

CONVENTION DE DEVERSEMENT
Pour le rejet et le traitement des eaux usées industrielles
provenant d'eaux en contact avec des surfaces contaminées
principalement par l'amiante

WATT INSTALLATION

Entre :

- la Communauté d'Agglomération du Bocage Bressuirais dont le siège se situe « 27 boulevard du Colonel Aubry – 79300 BRESSUIRE », représentée par son Président, Monsieur Jean-Michel BERNIER,

et :

- la société WATT INSTALLATION dont le siège est situé « ZI St Porchaire – 6, rue Lavoisier – 79300 BRESSUIRE », représentée par son gérant, Monsieur Marc PENET.

AYANT ETE EXPOSE CE QUI SUIT :

Considérant que l'établissement ne peut déverser ses rejets d'eaux usées industrielles directement dans le milieu naturel du fait de leur qualité et ne disposant pas des installations adéquates permettant un traitement suffisant,

IL A ETE CONVENU CE QUI SUIT :

ARTICLE 1 – OBJET

La présente convention définit les modalités complémentaires à caractère administratif, technique, financier et juridique que les parties s'engagent à respecter pour la mise en œuvre de l'arrêté d'autorisation de déversement des eaux usées industrielles de l'établissement, dans le réseau public d'assainissement.

ARTICLE 2 – DEFINITIONS

2.1 - Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux usées provenant des cuisines, buanderies, lavabos, salles de bains, toilettes et installations similaires. Ces eaux sont admissibles au réseau public d'assainissement sans autre restriction que celles mentionnées au règlement du service de l'assainissement.

2.2 - Eaux pluviales

Les eaux pluviales sont celles qui proviennent des précipitations atmosphériques. Peuvent être reconnues assimilées à ces eaux pluviales les eaux d'arrosage et de lavage des voies publiques et privées, des jardins, des cours d'immeubles ainsi que les eaux de refroidissement, les eaux de rabattement de nappe, ...

2.3 - Eaux industrielles et assimilées

Sont classés dans les eaux industrielles et assimilées tous les rejets autres que les eaux usées domestiques ou eaux pluviales (ou expressément assimilées à ces dernières par la présente convention).

Les eaux industrielles et assimilées sont dénommées ci-après **eaux usées autres que domestiques**.

ARTICLE 3 - CARACTERISTIQUES DE L'ETABLISSEMENT

3.1 - Nature des activités

L'établissement est spécialisé dans les travaux de démolition et de désamiantage.

3.2 - Usage de l'eau

L'eau puisée exclusivement sur le service public (Syndicat du Val de Loire) est utilisée essentiellement pour le nettoyage des matériels de démolition (brumisation, mouillage) et les sanitaires.

2

3.3 - Produits utilisés par l'Etablissement

L'établissement déclare que les produits utilisés ne présentent aucun danger pour la santé publique.

3.4 - Mise à jour

Les informations mentionnées au présent article sont mises à jour par l'établissement au moment de chaque réexamen de la convention.

ARTICLE 4 - INSTALLATIONS PRIVEES

L'établissement prend toutes les dispositions nécessaires d'une part pour s'assurer que l'état de son réseau intérieur est conforme à la réglementation en vigueur et d'autre part pour éviter tout rejet intempestif susceptible de nuire soit au bon état, soit au bon fonctionnement du réseau d'assainissement, et le cas échéant, des ouvrages de dépollution, soit au personnel d'exploitation des ouvrages de collecte et de traitement.

L'établissement entretient convenablement ses canalisations de collecte d'effluents et procède à des vérifications régulières de leur bon état.

ARTICLE 5 - CONDITIONS TECHNIQUES D'ETABLISSEMENT DES BRANCHEMENTS

L'établissement déclare disposer d'un réseau d'assainissement séparatif.
L'établissement déverse ses effluents dans les réseaux suivants :

	Réseau public Eaux usées	Réseau public Eaux pluviales	Milieu naturel
Eaux usées domestiques	X		
Eaux pluviales		X	

ARTICLE 6 - PRESCRIPTIONS APPLICABLES AUX EFFLUENTS

6.1 - Eaux pluviales

La présente convention ne dispense pas l'établissement de prendre les mesures nécessaires pour évacuer ses eaux pluviales dans les conditions réglementaires en vigueur.

6.2 - Prescriptions particulières

L'établissement s'engage à collecter toutes les eaux contaminées du site, afin de les envoyer dans une fosse tampon de 1.2 m3. Les eaux recueillies dans la fosse, seront évacuées environ 1 fois par mois vers le réseau d'assainissement communal, après passage dans une unité de filtration. Cette unité de filtration sera constituée d'une pompe d'aspiration et de 2 filtres à particules de 25 et 5 microns (Cf. annexe 1).

3

ARTICLE 7 - SURVEILLANCE DES REJETS

7.1 - Auto-surveillance

L'établissement est responsable, à ses frais, de la surveillance et de la conformité de ses rejets au regard des prescriptions de la présente convention et de son arrêté d'autorisation de déversement.

L'établissement est certifié AFAQ CERTIFICATION AFNOR AMIANTE SOUS-SECTION 3 N° 0-73118, et comme dans tout plan de retrait, ce dernier doit garantir l'absence de pollution résiduelle en fin de chantier.

7.2 - Contrôles par la Collectivité

La collectivité pourra effectuer, à ses frais et de façon inopinée, des contrôles de débit et de qualité. Les résultats seront communiqués par la collectivité à l'établissement.

Toutefois, dans le cas où les résultats de ces contrôles dépasseraient les concentrations ou flux maximaux autorisés, ou révéleraient une anomalie, les frais de l'opération de contrôle concernée seraient mis à la charge de l'établissement sur la base des pièces justificatives produites par la collectivité.

ARTICLE 8 - REDEVANCE ASSAINISSEMENT

Les effluents rejetés dans le réseau public d'assainissement par l'industriel sont soumis à la redevance d'assainissement.

ARTICLE 9 - CONDUITE A TENIR PAR L'ETABLISSEMENT EN CAS DE NON RESPECT DES CONDITIONS D'ADMISSION DES EFFLUENTS

En cas de dépassement des valeurs limites fixées par son arrêté d'autorisation de déversement et par sa certification, l'établissement est tenu :

- d'en avertir dès qu'il en a connaissance la collectivité,
- de prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution de l'effluent rejeté.

ARTICLE 10 - CONSEQUENCES DU NON RESPECT DES CONDITIONS D'ADMISSION DES EFFLUENTS

10.1 - Conséquences techniques

Dès lors que les conditions d'admission des effluents ne seraient pas respectées, l'établissement s'engage à en informer la collectivité conformément aux dispositions de l'article 9, et à soumettre à cette dernière, en vue de procéder à un examen commun, des solutions permettant de remédier à cette situation et compatibles avec les contraintes d'exploitation du service public d'assainissement.

4

Si nécessaire, la collectivité se réserve le droit :

- de n'accepter dans le réseau public et sur les ouvrages d'épuration que la fraction des effluents correspondant aux prescriptions définies dans l'arrêté d'autorisation de déversement,
- de prendre toute mesure susceptible de mettre fin à l'incident constaté, y compris la fermeture du ou des branchement(s) en cause, si la limitation des débits collectés et traités, prévue au point précédent, est impossible à mettre en œuvre ou inefficace ou lorsque les rejets de l'établissement présentent des risques importants.

Toutefois, dans ces cas, la collectivité :

- informera l'établissement de la situation et de la ou des mesure(s) envisagée(s), ainsi que de la date à laquelle celles-ci pourraient être mises en œuvre,
- le mettra en demeure d'avoir à se conformer aux dispositions définies dans la présente convention et au respect des valeurs limites définies par l'arrêté d'autorisation de déversement avant cette date.

10.2 - Conséquences financières

L'établissement est responsable des conséquences dommageables subies par la collectivité du fait du non-respect des conditions d'admission des effluents et, en particulier, des valeurs limites définies par l'arrêté d'autorisation de déversement, et ce dès lors que le lien de causalité entre la non-conformité des dits rejets et les dommages subis par la collectivité aura été démontré.

Dans ce cadre, il s'engage à réparer les préjudices subis par la collectivité et à rembourser tous les frais engagés et justifiés par celle-ci.

Ainsi, si les conditions initiales d'élimination des sous-produits et des boues générés par le système d'assainissement devaient être modifiées du fait des rejets de l'établissement, celui-ci devra supporter les surcoûts d'évacuation et de traitement correspondant.

Il en est de même si les rejets de l'établissement influent sur la quantité et la qualité des sous-produits de curage et de décantation du réseau et sur leur destination finale.

ARTICLE 11 - MODIFICATION DE L'ARRETE D'AUTORISATION DE DEVERSEMENT

En cas de modification de l'arrêté autorisant le déversement des eaux usées de l'établissement, la présente convention pourra, le cas échéant et après renégociation, être adaptée à la nouvelle situation et faire l'objet d'un avenant.

5

ARTICLE 12 - OBLIGATIONS DE LA COLLECTIVITE

La collectivité, sous réserve du strict respect par l'établissement des obligations résultant de la présente convention, prend toutes les dispositions pour :

- accepter les rejets de l'établissement dans les limites fixées par l'arrêté d'autorisation de déversement,
- fournir à l'établissement, sur sa demande, une copie du rapport annuel du Président sur le prix et la qualité du service,
- assurer l'acheminement de ces rejets, leur traitement et leur évacuation dans le milieu naturel conformément aux prescriptions techniques fixées par la réglementation applicable en la matière,
- informer, dans les meilleurs délais, l'établissement de tout incident ou accident survenu sur son système d'assainissement et susceptible de ne plus permettre d'assurer de manière temporaire la réception ou le traitement des eaux usées visées par la convention, ainsi que des délais prévus pour le rétablissement du service.

Dans le cadre de l'exploitation du service public de l'assainissement la collectivité pourra être amenée de manière temporaire à devoir limiter les flux de pollution entrants dans les réseaux, elle devra alors en informer au préalable l'établissement et étudier avec celui-ci les modalités de mise en œuvre compatibles avec les contraintes de production de l'établissement.

Une réduction notable d'activité imposée à l'établissement ou un dommage subi par une de ses installations en raison d'un dysfonctionnement grave et/ou durable du système d'assainissement peut engager la responsabilité de la collectivité. Dans ce cas, le préjudice subi par l'établissement présente un caractère anormal et spécial aux égards des gênes inhérentes aux opérations de maintenance et d'entretien des ouvrages dudit système.

La collectivité s'engage à indemniser l'établissement dès lors que celui-ci aura démontré le lien de causalité entre le dysfonctionnement et le préjudice subi.

ARTICLE 13 - CESSATION DU SERVICE

13.1 - Conditions de fermeture du branchement

La collectivité peut décider de procéder ou de faire procéder à la fermeture du branchement, dès lors que :

- d'une part, le non-respect des dispositions de l'arrêté d'autorisation de déversement ou de la présente convention induit un risque justifié et important sur le service public de l'assainissement et notamment en cas :
 - o de modification de la composition des effluents ;
 - o de non-respect des limites et des conditions de rejet fixées par l'Arrêté d'autorisation de déversement ;
 - o de non installation des dispositifs de mesure et de prélèvement ;
 - o de non-respect des échéanciers de mise en conformité ;
 - o d'impossibilité pour la collectivité de procéder aux contrôles.
- et d'autre part, les solutions proposées par l'établissement pour y remédier restent insuffisantes.

6

En tout état de cause, la fermeture du branchement ne pourra être effective qu'après notification de la décision par la collectivité à l'établissement, par courrier recommandé avec accusé de réception, et à l'issue d'un préavis de quinze jours. Toutefois, en cas de risque pour la santé publique ou d'atteinte grave à l'environnement, la collectivité se réserve le droit de pouvoir procéder à une fermeture immédiate du branchement.

En cas de fermeture du branchement, l'établissement est responsable de l'élimination de ses effluents.

13.2 - Résiliation de la convention

La présente convention peut être résiliée de plein droit avant son terme normal :

- Par la collectivité, en cas d'inexécution par l'établissement de l'une de ses obligations, dans les délais les plus brefs en cas de risque de dommage à l'environnement, et au plus tard quinze (15) jours après l'envoi d'une mise en demeure restée sans effet ou n'ayant donné lieu qu'à des solutions de la part de l'établissement jugées insuffisantes.
- Par l'établissement, dans un délai de 60 jours après notification à la collectivité.

La résiliation autorise la collectivité à procéder ou à faire procéder à la fermeture du branchement à compter de la date de prise d'effet de ladite résiliation et dans les conditions précitées à l'article 16.1.

ARTICLE 14 - DUREE

La présente convention, subordonnée à l'existence de l'autorisation de déversement, est conclue pour la durée fixée dans cet arrêté d'autorisation. Elle prend effet à la date de notification à l'établissement de cet arrêté et s'achève à la date d'expiration dudit arrêté.

Trois mois avant l'expiration de l'arrêté d'autorisation de déversement, la collectivité procédera en liaison avec l'établissement, si celui-ci le demande, au réexamen de la présente convention en vue de son renouvellement et de son adaptation éventuelle.

7

ARTICLE 15 - JUGEMENT DES CONTESTATIONS

Faute d'accord amiable entre les parties, tout différend qui viendrait à naître à propos de la validité, de l'interprétation et de l'exécution de la présente convention sera soumis aux juridictions compétentes.

ARTICLE 16 - DOCUMENTS ANNEXES A LA CONVENTION

Fiche technique de l'unité de filtration – Annexe 1
Plan des réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales – Annexe 2

A Bressuire, le 11 janvier 2019

A Bressuire, le

Pour le Président et par délégation
le Vice-Président chargé de
la compétence « assainissement »

Le gérant
Watt Installation

Jacques BILLY

Marc PENET



ARRÊTÉ

Autorisant le déversement des eaux industrielles provenant des activités de la société WATT INSTALLATION située ZI St Porchaire – 6, rue Lavoisier, dans le réseau de collecte raccordé à la station d'épuration de Bressuire.

LE PRESIDENT

Vu le Code Général des Collectivités Territoriales (C.G.C.T) et en particulier ses articles L.2224-7 à L.2224-12 et L.2333-127) ;

Vu le Code de la Santé Publique et en particulier ses articles L.1331-10 et L.1337-2 ;

Vu l'arrêté ministériel du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif,

Vu le Règlement du Service de l'Assainissement de l'Agglomération du Bocage Bressuirais ;

ARRÊTE :

8

ARTICLE 1 - OBJET DE L'AUTORISATION

La société WATT INSTALLATION dont le siège est situé « ZI St Porchaire – 6, rue Lavoisier – 79300 BRESSUIRE » est autorisée, dans les conditions fixées par le présent arrêté, à déverser ses effluents non domestiques, dans le réseau de collecte raccordé à la station d'épuration de Bressuire. Ces effluents non domestiques proviennent d'eaux en contact avec des surfaces contaminés principalement par l'amiante.

L'autorisation est délivrée dans le cadre des dispositions réglementaires portant sur la salubrité publique et la lutte contre la pollution des eaux.

ARTICLE 2 - CARACTERISTIQUES DES REJETS

2.1 - Prescriptions générales

Sans préjudice des lois et règlements en vigueur, les effluents non domestiques doivent répondre aux critères suivants :

- Etre apparentées à des eaux usées domestiques types.

- Ne pas contenir de matières ou de substances susceptibles :
 - o de porter atteinte à la santé du personnel qui travaille sur le système de collecte ou à la station d'épuration,
 - o d'endommager le système de collecte, la station d'épuration et leurs équipements connexes,
 - o d'entraver le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées et le traitement des boues,
 - o d'être à l'origine de dommages à la flore ou à la faune aquatiques, d'effets nuisibles sur la santé, ou d'une remise en cause d'usages existants (prélèvement pour l'adduction en eau potable, zones de baignades, ...) à l'aval des points de déversement des collecteurs publics,
 - o d'empêcher l'évacuation des boues en toute sécurité et la valorisation agricole des boues telle qu'elle est pratiquée précédemment à la présente autorisation.
- Etre neutralisées à un pH compris entre 6,5 et 8,5.
- Etre ramenées à une température inférieure ou au plus égale à 30°C.
- Ne pas être diluées. En aucun cas, cela ne doit constituer un moyen de respecter les valeurs fixées par la présente réglementation.

2.2 - Obligation en matière de déchets toxiques

9

En matière de déchets toxiques, l'établissement est soumis aux prescriptions suivantes :

- interdiction de rejet de tout produit toxique au réseau d'assainissement :
 - o Produits encrassant (boues, sables, gravats, cendres, celluloses, colles, goudrons, huiles, graisses...)
 - o Hydrocarbures et dérivés (halogènes, hydroxydes d'acides, bases concentrées...)
 - o Gaz inflammables et ou toxiques
 - o Ordures ménagères et déchets industriels solides, même après broyage
 - o Substances susceptibles de colorer anormalement les eaux
 - o Déjections solides ou liquides d'origine animale
- obligation d'entretien des ouvrages de prétraitement.

Les ouvrages de prétraitement mis en place en amont des points de raccordement au réseau devront faire l'objet d'un entretien régulier. L'enlèvement des résidus de prétraitement obtenus devra être conforme à la réglementation en vigueur pour les entreprises de désamiantage. L'établissement devra pouvoir fournir à tout moment au service assainissement de l'Agglomération du Bocage Bressuirais, les certificats attestant de l'élimination de ces déchets.

- obligation de gestion séparative des déchets toxiques.
Les éventuels déchets toxiques utilisés et produits par l'activité de l'établissement doivent être éliminés dans des filières spécifiques, dûment autorisées. L'établissement devra pouvoir fournir à tout moment à la collectivité, les certificats attestant de l'élimination de ces déchets.

ARTICLE 3 - REJETS ACCIDENTELS

Tout incident générateur de pollution accidentelle doit être immédiatement signalé au service assainissement de l'Agglomération du Bocage Bressuirais (Tel : 05-49-81-15-15)

ARTICLE 4 - DEGRADATION DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT OU DE LA QUALITE DES SOUS PRODUITS D'ASSAINISSEMENT

4.1 - Le réseau

En cas de constat de dégradations du réseau public imputables à la société du fait du non-respect du présent arrêté, les frais de constat des dégâts et les réparations de ceux-ci seront entièrement à sa charge

4.2 - Les boues

En cas de pollution des boues de la station d'épuration, la collectivité peut décider de rechercher la source de cette pollution. Si l'entreprise est à l'origine de la pollution, la collectivité est en droit de facturer tout ou partie du coût de l'incinération des boues polluées non épandables.

ARTICLE 5 - CONDITIONS FINANCIERES

En contrepartie du service rendu, la société WATT INSTALLATION, dont le déversement des eaux est autorisé par le présent arrêté, est soumise au paiement de la redevance d'assainissement collectif dont le tarif est fixé par l'Agglomération du Bocage Bressuirais.

ARTICLE 6 - CONTROLE ET SURVEILLANCE DES EFFLUENTS NON DOMESTIQUES

La collectivité se réserve la possibilité de procéder à tout moment à des contrôles et à des prélèvements permettant de vérifier que les rejets dans le réseau d'assainissement public sont conformes aux prescriptions du présent arrêté d'autorisation de déversement.

Les frais correspondants à l'analyse des échantillons seront à la charge de l'établissement, s'il s'avère que les résultats des analyses montrent une non-conformité des effluents non domestiques aux prescriptions de l'article 2.

ARTICLE 7 - RECUPERATION DES SOUS-PRODUITS

Les déchets toxiques utilisés et produits par l'activité de la société WATT INSTALLATION doivent être éliminés dans des filières spécifiques, dûment autorisées. La société WATT INSTALLATION s'engage à justifier, sur demande de la collectivité, les conditions de récupération, de stockage et d'élimination des déchets (Bordereaux de suivi des Déchets, contrats d'entretien...). En aucun cas les produits récupérés ne doivent être rejetés au réseau public d'assainissement.

ARTICLE 8 - DUREE DE L'AUTORISATION

La présente autorisation est délivrée pour une période de 5 ans à compter de sa signature.

Elle sera renouvelable par tranche d'une année, par tacite reconduction sauf dénonciation par l'une ou l'autre des parties avec préavis de 3 mois avant échéance.

La présente autorisation sera résiliée de plein droit en cas :

- de manquement grave aux obligations de l'une ou l'autre des parties,
- de cessation d'activité de l'industriel.

Toute modification significative de l'activité de l'industriel entraînera la révision de l'autorisation. Par ailleurs, toute modification de la structure d'assainissement (réseau ou station d'épuration) entraînera la révision de l'autorisation.

11

ARTICLE 9 - CARACTERE DE L'AUTORISATION

Cette autorisation est précaire et révoquée et la collectivité a une faculté de dénonciation à tout moment. Notamment, s'il est constaté par le service le non-respect des prescriptions dudit arrêté de déversement, il pourra être mis fin à l'autorisation, après que la société ait été à même de présenter ses arguments ou observations au service. La société dispose d'un délai de trois mois à compter du courrier de mise en demeure de faire cesser le rejet non-conforme.

De même, toute modification apportée par la société, et de nature à entraîner un changement notable dans les conditions et les caractéristiques de rejet des effluents, doit être portée avant sa réalisation à la connaissance du Président de la collectivité (par exemple modifications de procédés ou d'activités, ou dépassement des seuils d'utilisation de produits induisant la déclaration de l'activité au titre de la réglementation sur les ICPE – Installations Classées pour la Protection de l'Environnement). Ce changement pourra faire l'objet d'un nouvel arrêté d'autorisation.

L'autorisation est accordée à titre personnel. En cas de cession ou de cessation d'activité, la société devra en informer le Président de la collectivité.

Si, à quelque époque que ce soit, les prescriptions applicables au service public d'assainissement venaient à être changées, notamment dans un but d'intérêt général ou par décision de l'administration chargée de la police de l'eau, les dispositions du présent arrêté pourraient être, le cas échéant, modifiées d'une manière temporaire ou définitive.

ARTICLE 10 - EXECUTION

Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours devant le Tribunal Administratif de Poitiers, dans un délai de deux mois à compter de la date de sa notification pour le bénéficiaire et à compter de l'affichage pour les tiers.

Le Président de la Communauté d'Agglomération du Bocage Bressuirais, M. le Maire de Bressuire, et tout agent de la force publique et/ou assermentés sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent arrêté.

A Bressuire, le 11 janvier 2019.

12

Pour le Président et par délégation
Le Vice-Président chargé de
La compétence « assainissement »

Jacques BILLY



ANNEXE 1

Fiche technique unité de filtration



UNITE DE FILTRATION

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- Dimensions l. 35 * L.50 * H. 48 cm
- Poids : 13 kg
- Voltage : 230 V
- Ampérage : 1.5 A
- Pompe rejet ;, 28.5L/min

CONNEXION

- Raccord rapide pour tuyau diamètre 19.

13

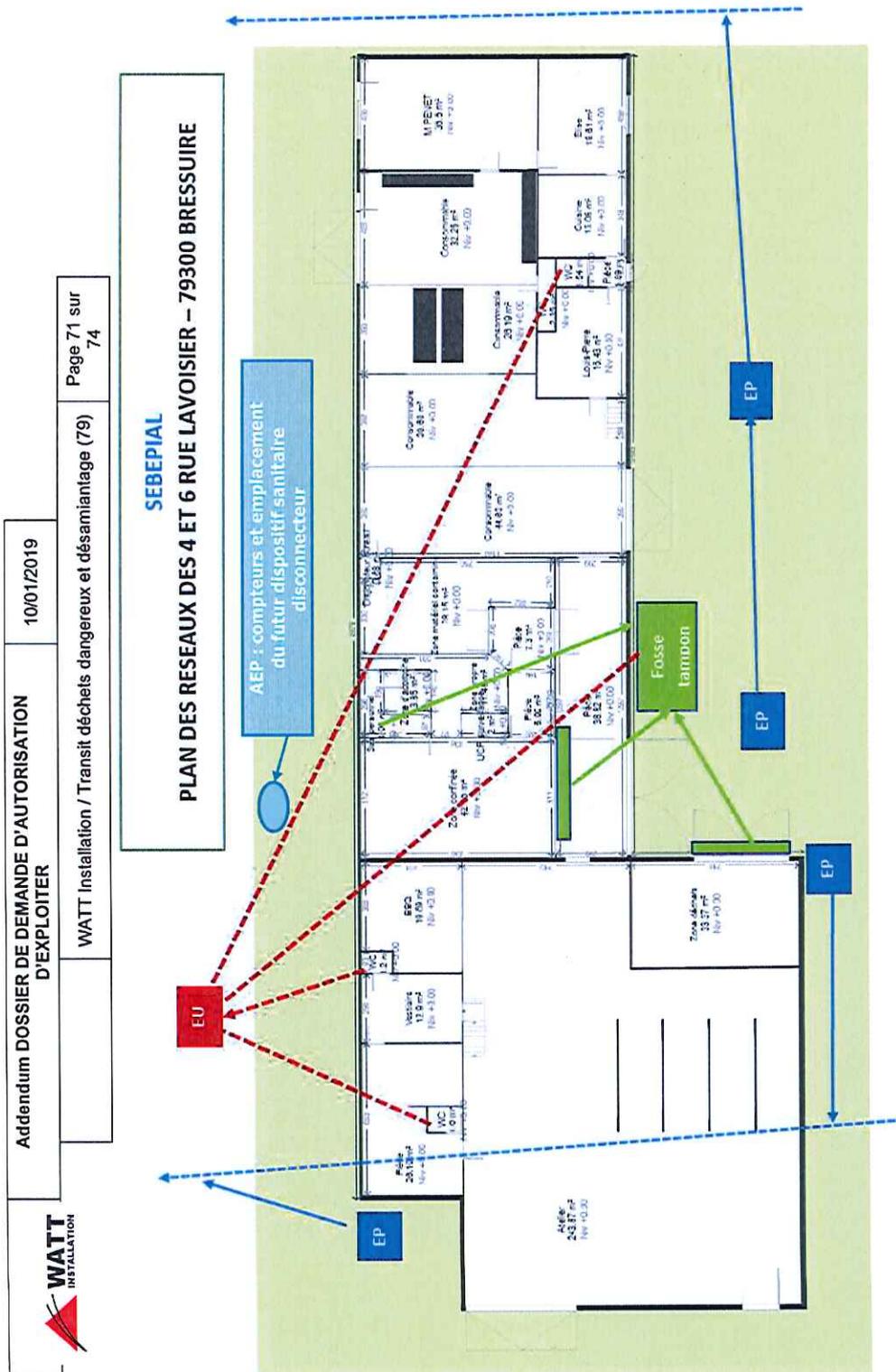
FILTRATION

- Double filtration
- Filtre 10 pouces
- Premier filtre à 25 microns
- Deuxième filtre à 5 microns



ANNEXE 2

Plans des réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales



Rapport n°18142467 / EV0060

Version 1



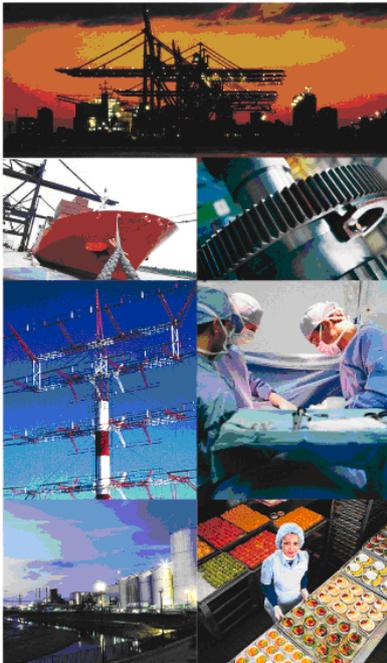
**WATT INSTALLATION
6 RUE LAVOISIER
79300 BRESSUIRE**

À l'attention de M. PINET Marc

RAPPORT DE MESURES

**NIVEAUX SONORES
ÉMIS DANS L'ENVIRONNEMENT
en référence à
l'Arrêté Ministériel du 23 janvier 1997**

N° du rapport : 18238946



LIEU D'INTERVENTION : WATT INSTALLATION
– BRESSUIRE (79)

DATES D'INTERVENTION : Du 18 au 19/07/2018



Agence de POITIERS
27, rue Victor Grignard
ZI République 2
BP 1107
86061 POITIERS Cedex 9
N° Tél. : 05 49 62 66 30
N° Fax. : 05 49 55 32 12

APAVE
Agence de POITIERS
27, rue Victor Grignard
ZI République 2
BP 1107
86061 POITIERS Cedex 9
Tél. : 05 49 62 66 30
Fax. : 05 49 55 32 12
Correspondant: M. SAULAIS

Lieu d'intervention :
WATT INSTALLATION
6 RUE LAVOISIER
79300 BRESSUIRE

Dates d'intervention :
Du 18 au 19/07/2018

RAPPORT DE MESURES
NIVEAUX SONORES ÉMIS DANS L'ENVIRONNEMENT
en référence à l'Arrêté Ministériel du 23 janvier 1997

Rapport N° : 18238946

Adresse d'expédition :
mpenet@watt-installation.fr

Intervenant : M. SAULAIS

Rédacteur : M. SAULAIS

Date : 19/07/2018

Signature :



SOMMAIRE

1. SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS.....	3
2. GENERALITES.....	4
2.1. Objectif.....	4
2.2. Textes de référence	4
2.3. Description du site.....	4
2.3.1. Description de l'établissement	4
2.3.2. Description de l'environnement.....	4
3. PROTOCOLE D'INTERVENTION.....	5
3.1. Méthodologie de mesurage	5
3.1.1. Procédure de mesurage	5
3.1.2. Matériel de mesure utilisé	5
3.2. Conditions de mesurage.....	6
3.2.1. Emplacement des points de mesure.....	6
3.2.2. Dates et horaires de mesurage.....	6
3.2.3. Conditions météorologiques	7
4. RESULTATS DES MESURAGES	8
4.1. Représentations graphiques.....	8
4.2. Niveaux sonores mesurés en limite de propriété industrielle	8
4.3. Recherche des tonalités marquées	8
4.4. Observations et commentaires	8
5. AVIS ET INTERPRETATIONS.....	9
ANNEXE 1: EMLACEMENT DES POINTS DE MESURAGE	10
ANNEXE 2: FICHES DE MESURES	12
ANNEXE 3: MATERIEL DE MESURE	16
ANNEXE 4 : REGLEMENTATION ET DEFINITIONS SELON NORME NF S 31-010	18

1. SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS

Les mesures des niveaux sonores réalisées dans l'environnement de l'établissement WATT INSTALLATION, implanté au 6 rue Lavoisier, sur la commune de BRESSUIRE (79) ;
- aux dates du 18 et 19/07/2018;
- pour les conditions définies dans les paragraphes suivants ;
ont permis de mettre en évidence :

En limite de l'établissement :

- Le respect des valeurs admissibles, en périodes diurne et nocturne, aux points L1, L2 et L3.

Au sens de la réglementation applicable, l'activité de l'établissement WATT INSTALLATION, implanté dans la Zone d'Activité de Saint-Porchaire, au 6 rue Lavoisier, sur la commune de BRESSUIRE (79), n'est pas susceptible d'engendrer de potentiel de gêne sonore dans son environnement.

2. GENERALITES

2.1. Objectif

À la demande de la société WATT INSTALLATION, APAVE a procédé au mesurage des niveaux sonores engendrés dans l'environnement par l'établissement implanté au 6, rue Lavoisier, dans la Zone d'Activité de Saint-Porchaire, sur la commune de BRESSUIRE (79).

Le présent document a pour objet de présenter les conditions et résultats de mesurage, et de comparer ces résultats aux exigences réglementaires.

2.2. Textes de référence

Réglementation

Le texte de référence est constitué par:

- l'Arrêté Ministériel du 23 janvier 1997 relatif « à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement ».

