Paramètres caractéristiques des propriétés physiques au niveau du sol*

Un coefficient de rugosité, introduit dans le modèle, traduit le degré de turbulence causé par le passage des vents au travers des structures de surface au sol. La turbulence de surface est plus élevée dans les zones urbaines que dans les zones rurales en raison de la présence de bâtiments plus nombreux et de plus grande taille. Dans les zones urbaines, les dépôts de poussières tendent à s'effectuer à une distance plus courte que dans les zones rurales. Un coefficient de rugosité de 0,5 m est utilisé pour cette étude, valeur retenue pour représenter les zones périurbaines et les parcs.

Les bâtiments peuvent avoir un impact important sur la dispersion atmosphérique. L'effet principal est d'entraîner les polluants vers les zones en dépression (sous le vent des bâtiments) isolées du courant principal, dans lesquelles peuvent apparaître des



inversions de courant. Les bâtiments constituant le crématorium ont donc été considérés dans le modèle.

### ***Météorologie***

Les conditions météorologiques ont une grande influence sur la dispersion atmosphérique. La dispersion est conditionnée par des facteurs tels que la vitesse du vent, sa direction et l'intensité des turbulences. Pour un flux rejeté donné, les concentrations dans l'air au niveau de la surface du sol peuvent varier considérablement selon les conditions météorologiques, parfois de plusieurs ordres de grandeur. Ainsi, la concentration maximale dans l'air au-dessus de la surface du sol peut apparaître à un endroit sous certaines conditions météorologiques et à un autre sous d'autres conditions.

Les phénomènes de stabilité atmosphérique sont complexes et leur modélisation requiert un nombre minimal de paramètres dont certains (ex : la nébulosité) ne sont mesurés que dans les stations météorologiques majeures (aéroports, ports...).

L'ensemble des données météorologiques utilisées dans le cadre de cette étude (précipitations, température, force du vent, direction du vent, humidité relative et nébulosité) ont été recueillies auprès de Météo France au niveau de la station météorologique de Saint-Nazaire Montoir.

Le fichier météorologique a été préparé pour les besoins des calculs à partir des données météorologiques tri-horaires, en prenant en compte 8 768 enregistrements pour les années 2010, 2011 et 2012. Afin d'utiliser les facteurs d'ajustement temporels des émissions, ces données ont été interpolées en données horaires (représentant 52 608 enregistrements théoriques) à partir du logiciel ConvertMTO.

La rose des vents présentée au Paragraphe 2.2.4 indique une prédominance des vents provenant des quarts Sud-Ouest et Nord-Est.

### ***Atténuation atmosphérique***

Les composés émis dans l'atmosphère subissent des processus d'atténuation ou de transformation, tels que le dépôt au sol (principalement pour les particules) et les réactions chimiques (ex : réactions entre les oxydes d'azote et l'ozone). Les taux de dépôt sont influencés par la sédimentation (dépôt par gravité, pour le dépôt sec) et les réactions physico-chimiques (par exemple, entre polluants ou avec les molécules d'eau, pour le dépôt humide). Les transformations photochimiques, complexes et peu connues, dépendent notamment des composés présents dans l'atmosphère et du rayonnement solaire.

Dans le cadre de la présente étude, les dépôts secs et humides ont été considérés afin de déterminer les concentrations dans les sols pour les métaux et les dioxines et furanes (seuls composés bioaccumulables émis), mais aucune transformation photochimique n'a été retenue (premier niveau d'approche majorant).

### 3.3.5.3 Résultats des calculs de dispersion atmosphérique

Une concentration est calculée pour chaque point du maillage et des isocontours sont obtenus par interpolation, en utilisant le logiciel Surfer 10. Tous les composés étant émis à partir d'une seule cheminée, les iso courbes des concentrations moyennes annuelles et des dépôts au sol ont des tracés similaires. Les isocontours des concentrations moyennes annuelles des principaux composés traceurs des risques pour l'inhalation ( $\text{NO}_x$  et COV) sont présentés sur les Figures 6 et 7. Les isocontours des dépôts horaires moyens annuels pour le mercure (composé présentant le dépôt au sol le plus élevé) sont présentés sur la Figure 8.

Les éléments à considérer pour l'interprétation des isocontours sont la rose des vents, le relief et les bâtiments au niveau de la zone d'étude.

Six récepteurs (notés R1, R2, R3, R4, P1 et P2) ont été définis en fonction du voisinage du site et de la rose des vents. Ils représentent les concentrations atmosphériques maximales observées au niveau des habitations et des entreprises les plus proches.

Les Figures 6 à 8 présentent la localisation des différents récepteurs, récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau 6 : Récepteurs considérés dans l'étude**

Récepteurs	Localisation par rapport au crématorium
R1 - Résidence Est	Environ 20 mètres à l'Est
R2 - Résidence Nord	Environ 70 mètres au Nord
R3 - Résidence Sud-Ouest	Environ 220 mètres au Sud-Ouest
R4 - Résidence Nord-Est	Environ 450 mètres au Nord-Est
P1 – Entreprise Nord	Environ 30 mètres au Nord
P2 – Entreprise Ouest	Environ 430 mètres à l'Ouest

Pour chacun de ces récepteurs, une concentration moyenne annuelle dans l'air ambiant est calculée par le modèle de dispersion atmosphérique.

Les récepteurs sont définis à une hauteur de 1,5 m. Bien qu'ils soient situés sur l'emprise des bâtiments, les concentrations modélisées en ces points correspondent à des concentrations dans l'air ambiant. En effet, les phénomènes de transfert entre l'air extérieur et l'air intérieur étant complexes et difficiles à caractériser, il est supposé que l'air à l'intérieur des bâtiments comporte les mêmes concentrations que l'air extérieur.

Les concentrations dans l'air calculées au niveau des différents récepteurs sont présentées dans le Tableau F.

#### 3.3.5.4 Modélisation du transfert dans les sols

##### **Méthodologie**

La modélisation des concentrations dans les sols a été réalisée sur la base d'équations émanant de publications de référence. Les équations utilisées sont présentées en Annexe D.

##### **Résultats**

Le Tableau G présente les dépôts modélisés par ADMS, ainsi que les concentrations calculées dans les sols pour le récepteur résidentiel le plus exposé (R1 – Résidence Est). Ces concentrations sont comparées :

- pour l'antimoine, à la concentration ubiquitaire dans les sols et sédiments indiquée dans la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS pour l'antimoine (2007) ;
- pour le mercure, aux concentrations ubiquitaires dans les sols et sédiments indiquées dans la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS pour le mercure et ses dérivés (2010) ;
- pour le vanadium, à la gamme de valeurs moyennées le plus souvent rencontrées dans les sols, donnée par la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS pour le vanadium et ses composés (2009) ;
- pour les autres métaux, aux valeurs indiquées par l'INRA dans sa base « Informations sur les éléments traces dans les sols en France - Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) » (<http://etm.orleans.inra.fr/gammes3.htm>) ; et,
- pour les dioxines, à la gamme de concentrations ubiquitaires dans les sols de type « rural »<sup>21</sup> issue de la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS pour la 2,3,7,8 TCDD (2006).

L'analyse de ce tableau permet de constater que les concentrations modélisées en dioxines/furanes et métaux sont inférieures ou comprises dans les gammes de variation des concentrations de bruit de fond observées dans les sols « ordinaires » en France et des concentrations ubiquitaires.

Au vu de ces quantités très faibles, ainsi que des incertitudes sur les mesures des composés dans les sols (entre 10 et 25 % pour les seules analyses en laboratoire), l'apport lié aux émissions futures du crématorium peut être considéré comme négligeable car il ne serait pas quantifiable précisément par la réalisation de prélèvements. Une évaluation quantitative pour l'exposition par ingestion de sols ou suite à un transfert au travers de la chaîne alimentaire ne paraît donc pas nécessaire dans le cadre de la présente étude.

---

<sup>21</sup>L'utilisation de ces valeurs est pénalisante pour un site situé à proximité d'une zone urbaine car elles ne permettent pas de prendre en compte le bruit de fond anthropique.

### 3.3.6 Évaluation des impacts sanitaires

#### 3.3.6.1 Méthodologie

Pour les différents récepteurs, l'exposition chronique des populations au voisinage du crématorium a été évaluée. Les calculs de risques sont réalisés en utilisant les concentrations d'exposition estimées à l'aide des modélisations.

L'Annexe C présente les effets toxicologiques des composés émis à l'atmosphère.

##### *Estimation du risque pour les effets à seuil*

Pour les effets à seuil, le risque est exprimé par un Indice de Risque (IR) en fonction de la Concentration Moyenne dans l'Air (CMA) et de la Concentration Admissible dans l'Air (CAA), pour une exposition par inhalation :

$$IR = \frac{CMA \times EF \times FE}{CAA \times 365 \times 24}$$

Avec :

EF : Nombre de jours par an d'exposition

FE : Nombre d'heures d'exposition par jour

Les IR sont calculés pour chaque substance et sont pondérés en fonction de la durée d'exposition, lorsque celle-ci peut être estimée. Dans le cadre d'un premier niveau d'approche, les IR sont sommés pour l'ensemble des traceurs sélectionnés. Si nécessaire, une approche plus fine, consistant à sommer les IR pour des organes cibles identiques, peut être suivie.

La valeur de référence pour les IR est 1. Une valeur supérieure à 1 de l'IR montre la nécessité d'une analyse plus approfondie afin de quantifier un risque éventuel.

##### *Estimation du risque pour les effets sans seuil*

Pour les effets sans seuil, le risque est exprimé par un Excès de Risque Individuel (ERI), fonction de l'Excès de Risque Unitaire pour l'inhalation (ERU<sub>I</sub>) :

$$ERI = \frac{CMA \times ERU_I \times EF \times FE \times \text{nb d'années d'exposition}}{365 \times 24 \times \text{Durée d'une vie}}$$

Comme pour les IR, les ERI sont calculés pour chaque substance. Les ERI sont sommés pour l'ensemble des substances considérées et l'ERI total est calculé pour l'exposition d'une vie entière (par convention celle-ci est considérée égale à 70 ans).

La valeur de référence pour l'ERI est de 10<sup>-5</sup> (soit à ce niveau d'exposition, une probabilité calculée de 1 sur 100 000 de développer un effet sans seuil). Une valeur supérieure à 10<sup>-5</sup> montre la nécessité d'une analyse plus approfondie afin de quantifier un risque éventuel.

Les valeurs toxicologiques pour les effets à seuil et pour les effets sans seuil ont été élaborées pour l'ensemble de la population, comprenant les populations sensibles

(notamment enfants ou personnes âgées). Ainsi, dans le cas d'une exposition par inhalation, les paramètres d'exposition ne diffèrent pas pour les adultes et les enfants et les IR et ERI ne sont pas différenciés.

### **3.3.6.2 Quantification des risques**

Le Tableau F présente les concentrations modélisées et les calculs des niveaux de risques pour une exposition chronique par inhalation des différentes populations présentes au niveau des récepteurs considérés.

La quantification des risques est réalisée suivant une approche majorante, en considérant que :

- les résidents sont exposés 24 heures par jour, 365 jours par an et 30 ans sur la durée totale de la vie (70 ans) ; et,
- les employés sont exposés 8 heures par jour, 220 jours par an et 30 ans sur la durée totale de la vie (70 ans).

Le tableau suivant présente les résultats du calcul des risques pour une exposition par inhalation des récepteurs R1 (récepteur résidentiel le plus exposé) et P1 (récepteur professionnel le plus exposé).

Tableau 7 : Calculs de risques pour les récepteurs les plus exposés

Composé	Scénario résidentiel		Scénario professionnel	
	R1 : Résidence Est		P1 : Entreprise Nord	
	IR	ERI	IR	ERI
NO <sub>x</sub> (assimilés à du NO <sub>2</sub> )	9,05.10 <sup>-2</sup>	-	4,89.10 <sup>-3</sup>	-
Dioxyde de soufre	8,69.10 <sup>-3</sup>	-	4,70.10 <sup>-4</sup>	-
Poussières	1,38.10 <sup>-3</sup>	-	7,62.10 <sup>-5</sup>	-
COV (assimilés à du benzène)	8,20.10 <sup>-3</sup>	2,02.10 <sup>-7</sup>	4,43.10 <sup>-4</sup>	1,09.10 <sup>-8</sup>
Dioxines et furanes	6,90.10 <sup>-6</sup>	-	3,81.10 <sup>-7</sup>	-
Acide chlorhydrique	5,43.10 <sup>-3</sup>	-	2,93.10 <sup>-4</sup>	-
Mercuré	1,84.10 <sup>-3</sup>	-	1,02.10 <sup>-4</sup>	-
Antimoine	6,40.10 <sup>-5</sup>	-	3,53.10 <sup>-6</sup>	-
Arsenic	4,50.10 <sup>-5</sup>	8,30.10 <sup>-8</sup>	2,49.10 <sup>-6</sup>	4,58.10 <sup>-9</sup>
Cadmium	1,72.10 <sup>-4</sup>	-	9,52.10 <sup>-6</sup>	-
Chrome	2,40.10 <sup>-5</sup>	-	1,32.10 <sup>-6</sup>	-
Cobalt	2,68.10 <sup>-4</sup>	-	1,48.10 <sup>-5</sup>	-
Nickel	6,44.10 <sup>-4</sup>	5,96.10 <sup>-9</sup>	3,56.10 <sup>-5</sup>	3,29.10 <sup>-10</sup>
Plomb	1,05.10 <sup>-3</sup>	-	5,77.10 <sup>-5</sup>	-
Sélénium	1,44.10 <sup>-7</sup>	-	7,94.10 <sup>-9</sup>	-
Vanadium	1,44.10 <sup>-5</sup>	-	7,94.10 <sup>-7</sup>	-
<b>TOTAL</b>	0,12	2,91.10 <sup>-7</sup>	0,006	1,58.10 <sup>-8</sup>
Total sans NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> et PM <sub>10</sub>	0,02	2,91.10 <sup>-7</sup>	0,001	1,58.10 <sup>-8</sup>
<i>Valeur de référence</i>	1	1.10 <sup>-5</sup>	1	1.10 <sup>-5</sup>

IR : Indice de risque (effets à seuil)

ERI : Excès de Risque Individuel (effets sans seuil)

- : Composé ne disposant pas de VTR pour ce type d'effet

*Les niveaux de risques calculés pour l'ensemble des voies d'expositions sont très inférieurs aux valeurs de référence de 1 et 10<sup>-5</sup>.*

Pour l'ensemble des autres récepteurs étudiés, qui sont moins exposés que le récepteur R1, les niveaux de risques sont également très inférieurs à la valeur de référence.

### 3.3.7 Évaluation des incertitudes

Les principales étapes de la caractérisation des risques liés aux rejets atmosphériques du crématorium sont :

- le bilan des émissions ;
- la caractérisation des concentrations d'exposition comprenant la modélisation de la dispersion atmosphérique ; et,
- la quantification des risques.

Chacune de ces étapes s'accompagne d'incertitudes qui sont détaillées dans les paragraphes ci-dessous.

### **3.3.7.1 Bilan des émissions**

Les émissions des composés réglementés ont été estimées sur la base des valeurs limites définies par l'arrêté du 28 janvier 2010. L'utilisation de ces valeurs limites peut être considérée comme majorante car elles correspondent aux valeurs maximales de rejet alors que les équipements techniques envisagés permettront de réduire les émissions et d'assurer leur conformité aux limites réglementaires.

Les composés disposant de valeurs limites par famille ( $\text{NO}_x$ , poussières et COV) ont été pris en compte en les assimilant à un des composés dont les VTR sont parmi les plus pénalisantes.

Pour les composés ne disposant pas de valeurs réglementaires, les émissions ont été estimées sur la base de mesures disponibles pour des installations existantes. La campagne de mesures réalisée sur 10 crématoriums (Rapport « Évaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques canalisées du parc français de crématoriums », Vincent Nedelec Consultants, décembre 2005) a été privilégiée à celle effectuée sur un seul crématorium (crématorium de Montfermeil, octobre 2003). Les émissions déterminées à partir de ces mesures peuvent être considérées comme potentiellement majorantes étant donnée l'évolution technologique en matière de conception des équipements.

Les flux des composés réglementés et non réglementés ont été déterminés sur la base de 2 808 heures de fonctionnement annuel (réparties sur les 2 fours, soit 1 404 heures par four), correspondant à 1 872 crémations par an. Cette hypothèse est majorant étant donné que le nombre de crémations actuel est de 1 155 et que le nombre de crémations annuel prévu en 2020 est de 1 500.

Les paramètres techniques (débit des fumées, température, taux d'oxygène et taux d'humidité en sortie) utilisés pour le calcul des flux d'émissions sont ceux fournis par le constructeur des fours et sont représentatifs du fonctionnement réel de la future installation.

Sur la base des éléments précédents, l'étude a suivi une approche majorante pour la réalisation du bilan des émissions.

### **3.3.7.2 Caractérisation des concentrations d'exposition**

#### ***Modélisation de la dispersion atmosphérique***

Tout modèle est une représentation simplifiée de la réalité, comprenant des éléments d'incertitude qu'il est important de prendre en compte, notamment pour l'analyse des résultats. La qualité de ces résultats dépend d'une part, du modèle et de la modélisation (phénomène modélisé, équations utilisées, ...) et d'autre part, de la qualité des données d'entrée saisies dans le modèle.

Le logiciel ADMS 5 fait partie des logiciels de calcul de dispersion élaborés, intégrant de nombreuses options et reconnus par la communauté scientifique. Les études de validation du modèle, ainsi que les tests inter-modèles réalisés avec les modèles mondialement reconnus de l'US EPA (ISCST3 et AERMOD), montrent une bonne performance du modèle ADMS.



Ce type de modèle de dispersion atmosphérique est conçu pour calculer la concentration moyenne d'un composé sur une période donnée avec des conditions météorologiques dont les variations présentent une amplitude relativement faible. Le modèle utilise un fichier météorologique séquentiel, comportant des données météorologiques pour chaque heure. Néanmoins, les fluctuations des concentrations mesurées par rapport aux concentrations moyennes calculées, dues aux variations des conditions météorologiques et des conditions d'émissions, ne peuvent être complètement prises en compte par ADMS.

En raison de la complexité du modèle, il n'est techniquement pas réaliste d'effectuer une étude de sensibilité sur le modèle de dispersion atmosphérique. Les paramètres d'entrée du modèle (données météorologiques, caractéristiques des sources, ...) correspondent aux données les plus adaptées disponibles à ce jour pour le site et il est raisonnable de considérer que les résultats pour ce type de modélisation sont du même ordre de grandeur que les concentrations qui pourraient être observées (rapport entre concentrations modélisées et mesurées inférieur à un facteur 10).

#### **Modélisation du transfert dans les sols**

Le calcul des concentrations dans les sols à partir du dépôt atmosphérique ne prend pas en compte les phénomènes de perte par les différents processus physiques et chimiques tels que l'érosion, la volatilisation, l'extraction par les végétaux ou la photodégradation, à l'exception des dioxines. Pour les métaux, seules les pertes par ruissellement et lixiviation sont considérées de façon simplifiée (cf. Annexe D).

Globalement, l'approche suivie pour le calcul des concentrations dans les sols peut donc être considérée comme majorante.

### **3.3.7.3 Quantification du risque**

La voie d'exposition évaluée quantitativement par l'étude est l'inhalation.

Les incertitudes concernant l'évaluation des risques sont associées aux :

- scénarios d'exposition évalués ;
- VTR utilisées.

#### **Scénarios d'exposition**

Les scénarios d'exposition chronique retenus considèrent une exposition par inhalation. Ces scénarios sont jugés majorants étant donné que les récepteurs ont été définis au niveau des points où les concentrations maximales ont été modélisées et que les temps d'exposition correspondent aux temps maximaux théoriques pour chaque type de scénario. Par exemple, pour le scénario résidentiel une exposition en permanence (24 h/j et 365 j/an) a été considérée, alors que l'étude « Estimation du temps passé à l'intérieur du logement de la population française - Novembre 2008 »<sup>22</sup> réalisée par l'Observatoire

---

<sup>22</sup> Cette étude a été réalisée dans le cadre du groupe de travail "Exploitation des données" de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) auquel participent le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), l'InVS (Institut de Veille Sanitaire), l'Afsset, le LOCEAN/IPSIL (Laboratoire d'Océanographie et du Climat/Institut Pierre Simon Laplace), le LHVP (Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris) et l'Inserm (Institut national de la Santé et



de la Qualité de l'Air Intérieur indique que la moyenne du temps passé à l'intérieur du logement est de 16,2 heures par jour pour l'ensemble de la population française, ce qui confirme le caractère majorant des calculs réalisés.

#### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les VTR utilisées pour les calculs de risques sont spécifiques aux voies d'exposition étudiées dans la mesure où ces dernières étaient disponibles.

Les VTR utilisées sont recueillies auprès d'organismes français de référence et des bases de données internationales (OMS, IRIS, ATSDR, RIVM, OEHHA et Health Canada) et sont sélectionnées selon une approche en respect avec la méthodologie française (guides INERIS et INVS, ainsi que la Circulaire de la Direction Générale de la Santé DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006).

Les VTR sont établies pour les personnes sensibles (enfants, personnes âgées, etc.) et sont considérées comme étant les valeurs les plus adaptées, correspondant aux meilleures données disponibles dans l'état actuel des connaissances.

#### **3.3.7.4 Bilan des incertitudes**

L'approche qui a été suivie pour l'évaluation des risques sanitaires est basée sur les informations spécifiques au site, sur des données représentatives de la zone d'étude et sur des hypothèses pénalisantes, en particulier pour le bilan des émissions et les scénarios d'exposition.

Aux incertitudes évaluées dans les paragraphes précédents peuvent s'ajouter les incertitudes liées aux connaissances techniques du moment, comme la non prise en compte de composés chimiques, la validité des valeurs toxicologiques, ou l'interaction éventuelle entre certaines substances. Ces incertitudes ne sont cependant pas quantifiables.

#### **3.3.8 Conclusion sur l'Évaluation des Risques Sanitaires**

*Selon les informations et les connaissances disponibles au moment de la réalisation de cette étude, les niveaux de risques sanitaires induits par les futurs rejets atmosphériques du crématorium suite à la mise en place d'un second four de crémation et d'un système de filtration sont inférieurs aux valeurs de référence pour le voisinage du site.*

### **3.4 Impacts liés à la consommation en eau et aux rejets aqueux**

#### **3.4.1 Consommation en eau**

Pour les besoins en eau, l'eau consommée est actuellement fournie par le réseau d'alimentation en eau potable communal :

- pour l'arrosage du terrain du crématorium ; et
- pour les besoins sanitaires.

Une présence moyenne de 30 à 50 personnes est prévue à chaque crémation.

L'ajout d'un nouveau four et d'un système de filtration ne nécessiteront aucun apport d'eau supplémentaire par rapport à la quantité d'eau actuellement consommée pour l'arrosage du terrain et les besoins sanitaires. La consommation (ponctuelle durant les journées d'ouverture du crématorium) peut être considérée comme faible au regard de la consommation en eau de la population de Saint-Nazaire qui compte plus de 69 500 habitants. L'augmentation de la consommation d'eau sanitaire liée à une fréquentation plus importante du crématorium (1 500 crémations par an prévues en 2020 contre 1 155 actuellement) peut également être considérée comme faible.

*L'impact du projet sur la consommation actuelle en eau liée aux besoins sanitaires et à l'entretien des espaces verts du crématorium peut être considéré comme négligeable.*

### 3.4.2 Rejets aqueux

Les modifications apportées au crématorium actuel ne seront pas à l'origine de rejets aqueux, seule une légère augmentation des rejets d'eau sanitaire est attendue en raison d'une fréquentation un peu plus importante du crématorium. En effet, les réactifs utilisés pour le système de filtration sont sous forme solide et aucun effluent liquide lié à l'unité de filtration ne sera généré. De même que le four existant, le nouveau four ne générera aucun rejet aqueux.

Pour information, l'activité du crématorium génère actuellement deux types de rejets aqueux :

- les eaux usées sanitaires ; et,
- les eaux pluviales récoltées par les surfaces imperméabilisées.

Les réseaux d'eau usées / eaux pluviales sont de type séparatifs. Les eaux usées sanitaires sont collectées par le réseau public et les eaux pluviales s'infiltrent dans les sols non imperméabilisées et/ou sont collectées par le système de collecte de la ville.

Le système de filtration et le nouveau four seront installés dans les locaux existants du crématorium. Cette partie du projet n'impliquera pas de modification de la surface imperméabilisée, qui comprend les toitures, le parking et les voiries.

*Le projet n'engendrera pas de modification notable de la qualité et de la quantité des eaux sanitaires et des eaux pluviales rejetées actuellement. Le projet n'aura donc pas d'impact sur la qualité de ces eaux rejetées.*

### 3.5 Impacts liés aux rejets atmosphériques

Les émissions atmosphériques seront celles générées par les deux fours de crémation. Ces émissions seront canalisées par une cheminée après avoir subi une étape de filtration. Elles comporteront principalement des gaz de combustion (oxydes d'azote et dioxyde de soufre), des poussières, des métaux et des dioxines/furanes. La mise en place d'un nouveau four et d'un système de filtration visant à assurer le traitement des rejets atmosphériques permettra une maîtrise des émissions atmosphériques liées à l'activité du crématorium.

Les principales caractéristiques d'émission des installations de crémation seront les suivantes :

- hauteur de cheminée : 9,77 m,
- vitesse d'éjection des gaz : 17,5 m/s.

Une estimation du temps de fonctionnement annuel de chaque four a été réalisée sur la base de 6 crémations par jour et de la durée maximale réglementaire de crémation.

### ***Obligations réglementaires***

Les quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère sont fixées par l'arrêté ministériel du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de la cheminée des crématoriums et aux quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère. Les valeurs limites imposées par cet arrêté sont présentées dans le Tableau C.

### ***Impacts sur l'environnement***

Les quantités annuelles des émissions atmosphériques ont été estimées sur la base d'un temps de fonctionnement de 1 404 heures / four / an et du débit estimé d'extraction de la cheminée de la filtration double ( $4\,000\text{ Nm}^3/\text{h}^{23}$ ).

Le tableau suivant présente les flux annuels maximaux émis pour les polluants réglementés.

**Tableau 8 : Flux annuels des polluants réglementés émis**

Composé	Émission du four de crémation (t/an)
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	1,69
Dioxyde de soufre	0,40
Poussières	0,03
Monoxyde de carbone	0,17
Composés Organiques Volatils totaux	0,07
Dioxines et furanes	$3,4 \cdot 10^{-10}$
Acide chlorhydrique	0,10
Mercur	$6,7 \cdot 10^{-4}$

A titre de comparaison, les rejets des industries des Pays de la Loire étaient en 2011 de 7 761 tonnes de NO<sub>x</sub> (en équivalent NO<sub>2</sub>), 7 337 tonnes d'oxydes de soufre, 96,6 tonnes

<sup>23</sup> Débit sur gaz secs.

de PM<sub>10</sub><sup>24</sup>, 0,114 tonne de mercure et 6 151,6 tonnes de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (Source : IREP, registre français des émissions polluantes).

*Les émissions estimées pour le crématorium après la mise en place des aménagements envisagés par le projet (second four et système de filtration) peuvent donc être considérées comme négligeables à l'échelle régionale.*

Une modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets futurs du four de crémation a été réalisée dans le cadre de l'Évaluation des Risques Sanitaires intégrée à la présente étude (cf. Paragraphe 3.3). Les concentrations atmosphériques modélisées au niveau du récepteur le plus exposé (R1 – Résidence Est) pour les composés émis disposant de valeurs guides pour la protection de la qualité de l'air sont présentées dans le Tableau H et comparées aux valeurs limites du Code de l'Environnement ainsi qu'aux données de surveillance disponibles (source : Airpl). Les concentrations maximales en produits de combustion associées aux émissions futures du crématorium sont très inférieures aux objectifs de qualité de l'air définis dans le Code de l'Environnement ainsi qu'aux données de surveillance disponibles.

*Au vu de ces informations, les émissions atmosphériques considérant le projet de modification du crématorium ne conduisent pas à une dégradation de la qualité de l'air ambiant au niveau local.*

### 3.6 Impacts sur les sols et les eaux souterraines

L'activité du crématorium et le projet envisagé ne sont pas à l'origine de prélèvements d'eau dans le milieu naturel.

Le crématorium n'emploie actuellement pas de fioul ou d'autres produits chimiques liquides. Les futures installations ne nécessiteront pas l'utilisation de produits liquides (le réactif de traitement des fumées envisagé est sous forme solide et son utilisation se fera en circuit fermé). Il n'y aura donc pas de risque de déversement accidentel après mise en place du projet.

Les sources potentielles de pollution des sols et des eaux souterraines liées à l'exploitation du crématorium sont les émissions atmosphériques composées notamment de métaux et de dioxines susceptibles de se déposer au sol.

Les modélisations réalisées dans le cadre de l'ERS (cf. Paragraphe 3.3) ont permis de déterminer les concentrations en métaux et dioxines dans les sols au niveau du récepteur le plus exposé pour un transfert potentiel dans la chaîne alimentaire (R1 – Résidence Est). Le Chapitre 3.3.5.4 et le Tableau G présentent ces concentrations. Les données disponibles indiquent que l'apport additionnel du crématorium dans l'environnement est considéré comme faible voire négligeable pour l'ensemble des métaux et dioxines/furanes.

*Au vu de l'ensemble de ces données, l'impact du projet après la mise en place des nouvelles installations (nouveau four et système de filtration) sur la qualité des sols peut être considéré comme négligeable.*

<sup>24</sup> Données 2010.

### 3.7 Impacts liés au trafic routier

L'évolution de l'activité du crématorium n'engendrera pas la création de route supplémentaire.

Considérant actuellement une moyenne de 4 crémations par jour, 30 à 50 personnes par crémation et une moyenne de 3 personnes par voiture, le trafic journalier associé à l'activité actuelle du crématorium est estimé à 70 véhicules. Le trafic en lien avec l'exploitation du crématorium est donc au maximum d'environ 140 passages de voitures par jour (en considérant 2 passages pour chaque voiture).

Considérant un fonctionnement maximal suite à l'installation du second four de crémation (6 crémations par jour, soit 1 872 crémations par an, hypothèse majorante étant donné que le nombre de crémations prévu en 2020 est de 1 500) et les mêmes hypothèses qu'énoncées précédemment, l'augmentation du trafic attribuable à l'activité maximale du crématorium après modification est estimée environ 70 véhicules (en considérant 2 passages par véhicule).

Cette augmentation est négligeable au regard du trafic moyen journalier observé au niveau de l'intersection à proximité du crématorium (rond-point) caractérisé par près de 2 900 véhicules arrivant à l'intersection (*source : ville de Saint-Nazaire – Comptage des trafics moyens journaliers – année 2004*).

*L'impact lié à l'augmentation prévisionnelle de l'activité suite à la modification du crématorium peut ainsi être considéré comme négligeable.*

Durant la phase de chantier du projet, il est estimé un passage journalier de 2 véhicules pendant la phase de construction, ce qui ne présente pas d'incidence vis-à-vis du trafic routier au vu des données présentées précédemment.