Norme de mesure

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

2.3. Description du site

2.3.1. Description de l'établissement

Activité

Désamiantage, déplombage.

Horaires de fonctionnement

Activité de 8h00 à 18h30.

Fonctionnement des extractions d'air de la salle désamiantage, 24h sur 24h selon l'activité.

Sources sonores propres à l'établissement

Les principales sources sonores de l'établissement sont :

- Les arrivées et départs du personnel ;
- Les départs et arrivées des camions d'intervention ;
- Les extractions d'air de la salle désamiantage.

2.3.2. Description de l'environnement

Implantation

L'établissement est situé au cœur de la Zone d'Activité de Saint-Porchaire, sur la commune de BRESSUIRE. Le site est entouré par d'autres établissements. Aucune habitation n'est située à proximité.

Sources sonores environnementales extérieures à l'établissement

Indépendamment des sources techniques propres au site, l'environnement sonore est conditionné par l'activité et les installations des entreprises voisines et par la circulation dans la zone d'activité.

3. PROTOCOLE D'INTERVENTION

3.1. Méthodologie de mesurage

3.1.1. Procédure de mesurage

Les mesures ont été réalisées en continu avec enregistrement des données sur une durée d'environ 20 heures consécutives, pour chacun des points de mesures avec l'ensemble des bruits habituels existants sur l'intervalle de mesurage.

Mesures des niveaux sonores ambiants en limite de propriété de l'établissement :

- Mesure du bruit ambiant (Extractions d'air en fonctionnement).

3.1.2. Matériel de mesure utilisé

La liste des équipements de mesure et des logiciels de traitement utilisés, est donnée en annexe 3. Le matériel de mesure est homologué, vérifié, et calibré avant et après les mesures. Le matériel fait également l'objet d'une procédure d'auto-vérification tous les 6 mois, conformément aux recommandations de la norme NF S 31-010.

3.2. Conditions de mesurage

3.2.1. Emplacement des points de mesure

Trois points de mesure ont été retenus pour caractériser la situation acoustique. Les emplacements des points de mesurage sont indiqués sur le plan joint en annexe 1 et sont indiqués ci-dessous :

Points en limite d'installation

Point de mesure	Situation
L1	En limite de propriété Sud du site;
L2	En limite de propriété Sud-Est du site ;
L3	En limite de propriété Nord-Est du site.



3.2.2. Dates et horaires de mesurage

Les mesures ont été réalisées entre le mercredi 18 juillet 2018 à 14h15 et le jeudi 19 juillet 2018 à 10h30.

Intervalles d'observations : Période de jour : 7h00 – 22h00 ;

Période de nuit : 22h00 – 7h00.

Les intervalles de mesurage sont indiqués, pour chaque point, sur les graphiques joints en annexe 2.

3.2.3. Conditions météorologiques

Les mesures ont été réalisées en conformité avec les exigences météorologiques du paragraphe 6.4.2 de la norme NF S 31-010 (cf. détail en annexe 4).

Les relevés météorologiques ci-dessous sont issus des données provenant de la station météorologique de POITIERS.

Période	Couverture nuageuse	Température	Vent		Observations
			Vitesse moyenne	Direction	
Diurne Le 18/07/2018	Faible	29 à 23°C	5 à 10 km/h	Variable	RAS
Nocturne Du 18 au 19/07/2018	Faible	17 à 23°C	5 à 8 km/h	Nord-Ouest	RAS
Diurne Le 19/07/2018	Faible	17 à 25°C	5 à 8 km/h	Nord	RAS

Compte tenu de l'éloignement inférieur à 40 mètres entre les sources de bruits et les points récepteurs, les conditions météorologiques n'ont aucune influence sur les niveaux mesurés.

4. RESULTATS DES MESURAGES
4.1. Représentations graphiques

Les résultats des mesurages sont indiqués pour chaque point sur les planches jointes en annexe 2. Ces planches font apparaître les informations suivantes :

- L_{Aeq} : niveau de pression acoustique continu équivalent dB(A) moyenné sur une durée d'intégration donnée
- L_{50} , L_{90} : niveaux acoustiques fractiles exprimés en dB(A),
- graphique représentant l'évolution temporelle des niveaux sonores.

4.2. Niveaux sonores mesurés en limite de propriété industrielle

Emplacements	Indicateur retenu	Niveau sonore mesuré en dB(A)	Niveau sonore autorisé en dB(A) ⁽²⁾	Avis ⁽¹⁾	N° d'observation
Mesures en période de Jour					
L1	LAeq	58,5	70,0	C	
L2	LAeq	58,5	70,0	C	
L3	LAeq	57,0	70,0	C	
Mesures en période de Nuit					
L1	LAeq	53,0	60,0	C	
L2	LAeq	47,0	60,0	C	
L3	LAeq	56,0	60,0	C	

(1) NC : Non conforme C : Conforme AS : Avis suspendu

(2) Les niveaux limites indiqués sont issus de l'Arrêté Ministériel du 23 janvier 1997.

4.3. Recherche des tonalités marquées

Il n'a pas été détecté de son à tonalité marquée.

4.4. Observations et commentaires
En limite de propriété de l'établissement :

Les niveaux sonores mesurés en limite de propriété industrielle aux points L1, L et L4, en périodes diurne et nocturne, sont conformes aux niveaux admissibles. Ces points de mesure sont fortement impactés par l'activité et les installations des établissements environnants.

5. AVIS ET INTERPRETATIONS**- Niveaux sonores en limite de propriété de l'établissement**

En périodes diurne et nocturne, les niveaux mesurés en limite de propriété du site (L1, L2 et L3) sont conformes aux exigences de l'Arrêté Ministériel.

- Appréciation sur les résultats de mesure

Au sens de la réglementation applicable, l'activité de l'établissement WATT INSTALLATION, implanté dans la Zone d'Activité de Saint-Porchaire, sur la commune de BRESSUIRE (79), n'est pas susceptible d'engendrer de potentiel de gêne sonore dans son environnement.

ANNEXE 1: EMBACEMENT DES POINTS DE MESURAGE
--

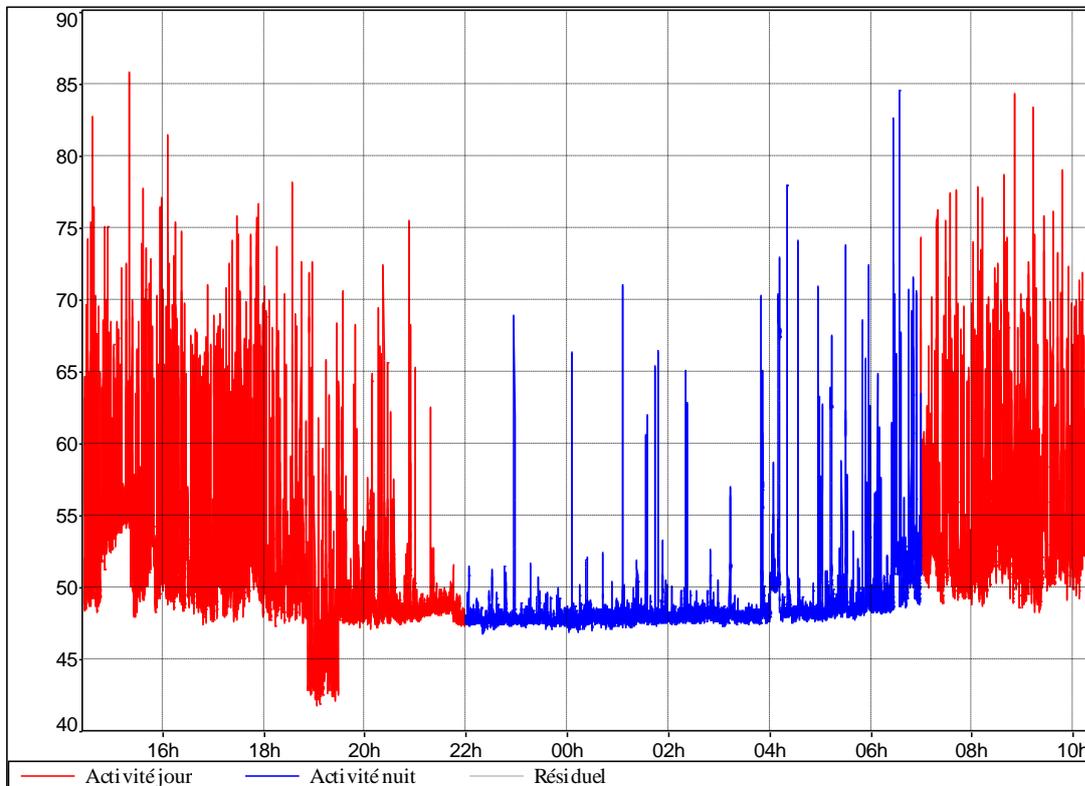


Emplacement des points de mesure : WATT INSTALLATION - Bressuire (79)

ANNEXE 2: FICHES DE MESURES

NIVEAUX SONORES DANS L'ENVIRONNEMENT	
DATE	LES 18 et 19/07/2018
CLIENT	WATT INSTALLATION - Bressuire (79)
POINT DE MESURE	L1 : En limite de propriété coté Sud de l'établissement
PERIODES DE REFERENCE	Jour + Nuit

Evolution temporelle du niveau sonore LAeq en dB(A):



Résultats :

Configuration	Pondération	LAeq	L50	L90	Durée
Activité jour	A	58,5	51,2	47,9	10:54:35
Activité nuit	A	52,9	48,0	47,5	08:59:34

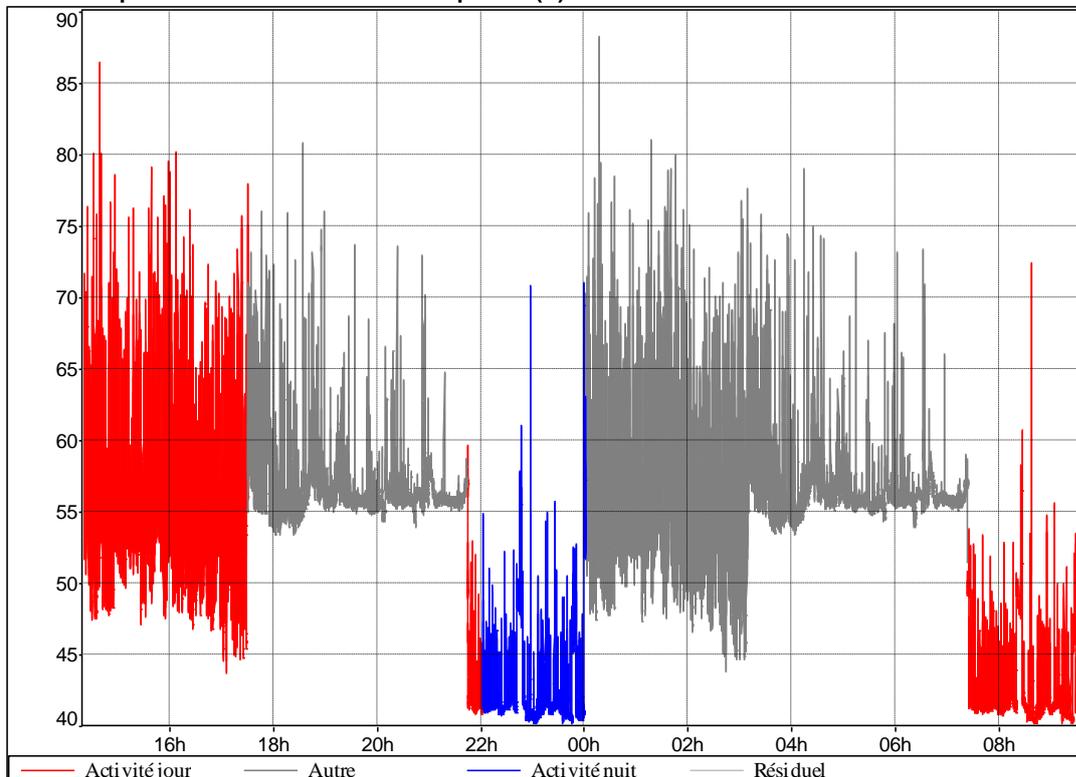
Sources sonores imputables à l'établissement :

Extractions peu perçues

Sources sonores extérieures à l'établissement :

Activité et installations des entreprises voisines, circulation

NIVEAUX SONORES DANS L'ENVIRONNEMENT	
DATE	LES 18 et 19/07/2018
CLIENT	WATT INSTALLATION - Bressuire (79)
POINT DE MESURE	L2 : En limite de propriété Sud-Est du site
PERIODES DE REFERENCE	Jour + Nuit

Evolution temporelle du niveau sonore LAeq en dB(A):

Résultats :

Configuration	Pondération	LAeq	L50	L90	Durée
Activité jour	A	58,7	49,5	41	05:42:37
Autre	A	59,1	55,7	52,6	11:37:10
Activité nuit	A	46,8	41,3	40,5	01:59:18

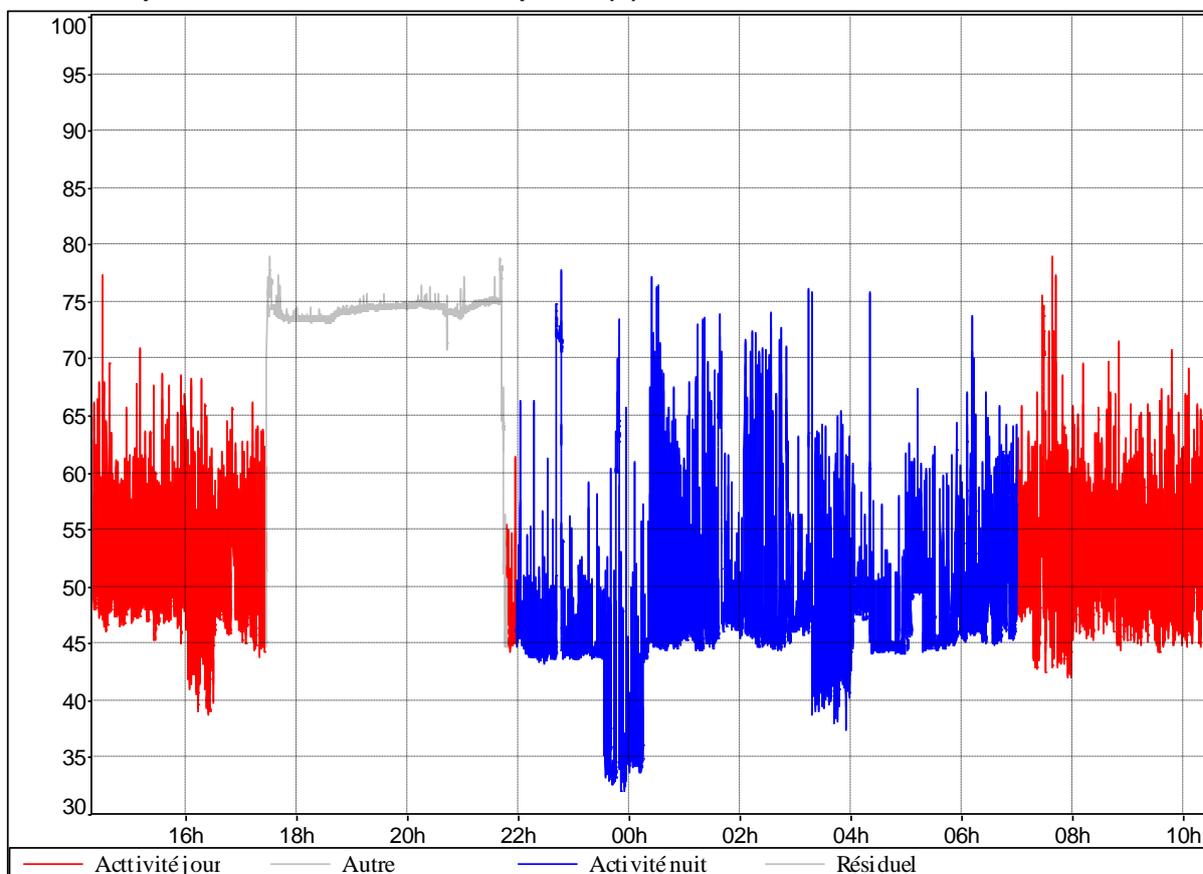
Sources sonores imputables à l'établissement :

Arrivées et départs des camions d'intervention

Sources sonores extérieures à l'établissement :

Activité et installations des entreprises voisines, circulation

NIVEAUX SONORES DANS L'ENVIRONNEMENT	
DATE	LES 18 et 19/07/2018
CLIENT	WATT INSTALLATION - Bressuire (79)
POINT DE MESURE	L3: En limite de propriété coté Nord-Est.
PERIODES DE REFERENCE	Jour + Nuit

Evolution temporelle du niveau sonore LAeq en dB(A):

Résultats :

Configuration	Pondération	LAeq	L50	L90	Durée
Activité jour	A	57,1	50,0	46	06:50:29
Autre	A	74,2	74,3	73,3	04:20:06
Activité nuit	A	56,1	45,8	42,6	09:02:12

Sources sonores imputables à l'établissement :

Arrivées et départs des camions d'intervention

Sources sonores extérieures à l'établissement :

Activité et installations des entreprises environnantes, circulation

ANNEXE 3: MATERIEL DE MESURE

MATERIEL DE MESURE

Mesures de niveaux sonores

Mise à jour : 12/03/2018

Materiel	MARQUE	TYPE	N° SERIE	LIMITE DE VALIDITE	Utilisé
SONOMETRES POITIERS					<input type="checkbox"/>
sonomètre classe 1	01dB	Fusion	11258	23/01/2020	<input checked="" type="checkbox"/>
sonomètre classe 1	01dB	Fusion	10924	16/11/2019	<input checked="" type="checkbox"/>
sonomètre classe 1	Norsonic	NOR 140	1405364	10/05/2019	<input checked="" type="checkbox"/>
sonomètre classe 1	01dB	BlueSolo	60556	29/08/2018	<input checked="" type="checkbox"/>
sonomètre classe 1	01dB	BlueSolo	61956	06/04/2019	<input type="checkbox"/>
sonomètre classe 1	01dB	Blacksolo	65831	02/06/2018	<input type="checkbox"/>
sonomètre classe 1	01dB	SIP95TR	991281	06/02/2019	<input type="checkbox"/>
calibreur	01dB	Cal21	35165108	13/01/2019	<input checked="" type="checkbox"/>
calibreur	01dB	Cal21	34554737	16/11/2019	<input type="checkbox"/>
calibreur	NORSONIC	1251	33672	10/05/2019	<input type="checkbox"/>
calibreur	01dB	Cal21	35134319	06/04/2019	<input type="checkbox"/>
calibreur	01dB	Cal01s	40203	06/02/2019	<input type="checkbox"/>

Logiciels

Editeur	Référence	Version	Utilisé
NORSONIC	NorRreview	5.0	<input type="checkbox"/>
01 dB	dB TRAIT	5.2	<input checked="" type="checkbox"/>
01 dB	dB BATI	1.51	<input type="checkbox"/>

 Matériel utilisé

ANNEXE 4 : REGLEMENTATION ET DEFINITIONS SELON NORME NF S 31-010

I. ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 23 JANVIER 1997

L'Arrêté Ministériel du 23 janvier 1997 relatif « à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement » définit des valeurs limites d'émission sonore.

1 Émergences sonores à proximité des Zones à Émergence Réglementée

Les émissions sonores ne doivent pas engendrer une émergence (1) supérieure aux valeurs admissibles fixées dans le tableau ci-après, dans les zones à émergence réglementée (2).

NIVEAU de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée (incluant le bruit de l'établissement)	ÉMERGENCE admissible pour la période allant de 7 heures à 22 heures, sauf dimanches et jours fériés	ÉMERGENCE admissible pour la période allant de 22 heures à 7 heures, ainsi que les dimanches et jours fériés
Supérieur à 35 dB(A) et inférieur à 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
Supérieur à 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

(1) Émergence :

Différence entre les niveaux acoustiques du bruit ambiant (établissement et fonctionnement), et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'établissement). Dans le cas d'un établissement faisant l'objet d'une modification autorisée, le bruit résiduel exclut le bruit généré par l'ensemble de l'établissement modifié.

(2) Zones à émergence réglementée :

Intérieur des immeubles existants habités ou occupés par des tiers, zones constructibles définies par les documents d'urbanisme existant à la date de parution de l'arrêté d'autorisation.

2 Niveaux admissibles en limite de l'installation

L'arrêté préfectoral d'autorisation fixe, pour chacune des périodes de la journée (diurne et nocturne), les niveaux de bruit à ne pas dépasser en limites de propriété de l'établissement, déterminés de manière à assurer le respect des valeurs d'émergence admissibles.

Les valeurs fixées par l'arrêté d'autorisation ne peuvent excéder 70 dB(A) pour la période de jour et 60 dB(A) pour la période de nuit, sauf si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.

Indicateurs de mesure

De manière générale, l'indicateur de mesure utilisé est le niveau acoustique équivalent L_{Aeq} , exprimé en dB(A) et correspondant à la moyenne énergétique des niveaux sonores.

Pour certains cas particuliers, le niveau acoustique équivalent n'est pas adapté. Par exemple, lorsque l'on note la présence de bruits intermittents porteurs de beaucoup d'énergie, mais qui ont une durée d'apparition suffisamment faible pour ne pas présenter, à l'oreille, d'effet de masque du bruit de l'installation. Une telle situation se rencontre notamment en présence d'un trafic routier très discontinu.

On est, dans ce cas, amené à prendre en compte l'indice fractile L_{50} qui correspond au niveau sonore dépassé pendant 50% du temps de mesure.

3 Définitions

Signification physique usuelle du L_{Aeq}

La signification physique la plus fréquemment citée pour le terme $L_{Aeq}(t_1, t_2)$ est celle d'un niveau sonore fictif qui serait constant sur toute la durée (t_1, t_2) et contenant la même énergie sonore que le niveau fluctuant réellement observé.

Signification physique usuelle du L_{50} . L'indice statistique L_{50} correspond aux niveaux sonores dépassés pendant 50 % du temps de la mesure. Il correspond au niveau moyen (moyenne arithmétique par rapport au L_{Aeq} qui correspond à une moyenne énergétique).

Bruit ambiant

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées.

Bruit particulier

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et qui peut être attribuée à une source déterminée, que l'on désire distinguer du bruit ambiant parce qu'il peut être l'objet d'une requête.

Au sens de l'article 1 de l'Arrêté Ministériel du 23 janvier 1997 c'est le bruit émis globalement par l'ensemble des activités exercées à l'intérieur de l'établissement (y compris engins et véhicules).

Bruit résiduel

Bruit ambiant, en l'absence du bruit particulier.

Selon l'article 2 de ce même arrêté, ce bruit résiduel exclut le bruit généré par l'ensemble de l'établissement modifié.

Tonalité marquée

Correspond à la perception d'une fréquence spécifique. Elle est caractérisée lorsque la différence de niveau entre une bande de tiers d'octave et les 2 bandes immédiatement inférieures et les 2 bandes immédiatement supérieures atteignent ou dépassent les niveaux de :

- 10 dB entre 50 Hz à 315 Hz
- 5dB entre 400 Hz à 8000 Hz

La durée d'apparition ne peut excéder 30% de la durée de fonctionnement de l'établissement

II. LÉGENDE MÉTÉOROLOGIQUE

1 Direction du Vent

En se plaçant au point récepteur, c'est l'angle formé, pendant un intervalle donné, par la direction moyenne d'où vient le vent et la direction de la source. Dans le cas d'une source linéaire correspondant par exemple à une voie ferroviaire (voir Figure 1), la direction de la source est matérialisée, depuis le point récepteur, par la perpendiculaire à l'axe de la voie ferroviaire considérée. Les différentes catégories de vent sont définies relativement au secteur d'où vient le vent, en se référant à un axe orienté depuis la source vers le récepteur selon la Figure 2.

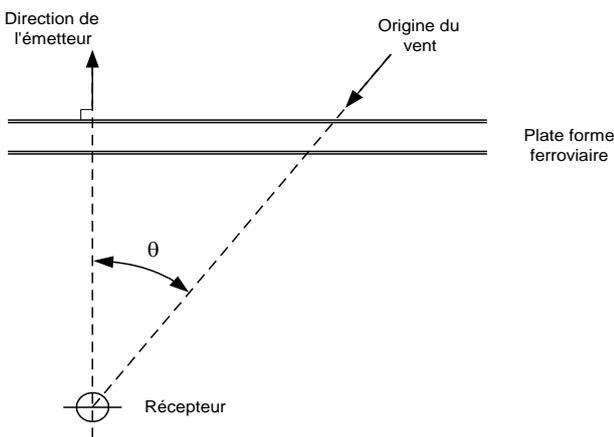


Figure 1 : Direction du vent

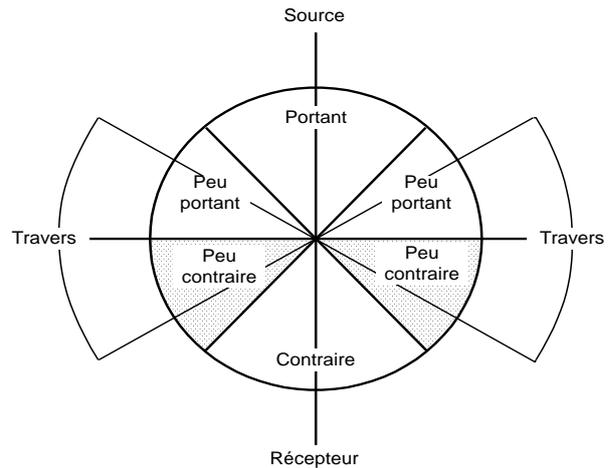


Figure 2 : Caractérisation du vent par rapport à la direction source-récepteur

2 Légende des couples météorologiques UT

Les couples météorologiques UT permettent d'évaluer quantitativement l'influence des conditions météorologiques.

- U1** : vent fort (3m/s à 5m/s) contraire au sens source-récepteur
- U2** : vent moyen à faible (1 à 3m/s) contraire ou vent fort peu contraire
- U3** : vent nul ou vent quelconque de travers
- U4** : vent moyen à faible portant ou vent fort peu portant (=45°)
- U5** : vent fort portant
- T1** : Jour et fort ensoleillement et surface sèche et peu de vent
- T2** : même conditions que T1 mais au moins une est non vérifiée
- T3** : lever ou coucher du soleil ou (temps couvert et venteux et surface pas trop humide)
- T4** : nuit et (nuageux ou vent)
- T5** : nuit et ciel dégagé et vent faible

L'estimation qualitative de l'influence des conditions météorologiques se fait par l'intermédiaire de la grille ci-dessous :

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

- Etat météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore
- Etat météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore
- Z Effets météorologiques nuls ou négligeables
- + Etat météorologique conduisant à un renforcement faible du niveau sonore
- ++ Etat météorologique conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore

WATT INSTALLATION

6 rue Lavoisier
ZI Saint Porchaire
79300 BRESSUIRE

A l'attention de Mr PENET



ANALYSE DU RISQUE Foudre

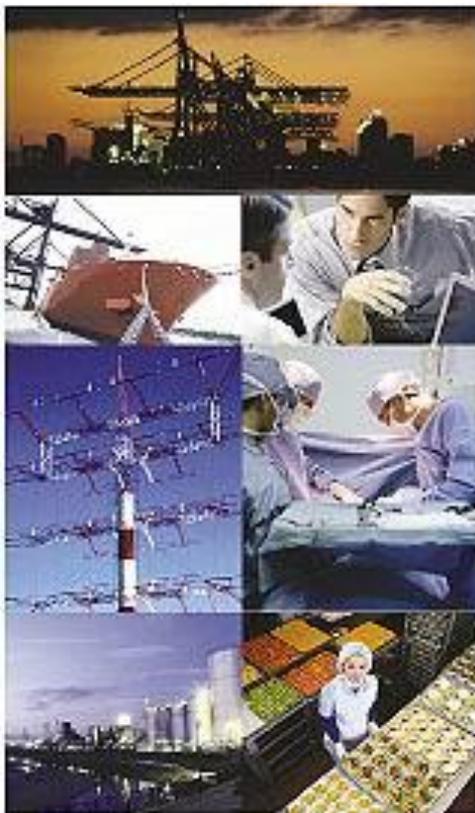
en référence à l'

arrêté du 4 octobre 2010 modifié

Mission n° : 18238953

effectuée le 28/06/2018

**Installation : Stockage temporaire de déchets
dangereux et amiante**



Apave SA - 191 rue de Vaugirard - 75738 Paris Cedex 15 - SA au capital de 222 024 163 € - RCS Paris 527 573 141

Filiales opérationnelles : **Apave Alsacienne SAS** - RCS 301 570 446 ; **Apave Nord-Ouest SAS** - RCS 419 671 425 ;
Apave Parisienne SAS - RCS 393 168 273 ; **Apave Sudeurope SAS** - RCS 518 720 925

AGENCE DE POITIERS
ZI de la République 2
27 rue Victor Grignard
86061 POITIERS
Tél. : 0549626630 – Fax 0549553212

WATT INSTALLATION

6 rue Lavoisier
ZI Saint Porchaire
79300 BRESSUIRE

Date d'intervention : 28/06/2018

ANALYSE DU RISQUE Foudre

en référence à l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié

Adresse(s) d'expédition :

1 ex **WATT INSTALLATION**
6 rue Lavoisier
ZI Saint Porchaire
79300 BRESSUIRE

A l'attention de Mr PENET Marc

Intervenant : CHAUVEAU Anthony



Accompagné par : Mme GUITTON Elise

Compte rendu de la prestation à : Mme GUITTON Elise

Pièces jointes : aucune

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
Le seul rapport faisant foi est le rapport envoyé par **Apave**.

SOMMAIRE

1. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre	4
2. MISSION	5
2.1 Objet	5
2.2 Objectif	5
2.3 Périmètre d'application de l'ARF	5
2.4 Référentiels applicables	5
2.5 Documents de référence	6
2.6 Limites d'intervention	6
2.7 Documents examinés	6
2.8 Outils informatiques	6
2.9 Abréviations	6
3. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DU SITE	7
3.1 Activité de l'établissement	7
3.2 Situation géographique	7
3.3 Incidents / accidents dus à la foudre	7
3.4 Densité de foudroiement au sol "Ng"	7
3.5 Résistivité du sol	7
4. PROCESSUS D'ÉVALUATION DU RISQUE Foudre	8
4.1 Objectif de l'évaluation du risque	8
4.2 Procédure pour évaluer le risque foudre et le besoin de protéger	8
4.3 Identification de la structure et des pertes	9
4.4 Identification et calcul des composantes du risque R_1	9
5. INSTALLATIONS CLASSÉES SOUMISES À L'ARF	10
6. ANALYSE DÉTAILLÉE DES STRUCTURES	11
6.1 Ensemble du site	12
7. DISPOSITIONS DE PRÉVENTION VISANT À LIMITER LES SITUATIONS DANGEREUSES	16
7.1 Système de détection d'orage	16
7.2 Dispositions particulières en période orageuse	16
7.3 Moyens mis en œuvre pour informer les intervenants	16
8. ANNEXES	17
8.1 Plan des structures du site	18
8.2 Schéma d'application de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié	19

1. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

■ Structures à protéger

Une structure est à protéger contre la foudre lorsque la probabilité d'occurrence R_1 , relative à la perte de vie humaine, est supérieure à 10^{-5}

Indépendamment de l'évaluation du risque R_1 , les Équipements Importants Pour la Sécurité, pouvant être affectés par les effets de la foudre, seront à protéger.

STRUCTURE	RISQUE R_1		RENOIS N°
	VALEUR SANS PROTECTION	VALEUR AVEC PROTECTION	
Ensemble du site	$1,76 \cdot 10^{-7}$	/	1

■ Équipements et fonctions à protéger

Les EIPS ou Mesures de maîtrise du risque relevées dans les documents examinés ou indiqués par l'exploitant sont les suivants :

Aucun EIPS retenu conformément à l'étude de danger

■ Résultat de l'analyse du risque foudre

RENOI N°	EXPRESSION DU BESOIN DE PREVENTION ET DE PROTECTION
1	En l'état, ce bâtiment ne nécessite pas de système de protection contre la foudre (SPF) Aucune étude technique n'est requise

2. MISSION

2.1 OBJET

Tel que prévu au contrat, la **mission d'Analyse du Risque Foudre (ARF)** porte sur :

- l'ensemble des structures et bâtiments du **site**

2.2 OBJECTIF

L'objectif de la mission est de réaliser une **Analyse du Risque Foudre (ARF)** conformément à l'article 18 de l'arrêté ministériel du 4 octobre 2010 modifié relatif à la prévention des risques accidentels au sein des **Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)** soumises à autorisation, et conclure sur la nécessité de protéger ou non le site concerné contre la foudre.

2.3 PERIMETRE D'APPLICATION DE L'ARF

L'ARF consiste à identifier " les équipements et les installations dont une protection doit être assurée " en application de l'article 16 de l'arrêté.

L'analyse **prend en compte** les effets de la foudre suivants:

- ✓ les **effets directs** relatifs à l'**impact direct du coup de foudre sur la structure** ; les **conséquences** en sont principalement l'**incendie** ou l'**explosion** ;
- ✓ les **effets indirects** causés par les **phénomènes électromagnétiques** et par la circulation du courant de foudre ; ces phénomènes provoquent des montées de potentiel qui se propagent à l'intérieur de la structure et conduisent à des surtensions dans les parties métalliques et les installations électriques ; elles sont à l'origine des **défaillances des équipements et des fonctions de sécurité**.

L'**ARF** devra être tenue en permanence à la disposition de l'inspection des ICPE. Elle sera systématiquement **mise à jour** à l'occasion de modifications notables des installations nécessitant le **dépôt d'une nouvelle autorisation** au sens de l'article R.512-33 du code de l'environnement et à chaque **révision de l'étude de dangers** ou pour toute **modification des installations** qui peut avoir des répercussions sur les données d'entrée de l'ARF.

La mission concerne exclusivement les installations pour lesquelles une agression par la foudre est susceptible de porter gravement atteinte à l'environnement et à la sécurité des personnes.

L'évaluation des pertes économiques et financières sont exclues de la mission. Cette mission ne comprend pas la réalisation de l'étude technique au sens de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

La responsabilité d'APAVE ne saurait être recherchée si les déclarations et informations fournies par l'Exploitant se révèlent incomplètes ou inexactes, ou si des installations ou procédés n'ont pas été présentés, ou s'ils ont été présentés dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement, ou en cas de modification postérieure à notre mission.

Les informations prises en compte sont celles établies à la date du rapport.

2.4 REFERENTIELS APPLICABLES

Cette mission est effectuée en référence aux textes réglementaires et normes suivants :

- ✓ **Arrêté du 4 octobre 2010 modifié** relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.
 - Section III : Dispositions relatives à la protection contre la foudre (Cf. § 8.2) et à ses articles 16 et 18

- ✓ Circulaire du 24 avril 2008 relative à l'arrêté du 4 octobre modifié.
- ✓ Norme **EN 62305-2** de novembre 2006 ; Norme européenne (EN).

2.5 DOCUMENTS DE REFERENCE

- ✓ Guide Technique d'application – Foudre contrôle certification – Analyse du risque foudre du 01/04/12.

2.6 LIMITES D'INTERVENTION

Aucune limite vis-à-vis de la portée contractuelle.

2.7 DOCUMENTS EXAMINES

TITRE DU DOCUMENT	REFERENCE	ORGANISME	DATE *
Etude De Dangers WATT INSTALLATION BRESSUIRE	18142467	APAVE	Juillet 2018
Déclaration initiale d'une installation classée relevant du régime de la déclaration	CERFA	Exploitant	03/11/2016
Plan de masse	Sans	Exploitant	Sans
Notice technique	18142467	APAVE	Juillet 2018

(*) La source et le titre des documents présentés sont identifiés avec leurs références et datés.

2.8 OUTILS INFORMATIQUES

- Feuille de calcul **APAVE** version **Q2**
- Logiciel **RISK** version **1.0.0**
- Logiciel **JUPITER** version **X**
- Logiciel **DEHN Support** version **X**

2.9 ABREVIATIONS

ARF	Analyse du risque foudre
EDD	Étude de dangers
ICPE	Installation classées pour l'environnement
EIPS	Élément(s) important(s) pour la sécurité
ETF	Étude technique foudre
EXP	Exploitant des Installations classées
NPF	Niveau de protection contre la foudre
PCI	(méthode des) Pouvoirs calorifiques inférieurs
SPF	Système de protection contre la foudre

3. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DU SITE

3.1 ACTIVITE DE L'ETABLISSEMENT

Stockage temporaire de déchets dangereux et amiante
Désamiantage dans le cadre d'opérations de séparation des Matériaux ou Produits Contenant de l'Amiante (MPCA)

3.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le site est implanté en zone : industrielle urbaine suburbaine rurale

3.3 INCIDENTS / ACCIDENTS DUS A LA Foudre

Les incidents significatifs : aucun.

3.4 DENSITE DE Foudroiement AU SOL "Ng"

La valeur de la densité de foudroiement retenue :
Ng = 0,185 impacts/km²/an

Nota : La valeur de Ng a été obtenue à partir de :

- la densité de points d'impact "Nsg" pour la commune de : BRESSUIRE
Nsg = 0,37 impact/km²/an
 - délivrée par la base de données de METEORAGE au 28/06/2018
 - déterminée à partir de la densité de flash : Ng = Densité de flash , **tel que Ng = Nsg / 2**

3.5 RESISTIVITE DU SOL

La valeur de la résistivité du sol appliquée pour le calcul du risque R1 est de :

- ✓ **500 ohm-mètres** conformément à la prescription de la EN 62305-2.

4. PROCESSUS D'ÉVALUATION DU RISQUE Foudre

4.1 OBJECTIF DE L'ÉVALUATION DU RISQUE

Un **coup de foudre** à proximité ou sur la structure ¹ et les services ² peut être à l'**origine** de **pertes dues** :

- ✓ à des **blessures** des **êtres vivants** ;
- ✓ à des **dommages physiques** affectant la structure et son contenu ;
- ✓ à des **défaillances** des **réseaux électriques et électroniques dédiés à la sécurité**.

Les effets consécutifs de ces pertes, lorsqu'elles s'étendent à proximité immédiate de la structure, impliquent les autres structures ou l'environnement du site.

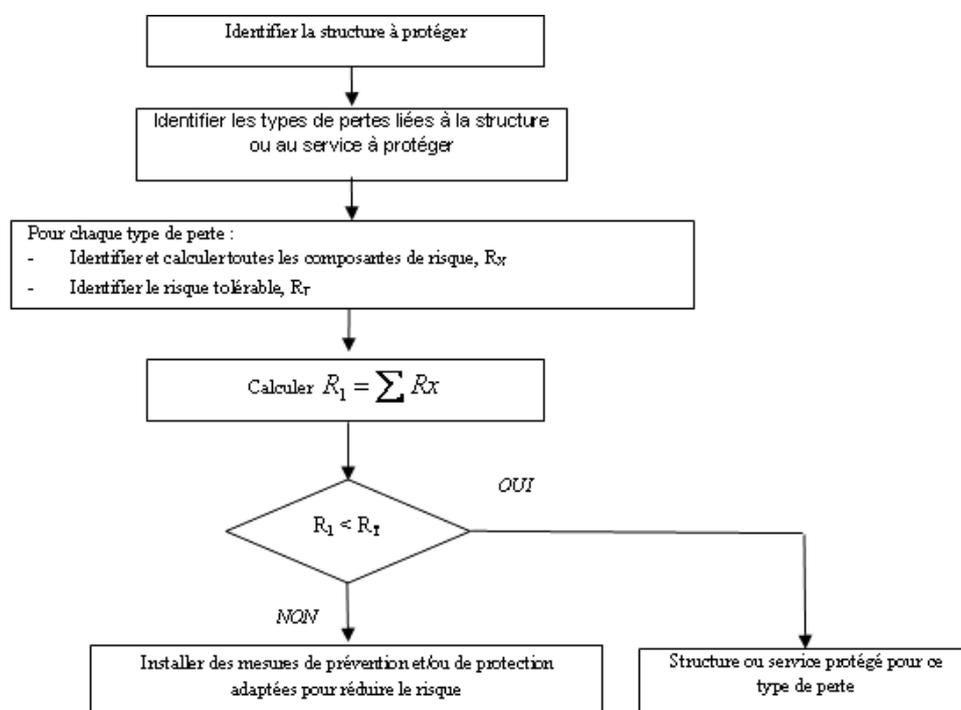
L'objectif de l'**évaluation du risque** de pertes consiste :

- ✓ soit de **s'assurer** que les mesures de protection de la structure et des services sont suffisantes pour que le **risque** reste **acceptable** à une valeur **tolérée** ;
- ✓ soit de **déterminer le besoin** de mettre en œuvre **des mesures de prévention et de protection**.

4.2 PROCEDURE POUR EVALUER LE RISQUE Foudre ET LE BESOIN DE PROTEGER

L'**arrêté du 4 octobre 2010 modifié** et sa circulaire précisent que **seul le risque R_1 « risque de perte de vie humaine » défini par la EN 62305-2 est évalué** pour l'analyse du risque foudre. Cette évaluation est relative aux caractéristiques de la structure et aux pertes.

Le risque R_1 **retenu** doit être **inférieur ou égal** au risque tolérable R_T (**1,00 E-05**) (Cf. tableau § 1).



Procédure pour la décision du besoin de protéger (Cf. Fig. 1 de EN 62305-2).

¹ La structure est un ouvrage ou un bâtiment conformément à la norme.

² Les services sont des éléments métalliques conducteurs tels que réseaux de puissance, lignes de communication, canalisations, connectés à une structure.

4.3 IDENTIFICATION DE LA STRUCTURE ET DES PERTES

Une **structure** est constituée par :

- ✓ un **bâtiment**, un **local**, un **ouvrage**, un **édifice**, etc. ; partitionné en zones si nécessaire ;
- ✓ des **contenus** : substances, procédés de fabrication, installations, équipements, éléments importants pour la sécurité, etc. ;
- ✓ des **personnes** à l'intérieur ou à moins de 3 mètres à l'extérieur ;
- ✓ un **environnement** proche, extérieur à la structure ou du site.

Les **services** connectés à la structure sont **identifiés** et déterminés.

Les informations relatives à la structure sont données par l'Etude de dangers ou communiquées par l'Exploitant des Installation classées.

4.4 IDENTIFICATION ET CALCUL DES COMPOSANTES DU RISQUE R_1

Les composantes du risque R_1 pour une structure en fonction de l'impact foudre sont les suivantes :

Risque	Définition
R_A	Impact sur la structure : Composante liée aux blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas dans les zones jusqu'à 3 m à l'extérieur de la structure.
R_B	Impact sur la structure : Composante liée aux dommages physiques d'un étincelage dangereux dans la structure entraînant un incendie ou une explosion pouvant produire des dangers pour l'environnement.
R_C	Impact sur la structure : Composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF.
R_M	Impact à proximité de la structure : Composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF.
R_U	Impact sur un service : Composante liée aux blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur de la structure en raison du courant de foudre injecté dans une ligne entrante.
R_V	Impact sur un service : Composante liée aux dommages physiques (incendie ou explosion dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au point de pénétration de la ligne dans la structure) dus aux courants de foudre transmis dans les lignes entrantes.
R_W	Impact sur un service : Composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à la structure.
R_Z	Impact à proximité d'un service : Composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à la structure.

5. INSTALLATIONS CLASSEES SOUMISES A L'ARF

■ ICPE du site directement soumises par la réglementation à une ARF

Une ICPE est définie par son activité, sa rubrique, et son régime de classement : non classé (NC) ; déclaration (D) ; déclaration avec contrôle (DC) ; enregistrement (E) ; **autorisation** (A) ; **autorisation avec servitude** (AS). Un arrêté préfectoral peut demander une ARF.

■ Le site est soumis à autorisation d'exploiter au titre des rubriques des ICPE suivantes :

L'ARF est déterminée en référence : aux **rubriques des ICPE soumises à l'arrêté** du 04/10/2010 modifié, à la **prescription d'un arrêté ministériel** dédié à une rubrique ICPE, à un **arrêté préfectoral**, au **principe de connexité** qui amène à considérer les autres ICPE, aux **éléments de sécurité d'une ICPE** soumise à l'ARF et déportés dans une autre structure.

Table des structures soumises à l'ARF en référence :

✓ au tableau ci-après.

RUBRIQUE ICPE	ACTIVITÉ ICPE	REGIME ICPE
2718-2	Installation de transit, regroupement ou tri de déchets dangereux ou de déchets contenant les substances dangereuses ou préparations dangereuses mentionnées à l'article R. 511-10 du code de l'environnement, à l'exclusion des installations visées aux rubriques 2710, 2711, 2712, 2717, 2719 et 2793.	DC

Le site WATT INSTALLATION est actuellement soumis à déclaration. La présente analyse est réalisée en vue d'un passage à régime à Autorisation

■ Identification des évènements redoutés

Le **danger** et la **défaillance** potentielle **des équipements de sécurité** conduit à identifier les évènements redoutés retenus par l'**Étude de dangers** ou par défaut, ceux délivrées par l'**Exploitant**.

Le **risque maîtrisé** conduit à des dispositions particulières afin d'éliminer la source du danger dû à la foudre.

Le **facteur déclenchant ou aggravant** d'un événement redouté est initié par les effets directs dus à la foudre ou indirects dus à l'impulsion électromagnétique de la foudre.

STRUCTURE	DANGERS <i>Causes potentielles</i>			DEFAILLANCES <i>Causes potentielles</i>	
	INCENDIE	EXPLOSION	PERTE DE CONFINEMENT	EIPS	PERTE D'UTILITE
	<i>Point chaud ou étincelle en présence de produit combustible sur impact de foudre</i>	<i>Point chaud ou étincelle en présence d'atmosphère explosive sur impact de foudre</i>	<i>Dégâts et percements sur les enveloppes, tuyauteries ou capacités</i>	<i>Défaillance d'un équipement sensible important pour la sécurité</i>	<i>Arrêt de l'alimentation électrique en cas de coup de foudre sur site ou à proximité</i>
Ensemble du site	NR	NR	NR	NR	FD

Légende : **RM** : risque maîtrisé **FD** : facteur déclenchant **FA** : facteur aggravant **NR** : risque non retenu;

6. ANALYSE DETAILLEE DES STRUCTURES

■ Analyse des structures

Les **données en entrée** de l'analyse sont **qualitatives**. Les données en entrée et les valeurs correspondantes affectées des paramètres de la norme sont renseignées pour évaluer un risque.

■ Evaluation du risque

L'**évaluation initiale** du risque R_1 prend en compte les éléments de construction de la structure qui participent à la protection contre la foudre, à l'exception du SPF. Lorsque $R_1 > R_T$, d'autres évaluations sont effectuées pour déterminer si le besoin de prévention et de protection permettent de limiter le risque au R_T .

Les données d'entrée pour évaluer le risque sont des paramètres définis par la EN 62305-2. Ces **données identifiées et renseignées sont justifiées** dans le corps du rapport et récapitulées dans le tableau suivant.

Caractéristiques de la structure	
L_b, W_b, H_b	Dimensions extérieures des bâtiments
H_{pb}	Hauteurs des protubérances du bâtiment (mesurée à partir du sol)
C_{db}	Facteur d'emplacement du bâtiment
P_B	Probabilité de dommages physiques (relatif au niveau de protection contre la foudre)
K_{s1}	Écran assuré par la structure
N_g	Densité de foudroiement
n_t	Nombre total de personnes (donnée si plusieurs zones)

Caractéristiques de la ligne de puissance / de communication	
ρ	Résistivité du sol en ohms-mètres
L_c	Longueur de la ligne concernée
H_c	Hauteur des conducteurs de la ligne (0 = conducteurs enterrés ou sur racks métalliques)
C_t	Présence d'un transformateur HTA / BT
C_d	Facteur d'emplacement du service
C_e	Facteur d'environnement de ligne
U_w	Tension de tenue aux chocs du réseau en kV
K_{s3}	Type de câblage (présence d'écran, précautions prises pour diminuer les effets dus aux boucles d'induction)
K_{s4}	Facteur associé à la tension de tenue aux chocs d'un réseau
P_{LD}	Prise en compte de la qualité des écrans des câbles (câbles écrantés uniquement)
P_{LI}	Prise en compte du raccordement des écrans
P_{SPD}	Présence de parafoudres sur le service concerné
C_{da}	Facteur d'emplacement du bâtiment à l'autre extrémité de la ligne concernée
L_a, W_a, H_a	Dimensions extérieures du bâtiment à l'autre extrémité de la ligne concernée
H_{pa}	Hauteur des protubérances du bâtiment à l'autre extrémité de la ligne concernée

Caractéristiques de la zone	
n_u	Prise en compte des planchers à l'intérieur de la structure (risques de tension de pas)
P_U	Mesures de préventions des risques liés aux tensions de pas à l'intérieur de la structure
r_a	Prise en compte des sols à l'extérieur de la structure (risques de tension de pas)
P_A	Mesures de préventions des risques liés aux tensions de pas à l'extérieur de la structure
K_{s2}	Écrans internes à la structure
r_p	Dispositions contre l'incendie (manuelles / automatiques)
r_f	Risque d'incendie ou d'explosion
n_p	Nombre de personnes en danger dans la structure (donnée si plusieurs zones)

Pertes humaines	
L_t	Pertes dues aux blessures par tensions de contact et de pas
L_f	Pertes dues aux dommages physiques sur la structure
h_z	Prise en compte des dangers particuliers
L_o	Pertes dues aux défaillances des réseaux internes
R_T	Risque tolérable indiqué par la EN 62305-2 (1,00E-05)

6.1 ENSEMBLE DU SITE

6.1.1 Description des risques

- **Activité(s) dans la structure ou bâtiment**
- **Caractéristiques de la structure**

Localisation	L'établissement est localisé sur la commune de BRESSUIRE dans le département des Deux Sèvres (79). Il est situé sur le secteur Nord-est de l'agglomération, dans la Zone Industrielle de Saint Porchaire
Éléments attractifs et point haut	Le bâtiment lui-même
Type de structure	Structure métallique avec bardage en façades, remplissage parpaings pour les bureaux. Couverture bacs acier simple peau avec présence d'une installation photovoltaïque
Dimensions approximatives (L x l x h) en m	55 x 19 x 4,5

- **Détermination des pertes (voir note de calculs en annexe)**

- **Risque d'incendie**

- ✓ Risque retenu : faible
- ✓ $r_f = 0,001$
Conformément à l'extrait de l'EDD : Cf. § 3.3.2

- **Risque d'explosion**

- ✓ $r_f = 0,001$, (en l'absence de risque d'explosion la valeur de r_f est déterminée en fonction du risque d'incendie ci-dessus)
- ✓

- **Risque pour l'environnement**

- ✓ $h_z = 2$, faible niveau de panique
Présence de fosses tampons pour la récupération des eaux d'extinction de la zone confinée et de la zone déchets en cas d'incendie.

- **Commentaires**

- ✓ Sans objet

6.1.2 Installation extérieure du système de protection contre la foudre

La structure n'est pas équipée de protection

6.1.3 Installation intérieure du système de protection contre la foudre

- **Services de puissance entrants / sortants**

- ✓ Description sommaire : Alimentation Basse tension EDF type Tarif Bleu

-
- ✓ Parafoudre BT
 - sur les tableaux Aucun Type 1 Type 2
 - sur les équipements Aucun Type 1 Type 2
 - ✓ Maillage du réseau de terre Non Oui
 - ✓ Alimentation secourue Non Oui
 - ✓ GE pour la zone de décontamination Onduleur

■ **Services de communication entrants / sortants**

- ✓ Description sommaire : Lignes de télécommunication depuis le réseau France TELECOM
- ✓ Parafoudres Aucun Type 1

■ **Canalisations métalliques entrantes / sortantes**

Aucune

■ **Commentaires**

- ✓ Sans objet

6.1.4 Évaluation initiale

Bâtiment ou structure:	Ensemble de l'établissement								
DONNEES POUR LA STRUCTURE	Les coefficients Lt, Lf, L0, sont les valeurs types de la norme.								
Ng (impact/km ² /an) :	0,185	Long. (m):	55	larg. (m):	19	Haut.(m) :	4,5	A _{D/B} (m ²):	3 615
C _{Db} :	0,25	K _{S1} :	1	P _B :	1	nt :	1	Am (m ²):	234 295
DONNEES POUR LES ZONES	Ensemble de l'établissement	0	0	0					
Type d'activité :	Industrie	0	0	0					
Personnes (np) np/nt	1 1	0 0	0 0	0 0					
Temps d'occupation (tp/8760):	1,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00					
Type de sol extérieur (ra) :	0,00001	0	0	0					
Type de plancher intérieur (ru):	0,01	0	0	0					
Risque présenté (rf) :	0,001	0	0	0					
Dispos. contre l'incendie (rp):	0,5	0	0	0					
Type de danger particulier (hz):	2	0	0	0					
Pertes par électrisation (Lt) :	0,0001	0	0	0					
Pertes physiques (Lf) :	0,05	0	0	0					
Pertes réseaux internes (L ₀) :	0	0	0	0					
Ecran de zone (K _{S2}) :	1	0	0	0					
COURANTS FORTS									
Structure adjacente	Surface (A _{D/A} m ²) :	0	0	0	0				
	Position (C _{D/A}) :	0,25	0	0	0				
	Résistivité du sol (ohm.m) :	500	0	0	0				
	Type de réseau :	Aérien	-	-	-				
	Haut/Sol (m) :	6	0	0	0				
	Long. (m) :	1000	0	0	0				
Type de câble (K _{S3}) :	K _{S4} :	1 1	0 0	0 0	0 0				
	Positionnement ligne (C _D) :	0,25	0	0	0				
	Facteur d'environnement (Ce) :	0,5	0	0	0				
	Facteur isolation galva. (Ct) :	1	0	0	0				
	Ecrans (P _{LI}) :	1 1	0 0	0 0	0 0				
	Tenue aux chocs (kV) :	1,5	0	0	0				
	Matériel aux normes CEM :	Non	Non	Non	Non				
	P _{SPD} :	1	0	0	0				
COURANTS FAIBLES									
Structure adjacente	Surface (A _{D/A} m ²) :	0	0	0	0				
	Position (C _{D/A}) :	0,25	0	0	0				
	Résistivité du sol (ohm.m) :	0	0	0	0				
	Type de réseau :	Aérien	-	-	-				
	Haut/Sol (m) :	6	0	0	0				
	Long. (m) :	1000	0	0	0				
Type de câble (K _{S3}) :	(K _{S4}) :	1 1	0 0	0 0	0 0				
	Positionnement ligne (C _D) :	0,25	0	0	0				
	Facteur d'environnement (Ce) :	0,5	0	0	0				
	Facteur isolation galva. (Ct) :	1	1	1	1				
	Ecrans(P _{LI}) :	1 1	0 0	0 0	0 0				
	Tenue aux chocs (kV) :	1,5	0	0	0				
	Matériel aux normes CEM :	Non	Non	Non	Non				
	P _{SPD} :	1	0	0	0				

Version Q2

Bâtiment ou structure:

Ensemble de l'établissement
RESULTATS

Nombre annuel prévisible d'événements dangereux :

N_D (/an)	1,67E-04
N_M (/an)	4,32E-02

Symbole	Ensemble de l'établissement	0	0	0
N_{D_0} /an (pui)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
N_L /an (Pui)	1,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
N_I /an (Pui)	9,25E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
N_{D_0} /an (com)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
N_I /an (Com)	1,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
N_I /an (Com)	9,25E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Valeurs de probabilité P selon les zones:

Probabilité	Ensemble de l'établissement	0	0	0
P_A	1	1	1	1
P_B	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
P_C	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_M	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_U (puis.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_V (puis.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_W (puis.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_Z (puis.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_U (com.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_V (com.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_W (com.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
P_Z (com.)	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Valeurs des composantes du risque R1 selon les zones

R1	Ensemble de l'établissement	0	0	0	Structure
R_A	1,67E-13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,67E-13
R_B	8,36E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,36E-09
R_C	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
R_M	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
R_U (puis.)	1,64E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,64E-09
R_V (puis.)	8,21E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,21E-08
R_W (puis.)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
R_Z (puis.)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
R_U (com.)	1,64E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,64E-09
R_V (com.)	8,21E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,21E-08
R_W (com.)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
R_Z (com.)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Total	1,76E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,76E-07

Conclusions :

pour la structure, le risque calculé R1 vaut:

1,76E-07

Le risque tolérable RT est de :

1,00E-05

Selon la norme NF EN 62305-2, l'installation ne nécessite pas de protection particulière

Version Q2

7. DISPOSITIONS DE PREVENTION VISANT A LIMITER LES SITUATIONS DANGEREUSES

7.1 SYSTEME DE DETECTION D'ORAGE

Le site n'est pas équipé de dispositif particulier

7.2 DISPOSITIONS PARTICULIERES EN PERIODE ORAGEUSE

Aucune

7.3 MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR INFORMER LES INTERVENANTS

Aucun

8. ANNEXES

8.1 PLAN DES STRUCTURES DU SITE



8.2 SCHEMA D'APPLICATION DE L'ARRETE DU 4 OCTOBRE 2010 MODIFIE

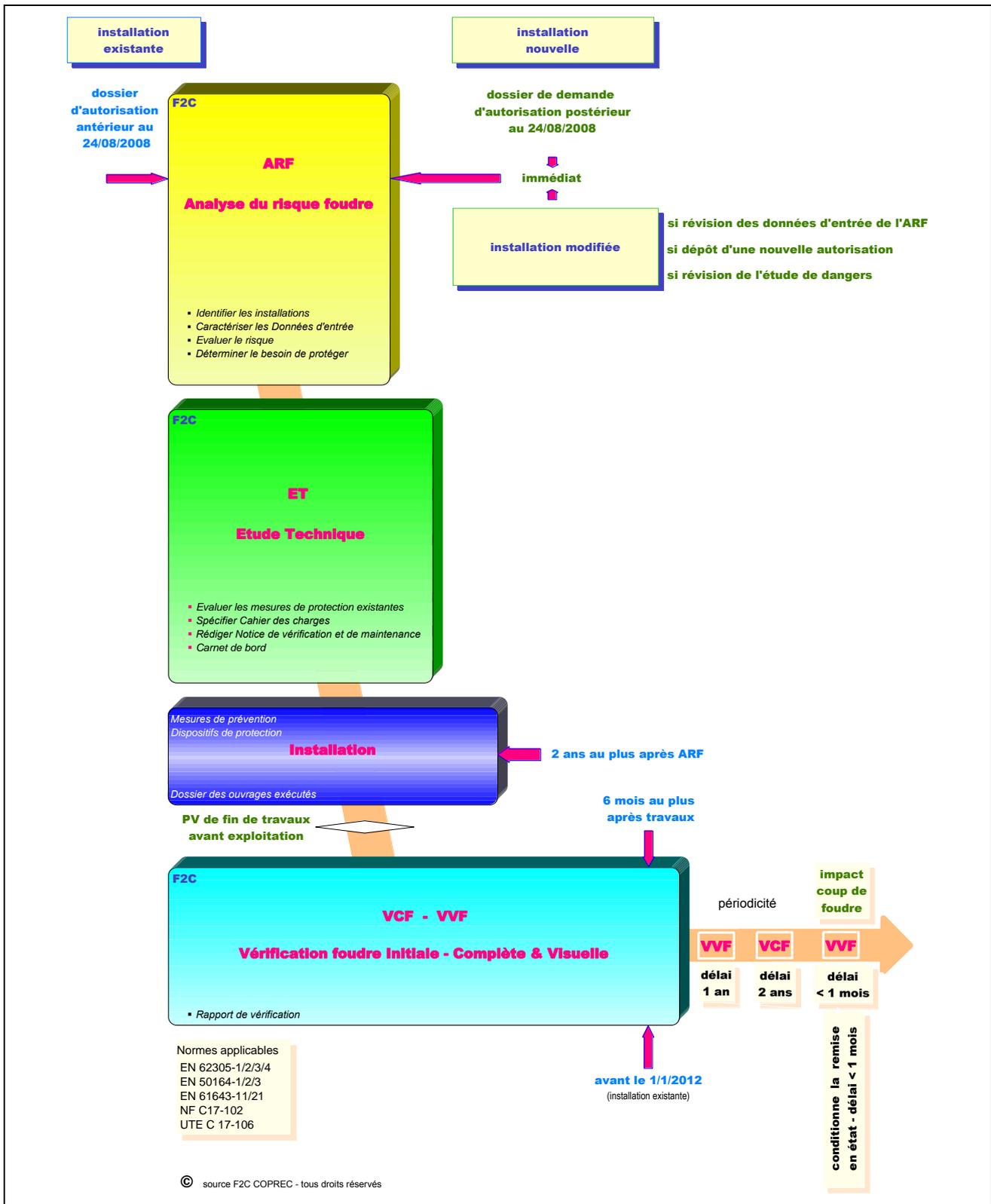


Figure 8.2. : Cycle de vie pour la mise en œuvre de la prévention et de la protection contre la foudre des ICPE.

Amiante

Fiche toxicologique n°145

Généralités

Edition _____ Mai 2018

Formule :

-

Substance(s)

Nom	Détails	
Chrysotile	Numéro CAS	12001-29-5
	Numéro index	650-013-00-6
Amosite	Numéro CAS	12172-73-5
	Numéro index	650-013-00-6
Crocidolite	Numéro CAS	12001-28-4
	Numéro index	650-013-00-6
Trémolite-amiante	Numéro CAS	77536-68-6
	Numéro index	650-013-00-6
Actinolite-amiante	Numéro CAS	77536-66-4
	Numéro index	650-013-00-6
Antophyllite-amiante	Numéro CAS	77536-67-5
	Numéro index	650-013-00-6
Amiante	Numéro CAS	132207-32-0
	Numéro index	650-013-00-6

Etiquette



AMIANTE

Danger

- H350 - Peut provoquer le cancer
- H372 - Risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

ATTENTION : pour la mention de danger H372, se reporter à la section "Réglementation".

■ **Etat naturel et extraction [1 à 3] :**

Le terme « amiante » ou « asbeste » recouvre une série de fibres minérales naturelles, appartenant aux groupes minéralogiques des serpentines ou des amphiboles. La réglementation concerne les variétés d'amiante ayant été exploitées industriellement.

Environ deux millions de tonnes d'amiante sont toujours produits annuellement dans le monde. Le chrysotile ou amiante blanc est la variété la plus courante, la seule du groupe des serpentines. Les exploitations de chrysotile les plus importantes sont situées en Russie (1,1 million de tonnes en 2016) et en Chine (400 000 T en 2016) [4]. D'autres gisements existent au Canada, Brésil, Kazakhstan, Zimbabwe et en Afrique du Sud. La mine française de chrysotile située en Corse n'est plus exploitée depuis 1965. Le Canada a cessé la production d'amiante en 2011 et le gouvernement a annoncé l'interdiction sur son territoire en 2018.

Le groupe des amphiboles comprend cinq variétés : la crocidolite (amiante bleu), l'amosite (amiante brun), la trémolite-amiante, l'actinolite-amiante et l'anthophyllite-amiante.