### 3.8 Gestion de l'énergie

L'exploitation du crématorium intègre des objectifs de réduction de la demande énergétique et d'intégration des énergies renouvelables.

Les fours de crémation utilisent le gaz de ville comme combustible.

Il convient de préciser qu'un système d'automates de régulation sera mis en place, conjointement à l'installation de la ligne de filtration. Ce système visera notamment à ajuster les injections de gaz dans les fours et optimiser la gestion de l'énergie sur l'ensemble des étapes des crémations (temps de préchauffage du four, ouvertures de la porte par exemple). L'installation de ces automates devrait notamment participer à optimiser les quantités d'énergie consommées.

Ainsi, du fait de l'automatisation des systèmes de régulation et malgré l'augmentation prévisionnelle de l'activité au sein du crématorium, il n'est pas attendu d'augmentation significative de la consommation de gaz par crémation.

### 3.9 Gestion des déchets

#### *Pour la phase chantier*

Le projet consiste principalement installer un nouveau four de crémation et mettre en place un système de filtration permettant le traitement des fumées avant rejet à l'atmosphère. Les travaux se feront donc à l'intérieur des locaux existants.

Les éventuels déchets « consommables » liés au chantier seront gérés et traités par les filières adaptées en fonction du type de déchet.

#### *Pour la phase d'exploitation*

L'utilisation d'une ligne de filtration des fumées est à l'origine de déchets issus du traitement des gaz de combustion. Ces déchets solides (réactifs utilisés) feront l'objet d'un enlèvement par la filière sélective adaptée.

Aucun autre déchet ne sera généré par l'ajout du système de filtration.

Pour rappel, les déchets générés par l'activité actuelle du crématorium sont :

- les déchets ménagers liés au passage des familles ; et,
- les prothèses dentaires ou articulaires ainsi que les orthèses collectées sur le corps des défunts.

Ces déchets, en quantités relativement faibles, sont éliminés via les filières d'élimination sélectives adaptées aux différents types de déchets. Excepté les réactifs utilisés pour le traitement des fumées, il n'est pas attendu d'augmentation significative des quantités de déchets produites en phase d'exploitation, suite à la mise en place du projet.

### 3.10 Impacts liés aux émissions sonores

Les installations prévues par le projet (nouveau four et système de filtration) seront caractérisées par de faibles niveaux de bruit. Compte tenu de la nécessité d'un confort favorable au recueillement, le crématorium ne dispose pas d'installations susceptibles de générer des nuisances sonores au voisinage. De même, le projet envisagé ne sera pas susceptible de modifier le volume sonore actuellement observé durant les phases d'exploitation du crématorium.

*Les émissions sonores des installations envisagées par le projet peuvent être considérées comme négligeables.*

### 3.11 Nuisances olfactives

Durant la phase de chantier, les produits de construction utilisés seront nettoyables (sans faire usage de produits d'entretien odorants) et ne seront pas à l'origine d'émissions odorantes notables.

Les locaux sont actuellement ventilés selon les normes et textes en vigueur. La mise en place d'un système de traitement des fumées permettra la neutralisation des éventuelles odeurs résiduelles à la cheminée, issues de la combustion.

*Considérant le projet d'installation d'un second four et d'une ligne de filtration, le crématorium ne sera pas à l'origine de nuisances olfactives, notamment en lien avec les rejets du four de crémation.*

### 3.12 Nuisances lumineuses

Les phases de travaux s'effectueront pendant la journée dans les locaux du crématorium.

Il n'est pas envisagé de modification de la période d'exploitation du crématorium. L'exploitation actuelle du crématorium n'est pas à l'origine de nuisance lumineuse étant donné l'absence d'activité nocturne et est donc conforme à l'arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels afin de limiter les nuisances lumineuses et les consommations d'énergie.

*En absence d'activité nocturne, en phase travaux et d'exploitation, le projet ne sera pas à l'origine de nuisances lumineuses.*

### 3.13 Impact paysager

Le projet engendrera des modifications dans les installations à l'intérieur des locaux existants. La cheminée de sortie des gaz filtrés fera l'objet d'un habillage et sera intégrée à la toiture de sorte qu'elle soit masquée depuis l'extérieur.

L'état visuel actuel du bâti restera inchangé. Le site du crématorium se confond avec l'environnement avoisinant. Aucun élément technique n'est donc perceptible depuis l'extérieur.

*Le projet modification n'aura aucun impact visuel sur le crématorium existant et son environnement.*

### 3.14 Impacts sur la faune et la flore

Comme l'indique le recensement des zones d'intérêt écologique à proximité (cf. Paragraphe 2.4), l'environnement de la zone d'étude présente une certaine richesse écologique.

Le milieu naturel le plus proche du site se situe à environ 1,8 km au Nord. Il s'agit du Parc Naturel Régional de la Brière.

Les Figures 2A et 2B présentent la localisation de l'ensemble des zones d'intérêt écologique à proximité de la zone d'étude.

#### 3.14.1 Impacts au droit de la zone visée par le projet

Les aménagements associés au projet de mise en place du second four et du système de filtration seront réalisés uniquement dans les locaux intérieurs du crématorium.

Il convient de noter que le site du crématorium n'appartient à aucun périmètre de protection à portée réglementaire au regard d'éventuels intérêts écologiques.



*La mise en place du projet dans les locaux du crématorium ne présente pas d'impact attendu sur la faune et la flore au droit du site.*

### 3.14.2 Impacts sur la faune et la flore au voisinage du site

Les impacts susceptibles d'affecter la faune et la flore au voisinage du terrain visé par le projet sont ceux liés aux rejets atmosphériques, comportant principalement de gaz de combustion (oxydes d'azote et dioxyde de soufre), de poussières, de métaux et de dioxines/furanes.

Comme indiqué au Paragraphe 3.5, les rejets atmosphériques du crématorium ne conduisent pas à une dégradation de la qualité de l'air, tant au niveau local qu'au niveau régional (les objectifs de qualité ainsi que les niveaux critiques pour la protection de la végétation définis dans le Code de l'Environnement sont très largement respectés par ces rejets). De même, l'incidence des dépôts au sol liés aux rejets du projet est considérée comme négligeable au regard des gammes de concentrations de bruit de fond présentées précédemment. De plus, l'installation de la ligne de filtration permettra une maîtrise des rejets atmosphériques associés à l'activité du crématorium.

*Au vu de l'ensemble de ces éléments, le projet n'est pas susceptible d'engendrer d'effets indésirables sur la faune et la flore avoisinante.*

### 3.14.3 Évaluation des incidences du projet sur les sites Natura 2000 les plus proches

Les sites Natura 2000 les plus proches du crématorium sont :

- l'« Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf » (référéncée FR5212014), Zone de Protection Spéciale définie par l'Arrêt du 30/10/2008 ; et,
- l'« Estuaire de la Loire Nord » (référéncée FR5202011), Site d'Importance Communautaire désigné le 30/04/2009.

Ces deux zones sont situées au Sud du crématorium (à environ 2,4 km au Sud-Est) et sont communes pour une majeure partie de leurs emprises respectives. Conformément à la réglementation (Article R. 414-19 du livre IV de la partie réglementaire du Code de l'Environnement), le projet de modification du crématorium doit faire l'objet d'une évaluation des incidences. Le contenu de cette étude, précisé par l'article R. 414-23 du Code de l'Environnement, doit être proportionné à l'importance du projet et aux enjeux de conservation des habitats et des espèces en présence. Cette évaluation est présentée dans les paragraphes qui suivent.

#### 3.14.3.1 Présentation des sites Natura 2000

La présentation des sites a été réalisée sur la base des informations disponibles sur le site internet de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN).

##### **Zone de Protection Spéciale « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf »**

Ce site est quasiment entièrement marin, à l'exception des îlots de la Baie de la Baule (en Loire-Atlantique) et de l'île du Pilier (en Vendée) et se situe principalement dans la continuité de l'Estuaire de la Loire et est le lieu d'activités et d'usages liés au transport



maritime, aux activités portuaires et navales. Au sein du site, les activités de navigation, de dragages et d'immersions des sédiments dragués sont présentes historiquement.

L'existence des chenaux de navigation et leur entretien par des opérations de dragages ainsi que l'immersion des produits dragués dans l'estuaire sont constitutifs de l'état actuel justifiant la désignation du site.

### ***Qualité et importance de la zone***

Cet ensemble regroupant des secteurs côtiers, des zones d'estran, des îlots rocheux et des secteurs de plus haute mer constitue un ensemble propice aux regroupements d'oiseaux en hiver et une zone d'alimentation pour les espèces nicheuses sur les îlots ou à terre.

L'intérêt ornithologique du secteur considéré s'illustre par son rôle pour l'alimentation d'oiseaux nichant à terre et sur les îlots ou dans l'estuaire interne de la Loire, ainsi que par l'hivernage et le stationnement en grand nombre d'espèces d'intérêt communautaire.

Le périmètre s'appuie sur les zones de présence d'oiseaux les plus importantes, intégrant les zones d'alimentation des espèces nichant à terre ainsi que les zones principales d'hivernage, de stationnement et de passage préférentiel des oiseaux marins.

Les espèces caractéristiques de cette zone sont présentées en Annexe E.

### ***Vulnérabilité de la zone***

La zone de protection spéciale s'étend sur une vaste superficie et concentre de nombreux usages anthropiques :

- métiers de la pêche professionnelle et de la conchyliculture, pratiqués sur la zone et à proximité ;
- activités de tourisme, nautisme et de plaisance (ports, mouillages, pêche récréative, sports de pleine nature...) ;
- activités d'extraction de granulats (Secteur des Charpentiers et zone d'extraction au large du Pilier) ; et,
- trafic maritime : risques de pollutions et de collisions accidentelles.

Compte tenu de sa localisation, le site est particulièrement vulnérable aux pollutions marines.

### **Site d'Importance Communautaire « Estuaire de la Loire Nord »**

Ce site est caractérisé par la présence d'îlots (îles de la Baie de la Baule) et de plateaux rocheux (Plateau de la Banche) et de larges fonds sableux et vaseux qui se succèdent.

Des zones d'estran à caractère vaseux bordent l'estuaire et jouent un rôle fonctionnel pour les poissons et les limicoles.

La configuration et le fonctionnement hydraulique de ce site sont structurés par des activités et des aménagements humains liés à la nécessité de desserte des pôles

portuaires de Nantes - Saint-Nazaire. Les chenaux de navigation présentent des spécificités géographiques (grande profondeur, vitesse des courants, turbidité...) qui résultent de l'action combinée de l'homme et des évolutions morphologiques naturelles. A l'identique du site décrit précédemment, l'existence des chenaux de navigation et leur entretien par des opérations de dragages et l'immersion des produits dragués dans l'estuaire sont constitutifs de l'état de référence de ce site.

#### **Qualité et importance de la zone**

La richesse patrimoniale de ce site réside dans la diversité des substrats et des habitats d'intérêt communautaires présents sur le secteur (récifs, fonds sableux et vaseux) et dans leur continuité. Ainsi les plateaux rocheux recèlent une grande diversité d'espèces algales avec en particulier la présence de ceintures de laminaires et de dizaines d'espèces associées. Par ailleurs, les fonds sableux et vaseux présentent une grande densité d'espèces de faune benthique. De plus, l'intérêt de ce secteur au large de l'Estuaire de la Loire réside également dans la présence de nourriceries de poissons plats fondamentale à l'échelle du Golfe de Gascogne.

L'embouchure de la Loire constitue une zone de passage pour les espèces amphihalines telles que la Lamproie marine, les aloses, le Saumon atlantique, ou encore l'Anguille. Pour ces espèces, le transit entre les deux milieux estuarien et atlantique constitue une étape indispensable pour la continuité de leur cycle de vie et pour la production des futures générations.

Le site est à proximité de la zone de fréquentation régulière du grand Dauphin et d'autres espèces communes de dauphins.

Les espèces caractéristiques de cette zone sont présentées en Annexe F.

#### **Vulnérabilité de la zone**

A l'identique du site décrit précédemment, ce site est le lieu de diverses activités et usages anthropiques (transport et activités maritimes, activités portuaires et navales, pêche professionnelle, ...).

De plus, l'influence du panache de l'estuaire de la Loire n'est pas à minorer dans le fonctionnement de ce secteur, en particulier lors de conditions hydrauliques particulières (fortes crues par exemple).

Ce site est particulièrement vulnérable aux pollutions marines de toute nature, chroniques ou accidentelles (hydrocarbures, macros déchets, apports du bassin versant...).

### **3.14.3.2 Incidence du projet sur les sites les plus proches**

Le crématorium visé par le projet se situe hors du périmètre des sites Natura 2000, à environ 2,4 km au Nord. Le projet n'aura donc pas d'incidence directe sur ces sites et n'engendrera pas la destruction d'espèces ou d'habitats au sein de son périmètre.

Comme mentionné au Paragraphe 3.14.1, les aménagements liés au projet seront réalisés dans les locaux intérieurs du crématorium. Le projet n'engendrera donc pas la destruction d'habitats potentiels d'oiseaux de la ZPS la plus proche.

L'évaluation des incidences indirectes potentielles du projet sur les espèces et les habitats recensés sur les zones Natura 2000 les plus proches est présentée dans les paragraphes ci-après.

#### ***Incidence des rejets aqueux***

Comme mentionné précédemment, le projet n'engendrera aucun rejet aqueux et les effluents actuellement générés par l'exploitation du crématorium sont les eaux sanitaires et les eaux pluviales retenues par les zones imperméabilisées. Ces rejets sont canalisés vers les réseaux de collecte et de traitement de la ville.

*Le projet ne sera à l'origine d'aucun rejet aqueux dans l'environnement et n'aura donc pas d'incidence au niveau des sites Natura 2000 « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf » et « Estuaire de la Loire Nord ».*

#### ***Incidence des rejets atmosphériques***

Les rejets issus de l'installation de crémation ont été estimés et modélisés considérant le projet de modification. Les concentrations environnementales modélisées au niveau du récepteur présentant les concentrations dans l'air et les sols les plus élevées (R1 – Résidence Est) ont été comparées aux données disponibles sur la zone d'étude (concentrations de bruit de fond pour les sols et valeurs limites de la qualité de l'air, cf. Tableau G et H). Cette comparaison (présentée aux Paragraphes 3.5 et 3.6) permet d'estimer un impact très faible, voire négligeable du projet sur la qualité de l'air et des sols.

De plus, il convient de noter que le crématorium est éloigné des sites Natura 2000 les plus proches de 2,4 km.

*Les rejets atmosphériques du crématorium considérant les modifications envisagées n'engendreront donc pas d'incidence sur les sites Natura 2000 « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf » et « Estuaire de la Loire Nord », notamment au regard de leur éloignement par rapport au crématorium (environ 2,4 km).*

#### ***Incidence des émissions sonores, lumineuses et olfactives***

*Comme mentionné aux Paragraphes 3.10 à 3.12, le fonctionnement du crématorium considérant les modifications envisagées ne présentera pas d'incidences sonores, lumineuses ou olfactives pour les zones situées aux alentours et donc sur les sites Natura 2000 « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf » et « Estuaire de la Loire Nord ».*

#### ***Incidence du trafic routier***

Considérant le projet et l'évolution de l'activité du crématorium, il n'est pas attendu d'impact sur le trafic actuellement observé au voisinage du site (cf. Paragraphe 3.7).

*L'absence d'impact sur le trafic routier au voisinage du fait de l'évolution de l'exploitation du crématorium n'entraîne pas d'incidence du projet sur les sites Natura 2000 « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf » et « Estuaire de la Loire Nord ».*

**3.14.3.3 Conclusion de l'incidence du projet sur le site Natura 2000**

*Les données présentées dans cette étude montrent une absence d'incidence du projet de mise en place d'un second four et d'un système de filtration sur la Zone de Protection Spéciale « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf » et sur le Site d'Importance Communautaire « Estuaire de la Loire Nord ».*

#### 4. ANALYSE DES METHODES UTILISEES POUR EVALUER LES IMPACTS DU CREMATORIUM SUR L'ENVIRONNEMENT

La présente étude a été rédigée par Benjamin Chirouze et vérifiée et approuvée par Tudor Pricop-Bass.

Le tableau suivant présente les sources d'informations et les méthodes suivies pour évaluer les impacts du projet sur l'environnement, ainsi que les limites rencontrées dans cette évaluation.

**Tableau 9 : Principales méthodes et limites éventuelles rencontrées dans l'évaluation des impacts du projet**

Thème	Méthode	Limites de l'analyse / commentaires
Eaux	Consultation des bases de données publiques (Banque Hydro, SDAGE Loire Bretagne, Agence de l'eau) et analyse bibliographique	-
Sol et sous-sol	Analyse bibliographique, base de données publique (BASOL) Utilisation de gammes de bruit de fond nationales	Absence d'analyses <i>in situ</i>
Air	Analyse bibliographique, consultation de bases de données publiques (Airpl), mesures à l'émissaire sur un crématorium similaire au projet pour les polluants non réglementés, modélisation de la dispersion dans l'atmosphère des rejets gazeux et particulaires du crématorium	Nombre faible de mesures disponibles pour les polluants non réglementés
Impacts sanitaires	Cf. Paragraphe 3.3	Cf. Paragraphe 3.3.7
Zones et milieux naturels	Analyse bibliographique, consultation du site de la DREAL et notamment de la cartographie dynamique CARMEN Site de l'INPN.	-
Trafic routier	Données transmises par la mairie de Saint-Nazaire	-
Gestion de l'énergie	Données fournies par OGF	-
Déchets	Données fournies par OGF	-
Bruit	Données fournies par OGF	-
Odeurs	Données fournies par OGF	-
Pollution lumineuse	Données fournies par OGF	-

## 5. MESURES PRISES POUR SUPPRIMER / REDUIRE LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

### ***Mesures relatives à la phase de travaux***

Dans une démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE), les phases de travaux respecteront un objectif de faible nuisance ainsi qu'une obligation en termes de bruits, poussières, aspects visuels et évacuation des déchets.

Les mesures suivantes seront mises en place pour la préservation du milieu naturel :

- les déchets issus de la phase chantier seront traités par des filières adaptées ;
- les matériaux seront approvisionnés en flux tendu dans la mesure du possible afin d'éviter au maximum le stockage sur site.

De plus, les prescriptions suivantes seront imposées aux entreprises de travaux :

- limiter les nuisances d'une manière générale ;
- limiter les pollutions et la génération de déchets ;
- informer les riverains et entretenir de bonnes relations ;
- former et informer l'ensemble du personnel de chantier ; et,
- gérer le trafic des transports et engins.

### ***Mesures relatives à la phase d'exploitation du crématorium***

Les fours disposeront d'une ligne de filtration des fumées, qui fera l'objet d'une maintenance régulière.

L'ensemble des déchets générés par l'activité envisagée sera traité par des filières adaptées.

## **LIMITATIONS DU RAPPORT**

URS a préparé ce rapport pour l'usage exclusif d'OGF conformément à la proposition commerciale d'URS n° 2237-0712 référencée n° AIX-PRO-13-05713A selon les termes de laquelle nos services ont été réalisés. Le contenu de ce rapport peut ne pas être approprié pour d'autres usages, et son utilisation à d'autres fins que celles définies dans la proposition d'URS France, par OGF ou par des tiers, est de l'entière responsabilité de l'utilisateur. Sauf indication contraire spécifiée dans ce rapport, les études réalisées supposent que les sites et installations continueront à exercer leurs activités actuelles sans changement significatif. Les conclusions et recommandations contenues dans ce rapport sont basées sur des informations fournies par le personnel du site et les informations accessibles au public, en supposant que toutes les informations pertinentes ont été fournies par les personnes et entités auxquelles elles ont été demandées. Les informations obtenues de tierces parties n'ont pas été vérifiées par URS, sauf mention contraire dans le rapport.

## **DROIT D'AUTEUR**

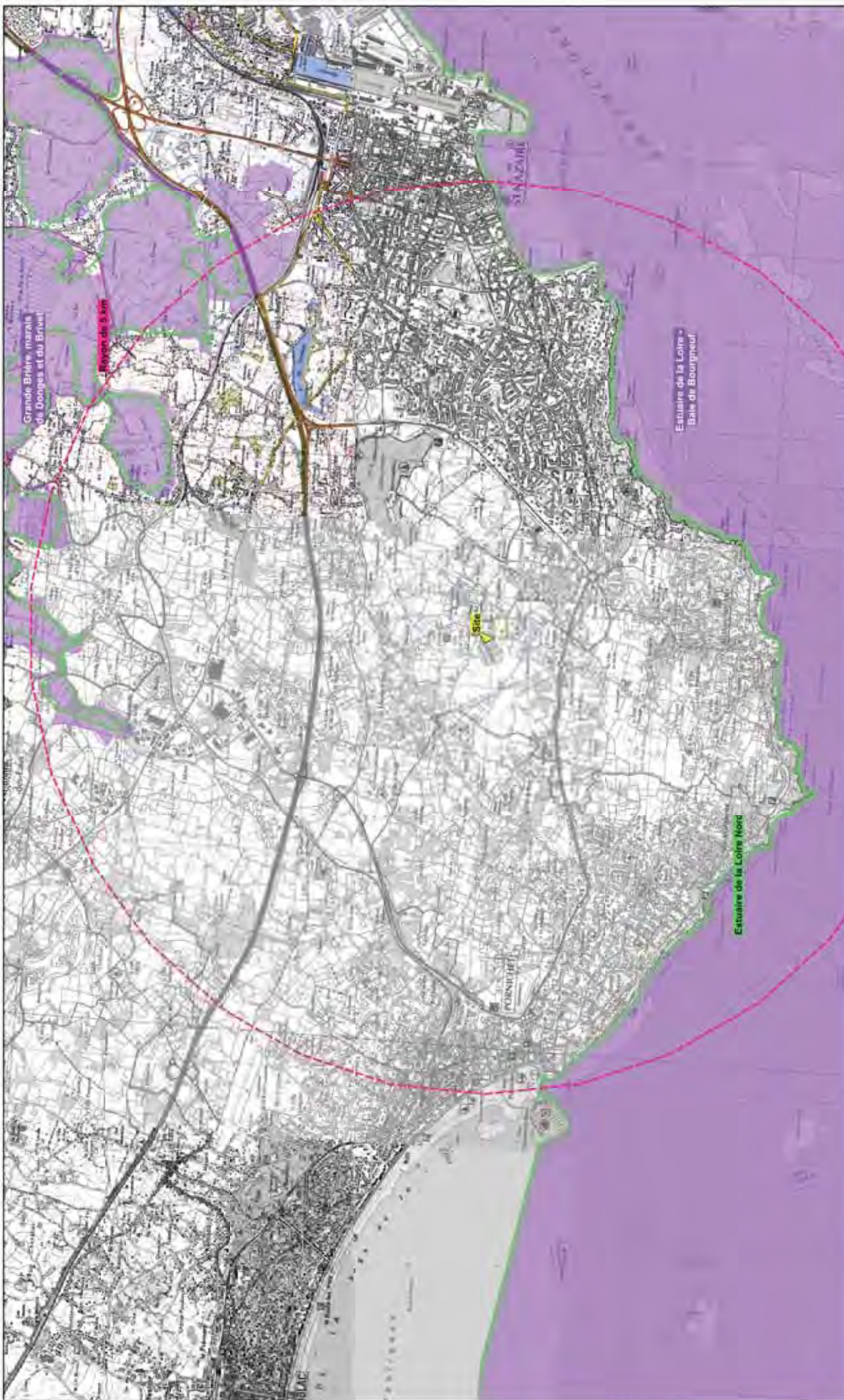
© Ce rapport est la propriété d'URS France. Seul le destinataire du présent rapport est autorisé à le reproduire ou l'utiliser pour ses propres besoins.



## FIGURES







Directive Habitats

Sites d'Importance Communautaire

Directive Oiseaux de 1979

Zone de Protection Spéciale

Sources: INPN

CARMEN

Date du téléchargement : Juillet 2013

Cartes IGN 1022ET & 1023OT

Rayon d'étude : 5 km



ZONES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE À PROXIMITÉ DE LA ZONE D'ÉTUDE - ZONES NATURA 2000

Titre  
ETUDE D'IMPACT RELATIVE À L'INSTALLATION  
D'UN SECOND FOUR DE CRÉMATIION  
ET D'UNE LIGNE DE FILTRATION DOUBLE

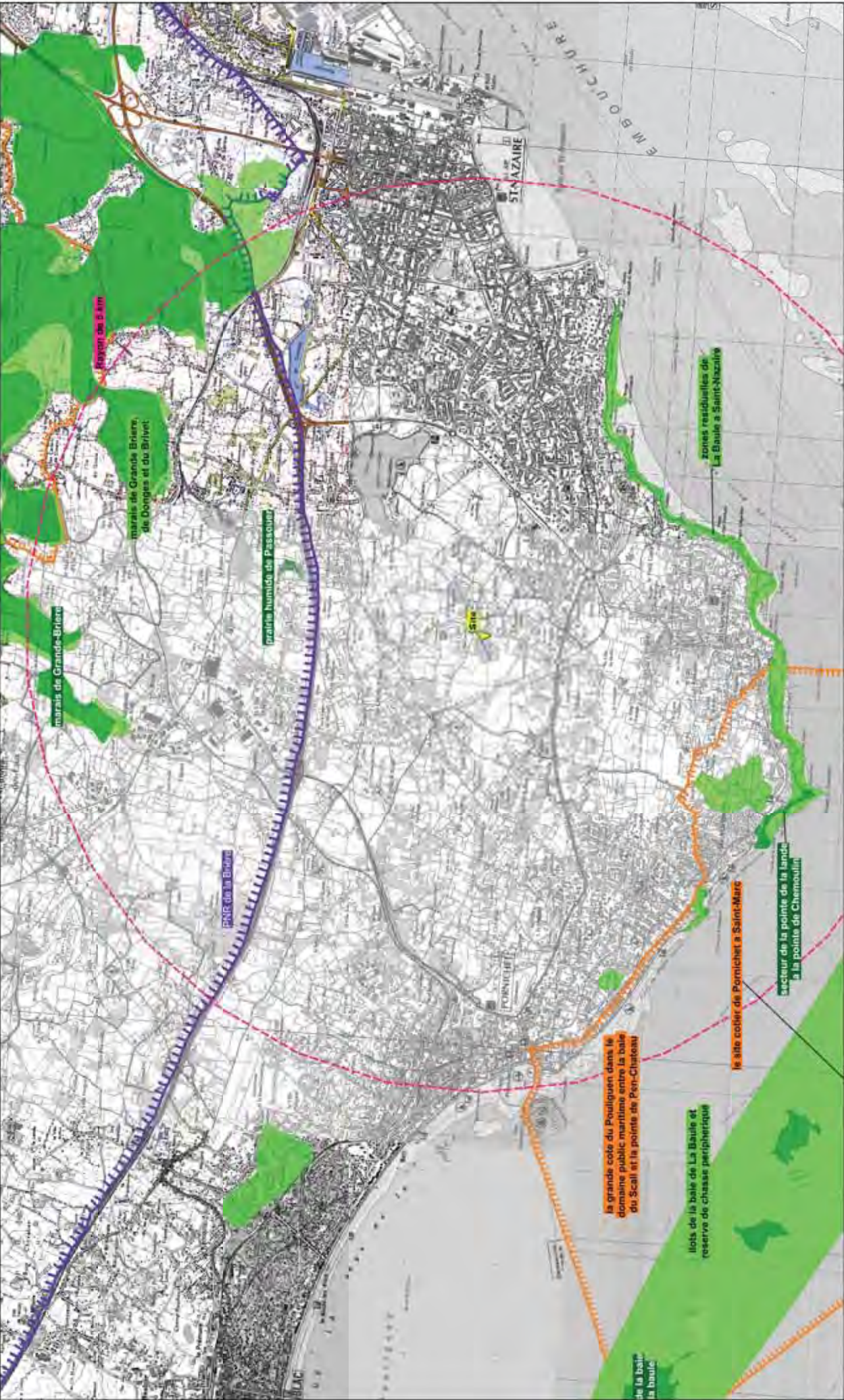
Lieu  
CRÉMATORIUM DE SAINT-NAZAIRE

Client  
OGF

Ech.	1/40 000	Format	A3
Date	JUILLET 2013		
Proj.	46312025		
Ref.	PAR-RAP-13-11261		
Dess.	AMA	Vérif.	BHI

FIGURE 2A





# ZONES D'INTÉRÊT ÉCOLOGIQUE À PROXIMITÉ DE LA ZONE D'ÉTUDE INVENTAIRES D'ESPACES NATURELS

Ech.	1/40 000	Format	A3
Date	JUILLET 2013		
Proj.	46312025		
Ref.	PAR-RAP-13-11261		
Dess.	AMA	Verif.	BHI
Client	OGF		



Sources: INPN  
CARMEN  
Date du téléchargement : juillet 2013  
Carres IGN 1022ET à 1023OT  
Rayon d'étude : 5 km

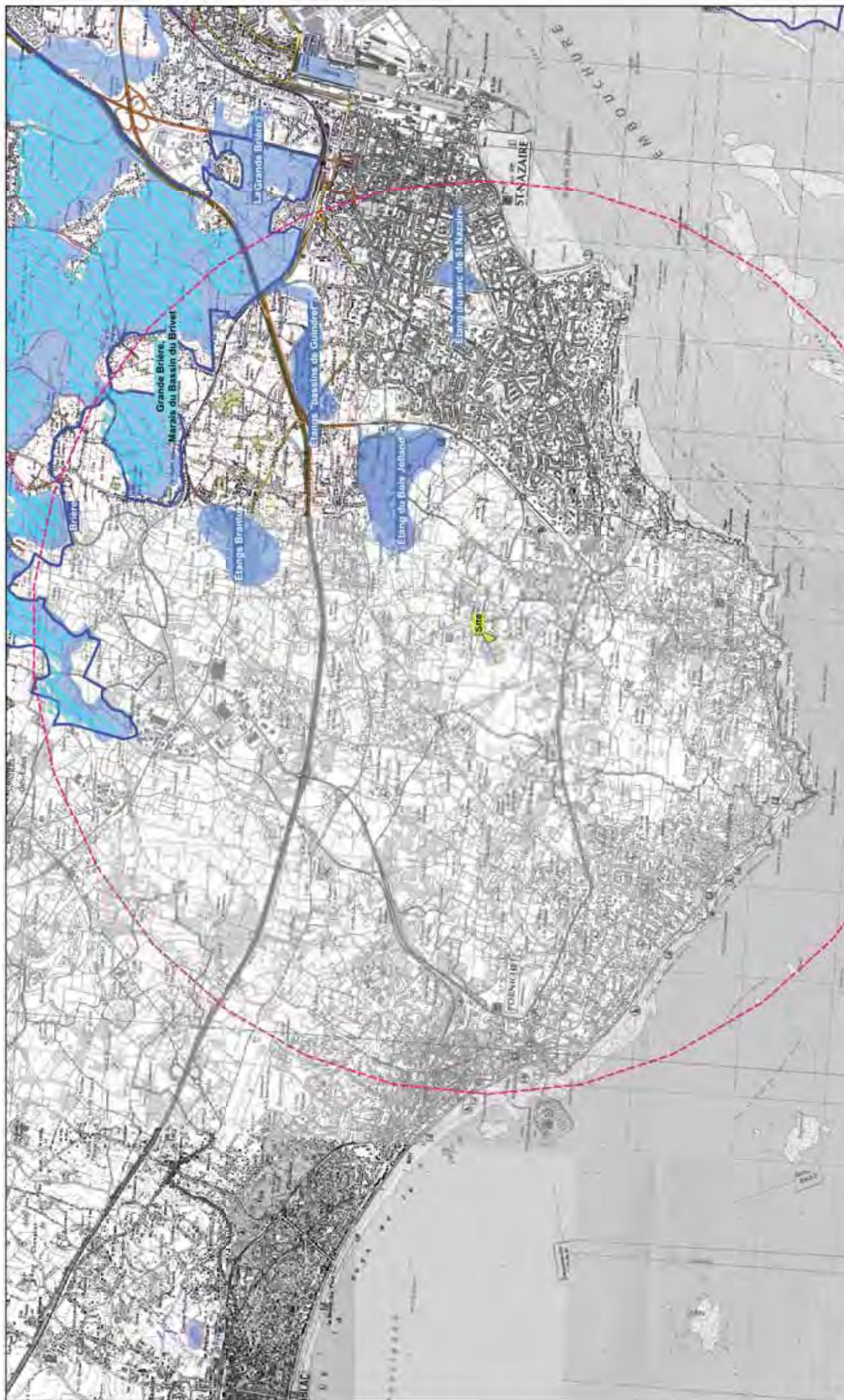
ZNIEFF type I

ZNIEFF type II

Parc Naturel Régional







Convention RAMSAR

- Zone humide d'importance nationale
- Inventaire départemental des zones humides (1996)
- Loire Atlantique