Les amphiboles ayant donné lieu à exploitation industrielle sont l'amosite et la crocidolite. Extraites en Afrique du Sud, elles ne représentent pas plus de 5 % de la production mondiale d'amiante.

■ **Formule chimique**

Chaque variété d'amiante réglementaire possède au moins un homologue non asbestiforme dont la composition chimique est identique [5].

Amiante - Asbestiforme	Composition chimique	Homologue Non Asbestiforme
Chrysotile (blanc)	[Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄]	Antigorite Lizardite
Crocidolite (bleu)	[Na ₂ (Fe ²⁺ ,Mg) ₃ Fe ³⁺ ₂ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂]	Riébeckite
Amosite (brun)	[(Mg, Fe ²⁺) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂]	Grunérite
Trémolite-amiante	[Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂]	Trémolite
Actinolite-amiante	[Ca ₂ (Mg, Fe ²⁺) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂]	Actinolite
Anthophyllite-amiante	[(Mg, Fe ²⁺) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂]	Anthophyllite

Caractéristiques

Utilisations

[6]

La fabrication, la transformation, l'importation, la mise sur le marché et la cession, à quelque titre que ce soit, de tout produit contenant de l'amiante sont interdites en France depuis le 1^{er} janvier 1997 (décret n°96-1133 du 24 décembre 1996), au titre de la protection de la population et des travailleurs. Les dérogations accordées à titre exceptionnel et temporaire ont pris fin au 1^{er} janvier 2002, à l'exception de celles concernant la vente ou la cession, à quelque titre que ce soit, des véhicules automobiles d'occasion et des véhicules, matériels et équipements agricoles et forestiers d'occasion, sous réserve que les plaquettes de frein ne contiennent pas d'amiante.

Auparavant, plusieurs décrets réduisaient déjà le nombre des applications possibles de l'amiante. En mars 1978 : interdiction du flocage contenant plus de 1 % d'amiante dans les bâtiments ; en avril 1988 : interdiction de produits à base d'amiante visant surtout la sécurité du grand public (jouets, articles pour fumeurs...) ; en juillet 1994 : interdiction de tous les produits contenant des amphiboles ainsi que de nombreux usages du chrysotile.

Les produits à base d'amiante comprenaient principalement :

- les produits d'amiante-ciment (plaques ondulées, tuiles, ardoises de toiture), plaques et panneaux de cloisons intérieures, canalisations ;
- les produits textiles (cordes ou tresses, joints ou bourrelets d'étanchéité et de calorifugeage, vêtements de protection contre la chaleur, presse-étoupe, filtres) ;
- les garnitures de friction (freins et embrayages de véhicules automobiles et ferroviaires, ascenseurs, moteurs et machines diverses) ;
- le papier-carton pour l'isolation thermique ou électrique ;
- des produits divers (amiante imprégné de résines, compensateurs de dilatation, évaporateurs, diaphragmes pour électrolyse, embouts de remplissage de bouteilles d'acétylène, revêtements de sols, composés bituminés, enrobés routiers).

Pour ces usages, le chrysotile était de loin la variété la plus répandue. Dans le groupe des amphiboles, seules l'amosite et la crocidolite ont eu une importance commerciale en France.

Propriétés physiques

[1 à 3]

L'amiante, matière naturelle, se distingue des matières fibreuses « artificielles » (des silicates tels que la laine de roche ou la fibre de verre) par sa structure cristalline et par l'extrême finesse de ses fibres.

La « fibre » de chrysotile désigne en fait un ensemble formé de plusieurs dizaines ou centaines de fibrilles, plus ou moins solidement agglomérées, d'un diamètre total de l'ordre de 0,1 à 1 µm. Il en résulte une surface spécifique élevée propice aux phénomènes d'adsorption et aux propriétés d'isolation.

Les fibres d'amiante exploitées industriellement présentent des propriétés physico-chimiques exceptionnelles, variables suivant les espèces, qui ont favorisé leur large utilisation : incombustibilité, résistance mécanique, stabilité thermique, inertie chimique par rapport à la plupart des produits chimiques et faible conductivité électrique. La résistance à la traction du chrysotile se trouve à un niveau intermédiaire entre celle de la crocidolite, plus résistante, et celle de l'amosite.

Les fibres ont la capacité de se séparer sur toute leur longueur, et de former ainsi des fibrilles très fines. Les fibrilles de chrysotile sont courbées et particulièrement fines, d'un diamètre compris entre 0,02 et 0,03 µm. Les fibrilles des amphiboles sont droites et d'un diamètre 3 à 10 fois plus grand selon la variété.

Il existe des homologues non asbestiformes (non fibreux) des amiantes. Soumis à des actions mécaniques d'origine naturelle ou anthropique, les homologues des amiantes amphiboles fragmentent selon les plans de clivage du minéral. Ces objets ainsi formés, appelés fragments de clivage, peuvent avoir des caractéristiques dimensionnelles similaires à celles des fibres susceptibles d'être inhalées telles que définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (fibres « OMS », de longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm et rapport longueur sur diamètre (L/d) supérieur à 3) [7]. Pour les fragments de clivage susceptibles d'être inhalés, l'ANSES (agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a adopté la terminologie de particules minérales allongées « d'intérêt » (PMAi) [8].

Certains talcs issus de roches composées de dolomites siliceuses et de magnésium peuvent contenir jusqu'à 70 % d'amphiboles, en particulier les variétés actinolite, trémolite et anthophyllite (appelées ATA). Toutefois, selon la formation géologique des ATA, certaines peuvent se trouver sous forme amiante ou bien, après transformation des talcs en vue de leur usage sous forme de fragments de clivage. Des gisements de talcs contenant des ATA ont été identifiés en Italie, en Norvège et dans l'Etat de New York aux USA [9].

Propriétés chimiques

[1 à 3]

Le chrysotile est un silicate de magnésium hydraté de formule stœchiométrique théorique $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$. Il est stable jusqu'à environ 550 °C. Au-delà, il se déshydrate (déshydratation complète vers 750 °C) et recristallise vers 800-850 °C sous forme de forstérite et silice.

Les amphiboles sont des silicates hydratés de fer, magnésium, sodium et/ou calcium, différant par leur composition chimique. Elles commencent à se déshydrater vers 400-600 °C selon la variété. La dégradation thermique conduit, vers 900-1000 °C, aux minéraux suivants : pyroxènes, magnétite, hématite et silice.

Toutes les formes d'amiante résistent aux bases fortes. Les acides attaquent le chrysotile en dissolvant le magnésium et en laissant la squelette siliceux. Les amphiboles présentent au contraire une bonne résistance aux acides : la crocidolite est plus résistante que l'amosite, bien qu'il soit possible d'en dissoudre de petites quantités dans l'acide chlorhydrique à ébullition.

Réceptacles de stockage

Les échantillons de matériaux contenant de l'amiante doivent être conditionnés de manière totalement étanche, par exemple dans un double emballage de matière plastique protégé de toute possibilité d'endommagement. Un étiquetage « amiante » selon les dispositions du décret n°88-466 du 28 avril 1988 doit être apposé sur l'emballage.



■ Gestion des déchets :

Les déchets amiantés doivent être conditionnés en double emballage étanche conformément aux dispositions de l'ADR pour le marquage de l'emballage, la manipulation, le chargement, le transport, et le déchargement. Des exemptions à l'ADR (Accord pour le transport des marchandises dangereuses par la route) sont possibles pour le transport selon le tonnage (< 333 kg pour l'amiante amphibole et < 1000 kg pour l'amiante chrysotile, un ratio de proportionnalité devant être appliqué si plusieurs variétés d'amiantes ou si d'autres déchets dangereux sont transportés en même temps). Des dérogations à l'ADR sont également possibles pour l'emballage, sur accord de la mission transport du ministère chargé de l'environnement pour le conditionnement des terres naturellement amiantifères, des objets renfermant de l'amiante non accessible et les déchets issus de travaux de BTP (fraisâts d'enrobés routiers par exemple) (Décision générique, cf. § Réglementation).

Tous les déchets contenant de l'amiante sont des déchets dangereux (cf. § Réglementation). Ils peuvent être éliminés dans les installations de stockage de déchets dangereux (ISDD), et les installations de vitrification. Les installations de déchets non dangereux (ISDND) peuvent recevoir, sous réserve qu'elles y soient autorisées par arrêté préfectoral et que des casiers spécifiques et dédiés « amiante » soient aménagés pour leur réception, les déchets amiantés issus de la déconstruction de bâtiments et de travaux publics (cf. § Réglementation). Il est interdit d'éliminer les déchets d'amiante dans les installations de stockage de déchets inertes et de les recycler.

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Arguments de détermination de la VLEP [10]

Dans les années 1960, une méthode de référence internationale, utilisant la microscopie optique à contraste de phase (MOCP) est choisie par l'Organisation Mondiale de la Santé. Les caractéristiques des fibres à prendre en compte pour la mesure de la concentration des fibres dans l'air sur les lieux de travail ont alors été définies : toute particule solide, naturelle ou artificielle, allongée à bords parallèles ayant un diamètre inférieur à 3 µm, une longueur supérieure ou égale à 5 µm et un rapport longueur sur diamètre supérieur à 3.

L'ANSES publie en 2009 un rapport sur les risques pour la santé des fibres courtes et des fibres fines d'amiante, non prises en compte par la réglementation jusqu'alors. Dans ce rapport, l'agence indique la nécessité de réévaluer la VLEP fixée pour les fibres d'amiante en s'appuyant notamment sur les éléments suivants :

- « étant donné que toutes les variétés minéralogiques de fibres d'amiante connues et commercialisées sont susceptibles d'induire un cancer chez l'homme par inhalation, il n'y a pas lieu de les différencier en vue de la recommandation d'une valeur limite d'exposition professionnelle ».
- « étant donné que la limite de 5 µm de longueur pour différencier une fibre « courte » (L < 5 µm) d'une fibre « longue » (L > 5 µm) ne repose pas sur des données scientifiques d'innocuité démontrée, la cancérogénicité des FCA, même si elle reste difficilement appréciable, ne peut pas être exclue ».
- « en l'état actuel des données disponibles et au regard de la cancérogénicité avérée des fibres d'amiante chez l'homme, la toxicité de ces fibres s'exerce selon un mécanisme d'action sans seuil ».
- « l'effet des fibres d'amiante étant cumulatif et aucune toxicité aiguë n'ayant été mise en évidence dans la nombreuse littérature consultée, l'Afsset recommande la fixation de la prochaine VLEP de l'amiante sur une durée de 8h correspondant à une journée classique de travail ».
- « la valeur de VLEP sur 8h de 10fibres/L (0,01f/mL) est la plus basse actuellement retenue par la réglementation de nombreux pays européens. L'Afsset considère que cette valeur peut constituer pour la France une étape pertinente dans le progrès vers la réduction du risque d'exposition à l'amiante. Cependant, pour ce puissant cancérogène sans seuil, l'Afsset recommande de retenir une valeur cible de 0,03 fibres/L qui correspond à un niveau de risque de 10⁻⁶ selon le modèle retenu ».
- étant donné le potentiel cancérogène des fibres fines d'amiante, celles-ci sont à inclure pour la mesure des niveaux d'empoussièrement en milieu de travail. Une modification des techniques de métrologie actuellement utilisées est alors indispensable. L'Afsset recommande d'adapter la méthode par microscopie électronique en transmission analytique (META) (directe ou indirecte) pour une application en milieu professionnel.

Les effets critiques retenus alors pour la détermination de la VLEP sont le cancer broncho-pulmonaire et le mésothéliome.

L'article R. 4412-100 du Code du travail fixe la concentration moyenne en fibres d'amiante dans l'air inhalé par un travailleur à 10 fibres/L sur huit heures de travail. Cette mesure est réalisée par microscopie électronique en transmission analytique (META), méthode indirecte, selon la norme NF X 43-050 [11] et par prélèvement individuel selon la norme NF X 43-269 [12].

Tableau des VLEP [18] :

Pays	Concentration moyenne en fibres d'amiante	Méthodes de détermination
France	10 fibres/L sur 8 heures	Microscopie électronique en transmission analytique (META)
Union européenne	0,1 fibre/cm ³ sur 8 heures (soit 100 fibres/L)	Microscopie optique à contraste de phase (MOCP) - ou méthode équivalente
Allemagne, Pays-Bas, Suisse	10 fibres/L sur 8 heures	Microscopie électronique à balayage analytique (MEBA)
États-Unis (ACGIH)	0,1 fibre/cm ³ sur 8 heures (soit 100 fibres/L)	MOCP
Japon	0,15 fibre/cm ³ sur 8 heures (soit 150 fibres/L)	
Québec	1 fibre/cm ³ sur 8 heures (soit 1000 fibres/L)	

Valeur de gestion du Code de la santé publique : Le Code de la santé publique fixe un seuil de 5 f/L visant à gérer le risque de dégradation des matériaux amiantés de la liste A (flocages, calorifugeages et faux-plafonds) dans les immeubles bâtis, nécessitant le déclenchement de travaux si ce seuil est dépassé. Cette valeur est prise comme référence dans le code du travail pour l'analyse de l'état initial avant le démarrage des travaux, la surveillance environnementale des chantiers de désamiantage, l'analyse de restitution avant le retrait des confinements et l'analyse de fin de chantier. Elle est également prise en compte par le propriétaire, après la réalisation de travaux de retrait de matériaux de la liste A et de matériaux de la liste B à l'intérieur des bâtiments, avant la restitution des locaux concernés par les travaux à des occupants.

Ces mesurages sont effectués à l'aide de prélèvements et d'analyses réalisées par META selon la norme NF X 43-050 (1996).

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

[7, 11, 12, 14, 15]

■ Détection dans les matériaux

L'identification des fibres d'amiante dans les matériaux s'effectue conformément à l'arrêté du 6 mars 2003 relatif aux compétences des organismes procédant à l'identification d'amiante dans les matériaux et produits. Les techniques utilisées sont l'observation en lumière polarisée, selon la méthode HSG 248 (Asbestos : the analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures (publié en 2005 et révisé en 2015) (ex-MDHS 77)) ou méthode équivalente, associée ou non à la microscopie électronique analytique à balayage selon la méthode VDI 34.92 ou ISO 14966 :2002 - Air ambiant - Détermination de la concentration en nombre des particules inorganiques fibreuses - Méthode par microscopie électronique à balayage selon le type de matériau, ou encore par microscopie électronique à transmission analytique, selon la norme NF X 43-050 (1996) adaptée.

Lorsque l'analyse au MOLP (microscopie optique à lumière polarisée) ne permet pas de conclure à la présence d'amiante, un complément d'analyse est à réaliser par microscopie électronique à transmission analytique (META).

■ Détection dans l'air

Les fibres d'amiante en suspension dans l'air sont prélevées sur des membranes filtrantes, à l'aide de cassettes conductrices de l'électricité de diamètre 37 mm, en position ouverte. En milieu de travail, des pompes portables de débit 3 L/min sont utilisées pour les prélèvements individuels réalisés conformément à la norme XP X 43-269 (2012). En mesurage d'ambiance, les règles de prélèvements sont définies par la norme NF X 43-050 (1996), à l'aide de pompes fixes de débit de 5 à 7 L/min, selon l'échantillonneur utilisé.

Les concentrations en milieu de travail sont déterminées par microscopie électronique en transmission analytique (META), méthode indirecte, selon la norme NF X 43-050 (1996), conformément à l'arrêté du 14 août 2012 (entré en révision en 2017 – nouvel arrêté attendu en 2018) relatif aux conditions de mesurage des niveaux d'empoussièrement, aux conditions de contrôle du respect de la valeur limite d'exposition professionnelle aux fibres d'amiante et aux conditions d'accréditation des organismes procédant à ces mesurages. Elles sont exprimées en fibres par litre (f/L). Les fibres prises en compte sont celles de longueur supérieure à 5 µm, de diamètre inférieur à 3 µm, de rapport longueur sur diamètre supérieur à 3. La META permet d'identifier la nature des fibres observées et de comptabiliser les plus fines d'entre-elles dont le diamètre est de l'ordre de 0,02 µm.

En santé publique, les concentrations d'amiante dans l'atmosphère des immeubles bâtis et dans l'environnement sont déterminées par microscopie électronique à transmission analytique, méthode indirecte, les prélèvements et les analyses sont réalisés selon la norme NF X 43-050 (1996), conformément à l'arrêté du 19 août 2011 relatif aux modalités de réalisation des mesures d'empoussièrement dans l'air des immeubles bâtis. Elles sont exprimées en fibres par litre.

Les fibres courtes d'amiante (longueur < 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport L/d > 3) ne sont jamais prises en compte dans les mesures, ni en réglementation « santé publique », ni en réglementation « travail ». Toutefois, dans son avis de 2009, l'AFSSET recommandait l'adoption d'un seuil de gestion à 50 f/L pour les fibres courtes d'amiante, soit 10 fois la valeur actuelle du seuil de gestion en santé publique fixé à 5 f/L pour les fibres réglementaires, ce qui pourrait constituer un indicateur de dégradation de certains matériaux amiantés dans les bâtiments comme les dalles vinyle amiante par exemple [10].

Incendie - Explosion

L'amiante est incombustible. Toutefois, en cas d'incendie, une attention particulière devra être portée sur les produits combustibles, par exemple la présence de films polyane de protection et de confinement, de générateurs d'aérosol de colle, et de carburant utilisé pour les groupes électrogènes de secours sur un chantier de désamiantage.

De plus, lors d'un incendie sur un chantier de désamiantage ou dans un lieu contenant de l'amiante, les services de secours peuvent altérer les matériaux amiantés lors de leur intervention (par exemple, pression de l'eau d'extinction sur des flocages, utilisation d'outils agressifs pour accéder au lieu, etc.). Ces interventions sont de nature à libérer les fibres dans l'atmosphère et imposent des protections respiratoires spécifiques au risque amiante pour les intervenants.

Sur un chantier de désamiantage, lorsque la nature de l'incident et son niveau de gravité le permettent, le respect des procédures de décontamination sera privilégié, pour l'intervenant et les victimes.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

En fonction de leurs caractéristiques dimensionnelles, les fibres d'amiante peuvent se déposer par sédimentation, par impaction aux bifurcations bronchiques ou par interception de l'extrémité de la fibre avec la paroi bronchique. Une fois déposées, les fibres d'amiante sont partiellement éliminées du poumon par les clairances muco-ciliaire, alvéolaire, interstitielle ou lymphatique. La plupart des fibres déposées dans les régions nasopharyngées et trachéo-bronchiques sont avalées ou expectorées.

Une partie des fibres déposées dans l'espace alvéolaire subit un transfert vers l'interstitium pulmonaire ; elles peuvent atteindre la plèvre ou être éliminées de l'interstitium via le système lymphatique et pénétrer dans les capillaires pour être distribuées vers différents organes et tissus (translocation).

Les nombreux mécanismes d'élimination impliqués (ex. dissolution partielle, phagocytose par différentes cellules, transport via l'ascenseur muco-ciliaire, scission longitudinale en fibrilles élémentaires, cassure transversale) dépendent des propriétés physico-chimiques intrinsèques des fibres ainsi que de leur diversité granulométrique.

Chez l'animal

■ Dépôt

Les caractéristiques dimensionnelles des fibres d'amiante (diamètre aérodynamique [D_{ae}] et rapport longueur/diamètre), sont les principaux facteurs déterminant la distribution initiale de leur dépôt dans le poumon. Chez le rongeur, les fibres dont le D_{ae} est supérieur à 6 µm ne sont pas susceptibles d'atteindre la région alvéolaire du poumon ; chez le rat, les fibres d'un diamètre supérieur à 2 µm et d'une longueur supérieure à 20 µm pénètrent peu jusqu'au niveau alvéolaire [16]. Cependant, il existe des différences entre les espèces dans la répartition du dépôt régional des fibres inhalées, différences qui doivent être prises en compte lors de l'extrapolation à l'homme des effets observés chez l'animal (rongeur).

■ Clairance, biopersistance

Une fois déposées, les fibres d'amiante sont partiellement éliminées du poumon par des mécanismes tels que les clairances muco-ciliaire, alvéolaire, interstitielle ou lymphatique.

La plupart des fibres déposées dans les régions trachéo-bronchiques sont transportées jusqu'au larynx par le mouvement muco-ciliaire ; elles sont ensuite avalées ou expectorées, tout comme celles déposées dans la région nasopharyngée. Dans la région alvéolaire, elles sont phagocytées par les macrophages. Elles subissent une défibrillation (longitudinale) plus ou moins poussée (chrysotile), une dissolution partielle (perceptible pour le chrysotile, pratiquement indiscernable pour les amphiboles), et une rupture des fibres les plus longues en fibres plus courtes (toutes fibres d'amiante) [10].

Chrysotile - Ces fibres ont une clairance plus courte que la crocidolite car elles se clivent longitudinalement en fibrilles susceptibles de se fracturer et donc d'être phagocytées plus facilement. Pour le rat, les demi-vies d'élimination (t_{1/2}) des fibres de chrysotile canadien augmentent de façon inversement proportionnelle à la longueur de la fibre, ce qui peut être expliqué par la fragmentation transversale *in situ* des fibres : L > 20 µm (11,4 +/- 3 jours), 5 < L < 20 µm (29,7 jours) et L < 5 µm (108,4 jours) [17].

Coin *et al.* [18] ont observé que les fibres de longueur supérieures à 16 µm et de diamètre inférieur à 1 µm (considérées comme les plus pathogènes), étaient éliminées lentement du fait de leur division longitudinale qui augmentait leur nombre en fonction du temps (et parallèlement leur pathogénicité).

Gualtieri *et al.* [19] ont suivi les variations structurales des fibres de chrysotile, crocidolite et ériomite-Na en contact avec les tissus de rats. Les auteurs concluent à une biopersistance inférieure des fibres de chrysotile comparée à celles des fibres de crocidolite et d'ériomite. Ils soulignent aussi que la formation d'un résidu fibreux riche en silice après la pseudo-amorphisation du chrysotile peut entraîner la production de radicaux hydroxyles (HO•) en synergie probable avec un potentiel cytotoxique plus élevé et une activité inflammatoire intense des fibres de chrysotile à court terme (toxicité aiguë) au contact des tissus pulmonaires.

Amphiboles - La clairance des fibres longues (> 20 µm) d'amosite et de crocidolite chez le rat après inhalation suit une fonction biphasique : une demi-vie rapide (17 jours) suivie d'une lente (1300 jours) ; la demi-vie pondérée étant de 466 jours [20]. Selon Bernstein [17, 21], les demi-vies pondérées pour la crocidolite étaient de 536 jours pour les fibres > 20 µm, 262 jours pour la fraction 5-20 µm et 172 jours pour les fibres courtes < 5 µm.

■ Translocation

Une partie des fibres déposées dans l'espace alvéolaire subit un transfert vers l'interstitium pulmonaire (translocation), plus ou moins important en fonction de leur biopersistance [22]. Ce transfert est facilité lorsque la couche épithéliale est inflammatoire [23].

Ces fibres peuvent alors suivre deux voies : atteindre la plèvre ou être éliminées de l'interstitium pulmonaire *via* le système lymphatique et pénétrer dans les capillaires car l'inflammation augmente aussi la pression interstitielle, permettant aux fibres de migrer et d'être distribuées vers différents organes et tissus.

Chez l'homme

Les données biométriologiques sur la dissémination des fibres inhalées dans l'organisme par voies transpleurale, lymphatique et/ou systémique et leur rétention dans des sites extrapulmonaires sont peu nombreuses [24]. Les fibres peuvent interagir avec les cellules épithéliales pulmonaires, pénétrer dans l'interstitium pulmonaire puis atteindre la plèvre et le péritoine ainsi que des sites plus éloignés (translocation). Les fibres peuvent migrer dans les ganglions lymphatiques pulmonaires, dans les reins, le foie, l'urine. Cette migration peut atteindre le fœtus des femmes enceintes exposées [23] : des fibres d'amiante ont été retrouvées dans des échantillons de placenta et de tissus d'enfants mort-nés [10].

■ Dépôt

Un des sites préférentiels de dépôt des fibres d'amiante chez l'homme se situe au niveau des aires proches des bifurcations bronchiques. La région alvéolaire est accessible aux fibres dont le diamètre aérodynamique (D_{ae}) est inférieur à 10 µm. Le D_{ae} étant égal à environ trois fois le diamètre géométrique (diamètre dimensionnel), les fibres d'amiante d'un diamètre géométrique inférieur à 3 µm sont susceptibles d'atteindre la région alvéolaire [26] même avec des longueurs allant de 100 à 200 µm [25, 26].

Dans le tissu pulmonaire chez l'homme, les caractéristiques granulométriques des fibres sont fortement dépendantes du type de fibre : « Les analyses montrent de façon consistante que les diamètres moyens des fibres de chrysotile et de crocidolite sont rarement supérieurs à 0,2 µm, ce qui indique un pourcentage de fibres fines d'amiante (FFA) très élevé. La gradation du diamètre des fibres nues et des fibres centrales de corps asbestosiques (ie. fibres longues) en fonction du type d'amiante suit, dans la majorité des études, la séquence : chrysotile < crocidolite < amosite < trémolite < anthophyllite » [10].

■ Clairance, biopersistance

La clairance des fibres d'amiante et leur biopersistance sont considérées comme les facteurs les plus importants pour l'évaluation des risques des maladies malignes et non malignes (fibrose et cancer) [27]. Il a en effet été démontré que le risque cancérigène augmente proportionnellement avec la charge en fibres d'amiante des poumons, et que l'étendue des plaques pleurales est associée au nombre de fibres dans le tissu pulmonaire.

La biopersistance pulmonaire des fibres dépend de différents facteurs (taille des fibres, composition chimique, stabilité physico-chimique...) [28]. Le premier facteur est la taille des fibres : après leur dépôt dans les voies respiratoires distales et les alvéoles, les fibres courtes sont plus facilement phagocytées par les macrophages alvéolaires que les fibres longues d'où leur demi-vie de rétention plus courte. Les fibres qui ne sont pas efficacement éliminées ou altérées par un processus physico-chimique sont dites biopersistantes. La composition chimique et la stabilité physico-chimique des fibres sont deux autres facteurs : le milieu biologique peut solubiliser les fibres et/ou les casser en fibres plus petites. Des dépôts de fer et de protéines peuvent charger la surface de la fibre, en particulier sur les fibres longues, comme en témoigne l'apparition de corps asbestosiques et entraîner une modification des propriétés de surface. A noter que, chez l'homme, ces corps asbestosiques, qui résultent d'un phénomène d'engainement de la fibre par un dépôt d'hémosidérine, ont été retrouvés dans des organes autres que le poumon dont les reins, le foie, la rate et le pancréas [29, 23].

Les amphiboles (crocidolite, trémolite) présentent une biopersistance plus importante que le chrysotile du fait de leur clairance pulmonaire plus lente [17] : la demi-vie des fibres dans le poumon s'établit en années pour les amphiboles et en mois pour les fibres de chrysotile [30]. En conséquence, une faible concentration pulmonaire en fibres de chrysotile ne permet pas d'exclure une exposition antérieure significative. Les fibres de chrysotile de longueur > 10 µm présenteraient une demi-vie de 8 ans [10]. Une étude longitudinale récente sur des données de patients présentant des pathologies liées à l'amiante (tumeurs, épanchements pleuraux, fibroses) a permis de confirmer la très grande biopersistance des fibres d'amphibole mais aussi de chrysotile [27].

A dose totale identique, des différences de demi-vie et d'effets biologiques sont susceptibles de survenir lors d'une exposition à des pics de pollution intermittents par rapport à une exposition continue [31], ces pics pourraient dépasser les capacités d'épuration du poumon ou induire une plus grande pénétration alvéolaire des fibres d'amiante et par conséquent conduire à des effets physiopathologiques différents.

Mode d'action

Mécanismes de toxicité et effets cellulaires

■ Mécanismes de toxicité

Les mécanismes de la cancérogenèse et de la fibrose induits par l'exposition à l'amiante ne sont pas complètement compris. Les études expérimentales *in vitro* et *in vivo* ont permis d'identifier les déterminants principaux de la pathogénicité des fibres d'amiante à l'origine des effets cellulaires : la dimension des fibres et le rapport L/D, les propriétés de surface, les caractéristiques physico-chimiques, la surface spécifique, la composition chimique, la concentration d'exposition atmosphérique au cours du temps et la dose (charge pulmonaire).

Des données chiffrées permettent de mieux comprendre la complexité des facteurs physico-chimiques à l'origine des mécanismes de toxicité [31] :

- ▶ de 3 -15 m²/g de la crocidolite au 50 m²/g de chrysotile ;
- ▶ composition chimique : chrysotile (avec peu de variations suivant les gisements), amphiboles (plus complexe et plus variable que le chrysotile) ;
- ▶ résistance variable aux acides, la crocidolite étant plus résistante que l'amosite.

■ Dimension et forme

Les particules les plus susceptibles d'être déposées dans le poumon profond ont un D_{ae} moyen inférieur à 3 µm ; des fibres même avec des longueurs de plusieurs dizaines de microns peuvent aussi atteindre les alvéoles pulmonaires. Les fibres de longueur inférieure à 20 µm sont phagocytées (internalisation) par les macrophages et les cellules épithéliales (bronchiques, alvéolaires et mésothéliales), entraînant une stimulation de la réponse cellulaire au stress ainsi que des perturbations de la mitose des cellules. Les effets biologiques (tels que apoptose, lésions oxydatives de l'ADN, ruptures d'ADN et induction de l'expression de proto-oncogènes) des amiantes sous forme de fibres sont plus importants que ceux des minéraux de composition chimique similaire et sous forme de particules non fibreuses [28].

De nombreuses études démontrent que des effets toxiques plus importants se produisent avec des fibres plus longues ou des rapports L/d plus élevés. Cependant, le potentiel cancérigène des fibres d'amiante de faible rapport L/d (fibres « courtes », FCA) ne peut être exclu ; les FCA sont aussi susceptibles de provoquer une inflammation aiguë ou une fibrose si l'exposition est suffisante (excédant les capacités d'épuration pulmonaire).

Les macrophages et les polynucléaires qui ne peuvent pas facilement phagocyter les fibres longues de plus de 20 µm (phénomène dit de la « phagocytose frustrée » ou limitée) relarguent des cytokines et des oxydants dans le milieu extracellulaire. Ces derniers provoquent à terme une inflammation chronique à l'origine de prolifération cellulaire, de génotoxicité, de synthèse et de libération de facteurs de croissance susceptibles de conduire à une fibrose, un épanchement pleural et au mésothéliome [22]. Les fibres longues et épaisses d'amiante déposées dans les poumons peuvent être encapsulées pour former des corps asbestosiques.

Le rôle de la taille des fibres en fonction des trois principales pathologies liées à l'amiante semble être différent [32] :

- l' **asbestose** est plus corrélée avec la surface des fibres retenues, bien que la fibrose corrèle également avec les fibres de plus de 2 µm ;
- le **mésotéliome** est mieux relié au nombre de fibres de longueur > 5 µm et de diamètre < 0,1 µm ;
- le **cancer du poumon** avec des fibres de longueur > 10 µm et de diamètre > 0,15 µm.
- Plusieurs études, cependant, rapportent la présence de fibres très courtes dans les tissus pulmonaires et pleuraux des patients atteints de mésothéliome malin, suggérant de ne pas exclure le rôle des fibres courtes (< 5 µm) dans le développement des maladies liées à l'amiante.

■ Propriétés de surface

Les caractéristiques physico-chimiques de surface des fibres influencent leur réactivité dans les milieux biologiques. De nombreux travaux ont porté sur leurs propriétés oxydo-réductrices susceptibles de catalyser des réactions et de générer des oxydants et des radicaux libres (espèces réactives de l'oxygène, ERO).