Sources: INPN  
CARMEN  
Date de téléchargement : Juillet 2013  
Cartes IGN 1022ET&1022OT  
Rayon d'étude : 5 km



Titre  
Lieu  
Client

ETUDE D'IMPACT RELATIVE A L'INSTALLATION  
D'UN SECOND FOUR DE CREMATION  
ET D'UNE LIGNE DE FILTRATION DOUBLE

CREMATORIUM DE SAINT-NAZAIRE

OGF

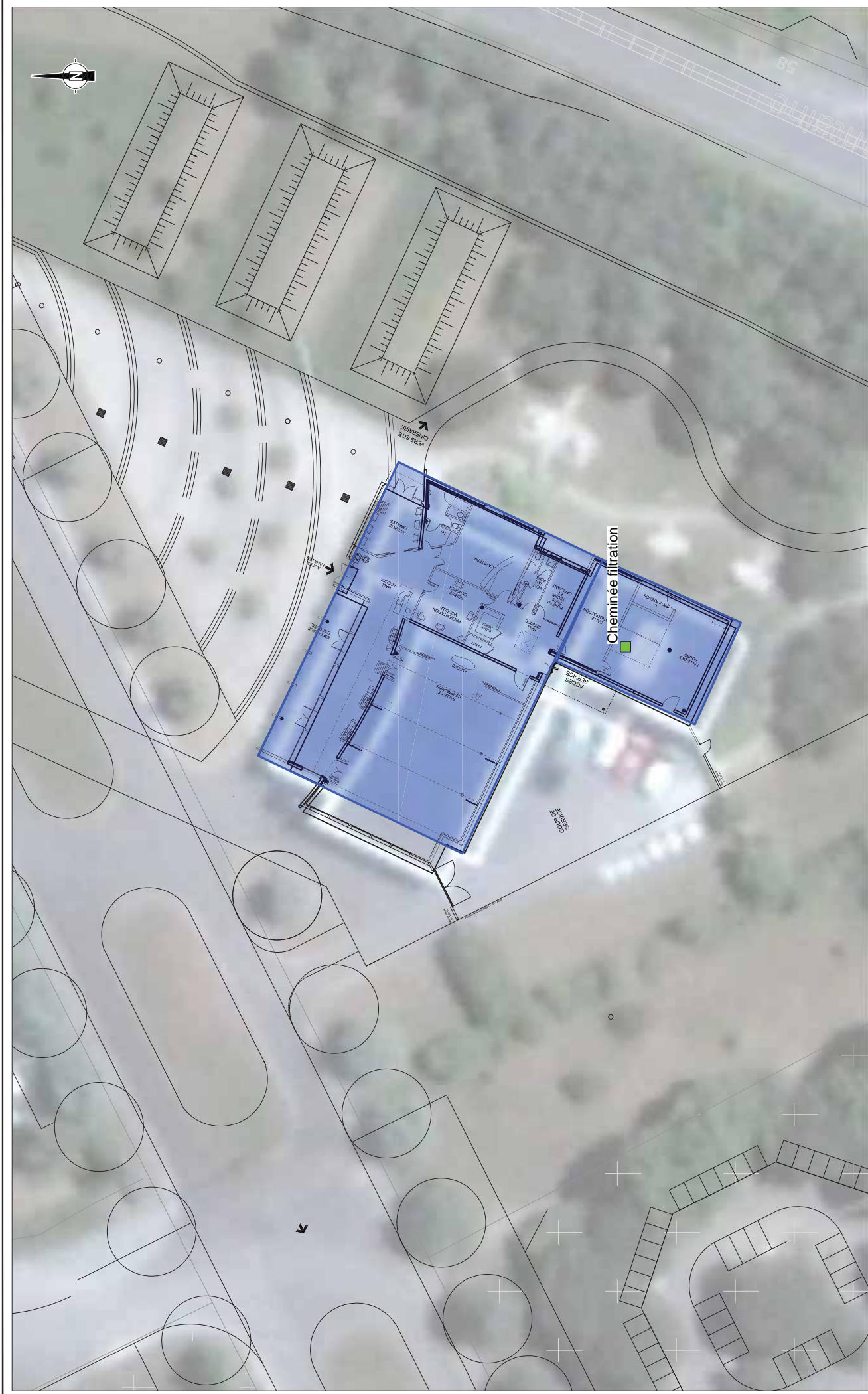
ZONES D'INTERET ECOLOGIQUE A PROXIMITE DE LA ZONE D'ETUDE  
ZONES A DOMINANTES HUMIDES

Ech. 1/40 000  
Date JUILLET 2013  
Projet 46312025  
Ref. PAR-RAP-13-11261  
Dess. AMA  
Vérif. BHI  
Format A3  
FIGURE 2C









**URS**  
URSS France  
Bureau D'Als En Provence  
Europarc De Pichery - BMA AG  
1330 Rue Guilbert De La Lauzière - BP 80430  
13591 Aix En Provence Cedex 3

**PLAN DU SITE**  
**ETUDE D'IMPACT RELATIVE A L'INSTALLATION**  
**D'UN SECOND FOUR DE CRÉMATIION ET D'UNE**  
**LIGNE DE FILTRATION DOUBLE**  
**CRÉMATORIUM DE SAINT-NAZAIRE**

Ech. **1/300** Format **A3**  
Date **JUILLET 2013**  
Proj. **46312025**  
Ref. **PAR-RAP-13-11261**  
Dess. **AMA** Verif. **BHI**

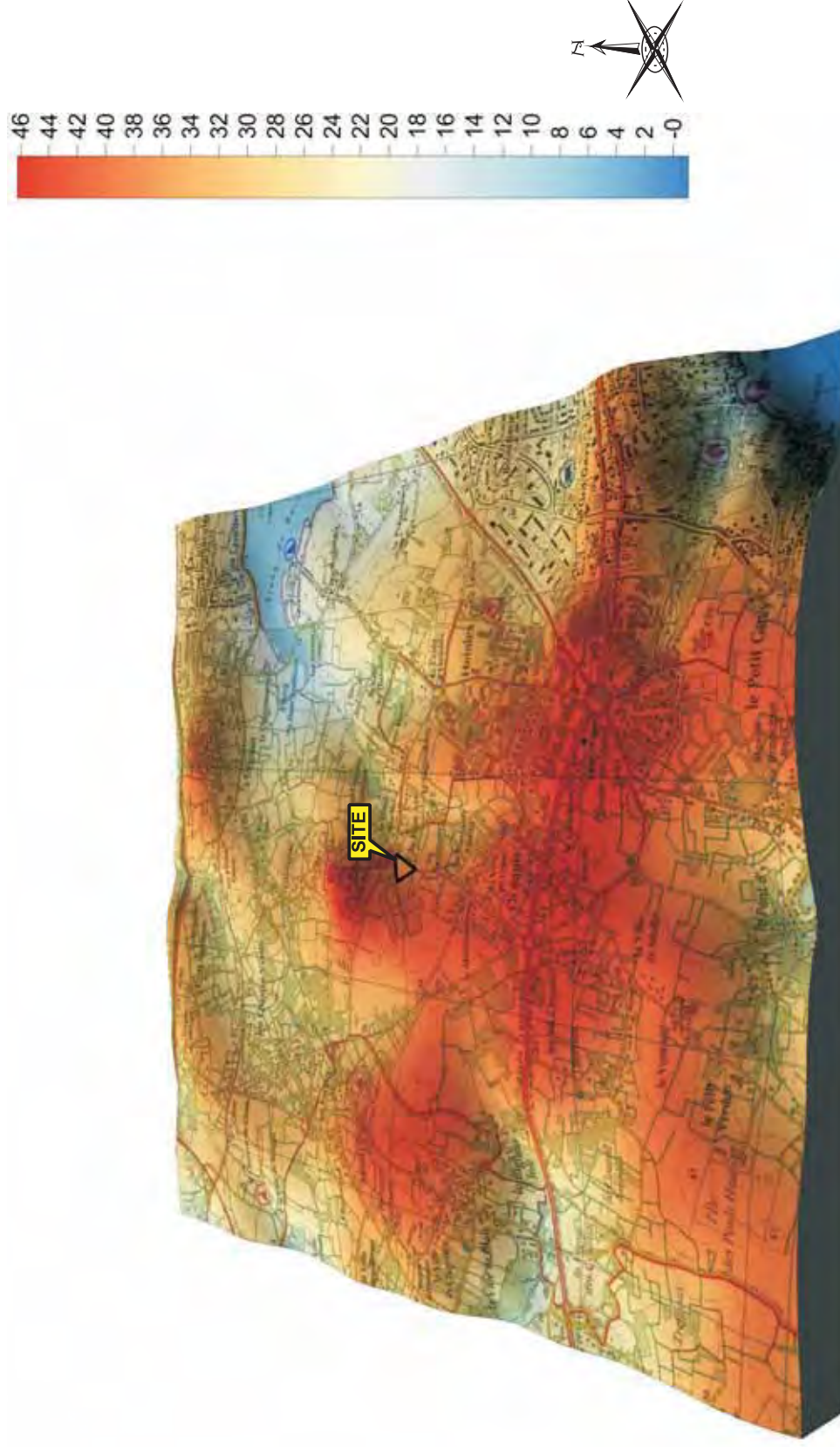
Titre  
Lieu  
Client

OGF

**FIGURE 4**

Cheminée  
Bâtiment considéré lors de la modélisation





## RELIEF DE LA ZONE D'ETUDE

Titre  
**ETUDE D'IMPACT RELATIVE À L'INSTALLATION  
D'UN SECOND FOUR DE CRÉMATION ET  
D'UNE LIGNE DE FILTRATION DOUBLE**

Lieu  
**SAINT-NAZAIRE**

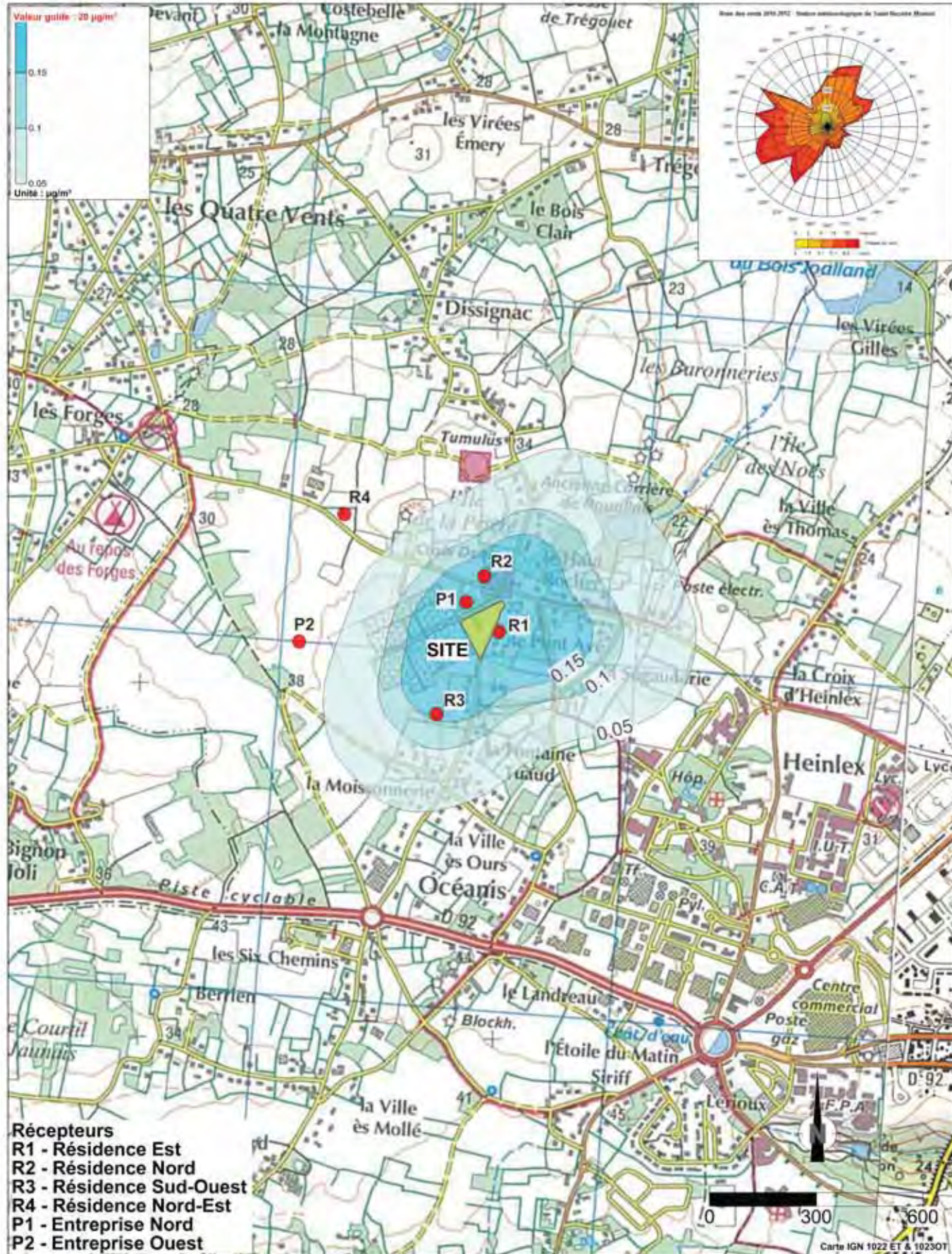
Client  
**OGF**

Ech.	Format	<b>A4</b>
Date	<b>JUILLET 2013</b>	
Proj.	<b>46312025</b>	
Ref.	<b>PAR-RAP-13-11261</b>	
Dess.	<b>AMA</b>	Vérif. <b>BHI</b>
<b>FIGURE 5</b>		

**URS**

URS France  
Bureau de Aix en Provence  
EUROPARC DE PICAURY - Bât. A5  
1330 RUE GUILBERT DE LA LAUZIERE  
BP 80430  
13591 AIX EN PROVENCE CEDEX 3





**URS**

URS France  
Bureau d'Alsace en Provence  
EUROPARC DE PICHAY - 836 AS  
1300 RUE GILBERT DE LA LAUDIERE  
BP 10400  
13091 AIX EN PROVENCE CEDEX 8

**ETUDE D'IMPACT RELATIVE À L'INSTALLATION  
D'UN SECOND FOUR DE CRÉMATION ET  
D'UNE LIGNE DE FILTRATION DOUBLE**

**CRÉMATORIUM DE SAINT-NAZAIRE**

Cliant

OGF

Ech. 1/15000 Format A4

Date JUILLET 2013

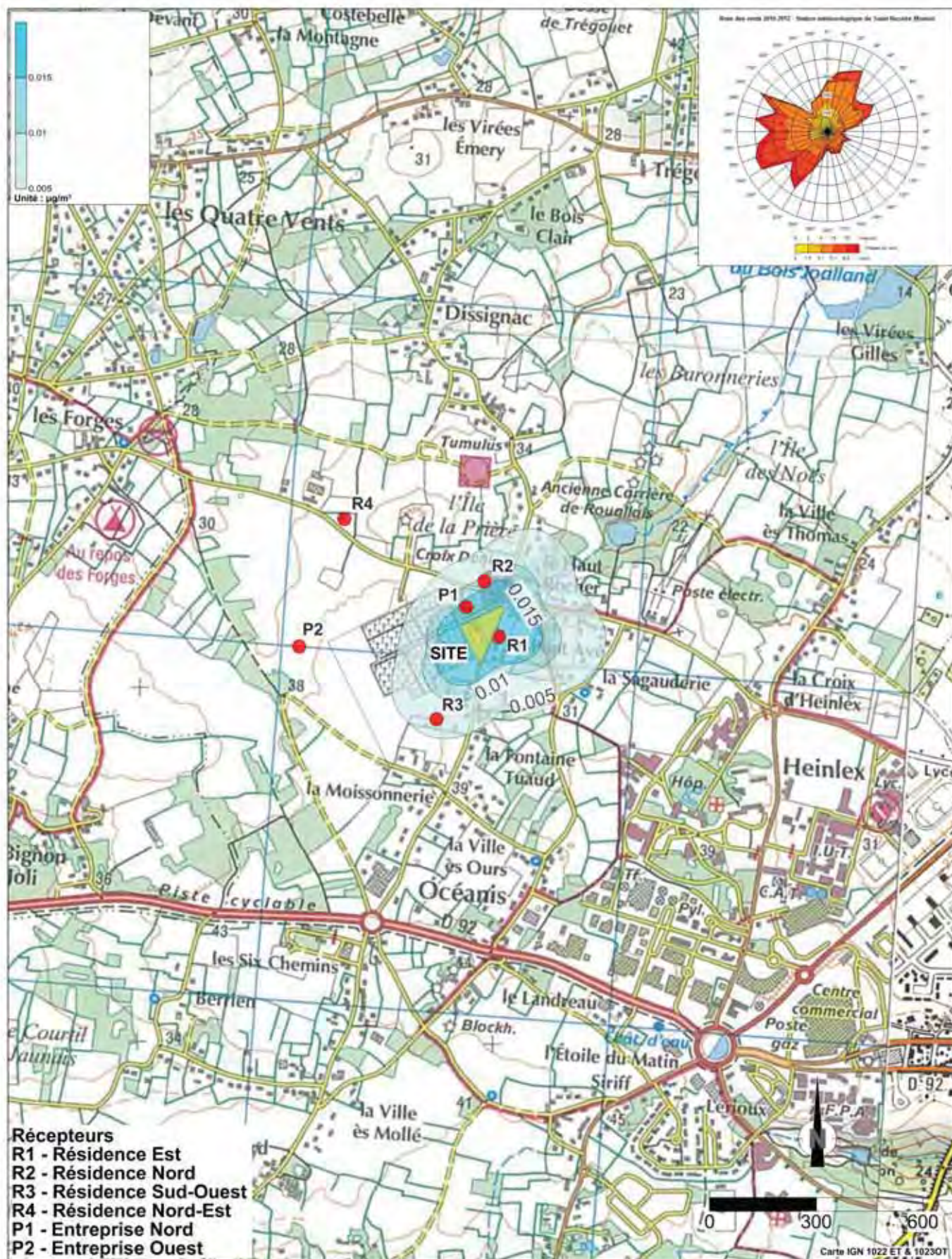
Proj. 46312025

Ref. PAR-RAP-13-11261

Dess. AMA Vérif. BHI

**FIGURE 6**





**URS**

URS France  
Bureau d'Aix en Provence  
EUROPARC DE PIGNAURY - Bât. A5  
1300 RUE GILBERT DE LA LAUDÈRE  
BP 18400  
13081 AIX EN PROVENCE CEDEX 8

**ETUDE D'IMPACT RELATIVE À L'INSTALLATION  
D'UN SECOND FOUR DE CRÉMATIION ET  
D'UNE LIGNE DE FILTRATION DOUBLE**

**CRÉMATORIUM DE SAINT-NAZAIRE**

Cliant **OGF**

Ech. **1/15000** Format **A4**

Date **JUILLET 2013**

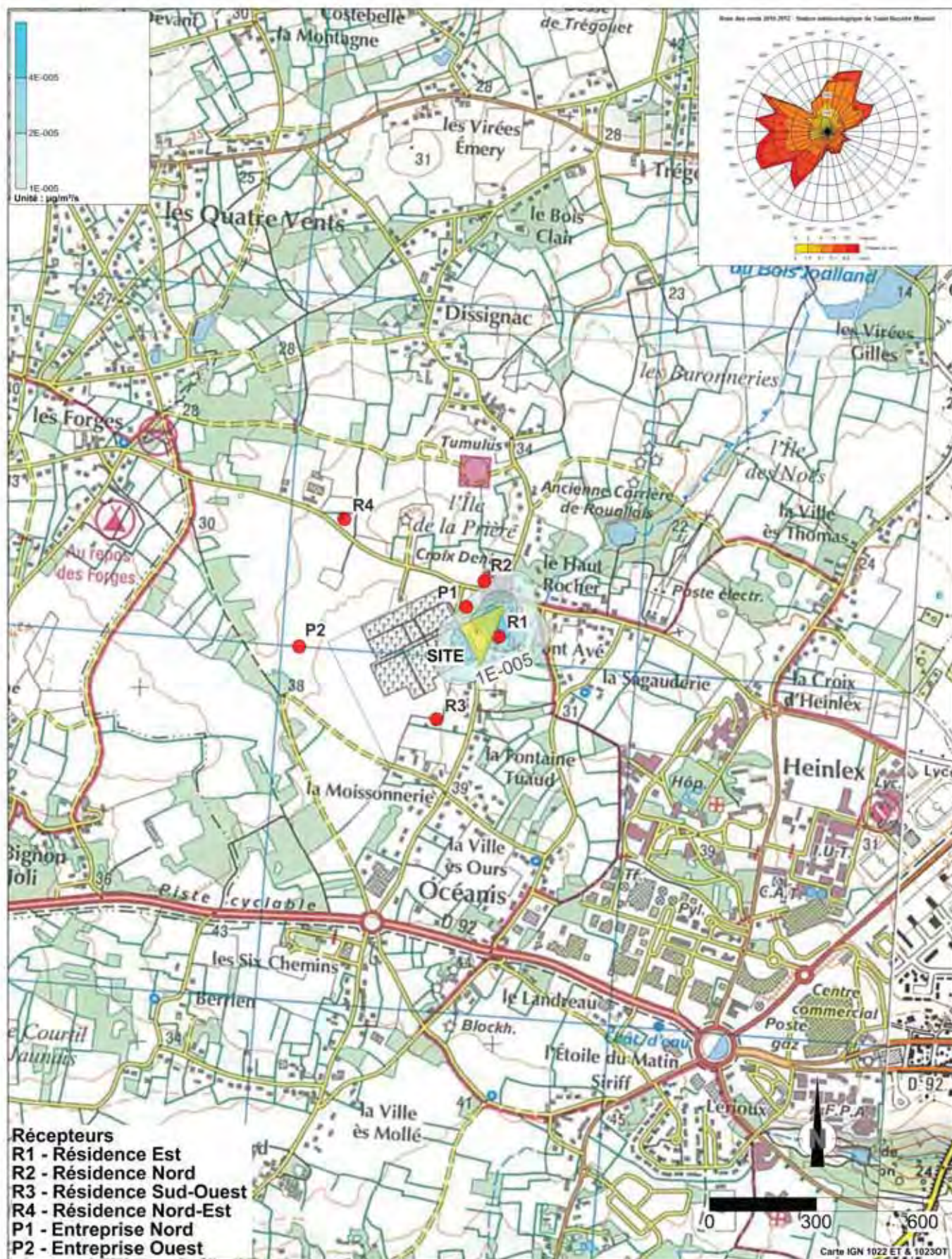
Proj. **46312025**

Ref. **PAR-RAP-13-11261**

Dess. **AMA** Vérif. **BHI**

**FIGURE 7**





ISOCONTOURS DES DÉPÔTS MOYENS ANNUELS EN MERCURE

 URS France Bureau d'Accueil EUROPARC DE PICHAY - 836 AS 1300 RUE GILBERT DE LA LAUDÈRE BP 18400 13081 AIX EN PROVENCE CEDEX 8	<b>ETUDE D'IMPACT RELATIVE À L'INSTALLATION          D'UN SECOND FOUR DE CRÉMATIION ET          D'UNE LIGNE DE FILTRATION DOUBLE</b>  <b>CRÉMATORIUM DE SAINT-NAZAIRE</b>  <b>OGF</b>	Ech. 1/15000      Format <b>A4</b> Date. <b>JUILLET 2013</b> Proj. <b>46312025</b> Ref. <b>PAR-RAP-13-11261</b> Dess. <b>AMA</b> Vérif. <b>BHI</b>

FIGURE 8



# TABLEAUX

# OGF

Etude d'impact relative à l'installation d'un second four de crémation et d'une ligne de filtration double au sein du crématorium de Saint-Nazaire

**Tableau A : Données climatologiques (statistiques et records)**

Paramètres	Statistiques 1981-2010 et records (30 ans) Station de Saint-Nazaire - Montoir
<b>TEMPERATURES</b>	
Température moyenne annuelle	12,4 °C
Mois le(s) plus froid(s)	Janvier (6,3 °C en moyenne)
Mois le(s) plus chaud(s)	Juillet (19,2 °C en moyenne)
Nombre de jours sur l'année pendant lesquels la température minimale est inférieure à 0 °C	32 jours
Nombre de jours sur l'année pendant lesquels la température maximale est supérieure à 25 °C	39 jours
Record : Température minimale absolue	-13,8 °C le 16 janvier 1985
Record : Température maximale absolue	38,4 °C le 9 août 2003
<b>PRECIPITATIONS</b>	
Nombre de jours de pluie par an	113 jours (en moyenne)
Pourcentage annuel des échéances pluvieuses	31%
Mois le(s) plus pluvieux	Décembre (12,6 jours de pluie en moyenne)
Hauteur moyenne annuelle des précipitations	774,4 mm
Hauteur moyenne mensuelle des précipitations	64,5 mm
Mois avec les précipitations les plus élevées	Octobre (94,1 mm en moyenne)
Mois avec les précipitations les plus basses	Août (34,5 mm en moyenne)
<b>PHENOMENES LOCAUX</b>	
Nombres de jours moyens annuels avec du brouillard	Données non disponibles
Nombres de jours moyens annuels avec de la grêle	
Nombres de jours moyens annuels avec de la neige	
Nombres de jours moyens annuels avec des orages	

Source : Météo France - Fiche climatologique de la station de Saint-Nazaire - Montoir (44)

Tableau B : Données de surveillance de la qualité de l'air de Saint-Nazaire

Polluant			Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	Monoxyde d'azote (NO)	Oxydes d'azote (NOx)	Particules PM <sub>10</sub>	Particules PM <sub>2,5</sub>	Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )
Concentrations moyennes annuelles mesurées au niveaux des stations de mesures (µg/m <sup>3</sup> )	Saint-Nazaire - Blum	2010	14	4	20	27	13	-
		2011	12	2	16	23	13	-
		2012	10	4	16	23	12	-
	Saint-Nazaire - Parc paysager	2010	16	3	21	-	-	3
		2011	12	2	16	-	-	2
		2012	12	3	17	-	-	1
Objectif de qualité <sup>(2)</sup> (µg/m <sup>3</sup> )		40	-	-	30	10	50	

Source : Mesures de la qualité de l'Air dans les Pays de la Loire disponibles sur le site <http://www.airpl.org/>

<sup>(1)</sup> Stations automatiques horaires.

<sup>(2)</sup> Valeurs définies par la réglementation française correspondant à une qualité de l'air jugée acceptable.

- : donnée non disponible.

PM<sub>10</sub> : poussières d'un diamètre inférieur ou égal à 10 µm.

PM<sub>2,5</sub> : poussières d'un diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm.



## OGF

Etude d'impact relative à l'installation d'un second four de crémation et d'une ligne de filtration double au sein du crématorium de Saint-Nazaire

**Tableau C : Emissions des fours de crémation pour les paramètres réglementés**

Composé	Valeur limite d'émission <sup>(1)</sup> (mg/Nm <sup>3</sup> sur gaz sec, à 11% d'O <sub>2</sub> )	Taux de dioxygène "réel" en sortie de cheminée, sur gaz sec <sup>(2)</sup>	Concentration limite au niveau de la cheminée <sup>(3)</sup> (mg/Nm <sup>3</sup> sur gaz sec)	Flux limite d'émission en sortie de cheminée <sup>(4)</sup> (kg/an)
Oxydes d'azote <sup>(5)</sup> (NO <sub>x</sub> )	500	15%	300	1 685
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	120		72	404
Poussières	10		6	34
Monoxyde de carbone (CO)	50		30	168
Composés organiques <sup>(6)</sup>	20		12	67
Dioxines et furanes <sup>(7)</sup>	1,0E-07		6,00E-08	3,4E-07
Acide chlorhydrique (HCl)	30		18	101
Mercure (Hg)	0,2		0,12	0,67

<sup>(1)</sup> Valeurs limites d'après l'Annexe I de l'arrêté du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de la cheminée des crématoriums et aux quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère.

<sup>(2)</sup> Taux moyen d'oxygène en sortie, sur gaz sec, estimé par le constructeur de four.

<sup>(3)</sup> Concentration calculée à partir de la valeur limite réglementaire et ajustée au taux de dioxygène "réel", selon la formule :

$$C_R = [(21 - O_R) / (21 - 11)] \times C_S$$

Avec :

C<sub>R</sub> = Concentration "réelle", c'est-à-dire ramenée à un taux de dioxygène "réel"

O<sub>R</sub> = taux (en %) de dioxygène "réel" x 100

C<sub>S</sub> = valeur limite réglementaire (à un taux standard de 11% d'O<sub>2</sub>)

<sup>(4)</sup> Flux d'émission calculé pour les 2 fours sur la base du temps de fonctionnement de 1 404 heures (par four) et d'un débit des fumées de 4 000 Nm<sup>3</sup>/h sur gaz sec (débit en sortie de filtration, considérant le fonctionnement de 2 fours). Le temps de fonctionnement est calculé en considérant le fonctionnement simultané des deux fours, sur la base de la durée maximale réglementaire de crémation (90 minutes) et d'une estimation de 6 crémations par jour durant 312 jours au maximum (les crémations sont réparties sur les 2 fours).

<sup>(5)</sup> Exprimés en équivalent dioxyde d'azote.

<sup>(6)</sup> Exprimés en équivalent carbone.

<sup>(7)</sup> Pour les dioxines et furanes, les concentrations sont données en mg I-TEQ/Nm<sup>3</sup> (International Toxic Equivalent Quantity).

## OGF

Etude d'impact relative à l'installation d'un second four de crémation et d'une ligne de filtration double au sein du crématorium de Saint-Nazaire

**Tableau D : Emissions des fours de crémation pour les paramètres non réglementés**

Composé	Concentration ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sur gaz humide)		Flux d'émission en sortie de cheminée <sup>(3)</sup> (kg/an)
	Campagne 1 <sup>(1)</sup>	Campagne 2 <sup>(2)</sup>	
Antimoine	<b>18,7</b>	-	0,11
Arsenic	0,7	<b>9,4</b>	0,05
Cadmium	6,0	<b>10,8</b>	0,06
Chrome total	<b>30,0</b>	-	0,18
Cobalt	<b>5,6</b>	-	0,03
Nickel	1,0	<b>12,1</b>	0,07
Plomb	<b>109,1</b>	-	0,64
Sélénium	<b>0,6</b>	-	0,004
Vanadium	<b>0,3</b>	-	0,002

Les valeurs **en gras** sont celles retenues dans le cadre de l'étude.

<sup>(1)</sup> Données provenant de la campagne de mesures réalisée en octobre 2003 sur les installations du crématorium de Montfermeil (93) par le CETIAT.

Concernant l'arsenic, le cadmium, le cobalt, le sélénium et le vanadium, les résultats de cette campagne de mesures tiennent compte des seuils de détection : lorsqu'un composé est détecté soit sous sa forme particulaire, soit sous sa forme gazeuse, la valeur du seuil de détection de l'autre forme est ajoutée à la concentration mesurée.

<sup>(2)</sup> Données provenant des campagnes de mesures réalisées en 2005 sur 10 crématoriums français. Les valeurs mentionnées correspondent aux moyennes géométriques des résultats de mesures.

(Source : Rapport "Evaluation des Risques Sanitaires liés aux émissions atmosphériques canalisées du parc français de crématoriums", Vincent Nedelec Consultants, décembre 2005).

<sup>(3)</sup> Flux d'émission calculé pour les 2 fours sur la base du temps de fonctionnement de 1 404 heures (par four) et d'un débit des fumées de  $4\,167\,\text{Nm}^3/\text{h}$  sur gaz humides (débit en sortie de filtration, considérant le fonctionnement de 2 fours). Le temps de fonctionnement est calculé en considérant le fonctionnement simultané des deux fours, sur la base de la durée maximale réglementaire de crémation (90 minutes) et d'une estimation de 6 crémations par jour durant 312 jours au maximum (les crémations sont réparties sur les 2 fours).

## OGF

Etude d'impact relative à l'installation d'un second four de crémation et d'une ligne de filtration double au sein  
du crématorium de Saint-Nazaire

**Tableau E : Paramètres d'entrée du modèle de dispersion atmosphérique (ADMS)**

Paramètre	Unité	Cheminée de filtration
Température <sup>(1)</sup>	°C	125
Vitesse d'éjection sur gaz humides <sup>(2)</sup>	m/s	17,5
Diamètre	m	0,35
Hauteur	m	9,8
<b>Flux des composés émis</b>		
NO <sub>x</sub> (assimilés à du dioxyde d'azote)	g/s	5,34E-02
Dioxyde de soufre	g/s	1,28E-02
Poussières totales (considérées comme des PM <sub>10</sub> )	g/s	1,07E-03
COV totaux	g/s	2,14E-03
Dioxines et furanes (assimilés à la 2,3,7,8-TCDD)	g/s	1,07E-11
Acide chlorhydrique	g/s	3,21E-03
Mercuré	g/s	2,14E-05
Antimoine	g/s	3,47E-06
Arsenic	g/s	1,74E-06
Cadmium	g/s	2,00E-06
Chrome total (assimilé à du chrome III)	g/s	5,57E-06
Cobalt	g/s	1,04E-06
Nickel	g/s	2,24E-06
Plomb	g/s	2,02E-05
Sélénium	g/s	1,11E-07
Vanadium	g/s	5,57E-08

**COV** : Composés Organiques Volatils

**NO<sub>x</sub>** : Oxydes d'azote

**PM<sub>10</sub>** : poussières d'un diamètre inférieur ou égal à 10 µm

**TCDD** : TétraChloroDibenzo-p-Dioxine

<sup>(1)</sup> Valeur moyenne fournie par le constructeur du four.

<sup>(2)</sup> La vitesse d'éjection est calculée à partir du débit réel d'extraction des fumées (sur gaz humides) selon la formule :

$$V \text{ [m/s]} = Q \text{ [m}^3\text{/s]} / S \text{ [m}^2\text{]}$$

Avec : V = vitesse, Q = débit réel (6 073,4 m<sup>3</sup>/h), S = surface de la conduite ( $\pi \times d^2 / 4$ )

**Tableau F : Calculs de risques pour une exposition chronique par inhalation****1 - Concentrations moyennes au niveau des récepteurs**

Composé	Concentration moyenne annuelle modélisée dans l'air ambiant ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
	R1	R2	R3	R4	P1	P2
Oxydes d'azote <sup>(1)</sup>	<b>1,81E+00</b>	2,97E-01	1,66E-01	2,73E-02	4,87E-01	3,38E-02
Dioxyde de soufre	<b>4,35E-01</b>	7,14E-02	3,98E-02	6,55E-03	1,17E-01	8,11E-03
Poussières totales <sup>(2)</sup>	<b>2,76E-02</b>	4,48E-03	2,42E-03	3,89E-04	7,58E-03	4,69E-04
COV totaux <sup>(3)</sup>	<b>7,85E-02</b>	1,29E-02	7,19E-03	1,18E-03	2,11E-02	1,46E-03
Dioxines et furanes <sup>(4)</sup>	<b>2,76E-10</b>	4,48E-11	2,42E-11	3,89E-12	7,58E-11	4,69E-12
Acide chlorhydrique	<b>1,09E-01</b>	1,78E-02	9,96E-03	1,64E-03	2,92E-02	2,03E-03
Mercur	<b>5,52E-04</b>	8,96E-05	4,85E-05	7,78E-06	1,52E-04	9,38E-06
Antimoine	<b>8,96E-05</b>	1,45E-05	7,87E-06	1,26E-06	2,46E-05	1,52E-06
Arsenic	<b>4,50E-05</b>	7,31E-06	3,96E-06	6,34E-07	1,24E-05	7,65E-07
Cadmium	<b>5,17E-05</b>	8,40E-06	4,55E-06	7,29E-07	1,42E-05	8,79E-07
Chrome total <sup>(5)</sup>	<b>1,44E-04</b>	2,33E-05	1,26E-05	2,02E-06	3,95E-05	2,44E-06
Cobalt	<b>2,68E-05</b>	4,35E-06	2,36E-06	3,78E-07	7,37E-06	4,56E-07
Nickel	<b>5,80E-05</b>	9,41E-06	5,09E-06	8,17E-07	1,59E-05	9,85E-07
Plomb	<b>5,23E-04</b>	8,48E-05	4,59E-05	7,36E-06	1,44E-04	8,88E-06
Sélénium	<b>2,87E-06</b>	4,66E-07	2,53E-07	4,05E-08	7,90E-07	4,89E-08
Vanadium	<b>1,44E-06</b>	2,33E-07	1,26E-07	2,02E-08	3,95E-07	2,44E-08

**2 - Niveaux de risques pour les effets à seuil**

Composé	VTR - CAA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Indice de Risque					
		R1	R2	R3	R4	P1	P2
Oxydes d'azote <sup>(1)</sup>	20	<b>9,05E-02</b>	1,49E-02	8,30E-03	1,36E-03	4,89E-03	3,39E-04
Dioxyde de soufre	50	<b>8,69E-03</b>	1,43E-03	7,97E-04	1,31E-04	4,70E-04	3,26E-05
Poussières totales <sup>(2)</sup>	20	<b>1,38E-03</b>	2,24E-04	1,21E-04	1,94E-05	7,62E-05	4,71E-06
COV totaux <sup>(3)</sup>	9,6	<b>8,20E-03</b>	1,35E-03	7,52E-04	1,24E-04	4,43E-04	3,07E-05
Dioxines et furanes <sup>(4)</sup>	4,0E-05	<b>6,90E-06</b>	1,12E-06	6,06E-07	9,72E-08	3,81E-07	2,36E-08
Acide chlorhydrique	20	<b>5,43E-03</b>	8,92E-04	4,98E-04	8,18E-05	2,93E-04	2,04E-05
Mercur	0,30	<b>1,84E-03</b>	2,99E-04	1,62E-04	2,59E-05	1,02E-04	6,28E-06
Antimoine	1,4	<b>6,40E-05</b>	1,04E-05	5,62E-06	9,02E-07	3,53E-06	2,19E-07
Arsenic	1,0	<b>4,50E-05</b>	7,31E-06	3,96E-06	6,34E-07	2,49E-06	1,54E-07
Cadmium	0,30	<b>1,72E-04</b>	2,80E-05	1,52E-05	2,43E-06	9,52E-06	5,89E-07
Chrome total <sup>(5)</sup>	6,0	<b>2,40E-05</b>	3,89E-06	2,11E-06	3,37E-07	1,32E-06	8,18E-08
Cobalt	0,10	<b>2,68E-04</b>	4,35E-05	2,36E-05	3,78E-06	1,48E-05	9,16E-07
Nickel	0,09	<b>6,44E-04</b>	1,05E-04	5,66E-05	9,07E-06	3,56E-05	2,20E-06
Plomb	0,50	<b>1,05E-03</b>	1,70E-04	9,19E-05	1,47E-05	5,77E-05	3,57E-06
Sélénium	20	<b>1,44E-07</b>	2,33E-08	1,26E-08	2,02E-09	7,94E-09	4,91E-10
Vanadium	0,10	<b>1,44E-05</b>	2,33E-06	1,26E-06	2,02E-07	7,94E-07	4,91E-08
<b>Total</b>		<b>1,18E-01</b>	1,94E-02	1,08E-02	1,78E-03	6,40E-03	4,42E-04
Total sans considération des NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> et PM <sub>10</sub>		<b>1,78E-02</b>	2,91E-03	1,61E-03	2,64E-04	9,64E-04	6,52E-05
Valeur de référence		1					

**3 - Niveaux de risques pour les effets sans seuil**

Composé	VTR - ERU <sub>i</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	Excès de Risque Individuel					
		R1	R2	R3	R4	P1	P2
COV totaux <sup>(3)</sup>	6,00E-06	<b>2,02E-07</b>	3,31E-08	1,85E-08	3,04E-09	1,09E-08	7,56E-10
Arsenic	4,30E-03	<b>8,30E-08</b>	1,35E-08	7,29E-09	1,17E-09	4,58E-09	2,83E-10
Nickel	2,40E-04	<b>5,96E-09</b>	9,68E-10	5,24E-10	8,40E-11	3,29E-10	2,04E-11
<b>Total</b>		<b>2,91E-07</b>	4,76E-08	2,63E-08	4,29E-09	1,58E-08	1,06E-09
Valeur de référence		1,0E-05					

Récepteurs correspondant à des résidents vivant à proximité du site

Récepteurs correspondant à des employés travaillant à proximité du site

Les valeurs écrites en gras correspondent à celles du récepteur le plus exposé.

CAA : Concentration Admissible dans l'Air

COV : Composés Organiques Volatils

ERU<sub>i</sub> : Excès de Risque Unitaire pour l'Inhalation

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

<sup>(1)</sup> Les oxydes d'azote sont assimilés à du dioxyde d'azote.<sup>(2)</sup> Les poussières totales sont assimilées à des particules de diamètre inférieur ou égal à 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>).<sup>(3)</sup> Les composés organiques volatils sont assimilés à du benzène.<sup>(4)</sup> Les dioxines et furanes sont assimilés à la 2,3,7,8-TCDD.<sup>(5)</sup> Le chrome total a été assimilé à du chrome III.

Tableau G - Concentrations maximales modélisées dans les sols

Composé	Numéro CAS	Récepteur le plus exposé (R1 - Résidence Est)		Gamme de valeurs ordinaires <sup>(3)</sup>  mg/kg MS
		Dépôt au sol <sup>(1)</sup>  µg/m²/s	Apport (en concentration) dans les sols <sup>(2)</sup>  mg/kg MS	
Dioxines et furanes	1746-01-6	3,08E-11	2,8E-07	[0,02.10 <sup>-6</sup> - 1.10 <sup>-6</sup> ]
Mercure	7439-97-6	6,16E-05	0,13	[0,03 - 0,15]
Antimoine	7440-36-0	1,00E-05	0,28	< 1
Arsenic	7440-38-2	5,03E-06	0,006	[1 - 25]
Cadmium	7440-43-9	5,78E-06	0,05	[0,05 - 0,45]
Chrome total	7440-47-3	1,60E-05	0,01	[10 - 90]
Cobalt	7440-48-4	3,00E-06	0,006	[2 - 23]
Nickel	7440-02-0	6,47E-06	0,01	[2 - 60]
Plomb	7439-92-1	5,84E-05	2,1	[9 - 50]
Sélénium	7782-49-2	3,21E-07	6,7E-05	[0,1 - 0,7]
Vanadium	7440-62-2	1,60E-07	7,7E-07	[< 5 - 500]

(1) Taux de déposition moyen annuel modélisé.  
(2) La concentration dans les sols est calculée à partir de la formule suivante :  
 $C_{sol-dépôt} = \frac{Dépôt_{atm}}{[(Depth_{sol} \times RHO_{sol} \times K) \times (1 - \theta_{sw})]}$   
Avec :  
Dépôt<sub>atm</sub> : dépôt atmosphérique en mg/m²/j  
Depth<sub>sol</sub> : profondeur de mélange du sol : 20 cm  
RHO<sub>sol</sub> : Masse volumique du sol humide : 1 700 kg/m³  
K : constante de dissipation du composé du premier ordre (an<sup>-1</sup>)  
θ<sub>sw</sub> : Teneur en eau du sol : 0,2

(3) Pour l'antimoine, la valeur indiquée est issue de la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS (2007) pour l'antimoine (concentration ubiquitaire dans les sols et sédiments). Pour le mercure, les valeurs indiquées sont issues de la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS (2010) pour le mercure et ses dérivés (concentrations ubiquitaires de mercure total dans les sols). Pour le vanadium, la gamme indiquée est issue de la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS (2009) pour le vanadium et ses composés (valeurs moyennées le plus souvent rencontrées dans les sols).  
Pour les autres métaux, les valeurs indiquées sont issues de l'INRA - Informations sur les éléments traces dans les sols en France - Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) - <http://etm.orleans.inra.fr/gammes3.htm>  
Pour les dioxines, la gamme indiquée est issue de la fiche toxicologique et environnementale de l'INERIS (2006) pour la 2,3,7,8 TCDD (concentration ubiquitaire dans les sols de 0,02 à 1 pg TEQ/g de sol avec TEQ<sub>(2,3,7,8 TCDD)</sub> = 1).

Tableau H : Concentrations atmosphériques modélisées et valeurs limites du Code de l'Environnement

Composé	Concentrations modélisées au niveau du récepteur le plus exposé <sup>(1)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Données disponibles sur la qualité de l'air de Saint-Nazaire <sup>(2)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valeurs limites réglementaires relatives à la qualité de l'air <sup>(3)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
			Objectif de qualité ou valeur cible annuelle	Valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine	Niveau critique annuel pour la protection de la végétation
Oxydes d'azote (dont le dioxyde d'azote)	1,8	17,7	-	-	30
Dioxyde d'azote	-	12,7	40	40	-
Dioxyde de soufre	0,4	2,0	50	-	20
Particules en suspension (PM <sub>10</sub> )	0,03	24,3	30	40	-
Composés Organiques Volatils (COV)	0,1	-	-	-	-
Benzène	0,1	-	2	5	-
Arsenic	0,00005	-	0,006*	-	-
Cadmium	0,00005	-	0,005*	-	-
Nickel	0,00006	-	0,02*	-	-
Plomb	0,0005	-	0,25	0,5	-

<sup>(1)</sup> Concentrations moyennes annuelles modélisées au niveau du récepteur le plus exposé : R1 (Résidence Est)<sup>(2)</sup> Concentrations moyennes mesurées sur la période 2010-2012 au niveau des stations de surveillance de la qualité de l'air de Saint-Nazaire<sup>(3)</sup> D'après l'article R. 221-1 du Code de l'Environnement\* Les valeurs limites en arsenic, cadmium et nickel correspondent à la teneur limite de ces éléments dans la fraction "PM<sub>10</sub>".

# ANNEXES



## **Annexe A :    Fiche climatologique de la station météorologique de Saint-Nazaire Montoir**



# FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981-2010 et records

**ST NAZAIRE-MONTOIR (44)**

Indicatif : 44103001, alt : 3m, lat : 47°18'48"N, lon : 02°09'12"W

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<b>Date</b>	<b>La température la plus élevée (°C)</b>												Records établis sur la période du 01-07-1957 au 02-06-2013
	16.8	19.8	23.5	27.5	30.8	37.2	36.2	38.4	32.8	28.0	20.3	16.9	<b>38.4</b>
	27-2003	28-1960	19-2005	22-1984	16-2002	26-1976	18-2006	09-2003	03-2005	01-2011	08-1988	07-2000	<b>2003</b>
<b>Date</b>	<b>Température maximale (moyenne en °C)</b>												
	9.3	9.9	12.8	15.2	18.8	22.3	24.4	24.5	21.8	17.4	12.7	9.7	<b>16.6</b>
<b>Date</b>	<b>Température moyenne (moyenne en °C)</b>												
	6.3	6.5	8.9	10.8	14.3	17.2	19.2	19.1	16.6	13.3	9.2	6.6	<b>12.4</b>
<b>Date</b>	<b>Température minimale (moyenne en °C)</b>												
	3.4	3.0	5.0	6.3	9.7	12.2	14.0	13.7	11.4	9.3	5.7	3.5	<b>8.1</b>
<b>Date</b>	<b>La température la plus basse (°C)</b>												Records établis sur la période du 01-07-1957 au 02-06-2013
	-13.8	-13.7	-9.4	-3.0	-0.9	2.0	6.5	4.7	1.1	-5.9	-7.9	-10.6	<b>-13.8</b>
	16-1985	10-1986	01-2005	11-1973	14-1995	02-1962	03-1968	31-1986	11-1972	30-1997	23-1988	28-1962	<b>1985</b>
<b>Date</b>	<b>Nombre moyen de jours avec</b>												
	<b>Tx &gt;= 30 °C</b>	.	.	.	0.1	1.3	3.6	2.7	0.8	.	.	.	<b>8.5</b>
	<b>Tx &gt;= 25 °C</b>	.	.	0.2	3.2	7.5	11.7	11.4	4.9	0.2	.	.	<b>39.2</b>
<b>Date</b>	<b>Tx &lt;= 0 °C</b>	1.0	0.2	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1	<b>1.3</b>
	<b>Tn &lt;= 0 °C</b>	8.1	7.6	3.0	0.7	0.1	.	.	.	0.6	4.1	8.0	<b>32.2</b>
	<b>Tn &lt;= -5 °C</b>	1.3	0.9	0.1	.	.	.	.	.	0.0	0.6	0.9	<b>3.8</b>
<b>Date</b>	<b>Tn &lt;= -10 °C</b>	0.2	0.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	<b>0.3</b>
	Tn : Température minimale, Tx : Température maximale												
<b>Date</b>	<b>La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)</b>												Records établis sur la période du 01-07-1957 au 02-06-2013
	35.7	32.4	42.4	31.9	41.6	52.7	53.6	47.2	60.0	50.0	61.8	36.7	<b>61.8</b>
	02-1961	02-1994	01-2002	09-1983	12-1981	24-1960	17-1973	26-1972	19-2009	22-1999	13-2010	15-2011	<b>2010</b>
<b>Date</b>	<b>Hauteur de précipitations (moyenne en mm)</b>												
	81.5	64.3	56.2	56.8	65.8	38.9	39.6	34.5	68.3	94.1	85.2	89.2	<b>774.4</b>
<b>Date</b>	<b>Nombre moyen de jours avec</b>												
	<b>Rr &gt;= 1 mm</b>	12.0	9.4	9.7	9.4	9.6	6.9	6.5	5.9	7.9	11.9	11.7	<b>113.4</b>
	<b>Rr &gt;= 5 mm</b>	5.7	4.9	3.6	4.2	4.7	2.5	2.2	4.4	5.7	6.1	6.3	<b>52.5</b>
<b>Date</b>	<b>Rr &gt;= 10 mm</b>	2.3	2.0	1.6	1.5	2.0	0.9	1.1	0.8	2.4	2.9	2.7	<b>23.0</b>
	Rr : Hauteur quotidienne de précipitations												



# FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981–2010 et records

**ST NAZAIRE–MONTOR (44)**

Indicatif : 44103001, alt : 3m, lat : 47°18'48"N, lon : 02°09'12"W

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
<b>Degrés Jours Unifiés</b> (moyenne en °C)													
	361.6	325.2	282.2	216.5	121.2	48.3	15.6	15.6	57.9	146.1	264.0	352.6	<b>2206.8</b>
<b>Rayonnement global</b> (moyenne en J/cm²) Données non disponibles													
<b>Durée d'insolation</b> (moyenne en heures) <span>Statistiques établies sur la période 1991–2009</span>													
	72.6	102.1	150.8	173.4	206.8	237.4	236.4	232.2	198.9	128.8	90.4	71.7	<b>1901.6</b>
<b>Nombre moyen de jours avec fraction d'insolation</b> <span>Statistiques établies sur la période 1991–2009</span>													
= 0 %	9.2	4.9	3.9	2.6	1.9	0.8	0.9	0.8	1.2	3.6	6.3	9.3	<b>45.3</b>
<= 20 %	17.2	11.8	11.1	8.4	8.0	6.2	6.5	5.3	6.6	11.9	14.3	17.3	<b>124.7</b>
>= 80 %	2.2	3.8	5.6	4.8	5.3	6.5	5.9	7.4	8.6	4.6	3.4	3.3	<b>61.3</b>
<b>Evapotranspiration potentielle</b> (ETP Penman moyenne en mm)													
	12.3	20.9	51.1	77.3	110.0	129.9	135.3	120.3	77.0	39.2	15.0	10.7	<b>799.0</b>
<b>La rafale maximale de vent</b> (m/s) <span>Records établis sur la période du 01-01-1981 au 02-06-2013</span>													
	34	39	31	30	28	25	26	28	34	33	32	37	<b>39</b>
Date	13-1998	03-1990	24-1986	18-2004	21-1994	01-1997	28-1985	30-1992	13-1993	15-1987	19-1996	26-1999	<b>1990</b>
<b>Vitesse du vent moyenné sur 10 mn</b> (moyenne en m/s)													
	4.8	4.6	4.6	4.6	4.3	4.0	4.0	3.8	3.9	4.3	4.2	4.6	<b>4.3</b>
<b>Nombre moyen de jours avec rafales</b>													
>= 16 m/s	8.4	7.2	7.1	5.6	4.4	2.7	2.1	2.2	3.1	6.3	5.8	8.0	<b>62.8</b>
>= 28 m/s	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0	.	.	0.0	0.1	0.3	0.2	0.2	<b>1.8</b>
16 m/s = 58 km/h, 28 m/s = 100 km/h													
<b>Nombre moyen de jours avec brouillard / orage / grêle / neige</b> Données non disponibles													

- : donnée manquante

. : donnée égale à 0

Ces statistiques sont établies sur la période 1981–2010 sauf pour les paramètres suivants : insolation (1991–2009), ETP (2001–2010).

## **Annexe B : Définition des différentes zones d'intérêt écologique et fiches descriptives des zones Natura 2000 à proximité de la zone d'étude**

## DEFINITIONS DES ZONES D'INTERET ECOLOGIQUE A PROXIMITE DE LA ZONE D'ETUDE

### ***Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique (ZNIEFF)***

En application de l'article L.411-5 du Code de l'environnement, l'inventaire national du patrimoine naturel (richesses écologiques, faunistiques, floristiques, géologiques, minéralogiques et paléontologiques) doit être institué pour l'ensemble du territoire national terrestre, fluvial et marin. Il constitue l'outil principal de la connaissance scientifique du patrimoine naturel et sert de base à la définition de la politique de protection de la nature. Cet inventaire, appelé inventaire des « Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique » (ZNIEFF) est réalisé selon la délimitation de deux types de zonages :

- Zones de type I : Celles-ci sont définies par la circulaire n° 91-71 comme des « *secteurs de superficie en général limitée, définis par la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares, remarquables ou caractéristiques du patrimoine naturel national ou régional* ». Une ZNIEFF de type I est un territoire correspondant à une ou plusieurs unités écologiques homogènes (une unité écologique homogène est un espace possédant une combinaison donnée de conditions physiques et une structure cohérente, abritant des groupes d'espèces végétales et animales caractéristiques de l'unité considérée : une pelouse sèche, une forêt, une zone humide...). Une ZNIEFF de type I abrite obligatoirement au moins une espèce ou un habitat remarquable ou rare, justifiant d'une valeur patrimoniale plus élevée que celle des milieux environnants ;
- Zones de type 2 : Celles-ci sont définies par la circulaire n° 91-71 comme des « *grands ensembles naturels riches ou peu modifiés, ou offrant des potentialités biologiques importantes* ». Une ZNIEFF de type II contient des milieux naturels formant un ou plusieurs ensembles possédant une cohésion élevée et entretenant de fortes relations entre eux sur une échelle supérieure à celle des ZNIEFF de type I (bassins, versants sensibles, couloirs de communication pour la faune, secteurs conservant un niveau global de biodiversité...). Elle se distingue de la moyenne du territoire régional environnant par son contenu patrimonial plus riche et son degré d'artificialisation plus faible.

### ***Les zones appartenant au réseau européen Natura 2000***

Le réseau Natura 2000 est un réseau de sites écologiques dont l'objectif est la préservation de la diversité biologique et la valorisation du patrimoine naturel du territoire européen, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales et culturelles. Les mesures de préservation de ces sites ne conduisent pas à interdire les activités humaines dès lors que ces dernières n'ont pas d'effets significatifs sur ces sites et qu'elles ne portent pas atteinte à leurs objectifs de conservation.

Les sites Natura 2000 disposent d'un document d'objectifs (le **DOCOB**) qui définit un état des lieux ainsi que les objectifs de gestion du site et les modalités de mise en œuvre des actions pour l'atteinte de ces objectifs.

Ce réseau a été mis en place en application de deux directives, la directive « Oiseaux » (1979) et la directive « Habitats Faune Flore » (1992).

L'objectif final est la constitution et la préservation d'un réseau européen cohérent de sites naturels dénommé « Natura 2000 » afin de conserver ou rétablir les habitats et les espèces d'intérêt communautaire dans leur aire de répartition naturelle.

### Zone Natura 2000 – Directive « Habitats »

La directive « Habitats » vise à contribuer à assurer la biodiversité par la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et flore sauvage sur le territoire européen. Elle engage chacun des Etats membres.

L'objectif final est la constitution et la préservation d'un réseau européen cohérent de sites naturels dénommé « Natura 2000 » afin de conserver ou rétablir les habitats et les espèces d'intérêt communautaire dans leur aire de répartition naturelle.

La directive concerne :

- Les habitats naturels d'intérêt communautaire, qu'ils soient en danger de disparition dans leur aire de répartition naturelle, qu'ils disposent d'une aire de répartition réduite par suite de leur régression ou en raison de leur aire intrinsèquement retreinte. Les types d'habitats concernés sont mentionnés à l'annexe I ;
- Les habitats abritant des espèces d'intérêt communautaire, qu'elles soient en danger, vulnérables, rares ou endémiques ; les espèces concernées sont mentionnées à l'annexe II ;
- Les éléments de paysage qui, de par leur structure linéaire et continue ou leur rôle de relais, sont essentiels à la migration, à la distribution géographique et à l'échange génétique d'espèces sauvages.

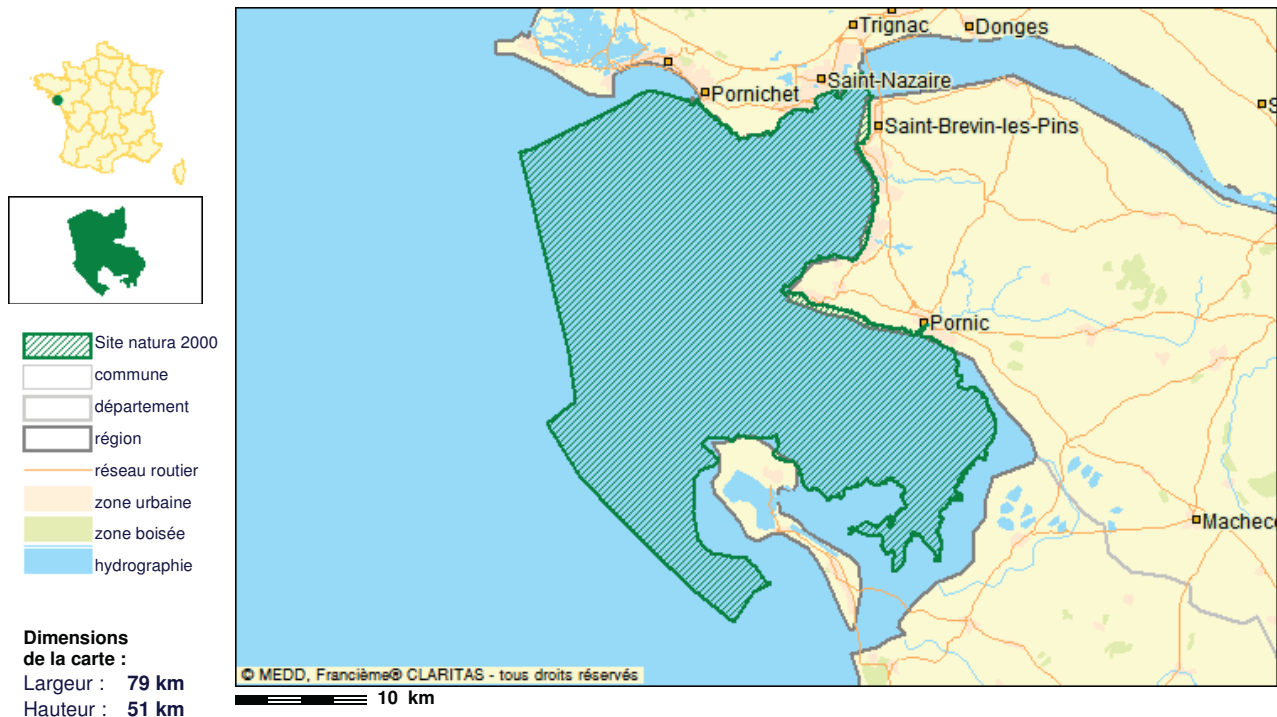
Les sites désignés au titre de la directive « Habitats » sont appelés les Sites d'Importance Communautaire ou SIC.

### Zone Natura 2000 – Directive « Oiseaux »

Les zones désignées au titre de la directive « Oiseaux » sont appelées les Zones de Protection Spéciales ou ZPS. Les objectifs sont la protection d'habitats permettant d'assurer la survie et la reproduction des oiseaux sauvages rares ou menacés et la protection des aires de reproduction, de mue, d'hivernage et des zones de relais de migration pour l'ensemble des espèces migratrices.