Les radicaux libres peuvent oxyder les macromolécules biologiques et induire des lésions de l'ADN (avec un effet potentiel clastogène ou mutagène), des lipides ou des protéines ainsi que des dysfonctionnements cellulaires.

■ Composition chimique

La composition chimique des fibres intervient dans leur cinétique de dissolution dans le milieu pulmonaire : le chrysotile est moins biopersistant que les amphiboles, en particulier aux pH acides. Les études de biométrie ont montré que le chrysotile est moins fréquemment retrouvé dans les poumons que les amphiboles après un long délai post-exposition.

■ Autre

Indépendamment de leur composition chimique, les fibres aéropartées biopersistantes peuvent provoquer des maladies pleurales chroniques, ainsi qu'une fibrose pulmonaire et des cancers du poumon [33] mais avec des différences en terme de cibles et d'effets :

- Toutes les variétés d'amphiboles sont suffisamment biopersistantes pour être considérées comme hautement toxiques et les différences observées dans leur capacité à produire des réponses pulmonaires et pleurales dépendent en premier lieu de leur distribution en termes de longueur et de diamètre ;
- Les fibres de chrysotile seraient potentiellement moins toxiques que les amphiboles en raison de leur plus grande solubilité *in vivo* qui conduit à leur dissolution et à des cassures selon la longueur (raccourcissement) mais le CIRC a estimé que cela n'impliquait pas nécessairement un potentiel cancérigène plus faible que celui des amphiboles [32]. Les fibres de chrysotile aéropartées sont souvent plus longues que les autres fibres d'amiante (> 20 µm) : ces fibres subissent une défibillation et sont un facteur causal important pour la fibrose pulmonaire et le cancer du poumon chez l'homme et l'animal par inhalation chronique.

■ Effets cellulaires [32, 34 à 37]

Les effets de l'amiante sont la conséquence de deux types d'interaction : entre les cellules inflammatoires et les cellules mésothéliales et entre les fibres et les cellules conduisant à une stimulation de la prolifération des cellules épithéliales bronchiques, interstitielles pulmonaires et mésothéliales. Le mésothéliome malin résulterait de l'effet direct des fibres d'amiante sur les cellules mésothéliales. L'asbestose (fibrose pulmonaire interstitielle) est la conséquence de la synthèse d'une grande quantité de matrice extracellulaire induit par un cycle d'altération du tissu pulmonaire suivi par sa réparation et lié à l'inflammation chronique.

Les caractéristiques physico-chimiques des fibres influencent fortement les effets inflammatoires et fibrogènes des différents types d'amiante *in vitro* et *in vivo*. Les fibres inhalées sont épurées par les macrophages si elles sont assez courtes. Cependant, si la dose en fibres est trop importante ou si les fibres sont longues, elles peuvent se transloquer dans l'espace pleural et exercer des effets toxiques sur les pneumocytes et les cellules mésothéliales. Ces cellules produisent alors une variété de médiateurs comprenant des espèces réactives de l'oxygène (ERO), des cytokines et des facteurs de croissance qui conduisent à des lésions cellulaires, de l'inflammation, des dommages à l'ADN et la stimulation de la croissance et de la prolifération cellulaires conduisant à la fibrose ou à la cancérogenèse. Les échantillons d'amiante présentant de fortes proportions de particules ou de fibres courtes contribuent significativement à l'inflammation aiguë, tandis que les fibres plus longues semblent nécessaires pour la fibrose à long terme et les effets néoplasiques [38].

Différentes cellules immunitaires interviennent dans la réponse pulmonaire à l'exposition à l'amiante dont les macrophages alvéolaires (MA) et les lymphocytes NK (Natural Killer). Les MA qui sont les principales cellules qui phagocytent l'amiante dans les poumons déclencheraient la chaîne des événements menant à la fibrose pulmonaire chronique (asbestose) et au cancer du poumon. Les résultats concernant les fonctions des cellules NK [36] démontrent la présence d'un effet immunosuppresseur de l'amiante sur l'immunité antitumorale [39].

En conclusion, l'inhalation de fibres d'amiante longues et minces induit une réponse inflammatoire chronique aux sites de dépôt de fibres qui, avec le temps, peut conduire à une transformation cellulaire maligne. Trois principaux mécanismes contributeurs ont été proposés [40] :

- les cellules mésothéliales et les macrophages exposés aux fibres d'amiante génèrent des espèces réactives de l'oxygène (ERO) et des espèces réactives de l'azote (ERN), qui conduisent à des dommages à l'ADN ;
- les cellules mésothéliales et les macrophages exposés aux fibres d'amiante libèrent une variété de cytokines et de facteurs de croissance qui induisent l'inflammation et facilitent la transformation maligne des cellules mésothéliales dont l'ADN a été altéré.
- les fibres d'amiante peuvent adsorber des molécules chimiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques, HAP), des métaux (fer...) et des macromolécules biologiques (protéines, acides nucléiques, phospholipides, immunoglobulines...) avec pour conséquence l'accumulation de molécules dangereuses, notamment des cancérogènes.

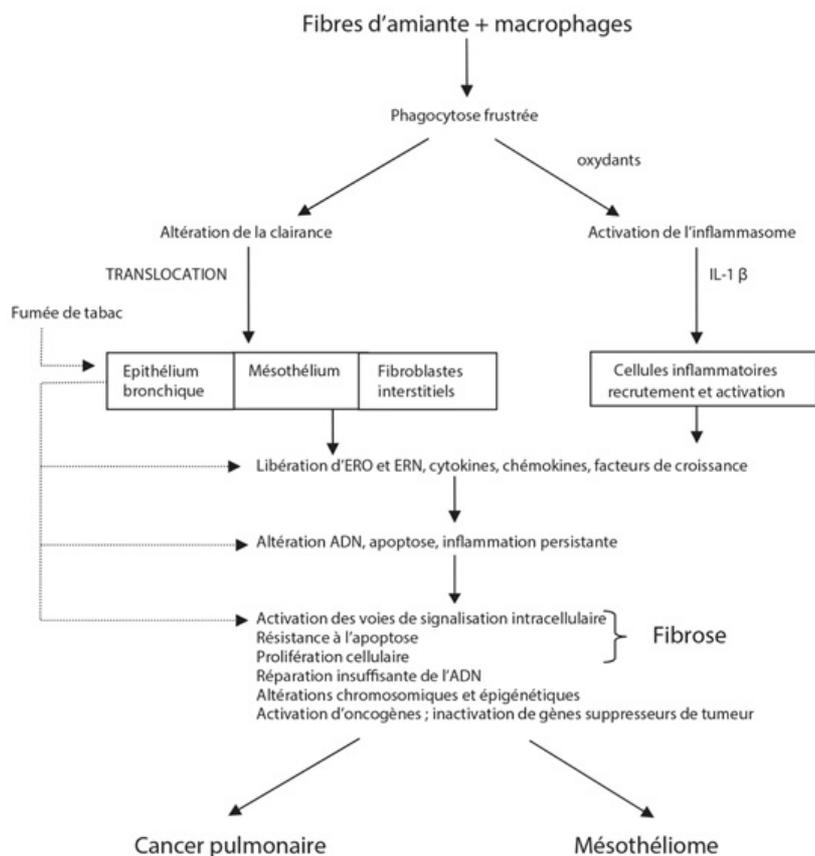


Figure 1 : Mécanisme de la cancérogénicité des fibres d'amiante [32].

Toxicité expérimentale

L'exposition aux fibres d'amiante est associée au développement de pathologies non-malignes des poumons et de la plèvre, ainsi qu'aux pathologies malignes du poumon, du larynx et des membranes pleurales et péritonéales. La toxicité expérimentale a essentiellement apporté des informations sur l'influence des paramètres dimensionnels des fibres sur la toxicité ainsi que des éléments comparatifs entre les divers types d'amiante.

L'inhalation étant la principale voie d'exposition chez l'homme aux fibres minérales en général et à l'amiante en particulier, seuls les résultats des études expérimentales effectuées par inhalation ont été retenus ici. De nombreuses études expérimentales *in vitro* et *in vivo* chez l'animal (rat principalement) démontrent le caractère génotoxique et cancérogène des fibres d'amiante. Les effets sont modulés notamment par la taille et la forme des fibres, leurs caractéristiques de surface et leur biopersistance.

Des rats ont été exposés à des concentrations égales en nombre de fibres de chrysotile de longueur supérieure à 5 µm, de crocidolite et d'amosite, toutes avec des diamètres médians d'environ 0,4 µm [41] ; le chrysotile dont le ratio de fibres longues était significativement plus élevé induisait des réponses fibrogènes et cancérogènes plus importantes que la crocidolite ou l'amosite. Une corrélation entre tumeurs pulmonaires et proportion de fibres > 20 µm a été retrouvée mais pas entre tumeurs pulmonaires et type de fibre. Par ailleurs, les fibres courtes d'amosite ne produisaient pratiquement aucune fibrose, alors que les fibres longues d'amosite étaient plus fibrogènes que le chrysotile [42]. Des conclusions similaires ont été tirées d'études par inhalation de fibres d'amosite, de barbes de carbure de silicium (SiC), de diverses fibres minérales vitreuses et fibres céramiques réfractaires chez des rats ; dans leur analyse, les principaux facteurs influençant les réponses biologiques étaient le nombre de fibres < 1,0 µm de diamètre et > 20 µm de longueur, ainsi que la vitesse de dissolution des fibres [43].

La fibrose (démontrée histopathologiquement chez l'animal) peut survenir si l'exposition est suffisamment longue (90 jours) et en particulier après la période initiale d'inhalation lorsque les animaux ont été mis en observation. La fibrose ne serait pas une condition préalable à la carcinogénèse. La prolifération des cellules épithéliales est un mécanisme de réparation après une lésion tissulaire, mais la prolifération excessive des cellules augmente la probabilité d'apparition de populations de cellules mutées ; elle est particulièrement préoccupante si elle persiste après la fin de l'exposition [44].

Effets génotoxiques

Le stress oxydatif induit par les radicaux libres est considéré comme l'un des principaux mécanismes des effets génotoxiques et mutagènes de l'amiante. Le mécanisme est soit direct par interaction physique avec les éléments intracellulaires impliqués dans la division cellulaire (après phagocytose par les cellules cibles), soit indirect en raison de l'altération de l'ADN et du chromosome par les espèces réactives de l'oxygène (ERO) et de l'azote (ERN). Ainsi, toutes propriétés physiques ou chimiques des fibres susceptibles d'affecter la capacité de génération d'ERO et ERN, ou de favoriser l'interférence physique avec les cellules mitotiques (teneur en fer de surface et dimension des fibres), affectent la mutagenicité des fibres [45].

La génotoxicité directe des fibres d'amiante *via* la synthèse d'ERO à la surface des fibres d'amiante a pour conséquences la formation de bases oxydées de l'ADN et des ruptures de brins d'ADN conduisant à des mutations géniques si elles ne sont pas correctement réparées. Il a également été démontré que les fibres d'amiante interfèrent physiquement avec l'appareil mitotique ce qui peut entraîner une aneuploïdie ou une polyploïdie et des altérations chromosomiques spécifiques caractéristiques du cancer lié à l'amiante.

La génotoxicité indirecte est provoquée par l'inflammation persistante et l'activation des macrophages alvéolaires ou péritonéaux pouvant générer secondairement des ERO et des ERN additionnelles [32, 46].

Les principaux déterminants de l'activité biologique des fibres d'amiante et de leur génotoxicité est fonction de différents paramètres [45] :

- la dimension des fibres : les fibres longues et fines provoquent le phénomène dit de la phagocytose frustrée des macrophages alvéolaires qui induit le relargage constant d'espèces réactives au potentiel génotoxique et mutagène. Elles interfèrent aussi avec la cytokinèse lors de la mitose pouvant conduire à une aneuploidie des cellules filles.
- la présence de fer oxydable à la surface des fibres : elle est susceptible de catalyser des réactions conduisant à la synthèse des ERO. Les amphiboles présentent plus de fer sur leur surface que les serpentines. A concentrations similaires, les amphiboles (ie, crocidolite, amosite) produisent *in vitro* plus d'altérations de l'ADN : cassures double-brin, oxydation de bases nucléotidiques (8-OHdG) que le chrysotile.
- la surcharge pulmonaire en fibres : elle induit une réduction drastique de la clairance pulmonaire et une inflammation chronique ;
- la durabilité des fibres (plus ou moins longue biopersistance).

L'ensemble de ces facteurs, en plus d'induire une altération directe de l'ADN et une mutagenicité, conduit également à la libération prolongée de médiateurs inflammatoires et de facteurs de croissance, qui à leur tour régulent la fibrose et la transformation maligne induite par l'amiante.

En résumé :

- L'amiante est clairement mutagène dans différents modèles *in vitro* et *in vivo* et induit des mutations géniques et chromosomiques dans les cellules cibles par différents mécanismes (ie génération de ERO, interaction physique avec le fuseau mitotique).
- Des altérations génétiques et chromosomiques spécifiques sont retrouvées dans les tissus de mésothéliome chez l'homme en association avec l'exposition à l'amiante. Des profils de mutations similaires ont été identifiés dans des modèles de mésothéliomes murins.
- La mutagenèse ne joue pas de rôle dans le développement des plaques pleurales et dans l'épaississement pleural diffus, lesquels semblent être produits par des changements dans la régulation de gènes secondaires à la génération de ERO et l'inflammation.

Effets cancérogènes

Les expérimentations animales visant à étudier le potentiel cancérogène des fibres ont été réalisées principalement chez le rat et, à une bien moindre échelle, chez le hamster et la souris. Les animaux ont été exposés aux fibres selon différentes voies d'exposition : inhalation, instillation intratrachéale ou inoculation dans la cavité pleurale ou péritonéale.

Des carcinomes bronchiques et des mésothéliomes pleuraux ont été observés dans de nombreuses expériences par inhalation chez le rat exposé à des fibres de chrysotile, de crocidolite, d'amosite, d'anthophyllite et de trémolite. Dans ces études, il n'y avait pas d'augmentation concluante de l'incidence des tumeurs à d'autres sites que le poumon et la plèvre. Il est généralement considéré que le potentiel cancérogène de ces fibres augmente avec leur longueur. Ci-dessous quelques exemples d'études par inhalation basés sur la sélection opérée dans le rapport du CIRC [32].

Des rats (48 rats /groupe) ont été exposés au chrysotile (2 et 10 mg/m³), à la crocidolite (5 et 10 mg/m³) ou à l'amosite (10 mg/m³) (7h/j, 5j/s, 224 jours). Les incidences de tumeurs (adénomes, carcinomes, mésothéliomes pleural et péritonéal) étaient : chrysotile (15/40 à 10 mg/m³ et 9/42 à 2 mg/m³), crocidolite (1/43 à 10 mg/m³ et 3/43 à 5 mg/m³), amosite (2/43 à 10 mg/m³). D'après les auteurs la plus forte proportion de tumeurs liée à l'exposition au chrysotile pouvait être expliquée par la proportion de fibres de plus de 20 µm dans la poussière de chrysotile utilisée (72 f/mL, pour 2mg/m³) par rapport à la crocidolite (17 f/mL, pour 5mg/m³) et à l'amosite (6 f/mL, pour 10 mg/m³). En plus des tumeurs pulmonaires, un nombre relativement important de tumeurs extrapulmonaires du tissu conjonctif péritonéal était observé [42].

Des rats mâles et femelles (20 rats/groupe et par sexe) ont été exposés à 10 mg/m³ d'érionite, 7 heures par jour (h/j), 5 jours par semaine (j/s) pendant 12 mois. Vingt-sept rats sur 28 ont développé des mésothéliomes pleuraux. Aucune tumeur pulmonaire n'a été observée [47].

Des rats mâles ont été exposés à la crocidolite : 10 mg/m³ (1610 fibres OMS/mL (> 5µm) contenant 236 fibres > 20 µm), 6 h par jour, 5 jours par semaine. L'exposition a été arrêtée après 10 mois en raison d'une mortalité inattendue interprétée comme un dépassement de la dose maximale tolérée. Quatorze rats sur 106 (13,2 %), qui ont survécu à la deuxième année ou plus, sont décédés d'une tumeur pulmonaire (cinq de ces rats ont développé un carcinome pulmonaire) et un rat a également développé un mésothéliome. Dans le groupe témoin, 2/126 rats ont développé des adénomes pulmonaires [48].

Des hamsters dorés mâles (n=125) ont été exposés à des concentrations de 0,8, 3,7 ou 7,1 mg/m³ d'amosite 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 78 semaines suivie de 6 semaines sans exposition. Parmi les animaux ayant survécu pendant au moins 32 semaines, les mésothéliomes pleuraux ont été respectivement de 3/83, 22/85 et 17/87. Aucun mésothéliome n'a été observé chez 83 témoins non traités et aucune tumeur pulmonaire n'a été observée dans aucun groupe [49].

Pour les autres voies d'exposition, des échantillons des six types d'amiante ont été administrés à des rats par injections intrapleurale ou intrapéritonéale dans de nombreuses études [32]. De manière constante, l'induction du mésothéliome a été observée lorsque les échantillons contenaient un nombre suffisant de fibres de longueur > 5 µm. Seules quelques études ont été menées par instillation intratrachéale de crocidolite chez le rat et le hamster avec des tumeurs pulmonaires malignes observées chez le rat et des mésothéliomes pleuraux et des tumeurs pulmonaires malignes chez le hamster. Le chrysotile, la crocidolite et l'amosite administrés dans l'alimentation des rats et des hamsters n'ont pas entraîné d'augmentation de l'incidence des tumeurs gastro-intestinales.

Synthèse des mécanismes de cancérogenèse

La cancérogenèse est un processus en plusieurs étapes. Les fibres d'amiante peuvent initier un événement génotoxique ; elles ont aussi un rôle dans l'activation de la promotion tumorale, événement non génotoxique impliquant la prolifération cellulaire chronique [50, 51].

Les mécanismes de cancérogenèse liés aux fibres d'amiante ne sont pas actuellement totalement élucidés, mais la convergence générale des résultats expérimentaux et épidémiologiques permet de proposer une séquence d'événements. En particulier, une séquence d'événements susceptible de conduire au développement du mésothéliome malin diffus a été proposée dans la revue générale de Lippmann [33] sur la base d'une analyse des données expérimentales publiées :

- Pénétration de fibres de diamètre < 0,1 µm à travers les épithéliums pulmonaires qui atteignent la plèvre ou le péritoine par drainage lymphatique ;
- Rétention des fibres fines de longueur supérieure à 5 µm dans les stomates de la plèvre pariétale ;
- Libération d'espèces réactives de l'oxygène (stress oxydant) qui provoque une lésion aiguë de la monocouche de cellules mésothéliales tapissant les espaces pleuraux ou péritonéaux ;
- Réparation de la lésion aiguë de la muqueuse mésothéliale par la prolifération de cellules mésothéliales adjacentes non lésées ;
- Interaction directe des fibres d'amiante avec la population de cellules mésothéliales en régénération pouvant provoquer des aberrations chromosomiques et l'aneuploidie. Des dommages supplémentaires à l'ADN peuvent être produits par des espèces réactives de l'oxygène formées par catalyse à la surface de la fibre.
- Amorçage et activation de l'inflammasome NLRP3 par des fibres de crocidolite, conduisant à la libération de cytokines proinflammatoires (IL-1 β, IL-6, IL-8) et du facteur de croissance de l'endothélium vasculaire (VEGF).
- Emergence d'une sous-population de cellules à prolifération autonome secondaire à des épisodes répétés de lésions et de régénérations des cellules mésothéliales.
- Production de facteurs de croissance favorisant la croissance d'une tumeur invasive par les cellules mésothéliales néoplasiques.

La notion de fibres pathogènes définies comme des fibres « suffisamment longues, minces et biopersistantes » a fait l'objet de nombreux débats ainsi que les différences dans les relations exposition-réponse (ou dose interne-réponse) des fibres d'amiante chez l'homme et chez le rat. Il en est de même des différences potentielles de cancérogénicité du chrysotile comparé aux amiantes amphiboles ; la biopersistance plus élevée pour le groupe des amphiboles peut expliquer cette différence. Font également débat, les extrapolations des relations exposition-réponse à partir des résultats d'anciennes études par inhalation : souvent réalisées à de fortes concentrations elles doivent être interprétées avec prudence, car les effets observés peuvent avoir été influencés par une surcharge de la capacité de clairance [33].

Fibres d'amiante asbestiforme courtes (FCA), fines (FFA) et fragments de clivage

Dans sa revue générale, Lippmann [33] déduisait de la littérature que les risques liés à l'inhalation des fibres minérales tels que l'asbestose, le mésothéliome et le cancer du poumon, étaient associés à des fibres dont les longueurs dépassent des valeurs critiques (cf. supra). Il existerait aussi différents diamètres critiques des fibres : pour l'asbestose et le cancer du poumon, les plus étroitement liés aux fibres retenues dans les poumons, seules les fibres ayant un diamètre supérieur à 0,15 µm seraient critiques ; pour le mésothéliome qui est initié par les fibres qui migrent des poumons vers la plèvre et le péritoine, le risque pourrait être lié à des fibres de diamètre inférieur plus facilement éliminées par voie de drainage lymphatique.

Les fibres d'amiante courtes (FCA) et fines (FFA) se différencient par les critères dimensionnels suivants : FCA ($0,5 \mu\text{m} < L < 5 \mu\text{m}$, $d < 3 \mu\text{m}$ et $L/D \geq 3$), FFA ($L \geq 5 \mu\text{m}$, $d < 0,2 \mu\text{m}$ et $L/d \geq 3$).

Les fragments de clivage sont des fibres ($L/d > 3$; $d < 3 \mu\text{m}$) de longueur $L > 5 \mu\text{m}$ ou courtes $L < 5 \mu\text{m}$, provenant des homologues non fibreux des amiantes.

Il est important de noter que des paramètres autres que dimensionnels, tels que réactivité de surface ou composition chimique, impliqués dans le potentiel toxique des différentes amiantes concernent toutes les classes granulométriques.

Si les FCA sont intrinsèquement moins pathogènes que les fibres longues d'amiante (FLA), il est clair que la pathogénicité des FCA ne peut pas être complètement exclue, en particulier dans des situations à forte exposition. Cette différence d'effets démontrés repose principalement sur les études expérimentales du fait que peu d'études épidémiologiques ont pris en compte les FCA. D'après les données humaines, l'exposition à des fibres longues et fines serait associée à des taux plus élevés de cancers du poumon, mais aucune conclusion définitive ne peut être déterminée pour les autres classes de taille. Dans les études expérimentales, les différences proviennent d'études comparatives entre les effets des échantillons d'amiante de différentes longueurs moyennes ou différentes distributions en taille : la puissance fibrogène ou cancérogène des FCA est moindre que celle des FLA. Cependant, les FCA à fortes doses peuvent provoquer une inflammation, une fibrose pulmonaire interstitielle et des réactions pleurales [28]. Ces éléments amènent à conclure que les fibres longues et fines semblent plus toxiques que les fibres courtes dont la clairance est plus rapide [32].

Concernant les fragments de clivage, l'ANSES conduait [5] :

- que les études épidémiologiques ne permettent pas d'exclure un risque pour la santé lié à l'exposition aux fragments de clivage issus des variétés non asbestiformes des cinq amphiboles réglementaires ;
- qu'il existe un lien entre l'exposition de populations à certaines amphiboles calciques ou calco-sodiques présentes sous forme de mélange de différents faciès (telles que la fluoroédénite, la winchite ou la richtérite), et la survenue de cancers ;
- qu'il n'existe aucune donnée toxicologique scientifiquement validée permettant d'affirmer que les fragments de clivage répondant aux critères dimensionnels des fibres « OMS » ($L > 5 \mu\text{m}$; $d < 3 \mu\text{m}$ et $L/d > 3$) sont moins toxiques que leurs homologues asbestiformes.

Effets sur la reproduction

La reprotoxicité potentielle de l'amiante est peu documentée.

Un passage transplacentaire a été décrit après ingestion (gavage) chez la souris (chrysotile) [52] et après injection intraveineuse chez le rat (chrysotile) [53] et la souris (crocidolite) [54].

Chez la souris, l'ingestion d'amiante (chrysotile) via l'eau de boisson pendant la grossesse n'a pas montré d'augmentation de l'incidence des malformations [55].

Chez la souris CD1, une augmentation significative de l'incidence des malformations externes et squelettiques (réduction des membres, fusion vertébrale) a été décrite après injection unique (crocidolite, amosite, chrysotile) par voie intra péritonéale à J9 de la gestation par rapport à un groupe contrôle [56].

Toxicité sur l'Homme

Toutes les formes d'amiante sont cancérogènes pour l'Homme. L'exposition à l'amiante peut entraîner des mésothéliomes malins, des cancers broncho-pulmonaires, des cancers du larynx, des cancers de l'ovaire. Une association positive a également été observée entre l'exposition à l'amiante et le cancer du pharynx, de l'estomac, du colorectum. L'exposition à l'amiante peut être responsable de pathologies pleuropulmonaires non malignes comme les plaques pleurales, l'asbestose, la pleurésie bénigne, la fibrose de la plèvre viscérale.

Toxicité chronique

Pathologies pleuro pulmonaires non malignes

Plaques pleurales

Il s'agit de plages circonscrites de tissu conjonctif, riches en collagène, pauvres en cellules, recouvertes de cellules mésothéliales normales. Elles touchent presque exclusivement la plèvre pariétale. Elles sont le plus souvent bilatérales et asymétriques [57 à 59]. Typiquement, elles siègent au niveau de la paroi thoracique antéro latérale du 3^{ème} au 5^{ème} espace intercostal (EIC), de la paroi thoracique postéro latérale dans la gouttière costo diaphragmatique à partir du 6^{ème} EIC, des sommets des coupes diaphragmatiques [60].

- Epidémiologie

Les plaques pleurales sont la plus fréquente des pathologies liées à l'inhalation de fibres d'amiante [58, 59]. Les plaques pleurales apparaissent en général plus de 15 ans après le début de l'exposition à l'amiante. « Le temps écoulé depuis le début de l'exposition à l'amiante et l'exposition cumulée sont deux variables significativement et indépendamment associées à la prévalence des plaques pleurales. Il n'existe aucun seuil démontrable de durée ou d'intensité minimale d'exposition aux fibres d'amiante pour cette pathologie » [61]. En dehors de l'amiante, d'autres causes de plaques pleurales sont évoquées comme les fibres céramiques réfractaires, l'ériónite, la fluoroédénite [57, 62, 63]. Le rôle du tabac dans l'apparition de plaque pleurale est controversé [57].

- Clinique

Les plaques pleurales sont généralement asymptomatiques [59]. Leur retentissement sur la fonction respiratoire est discuté dans la littérature, certaines études rapportent des altérations de la fonction respiratoire (comme une diminution de la capacité vitale forcée) [64 à 66].

- Diagnostic

Le diagnostic est porté à l'imagerie. La tomodensitométrie thoracique (TDM) est plus sensible et spécifique que la radiographie thoracique pour la détection de plaques pleurales [57]. C'est actuellement l'examen de référence pour le diagnostic des pathologies pleuropulmonaires non malignes associées à une exposition à l'amiante [66]. Les plaques pleurales se reconnaissent à leurs bords nets et abrupts, donnant un aspect de surélévation quadrangulaire en plateau, de densité tissulaire voire calcifiée [57, 59, 60].

- Evolution

« L'évolution la plus habituelle, après une période d'augmentation en taille et/ou en étendue, est une stabilisation avec éventuellement une calcification progressive » [57]. Le lien entre la présence de plaques pleurales et le sur-risque de cancer chez les sujets antérieurement exposés à l'amiante fait débat. Les plaques pleurales ont longtemps été considérées comme des marqueurs de l'exposition à l'amiante indépendantes du risque de cancer, mais des études récentes remettent en question ce postulat. Une association forte entre plaques pleurales et mortalité par mésothéliome a été identifiée dans le programme de surveillance multirégional français ARDCO (*Asbestos-Related Diseases Cohort*) ainsi qu'une association (moins prononcée) entre plaques pleurales et mortalité par cancer broncho-pulmonaire [67 à 69].

Asbestose

L'asbestose est la fibrose pulmonaire secondaire à l'inhalation d'amiante ; c'est une pneumoconiose.

- Epidémiologie

La prévalence de l'asbestose semble en diminution dans les pays industrialisés. Une prévalence inférieure à 10 % a été rapportée dans des populations exposées étudiées par TDM thoracique [61]. La latence entre le début de l'exposition et les premières anomalies cliniques ou radiologiques est généralement d'une vingtaine d'années, mais peut être plus courte pour des expositions intenses [57]. « Il existe une relation dose-effet entre le niveau d'exposition cumulée à l'amiante, la fréquence et la sévérité de l'asbestose » [61]. L'asbestose est rare pour des niveaux d'exposition inférieurs au seuil de 25 f/mL années y compris en ayant recours à la TDM thoracique [61, 70]. Les possibles facteurs de susceptibilité individuelle restent mal connus [58]. L'influence du tabagisme sur la sévérité de l'asbestose est débattue [57, 58].

- Clinique

Initialement, l'asbestose peut être asymptomatique. Les signes cliniques ne sont pas spécifiques, ils peuvent s'observer dans d'autres pneumopathies interstitielles. Les signes fonctionnels respiratoires peuvent comprendre une dyspnée progressive d'abord limitée à l'effort, une toux, voire des douleurs thoraciques inhabituelles, et dans les formes plus graves, une insuffisance respiratoire avec hypoxémie chronique, voire une insuffisance cardiaque droite [59]. Les signes physiques peuvent comprendre des râles crépitants prédominant aux bases pulmonaires pouvant s'étendre à l'ensemble du poumon avec l'évolution de la maladie, et de façon inconstante un hippocratisme digital dans les formes évoluées [58, 71, 72]. La fonction respiratoire peut être normale dans les formes initiales ou limitées. Puis, une diminution de la capacité de diffusion du monoxyde de carbone peut être observée, ainsi qu'un trouble ventilatoire restrictif [58, 71].

- Diagnostic

Le diagnostic d'asbestose repose sur un faisceau d'arguments comprenant la confirmation d'anomalies compatibles à l'imagerie ou à l'histologie, la confirmation d'une exposition à l'amiante et l'absence de tout autre diagnostic [61].

Dans certains cas, d'autres éléments d'orientation diagnostique peuvent être recherchés comme [59, 73, 74] :

- ▶ La présence de corps asbestosiques au lavage broncho-alvéolaire (LBA) ou dans les expectorations.
- ▶ La présence de corps asbestosiques et/ou de fibres d'amiante à la biopsie.

- Imagerie

Les signes radiologiques ne sont pas spécifiques, ils peuvent être observés également dans d'autres pneumopathies interstitielles comme la fibrose pulmonaire idiopathique [57, 59]. Sur la radiographie thoracique standard, l'asbestose se caractérise par des opacités interstitielles irrégulières, accentuant la trame vasculaire pulmonaire et prédominant généralement aux bases pulmonaires. Puis avec l'aggravation, ces opacités deviennent plus denses et s'étendent généralement à la partie moyenne des champs pulmonaires, restant bilatérales et globalement symétriques [57]. Des images dites en « rayon de miel » peuvent être observées dans les formes sévères. Une classification internationale des radiographies de pneumoconiose a été proposée par le Bureau international du travail (BIT) pour standardiser la lecture des clichés à des fins épidémiologiques [57, 75].

La TDM thoracique est un outil diagnostique plus sensible et spécifique que la radiographie thoracique [57]. Les lésions prédominent généralement au niveau postéobasal et périphérique. Les lésions élémentaires suggestives comprennent des micronodules centrolobulaires (et opacités branchées) sous pleuraux, des lignes courbes sous pleurales, des hyperdensités en verre dépoli, des bronchectasies de traction, des images en rayon de miel. D'autres signes sont également rapportés comme des réticulations intralobulaires et des lignes septales [60].