Cette directive s'applique sur l'aire de distribution des oiseaux sauvages située sur le territoire européen des pays membres de l'Union européenne.

## Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf



Les fonds cartographiques utilisés sur ce site sont soumis à des restrictions d'utilisation.

## IDENTIFICATION

- **Appellation :** Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf
- **Statut :** Zone de Protection Spéciale (ZPS)
- **Code :** FR5212014

## Liens utiles

Lexique  
 Liste des sigles

## Localisation

Masquer ▲

- ★ **Région :**
- ★ **Département :** Domaine maritime
- ★ **Superficie :** 80202 ha
- ★ **Altitude minimale :** -40 m
- ★ **Altitude maximale :** 15 m
- ★ **Région biogéographique :** Atlantique

La surface de ce site intersecte les propositions de Sites d'Importance Communautaire suivantes :

FR5200621 Estuaire de la Loire  
 FR5200653 Marais Breton, baie de Bourgneuf, île de Noirmoutier et forêt de Monts  
 FR5202011 Estuaire de la Loire Nord  
 FR5202012 Estuaire de la Loire Sud - Baie de Bourgneuf

## Vie du site

Masquer ▲

- ★ **Mise à jour des données :** 10/2008
- ★ **Vie du site :** Date de classement comme ZPS : 10/2008

## Description du site

Masquer ▲

Cet ensemble regroupant des secteurs côtiers, des zones d'estran, des îlots rocheux et des secteurs de plus haute mer constitue un ensemble propice aux regroupements d'oiseaux en hiver et une zone d'alimentation pour les espèces nicheuses sur les îlots ou à terre.

L'intérêt ornithologique du secteur considéré est visible à travers son rôle pour l'alimentation d'oiseaux nichant à terre et sur les îlots ou dans l'estuaire interne de la Loire, ainsi que par l'hivernage et le stationnement en grand nombre d'espèces d'intérêt communautaire. Dès lors, le secteur est

fréquenté de manière importante mais variable au cours des saisons par différents oiseaux d'intérêt communautaire qui y effectuent une partie de leur cycle annuel.

Le périmètre s'appuie sur les zones de présence d'oiseaux les plus importantes, intégrant les zones d'alimentation des espèces nichant à terre (sternes qui fréquentent le site en période estivale, zones d'alimentation pour les Fous de bassan, Goéland cendré, ...), les zones principales d'hivernage, de stationnement et de passage préférentiel des oiseaux marins (bernaches, plongeurs, Macreuse noire, alcidés, Mouette pygmée, Mouette tridactyle ...).

Par ailleurs, des oiseaux pélagiques fréquentent le secteur (Grand Labbe). Ainsi, les zones de présence préférentielles d'oiseaux marins sur ce secteur sont fortement liées aux capacités de plongée des oiseaux concernés et des ressources alimentaires sur la zone (poissons, crustacés...).

Les trois espèces de plongeurs (*Gavia* sp.) hivernent dans le secteur principalement de décembre à février. Les oiseaux fréquentent une zone entre le plateau de la Banche et la baie de la Baule dans l'estuaire de la Loire.

Les Macreuses noires utilisent le plateau de la Banche pendant leur passage prénuptial (mars et avril) sur des fonds de moins de 20 m riches en mollusques.

Le Fou de Bassan est présent dans le secteur tout au long de l'année, mais avec des effectifs variables d'une saison à l'autre, les maxima étant notés en mai et juin pendant l'estivage des jeunes. Un important site d'estivage existe aussi au large du Croisic longeant le plateau du Four jusqu'aux îles bretonnes. Ce site est riche en nourriture (chinchards et maquereaux) pour les juvéniles.

La Sterne pierregarin et la Sterne caugek sont observées surtout pendant la période de reproduction mais également lors des deux passages migratoires. On les trouve essentiellement sur leurs sites d'alimentation, à l'embouchure de la Loire jusqu'au nord de Noirmoutier, sur des fonds inférieurs à 10 m. Cette distribution est liée à l'abondance des petits poissons dans les zones estuariennes.

Le Grand Labbe est présent tout au long de son cycle annuel. On observe toutefois un pic d'observations au large de l'estuaire de la Loire à l'automne lors du passage postnuptial.

La Mouette tridactyle est observée toute l'année. Pendant la saison automnale, elles se regroupent au large de l'estuaire de la Loire. Les observations augmentent à partir du mois de décembre dans le secteur, et plus précisément dans la zone d'attente, pour profiter des déchets des navires et de l'apport des nutriments par l'estuaire. Elles se situent près des fonds de 10 à 30 m de profondeur. La Mouette pygmée est également présente en hiver à la sortie de l'estuaire de la Loire au niveau du banc de Guérande.

On peut également noter la présence de l'Eider à duvet. Pour cette espèce, des zones de stationnements réguliers entre la Pierre Percée et les Grands Charpentiers et des zones de reproduction dans la baie de Baule et le plateau d'Evens existaient avant la catastrophe de l'Erika (1999). Depuis, cette espèce avait disparu du site mais elle tend à se réinstaller, en particulier dans le secteur situé près de l'île du Pilier au nord-ouest de Noirmoutier.

Le site est quasiment entièrement marin (Estuaire de la Loire externe jusqu'au Plateau de la Banche, Baie de Bourgneuf -hors estran-, Plateau des Boeufs au large de Noirmoutier), à l'exception des îlots de la Baie de la Baule (en Loire-Atlantique) et de l'île du Pilier (en Vendée).

Le périmètre du site s'appuie sur la limite du trait de côte de la Bernerie en Retz à Pornichet.

Le site se situe principalement dans la continuité de l'Estuaire de la Loire et est le lieu d'activités et d'usages liés au transport maritime, aux activités portuaires et navales. Au sein du site comme à proximité immédiate, ces activités (navigation, zone d'attente des navires, dragages et immersions des sédiments dragués) sont présentes de très longue date.

La configuration et le fonctionnement hydraulique de ce site sont structurés par des activités et des aménagements humains liés à la nécessité de desserte des pôles portuaires de Nantes Saint-Nazaire. Les chenaux de navigation présentent des spécificités géographiques (grande profondeur, vitesse des courants, turbidité...) qui résultent de l'action combinée de l'homme et des évolutions morphologiques naturelles.

Ainsi, l'existence des chenaux de navigation et leur entretien par des opérations de dragages, l'immersion des produits dragués dans l'estuaire sont constitutifs de l'état actuel justifiant la désignation du site.

L'évolution des besoins et des pratiques liée à la nécessité de desserte des pôles portuaires fait partie intégrante du contexte de désignation de ce site.

Les informations décrites dans ce formulaire sont inscrites en l'état actuel des connaissances et pourront nécessiter des compléments d'acquisition de données.

#### Composition du site :

Mer, Bras de Mer	99 %
Galets, Falaises maritimes, Ilots	1 %

#### Espèces végétales et animales présentes

Masquer 

##### Oiseaux

Bernache cravant (*Branta bernicla*)

Hivernage. Etape migratoire.

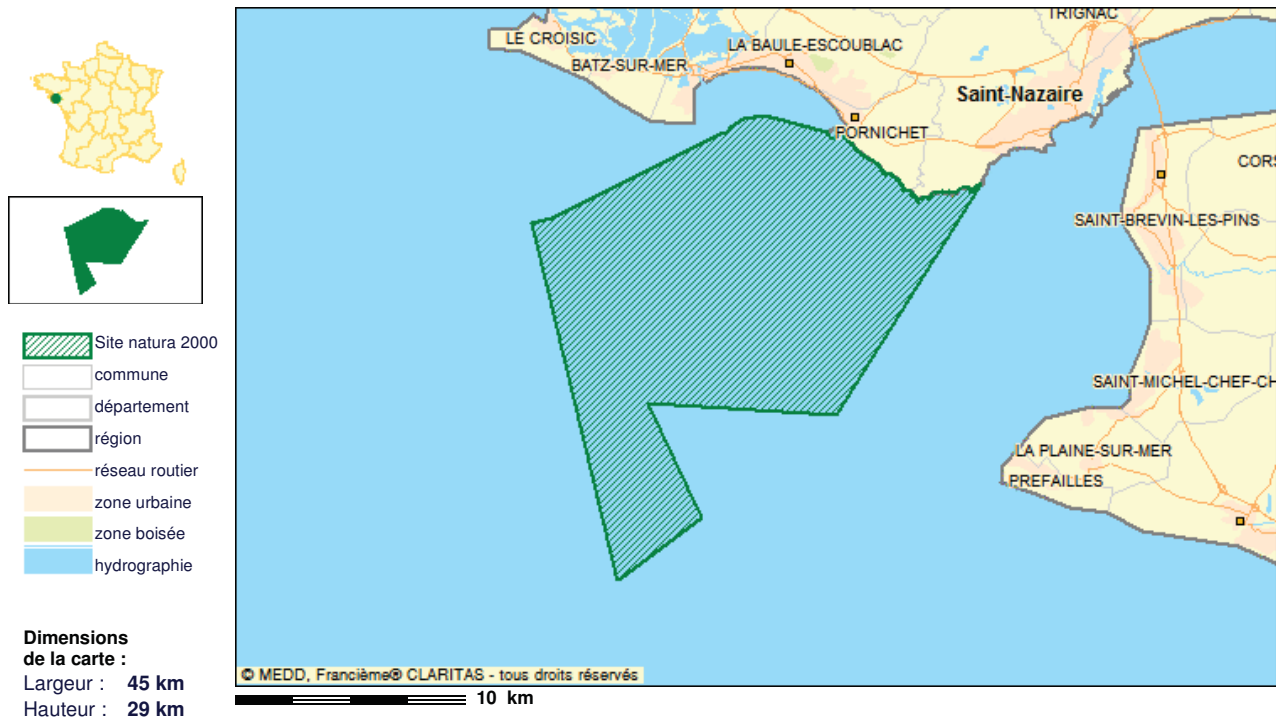


Cormoran huppé ( <i>Phalacrocorax aristotelis</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Eider à duvet ( <i>Somateria mollissima</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Fou de Bassan ( <i>Sula bassana</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Fuligule milouinan ( <i>Aythya marila</i> )	Hivernage.
Goéland argenté ( <i>Larus argentatus</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Goéland brun ( <i>Larus fuscus</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Goéland cendré ( <i>Larus canus</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Goéland marin ( <i>Larus marinus</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Grand Cormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Grand Labbe ( <i>Stercorarius skua</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Grèbe à cou noir ( <i>Podiceps nigricollis</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Grèbe huppé ( <i>Podiceps cristatus</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Guifette noire ( <i>Chlidonias niger</i> ) <sup>(3)</sup>	Etape migratoire.
Guillemot de Troïl ( <i>Uria aalge</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Harle huppé ( <i>Mergus serrator</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Labbe parasite ( <i>Stercorarius parasiticus</i> )	Etape migratoire.
Labbe pomarin ( <i>Stercorarius pomarinus</i> )	Etape migratoire.
<i>Larus michahellis</i> ( <i>Larus michahellis</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Macreuse brune ( <i>Melanitta fusca</i> )	Etape migratoire.
Macreuse noire ( <i>Melanitta nigra</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette mélanocéphale ( <i>Larus melanocephalus</i> ) <sup>(3)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette pygmée ( <i>Larus minutus</i> ) <sup>(3)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette rieuse ( <i>Larus ridibundus</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette tridactyle ( <i>Rissa tridactyla</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Océanite tempête ( <i>Hydrobates pelagicus</i> ) <sup>(3)</sup>	Etape migratoire.
Phalarope à bec large ( <i>Phalaropus fulicarius</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Pingouin torda ( <i>Alca torda</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Plongeon arctique ( <i>Gavia arctica</i> ) <sup>(3)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Plongeon catmarin ( <i>Gavia stellata</i> ) <sup>(3)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Plongeon imbrin ( <i>Gavia immer</i> ) <sup>(3)</sup>	Etape migratoire.
Puffin des Anglais ( <i>Puffinus puffinus</i> )	Etape migratoire.
Puffin des Baléares ( <i>Puffinus puffinus mauretanicus</i> ) <sup>(3)</sup>	Etape migratoire.
Sterne arctique ( <i>Sterna paradisaea</i> ) <sup>(3)</sup>	Etape migratoire.
Sterne caugek ( <i>Sterna sandvicensis</i> ) <sup>(3)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Sterne naine ( <i>Sterna albifrons</i> ) <sup>(3)</sup>	Etape migratoire.
Sterne pierregarin ( <i>Sterna hirundo</i> ) <sup>(3)</sup>	Etape migratoire.

<sup>(3)</sup>Espèces inscrites à l'annexe I : espèces faisant l'objet de mesures de conservation spéciale concernant leur habitat, afin d'assurer leur survie et leur reproduction dans leur aire de distribution.

Le ministère de l'écologie et du développement durable alimente ce service pour rendre accessible au public les informations sur la contribution française à la constitution du réseau Natura 2000. Les informations contenues dans cette page sont un extrait simplifié de celles transmises à la Commission européenne au 31 mai 2011. Le contour du site représenté sur la carte ci-dessus est celui transmis à la Commission européenne. En revanche, le fond cartographique n'est pas celui de référence et doit être considéré comme schématique.

## Estuaire de la Loire Nord



Les fonds cartographiques utilisés sur ce site sont soumis à des restrictions d'utilisation.  
 Pour des raisons de lisibilité, tous les noms de communes ne sont pas inscrits sur la carte.

## IDENTIFICATION

- **Appellation :** Estuaire de la Loire Nord
- **Statut :** Site ou proposition de Site d'Importance Communautaire (SIC/pSIC)
- **Code :** FR5202011

## Localisation

Masquer ▲

- ★ **Région :**
- ★ **Département :** Domaine maritime
- ★ **Superficie :** 18961 ha
- ★ **Altitude minimale :** -40 m
- ★ **Altitude maximale :** 15 m
- ★ **Région biogéographique :** Atlantique

La surface de ce site intersecte la Zone de Protection Spéciale suivante :  
 FR5212014 Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf

## Vie du site

Masquer ▲

- ★ **Mise à jour des données :** 07/2008
- ★ **Vie du site :** Date de proposition comme SIC : 04/2009

## Description du site

Masquer ▲

La richesse patrimoniale du secteur sous l'influence du panache de l'estuaire de la Loire, réside dans la diversité des substrats et des habitats d'intérêt communautaires présents sur le secteur (récifs, fonds sableux et vaseux), et dans leur continuité et succession.

Ainsi les plateaux rocheux recèlent une grande diversité d'espèces algales avec en particulier la présence de ceintures de laminaires et de dizaines d'espèces associées.

Par ailleurs, les fonds sableux et vaseux, (de profondeur inférieure à -20m) présentent une grande densité d'espèces de faune benthique relevant de trois embranchements (mollusques, annélides, échinodermes).

De plus, l'intérêt de ce secteur au large de l'Estuaire de la Loire, en complémentarité avec l'estuaire interne, réside aussi dans la présence de nourriceries de poissons plats fondamentale à l'échelle du Golfe de Gascogne.

L'embouchure de la Loire constitue une zone de passage pour les espèces amphihalines telles que la Lamproie marine, les Aloses, le Saumon atlantique, l'Anguille, voire l'Esturgeon d'Europe. Pour ces espèces, le transit entre les deux milieux estuarien et atlantique constitue une étape indispensable pour la continuité de leur cycle de vie (reproduction, croissance) et pour la production des futures générations.

Le site est à proximité de la zone de fréquentation régulière du grand Dauphin et de Dauphins commun (alimentation).

Présence d'îlots (îles de la Baie de la Baule) et de plateaux rocheux (Plateau de la Banche), de larges fonds sableux et vaseux qui se succèdent en continu sur le site.

L'habitat 1160 "Grandes criques et baies peu profondes" couvre 10% de la superficie du site.

Le site se situe principalement dans la continuité de l'Estuaire de la Loire et est le lieu d'activités et d'usages liés au transport maritime, aux activités portuaires et navales. Au sein du site comme à proximité immédiate, ces activités (na

#### Composition du site :

Mer, Bras de Mer	98 %
Rivières et Estuaires soumis à la marée, Vasières et bancs de sable, Lagunes (incluant les bassins de production de sel)	1 %
Galets, Falaises maritimes, Ilots	1 %

#### Habitats naturels présents

Masquer ▲

	% couv.	SR <sup>(1)</sup>
Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine	76 %	C
Récifs	13 %	C
Replats boueux ou sableux exondés à marée basse	1 %	C
Grandes criques et baies peu profondes		C

#### Espèces végétales et animales présentes

Masquer ▲

##### Mammifères

Grand Dauphin ( <i>Tursiops truncatus</i> )	Etape migratoire.	PR <sup>(2)</sup> C
Marsouin ( <i>Phocoena phocoena</i> )	Etape migratoire.	C

##### Poissons

Alose feinte ( <i>Alosa fallax</i> )	Etape migratoire.	PR <sup>(2)</sup> B
Grande Alose ( <i>Alosa alosa</i> )	Etape migratoire.	B
Lamproie de rivière ( <i>Lampetra fluviatilis</i> )	Etape migratoire.	B
Lamproie marine ( <i>Petromyzon marinus</i> )	Etape migratoire.	B
Saumon Atlantique ( <i>Salmo salar</i> )	Etape migratoire.	B

<sup>(1)</sup> Superficie relative : superficie du site couverte par le type d'habitat naturel par rapport à la superficie totale couverte par ce type d'habitat naturel sur le territoire national (en %). A=site remarquable pour cet habitat (15 à 100%); B=site très important pour cet habitat (2 à 15%); C=site important pour cet habitat (inférieur à 2%).

<sup>(2)</sup> Population relative : taille et densité de la population de l'espèce présente sur le site par rapport aux populations présentes sur le territoire national (en %). A=site remarquable pour cette espèce (15 à 100%); B=site très important pour cette espèce (2 à 15%); C=site important pour cette espèce (inférieur à 2%); D=espèce présente mais non significative.

Le ministère de l'écologie et du développement durable alimente ce service pour rendre accessible au public les informations sur la contribution française à la constitution du réseau Natura 2000. Les informations contenues dans cette page sont un extrait simplifié de celles transmises à la Commission européenne au 31 mai 2011. Le contour du site représenté sur la carte ci-dessus est celui transmis à la Commission européenne. En revanche, le fond cartographique n'est pas celui de référence et doit être considéré comme schématique.

## **Annexe C : Toxicologie des composés**

## TABLE DES MATIERES

Chapitre	Numéro de Page
<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>2. CLASSIFICATION DU POUVOIR CANCERIGENE .....</b>	<b>3</b>
2.1. Classement IARC.....	3
2.2. Classement US-EPA.....	3
2.3. Classement Union Européenne (notation non officielle).....	4
<b>3. TOXICOLOGIE DES TRACEURS SELECTIONNES.....</b>	<b>6</b>
3.1. Oxydes d'Azote .....	6
3.2. Dioxyde de soufre .....	10
3.3. Poussières.....	12
3.4. Acide chlorhydrique.....	13
3.5. Benzène .....	14
3.6. Dioxines/furanes.....	16
3.7. Antimoine .....	18
3.8. Arsenic .....	21
3.9. Cadmium.....	23
3.10. Chrome.....	25
3.11. Cobalt .....	27
3.12. Mercure .....	31
3.13. Nickel.....	33
3.14. Plomb .....	35
3.15. Sélénium .....	38
3.16. Vanadium .....	41

*La présente Annexe fournit dans les paragraphes qui suivent le détail de la toxicologie des traceurs sélectionnés. L'évaluation des risques liés à ces traceurs étant relative à une exposition sur le long terme, seuls les effets engendrés suite à une exposition chronique sont présentés dans ces sections. De plus, le tableau joint fournit l'ensemble des valeurs toxicologiques de référence retenues pour les substances identifiées à la suite du bilan des émissions.*

## 1. INTRODUCTION

Deux types d'effets toxicologiques sont définis pour les substances évaluées :

- les « effets à seuil », pour lesquels il existe une concentration en dessous de laquelle l'exposition ne produit pas d'effet ;
- les « effets sans seuil » pour lesquels il n'y pas de niveau d'exposition sans risque. Ces effets sont les effets cancérogènes, mutagènes...

Certaines substances peuvent avoir à la fois des effets à seuil et des effets sans seuil.

### **Les effets à seuil**

Pour ceux-ci, on dispose en pratique d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : No Observed Effect Level) ou sans effet néfaste observé (NOAEL : No Observed Adverse Effect Level) ou bien du niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : Lowest Observed Effect Level) ou un effet néfaste (LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level). Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique et servent de base à l'élaboration de doses ou concentrations de référence appelées Doses Journalières Admissibles (DJA) ou Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA) applicables à l'homme. Ces niveaux de référence correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes pour l'homme.

### **Les effets sans seuil**

La relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet est exprimée sous la forme d'un indice représentant un Excès de Risque Unitaire (ERU). En d'autres termes, l'ERU est la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet (par exemple, un cancer) s'il est exposé à 1 unité de dose ou de concentration de la substance toxique.

## **2. CLASSIFICATION DU POUVOIR CANCERIGENE**

La liste initiale fait référence aux classements du pouvoir cancérigène tels que définis par trois organismes :

- l'IARC (International Agency for Research on Cancer) ;
- l'US-EPA (Environmental Protection Agency des Etats-Unis) ;
- l'Union Européenne.

Le système de classification établi par ces trois organismes est présenté ci-dessous.

### **2.1. Classement IARC**

- Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme, preuves suffisantes de l'effet cancérigène chez l'homme ;
- Groupe 2A : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme, preuves suffisantes de l'effet cancérigène chez l'animal mais preuves insuffisantes ou pas de preuve de l'effet cancérigène chez l'homme ;
- Groupe 2B : l'agent (ou le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme, preuves limitées de l'effet cancérigène chez l'animal et données insuffisantes ou pas de données pour l'homme ;
- Groupe 3 : l'agent (ou le mélange) est inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme, pas de preuve d'effet cancérigène sur l'homme ;
- Groupe 4 : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

### **2.2. Classement US-EPA**

- Groupe A : substance cancérigène pour l'homme, preuves évidentes de l'effet cancérigène de la substance, notamment établies par des études épidémiologiques ;
- Groupe B : substance probablement cancérigène pour l'homme : preuves suffisantes de l'effet cancérigène du composé chez l'animal de laboratoire, mais preuves limitées de l'effet cancérigène de la molécule chez l'homme (groupe B1) ou peu ou pas de données chez l'homme (groupe B2) ;
- Groupe C : cancérigène possible pour l'homme, preuves limitées du pouvoir cancérigène de la molécule chez l'animal et peu ou pas de données chez l'homme ;
- Groupe D : substance ne pouvant être classée quant à sa cancérigénicité pour l'homme, données inadéquates chez l'homme et l'animal pour confirmer ou réfuter la cancérigénicité du composé chez l'homme ;
- Groupe E : substance non cancérigène pour l'homme. Ce groupe est utilisé pour les composés qui ne présentent aucun effet cancérigène sur au moins deux tests

adéquats chez deux espèces d'animaux différents ou sur une étude épidémiologique et des études chez l'animal. Cette désignation ne peut être prise comme une conclusion définitive.

### **2.3. Classement Union Européenne (notation non officielle)**

Le classement par l'Union Européenne est établi pour les pouvoirs cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction. Les classements reportés dans les tableaux de résultats ont été obtenus à partir des sources d'informations suivantes :

- la réglementation de décembre 1998 ;
- l'additif ND 2063 de décembre 2000 ;
- la Directive 2001/59/CE d'août 2001.

#### **Substances cancérigènes**

- Catégorie 1A : substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré, la classification dans cette catégorie s'appuyant largement sur les données humaines ;
- Catégorie 1B : substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé, la classification dans cette catégorie s'appuyant largement sur les données animales ;
- Catégorie 2 : substances dont la capacité d'induire des cancers chez l'homme est suspectée.

#### **Substances mutagènes**

- Catégorie 1A : substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée ;
- Catégorie 1B : substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est présumée ;
- Catégorie 2 : substances préoccupantes du fait qu'elles pourraient induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.

#### **Substances toxiques pour la reproduction**

La « toxicité pour la reproduction » se traduit par des effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité des hommes et des femmes adultes, ainsi que par des effets indésirables sur le développement de leurs descendants.

Elle est divisée en deux grandes catégories d'effets :

- effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité,
- effets néfastes sur le développement des descendants (dont les effets sur ou *via* l'allaitement).



Les substances classées pour des effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité sont réparties entre deux catégories 1 et 2, et la catégorie 1 est sous divisée en deux catégories 1A et 1B.

- Catégorie 1A : substances dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée, la classification d'une substance dans la catégorie 1A s'appuie largement sur des études humaines ;
- Catégorie 1B : substances présumées toxiques pour la reproduction humaine, la classification d'une substance dans la catégorie 1B s'appuie largement sur des données provenant d'études animales. Ces données doivent démontrer clairement un effet néfaste sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement en l'absence d'autres effets toxiques, ou, si d'autres effets toxiques sont observés, que l'effet toxique sur la reproduction n'est pas considéré comme une conséquence secondaire non spécifique à ces autres effets toxiques. Toutefois, s'il existe des informations relatives au mécanisme des effets et mettant en doute la pertinence de l'effet pour l'être humain, une classification dans la catégorie 2 peut être plus appropriée ;
- Catégorie 2 : substances suspectées d'être toxiques pour la reproduction humaine. Une substance est classée dans la catégorie 2 quand des études humaines ou animales ont donné des résultats — éventuellement étayés par d'autres informations — qui ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification de la substance dans la catégorie 1, mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement. Une étude peut comporter certaines failles rendant les résultats moins probants, auquel cas une classification dans la catégorie 2 pourrait être préférable. Ces effets doivent avoir été observés en l'absence d'autres effets toxiques ou, si d'autres effets toxiques sont observés, il est considéré que l'effet toxique sur la reproduction n'est pas une conséquence secondaire non spécifique à ces autres effets toxiques.

Les effets sur ou via l'allaitement sont regroupés dans une catégorie distincte. Il est reconnu que, pour de nombreuses substances, les informations relatives aux effets néfastes potentiels sur la descendance *via* l'allaitement sont lacunaires. Cependant, les substances dont l'incidence sur l'allaitement a été démontrée ou qui peuvent être présentes (y compris leurs métabolites) dans le lait maternel en quantités suffisantes pour menacer la santé du nourrisson, sont classées et étiquetées en vue d'indiquer le danger qu'elles représentent pour les enfants nourris au sein. Cette classification peut s'appuyer sur :

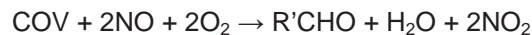
- (a) des résultats d'études menées sur des êtres humains, montrant qu'il existe un danger pour les bébés durant la période de l'allaitement, et/ou ;
- (b) des résultats d'études menées sur une ou deux générations d'animaux, démontrant sans équivoque l'existence d'effets néfastes sur les descendants, transmis par le lait, ou d'effets néfastes sur la qualité du lait, et/ou ;
- (c) des études sur l'absorption, le métabolisme, la distribution et l'excrétion, indiquant que la substance est probablement présente à des teneurs potentiellement toxiques dans le lait maternel.

### 3. TOXICOLOGIE DES TRACEURS SELECTIONNES

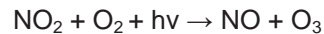
#### 3.1. Oxydes d'Azote

Source : INERIS, Oxydes d'azote, version n°1, août 2005.

La combinaison d'atomes d'azote et d'oxygène lors des combustions produit le monoxyde d'azote (NO), mais également du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le dioxyde d'azote est formé également à partir de monoxyde d'azote lors de réactions complexes faisant intervenir les hydrocarbures et l'ozone.



et :



D'après la réaction précédente, l'ozone et le dioxyde d'azote sont interdépendants. Généralement, les deux polluants ne sont pas présents simultanément : on retrouve le dioxyde d'azote en zone urbaine et l'ozone en périphérie (jusqu'à 50 km et dans les zones de forêt). Cependant l'action d'autres polluants peut perturber l'équilibre.

Les NO<sub>x</sub> peuvent donc se former par combinaison de l'oxygène et de l'azote de l'air lors de phénomènes naturels (orages, éruptions volcaniques). Ils peuvent également se former lors d'incendies de forêt ou de matières azotées.

La principale source est anthropique : combustion des combustibles fossiles (charbon, fioul, gaz naturel). Les échappements d'automobiles, plus particulièrement les véhicules diesel, représentent une fraction importante de la pollution atmosphérique par les NO<sub>x</sub>.

La fermentation de grains humides stockés en silos est également une source d'exposition aux NO<sub>x</sub>.

A forte concentration, le NO<sub>2</sub> réduit la visibilité atmosphérique et confère une coloration rouge - brun aux masses d'air.

La principale voie d'exposition au monoxyde et dioxyde d'azote est l'inhalation. Le monoxyde d'azote est rapidement oxydé en dioxyde d'azote.

##### **Le monoxyde d'azote**

Chez l'homme, 85 à 92 % du monoxyde d'azote est absorbé lors d'expositions à des concentrations comprises entre 400 et 6 100 µg/m<sup>3</sup> (0,33 et 5,0 ppm). Lors de la pratique d'un exercice physique cette absorption serait de 91 à 93 %.

La faible solubilité du monoxyde d'azote serait à l'origine d'un mode d'action essentiellement pulmonaire.

Il existe une production endogène de monoxyde d'azote (à partir de L-arginine) notamment au niveau des cellules du tissu nerveux, des vaisseaux sanguins ou du système immunitaire, où il joue un rôle de second messenger.

Le monoxyde d'azote présente une affinité pour le fer lié à l'hémoglobine deux fois supérieure à celle du monoxyde de carbone. Cette affinité permet la formation de méthémoglobine et stimule la guanylate cyclase. Dans certains cas, il a été observé une modification permanente de l'hémoglobine. Par ailleurs, le monoxyde d'azote réagit avec le fer associé aux groupements SH des enzymes. Le monoxyde d'azote inhibe l'aconitase, une enzyme du cycle de Krebs, et les complexes I et II de la chaîne respiratoire.

Le monoxyde d'azote peut également désaminer l'ADN et induire des cassures de brins, inhiber l'ADN polymérase et la ribonucléotide réductase.

### **Le dioxyde d'azote**

Chez l'homme en bonne santé, exposé à des mélanges de monoxyde et de dioxyde d'azote contenant 545 à 13 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,29 à 7,2 ppm) de dioxyde d'azote pour une courte durée (non précisée), le taux d'absorption est de 81 à 90 % lors d'une respiration normale et peut atteindre 91-92 % au cours d'un exercice physique.

La faible hydrosolubilité du dioxyde d'azote lui permet de pénétrer profondément dans le tractus respiratoire. Toutefois, la cinétique d'absorption de ce toxique apparaît déterminée beaucoup plus par sa réactivité chimique que par sa solubilité. De plus, l'absorption du dioxyde d'azote au niveau pulmonaire est saturable et très dépendante de la température, suggérant que les réactions avec les constituants de la surface pulmonaire représentent un important, voire unique mécanisme de l'absorption.

Le dioxyde d'azote est un oxydant qui induit une peroxydation lipidique des membranes des cellules alvéolaires. Après absorption, le dioxyde d'azote est transformé en acide nitrique puis en ions nitrites dans la circulation sanguine et induit la formation de méthémoglobine selon une relation dose dépendante linéaire.