Des anomalies pleurales non malignes (plaques pleurales...) peuvent être associées.

- Evolution

Les anomalies radiologiques peuvent continuer d'évoluer après l'arrêt de l'exposition à l'amiante, particulièrement lorsqu'il s'agit de fibres d'amphiboles [59]. La progression dépend des niveaux d'exposition passés [61]. À exposition cumulée identique à l'amiante, l'asbestose radiologique semble majorer le risque de cancer broncho-pulmonaire (CBP), surtout les formes rapidement évolutives d'asbestose. L'exposition à l'amiante augmente également le risque de CBP en l'absence d'asbestose [32, 61].

Pleurésie bénigne

Le diagnostic repose sur plusieurs critères, en particulier : une exposition documentée à l'amiante, l'absence d'autre cause identifiée de pleurésie, l'absence de malignité pleurale dans les 3 ans qui suivent la découverte de l'épanchement [59]. Le temps de latence moyen est de l'ordre de 30 ans, mais des latences de moins de 10 ans ont également été rapportées [57]. L'épanchement peut être uni ou bilatéral, il est généralement peu ou asymptomatique, parfois récidivant [57]. L'évolution peut se faire vers une régression spontanée, ou vers une fibrose de la plèvre viscérale [57, 58, 61].

Fibrose de la plèvre viscérale (ou épaissements pleuraux viscéraux)

La fibrose de la plèvre viscérale s'accompagne d'une symphyse des deux feuillets pleuraux [59]. Des adhérences entre la plèvre et la paroi thoracique sont souvent observées [61]. Elle constitue généralement une séquelle de pleurésie bénigne de l'amiante. Elle pourrait aussi résulter de l'extension d'une fibrose pulmonaire sous pleurale à la plèvre viscérale [61].

À la radiographie thoracique, la fibrose de la plèvre viscérale s'associe à un comblement du cul de sac diaphragmatique homolatéral [75].

À la TDM thoracique, la définition généralement retenue est un épaissement pleural, quelles qu'en soient l'étendue et l'épaisseur, associé à un retentissement parenchymateux à type de bandes parenchymateuses ou d'atélectasies par enroulement, situées au contact de l'épaississement [61]. Les épaissements pleuraux sont situés préférentiellement dans les régions postérieures et inférieures de la paroi thoracique [59].

La fibrose de la plèvre viscérale est moins fréquente que les plaques pleurales (4 à 10 fois moins selon les études) [61]. La prévalence varie en fonction de l'exposition cumulée et du temps écoulé depuis le début de l'exposition. Comme pour la pleurésie bénigne, le temps de latence moyen est de 30 ans, mais des latences plus courtes ont également été décrites dans le cas de fortes expositions (moins de 10 ans) [61]. Elle s'accompagne volontiers de douleur thoracique, voire d'altération de la fonction respiratoire (trouble ventilatoire restrictif) [57]. La fibrose de la plèvre viscérale semble résulter de niveaux d'exposition élevés, mais il n'a pas été identifié de seuil d'exposition en-dessous duquel le risque serait nul [61].

Effets cancérogènes

Dans la dernière évaluation de la cancérogénicité de l'amiante du CIRC, le groupe de travail conclut qu'il existe des preuves suffisantes chez l'Homme de la cancérogénicité de toutes les formes d'amiante (chrysotile, crocidolite, amosite, trémolite, actinolite et anthophyllite) (groupe 1). L'amiante provoque le cancer du poumon, le mésothéliome pleural et péritonéal, le cancer du larynx et de l'ovaire (niveau de preuve suffisant). Des associations positives ont également été observées entre l'exposition à toutes les formes d'amiante et le cancer du pharynx, de l'estomac et le cancer colorectal (niveau de preuve insuffisant) [76].

Cancer broncho-pulmonaire

Il peut s'agir de tout type histologique et de toutes localisations [57, 77].

■ Épidémiologie

Des cas de cancers du poumon ont été rapportés chez des travailleurs atteints d'asbestose dès 1935 [32]. La première étude de cohorte ayant montré un excès de cancer du poumon chez des travailleurs exposés à l'amiante concernait l'industrie textile : 11 cas de cancer du poumon contre 0,8 attendus ($p < 0,00001$) sur la base des taux de mortalité nationaux. Depuis, une association entre cancer du poumon et exposition professionnelle à l'amiante a été trouvée dans de nombreuses études de cohortes et études cas-témoins dans diverses industries [11]. Si les données de la littérature sont en faveur d'une relation dose-effet, sa forme (linéaire ou non) reste controversée [78].

L'exposition à l'amiante est le principal facteur de risque professionnel connu de cancer broncho-pulmonaire [57].

En France, la part de cancer du poumon attribuable à une exposition professionnelle à l'amiante en 2012 a été estimée entre 5,9 % et 16,2 % chez les hommes (soit de 1670 à 4566 cas), et entre 0,9 % et 1,4 % chez les femmes (soit de 97 à 153 cas), selon le scénario retenu (respectivement, scénario 1 : toutes expositions non nulles et risque relatif (RR) le plus faible ; scénario 2 : exposition $> 0,1$ f/mL et RR le plus élevé) [79].

Dans une récente revue de la littérature (analysant 24 études de cohorte et 4 études cas-témoins), l'association entre l'exposition à l'amiante et le risque de cancer du poumon est décrite comme globalement linéaire avec une possible stabilisation pour des expositions élevées (> 150 f/mL.années). Une augmentation du risque relatif de 0,01 à 0,04 par f/mL.années est observée. Une estimation plus haute (doublement pour 4 f/mL.années) est rapportée dans une étude cas-témoins de bonne qualité. Il n'a pas été identifié de seuil d'exposition au-dessous duquel le risque de cancer du poumon serait nul (NOAEL) [77].

Le délai de survenue du cancer du poumon varie de 10 à plus de 20 ans [5].

Le risque de cancer du poumon est augmenté en cas d'exposition simultanée à l'amiante et au tabac, mais il est aussi établi chez les non-fumeurs [5]. Leur action cancérogène est synergique, la relation semble intermédiaire entre un modèle additif et multiplicatif [77, 80, 81].

Il existe des controverses sur la façon dont le risque peut varier en fonction des différents types d'amiante (chrysotile, amphibole), de la taille des fibres, ainsi que sur le risque pour de faibles niveaux d'exposition (expositions environnementales) [32].

Des facteurs de susceptibilité individuelle sont discutés dans la littérature.

■ Diagnostic et imagerie

Il n'y a pas de particularité clinique, radiologique ou histologique qui le distingue d'un cancer broncho-pulmonaire d'autre origine [57].

Mésothéliome malin

Il s'agit d'une tumeur maligne, développée aux dépens des cellules qui tapissent les cavités séreuses [82]. La localisation initiale la plus fréquente est la plèvre, puis de façon moins fréquente, le péritoine et encore plus rarement, le péricarde ou la tunique vaginale testiculaire [5, 83].

■ Épidémiologie

Le mésothéliome quelle que soit sa localisation est considéré comme un cancer rare ($< 6/100\ 000$ habitants selon la collaboration européenne *Rare Cancer Europe*) [84].

Le premier constat d'une association possible entre l'exposition à l'amiante et le mésothéliome est fait par Wagner *et al.* qui décrivent en 1960 des cas de mésothéliome dans une région minière de crocidolite en Afrique du Sud. Depuis, un excès de mésothéliomes a été observé dans un grand nombre d'études de cohorte et d'études cas-témoins dans diverses industries utilisant et produisant de l'amiante [32].

Le mésothéliome pleural malin survient après une longue période de latence pouvant atteindre 40 ans, voire plus ; elle est supérieure à 15 ans dans la quasi-totalité des cas [61, 71]. D'après les données épidémiologiques récentes, le risque de mésothéliome semble atteindre un plateau vers 40 ans après la première exposition [85]. L'impact du profil d'exposition à l'amiante (âge à la première exposition, importance de l'exposition en début de carrière) sur le risque de mésothéliome est discuté [85 à 87]. Il n'a pas été identifié de seuil d'exposition en dessous duquel le risque d'apparition du mésothéliome pleural malin serait nul.

Bien que toutes les formes d'amiante puissent causer le mésothéliome, des données indiquent que le risque de survenue d'un mésothéliome varie selon le type de fibres, et notamment que l'amiante chrysotile est moins susceptible d'induire le mésothéliome que les formes amphiboles de l'amiante [32].

Le rôle du tabac dans la genèse du mésothéliome n'a pas été démontré [61, 71].

En dehors de l'amiante, d'autres facteurs étiologiques de mésothéliomes malins sont connus (ériorite, fluoro édénite, métier de peintre [32]), ou suspectés (fibres céramiques réfractaires (FCR), radiations ionisantes, virus SV40).

En France, entre janvier 2012 et avril 2014, 1282 cas de mésothéliome incidents en 2012 et 2013 ont été notifiés (via le dispositif de déclaration obligatoire). Ils étaient localisés uniquement au niveau de la plèvre dans 85 % des cas ($n=1134$), uniquement au niveau du péritoine dans 8 % des cas ($n=103$), uniquement au niveau de la tunique vaginale testiculaire pour 3 cas, et uniquement au niveau du péricarde pour 1 cas. Une double localisation était observée pour 23 cas. Le sexe ratio était de 2,4 (71 % d'hommes $n=908$ vs 29 % femmes $n=374$). La localisation anatomique différait selon le sexe ($p < 0,0001$). L'âge moyen au diagnostic était de 73 ans pour les mésothéliomes pleuraux. Il était significativement moins élevé pour les mésothéliomes péritonéaux que pour les mésothéliomes pleuraux [69].

En France, la part de mésothéliome pleural attribuable à une exposition professionnelle à l'amiante en 2012 a été estimée (à partir des données du PNSM) entre 74,5 % et 91,7 % chez les hommes (soit de 603 à 743 cas), et entre 25,3 % et 58 % chez les femmes (soit de 75 à 172 cas), selon le scénario retenu (respectivement, scénario 1 : toutes expositions non nulles et RR le plus faible ; scénario 2 : exposition $> 0,1$ f/mL et RR le plus élevé) [79].

■ Diagnostic

Les symptômes du mésothéliome pleural malin sont peu spécifiques et tardifs. Il peut s'agir de signes pulmonaires (dyspnée, douleur thoracique, toux, pleurésie...), voire plus tardivement de signes généraux (altération de l'état général, syndrome paranéoplasique ...) [88, 89]. Le diagnostic de certitude est histologique, il s'aide de l'immunohistochimie [71]. L'histologie est définie par la nouvelle classification anatomopathologique de l'OMS de 2015 des tumeurs de la plèvre. Les mésothéliomes pleuraux malins diffus ou localisés sont subdivisés en quatre types histologiques : épithéliodes (le plus fréquent), sarcomatoïdes, biphasiques ou mixtes (avec des contingents cellulaires épithéliodes et sarcomatoïdes), desmoplastiques [82].

De nombreux biomarqueurs sont à l'étude pour évaluer leur intérêt dans le diagnostic précoce de mésothéliome malin pleural. Aucun n'est encore recommandé de façon systématique [88, 89].

■ Imagerie

Concernant le mésothéliome pleural malin, l'aspect typique à la TDM est celui d'un épaissement pleural circonférentiel (notamment de la plèvre médiastinale) avec rétraction de l'hémi-thorax [89].

Cancer du larynx

Dans la dernière évaluation de la cancérogénicité de l'amiante du CIRC, le groupe de travail retient une association causale entre l'exposition à l'amiante et le cancer du larynx (niveau de preuve suffisant) en s'appuyant sur l'analyse de 29 études de cohortes regroupant 35 populations, 15 études cas-témoins et une méta-analyse réalisée par l'*Institute of Medicine* en 2006. Les études de cohorte analysées par le groupe de travail montraient une association entre l'exposition à l'amiante et le cancer du larynx dans plusieurs industries (isolation, mines, textile, ciment...) [32].

Depuis la monographie du CIRC, plusieurs études s'intéressant à l'association entre cancer du larynx et exposition à l'amiante ont été publiées.

Parmi celles-ci, la revue systématique et méta-analyse réalisée par Peng et al (à partir de 21 études de cohorte) retrouve une augmentation significative du taux de mortalité standardisé (SMR) pour le cancer du larynx chez les sujets exposés à l'amiante (SMR = 1,69 ; IC 95 % [1,45-1,97] ; $p < 0,001$). Une association significative entre l'exposition à l'amiante et la mortalité par cancer du larynx est observée chez les hommes mais pas chez les femmes (SMR = 1,71 ; IC 95 % [1,33-2,19] ; $p < 0,001$ versus SMR = 1,44 ; IC 95 % [0,90-2,29] ; $p = 0,125$). Des SMR plus élevés sont rapportés dans les cohortes menées en Europe et en Océanie, dans celles concernant les industries minières et textiles, dans celles ciblant l'exposition au crocidolite, dans celles dont le suivi est supérieur à 25 ans et dans celles où le SMR pour le cancer du poumon est supérieur à 2,0. Cette étude ne prend pas en compte les potentiels facteurs de confusion que sont l'alcool et le tabagisme [90].

Dans l'étude française ICARE (Investigations sur les cancers respiratoires et environnement) menée auprès de 448 cas comparés à 2686 témoins, l'odd-ratio (OR) pour le cancer du larynx augmente légèrement avec le niveau, la durée et la probabilité de l'exposition à l'amiante. Pour un niveau d'exposition cumulé (IEC) inférieur ou égal à 0,04 f/mL.années, l'OR est de 1,65 (IC 95 % [1,17-2,33]) ; pour un IEC compris entre 0,05 et 1,41 f/mL.années, l'OR est de 1,72 (IC 95 % [1,25-2,37]) ; et pour un IEC supérieur à 1,41 f/mL.années, l'OR est de 1,81 (IC 95 % [1,32-2,48]). D'autre part, l'OR est de 2,05 (IC 95 % [1,50-2,82]) chez les hommes dont la durée d'exposition est supérieure à 30 ans, et de 1,76 [1,24-2,50] chez les hommes dont la probabilité d'exposition est supérieure à 70 %. Les auteurs décrivent un effet additif entre l'exposition à l'amiante et la consommation d'alcool, et un effet supra additif entre l'exposition à l'amiante et la consommation de tabac [91].

En France, la part de cancer du larynx attribuable à une exposition professionnelle à l'amiante en 2012 a été estimée entre 5,9 % et 31 % chez les hommes (soit de 166 à 876 cas), et entre 0,8 % et 3,1 % chez les femmes (soit de 4 à 15 cas), selon le scénario retenu (respectivement, scénario 1 : toutes expositions non nulles et RR le plus faible ; scénario 2 : exposition > 0,1 f/mL et RR le plus élevé) [78].

Cancer de l'ovaire

Dans la dernière évaluation de la cancérogénicité de l'amiante du CIRC, le groupe de travail retient une association causale entre l'exposition à l'amiante et le cancer de l'ovaire (niveau de preuve suffisant), en s'appuyant notamment sur 5 études de cohortes fortement positives portant sur la mortalité de femmes exposées professionnellement à l'amiante [11]. Depuis la monographie du CIRC, plusieurs études s'intéressant à l'association entre cancer de l'ovaire et exposition à l'amiante ont été publiées. Parmi celles-ci, Pira *et al.* ont étudié la mortalité d'une cohorte de 1 083 femmes travaillant dans le textile et ayant eu une forte exposition à l'amiante (jusqu'à 100 f/mL). En 2016, les auteurs rapportent un SMR pour le cancer des ovaires de 3,03 (IC 95 % [1,69-4,99]) soit 15 décès [92].

Dans une revue de la littérature publiée en 2014, Bounin *et al.* analysent 17 études datant de 1960 à 2013. Les auteurs constatent pour toutes les études de cohorte analysées (sauf une étude finlandaise menée auprès de 167 femmes exposées à l'amiante anthophyllite sans cas de cancer de l'ovaire rapporté) une élévation du risque de cancer de l'ovaire lorsque les femmes ont été exposées professionnellement à l'amiante. Les auteurs soulignent toutefois les limites que peuvent présenter ces études notamment le faible nombre de cas de cancers de l'ovaire généralement observés au sein des cohortes, la présence non systématique d'une confirmation histologique du diagnostic (surtout pour les études anciennes), le peu d'informations sur les conditions d'expositions (comme le niveau d'exposition) et sur les autres facteurs de risque de cancer de l'ovaire [93].

Une méta-analyse portant sur 14 études de cohorte et 2 études cas-témoins estime un méta-RR à 1,75 (IC 95 % [1,45-2,1]), diminuant à 1,29 (IC 95 % [0,97-1,73]) quand seules les études disposant d'une confirmation diagnostique de cancer de l'ovaire sont considérées [94].

La méta-analyse de Camargo *et al.* portant sur 18 études de cohorte estime un SMR de 1,77 (IC 95 % [1,37 - 2,28]). L'estimation est supérieure pour les cohortes menées en Europe, pour celles présentant une asbestose (avec réparation), et pour celles où le SMR pour le cancer du poumon est estimé à plus de 2,0 [69].

En France, la part de cancer de l'ovaire attribuable à une exposition professionnelle à l'amiante en 2012 a été estimée entre 1,6 % et 2,1 % chez les femmes (soit de 74 à 97 cas), selon le scénario retenu (respectivement, scénario 1 : toutes expositions non nulles et RR le plus faible ; scénario 2 : exposition > 0,1 f/mL et RR le plus élevé) [79].

Cancer de l'appareil digestif

Dans la dernière évaluation de la cancérogénicité de l'amiante du CIRC, le groupe de travail retient une association positive entre l'exposition à l'amiante et le cancer du pharynx, de l'estomac et le cancer colorectal (niveau de preuve insuffisant). Pour le cancer colorectal, le groupe de travail était divisé quant à savoir si les éléments de preuve étaient suffisants, la littérature suggérant par ailleurs une association plus forte pour le cancer du côlon que pour le cancer du rectum [32].

Depuis la monographie du CIRC, plusieurs études s'intéressant à l'association entre exposition à l'amiante et cancers digestifs (colorectal, pharynx, estomac, œsophage, foie, voies biliaires...) ont été publiées. Certaines semblent apporter des indications supplémentaires de l'existence d'une relation entre exposition professionnelle à l'amiante et la survenue de cancers digestifs, particulièrement de cancers colorectaux. Parmi celles-ci, les études de Offermans *et al.* et Paris *et al.* sont des cohortes de grande taille avec un ajustement sur les facteurs de risque connus de cancers digestifs [76, 95, 96].

En 2017, l'ANSES a été saisie par la DGS concernant l'analyse d'articles scientifiques relatifs aux risques de cancers digestifs liés à l'ingestion d'amiante, notamment via l'eau. Dans leurs conclusions, les experts rapporteurs indiquent que les études analysées ne permettent pas de déterminer la contribution de l'ingestion dans l'apparition de ces cancers digestifs, ces études se basant sur l'inhalation. Compte tenu des incertitudes quant aux risques éventuels liés à l'ingestion d'eau contenant des fibres d'amiante, une autosaisine de l'ANSES sur cette question est prévue [76].

La reprotoxicité potentielle de l'amiante est peu documentée (hors atteintes des organes de la reproduction comme le cancer de l'ovaire abordé dans le chapitre « Pathologies malignes »).

L'équipe américaine de Haque *et al.* a décrit au travers de plusieurs études la présence de fibres d'amiante dans des organes et/ou tissus (poumons, foie, muscles, placenta) de bébés morts-nés, mais aussi dans des placentas de bébés vivants [98 à 100]. Les auteurs ont suggéré la possibilité d'un passage transplacentaire des fibres d'amiante. En 1998, ces auteurs retrouvent une association significative entre la présence de fibres d'amiante dans des tissus de bébés morts-nés, des anomalies du placenta (comme l'infarctus, l'hématome, la chorioamnionite) ($p=0,041$) et des antécédents d'avortement chez la mère ($p=0,007$) [100].

Cohérence des réponses biologiques chez l'homme et l'animal

Les résultats des études chroniques par inhalation indiquent que les rats sont des modèles appropriés pour les maladies pulmonaires humaines induites par l'amiante, avec apparition d'une inflammation chronique, d'une fibrose pulmonaire, d'un cancer du poumon et d'un mésothéliome. Les hamsters semblent être plus sensibles que les rats au développement du mésothéliome, mais moins sensibles au développement des tumeurs pulmonaires [97].

D'après les résultats épidémiologiques, les fibres d'amphibole (notamment crocidolite et trémolite) sont plus souvent associées au mésothéliome et aux plaques pleurales que les fibres de chrysotile lesquelles sont plus souvent associées avec le cancer pulmonaire et l'asbestose. Ce résultat n'a pu être testé de manière adéquate dans les études par inhalation car le rat développe peu de mésothéliomes sur ses deux ans d'espérance de vie [33].

En terme de cohérence animal-homme, le rapport de l'Afsset de 2009 [10] mentionne que « la cohérence entre les études toxicologiques menées chez l'homme ou chez l'animal est plus qualitative que quantitative, et n'est pas nécessairement homogène entre organes cibles (par exemple le poumon et la plèvre). Ainsi, la sensibilité de l'homme au cancer du poumon provoqué par l'inhalation de fibres d'amiante a été estimée environ 100 à 200 fois plus élevée que chez le rat ; la concentration de fibres de crocidolite dans le poumon du rat lors d'une étude négative était plus de 1000 fois supérieure à la concentration médiane dans les poumons de travailleurs atteints de mésothéliome professionnellement exposés à l'amiante [10].

Exposition professionnelle

■ Expositions anciennes

Avant l'interdiction de l'amiante en 1997, les expositions professionnelles à ces fibres ont pu être très élevées dans plusieurs secteurs d'activité : lors de l'extraction, de la transformation et de l'utilisation des matériaux contenant de l'amiante. Il s'agit en particulier de l'industrie minière et du textile, de la fabrication de matériaux et de construction du bâtiment ou encore de la construction navale. Des mesures compilées au niveau international [1], prélevées à postes fixes et comptées en MOCP, ont montré des pics de concentrations pouvant atteindre (après conversion du résultat de f/mL en f/L) environ 800 000 f/L lors de travaux d'isolation dans les navires et dans le bâtiment, 300 000 f/L dans l'extraction minière, 200 000 f/L dans l'industrie textile, 100 000 f/L lors de la fabrication d'amiante-ciment, et 80 000 f/L dans la construction de bâtiments. Les ordres de grandeur des fourchettes des moyennes sont respectivement [5 000 - 300 000] f/L dans la construction navale, [3 000 - 60 000] f/L dans l'isolation des bâtiments, [5 000 - 90 000] f/L dans les mines et l'industrie textile, [3 000 - 60 000] f/L dans la fabrication d'amiante-ciment et [2 000 - 20 000] f/L dans la construction des bâtiments. Ces valeurs correspondent à des situations de travail où de faibles voire aucune mesure de suppression des poussières n'étaient mises en œuvre.

Des vêtements de protection contre la chaleur (gants, leggings, cagoules, manteaux) fabriqués à partir de fibres d'amiante ont été portés par les travailleurs dans des secteurs comme la fabrication du verre, les fonderies de métaux et la fabrication de l'acier [101]. Selon l'âge de ces vêtements, de neufs jusqu'à 8 semaines d'utilisation, et selon les postes occupés par les opérateurs (gardiens, postes chauds, assistants, postes divers), les concentrations moyennes des fibres de longueur supérieure à 5 µm mesurées par MOCP sont comprises entre 0,5 et 26,2 f/cm³, soit entre 500 et 26 200 après conversion en fibres par litre. Par comparaison, mesurées par microscopie électronique, les moyennes des concentrations sont comprises entre 18 000 et 96 000 f/L pour les mêmes critères de fibres. L'auteur indique que les prélèvements en vue de la comparaison entre les deux méthodes de mesurage n'ont pas été effectués simultanément mais portaient sur les mêmes opérateurs vêtus des mêmes vêtements de protection contre la chaleur. L'écart entre le mesurage par MOCP et par microscopie électronique provient du fait que la MOCP ne permet pas de compter les fibres les plus fines, c'est à dire celles dont le diamètre est inférieur à 0,2 µm.

■ Niveaux d'empoussièrement actuels

En 2009, la Direction générale du travail a mené une campagne d'évaluation des empoussètements en fibres d'amiante des couples « matériau-technique » mis en œuvre sur les chantiers de désamiantage. L'évaluation était réalisée par prélèvements sur opérateurs et analysés par microscopie électronique en transmission analytique (META). L'INRS a établi en 2011 un rapport de synthèse des résultats [102] de cette campagne et des recommandations de prévention en milieu de travail. Dans le cadre de cette campagne, les fibres courtes d'amiante (FCA de longueur < 5 µm et de ratio longueur sur diamètre > 3), les fibres fines d'amiante (FFA de diamètre compris entre 0,02 et 0,2 µm et de ratio longueur sur diamètre > 3) ainsi que les fibres de dimension dites « OMS » telles qu'elles sont observables par MOCP (longueur > 5 µm, diamètre compris entre 0,2 et 3 µm et ratio longueur sur diamètre > 3) ont été dénombrées. 265 échantillons ont été analysés correspondant à 29 situations de travail différentes, en termes de techniques de retrait et de matériaux contenant de l'amiante (MCA). La campagne a mis en évidence une forte proportion en moyenne de FCA dans les échantillons (68 %) et des proportions similaires de FFA (17 %) et de fibres OMS (15 %). Les concentrations d'amiante moyenne et maximum pour chaque catégorie dimensionnelle de fibres sont de 14 811 f/L et 256 071 f/L pour les FCA, 1 822 f/L et 51 450 f/L pour les FFA, et 866 f/L et 23 025 f/L pour les fibres « OMS ». Les retraits de plâtres amiantés (jusqu'à 60 443 f/L), de flocages (jusqu'à 29 304 f/L), de bâtiments sinistrés (jusqu'à 21 241 f/L) et de peintures amiantées (jusqu'à 8 580 f/L) sont les plus émissifs, notamment lorsque les techniques de retrait sont agressives (ultra haute pression -UHT- et très haute pression -THP-, burinage, ponçage). L'émissivité ne peut pas être corrélée avec la nature friable ou non friable du matériau. Elle résulte de la combinaison entre le matériau et la technique utilisée pour son retrait [103].

Ces résultats ont conduit les pouvoirs publics à baser la réglementation "travail" en 2012 sur les niveaux d'empoussièrement des processus, et 3 niveaux d'empoussètements ont été définis (1^{er} niveau : concentration < 100 f/L ; 2^{ème} niveau : 100 ≤ C ≤ 6000 f/L ; 3^{ème} niveau : 6000 ≤ C ≤ 25 000 f/L). Selon le niveau d'empoussièrement, les moyens de prévention à mettre en œuvre sont croissants.

De 2012 à 2015, une campagne de vérification par META des facteurs de protection assignés des appareils de protection respiratoire [104, 105] couramment portés sur les chantiers de désamiantage a confirmé l'importante émissivité des plâtres amiantés et des flocages en lien avec les techniques de retrait utilisées. Lors de cette étude, 718 échantillons sur opérateurs ont été prélevés en situation de travail à l'extérieur et à l'intérieur des masques, sur 6 chantiers de troisième niveau d'empoussièrement *a priori*, où les opérateurs étaient équipés d'appareils de protection respiratoire à adduction d'air à la demande à pression positive, et sur 3 chantiers de deuxième niveau d'empoussièrement *a priori*, où les appareils de protection respiratoire portés étaient des TM3P à ventilation assistée. Sur les chantiers de troisième niveau, en ce qui concerne les prélèvements individuels réalisés à l'extérieur du masque respiratoire, les retraits d'enduits, d'insonorisant et de mastic par les techniques respectivement de grenailage, sablage et grattage ont révélé la présence de chrysotile et d'amosite à des concentrations comprises entre 8 et 154 491 f/L. Les flocages retirés par grattage manuel étaient constitués d'amosite et les concentrations ont été mesurées de 49 à 84 731 f/L. Les calorifuges retirés par grattage manuel étaient composés de chrysotile et de crocidolite à des concentrations comprises entre 6 et 508 f/L. Les plâtres amiantés étaient tous composés de chrysotile. Leur retrait par grattage pneumatique a montré des empoussètements de 402 à 235 838 f/L, ceux ayant fait l'objet d'un traitement par grattage à l'aide d'un porte-outil télécommandé et par très haute pression, des concentrations comprises entre 74 et 145 290 f/L. 70 % des prélèvements à l'intérieur des masques n'ont révélé aucune fibre d'amiante. Pour 7 % des prélèvements, les concentrations à l'intérieur des masques dépassent 10 f/L, tous ces dépassements

correspondant à des situations de traitement de plâtres amiantés. Le maximum a été mesuré à 336 f/L et correspondait à l'exposition d'un opérateur lors de burinage de plâtre amianté. Sur les chantiers de deuxième niveau, les empoussièrtements mesurés à l'extérieur du masque ont concerné des chantiers de burinage de colles de carrelage, de ponçage de colles de sols amiantées à l'aide d'une rectifieuse et de déseboitage manuel de canalisation en amiante ciment. Tous les matériaux contenaient du chrysotile, les colles de sols contenaient également de l'amosite et les canalisations de la crocidolite. Les concentrations étaient comprises entre 25 et 8 106 f/L pour le burinage des colles de carrelage, entre 2 et 563 f/L pour les colles de sol et entre 3 et 302 f/L pour les canalisations. Toutes les concentrations mesurées à l'intérieur des masques sur ces chantiers de deuxième niveau étaient inférieures à 8,2 f/L.

En 2012 une étude conduite par l'INRS et la CAPEB visant à qualifier un dispositif passif expérimental de prélèvement d'amiante a été menée auprès d'une population de 63 plombiers-chauffagistes volontaires, en vue de les sensibiliser sur leur risque d'exposition à ces fibres [106]. Le badge passif amiante devait être porté par ces professionnels au niveau de la zone de respiration pendant une semaine au cours de leurs interventions de maintenance. Les badges collectés ont été analysés par META (NF X 43-050 (1996)). 35 % des badges ont montré la présence d'amiante (les variétés chrysotile, amosite, crocidolite et trémolite ont été détectées). La qualification du débit équivalent du badge passif a permis l'analyse semi-quantitative des badges « positifs » : les concentrations variaient de 4,4 f/L à 634 f/L. Parmi les personnes exposées, la moitié n'avait pas perçu ce risque.

Une campagne de mesurage des niveaux d'empoussièrtement dans les activités du second œuvre du bâtiment, spécifiquement les activités de « sous-section 4 » appelée campagne « CARTO » et relevant d'une convention DGT, OPPBTP et INRS, a démarré en 2014. Les premiers résultats de cette campagne portent sur 6 situations de travail pour lesquelles au moins dix mesurages ont pu être effectués. L'étendue des résultats est de 2,1 f/L à 16,7 f/L lors du perçage de revêtements de sol amianté. Elle est de 2,9 à 10,7 f/L lors du perçage de peinture/enduit amianté. La découpe de canalisations en amiante-ciment en milieu extérieur génère des empoussièrtements en fibres d'amiante compris entre 2,1 et 11,6 f/L. Lors du démontage de canalisations en amiante-ciment en milieu extérieur, les résultats sont compris entre 3 et 134,4 f/L. Le démontage des toitures montre des concentrations comprises entre 3 et 1574 f/L. Le démoussage des toitures entraîne des concentrations allant de 3 à 267,3 f/L. Ces premiers résultats résultent de modes opératoires intégrant la mise en œuvre effective de moyens de protections collective comme l'aspiration à la source et le mouillage des matériaux, par des personnes formées à la prévention des risques liés à l'amiante, et dont les interventions ont été réalisées sous la surveillance d'un superviseur OPPBTP ou CARSAT [107].