### ***Effets systémiques***

#### **Le monoxyde d'azote**

Outre ces effets respiratoires, le monoxyde d'azote présente des effets systémiques par une action toxique au niveau des plaquettes et la formation de nitrosylhémoglobine et de méthémoglobine.

#### **Le dioxyde d'azote**

##### Exposition à l'air intérieur

D'après des études réalisées en Angleterre dans les années 1970, il a été montré que les enfants vivant dans des habitations équipées d'un four à gaz présentaient des symptômes respiratoires plus marqués que ceux vivant dans des habitations équipées d'un four électrique. Les premières études ont permis de classer les sources d'exposition mais présentent peu de données chiffrées d'exposition.

De nombreuses études ont été réalisées pour identifier les symptômes et les pathologies induites par une exposition au dioxyde d'azote chez les enfants. L'hypothèse selon laquelle le dioxyde d'azote peut altérer la santé en augmentant la vulnérabilité aux pathologies infectieuses aiguës a été bien étudiée chez les enfants même si les

pathologies respiratoires représentent la majorité des maladies de l'enfance. Ces pathologies seraient à l'origine de prédispositions à des maladies respiratoires chroniques d'apparition plus tardive.

Chez les adultes, plusieurs études n'ont pas retrouvé d'augmentation des symptômes respiratoires chez les adultes vivant dans des habitations équipées de four à gaz.

Une étude anglaise sur 1 800 jeunes adultes a trouvé une réduction de la fonction pulmonaire chez les femmes mais pas chez les hommes.

Il existe une différence dans les résultats obtenus dans les études d'exposition au dioxyde d'azote présent dans l'air intérieur chez les jeunes enfants, les enfants scolarisés ou chez les adultes. Les études prospectives pour des expositions chroniques ne montrent pas d'effet chez les jeunes enfants alors que les études réalisées chez les enfants scolarisés ou les adultes montrent une augmentation légère pas toujours statistiquement significative des symptômes et des pathologies. Cette différence pourrait être dépendante d'un temps de latence pour l'apparition des effets induits soit par le gaz soit par le dioxyde d'azote.

#### Exposition à l'air extérieur

Les études d'exposition à l'air extérieur les plus complètes ont été réalisées chez les enfants parce qu'ils se déplacent le plus souvent dans un périmètre restreint compris entre la maison et l'école.

Les études chez les enfants comprennent une estimation des expositions au dioxyde d'azote non seulement à partir de mesures issues d'une centrale fixe mais également à partir de mesures in situ ou d'estimation du trafic au niveau des voies de circulation les plus proches. Il a été montré un allongement de la durée des symptômes respiratoires associé à l'augmentation des moyennes annuelles d'exposition au dioxyde d'azote, une augmentation de la fréquence des hospitalisations pour des pathologies respiratoires et une augmentation des traitements en milieu hospitalier pour des pathologies de l'appareil respiratoire inférieur lors d'expositions vie entière au dioxyde d'azote. Dans ce dernier cas, les effets n'ont été observés que chez les filles.

Des résultats similaires ont été observés dans des écoles suisses au sein de 10 communautés, où les odds ratio pour la toux chronique et les infections respiratoires, comme la bronchite ou la pneumonie, sont associés à une élévation des moyennes annuelles de dioxyde d'azote. Par ailleurs, les pathologies allergiques, comme l'asthme ou le rhume des foins, ne semblent pas associées aux expositions au dioxyde d'azote.

Chez l'adulte la seule étude prospective de cohorte disponible, fournit une estimation des expositions individuelles sur une période de 10 ans pour plus de 6 000 Californiens. Les estimations sont basées sur les sources d'exposition à l'intérieur des habitations et dérivées à partir du style de vie et des caractéristiques de l'habitation et de la concentration moyenne de l'air ambiant fournie par les trois points de mesure les plus proches de l'habitation. Les expositions individuelles au dioxyde d'azote ne sont pas associées à une augmentation du risque de bronchites obstructives chroniques (risque relatif de 1,26, intervalle de confiance à 95% de 0,58-4,33 pour une augmentation de 93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,048 ppm)) mais devient statistiquement significatif lorsque les expositions au dioxyde d'azote mesurées dans l'air extérieur prennent uniquement en compte la

moyenne des points de mesures de la ville ( $p=0,05$ , RR non communiqué). Cette différence semble liée à la différence entre le dioxyde d'azote comme indicateur de pollution de l'air intérieur *versus* comme traceur de la pollution lié au trafic automobile.

Les organes cibles du  $\text{NO}_2$  sont donc principalement les voies respiratoires. Les personnes asthmatiques et les enfants sont particulièrement sensibles.

### **Effets cancérigènes**

Le dioxyde d'azote n'est pas classé cancérogène par l'Union Européenne. Le monoxyde d'azote n'a pas été étudié par l'Union Européenne.

Le monoxyde et le dioxyde d'azote ne sont pas classés cancérogène par le CIRC et l'US EPA (IRIS).

### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

Le dioxyde d'azote n'est pas classé génotoxique ; le monoxyde d'azote n'a pas été étudié par l'Union Européenne.

Différentes études menées *in vitro* ou *in vivo* ont montré un certain nombre de résultats positifs ; cependant, une étude conclut à l'absence de potentiel cancérigène évident du dioxyde d'azote.

Le dioxyde d'azote n'est pas classé toxique sur la reproduction ou le développement ; le monoxyde d'azote n'a pas été étudié par l'Union Européenne.

Actuellement, il n'existe pas de donnée disponible chez l'homme.

Une exposition à des concentrations de 34 à  $810 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de dioxyde d'azote de rates en gestation a entraîné une augmentation du nombre de mort intra-utérine, de morts à la naissance et de certaines anomalies non spécifiques du développement et une diminution du poids de naissance.

L'exposition de rates gestantes à des concentrations de dioxyde d'azote de 1 000 et  $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant 6 heures par jour pendant toute la gestation (21 jours) a entraîné des signes d'intoxication chez les rates et leur descendance.

### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Aucune VTR n'est disponible pour les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ). Aussi, à défaut de VTR et afin de considérer ces composés dans le cadre des ERS, la valeur guide proposée par l'ANSES pour le dioxyde d'azote a été retenue pour les effets à seuil. Elle est indiquée dans le tableau suivant.

Valeur guide pour le $\text{NO}_2$	
Voie d'exposition	Effets à seuil
Inhalation	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ANSES, 02/2013



### 3.2. Dioxyde de soufre

Source : INERIS, *Dioxyde de soufre*, version n°1, août 2005.

Le sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) provenant de la décomposition naturelle de la végétation sur les sols, dans les marécages et dans les océans est probablement oxydé au cours du temps en formant du dioxyde de soufre.

Les éruptions volcaniques et les feux de forêts constituent également des sources naturelles d'exposition de l'environnement au dioxyde de soufre.

La combustion des combustibles fossiles représente 75 à 85 % des émissions anthropiques de dioxyde de soufre, le complément provient des opérations industrielles telles que le raffinage et la fusion. L'hémisphère nord produit plus de 90 % de la pollution d'origine anthropique.

Le dioxyde de soufre peut être transformé en acide sulfureux ( $HSO_3$ ) et en acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ). Ces deux composés provoquent la corrosion des métaux, l'altération des bâtiments et le phénomène des pluies acides.

La principale voie d'absorption est l'inhalation. Le dioxyde de soufre est rapidement absorbé par la muqueuse nasale et les voies aériennes supérieures. Le dioxyde de soufre est un gaz très soluble dans l'eau et est par conséquent rapidement et efficacement absorbé par les muqueuses des voies respiratoires supérieures. Deux facteurs affectent l'efficacité de l'absorption : le mode de respiration (orale versus oro-nasale) et la ventilation minute.

Le nez filtre la majorité du dioxyde de soufre inhalé, prévenant ainsi l'exposition du larynx. La respiration bouche ouverte, rapide augmente significativement la quantité de dioxyde de soufre atteignant le poumon. C'est pourquoi les expériences dont l'intensité nécessite une respiration oro-nasale diminuent la limite de la concentration des effets du dioxyde de soufre. Douze à quinze pourcent du dioxyde de soufre absorbé par la muqueuse nasale sont désorbés et exhalés. Le dioxyde de soufre peut également être inhalé lorsqu'il est adsorbé sur des particules inhalables ( $PM_{10}$ ).

Le dioxyde de soufre se dissocie rapidement dans l'eau et forme des ions hydrogène, bisulfure et sulfure. L'effet toxique du dioxyde de soufre pourrait résulter du gaz lui-même ou des ions formés.

A la surface des voies respiratoires, le rapport bisulfites ( $HSO_3^-$ )/sulfites ( $SO_3^{2-}$ ) est 5/1 ; le bisulfite est considéré comme un puissant agent bronchospastique chez les asthmatiques. Les ions bisulfites et sulfites peuvent réagir avec de nombreuses molécules et entraîner des dommages cellulaires. Il est peu probable qu'aux concentrations retrouvées habituellement, l'ion hydrogène joue un rôle particulier.

Le dioxyde de soufre absorbé passe dans le sang et est rapidement distribué dans tout l'organisme. Les sulfites vont réagir avec les protéines plasmatiques pour former des S-sulfonates.

Chez l'homme, les taux plasmatiques en sulfonates sont corrélés avec les taux atmosphériques de dioxyde de soufre. Les sulfites peuvent également réagir avec l'ADN.

La voie majeure de détoxification des sulfites est une oxydation en sulfates par la sulfite-oxydase essentiellement au niveau hépatique.

Le dioxyde de soufre est éliminé essentiellement par voie urinaire sous forme de sulfates.

### **Effets systémiques**

Plusieurs études d'exposition environnementale ont été menées chez des enfants. Les niveaux annuels d'exposition au dioxyde de soufre sont dans les zones les plus polluées de 68 - 275  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,026 – 0,10 ppm) et dans les zones les moins polluées de 10 - 123  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,0038 – 0,047 ppm).

Dans la majorité des études, les niveaux de pollution élevés sont associés avec une augmentation des symptômes respiratoires et une diminution faible ou nulle de la fonction respiratoire. Cependant, dans toutes ces études la présence de particules inhalables rend difficile l'interprétation des résultats.

Peu d'études ont été menées chez des adultes. Les résultats suggèrent l'influence de dioxyde de soufre lors de l'augmentation des pathologies respiratoires et de certains symptômes (toux et mucus).

Les organes ciblés prioritairement par le dioxyde de soufre absorbé par inhalation sont donc ceux constituant les voies respiratoires.

### **Effets cancérogènes**

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérogène du dioxyde de soufre.

Classification du caractère cancérogène du dioxyde de soufre		
UE	OMS (CIRC)	US EPA
-	3	-

### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

Le dioxyde de soufre n'est pas classé génotoxique.

Le dioxyde de soufre n'est pas classé toxique sur la reproduction ou le développement par l'Union Européenne.

Il existe de nombreuses études concernant les expositions environnementales au dioxyde de soufre et leur impact sur la reproduction et le développement mais aucune n'a mis en évidence une relation de causalité.

Une étude de cohorte réalisée sur la population taïwanaise a mis en évidence un lien statistique entre l'exposition au dioxyde de soufre et la naissance d'enfants de faible poids. Une augmentation de 26% des naissances d'enfants de faible poids a été constatée lors d'exposition maternelle à des concentrations de dioxyde de soufre estimées supérieures à 11,4 ppb pendant la grossesse.

**Valeurs Toxicologiques de Référence**

Aucune VTR n'est disponible pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Aussi, à défaut de VTR et afin de considérer ce composé dans le cadre des ERS, la valeur guide proposée par l'Article R.221-1 du Code de l'Environnement a été retenue pour les effets à seuil. Elle est indiquée dans le tableau suivant.

Valeur guide pour le SO <sub>2</sub>	
Voie d'exposition	Effets à seuil
Inhalation	50 µg/m <sup>3</sup>

**3.3. Poussières**

Le terme « poussières » désigne les matières présentes dans l'atmosphère, sous forme solide ou liquide, de petite taille (de 1 à 100 µm). La composition et la nature chimique des particules sont très variables : cendres, aérosols, hydrocarbures, acides...

Malgré une concentration faible dans l'environnement, ces polluants peuvent avoir des effets toxiques, en particulier s'ils sont combinés au dioxyde de soufre. Les petites particules (de diamètre inférieur à 3 µm) peuvent pénétrer profondément les voies respiratoires, les moyens de défense naturels de l'organisme étant inefficaces pour les particules fines. Ces particules ont un effet toxique soit par leur composition, soit en étant le vecteur d'autres polluants.

Les organes cibles des poussières absorbées par inhalation sont essentiellement les poumons et les autres organes des voies respiratoires en général.

**Valeurs Toxicologiques de Référence**

Aucune VTR n'est disponible pour les poussières. Aussi, à défaut de VTR et afin de considérer ces composés dans le cadre des ERS, la valeur guide proposée par l'OMS (2005) pour les PM<sub>10</sub> (particules d'un diamètre inférieur ou égal à 10 µm) a été retenue pour les effets à seuil. Elle est indiquée dans le tableau suivant.

Valeur guide pour les PM <sub>10</sub>	
Voie d'exposition	Effets à seuil
Inhalation	20 µg/m <sup>3</sup>

Les éventuels effets liés à la composition chimique des particules sont pris en compte lors de l'évaluation des effets des composés chimiques sous forme particulaire (métaux, HAP).

### 3.4. Acide chlorhydrique

Source : Fiche INRS, FT13, 2010

L'acide chlorhydrique est utilisé pour la fabrication d'engrais et dans de nombreuses industries telles que l'industrie métallurgique, pharmaceutique, photographique, alimentaire.

#### **Effets systémiques**

L'exposition chronique, de l'homme, à l'acide chlorhydrique peut engendrer :

- une gingivostomatite et des érosions dentaires ;
- des dermatoses orthoergiques ;
- une irritation des voies respiratoires qui se traduit par des épistaxis, des ulcérations nasales qui peuvent aboutir, à terme, à une bronchite chronique si les conditions sont particulièrement défavorables.

#### **Effets cancérigènes**

L'exposition de rats à 10 ppm d'acide chlorhydrique, 6 heures par jour et 6 jours par semaine, pendant toute leur vie, n'augmente ni la mortalité, ni l'incidence des tumeurs malignes chez les animaux traités.

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérigène de l'acide chlorhydrique.

Classification du caractère cancérigène de l'acide chlorhydrique		
UE	OMS (CIRC)	US EPA
-	3	-

#### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

L'acide chlorhydrique ne fait pas l'objet d'une classification par l'Union Européenne.

Aucune donnée relative aux effets sur la reproduction d'une exposition à l'acide chlorhydrique n'a été trouvée auprès des organismes consultés (INERIS, OMS, ATSDR, INRS).

**Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques retenues pour ce composé sont présentées dans le tableau suivant.

Valeurs Toxicologiques de Référence de l'acide chlorhydrique		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 20 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) IRIS, 07/1995	-

**3.5. Benzène**

Sources : Fiche INERIS, Version N°3, mars 2006. Fiche INRS, FT 49, édition 2007, Toxicological profile for Benzene, ATSDR, août 2007.

Le benzène est produit principalement dans l'industrie pétrochimique. Il est obtenu :

- par reformage catalytique ;
- à partir de l'essence de pyrolyse ;
- par hydrodésalkylation du toluène.

Le benzène est principalement utilisé pour produire de l'éthylbenzène servant à la synthèse du styrène destiné à la fabrication de matières plastiques et d'élastomères.

Le présence de benzène dans l'environnement est naturelle (feux de forêts, activité volcanique) ou anthropique. L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanations lors du remplissage des réservoirs).

La voie majeure d'exposition au benzène est l'inhalation. 50 % de la quantité de benzène inhalée est absorbée. Le benzène possède un tropisme préférentiel vers les graisses et les tissus riches en lipides. En cas d'intoxication chronique, il se distribue également dans le foie. Cette substance est éliminée sous forme inchangée dans les urines (moins de 1 %) et dans l'air expiré, 10 à 50 % selon l'activité physique et l'importance du tissu adipeux. Le reste est biotransformé. Il est métabolisé essentiellement dans le foie, mais aussi dans les autres tissus où il s'est fixé, notamment la moelle osseuse.

**Effets systémiques**

De nombreuses études rapportent les effets observés lors d'exposition par inhalation à de fortes concentrations (supérieures à  $320 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) de benzène pendant plusieurs mois ou plusieurs années. Ces études ont mis en évidence des effets hématologiques sévères. Malgré les difficultés d'évaluation des niveaux d'exposition au benzène et la présence concomitante d'autres composés chimiques, le système hématopoïétique apparaît comme l'organe cible lors de l'exposition au benzène. Des études plus récentes effectuées à des concentrations plus faibles rapportent également des effets hématologiques mais à des niveaux moindres.



Le benzène induit également des altérations de l'immunité cellulaire et humorale lors d'exposition humaine par inhalation. Les altérations de l'immunité cellulaire concernent à la fois les leucocytes circulants et les lymphocytes.

Peu d'informations relatives aux autres effets toxiques du benzène sont disponibles chez l'homme. Toutefois, des effets cardiovasculaires ont été décrits comprenant une fibrillation ventriculaire lors d'exposition par inhalation aux vapeurs de benzène. D'autres résultats suggèrent également une atteinte du système nerveux comprenant le système nerveux périphérique et/ou la moelle épinière.

### ***Effets cancérogènes***

Les données scientifiques sont suffisantes pour permettre d'établir une relation entre l'apparition de leucémies non lymphatiques et l'exposition cumulée à des niveaux élevés de benzène. Pour des expositions moins élevées, le lien est moins clair.

De très nombreuses études de cas et plusieurs études épidémiologiques de cohortes attestent le pouvoir leucémogène du benzène pour des expositions supérieures à 100 ppm. Ainsi, il est considéré qu'il existe des indices suffisants de cancérogénicité du benzène chez l'homme.

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérogène du benzène.

Classification du caractère cancérogène du benzène		
UE	OMS (CIRC)	US EPA
C1A, M1B	1	A

### ***Effets génotoxiques - Effets sur la reproduction***

Le benzène a été classé par l'Union Européenne en catégorie 2 (M2) donc comme « Substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme. ».

Le benzène ne fait pas l'objet d'une classification par l'Union Européenne pour son pouvoir reprotoxique.

Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation. Cependant, les effets du benzène sur la reproduction et le développement par inhalation ne sont pas suffisants pour établir une relation causale.

Les rares études réalisées par voie orale montrent que le benzène présenterait un effet embryotoxique chez la souris pour des expositions par gavage à des doses de 1 300 mg/kg/j du 8<sup>ème</sup> au 12<sup>ème</sup> jour de la gestation.

**Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques retenues pour ce composé sont présentées dans le tableau suivant.

Valeurs Toxicologiques de Référence pour le benzène		
Voie d'exposition	Effet à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 9,6 µg/m <sup>3</sup> ANSES, 05/2008	ERU = 6,0 x 10 <sup>-6</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ANSES, 05/2008

**3.6. Dioxines/furanes**

Sources : Fiche INERIS, « Dioxines », version n° 2-1, avril 2005, INSERM, "Dioxines dans l'environnement, quels risques pour la santé ?", expertise collective, 2000. ATSDR, Toxicological Profile for chlorinated dibenzo-*p*-dioxins, 2008.

Les dioxines sont des contaminants produits au cours de nombreux processus chimiques impliquant du chlore, du carbone, de l'oxygène et une température élevée. Les deux principales sources d'émission de dioxines résultent des activités d'incinération de déchets ménagers, de métallurgie et de sidérurgie. Ils sont également formés lors de la synthèse chimique de dérivés aromatiques chlorés ainsi qu'au cours de processus biologiques et de réactions photochimiques naturels.

Les dioxines sont présentes dans tous les compartiments de l'écosystème (air, sol, sédiments aquatiques et marins, animaux).

Le terme « dioxines » désigne un groupe de 75 congénères du groupe des dibenzo-*p*-dioxines polychlorées (PCDD) et de 135 congénères du groupe des dibenzofuranes polychlorés (PCDF), dont 17 revêtent une importance toxicologique. Ces 17 congénères substitués en position 2,3,7,8 (7 congénères PCDD et 10 congénères PCDF) font l'objet d'une bioaccumulation intense dans les organismes vivants où ils subissent une dégradation biologique lente, variable en fonction de la nature du congénère. La toxicité des dioxines diminue quand le nombre de chlore croît. Au-delà de 5 atomes de chlore, la toxicité chute brutalement. Le congénère le plus toxique est la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (TCDD), dite « dioxine de Seveso ».

La potentialité toxique des 17 congénères identifiés peut être exprimée en référence au composé le plus toxique, la 2,3,7,8-TCDD, par l'intermédiaire de *Toxic Equivalent Factors* (TEF). Ce facteur d'équivalent toxique est une mesure qui permet de rapporter la toxicité d'un congénère donné à une fraction de celle du plus toxique (2,3,7,8-TCDD) à laquelle est affecté un coefficient égal à 1.

Ainsi, pour un mélange de congénères, les concentrations seront converties en une valeur d'équivalent toxique (TEQ, 'toxic equivalent quantity') selon la formule suivante :

$$TEQ = \sum (TEF \times concentration.en.PCDD.ouPCDF)$$

Les dioxines sont des composés peu volatils, peu solubles dans l'eau mais très solubles dans les lipides. Cette fonction lipophile leur permet de traverser les membranes cellulaires et de s'accumuler dans les tissus gras de l'organisme. Les dioxines sont des composés chimiquement stables qui se concentrent le long de la chaîne alimentaire. L'alimentation représente donc la voie majeure d'exposition pour l'homme. La stabilité biochimique de ces composés est également très importante, en particulier pour les composés les plus chlorés.

Globalement, il est donc admis que l'exposition moyenne des populations se fait à 95 % par voie alimentaire, en particulier par ingestion de graisses animales (lait et produits laitiers, viandes, poissons). L'apport le plus important est dû aux produits d'origine bovine (lait et dérivés, viande et abats) ; les volailles et le porc constituent des sources moindres, en raison de leur mode d'élevage en bâtiments (sauf en cas de contamination des aliments).

Le bruit de fond auquel la population française est exposée par l'intermédiaire de l'alimentation est estimé à 52,9 pg TEQ/personne/jour (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 1999).

### ***Effets systémiques***

Il a été montré à maintes reprises que l'exposition à des doses relativement élevées de dioxines entraîne des effets dermatologiques (chloracné). Cependant, il ne semble pas exister de relation directe entre le niveau d'exposition et cette manifestation.

Un risque augmenté de maladies cardiovasculaires et de modification des taux de lipides sanguins (cholestérol total et triglycérides augmentés) ont été observés dans certaines études de travailleurs de l'industrie, à Seveso et dans l'étude Ranch Hand (ancien combattants de Vietnam exposés à l'agent orange, mélange défoliant fortement contaminé en dioxines).

D'autres effets ont été décrits, comme des modifications de la fonction thyroïdienne, des effets neurologiques ou neuropsychologiques, mais les résultats reposent sur peu d'observations.

### ***Effets cancérigènes***

De nombreuses études épidémiologiques ont évalué les effets des dioxines sur le développement de cancers chez l'homme. Les études épidémiologiques les plus formatives sont celles qui ont étudié d'une part la population de Seveso, et d'autre part les travailleurs exposés dans les usines produisant des herbicides, des chlorophénols et des chlorophénoxy.

Des excès de risque faibles pour tous cancers confondus ont été trouvés dans toutes les cohortes industrielles pour lesquelles l'exposition aux PCDD/PCDF était correctement évaluée. Cet excès de risque était de l'ordre de 40 %, 20 ans après la première exposition. Il ne semble pas qu'un cancer particulier prédomine dans les populations exposées.

Les dioxines sont cancérigènes, mais non mutagènes, et induisent de nombreux cancers différents, dont principalement des tumeurs hépatiques et des cancers du poumon. L'US EPA considère ces substances comme des "cancérogènes complets".

Le tableau suivant présente les différentes classifications du caractère cancérigène de la 2,3,7,8-TCDD :

Classification du caractère cancérigène de la 2,3,7,8-TCDD		
UE	OMS (CIRC)	US EPA
-	1 <sup>(*)</sup>	-

<sup>(\*)</sup> Les avis divergent quant à la classification du pouvoir cancérigène de la 2,3,7,8-TCDD (voir, INERIS, Fiche Toxicologique "Dioxines" du 24/04/2006).

### Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction

La plupart des études épidémiologiques menées sur les effets sur la reproduction et le développement concernent l'exposition paternelle. Il s'agit du suivi des cohortes fortement exposées à la 2,3,7,8-TCDD et autres PCDD comme les cohortes de Seveso et de Ranch Hand, ainsi que les populations industrielles. La plupart des études ont cependant une trop faible puissance pour détecter une augmentation du risque de malformation à la naissance et les résultats sont discordants concernant l'augmentation de risque d'avortements spontanés.

Quelques études mettent en évidence une atteinte de la fertilité lors d'expositions accidentelles ou industrielles. Il s'agit essentiellement d'anomalies de la spermatogenèse : hypoasthénospermie et tératospermie. Toutes les études n'ont pas confirmé ces atteintes.

### Valeurs Toxicologiques de Référence

Les valeurs toxicologiques utilisées pour l'évaluation des impacts sanitaires de la 2,3,7,8-TCDD sont présentées ci-dessous.

Valeurs Toxicologiques de Référence de la 2,3,7,8-TCDD <sup>(1)</sup>		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil <sup>(2)</sup>
Inhalation	CAA = $3,5 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS, 2000	-

<sup>(1)</sup> Pour les dioxines et furanes, la valeur toxicologique du 2,3,7,8-TCDD est appliquée.

<sup>(2)</sup> Le mécanisme d'action cancérigène des dioxines est non génotoxique. L'ensemble de la communauté scientifique, y compris les experts de l'US-EPA, est d'accord. Cela conduit à reconnaître un seuil de toxicité en dessous duquel l'exposition n'a pas de conséquences néfastes pour l'organisme. Aussi, seule une VTR à seuil est retenue et la VTR sans seuil proposée par CalEPA n'est pas prise en compte. (Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact, [http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/etud\\_impact/index.htm](http://www.sante.gouv.fr/hm/dossiers/etud_impact/index.htm)).

## 3.7. Antimoine

Sources : INERIS, *Antimoine et ses dérivés*, 25 avril 2007.

L'antimoine est utilisé dans la fabrication d'alliages avec le plomb, l'étain et le cuivre (il augmente la dureté du plomb). Avec l'étain, il est utilisé dans la fabrication du "métal

anglais". Avec le plomb et l'étain, il est utilisé dans la fabrication d'alliages antifriction. Il est également employé dans la fabrication des plaques de plomb des batteries, des plombs de chasse, des semi-conducteurs, des piles thermo-électriques, pour le traitement de surface des métaux et pour le noircissement du fer.

L'antimoine est présent naturellement dans la croûte terrestre et les rejets dans l'atmosphère proviennent aussi bien des sources naturelles que des sources anthropiques. 41 % des émissions dans l'air proviennent de sources naturelles : particules de sol transportées par le vent, volcans, aérosols marins, feux de forêts, sources biogéniques. Les sources anthropiques de rejet dans l'atmosphère incluent l'industrie des métaux non ferreux (extraction minière, fusion, raffinage) et la combustion du charbon et des ordures. Les rejets dans l'eau proviennent d'industries liées à la production et à l'utilisation de l'antimoine et de ses composés. La plus grande partie de l'antimoine dispersé dans l'environnement est retrouvée dans les sols.

L'absorption par voie respiratoire dépend de la taille des particules sur lesquelles sont adsorbées l'antimoine. Aucune donnée sur l'absorption par voie orale et cutanée chez l'homme n'a été rapportée. L'antimoine absorbé lors de l'inhalation serait éliminé dans les fèces et les urines. Dans le cas d'une absorption par voie orale, l'antimoine serait excrété majoritairement dans les fèces.

### ***Effets systémiques***

#### **Par inhalation**

L'exposition professionnelle par inhalation à du trioxyde d'antimoine et/ou des poussières de pentoxyde d'antimoine (8,87 mg d'antimoine/m<sup>3</sup> ou plus) a entraîné des effets respiratoires incluant une stibiose (pneumoconiose stibiée), de la bronchite chronique, de l'emphysème chronique, des adhésions pleurales et des effets pulmonaires obstructifs.

Des travailleurs exposés à 0,58 à 5,5 mg d'antimoine/m<sup>3</sup> sous forme de trisulfure d'antimoine pendant 8 mois à deux ans ont présenté une augmentation de la pression sanguine (10 %) et des altérations de l'électrocardiogramme chez 5 % des sujets (anomalies de l'onde T). Cependant ces travailleurs étaient également exposés à une résine à base de phénol et de formaldéhyde.

Des travailleurs exposés moins de cinq mois à des fumées d'oxyde d'antimoine à des concentrations de 4,69 à 11,82 mg/m<sup>3</sup> ont présenté des rhinites, dermatites, laryngites, bronchites, pneumonites et conjonctivites. Cependant ces travailleurs étaient également exposés à de faibles concentrations d'arsenic (0,39 à 1,10 mg/m<sup>3</sup>).

#### **Par ingestion**

Aucune donnée concernant les effets toxiques de l'antimoine et de ses dérivés lors d'une exposition chronique par voie orale n'a été recensée.

Des études chez l'animal ont mis en évidence des effets tels qu'une diminution de la durée de vie, une augmentation du taux de cholestérol sérique, une diminution de la glycémie post-prandiale ou encore une diminution des taux d'hématocrite, d'hémoglobine et de protéines plasmatiques.



**Effets cancérigènes**

Une étude chez des travailleurs exposés par inhalation à des oxydes d'antimoine n'a pas mis en évidence d'augmentation de l'incidence des cancers.

Chez l'animal, des études ont montré une augmentation de l'incidence des tumeurs pulmonaires suite à une exposition par inhalation à du trioxyde d'antimoine et du minerais d'antimoine.

Chez des rats ou des souris exposés par voie orale pendant toute leur vie à de l'antimoine introduit dans l'eau de boisson, aucune augmentation de l'incidence des cancers n'a été observé.

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérigène de l'antimoine et de ses dérivés.

Classification du caractère cancérigène de l'antimoine et de ses dérivés		
Union Européenne	IARC	IRIS (EPA)
Trioxyde d'antimoine : C2	Trioxyde d'antimoine : 2B Trisulfure d'antimoine : 3	-

**Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

L'antimoine et ses dérivés ne sont pas classés quant à leur caractère génotoxique ou reprotoxique par l'Union européenne.

Chez des femmes exposées professionnellement à des poussières contenant de l'antimoine métallique, du trioxyde d'antimoine et du pentasulfure d'antimoine sur une période de deux ans, il a été observé une augmentation de l'incidence des avortements spontanés, des naissances prématurées et des perturbations du cycle menstruel. Le niveau d'exposition à l'antimoine ainsi que la présence d'autres composés n'est cependant pas connu.

Chez l'animal, une diminution du nombre de nouveaux-nés a été observée lors d'une exposition par inhalation. Aucun effet sur le développement (nombre de nouveaux-nés par portée et effets tératogènes macroscopiques) n'a été observé chez les nouveaux-nés de rats exposés par voie orale.

**Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques retenues pour l'antimoine sont présentées dans le tableau suivant.

Valeurs Toxicologiques de Référence de l'antimoine		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 1,4 µg/m <sup>3</sup> (Dérivée de la voie orale) IRIS, 1991	-

### 3.8. Arsenic

Sources : Fiche INERIS, *Arsenic et ses dérivés inorganiques*, version n°4, 2010. ATSDR, *Toxicological profile*, août 2007.

L'arsenic et ses dérivés ont de très nombreuses applications industrielles et agricoles, parmi lesquelles l'utilisation dans les alliages pour les batteries électriques, dans les pigments des peintures et comme pesticides.

L'arsenic existe sous différents degrés d'oxydoréduction. Les composés les plus courants, mis à part les sulfures, sont les combinaisons avec l'oxygène. L'arsenic forme également des composés organiques très stables. L'origine naturelle de l'arsenic est essentiellement l'érosion de la croûte terrestre, les phénomènes volcaniques et les feux de forêts. La majeure partie de l'arsenic anthropique atmosphérique provient des fumées émanant des industries de production d'As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et de la combustion de produits fossiles (charbon, ...).

La principale voie d'absorption de l'arsenic est la voie orale. Les arsénates et les arsénites sont bien absorbés par voie orale et par inhalation. Chez l'homme, l'absorption est estimée à 95 % par voie orale et à 30-40 % par inhalation. L'arsenic et ses métabolites méthylés sont éliminés dans les urines. Toutefois, l'élimination dépend de la valence de l'arsenic, de la voie d'administration et de la dose. La forme pentavalente, la voie orale et les faibles doses sont associées à une élimination rapide.

Les études effectuées chez l'animal montrent que lors de l'exposition par inhalation, l'arsenic est retrouvé dans tous les organes internes.

#### **Effets systémiques**

La grande majorité des effets liés aux dérivés de l'arsenic sont induits par les dérivés inorganiques. Les rares études relatant les effets induits par les dérivés organiques de l'arsenic ont été réalisées chez l'animal.

Lors de l'exposition par inhalation de l'homme à des concentrations en arsenic de 0,613 et 0,007 mg/m<sup>3</sup>, les effets cutanés observés sont du même type que ceux décrits pour les expositions par ingestion. Plus précisément, sont observées des lésions d'hyperkératose des paumes de mains et de la plante des pieds associées à des excroissances en forme de verrues ou boutons. Cette hyperkératose est associée à une alternance de zones d'hyperpigmentation et hypopigmentation sur la face, le cou et le dos.

Une étude effectuée chez des ouvriers suédois de fonderie exposés à l'arsenic (expositions comprises entre 0,05 et 0,5 mg/m<sup>3</sup>) a montré une forte prévalence de syndrome de Raynaud (troubles de la circulation du sang dans les extrémités engendrant des fourmillements, des changements de couleurs) chez le groupe exposé par rapport au groupe témoin. Troubles qui ne disparaissent pas au cours des périodes de vacances.

Plusieurs études réalisées chez des salariés exposés par inhalation aux vapeurs de trioxyde, composé de l'arsenic, montrent une augmentation du risque de mort par accident cardio-vasculaire. Certaines études ne retrouvent pas ces résultats.

A l'inverse de l'exposition par ingestion, l'exposition par inhalation aux dérivés inorganiques de l'arsenic n'induit pas d'effets hématologiques.

Des neuropathies périphériques sensorielles et motrices et des encéphalopathies franches sont rapportées lors d'expositions par inhalation aux dérivés inorganiques de l'arsenic. Ces effets sont partiellement réversibles à l'arrêt de l'exposition.

Chez des salariés exposés par inhalation à des niveaux élevés de poussières et vapeurs d'arsenic inorganique, des nausées, vomissements et diarrhées sont rapportées. Ces effets sont réversibles et ne sont pas retrouvés lors d'expositions professionnelles à de faibles niveaux.

Très peu d'auteurs ont cherché à identifier les effets induits sur le système immunitaire lors de l'exposition par inhalation aux dérivés inorganiques de l'arsenic. Une étude a montré que les niveaux d'immunoglobulines ne sont pas altérés dans le sérum de salariés exposés.

### **Effets cancérigènes**

Plusieurs études de populations exposées professionnellement à l'arsenic inorganique (travailleurs de fonderies, d'usines de fabrication de certains pesticides, des vergers, des négociants en vin) établissent une relation entre inhalation d'arsenic et le cancer des voies respiratoires. Trois études prises collectivement démontrent une augmentation statistiquement significative du risque de cancer du poumon pour des niveaux d'exposition à l'arsenic supérieurs à 75 mg/m<sup>3</sup>/an. Le risque semble augmenter plus rapidement avec la dose pour de faibles expositions cumulées qu'avec les fortes expositions.

Une étude a également permis d'observer des décès par cancer des tissus lymphatiques. Par contre, le lien entre l'exposition à l'arsenic et les cancers cutanés par d'autres voies que l'ingestion ne semble pas totalement établi.

Le tableau suivant présente les différentes classifications du caractère cancérigène de l'arsenic :

Classification du caractère cancérigène de l'arsenic			
Composé	UE	OMS (CIRC)	US EPA
Pentoxyde et trioxyde d'arsenic, l'arséniate de plomb	C1A	1	A
Arsenic métallique	-		

### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

Le pentoxyde d'arsenic, l'arséniate de plomb, l'arsenic et l'arsenic sont classés comme non mutagènes par l'Union Européenne.

Des études épidémiologiques réalisées sur des salariées ou des populations voisines exposées par inhalation à l'arsenic sous forme inorganique ont montré que les enfants

nés de ces femmes présentaient un taux de malformations supérieur à celui attendu et un poids de naissance diminué. Cependant, les résultats de ces études sont le fruit d'une co-exposition, ils ne peuvent donc être corrélés avec l'exposition à l'arsenic.

#### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques utilisées pour l'évaluation des impacts sanitaires de l'arsenic sont présentées ci-dessous :

<b>Valeurs Toxicologiques de Référence de l'arsenic inorganique et ses dérivés</b>		
<b>Voies d'exposition</b>	<b>Effets à seuil</b>	<b>Effets sans seuil</b>
Inhalation	CAA = 1 µg/m <sup>3</sup> RIVM, 03/2001	ERU = 4,3 x 10 <sup>-3</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> US EPA, 04/1998

### **3.9. Cadmium**

*Source : Fiche INERIS, Cadmium et ses dérivés, version 2-3, février 2005.*

Le cadmium est principalement utilisé pour la métallisation des surfaces, dans la fabrication électrique, dans les pigments, les stabilisants pour les matières plastiques et les alliages.

Le cadmium est un élément relativement rare et n'existe pas naturellement à l'état natif. Il est présent dans la croûte terrestre où il est principalement associé au zinc et au plomb. Le cadmium est également obtenu comme sous-produit de raffinage du plomb et du cuivre. Il est utilisé sous de nombreuses formes : oxyde, chlorure, sulfure ou encore sulfate de cadmium.

Les deux principales voies d'absorption sont l'inhalation et l'ingestion. Par voie pulmonaire, une fraction du cadmium se dépose le long du tractus respiratoire en fonction de la taille. Puis en fonction de l'hydrosolubilité, les sels les plus solubles : chlorures et oxydes sont absorbés à environ 90-100 % et les sulfures sont absorbés à hauteur de 10 %. Cette absorption peut se poursuivre pendant plusieurs semaines après une inhalation unique.

Le cadmium est transporté dans le sang fixé à l'hémoglobine ou aux métallothionéines. Le cadmium se concentre principalement dans le foie et les reins (entre 50 % et 70 % de la charge totale). Il est également retrouvé dans le pancréas, la glande thyroïde, les testicules et les glandes salivaires.

Le cadmium est excrété dans les fèces, les urines et les phanères. En l'absence de lésions rénales, l'excrétion urinaire du cadmium est proportionnelle à la charge corporelle aux niveaux rénal et hépatique.

#### **Effets systémiques**

Le principal organe cible est le rein. En effet, plusieurs études ont montré des atteintes rénales suite à des expositions par inhalation au cadmium.

Des troubles respiratoires ont été rapportés lors d'exposition réalisées par inhalation (niveau d'exposition compris entre 30 et 13 277  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$ ). Ces troubles sont essentiellement liés aux effets irritants des particules de cadmium. Ils correspondent à une diminution des fonctions respiratoires, de l'odorat, la survenue de rhinite, de bronchite et d'emphysème consécutif à la destruction des alvéoles pulmonaires.

Il est probable que le cadmium soit également à l'origine de neuropathie périphérique. Cette observation a été réalisée chez une population de retraités ayant été exposée au cadmium au cours de leur activité professionnelle.

### **Effets cancérigènes**

Différentes études en milieu professionnel, et correspondant à des expositions par inhalation, ont montré une augmentation significative de la mortalité par cancer pulmonaire ainsi que des troubles respiratoires divers. De nombreuses études effectuées en milieu professionnel ont mis en évidence un lien entre l'exposition au cadmium et le cancer pulmonaire mais également les cancers de la prostate. Une étude cas-témoin menée aux Etats-Unis a permis de mettre en évidence un lien faible entre l'exposition au cadmium et la survenue de cancer prostatique.

Le tableau suivant présente les différentes classifications du caractère cancérigène du cadmium :

Classification du caractère cancérigène du cadmium		
UE	OMS (CIRC)	US EPA
C1B, M1B, R1B	1	B1

### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

L'Union Européenne classe le chlorure de cadmium en catégorie 1B, c'est-à-dire substance devant être assimilée à des substances mutagènes pour l'homme. L'Union Européenne ne classe pas l'oxyde de cadmium, le sulfate de cadmium et le sulfure de cadmium.

Les études ayant cherchées à identifier un effet du cadmium sur la fonction de reproduction chez l'homme n'ont pas montré de diminution de la fertilité, ni d'effet sur la fonction endocrine (testostérone, hormone lutéine, hormone de stimulation de follicules). Ces études confirment les conclusions du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France basées sur des études plus anciennes et qui considéraient que « prises dans leur ensemble les données laissent penser que le retentissement de l'exposition modérée à long terme au cadmium sur la fertilité de l'homme est faible ».

### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques utilisées pour l'évaluation des impacts sanitaires du cadmium sont présentées ci-dessous :

Valeurs Toxicologiques de Référence du cadmium		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil



Inhalation	CAA = 0,3 µg/m <sup>3</sup> ANSES, 12/2011	- ANSES, 12/2011
------------	---	---------------------

### 3.10. Chrome

Source : Fiche INERIS Version 2-4, février 2005. ATSDR, Toxicological profile, September 2008.

Le chrome principalement utilisé pour la fabrication de pigments est par ailleurs utilisé de manière très diversifiée. En effet, il entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux, d'alliages, de matériaux réfractaires utilisés pour le garnissage de fours industriels. Il est également utilisé pour le chromage des métaux, le tannage du cuir. Il améliore la dureté des métaux et leur résistance à la corrosion.

Le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement chrome III et un peu chrome VI. Le chrome VI est largement transformé en chrome III dans les sols, les sédiments (favorisé en conditions anaérobie et à un pH faible). La solubilité du chrome VI est importante alors que le chrome III est généralement peu soluble.

Le chrome est présent dans l'environnement de manière ubiquitaire. Il s'agit d'un élément largement distribué dans la croûte terrestre. Le chrome est principalement concentré dans les roches. Seuls les composés trivalents (chrome III) et hexavalents (chrome VI) sont détectés dans l'environnement en quantités significatives. Dans les sols, le chrome issu de la roche mère est principalement sous forme trivalente. Le chrome hexavalent est la plupart du temps introduit dans l'environnement pour les activités industrielles. Les principales sources d'émission de chrome dans l'atmosphère sont l'industrie chimique, la combustion de gaz naturel, d'huile de charbon.

Les dérivés hexavalents du chrome pénètrent facilement dans l'organisme par toutes les voies d'administration. L'absorption gastro-intestinale est estimée entre 2 et 9 % pour le chrome VI. L'absorption du chrome trivalent est nettement plus faible que celle du chrome hexavalent. Le chrome III se retrouve dans le sang, l'urine et les cheveux et est éliminé principalement par les fèces après administration par voie orale.

#### **Effets systémiques**

##### **Par inhalation**

Le chrome VI est généralement responsable des manifestations toxiques observées. Le chrome III qui est un composé naturel de l'organisme possède également une action toxique.

Le tractus respiratoire est l'organe cible des effets lors de l'exposition par inhalation aux dérivés du chrome III et du chrome VI. Il s'agit d'atteintes au site de contact. Lors d'exposition au chrome VI, les principaux effets observés sont l'épistaxis, une rhinorrhée chronique, une irritation et des démangeaisons nasales, des bronchites, des pneumoconioses, une diminution des fonctions pulmonaires et des pneumonies.

Plus spécifiquement, lors d'exposition professionnelle aux chromates, il s'agit d'atrophie de la muqueuse nasale, suivie d'ulcérations puis de perforations. Ces effets sont

observés lors d'expositions professionnelles à des niveaux inférieurs ou égaux à 0,002 mg de chrome VI/m<sup>3</sup>.

Après solubilisation, le chrome et ses dérivés peuvent avoir un effet sensibilisant qui se manifeste par de l'asthme ou des dermatites. La prévalence de la sensibilisation au chrome dans la population générale est estimée à 0,7 %. La sensibilité aux dérivés du chrome VI est nettement supérieure à celle des dérivés du chrome III.

Des atteintes gastro-intestinales ont été observées lors d'expositions professionnelles par inhalation. Les effets observés sont des douleurs stomacales, des crampes, des ulcères gastro-duodénaux et des gastrites.

### **Par ingestion**

Une étude a montré que l'exposition par la voie orale au dichromate de potassium peut exacerber une dermite chez les individus sensibilisés au chrome. En effet, chez ces sujets, l'absorption de chrome entraîne une réaction eczémateuse.

Des ulcères buccaux, des diarrhées, des douleurs abdominales, des indigestions et des vomissements ont été décrits lors de l'absorption d'eau contaminée avec 20 mg de chrome VI/L.

### **Par contact cutané**

Certains composés du chrome (VI), tels que le trioxyde de chrome (acide chromique), le dichromate de potassium, le chromate de potassium, le dichromate de sodium, et le chromate de sodium, sont très caustiques et peuvent causer des brûlures par contact cutané. Ces brûlures peuvent faciliter l'absorption du composé et entraîner une toxicité systémique.

Une leucocytose, une néphrite aiguë avec polyurie et protéinurie, et une sensibilité et un œdème des muscles des extrémités ont été décrits chez un homme admis à l'hôpital avec des ulcères cutanés sur les deux mains dus à une exposition par contact cutané au dichromate d'ammonium dans une imprimerie, où il avait travaillé pendant quelques mois.

Une exposition sur le lieu de travail à des composés du chrome en suspension dans l'air a été associée à des effets sur le septum nasal, tels que des ulcérations et des perforations.

Une exposition professionnelle à long terme aux composés du chrome dans la plupart des industries associées au chrome peut provoquer des trous ou des ulcères pénétrants profonds sur la peau. L'inflammation des parties buccales, la kératose des lèvres, des gencives et du palais, la gingivite et la périodontie dues à une exposition de ces tissus muco-cutanés à du chrome en suspension ont également été observées avec une fréquence plus grande chez les travailleurs dans l'industrie du chromate que dans les groupes de contrôle.

### **Effets cancérigènes**

De nombreuses études épidémiologiques réalisées en Allemagne, en Italie, au Japon, au Royaume Uni ou aux Etats-Unis sur des salariés de la production des chromates ont

largement mis en évidence un excès de risque pour le cancer du poumon. Dans ces industries c'est une exposition au chrome III et chrome VI qui est le plus souvent rencontrée.

Le tableau ci-après présente la classification du pouvoir cancérigène du chrome.

Substance	Classification du caractère cancérigène du chrome		
	UE	OMS (CIRC)	US EPA
Composés du Chrome III	-	3	D

### **Effets génotoxiques - Effets sur la reproduction**

Le dichromate de sodium, le dichromate d'ammonium, le dichromate de potassium, le dichlorodioxyde de chrome et le dipotassium de chrome sont classés en catégorie 2 par l'Union Européenne soit comme « substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme ».

Chez l'homme, les seules études disponibles sont relatives à l'exposition de la femme en milieu professionnel, donc exposée *via* la voie respiratoire aux dichromates. Les résultats montrent une augmentation de l'incidence des complications au cours de la grossesse et de la naissance, une toxicose pendant la grossesse ainsi qu'une augmentation des hémorragies post-natales. Bien qu'ayant été pratiquées en présence d'un groupe témoin, ces études sont d'une qualité médiocre et ne permettent pas de conclure.

Certains composés du chrome (dichromate de sodium, dichromate d'ammonium, dichromate de potassium, ...) sont classés en catégorie 2 par l'Union Européenne pour leurs effets reprotoxiques.

### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques retenues pour le chrome III sont présentées dans le tableau suivant.

Valeurs Toxicologiques de Référence du chrome III		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 6 µg/m <sup>3</sup> OMS, 2009	-

## **3.11. Cobalt**

Source : INERIS, Cobalt, version n°2, avril 2006

Le cobalt entre dans la production de nombreux alliages utilisés dans les industries électrique, aéronautique et automobile (avec le chrome, le nickel, le molybdène, le béryllium, l'aluminium ou le cuivre), ou d'alliages très durs. Il est également employé

dans la fabrication d'aimants permanents, de métaux réfractaires, de pigments pour le verre et les céramiques, etc.

Le cobalt est présent naturellement dans les sols. Aussi les principales sources naturelles d'exposition sont les éruptions volcaniques et les feux de forêts. Les principales sources d'exposition anthropiques sont les fumées des centrales thermiques et des incinérateurs, les échappements des véhicules à moteur thermique, les activités industrielles liées à l'extraction du minerai et aux processus d'élaboration du cobalt et de ses composés.

La poudre métallique inhalée se dépose dans les voies respiratoires et est absorbée lentement. Le taux de rétention pulmonaire de l'oxyde de cobalt après 180 jours est de 50 % de la dose initiale, avec quelques variations minimales en fonction de la taille des particules.

L'absorption gastro-intestinale est variable (18 à 97 %) et dépend de la dose, du composé et du statut nutritionnel.

Le cobalt est un co-facteur de la cyanocobalamine (vitamine B12) qui intervient comme co-enzyme de nombreuses réactions enzymatiques dont celles de l'hématopoïèse. Il a ainsi une large distribution tissulaire avec une accumulation préférentielle au niveau hépatique. Toutefois, quelle que soit la voie d'exposition, la majorité du cobalt est éliminée rapidement par voie fécale et urinaire.

### ***Effets systémiques***

#### **Par inhalation**

Le système respiratoire est l'une des principales cibles lors d'une exposition par inhalation. Les effets sur le système respiratoire d'une exposition chronique professionnelle par inhalation sont multiples. Il est observé de l'irritation respiratoire, une respiration bruyante, de l'asthme, des pneumonies et une fibrose pour des niveaux d'exposition de 0,007 à 0,893 mg/m<sup>3</sup> et des durées d'exposition de 2 à 17 ans.

Une exposition professionnelle à des poussières de cobalt entraîne des cardiomyopathies caractérisées par des anomalies fonctionnelles ventriculaires et une cardiomégalie. Le cobalt est considéré comme un agent cardiomyopathogène faible par inhalation alors qu'il s'agit d'un effet toxique majeur par voie orale.

#### **Par ingestion**

Chez l'homme, comme chez l'animal, l'exposition au cobalt par voie orale est caractérisée par des effets respiratoires, cardiovasculaires, gastro-intestinaux, hématologiques, musculo-squelettiques, hépatiques, rénaux, oculaires, thyroïdiens et sur l'état général.

Certaines études ont également mis en évidence la stimulation de la production de globules rouges chez l'homme, des cas de troubles oculaires sévères et des diminutions réversibles de l'activité thyroïdienne.

#### **Par contact cutané**

Le développement d'une dermatite est un effet classique d'une exposition cutanée au cobalt chez l'homme. Cette dermatite d'origine allergique a été mise en évidence par l'application de patchs et la réalisation d'injections intra-dermiques. Toutefois, les niveaux d'exposition associés n'ont pu être déterminés. Le cobalt, agent sensibilisant par voie cutanée, a une action synergique avec le nickel pour ce type d'effet.



**Effets cancérigènes****Par inhalation**

Chez l'homme, différentes études réalisées en milieu professionnel ont montré une augmentation des cas de cancer pulmonaire suite à une exposition atmosphérique au cobalt. Toutefois, l'interprétation des études disponibles concernant l'impact du cobalt par inhalation est difficile car il s'agit le plus souvent d'expositions multiples et notamment avec d'autres cancérogènes comme le nickel et l'arsenic.

**Par ingestion**

Une étude rétrospective aux Etats-Unis n'a pas permis d'établir de corrélation entre des décès liés au cancer et la présence de 0,03 à 0,54 mg/kg.j dans l'eau de boisson.

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérigène du cobalt.

Classification du caractère cancérigène du cobalt		
Union Européenne	IARC	IRIS (EPA)
Sulfate de cobalt : C1B, M2, R1B Chlorure de cobalt : C1B, M2, R1B	2B	-

**Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

Le caractère génotoxique du cobalt n'est pas classé par l'Union Européenne. En effet, il n'existe pas de résultats d'études des effets génotoxiques du cobalt chez l'homme et chez l'animal suite à une exposition par inhalation, voie orale ou voie cutanée.

Le traitement de femmes enceintes avec du chlorure de cobalt afin de pallier des troubles hématologiques à la dose de 0,6 mg de cobalt/kg/j pendant 90 jours, n'entraîne pas d'effets sur le développement des fœtus. Toutefois, ces observations se sont limitées à la période périnatale.

**Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques disponibles pour le cobalt concernent les effets à seuil.

Valeurs Toxicologiques de Référence du cobalt		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 0,1 µg/m <sup>3</sup> ATSDR, 10/2004	-

### 3.12. Mercure

Source : Fiche INERIS, *Mercur*e et ses dérivés, version n°4, septembre 2010

Le mercure est utilisé dans diverses activités industrielles. Aussi, il est présent dans les batteries électriques, les équipements électriques et les équipements de mesures, l'industrie chimique, les peintures et les amalgames dentaires.

L'importance volatilité du mercure fait que sa principale source dans l'environnement reste le dégazage de l'écorce terrestre, qui en rejette annuellement plusieurs milliers de tonnes. L'activité volcanique constitue également une source naturelle importante. Les rejets anthropiques sont principalement dus à l'exploitation des minerais (mines de plomb et de zinc), à la combustion des produits fossiles (charbon – fioul), aux rejets industriels (industrie du chlore et de la soude...) et à l'incinération de déchets.

Chez l'homme, le mercure élémentaire sous forme vapeur est essentiellement absorbé par voie pulmonaire. Le taux d'absorption est alors de 75 à 85 %. Le mercure élémentaire ainsi absorbé est distribué dans tout le corps. En effet, du fait de ses propriétés lipophiles, il traverse facilement la barrière sang/cerveau et placentaire. Le mercure élémentaire s'accumule prioritairement dans les reins alors que le mercure inorganique divalent, atteint de façon similaire tous les organes. A l'inverse, aucune donnée concernant l'absorption du mercure organique par inhalation n'est disponible.

Peu d'étude traite de l'absorption par voie orale du mercure élémentaire et du mercure inorganique. Toutefois, l'absorption par voie orale de ces deux types de mercure semble faible. A l'opposé, l'absorption du mercure organique par voie orale est plus importante que celle du mercure inorganique ou élémentaire. Environ 95 % d'une dose de nitrate de méthylmercure sont absorbés par voie orale. Le mercure organique ainsi absorbé est distribué dans tout le corps et s'accumule dans les reins.

Les principales voies d'excrétion du mercure inorganique et du mercure élémentaire sont les urines et les fèces.

#### ***Effets non cancérogènes***

Les effets systémiques du mercure seront présentés en fonction du type de mercure considéré.

La plupart des données relatives à la toxicité du mercure élémentaire proviennent d'enquêtes épidémiologiques réalisées sur des salariés d'usines fabriquant du chlore. Chez l'homme exposé au mercure élémentaire, les organes cibles sont le système nerveux central et le rein. En effet, des expositions à long terme et à faibles concentrations (25 – 80 µg/m<sup>3</sup>) provoquent des tremblements, une irritabilité, une faible concentration intellectuelle et des troubles de la mémoire. De plus, le mercure élémentaire peut induire une protéinurie accompagnée de lésions du tube proximal puis du tube terminal des reins.

L'exposition par voie respiratoire au mercure élémentaire induit également chez les enfants la maladie rose. Cette maladie est caractérisée par une tuméfaction froide, humide et cyanotique des mains et des pieds accompagnée de prurit et de crises

sudorales, parfois de troubles nerveux ou de troubles cardiaques et un syndrome des ganglions lymphatiques mucocutanés.

Il est toutefois important de noter que l'INERIS précise que selon l'OMS la toxicité du mercure élémentaire n'est pas prouvée à l'exception des cas d'allergies. Ceci a été repris par un groupe d'experts suédois et dans un rapport Américain.

Chez l'homme aucune donnée concernant l'effet chronique du mercure inorganique après une exposition par voie pulmonaire n'est disponible. Par contre, chez l'animal une exposition par inhalation au mercure inorganique induit principalement des troubles neurologiques mais également des troubles respiratoires, cardiovasculaires, hépatiques et immunologiques.

L'exposition chronique par voie pulmonaire au mercure organique entraîne des troubles respiratoires, gastro-intestinaux, musculaires, hépatiques et neurologiques. En l'occurrence, 4 hommes ayant inhalé une concentration non connue en méthylmercure présentaient des troubles neurologiques tels que l'engourdissement, l'irritabilité etc.

### **Effets cancérigènes**

Un certain nombre d'études épidémiologiques ont été conduites pour examiner la mortalité par cancer chez des salariés exposés aux vapeurs de mercure élémentaire. Les résultats relatifs à ces études et plus précisément au risque de développement de cancer du poumon sont contradictoires. Aussi, ces études justifient le classement du mercure élémentaire dans le groupe 3.

Aucune étude épidémiologique n'a été réalisée sur l'effet cancérogène du mercure inorganique (chlorure de mercure). Les études menées chez le rat et la souris exposés pendant 2 ans par gavage montrent la présence d'adénomes et d'adénocarcinomes rénaux. Deux autres études ne mettent pas clairement en évidence la cancérogénicité du chlorure mercurique.

Les études menées chez l'homme pour examiner la relation entre l'exposition au méthylmercure et l'effet cancérogène éventuel n'ont pas été concluantes. Les études réalisées chez des souris exposées au méthylmercure par leur alimentation, ont montré une augmentation des tumeurs rénales uniquement chez les souris mâles. Chez le rat, les études sont plus limitées et les résultats n'ont pas permis de mettre en évidence un effet cancérogène du mercure organique.

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérogène du mercure.

Pouvoir cancérogène du mercure		
UE	OMS (CIRC)	US EPA
R1B	3	D

### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

Le mercure et ses dérivés n'ont pas fait l'objet d'une classification par l'Union Européenne pour leur pouvoir génotoxique.

Des études ont montré certains risques d'une exposition au mercure élémentaire sur la reproduction mais également le développement. Les effets observés sont des risques d'avortement, et une augmentation des malformations. Toutefois, il semble que la relation entre l'exposition au mercure élémentaire et les effets sur la reproduction ne soit pas aussi évidente.

Le mercure élémentaire est classé R2 par l'Union Européenne (« Substances devant être assimilées à des substances toxique pour la reproduction pour l'homme. »).

#### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques disponibles pour le mercure concernent les effets à seuil.

Valeur toxicologique de référence du mercure élémentaire		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 0,3 µg/m <sup>3</sup> IRIS, 06/1995	-

### **3.13. Nickel**

Sources : Fiche INERIS, version n°1-2, juillet 2006, INRS, FT68, 2009. OMS, Environmental Health Criteria 108, Geneva 1991. ATSDR, Toxicological profile, août 2005.

Le nickel est principalement utilisé pour la production d'aciers inoxydables très résistants à la corrosion et aux températures élevées. Il est utilisé sous forme d'alliages et de dépôts galvaniques pour la confection de pièces automobiles, de machines-outils, d'armements, d'outils, de matériel électrique, d'appareils ménagers et de pièces de monnaie. Les dérivés du nickel sont également utilisés comme catalyseurs, pigments et dans les batteries d'accumulateurs.

Le nickel est présent à l'état de traces dans l'ensemble des compartiments (sol, eau, air). Dans les polluants atmosphériques, le nickel est présent principalement sous forme de sulfates, d'oxydes, de sulfures et, dans une moindre mesure de nickel métallique. Il est essentiellement sous forme d'aérosols particuliers dont la teneur en nickel varie en fonction de leur origine.

L'homme est exposé à des concentrations atmosphériques en nickel dont les valeurs caractéristiques vont de 5 à 35 ng/m<sup>3</sup> en zones rurales et urbaines, d'où une absorption par inhalation de 0,1 à 0,7 µg de nickel par jour. Chez les fumeurs, les quantités absorbées par voie pulmonaire peuvent aller de 2 à 23 µg/jour pour une consommation quotidienne de 40 cigarettes. Dans les ambiances de travail, les concentrations de nickel en suspension dans l'air peuvent varier de quelques µg jusqu'à, parfois, plusieurs mg/m<sup>3</sup>, selon le processus industriel et la teneur en nickel des produits manipulés.

La principale voie de pénétration dans l'organisme en cas d'exposition professionnelle est l'absorption respiratoire avec résorption gastro-intestinale secondaire (formes solubles et insolubles). La résorption dépend de la solubilité du composé. De tous les dérivés du nickel, c'est le nickel carbonyle qui est le plus rapidement et le plus

complètement résorbé dans l'organisme de l'homme et des animaux. L'excrétion peut s'effectuer en principe dans toutes les sécrétions et notamment l'urine, la bile, la sueur, les larmes, le lait et le liquide muco-ciliaire. Le nickel qui n'est pas résorbé est éliminé dans les matières fécales.

### **Effets systémiques**

Chez des nickeurs et des ouvriers d'ateliers d'affinage du nickel, des effets chroniques tels que rhinite, sinusite, perforation de la cloison nasale et asthme ont été signalés. Certaines études font également état d'anomalies pulmonaires, notamment de fibrose, chez des ouvriers amenés à inhaler de la poussière de nickel. Des cas de dysplasie nasale ont également été rapportés chez des ouvriers travaillant dans des ateliers d'affinage du nickel.

Chez le rat et la souris des lésions des muqueuses et des réactions inflammatoires des voies respiratoires ont été provoquées suite à l'inhalation pendant une longue période du nickel métallique, de l'oxyde et du sous-sulfure de nickel. Des hyperplasies de l'épithélium ont également été observées chez des rats après inhalation d'aérosols de chlorure et d'oxyde de nickel.

### **Effets cancérogènes**

L'ensemble des données relatives aux effets cancérogènes des différents composés du nickel provient d'études en milieu professionnel.

Bien que quelques-uns des dérivés du nickel peuvent être cancérogènes, il n'existe que peu ou pas de risque décelable dans la plupart des secteurs de l'industrie du nickel aux niveaux d'exposition actuels. Cette observation vaut également pour certains procédés qui jusqu'ici étaient considérés comme engendrant des risques très élevés de cancers pulmonaire et nasal.