En 2015, une revue des expositions à l'amiante chrysotile lors de travaux sur chaussée amiantée a été réalisée à partir des données de suivi de 53 chantiers menés en France métropolitaine [108]. Dans cette revue, les auteurs se sont intéressés aux mesures environnementales effectuées en limite de chantier et dans la zone de chantier, ainsi qu'aux mesures sur opérateurs lors de différentes situations de travail. Parmi les 302 mesurages recueillis, 173 étaient des mesures sur opérateurs et 129 des mesures environnementales. En limite de chantier, toutes les analyses environnementales ont un résultat inférieur à 5 f/L ; dans la zone de chantier, la valeur maximale est de 14,5 f/L. En ce qui concerne les concentrations mesurées sur opérateurs, les opérations de sciage et de burinage ont montré respectivement des valeurs maximales de 95,6 et 968 f/L. L'étendue des concentrations est de 3,5 à 69 f/L pour le conducteur de la fraiseuse, celle du conducteur de la pelle est comprise entre 1,25 et 13,3 f/L. Le régleur au sol est exposé à des concentrations comprises entre 1,5 et 32,7 f/L, et les opérateurs au sol chargés des reprises de tas de fraisats à la pelle manuelle pour effectuer le nettoyage de la zone entre 1,5 et 39,4 f/L. Les concentrations maximales relevées sur les opérateurs sont inférieures à 5 f/L lors du thermo-découpage, de l'enrobage à froid, de la réparation de nid de poule, du carottage, du dépavage ou du décroûtage. Si cette étude a porté uniquement sur le mesurage du chrysotile, il convient de préciser que 10 % des échantillons analysés ont néanmoins été signalés comme présentant des fibres d'actinolite.

Dans le cadre de leurs obligations réglementaires et d'accréditation COFRAC, les organismes du contrôle de l'amiante en milieu de travail doivent renseigner le résultat des mesurages de l'amiante sur opérateurs dans la base SCOLA. Une extraction des données est mise à disposition du public à l'aide de l'application SCOLA@miante (<http://scolamiante.inrs.fr>). Cette application, interrogée par triplet « type d'activité (sous-section 3 ou sous-section 4) », « matériau » et « technique », permet d'évaluer l'empoussièrtement *a priori* mesuré par META sur opérateur. Le résultat de l'évaluation correspond à la valeur du percentile 95 de l'ensemble des valeurs présentes dans SCOLA@miante pour chaque triplet interrogé. Il est assorti d'un indice de confiance dépendant du nombre de données ayant permis l'évaluation. La mise à jour des données est effectuée annuellement. Au 31 décembre 2016, la base était alimentée de 47 666 mesures d'amiante réalisées en META validées depuis le 1^{er} juillet 2012.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : Mai 2018

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction dits CMR, de catégorie 1A ou 1B)

- Articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Douches

- Article R. 4228-8 du Code du travail et arrêté du 23 juillet 1947 modifié, fixant les conditions dans lesquelles les employeurs sont tenus de mettre les douches à la disposition du personnel effectuant des travaux insalubres ou salissants (régime général).

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Surveillance médicale post-professionnelle

- Article D. 461-25 du Code de la sécurité sociale.
- Arrêté du 28 février 1995 (JO du 22 mars 1995) fixant le modèle type d'attestation d'exposition et les modalités d'examen : annexe 1.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Mesures de prévention des risques d'exposition à l'amiante

- Articles R. 4412-94 à R. 4412-148 du Code du travail.
- Articles R. 4412-97 à R.4412-99 du Code du travail : Repérage amiante avant travaux
- Arrêté du 23 février 2012 : Formation à la prévention des risques liés à l'amiante.
- Arrêté du 14 décembre 2012 : Certification des entreprises de traitement de l'amiante.
- Arrêté du 7 mars 2013 : Equipements de protection individuelle.
- Arrêté du 8 avril 2013 : Moyens de protection collective
- Instruction DGT n° 2015-238 du 16 octobre 2015 : application du décret du 29 juin 2015 relatif aux risques d'exposition à l'amiante.
- Articles L. 4731-1 à L. 4731- 54 du Code du travail : Procédure d'arrêt de chantier du bâtiment et des travaux publics par l'inspecteur du travail.

Valeurs limites d'exposition professionnelle

- Article R. 4412-100 du Code du travail.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-2 du Code de la sécurité sociale : tableaux nos 30 et 30 bis.
- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'Inspection du travail de procédés de travail susceptibles de provoquer une maladie professionnelle inscrite aux tableaux nos 30 et 30 bis.

Suivi médical

- Article R. 4624-22 à R. 4624-28 du Code du travail : suivi individuel renforcé des personnes affectées à un poste exposant à l'amiante.
- L. 4622-2 du code du travail : suivi médical post exposition des personnes ayant été exposées à l'amiante lors d'un précédent poste ou emploi.
- Arrêté du 28 février 1995 et D. 465-25 du code de la sécurité sociale : attestation d'exposition et suivi post-professionnel.
- Aptitude médicale : Arrêté du 16 octobre 2017 fixant le modèle d'avis d'aptitude, d'avis d'inaptitude, d'attestation de suivi individuel de l'état de santé et de proposition de mesures d'aménagement de poste.

Mesurage

- Arrêté du 14 août 2012 relatif aux conditions de mesurage des niveaux d'empoussièrement, aux conditions de contrôle du respect de la valeur limite d'exposition professionnelle aux fibres d'amiante et aux conditions d'accréditation des organismes procédant à ces mesurages.

Classification et étiquetage

- a) **Substance** amiante et substances contenant de l'amiante comme impureté :

Le règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (L 353, JOUE du 31 décembre 2008), dit « Règlement CLP », introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage de l'amiante figurent dans l'annexe VI du règlement. La classification est :

- Selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié
 - Cancérogénicité catégorie 1A ; H350
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles, exposition répétée, catégorie 1 ; H372.

(**) Selon les règles de classification préexistante, la classification s'appliquait pour une voie d'exposition donnée uniquement dans les cas où il existait des données justifiant la classification en fonction de cette voie. Le règlement CLP prévoit que la voie d'exposition ne doit être indiquée dans la mention de danger que s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie ne peut conduire au même danger. Faute d'informations sur les voies d'exposition non classées (absence de données ou absence d'effet), la classification préexistante a été convertie en classification CLP mais sans précision de voie d'exposition".

- b) **Mélanges** contenant de l'amiante :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

- c) **Emballages**

- Décret n° 88-466 du 28 avril 1988 modifié : étiquetage ou marquage des produits contenant de l'amiante.

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : art. D. 4153-18 du Code du travail : interdiction pour les opérations susceptibles de générer une exposition à un empoussièrement de fibres d'amiante de niveau 1, 2 et 3 tels que définis à R. 4412-98 du code du travail. Des dérogations sont possibles sous certaines conditions pour les opérations de niveau 1 uniquement.
- Travailleurs d'entreprises de travail temporaire et en CDD : art. D. 4154-1 du Code du travail : interdiction de les affecter à des opérations d'entretien ou de maintenance sur des flocages ou calorifugeages, travaux de confinement, de retrait de l'amiante ou/et de démolition.

Interdiction / Limitations d'emploi

- Décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996 modifié.
- Arrêté du 24 décembre 1996 : formulaire de déclaration des exceptions au ministère du Travail.
- Arrêté du 12 juillet 2000 : liste des exceptions à l'interdiction.
- **Produits CMR** : Règlement (UE) n° 552/2009 de la Commission du 22 juin 2009 modifiant l'annexe XVII de règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) relative aux restrictions applicables à certaines substances dangereuses (point 28 : substances figurant à l'annexe VI du règlement CLP et classées cancérigènes 1A ou 1B).
- **Restriction - Annexe XVII du règlement REACH** (UE 2016/1005 du 22 juin 2016) : Restriction applicables aux fibres d'amiante (chrysotile).

Protection de la population

- **Interdiction**
 - Décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996 : interdiction de l'amiante.
 - Décret n° 88-466 du 28 avril 1988 modifié : étiquetage ou marquage des produits contenant de l'amiante.
- **Obligations des propriétaires d'immeubles bâtis**
 - Articles R. 1334-14 à R. 1334-29-9, articles R. 1337-2 à R. 1337-5, annexe 13-9 du Code de la santé publique : protection de la population contre les risques sanitaires liés à une exposition à l'amiante dans les immeubles bâtis.
- **Repérage**
 - Annexe 13-9 du code de la santé publique : listes A, B et C de matériaux contenant de l'amiante dans les immeubles bâtis
 - Arrêté du 12 décembre 2012 : critères d'évaluation de l'état de conservation des matériaux et produits de la liste A contenant de l'amiante et au contenu du rapport de repérage.
 - Arrêté du 12 décembre 2012 : critères d'évaluation de l'état de conservation des matériaux et produits de la liste B contenant de l'amiante et du risque de dégradation lié à l'environnement ainsi que le contenu du rapport de repérage.
 - Arrêté du 21 décembre 2012 : recommandations générales de sécurité et au contenu de la fiche récapitulative du « dossier technique amiante ».
 - Arrêté du 26 juin 2013 : repérage des matériaux et produits de la liste C contenant de l'amiante et au contenu du rapport de repérage.
 - Arrêté du 1er juin 2015 relatif : transmission au préfet des rapports de repérage des matériaux et produits de la liste A contenant de l'amiante.
 - Arrêté du 25 juillet 2016 modifié par arrêté du 24 février 2017 : critères de certification des compétences des personnes physiques opérateurs de repérages, d'évaluation périodique de l'état de conservation des matériaux et produits contenant de l'amiante, et d'examen visuel après travaux dans les immeubles bâtis et les critères d'accréditation des organismes de certification.
 - Décret n° 2017-1442 du 3 octobre 2017 relatif à la prévention des risques liés à l'amiante à bord des navires.
 - Arrêté du 20 décembre 2017 relatif au modèle-type de la grille d'évaluation et au contenu du rapport de repérage prévus à l'article 4 du décret n°2017-1442 du 3 octobre 2017 dans le cadre du repérage de l'amiante à bord des navires.
 - Arrêté du 8 janvier 2018 relatif aux modalités d'accréditation des organismes d'inspection réalisant le repérage des matériaux et produits contenant de l'amiante à bord des navires prévue à l'article 3 du décret n° 2017-1442 du 3 octobre 2017 relatif à la prévention des risques liés à l'amiante à bord des navires.
- **Mesurage**
 - Arrêté du 6 mars 2003 : compétences des organismes procédant à l'identification d'amiante dans les matériaux et produits.
 - Arrêté du 19 août 2011 : réalisation des mesures d'empoussièrement dans l'air des immeubles bâtis.
 - Arrêté du 19 août 2011 : conditions d'accréditation des organismes procédant aux mesures d'empoussièrement en fibres d'amiante dans les immeubles bâtis.

Protection de l'environnement

- **Classification**
 - R.541-7 du code de l'environnement : classification des déchets.
 - R.541-8 du code de l'environnement : définition des déchets.
 - Décision n° 2014/955/UE de La Commission du 18 décembre 2014 modifiant la décision 2000/532/CE établissant la liste des déchets, conformément à la directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil.
- **Gestion et Stockage des déchets**
 - Arrêté du 30 décembre 2002 : installations de stockage de déchets dangereux.
 - Articles R. 541-42 et suivants du Code de l'environnement : traitement des déchets dangereux.
 - Arrêté du 15 février 2016 : installations de stockage de déchets non dangereux.
 - Arrêté du 16 février 2006 : formulaire du bordereau de suivi des déchets dangereux.
 - Arrêté du 31 janvier 2008 : registre et déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets.
 - "Décision générique" relative aux emballages pour le transport d'amiante non lié.

Transport

- **Transport terrestre national et international (route, chemin de fer, voie de navigation intérieure)**
 - ADR, RID, ADN R :
 - L'amiante doit être déclaré sous l'une des rubriques suivantes :
 - Amiante amphibole N° ONU : 2212 Classe : 9
 - Groupe d'emballage : II
 - Amiante chrysotile N° ONU : 2590 Classe : 9
 - Groupe d'emballage : III
 - Décision générique relative aux emballages pour le transport d'amiante non lié
- **Transport par air**
 - IATA
- **Transport par mer**
 - IMDG

Recommandations

L'amiante est interdit depuis 1997 mais des millions de mètres carrés de matériaux en contenant sont encore en place dans les bâtiments, les appareils, les installations. En raison des risques importants qui découlent de l'exposition à l'amiante, la réglementation, en particulier les articles R. 4412-94 à R. 4412-148 du Code du travail, impose des mesures très strictes de prévention et de protection, avec des obligations spécifiques aux différents types d'activités :

- les travaux de retrait ou d'encapsulation d'amiante et de matériaux, d'équipements et de matériels ou d'articles en contenant, y compris dans les cas de démolition (activités dites de « retrait » ou de « sous-section 3 ») ;

- les interventions sur des matériaux, des équipements, des matériels ou des articles susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante (activités dites « d'interventions et de maintenance » ou de « sous-section 4 »).

Au point de vue technique

Manipulation

La prévention du risque amiante repose sur l'émissivité des processus mis en œuvre. Le processus correspond à la combinaison du matériau, de la technique employée pour le traiter et des moyens de protection collective inhérents à la technique (comme l'aspiration à la source, le mouillage à cœur des matériaux, l'abattage des poussières). Trois niveaux d'empoussièrément des processus sont ainsi définis : le premier niveau est inférieur à 100 f/L, le deuxième niveau est compris entre 100 et 6 000 f/L et le troisième niveau entre 6 000 et 25 000 f/L. L'évaluation du niveau d'empoussièrément des processus se déroule en plusieurs étapes : estimation du niveau d'empoussièrément *a priori* lors de l'évaluation initiale. Pour les travaux de retrait en sous-section 3, réalisation d'un chantier test et de trois chantiers de validation et de vérifications périodiques. Pour les interventions en sous-section 4, un chantier d'évaluation du niveau d'empoussièrément doit être réalisé pour chaque processus. Puis une vérification *a minima* annuelle doit être effectuée lors de la vérification de la VLEP [6, 108].

Plus le niveau d'empoussièrément est élevé, plus les mesures de prévention à mettre en œuvre sont contraignantes. Ainsi, lors d'opérations sur matériaux amiantés, il convient de :

- Former le personnel à la prévention des risques liés à l'amiante et à la sécurité, notamment aux risques potentiels pour la santé, au rôle et à l'emploi des équipements de protection collective et individuelle, et aux méthodes de travail recommandées. À l'issue de cette formation, une attestation de compétences doit être délivrée à chaque travailleur. Pour les activités de sous-section 3, le personnel doit être formé dans un organisme de formation certifié. La formation est renouvelée périodiquement.
- Procéder à une évaluation des risques, portant notamment sur le niveau d'empoussièrément *a priori* ou connu du processus, les caractéristiques du lieu de l'opération, le procédé mis en œuvre, les niveaux d'exposition attendus, la durée de l'exposition, la charge physique liée à la pénibilité des équipements de protection individuelle, les autres risques existants.
- Définir, en fonction des résultats de l'évaluation des risques, les mesures de prévention à mettre en œuvre pour supprimer ou réduire au niveau le plus bas possible l'émission et la dispersion de fibres d'amiante pendant les travaux, assurer la protection des opérateurs, éviter la diffusion des fibres hors de la zone de travail, garantir l'absence de pollution résiduelle après les travaux.
- Isoler la zone de travail et en restreindre l'accès. Pour les travaux en deuxième et troisième niveaux d'empoussièrément, il est nécessaire de confiner la zone et de prévoir un seul accès pour le personnel intervenant, en mettant en place une installation de décontamination équipée de deux douches. En milieu extérieur, il est recommandé d'utiliser une unité mobile de décontamination (UMD) ventilée et correctement équipée [109] pour assurer la décontamination des travailleurs.
- Assurer le renouvellement de l'air dans les zones confinées pour réduire la concentration dans la zone de travail. Le taux de renouvellement d'air dans la zone confinée est de 6 à 15 volumes par heure en deuxième niveau, et à plus de 20 volumes par heure en troisième niveau.
- Rédiger un bilan aérodynamique prévisionnel permettant de définir les zones élémentaires à prendre en compte pour le dimensionnement des matériels nécessaires pour la réalisation du confinement dynamique (extracteurs, entrées d'air de compensation maîtrisées et de réglage, positionnement, nombre et calibre) et le vérifier avant le démarrage du chantier (ND 2137 [110] actuellement en cours de révision et qui deviendra en 2018, le guide pratique de ventilation n°25 - ED 6307).
- Mettre la zone en dépression. Le niveau de dépression ne doit jamais descendre en dessous de 10 Pa. Ces mesures permettent d'éviter la diffusion des fibres hors de la zone de travail.
- Mettre à la disposition du personnel des appareils de protection respiratoire adaptés aux niveaux d'empoussièrément (appareil isolant à adduction d'air à la demande à pression positive, appareil à ventilation assistée TM3P, masque complet ou demi-masque équipé d'un filtre P3, demi-masque filtrant FFP3), des vêtements étanches aux poussières de type 5 [111] à usage unique ou combinaison ventilée de type 2 et des gants étanches. Les appareils de protection respiratoire ne doivent pas être portés plus de 2h30 par vacation, et au maximum 6 heures par jour. Les demi-masques à usage unique FFP3 ne peuvent être portés qu'en sous-section 4 pour des interventions de moins de 15 minutes, en niveau 1 d'empoussièrément. Les appareils de protection respiratoire doivent être adaptés à la morphologie du porteur et être ajustés sur une peau lisse [112]. Ils seront retirés lorsque toute exposition à l'amiante aura cessé, et en particulier lorsque les vêtements de protection auront été enlevés lors de la dernière étape de la contamination, dans la seconde douche (dite douche d'hygiène). Ces équipements seront jetés s'ils sont à usage unique, et s'ils ne le sont pas, soigneusement décontaminés à chaque sortie de la zone d'intervention. Les batteries des moteurs des appareils de protection respiratoire à ventilation assistée doivent toujours être bien rechargées. Les filtres et cartouches sont changés après chaque vacation. L'utilisation de l'adduction d'air nécessite un réservoir d'air de qualité respirable en quantité suffisante pour tous les opérateurs en zone, ou un apport en continu à partir d'un dispositif de type moteur-ventilateur captant une source d'air de qualité respirable hors de la zone. L'air respirable doit être délivré jusqu'à la douche d'hygiène dans l'installation de décontamination.
- Travailler à l'humide, imprégner préalablement les matériaux avec un agent mouillant chaque fois que cela est possible selon la nature des matériaux, utiliser des outils manuels ou à vitesse lente reliés à un aspirateur équipé d'un filtre à très haute efficacité (filtre THE), démonter ou déconstruire les matériaux... Ces procédés permettent, par exemple, de réduire l'émission de poussières.
- Collecter les déchets au fur et à mesure de leur production et les emballer dans des sacs étanches par catégorie, fermés par col de cygne. Procéder à la décontamination des sacs dans l'installation de décontamination des déchets et à leur mise en big-bag doté d'une double sache étanche, étiquetés « amiante ». Organiser une zone d'entreposage temporaire des déchets, fermée et accessible aux seules personnes autorisées, en vue de leur évacuation vers une filière autorisée conformément à la réglementation [113] (en cours de révision, nouveau guide en 2018).
- Procéder à de fréquents contrôles de la teneur en fibres d'amiante dans l'air, en zone de travail, sur opérateur, dans l'environnement du chantier (zone d'approche, sortie des extracteurs, compartiment propre de l'installation de décontamination, sortie de l'installation de décontamination des déchets, base vie, limite de chantier ...) [113 à 116].
- Procéder à un nettoyage soigneux des locaux, en fin de travaux, à l'aide d'un aspirateur équipé d'un filtre à très haute efficacité, et à l'humide. Décontaminer également les outils, les équipements. Lors d'opérations de travaux publics, ou en terrain amiantifère, mettre en place des dispositifs et procédures de décontamination des engins et des véhicules [117].
- Vérifier périodiquement les installations et appareils de protection collective et individuelle, et les maintenir en parfait état de fonctionnement. Contrôler la dépression en permanence sur les chantiers réalisés en confinement dynamique.
- Mettre en place des dispositifs en cas d'incident ou d'accident entraînant une exposition anormale.
- Prévoir une procédure d'intervention des secours d'urgence en cas d'accident, intégrant la spécificité du confinement et de la décontamination.
- Pour les activités de « sous-section 3 », rédiger un plan de démolition, de retrait, ou d'encapsulation pour toute opération de retrait, de démolition, d'encapsulation. Ce plan comporte une description précise du chantier et de l'ensemble des mesures prises pour assurer la protection du personnel intervenant et de l'environnement. Son contenu est défini dans la réglementation. Il est communiqué au médecin du travail et aux instances représentatives du personnel et transmis, un mois avant la date de démarrage des travaux, à l'Inspection du travail, aux agents des services de prévention des organismes de Sécurité Sociale, à l'OPPBTB.
- Détenir une certification pour réaliser le traitement des matériaux contenant de l'amiante lors de travaux en « sous-section 3 » [118, 119].

- Pour les activités en « sous-section 4 », rédiger un mode opératoire pour les interventions susceptibles de provoquer l'émission de fibres d'amiante. Ce document précise les types d'interventions réalisées et décrit l'ensemble des mesures prises pour assurer la protection du personnel intervenant et de l'environnement. Son contenu est défini dans la réglementation. Il est soumis à l'avis du médecin du travail et des instances représentatives du personnel, et transmis à l'Inspection du travail, aux agents des services de prévention des organismes de Sécurité Sociale, à l'OPPBT [6].
- Informer, avant chaque intervention, les travailleurs sur les risques et les mesures mises en place. Une notice de poste doit être établie.
- Tenir à jour une liste des salariés exposés au risque amiante.
- Établir pour chaque salarié exposé une « fiche d'exposition » précisant la nature, la durée et les périodes d'exposition, les procédures de travail, les équipements de protection collective et individuelle utilisés et les résultats des contrôles de l'exposition individuelle au poste de travail, ainsi que la durée et l'importance des expositions accidentelles. Cette fiche doit être transmise au médecin du travail et est tenue à la disposition du salarié.
- Interdire de fumer, boire et manger sur les lieux de travail.
- Observer une hygiène corporelle très stricte.
- Assurer le suivi individuel renforcé des travailleurs.

Au point de vue médical

Tout travailleur affecté à un poste exposant à l'amiante bénéficie d'un suivi individuel renforcé de son état de santé. Ce suivi comprend un examen médical d'aptitude, effectué par le médecin du travail ou le collaborateur médecin préalablement à l'affectation sur le poste. Cet examen ainsi que son renouvellement donnent lieu à la délivrance par le médecin du travail d'un avis d'aptitude ou d'inaptitude. A l'issue de l'examen médical d'embauche, le travailleur bénéficie d'un renouvellement de cette visite, effectuée par le médecin du travail selon une périodicité qu'il détermine et qui ne peut être supérieure à quatre ans. Une visite intermédiaire est effectuée par un professionnel de santé (médecin du travail ou, sous son autorité, collaborateur médecin, interne en médecine du travail ou infirmier) au plus tard deux ans après la visite avec le médecin du travail. Le contenu de ce suivi individuel renforcé (examens complémentaires,...) est déterminé par le médecin du travail en fonction des expositions actuelles et passées, de l'état de santé du salarié et des recommandations de bonnes pratiques (articles R.4624-22 à 28 du Code du travail).

■ Lors des visites initiales et périodiques :

- **Examen clinique** : Lors de la visite initiale, rechercher des affections potentiellement dangereuses pour le salarié ou son environnement de travail, susceptibles de s'aggraver au poste, ou encore qui rendraient difficile sinon impossible le maintien au poste avec les contraintes qu'il implique (port des équipements de protection individuelle, port de charges, gestes répétitifs, travail à la chaleur...) ; seront particulièrement recherchés des antécédents respiratoires (asthme, broncho-pneumopathie chronique obstructive...) ou cancéreux, des antécédents cardio-vasculaires (insuffisance cardiaque, hypertension artérielle, angor...), psychiatriques (claustrophobie...) ; ainsi qu'un tabagisme (le cas échéant, inciter au sevrage). Lors des visites périodiques, outre les éléments sus-cités, rechercher les effets potentiels d'une exposition à l'amiante notamment des symptômes témoins de pathologies respiratoires ou cancéreuses (des poumons, de la plèvre, de la larynx, de l'ovaire,...) : toux, dyspnée, expectoration, douleur thoracique, hémoptysie...
- **Examens complémentaires** : La décision de réaliser ou prescrire des examens complémentaires revient au médecin du travail (article R. 4624-35 du Code du travail) qui l'évalue au cas par cas, notamment en fonction des antécédents du travailleur, de l'examen clinique, des expositions actuelles et passées et des co-expositions. Dans l'attente des résultats de l'expérimentation proposée par les recommandations de bonnes pratiques de 2015, le seul examen recommandé est la TDM thoracique selon les recommandations de la HAS de 2010, pour le suivi post-professionnel ou le suivi post-exposition [61, 78]. Par extension, le médecin du travail peut proposer de réaliser cette TDM thoracique selon les mêmes conditions, lorsque l'exposition est toujours en cours. La TDM thoracique, avec la périodicité proposée (tous les 5 à 10 ans selon l'exposition cumulée), ne sert qu'au dépistage des affections pleurales ou parenchymateuses bénignes liées à l'amiante. Il existe des recommandations spécifiques pour la réalisation de la TDM thoracique dans le cadre du suivi post professionnel des personnes exposées à l'amiante [120]. A ce jour, le dépistage systématique du cancer broncho-pulmonaire ou du mésothéliome n'est pas préconisé. La pratique d'une RxT n'est pas recommandée de façon systématique en l'absence de signe d'appel clinique ou de co-exposition. La pertinence de réaliser ou non une radiographie thoracique ou des explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) périodiquement doit être évaluée au cas par cas selon les expositions du salarié, l'anamnèse et l'examen clinique. La réalisation d'un bilan initial peut être discutée. L'impact psychologique que peut engendrer ces types de dépistage ou la connaissance d'une exposition antérieure à l'amiante doit être pris en compte.
- **Tracer le suivi et les expositions** : recueillir les informations sur les expositions antérieures et actuelles (amiante et autres expositions). Pour les expositions aux agents ou procédés cancérogènes antérieures au 1^{er} février 2012 : une attestation d'exposition aux Agents Chimiques dangereux (ACD) doit être remise au salarié ; dans le cadre du suivi post-professionnel : attestation d'exposition aux agents cancérogènes (article D. 461-25 du Code de la sécurité sociale) ; pour chaque travailleur exposé à l'amiante : fiches individuelles d'exposition à l'amiante établies par l'employeur, transmises par ce dernier au Service de Santé au Travail (SST) et complétées par celui-ci (art. R. 4412-120 du Code du travail).
- **Informé le salarié** sur les risques auxquels il est exposé (amiante et autres risques), les mesures de prévention à prendre (EPI, procédures de décontamination, respect des règles d'hygiène,...), le suivi en santé au travail, les dispositifs de réparation existants (maladies professionnelles liées à l'amiante, Fonds d'indemnisation des victimes de l'amiante (FIVA), cessation anticipée d'activité...).

Pour plus d'informations sur le suivi médical des travailleurs exposés ou ayant été exposés à l'amiante, consulter le TP 27 [121] dans la revue *Références en Santé au Travail* (www.rst.fr).

Conduite à tenir en cas d'urgence

- **En cas d'urgence**, en particulier sur un chantier de désamiantage, transporter la victime en dehors de la zone polluée en prenant toutes les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. En cas de gêne respiratoire, faire transférer en milieu hospitalier pour bilan des lésions, surveillance et traitement symptomatique si nécessaire.

Bibliographie

- 1 | Asbestos and other natural mineral fibres. Environmental Health Criteria n° 53. Genève : OMS ; 1986.
- 2 | Kirk-Othmer - Encyclopedia of chemical technology, 4th ed. Vol. 3. New York : John Wiley & sons ; 1992 : 659-688.
- 3 | Rendall REG - Occurrence, production, properties, and uses of asbestiform fibers. In : Liddel D, Miller K (eds). Mineral fibers and health. Boca Raton : CRC Press ; 1990 : 11-25.
- 4 | Amiante. In : Statistica (www.statistica.com).
- 5 | Effets sanitaires et identification des fragments de clivage d'amphiboles issus des matériaux de carrière. Avis de ANSES et rapport d'expertise collective. Décembre 2015 (www.anses.fr).