Toutefois, une exposition prolongée à des dérivés solubles du nickel à des concentrations de l'ordre de  $1 \text{ mg/m}^3$  peut entraîner une augmentation sensible du risque relatif de cancer pulmonaire. Pour un niveau d'exposition donné, le risque est plus important dans le cas des composés solubles que dans le cas du nickel métallique et peut-être des autres dérivés du nickel.

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérogène du nickel.

Classification du caractère cancérogène du nickel			
Composé du nickel	UE	OMS (CIRC)	US EPA
Nickel métallique	C2	2B	-
Poussières de raffinerie	-	-	A

### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

Aucune donnée relative à ces effets chez l'homme n'est disponible dans les documents consultés. Par contre, l'existence d'un transfert transplacentaire chez des rongeurs a été



mise en évidence. Toutefois, cette observation semble être relative à une voie d'administration différente de la voie pulmonaire.

Chez des rats et des hamsters, l'inhalation de nickel carbonyle a provoqué la mort des fœtus et une diminution de leur poids, avec en outre des effets tératogènes. Les études en question ne donnaient aucune information sur la toxicité des composés du nickel pour les femelles gestantes.

Le nickel ne fait pas l'objet d'une classification par l'Union Européenne en ce qui concerne les effets génotoxiques et les effets sur la reproduction.

#### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs de référence toxicologiques retenues sont présentées dans le tableau ci-dessous.

<b>Valeurs Toxicologiques de Référence du nickel inorganique et ses dérivés</b>		
<b>Voies d'exposition</b>	<b>Effets à seuil</b>	<b>Effets sans seuil</b>
Inhalation	CAA = $9 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$ ATSDR, 09/2005	ERU = $2,4 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ IRIS, 01/1991

### **3.14. Plomb**

Sources : Fiche INERIS, *Le plomb et ses dérivés*, version 2-1, 3 février 2003. ATSDR, *Toxicological profile*, août 2007.

Le plomb et ses composés sont présents dans de nombreux secteurs industriels. Traditionnellement, le plomb est utilisé dans les imprimeries, la métallurgie et la production de batteries électriques. Il est également utilisé pour divers produits, tels que : les munitions, les alliages, l'enrobage de câbles, les produits extrudés, les feuilles de plomb (protection contre les rayonnements), les soudures, la céramique, les masses de lestage, les tuyaux, les réservoirs... Afin de réduire l'exposition de la population au plomb, son utilisation dans l'essence, les tuyaux d'alimentation en eau potable et les peintures a été proscrite.

Le plomb est présent naturellement dans le sol, l'air, l'eau et les différents compartiments de la chaîne trophique (plantes, animaux...). Le plomb présent dans l'environnement est soit à l'état métallique, soit combiné avec d'autres éléments, tels que le carbone, l'oxygène et le soufre. Les trois principaux minerais du plomb sont le carbonate de plomb, le sulfure de plomb et le sulfate de plomb. Les principales sources naturelles d'émissions atmosphériques en plomb sont les éruptions volcaniques. Toutefois, les émissions naturelles sont négligeables par rapport aux émissions anthropiques. Le trafic automobile constituait par le passé la principale source d'émission de plomb. Toutefois, un important effort de réduction de l'utilisation de carburants contenant du plomb a été mené et désormais les sources d'émissions industrielles sont devenues la majeure source d'émission anthropique. Les principales industries émettrices de plomb sont les fonderies, les usines de production et de retraitement de batteries, les usines chimiques et les chantiers de démolition d'immeubles anciens, comportant de la peinture et des tuyaux contenant du plomb.

Le plomb existe principalement sous la forme inorganique ( $Pb^{2+}$  et ses composés) par opposition à sa forme organique (essentiellement tétra-alkyl de plomb). Les sources d'exposition, professionnelle ou environnementale correspondent à des risques spécifiques liés d'une part à l'état physique dans lequel se trouve le plomb et d'autre part à la spéciation du métal.

Le plomb pénètre dans l'organisme essentiellement par voie digestive et par voie pulmonaire. La principale voie d'absorption est digestive. Dans ce cas, la biodisponibilité du plomb dépend de sa solubilité dans le tractus intestinal. En effet, pour être absorbé il doit être transformé en sel hydrosoluble. Plusieurs auteurs s'accordent à donner des taux d'adsorption par voie orale chez l'adulte compris entre 5 et 10 % pour des consommations journalières de 0,1 à 0,4 mg. Chez l'enfant, les taux d'adsorption digestive sont beaucoup plus élevés que chez l'adulte. Ils sont de l'ordre de 20 % chez les enfants âgés d'une dizaine d'années et voisins de 50 % chez les enfants de moins de 2 ans.

Le plomb atmosphérique peut exister sous forme de vapeurs, de gaz ou de particules. Les vapeurs et gaz, après migration jusqu'aux alvéoles pulmonaires, passent dans le sang. Les particules métalliques les plus grosses sont éliminées des voies respiratoires hautes par le tapis muco-ciliaire puis dégluties. Les plus fines diffusent à travers la muqueuse des voies aériennes profondes et passent dans le sang. Le taux de déposition des particules inhalées est de l'ordre de 30 à 50 % et dépend de la taille des particules et de la ventilation pulmonaire. Une étude a montré que 20 à 30 % du plomb inhalé étaient absorbés. En ce qui concerne le plomb organique, environ 60 à 80 % seraient absorbés par les poumons.

### ***Effets systémiques***

Il apparaît que le plomb absorbé par inhalation et par ingestion modifierait le fonctionnement cellulaire et perturberait des voies métaboliques et différents processus physiologiques. Les voies d'exposition par inhalation et ingestion sont souvent indiscernables dans les études toxicologiques sur l'homme. Ainsi, les effets du plomb sont généralement identifiés à partir d'une mesure de dose interne (plombémie dans le sang).

Les intoxications chroniques sévères au plomb (plombémie > 1 500  $\mu g/l$ ) se traduisent chez l'adulte par une encéphalopathie saturnique grave. Les intoxications moins importantes (plombémie inférieure à 1 000  $\mu g/l$ ) conduisent à des troubles neurologiques (irritabilité, troubles du sommeil, anxiété, perte de mémoire, confusion et sensation de fatigue), observés chez l'adulte et chez l'enfant. A partir de symptômes similaires, des relations de type dose-réponse ont pu être observées sur des travailleurs répartis en fonction de leur taux de plombémie en trois groupes correspondant à de faibles (environ 200  $\mu g/l$ ), moyennes (de 210 à 400  $\mu g/l$ ) ou de fortes expositions (de 410 à 800  $\mu g/l$ ). Les sujets les plus exposés présentent également une diminution des capacités de raisonnement et des performances visuo-motrices. Les études ont montré que l'exposition au plomb chez l'enfant peut conduire à des conséquences à long terme au niveau du développement du système nerveux central.

Un des effets classiques du plomb est l'anémie. L'anémie, qui résulte de l'effet du plomb sur la lignée érythrocytaire, est généralement peu sévère et assez tardive. Cette anémie

est généralement non décelable pour des niveaux d'exposition assez faible (plombémie < 400 µg/l).

Des études épidémiologiques réalisées en milieu professionnel, où l'exposition par inhalation prédomine, ont mis en évidence une surmortalité par insuffisance rénale, liée à une exposition chronique à des concentrations atmosphériques élevées en plomb. Pour la population générale, certaines études suggèrent que des niveaux d'exposition au plomb plus faibles pourraient avoir des effets négatifs sur la fonction rénale.

Le système cardio-vasculaire, la glande thyroïde, les os et le système immunitaire peuvent également être affectés lors d'une exposition au plomb.

### ***Effets cancérogènes***

Chez l'homme, une conjonction de données indique qu'une exposition professionnelle chronique pourrait être associée à un risque accru de cancer bronchique ou du rein (pour des expositions de longue durée). D'autres analyses réalisées toujours en milieu professionnel ont rapporté de légers excès de cancers pulmonaires chez les sujets dont la plombémie avait dépassé 200 µg/l.

Le tableau suivant présente les différentes classifications du caractère cancérogène du plomb :

Classification du caractère cancérogène du plomb		
UE	OMS (CIRC)	US EPA
-	2B : plomb et ses dérivés inorganiques	B2 : plomb et dérivés inorganiques

### ***Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction***

Le caractère génotoxique du plomb n'est pas classé par l'Union Européenne.

Les études conduites chez l'homme montrent que l'exposition au plomb à long terme (6 à 10 ans, plombémie supérieure à 400 µg/l) provoque une réduction de la production de spermatozoïdes et perturbe la sécrétion d'hormones sexuelles (plombémie supérieure à 600 µg/l). Pour les femmes, une baisse de la fécondité a pu être associée à un groupe de femmes présentant des plombémies comprises entre 290 et 500 µg/l.

**Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques retenues pour le plomb sont résumées dans le tableau suivant.

Valeurs Toxicologiques de Référence du plomb et ses dérivés		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 0,5 µg/m <sup>3</sup> OMS, 2000	.*

\* L'INERIS conseille dans son rapport intitulé « Point sur les Valeurs Toxicologiques » en date de mars 2009 de ne pas retenir les VTR sans seuil pour le plomb. Ce rapport indique que le plomb est un cancérigène à seuil (c'est-à-dire non génotoxique). L'EFSA (European Food Safety Authority) indique également dans son rapport "Scientific Opinion in Lead in Food" (EFSA Journal 2010 ; 8(4) : 1570) que le plomb n'est pas génotoxique et que les doses expérimentales utilisées dans les études menées chez les animaux sont très élevées en comparaison de l'exposition humaine. Par ailleurs, l'OMS indique que la VTR à seuil élaborée pour le plomb est également protectrice des effets cancérigènes du plomb car les autres effets toxiques apparaissent à des doses d'exposition très faibles.

**3.15. Sélénium**

Source : ATSDR, Toxicological Profile, September 2003.

Le sélénium est une substance solide présente naturellement dans l'environnement, qui est distribuée largement mais de manière inégale dans la croûte terrestre. Il est également rencontré dans les roches et les sols. Le sélénium, sous sa forme pure de cristaux métalliques gris à noirs, est souvent nommé sélénium élémentaire ou poussières de sélénium. Le sélénium élémentaire est produit de manière commerciale, principalement en tant que sous-produit de raffinage du cuivre. Le sélénium est rarement rencontré sans l'environnement sous sa forme élémentaire, mais il est généralement combiné à d'autres substances. La plupart du sélénium dans les roches est combinée à des minéraux de sulfite ou à des minéraux d'argent, de cuivre, de plomb et de nickel. Le sélénium se combine également avec l'oxygène pour former plusieurs substances qui sont des cristaux blancs ou incolores. Certains composés du sélénium sont des gaz.

Le sélénium et ses composés sont utilisés dans certains appareils photographiques, le bleutage des armes (une solution liquide est utilisée pour nettoyer les parties métalliques d'une arme), les plastiques, les shampoings anti-pelliculaires, les suppléments vitamines et minéraux, les fongicides et certains types de verre. Le sélénium est également utilisé pour préparer des médicaments et comme complément alimentaire pour les volailles et le bétail.

Dans l'environnement, le sélénium omniprésent est émis à la fois par des sources naturelles et anthropogènes. L'érosion des roches et des sols peut résulter en des teneurs faibles de sélénium dans l'eau. L'érosion permet également l'émission du sélénium dans l'air sur de fines particules ressemblant à des poussières. Les éruptions volcaniques peuvent engendrer l'émission de sélénium dans l'air. Les principales sources de sélénium dans l'environnement dues aux activités humaines résultent de la combustion du charbon.

L'exposition au sélénium et à ses composés peut se produire par ingestion, inhalation et contact cutané. Des études toxicocinétiques d'inhalation quantitative chez l'homme n'ont

pas été réalisées. Des études chez le chien et le rat indiquent que suite à une exposition par inhalation, le taux et l'étendue de l'absorption varient selon la forme chimique du sélénium. Les études chez l'homme et les animaux de laboratoire indiquent que, lorsqu'ils sont ingérés, plusieurs composés du sélénium, y compris le sélénite, le sélénate, et le sélénométhionine sont facilement absorbés, souvent plus de 80% de la dose administrée. Bien qu'une étude chez l'homme n'ait pas permis de détecter de signes d'une absorption cutanée du sélénométhionine, une étude chez la souris indique que le sélénométhionine peut être absorbé par voie cutanée. Le sélénium s'accumule dans plusieurs organes du corps ; en général, les concentrations les plus élevées sont mesurées dans le foie et les reins. Le sélénium est principalement éliminé via les urines et les fèces à la fois chez l'homme et chez les animaux de laboratoire.

### ***Effets systémiques***

#### **Par inhalation**

Des données toxicologiques pour les expositions par inhalation sont disponibles pour le sélénium élémentaire, le dioxyde de sélénium, l'oxychlorure de sélénium, le séléniure d'hydrogène et le séléniure de diméthyle. Du fait qu'il existe peu d'études sur l'inhalation du sélénium sous une seule forme, toutes les études disponibles sur les expositions par inhalation aux composés du sélénium seront prises en considération.

Dans les études sur les expositions chez l'homme dans le milieu professionnel, il apparaît que le système respiratoire est le principal site de dommages après l'inhalation de poussières de sélénium ou de composés du sélénium, mais des effets gastro-intestinaux (probablement dus à du sélénium ingéré) et cardiovasculaires, ainsi qu'une irritation cutanée et oculaire ont également été observés. Cependant, peu d'informations disponibles associent exclusivement les effets sur la santé aux concentrations mesurées de poussières ou de composés du sélénium en raison de la possibilité d'expositions simultanées à de multiples substances sur le lieu de travail.

Aucune information n'a été trouvée concernant les effets hématologiques, musculo-squelettiques, cutanés ou oculaires chez l'homme ou chez l'animal après une exposition par inhalation au sélénium ou aux composés du sélénium.

#### **Par ingestion**

La plupart des données toxicologiques disponibles pour les expositions par ingestion aux composés du sélénium proviennent d'animaux domestiques ou de laboratoire exposés aux sélénite, sélénate, sulfures de sélénium (mélangés), et aux composés organiques du sélénium (sélénocystine, sélénométhionine). Certains des premiers effets reconnus du sélénium ont été observés chez le bétail (bovins, moutons et chevaux) qui paissaient dans des zones du Dakota du Sud où les concentrations en sélénium sont naturellement élevées.

Des œdèmes pulmonaires et des lésions des poumons ont été observés chez l'homme et l'animal après l'ingestion de doses mortelles de composés du sélénium. Les effets respiratoires dus à des expositions sub-chroniques ou chroniques au sélénium sont moins clairs.



Une tachycardie a parfois été rapportée suite à une exposition mortelle aiguë par ingestion aux composés du sélénium chez l'homme ; cependant, la dose n'a pas été rapportée dans le cas de cette exposition mortelle à une solution de bleutage d'arme contenant de l'acide sélénieux. Bien que des troubles du myocarde (choc cardiologique, crise cardiaque congestive, arythmie, nécrose multifocale du myocarde) aient été associés à des carences en sélénium, aucun de ces troubles n'a pu être associé à une sélénose alimentaire chronique chez l'homme observé à des doses de  $\geq 0,016$  mg/kg/jour. Une étude préliminaire réalisée en Chine suggère qu'un supplément de sélénium (100 µg/jour, forme non indiquée) au cours de la grossesse peut réduire la fréquence de l'hypertension gestationnelle.

Chez l'homme, des troubles gastro-intestinaux, comprenant des nausées, des vomissements, des diarrhées et des douleurs abdominales, ont été rapportés suite à l'ingestion de sélénate de sodium aqueux.

Des données limitées suggèrent qu'une hépatotoxicité peut se produire chez l'homme à la suite d'une exposition aiguë par ingestion au sélénate de sodium, mais aucune étude définitive n'a été trouvée concernant des effets hépatiques chez l'homme après une exposition orale sub-chroniques ou chronique aux composés du sélénium.

Des études épidémiologiques sur des populations exposées de manière chronique à des teneurs élevées de sélénium dans l'alimentation et l'eau ont montré une décoloration de la peau, une déformation pathologique et une perte des ongles, la chute des cheveux et des caries excessives et une décoloration des dents.

#### **Par contact cutané**

Aucune étude n'a été trouvée concernant des effets respiratoires, cardiovasculaires, gastro-intestinaux, hématologiques, musculo-squelettiques, hépatiques, rénaux, endocriniens ou sur le poids chez l'homme ou chez l'animal suite à une exposition par contact cutané au sélénium ou à ses composés.

Une toxicité cutanée chez l'homme, en particulier des irritations, des brûlures et des dermatites de contact, a été rapportée à la fois pour des expositions aiguë et chronique aux vapeurs de sélénium et à des expositions aiguës au dioxyde de sélénium.

Une étude de cas de 1988 décrit une laborantine qui a développé des vésicules très purigineuses entre les doigts après une exposition pendant 6 mois à un milieu contenant du sélénium. Après 2 ans, la sévérité des symptômes a augmenté se manifestant par un eczéma sur le visage et le cou, des yeux larmoyants et deux crises d'asthme sur une période de 2 mois. Le sélénite de sodium ou le milieu contenant du sélénium était les seuls positifs aux tests épicutanés.

#### **Effets cancérigènes**

Il n'existe pas de données épidémiologiques pour démontrer une association causale entre l'inhalation de poussières de sélénium élémentaire ou de composés du sélénium et l'apparition de cancer chez l'homme.

La majorité des études chez l'homme et l'animal n'ont pas révélé d'association entre la prise de sélénium et la fréquence des cancers ou une association chimio-préventive claire.

Le tableau ci-dessous présente la classification du pouvoir cancérigène du sélénium.

Classification du sélénium et de ses composés		
Union européenne	IARC	IRIS (EPA)
-	3	D

#### **Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction**

Il a été observé que les composés inorganiques du sélénium avaient à la fois des effets génotoxiques et antigénotoxiques. Ils ne sont pas classés comme mutagènes par l'Union Européenne.

Aucune étude n'a été trouvée concernant des effets néfastes sur la reproduction chez l'homme suite à une exposition par ingestion au sélénium élémentaire ou aux composés du sélénium. Les données provenant des études sur l'animal suggèrent qu'une exposition à un excès de sélénium provoque des effets néfastes sur les taux de testostérone et la production de sperme, et augmente le pourcentage de sperme anormal.

#### **Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les valeurs toxicologiques disponibles pour le sélénium concernent les effets à seuil.

Valeurs Toxicologiques de Référence du sélénium		
Voie d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 20 µg/m <sup>3</sup> INERIS, 2009 (valeur de l'OEHA)	-

### **3.16. Vanadium**

Sources : INERIS, *Vanadium et ses composés*, version n°2-1, juin 2009, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, *Vanadium*, 2000. WHO, *Environmental Health Criteria 81*, 1998

Le vanadium est un métal grisâtre et ubiquitaire. Il est sous différents états d'oxydation -1, 0, +2, +3, +4 et +5. Les états d'oxydation +3, +4, +5 sont les plus communs. L'état d'oxydation +4 est le plus stable. Le pentoxyde de vanadium (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) est la forme commerciale la plus commune.

Le vanadium sous forme métallique n'existe pas naturellement. Sa production est liée à celles d'autres métaux comme le fer, l'uranium, le titane et l'aluminium. Le vanadium est principalement utilisé dans la métallurgie. Il est également employé comme métal non ferreux dans la construction d'avions et dans les technologies spatiales.

La métallurgie est la principale source anthropique de vanadium dans l'air ambiant, suivie par la combustion du brut, du pétrole résiduel et du charbon. La concentration moyenne de vanadium en milieu urbain est estimée à 0,05 - 0,18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La principale voie de contamination de l'homme au vanadium est la nourriture. En milieu rural elle contribue à plus de 80 % de l'apport total en vanadium. Il a été estimé que l'apport total en vanadium par ingestion est de 20  $\mu\text{g}$  alors que celui par inhalation est pour les milieux urbain et rural respectivement de 1,5  $\mu\text{g}$  et 0,2  $\mu\text{g}$ .

Le taux d'adsorption pulmonaire des divers composés du vanadium n'a pas été déterminé, toutefois celui-ci a été estimé à environ 25 % pour les formes solubles du vanadium. Le vanadium absorbé est transporté par le plasma pour être largement distribué dans les tissus. Les principaux organes où le vanadium se concentre sont le foie, les reins, les poumons, les testicules, la rate et les os. Le vanadium est principalement excrété dans les urines mais également dans les fèces.

### ***Effets Systémiques***

Chez l'homme, le vanadium est essentiellement un irritant pulmonaire et oculaire.

L'exposition aiguë et chronique a largement été décrite chez les ouvriers d'entreprise de production utilisant du vanadium. La plupart des symptômes cliniques reportés sont l'irritation du système respiratoire par le vanadium.

En effet, de nombreuses études montrent que les principaux effets sur le système respiratoire sont le fait d'une exposition aiguë ou chronique au pentoxyde de vanadium. Il s'agit principalement d'irritation de la partie haute du tractus respiratoire. Seule une étude présentant des concentrations en vanadium importantes (1  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) a rapporté des effets plus sévères tels que des bronchites et des pneumonies.

D'autres effets systémiques ont été rapportés : dérangements nerveux, symptômes neurasthéniques ou végétatifs, tremblements occasionnels, palpitation du cœur, changements hématologiques. Toutefois, les évidences sont insuffisantes pour généraliser ces symptômes à une exposition au vanadium. Effectivement, une exposition des travailleurs à de faibles concentrations en pentoxyde de vanadium (0,01 à 0,04  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) durant 10 mois, précédée d'une exposition pendant 11 ans (0,2 à 0,5  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) n'a engendré aucun effet pathologique au niveau hématologique, mais également au niveau des fonctions respiratoires. Toutefois, cette exposition a causé des irritations du système respiratoire.

### ***Effets Cancérigènes***

Chez 49 salariés exposés professionnellement au pentoxyde de vanadium, une analyse des altérations de l'ADN a été effectuée sur les leucocytes sanguins ou les lymphocytes. Les concentrations sériques de vanadium mesurées sont comprises entre 2,18 et 46,3  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Aucune altération de l'ADN n'a été détectée par le test des comètes. Cette étude ne révèle pas non plus de stress oxydatif mesuré à l'aide de l'8-hydroxy-2'deoxyguanosine (adduit à l'ADN) utilisée comme marqueur.

Aucune étude chez l'homme n'a démontré, à ce jour, une relation entre une exposition au vanadium et des cas de cancer.

Une étude d'inhalation de dérivés pentavalents du vanadium a montré une augmentation de l'incidence des cancers broncho-alvéolaires chez les souris males et femelles et chez les rats males. Le pentoxyde de vanadium est classé en groupe 2B par l'IARC (le composé est un cancérigène possible pour l'homme).

#### ***Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction***

Aucune donnée n'est disponible chez l'homme.

Il existe seulement de faibles indications sur les possibles effets mutagènes des composés du vanadium. En effet, les résultats des études de mutations effectuées sur les bactéries sont controversés. C'est pourquoi le pentaoxyde de divanadium est classé en catégorie 3 pour son pouvoir mutagène par l'Union Européenne.

Les preuves des effets spermatotoxiques et gonadotoxiques du vanadium doivent être corroborées. Le pentaoxyde de divanadium est classé en catégorie 3 pour son pouvoir reprotoxique par l'Union Européenne.

#### ***Valeurs Toxicologiques de Référence***

Les valeurs de référence toxicologiques retenues pour le vanadium sont présentées ci-après.

Valeurs Toxicologiques de Référence du vanadium		
Voies d'exposition	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	CAA = 0,1 µg/m <sup>3</sup> ATSDR, 2009	-





## **Annexe D :   Modèle de détermination des concentrations d'exposition dans les sols**

*Cette annexe présente les équations utilisées dans la modélisation des concentrations dans les sols suite au dépôt atmosphérique.*

La concentration dans le sol est calculée suivant la formule <sup>1</sup> :

$$C_{\text{sol-dépôt}} = \frac{\text{Dépôt}_{\text{atm}}}{(\text{Depth}_{\text{soil}} \times \text{RHO}_{\text{soil}} \times K)}$$

Avec :

$\text{Dépôt}_{\text{atm}}$  = Dépôt atmosphérique (mg/m<sup>2</sup>/j) ;

$\text{Depth}_{\text{soil}}$  = Profondeur de mélange du sol (m) ;

$\text{RHO}_{\text{soil}}$  = Masse volumique du sol humide (kg/m<sup>3</sup>) ;

$K$  = Constante de dégradation (-).

Où :

$$K = K_{\text{leach+runoff}} + K_{\text{deg}}$$

Avec :

$K_{\text{leach+runoff}}$  = Constante d'élimination due à la lixiviation et au ruissellement (-)<sup>5</sup> ;

$K_{\text{deg}}$  = Constante de dégradation biotique et abiotique du composé, cette constante s'applique uniquement aux composés organiques (-).

Où :

$$K_{\text{leach}} = \frac{\text{RAIN}_{\text{rate}} - \text{RO}}{\theta_{\text{sw}} \times \text{Depth}_{\text{soil}} + K_d \times 10^3 \times \text{Depth}_{\text{soil}} \times \text{RHO}_{\text{soil}}}$$

Avec :

$K_{\text{leach}}$  = Constante d'élimination due à la lixiviation (-) ;

$\text{RAIN}_{\text{rate}}$  = Taux de précipitations (m/j) ;

$\text{RO}$  = Profondeur de sol sur laquelle se produit le ruissellement (m/j) ;

$\theta_{\text{sw}}$  = Teneur en eau du sol (ml/m<sup>3</sup>) ;

$10^3$  = Facteur de conversion.

$K_d$  = Coefficient de partage sol-eau (L/kg)

---

<sup>1</sup> EC (2004). European Union System for the Evaluation of Substances 2.0 (EUSES 2.0). Prepared for the European Chemicals Bureau by the National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, The Netherlands (RIVM Report no. 601900005).

Et où :

$$K_{\text{runoff}} = \frac{RO}{\theta_{\text{sw}} \times \text{Depth}_{\text{soil}} + K_d \times 10^3 \times \text{Depth}_{\text{soil}} \times RHO_{\text{soil}}}$$

Avec :

$K_{\text{runoff}}$  = Constante d'élimination due à la lixiviation (-) ;

Soit :

$$K_{\text{leach+runoff}} = \frac{RAIN_{\text{rate}}}{\theta_{\text{sw}} \times \text{Depth}_{\text{soil}} + K_d \times 10^3 \times \text{Depth}_{\text{soil}} \times RHO_{\text{soil}}}$$

## **Annexe E :    Espèces ayant justifiées le classement du site « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf »**

## Espèces ayant justifiées le classement du site « Estuaire de la Loire - Baie de Bourgneuf »

Bernache cravant ( <i>Branta bernicla</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Cormoran huppé ( <i>Phalacrocorax aristotelis</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Eider à duvet ( <i>Somateria mollissima</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Fou de Bassan ( <i>Sula bassana</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Fuligule milouinan ( <i>Aythya marila</i> )	Hivernage.
Goéland argenté ( <i>Larus argentatus</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Goéland brun ( <i>Larus fuscus</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Goéland cendré ( <i>Larus canus</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Goéland marin ( <i>Larus marinus</i> )	Reproduction. Hivernage. Etape migratoire.
Grand Cormoran ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Grand Labbe ( <i>Stercorarius skua</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Grèbe à cou noir ( <i>Podiceps nigricollis</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Grèbe huppé ( <i>Podiceps cristatus</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Guifette noire ( <i>Chlidonias niger</i> ) <sup>(1)</sup>	Etape migratoire.
Guillemot de Troil ( <i>Uria aalge</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Harle huppé ( <i>Mergus serrator</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Labbe parasite ( <i>Stercorarius parasiticus</i> )	Etape migratoire.
Labbe pomarin ( <i>Stercorarius pomarinus</i> )	Etape migratoire.
Larus michahellis ( <i>Larus michahellis</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Macreuse brune ( <i>Melanitta fusca</i> )	Etape migratoire.
Macreuse noire ( <i>Melanitta nigra</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette mélanocéphale ( <i>Larus melanocephalus</i> ) <sup>(1)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette pygmée ( <i>Larus minutus</i> ) <sup>(1)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette rieuse ( <i>Larus ridibundus</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Mouette tridactyle ( <i>Rissa tridactyla</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Océanite tempête ( <i>Hydrobates pelagicus</i> ) <sup>(1)</sup>	Etape migratoire.
Phalarope à bec large ( <i>Phalaropus fulicarius</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Pingouin torda ( <i>Alca torda</i> )	Hivernage. Etape migratoire.
Plongeon arctique ( <i>Gavia arctica</i> ) <sup>(1)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Plongeon catmarin ( <i>Gavia stellata</i> ) <sup>(1)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Plongeon imbrin ( <i>Gavia immer</i> ) <sup>(1)</sup>	Etape migratoire.
Puffin des Anglais ( <i>Puffinus puffinus</i> )	Etape migratoire.
Puffin des Baléares ( <i>Puffinus puffinus mauretanicus</i> ) <sup>(1)</sup>	Etape migratoire.
Sterne arctique ( <i>Sterna paradisaea</i> ) <sup>(1)</sup>	Etape migratoire.
Sterne caugek ( <i>Sterna sandvicensis</i> ) <sup>(1)</sup>	Hivernage. Etape migratoire.
Sterne naine ( <i>Sterna albifrons</i> ) <sup>(1)</sup>	Etape migratoire.
Sterne pierregarin ( <i>Sterna hirundo</i> ) <sup>(1)</sup>	Etape migratoire.

<sup>(1)</sup> Espèces inscrites à l'annexe I : espèces faisant l'objet de mesures de conservation spéciale concernant leur habitat, afin d'assurer leur survie et leur reproduction dans leur aire de distribution.

Source : <http://natura2000.clicgarden.net>



## **Annexe F :    Espèces ayant justifiées le classement du site « Estuaire de la Loire Nord »**

**Espèces ayant justifiées le classement du site « Estuaire de la Loire Nord »**

<b>Mammifères</b>		<b>PR<sup>(1)</sup></b>
Grand Dauphin ( <i>Tursiops truncatus</i> )	Etape migratoire.	C
Marsouin ( <i>Phocoena phocoena</i> )	Etape migratoire.	C
<b>Poissons</b>		<b>PR<sup>(1)</sup></b>
Alose feinte ( <i>Alosa fallax</i> )	Etape migratoire.	B
Grande Alose ( <i>Alosa alosa</i> )	Etape migratoire.	B
Lamproie de rivière ( <i>Lampetra fluviatilis</i> )	Etape migratoire.	B
Lamproie marine ( <i>Petromyzon marinus</i> )	Etape migratoire.	B
Saumon Atlantique ( <i>Salmo salar</i> )	Etape migratoire.	B

<sup>(1)</sup> Population relative : taille et densité de la population de l'espèce présente sur le site par rapport aux populations présentes sur le territoire national (en %). A=site remarquable pour cette espèce (15 à 100%); B=site très important pour cette espèce (2 à 15%); C=site important pour cette espèce (inférieur à 2%); D=espèce présente mais non significative.

Source : <http://natura2000.clicgarden.net>