- 6 | Interventions d'entretien et de maintenance susceptibles d'émettre des fibres d'amiante. Guide de prévention. ED 6262, 2016, 178 p.
- 7 | Détermination de la concentration des fibres en suspension dans l'air. Méthode recommandée : la microscopie optique en contraste de phase (comptage sur membrane filtrante). Genève : OMS ; 1998.
- 8 | Particules minérales allongées. Identification des sources d'émission et proposition de protocoles de caractérisation et de mesure. Avis de l'ANSES et rapport d'expertise collective. Avril 2017 (www.anses.fr).
- 9 | Evaluation des risques relatifs au talc seul et au talc contaminé par des fibres asbestiformes et non asbestiformes – Avis de l'ANSES - Rapport d'expertise collective – février 2012.
- 10 | AFSSET (2009b). Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel : les fibres d'amiante. Evaluation des effets sur la santé et des méthodes de mesure des niveaux d'exposition sur le lieu de travail. Avis de l'ANSES et Rapport d'expertise collective.
- 11 | NF X 43-050. Qualité de l'air. Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission. Méthode indirecte. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; janvier 1996 : 42 p.
- 12 | PR NF X 43-269. Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Détermination de la concentration en nombre de fibres par microscopie optique en contraste de phase. Méthode du filtre à membrane. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2017 ou 2018 : XX p.
- 13 | Amiante. In Gestis database, 2018 (<http://limitvalue.ifa.dguv.de/>).
- 14 | Méthodes de détermination des substances dangereuses. L'amiante dans les matériaux en vrac. Échantillonnage et identification par microscopie en lumière polarisée. Traduction du document du HSE (Londres : HSE ; 1994, MDHS 77) parue dans Cahiers de Notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. 1997 ; 166 : 17-36.
- 15 | Norme ISO 14966. Air ambiant. Détermination de la concentration en nombre des particules inorganiques fibreuses. Méthode par microscopie électronique à balayage. Genève : Organisation internationale de normalisation ; 2002.
- 16 | Asgharian B, Anjilvel S (1998). A multiple-path model of fiber deposition in the rat lung. *Toxicological Sciences* 44, 80-86.
- 17 | Bernstein DM, Rogers R, Smith P (2005). The biopersistence of Canadian chrysotile asbestos following inhalation : Final results through 1 year after cessation of exposure. *Inhalation Toxicology*, 17 :1-14.
- 18 | Coin PG, Roggli VL, Brody AR. Persistence of long, thin chrysotile asbestos fibers in the lungs of rats. *Environ Health Perspect*. 1994 ;102 Suppl 5 : 197-199.
- 19 | Gualtieri AF et al. New insights into the toxicity of mineral fibres : A combined *in situ* synchrotron μ -XRD and HR-TEM study of chrysotile, crocidolite, and erionite fibres found in the tissues of Sprague-Dawley rats. *Toxicol Lett*. 2017 May 15 ;274 :20-30.
- 20 | Oberdörster G. Toxicokinetics and effects of fibrous and nonfibrous particles. *Inhalation Toxicology* 2002, 14 :29-56.
- 21 | Bernstein DM, Morscheidt C, Grirn HG, Thevenaz P, Teichert U. Evaluation of soluble fibers using the inhalation biopersistence model, a nine-fiber comparison. *Inhal. Toxicol*. 1996 ; 8 :345-385.
- 22 | Donaldson K, Murphy FA, Duffin R, Poland CA. Asbestos, carbon nanotubes and the pleural mesothelium : a review of the hypothesis regarding the role of long fibre retention in the parietal pleura, inflammation and mesothelioma. *Part Fibre Toxicol*. 2010, Mar 22 ;7 :5.
- 23 | Miserocchi G, Sancini G, Mantegazza F, Chiappino G. Translocation pathways for inhaled asbestos fibers. *Environ Health*. 2008 Jan 24 ;7 :4.
- 24 | AFSSET (2009a). Les fibres courtes et les fibres fines d'amiante. Prise en compte du critère dimensionnel pour la caractérisation des risques sanitaires liés à l'inhalation d'amiante. Avis de l'ANSES et Rapport d'expertise collective. Février 2009.
- 25 | Warheit DB, Driscoll KE, Oberdoerster G et al. Symposium overview, Contemporary issues in fiber toxicology. *Fundamental and Applied Toxicology* 25, 171-183.
- 26 | Morgan A . Deposition of inhaled asbestos and man-made mineral fibres in the respiratory tract. *Ann Occup Hyg* , 1995 39 (5), 747-758.
- 27 | Feder IS, Tischoff I, Theile A, Schmitz I, Merget R, Tannapfel A. The asbestos fibre burden in human lungs : new insights into the chrysotile debate. *European Respiratory Journal* 2017 49 : 1602534 ;
- 28 | Boulanger G, Andujar P, Pairon JC, Billon-Galland MA et al. Quantification of short and long asbestos fibers to assess asbestos exposure : a review of fiber size toxicity. *Environmental Health* 2014, 13 :59.
- 29 | Auerbach O, Conston AS, Garfinkel L, Parks VR et al. Presence of asbestos bodies in organs other than the lung. *Chest* 1980, 77 :133-137.
- 30 | Churg A, Wright JL. Persistence of natural mineral fibers in human lungs : an overview. *Environ Health Perspect* 1994 ;102 Suppl 5 :229-233.
- 31 | INSERM. Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante. Paris : Éditions Inserm ; 1997 (<http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/203>).
- 32 | IARC (2012). International Agency for Research on Cancer. Asbestos (chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite). IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2012 ; 100C : 219-309 (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/index.php>).
- 33 | Lippmann M. Toxicological and epidemiological studies on effects of airborne fibers : coherence and public health implications. *Crit Rev Toxicol*, 2014 ; 44(8) : 643-695.
- 34 | Jaurand MC, Levy F. Effets cellulaires et moléculaires de l'amiante. *Médecine/Sciences* 1999 ; 15 :1370-1378.
- 35 | Jaurand MC, Renier A, Daubriac J. Mesothelioma : Do asbestos and carbon nanotubes pose the same health risk ? *Particle and Fibre Toxicology* 2009, 6 :16.
- 36 | Nishimura Y, Maeda M, Kumagai-Takei N, Lee S et al. Altered functions of alveolar macrophages and NK cells involved in asbestos-related diseases. *Environ Health Prev Med*. 2013 May ;18(3) :198-204.
- 37 | Maki Y, Nishimura Y, Toyooka S, Soh J et al. The proliferative effects of asbestos-exposed peripheral blood mononuclear cells on mesothelial cells. *Oncology Lett*. 2016 May ;11(5) :3308-3316.
- 38 | Gavett SH et al. Persistent effects of Libby amphibole and amosite asbestos following subchronic inhalation in rats. *Part Fibre Toxicol*. 2016 ; 13 :17.
- 39 | Matsuzaki H, Kumagai-Takei N, Lee S, Maeda M et al. Search for biomarkers of asbestos exposure and asbestos-induced cancers in investigations of the immunological effects of asbestos. *Environ Health Prev Med*. 2017 ; 22 : 53.
- 40 | Bononi A, Napolitano A, Pass HI, Yang H, Carbone M. Latest developments in our understanding of the pathogenesis of mesothelioma and the design of targeted therapies. *Expert Rev Respir Med*. 2015 ; 9(5) : 633-54.

- 41 | Davis JM, Addison J, Bolton RE, Donaldson K, Jones AD, Smith T. The pathogenicity of long versus short fibre samples of amosite asbestos administered to rats by inhalation and intraperitoneal injection. *Br J Exp Pathol* 1986, 67 : 415-430.
- 42 | Davis JM, Beckett ST, Bolton RE, Collings P, Middleton AP. Mass and number of fibres in the pathogenesis of asbestos related lung disease in rats. *Br J Cancer* 1978, 37 : 673-688.
- 43 | Miller BG, Jones AD, Searl A, Buchanan D *et al.* Influence of characteristics of inhaled fibres on development of tumours in the rat lung. *Ann Occup Hyg* 1999, 43, 167-179.
- 44 | WHO 2005. Report of the World Health Organization workshop on mechanisms of fibre carcinogenesis and assessment of chrysotile asbestos substitutes. 8-12 November 2005, Lyon, France, (http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/asbestos_substitutes.pdf?ua=1).
- 45 | Huang SXL, Jaurand MC, Kamp DW, Whysner J, Hei TK. Role of mutagenicity in asbestos fiber-induced carcinogenicity and other diseases. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 2011, Part B, 14 :179-245.
- 46 | Bhattacharjee P, Paul S. Risk of occupational exposure to asbestos, silicon and arsenic on pulmonary disorders : understanding the genetic-epigenetic interplay and future prospects. *Environmental Research* 2016, 147 :425-434.
- 47 | Wagner JC, Skidmore JW, Hill RJ, Griffiths DM. Erionite exposure and mesotheliomas in rats. *Br J Cancer*. 1985, May ; 51(5) : 727-730.
- 48 | McConnell EE, Kamstrup O, Musselman R, Hesterberg T W, Chevalier J *et al.* Chronic inhalation study of size-separated rock and slag wool insulation fibres in Fischer 344/N rats. *Inhal Toxicol* 1994, 6 : 571-614.
- 49 | McConnell EE, Axten C, Hesterberg TW *et al.* Studies on the inhalation toxicology of two fibreglasses and amosite asbestos in the Syrian golden hamster. Part II. Results of chronic exposure. *Inhal Toxicol* 1999, 11 : 785-835.
- 50 | Neumann HG. Risk assessment of chemical carcinogens and thresholds. *Crit Rev Toxicol*. 2009 ; 39(6) :449-461.
- 51 | Barlow CA, Lievens L, Gross S, Ronk CJ, Paustenbach DJ. The role of genotoxicity in asbestos-induced mesothelioma : an explanation for the differences in carcinogenic potential among fiber types. *Inhal Toxicol*, 2013 ; 25(9) : 553-567.
- 52 | Haque AK, Ali I, Vrazel DM, Uchida T. Chrysotile asbestos fibers detected in the newborn pups following gavage feeding of pregnant mice. *J Toxicol Environ Health A*. 2001 Jan 12 ; 62(1) :23-31.
- 53 | Cunningham HM, Pontefract RD. Placental transfer of asbestos. *Nature*. 1974 May 10 ; 249 (453) : 177-178.
- 54 | Haque AK, Vrazel DM. Transplacental transfer of asbestos in pregnant mice. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1998 Apr ;60(4) :620-625.
- 55 | Schneider U, Maurer RR. Asbestos and embryonic development. *Teratology*. 1977 Jun ;15(3) :273-279.
- 56 | Fujitani T, Hojo M, Inomata A, Ogata A *et al.* Teratogenicity of asbestos in mice. *J Toxicol Sci*. 2014 Apr ; 39(2) : 363-370.
- 57 | Ameille J – Les différentes pathologies pleuropulmonaires liées à l'amiante : définitions, épidémiologie et évolution. *Rev Mal Respir*. 2012 ; 29 : 1035-1046.
- 58 | Desprésaux T, Clin-Godard B, Mompoin D, Prigent H, Descatha A – Maladies respiratoires non malignes liées à l'inhalation d'amiante : définition, surveillance, indemnisation. EMC – Pathologie professionnelle et de l'environnement. 2016 ; 11 (4) : 1-14.
- 59 | Letourneux M, Paris C, Pommier de Santi P, Clin B - Affections pleuropulmonaires bénignes liées à l'amiante. *Rev Mal Respir*. 2007 ; 24 : 1299-313.
- 60 | Beigelman-Aubry C, Ferretti G, Mompoin D, Ameille J *et al.* Computed tomographic atlas of benign asbestos related pathology. *Rev Mal Respir*. 2007 ;24(6) :759-81.
- 61 | Haute Autorité de Santé. Audition publique . Suivi post-professionnel après exposition à l'amiante. Texte complet. Avril 2010. 331 p.
- 62 | Rapisarda V, Ledda C, Ricceri V, Arena F *et al.* Detection of pleural plaques in workers exposed to inhalation of natural fluoro-edenite fibres. *Oncol Lett*. 2015 May ; 9(5) :2046-2052.
- 63 | Paris C – Plaques pleurales et xo-expositions à l'amiante, à la silice, aux fibres minérales artificielles et aux fibres céramiques réfractaires. *Arch Mal Prof Env*. 2016 ; 77 : 1008.
- 64 | Kopylev L, Christensen KY, Brown JS, Cooper GS - A systematic review of the association between pleural plaques and changes in lung function. *Occup Environ Med*. 2015 ; 72(8) :606-14.
- 65 | Van Cleemput J, De Raeve H, Verschakelen JA, Rombouts J *et al.* - Surface of localized pleural plaques quantitated by computed tomography scanning : no relation with cumulative asbestos exposure and no effect on lung function. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001 ; 163 (3 Pt 1) :705-10.
- 66 | Clin B, Paris C, Ameille J, Brochard P *et al.* - Do asbestos-related pleural plaques on HRCT scans cause restrictive impairment in the absence of pulmonary fibrosis ? *Thorax*. 2011 ; 66(11) :985-91.
- 67 | Pairon JC, Laurent F, Rinaldo M, Clin B *et al.* - Pleural plaques and the risk of pleural mesothelioma. *J Natl Cancer Inst*. 2013 ;105(4) :293-301.
- 68 | Pairon JC, Andujar P, Rinaldo M, Ameille J *et al.* Asbestos exposure, pleural plaques, and the risk of death from lung cancer. *Am J Respir Crit Care Med*. 2014 ;190(12) :1413-20.
- 69 | Amiante : la surveillance des expositions et de l'impact sanitaire sur la population reste nécessaire. Institut de Veille Sanitaire. Bulletin épidémiologique hebdomadaire. 2015 (3-4) : 25-74.
- 70 | Doll R, Peto J : Effects on health of exposure to asbestos, Review for the U.K. Health and Safety Executive. 1985.
- 71 | Scherpereel A - Amiante et pathologie respiratoire. Press Méd. 2016 ; 45 : 117-132.
- 72 | Baud F, Garnier R (Eds) - Toxicologie clinique. 6ème édition. Paris : Lavoisier Médecine-Sciences ; 2017 : 1654 p.
- 73 | Amiante. In Biotox 2017 (<http://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html>).
- 74 | Billon-Galland MA. Exposition markers : mineralogical analysis in the sputum and the bronchoalveolar lavage--asbestos bodies--uncoated fibres. *Rev Mal Respir*. 2012 ; 29(4) :521-8.
- 75 | Instructions pour l'utilisation de la Classification internationale du BIT des radiographies de pneumoconioses. Edition révisée 2011 / Genève. Bureau international du Travail, 2013 . Série sécurité, hygiène et médecine du travail n°22. 64 p.

- 76 | Note d'appui scientifique et technique de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relative à l'analyse de deux articles : Di Ciaula (2017) « Asbestos ingestion and gastrointestinal cancer : a possible underestimated hazard » Di Ciaula, Gennaro (2016) « Possible health risks from asbestos in drinking water ». 2017. 48 p.
- 77 | Nielsen LS, Bælum J, Rasmussen J, Dahl S *et al.* Occupational asbestos exposure and lung cancer - a systematic review of the literature. *Arch Environ Occup Health.* 2014 ; 69(4) : 191-206.
- 78 | Direction Générale du Travail, Société Française de Médecine du Travail, Société de Pneumologie de Langue Française, Société Française de Radiologie, Institut National du Cancer, Haute Autorité de Santé. Recommandations de bonne pratique. Surveillance medico-professionnelle des travailleurs exposés ou ayant été exposés à des agents cancérigènes pulmonaires. 2015. 373 p.
- 79 | Gilg Soit Ilg A, Houot M, Pilorget C - Estimation de parts de cancers attribuables à certaines expositions professionnelles en France. Utilisation des matrices emplois-expositions développées dans le cadre du programme Matgéné. Saint-Maurice : Santé publique France ; 2016. 40 p.
- 80 | Ngamwong Y, Tangamornsuksan W, Lohitnavy O, Chaikyapunapruk N *et al.* - Additive Synergism between Asbestos and Smoking in Lung Cancer Risk : A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE.* 2015 ; 10(8) : e0135798.
- 81 | El Zoghbi *et al.* - Absence of multiplicative interactions between occupational lung carcinogens and tobacco smoking : a systematic review involving asbestos, crystalline silica and diesel engine exhaust emissions. *BMC Public Health.* 2017 ; 17 :156.
- 82 | Galateau-Salle F, Churg A, Roggli V, Travis W - The 2015 World Health Organization classification of tumors of pleura : advances since the 2004 classification. *Journal of Thoracic Oncology.* 2016 : 11 (2) : 142-154.
- 83 | Chérié-Challine L., Gilg Soit Ilg A., Grange D., Bousquet P.-J. *et al.* Dispositif national de surveillance des mésothéliomes intégrant la surveillance de leurs expositions. Etat des lieux des systèmes, enjeux de surveillance et recommandations. Synthèse. Santé Publique France ; 2017, (<http://www.santepubliquefrance.fr>).
- 84 | « Le mésothéliome en 2017 : Etat des lieux et perspectives Les dernières avancées en recherche et en clinique », Synthèse. 1^{ères} Journées Francophones du Mésothéliome, 15 & 16 novembre 2017 - Créteil.
- 85 | Lacourt A, Lévêque E, Guichard E, Gilg Soit Ilg A *et al.* - Dose-time-response association between occupational asbestos exposure and pleural mesothelioma. *Occup Environ Med.* 2017 ; 74(9) : 691-697.
- 86 | Lacourt A, Leffondré K, Gramond C, Ducamp S *et al.* - Temporal patterns of occupational asbestos exposure and risk of pleural mesothelioma. *Eur Respir J.* 2012 ; 39 (6) : 1304-12.
- 87 | Boffetta P, Pira E, Romano C, Violante FS *et al.* - Response to : 'Dose-time-response association between occupational asbestos exposure and pleural mesothelioma' by Lacourt *et al.* *Occup Environ Med.* 2018 ; 75(2) : 160.
- 88 | Lagniau S, Lamote K, van Meerbeeck JP, Vermaelen KY - Biomarkers for early diagnosis of malignant mesothelioma : Do we need another moonshot ? *Oncotarget.* 2017 ; 8(32) : 53751-53762.
- 89 | Guide du parcours de soins. Mésothéliome pleural malin. HAS. 2013. 30 p.
- 90 | Peng WJ, Mi J, Jiang YH - Asbestos exposure and laryngeal cancer mortality. *Laryngoscope.* 2016 ; 126(5) : 1169-74.
- 91 | Menvielle G, Fayosé A, Radó L, Guida F *et al.* - ICARE study group. The joint effect of asbestos exposure, tobacco smoking and alcohol drinking on laryngeal cancer risk : evidence from the French population-based case-control study, ICARE. *Occup Environ Med.* 2016 ; 73(1) : 28-33.
- 92 | Pira E, Romano C, Violante FS, Farioli A *et al.* - Updated mortality study of a cohort of asbestos textile workers. *Cancer Med.* 2016 ; 5(9) : 2623-8.
- 93 | Bounin A, Charbotel B, Fervers B, Bergeret A. Professional risk factors associated with the cancer of the ovary. Literature review. *Bull Cancer.* 2014 ; 101(12) : 1089-108.
- 94 | Reid A, de Klerk N, Musk AW. Does exposure to asbestos cause ovarian cancer ? A systematic literature review and meta-analysis. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2011 ; 20(7) : 1287-95.
- 95 | Offermans NS, Vermeulen R, Burdorf A, Goldbohm RA, Keszei AP, Peters S, Kauppinen T, Kromhout H, van den Brandt PA - Occupational asbestos exposure and risk of oral cavity and pharyngeal cancer in the prospective Netherlands Cohort Study. *Scand J Work Environ Health.* 2014 Jul ; 40(4) : 420-7.
- 96 | Paris C, Thaon I, Hérin F, Clin B *et al.* - Occupational Asbestos Exposure and Incidence of Colon and Rectal Cancers in French Men : The Asbestos-Related Diseases Cohort (ARDCo-Nut). *Environ Health Perspect.* 2017 ; 125(3) : 409-415.
- 97 | Toxicological Profile for Asbestos. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2001 (www.atsdr.cdc.gov/az/a.html).
- 98 | Haque AK, Mancuso MG, Williams MG, Dodson RF - Asbestos in organs and placenta of five stillborn infants suggests transplacental transfer. *Environ Res.* 1992 ; 58(2) : 163-75.
- 99 | Haque AK, Vrazel DM, Burau KD, Cooper SP, Downs T. Is there transplacental transfer of asbestos ? A study of 40 stillborn infants. *Pediatr Pathol Lab Med.* 1996 ; 16(6) : 877-92.
- 100 | Haque AK, Vrazel DM, Uchida T - Assessment of asbestos burden in the placenta and tissue digests of stillborn infants in South Texas. *Arch Environ Contam Toxicol.* 1998 ; 35(3) : 532-8.
- 101 | G. W. GIBBS- Fibre release from asbestos garments - *Annals. occup. Hyg.* 1975, Vol. 18, pp. 143-149.
- 102 | Campagne de mesures aux fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission analytique (META). INRS, Rapport final - août 2011 (<http://www.inrs.fr/>).
- 103 | Eypert-Blaison C., Romero-Hariot A., Clerc F., Vincent R. Assessment of occupational exposure to asbestos fibers : Contribution of analytical transmission electron microscopy analysis and comparison with phase-contrast microscopy. *J Occup Environ Hyg.* 2018 Mar ; 15(3) : 263-274.
- 104 | Chazelet S., Silvente E. (2016). Synthèse de la campagne INRS pour la détermination des facteurs de protection assignés des appareils de protection respiratoire utilisés en chantier de désamiantage. Note scientifique et technique, NS341, INRS : 22 p.
- 105 | Eypert-Blaison C., Freville L., Veissiere S., Starck M.C., Clerc F., Romero-Hariot A. " Amiante : un badge pour améliorer la prévention du risque". NT 9. HST. 2014. 234 ; 46-50 (<http://www.hst.fr/>).
- 106 | Projet Carto Amiante. 1^{er} rapport CARTO. INRS, octobre 2017 (<http://www.inrs.fr/actualites/projet-carto-amiante-premier-bilan.html>).

- 107** | Romero-Hariot A., Eypert-Blaison C., Vincent R., Exposition à l'amiante chrysotile lors de travaux sur chaussée amiantée, EC13, HST n°241, Décembre 2015 : pp. 58-66.
- 108** | Travaux de retrait ou d'encapsulation de matériaux contenant de l'amiante. Guide de prévention. ED 6091. INRS, 2012 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 109** | Cahier des charges « amiante » pour les unités mobiles de décontamination (UMD). ED 6244. INRS, 2016 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 110** | Le bilan aéraulique des chantiers d'amiante. Note documentaire. ND2137. INRS, 2000 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 111** | Protection contre les fibres d'amiante : performances des vêtements de type 5 à usage unique. Brochure INRS. ED 6247. INRS, 2016 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 112** | Protection respiratoire : réaliser des essais d'ajustement. Aide-mémoire technique. ED 6273. INRS, 2016 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 113** | Exposition à l'amiante lors du traitement des déchets. Guide de prévention. ED 6028. INRS, 2013 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 114** | Commander des mesures d'amiante dans l'air à des organismes accrédités. Dépliant. ED 6171. INRS, 2014 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 115** | Décrypter un rapport d'essai de mesures d'empoussièrement en fibres d'amiante. Dépliant. ED 6172. Paris : INRS (<http://www.inrs.fr/>) .
- 116** | Amiante : recommandations pour vérifier le respect de la VLEP. NT 1. Hyg Secur Travail (HST). 2013 ; 233 : 40-45 (<http://www.hst.fr/>).
- 117** | Travaux en terrain amiantifère. Opérations de génie civil de bâtiment et de travaux publics. Guide de prévention. ED 6142. INRS, 2013 (<http://www.inrs.fr/>) .
- 118** | NF X 46-010. Travaux de traitement de l'amiante. Référentiel technique pour la certification des entreprises. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; août 2012.
- 119** | NF X 46-011. Travaux de traitement de l'amiante. Modalités d'attribution et de suivi des certificats d'entreprises. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2016.
- 120** | Protocole d'imagerie médicale. Suivi post-professionnel (SPP) des personnes exposées à l'amiante. HAS 2011. 10 p.
- 121** | TP 27. Suivi médical des travailleurs exposés ou ayant été exposés à l'amiante : le point sur les recommandations. Références en Santé au Travail. 2017 (149) : 131-139.

Auteurs

S. Binet, L. Coates, C. Eypert-Blaison, F. Marc, F. Pillière, S. Robert, A. Romero-Hariot,

Historique des révisions

1 ère édition	1982
2 ème édition (mise à jour complète)	2009
3 ème édition (mise à jour complète)	Mai 2018

A consulter : www.inrs.fr/risques/amiante/ce-qu'il-faut-retenir.html

Synthèse de l'accidentologie liées aux panneaux photovoltaïques.

Cette synthèse est constituée de 2 parties. La première se nourrit des informations contenues dans la base ARIA au 09/02/16. La seconde s'appuie sur des éléments tirés d'une recherche bibliographique dont l'objectif était de compléter sur quelques points les données de la base.

1. Analyse de l'accidentologie issue de la base ARIA

On recense dans la base ARIA 53 événements impliquant des panneaux photovoltaïques. Les accidents survenus sur des sites de fabrication de ces panneaux n'ont pas été retenus car ils ne concernaient pas le produit fini. Ces 53 cas sont tous survenus en France. Dans la grande majorité des événements (41 soit 77 %), les panneaux ne sont pas à l'origine du phénomène dangereux, mais uniquement présents. Les caractéristiques générales de cet échantillon d'étude sont précisées ci-après.

1.1. Secteurs d'activités majoritairement agricoles

Les secteurs d'activités impliqués dans ces 53 événements relèvent en très grande majorité de la culture et production animale. Le détail est présenté dans le tableau ci-dessous :

Activité	Pourcentage
Agriculture	57 %
Particuliers	17 %
Commerce, entreposage	13 %
Production d'électricité	4 %
Déchets	4 %
Autre	6 %

Plus de la moitié des accidents sont donc des incendies de bâtiments agricoles supportant des panneaux photovoltaïques (ARIA 43182, 45373, 46484, etc.).

1.2. Les incendies constituent le phénomène principal

Les phénomènes dangereux présents au cours des événements de l'étude sont :

Phénomène	Pourcentage
Incendie	100 %
Rejet de matières dangereuses / polluantes	9 %
Explosion	6 %
Autre	3 %

À noter que plusieurs phénomènes dangereux peuvent apparaître au cours d'un événement.

Des explosions sont recensées dans 3 événements (ARIA 35972, 38126 et 41087). Pour les 2 premiers, elles sont la conséquence de l'incendie (bouteilles de gaz prises dans le feu). Pour le

dernier, elle en est l'origine (explosion dans un transformateur électrique). Dans les 3 cas, elles ne sont pas liées directement aux installations de panneaux photovoltaïques.

1.3. Interventions sous tension

La présence de panneaux photovoltaïques complexifie l'intervention des pompiers. Elle induit des risques supplémentaires, au premier rang desquels l'électrisation. Ces installations possèdent 3 spécificités :

- c'est un réseau à courant continu. Il provoque des paralysies musculaires beaucoup plus facilement que le courant alternatif. Outre le risque cardiaque et respiratoire, la tétanie empêche le réflexe de lâcher le conducteur (tresse ou câble par exemple).
- elles produisent de l'énergie tant que dure la lumière du jour et le réseau en amont des onduleurs ne peut être mis hors tension.
- elles s'étendent sur de grandes surfaces constituant un ensemble de connectiques important et sensible.

Ces difficultés se retrouvent dans certains événements de l'étude.

- ARIA 37736 - feu dans un entrepôt couvert de 1000 m² de panneaux : les pompiers sont confrontés à :
 - l'absence de matériel adapté pour démonter les panneaux : le retrait des panneaux est envisagé pour limiter la propagation de l'incendie mais nécessite une dévisseuse munie d'un embout spécifique (NB : opération réalisée avec succès dans ARIA 46001) ;
 - l'impossibilité d'arrêter la production d'électricité (également dans ARIA 40204 et 42382) : les panneaux photovoltaïques sont recouverts d'une bâche pour ne plus recevoir d'énergie solaire ;
 - des difficultés d'accès à l'espace entre la toiture et les panneaux ;
 - la propagation du feu via les câbles et la couverture d'étanchéité : les tresses de fils aux isolants fondus produisent des courts-circuit générant des départs de feu sous panneau.
- ARIA 38584 - feu chez un particulier : un pompier est électrisé et brûlé aux mains après avoir donné un coup de hachette sur une installation photovoltaïque ;
- ARIA 40701 - feu d'un bâtiment agricole : impossibilité d'arroser le départ de feu sur le toit à cause du risque d'électrocution ;
- ARIA 42196 - feu sur un hangar : plusieurs difficultés opérationnelles :
 - localisation difficile de l'installation : absence de signalisation des équipements non visibles depuis le sol ;
 - absence de signalisation et de consignes dans le local technique des onduleurs ;
 - méconnaissance de l'installation par le personnel sur place, la société sinistrée louant sa toiture à une société tierce.

À noter que cette problématique se pose également après l'intervention, lors du déblaiement des lieux (ARIA 43184).

D'autres risques que l'électrisation sont également présents :

- ensevelissement suite à l'effondrement du bâtiment : notamment pour les toitures de maisons individuelles (ARIA 42440, 40204, 40791) ;
- brûlures : ARIA 42048 - 2 pompiers sont brûlés par la coulée d'aluminium consécutive à la fusion des supports des panneaux. Le métal fondu détruit les sangles des ARI puis brûle et troue la cagoule, la veste et le sur-pantalonn d'un pompier ;
- projections : ARIA 40293 - éclatement des panneaux sous l'effet de la chaleur et projection de verre.

- exposition aux fumées toxiques (ARIA 40204).
- chute de hauteur, accentuée par la pente et le caractère lisse et glissant des panneaux.

A noter toutefois que les événements récents ne font pas état de difficultés particulières pour ce type d'intervention (ARIA 41190, 41755, 42652, 45373, 45558, 45731). Ceci laisse supposer que les actions et consignes mises en place pour les intervenants (cf paragraphe 2.2.) leur permettent de mieux appréhender les risques inhérents à ce type d'intervention.

1.4. Des conséquences classiques d'incendies.

Les conséquences humaines des événements étudiés sont modérées :

- aucun décès n'est relevé ;
- 1 blessé grave (crise cardiaque d'un exploitant ARIA 45057) ;
- 12 blessés légers, dont 9 pompiers. Seuls 4 de ces blessés légers sont directement imputables aux panneaux photovoltaïques (ARIA 38584, 40204 et 42048).

Les événements relevant tous d'incendies, des conséquences matérielles sont toujours relevées.

Nature	Conséquences	Pourcentage
Internes	Dommages matériels	100 %
	Perte d'exploitation	32 %
	Chômage technique	9 %
Externes	Dommages matériels	11 %
	Perte d'exploitation	4 %
	Tiers sans abri	9 %
	Privation d'utilité (eau, électricité...)	8 %

Des conséquences sur l'environnement sont relevées dans 11 accidents ; il s'agit principalement d'atteinte à des animaux d'élevage (ARIA 37565, 42652...) ou de fumées d'incendie (celles-ci ne sont prises en compte comme pollution atmosphérique que lorsqu'elles sont significatives, ARIA 35972, 37489...). Seul un phénomène de pollution des eaux de surface, par les eaux d'extinction, est rapporté (ARIA 43053). Enfin, sur la base des informations disponibles dans ARIA, il n'est pas possible d'établir que les panneaux photovoltaïques soient directement liés à des pollutions environnementales.

1.5. Les causes et actions correctives très peu connues

Dans les 12 accidents dont l'origine est attribuée aux panneaux photovoltaïques, très peu d'informations sont disponibles concernant leurs causes. De plus, elles relèvent en général d'hypothèses. Ainsi on pourra noter :

- départ de feu lors de l'installation de panneaux photovoltaïques (ARIA 38126, 45136), dû notamment à des travaux de soudure (ARIA 40701) ;
- suspicion de défaut de pose initiant un incendie peu après la mise en service (ARIA 38176, 40204) ;
- dysfonctionnement de l'installation (ARIA 43615) dont suspicion de défaut d'isolation électrique ou thermique (ARIA 39743) ;
- défaillance dans le coffret électrique (ARIA 42247, 44519).

On peut également relever une bonne pratique : ARIA 37736 - la présence d'un mur coupe feu et

d'un panneau support résistant au feu sous la structure photovoltaïque ont permis d'éviter la propagation de l'incendie au reste du bâtiment. À la suite de cet événement, l'exploitant envisage les mesures suivantes :

- installation au niveau du faîtage d'une conduite d'eau équipée de buses, reliée au réseau de sprinkleurs, pour constituer un courant d'eau sous les panneaux (zone inaccessible) ;
- installation d'un système permettant d'occulter les panneaux et ainsi permettre de stopper la production d'électricité.

2. Éléments de retour d'expérience tirés de la bibliographie

2.1. Comportement au feu des panneaux photovoltaïques

L'INERIS et le CSTB (centre scientifique et technique du bâtiment) ont publié en décembre 2010 une étude sur le comportement au feu des modules photovoltaïques¹. Cette étude vise à approfondir les connaissances sur l'aggravation ou non du phénomène d'incendie en cas de présence de modules photovoltaïques sur un bâtiment en feu. Les conclusions des différents essais menés sont les suivants :

- l'impact toxique des émissions de fluorure d'hydrogène (HF) issues de la combustion des cellules photovoltaïques peut être considéré comme négligeable (5 ppm pour un seuil des effets irréversibles de 200 ppm) ;
- les modules photovoltaïques ne contribuent que très faiblement au développement du feu ;
- l'étanchéité combustible, placée en face inférieure de certains panneaux, ne participe que dans une faible mesure à la propagation de la flamme ;
- en revanche, la présence de cette étanchéité semble jouer un rôle significatif dans l'augmentation rapide des températures observées dans les combles ;
- il a été observé que le courant continuait de circuler, malgré la destruction d'une partie des éléments.

2.2. Interventions des secours

La direction de la sécurité civile a transmis, le 9 juin 2011², à tous les SDIS une note précisant les procédures à mettre en œuvre lors d'interventions des pompiers sur des sites équipés d'une installation photovoltaïque. Les spécificités de la conduite d'une intervention en cas d'incendie impliquant les panneaux se résument ainsi :

- informer l'ensemble des intervenants de la présence de risques électriques ;
- procéder à la coupure des énergies (disjoncteurs consommation et production) ;
- demander les moyens de renforcement, notamment une valise électro-secours ;
- réaliser un périmètre de sécurité en prenant en compte le risque de chutes diverses et de pollutions éventuelles ;
- procéder à l'extinction du feu en respectant les distances d'attaque afin d'éviter la formation d'un arc électrique : 3 m pour une lance à jet diffusé, 50 cm pour un extincteur ;
- proscrire tout contact avec les panneaux, structures ou câble en phase d'extinction ou de déblaiement ;
- si des opérations sur l'installation sont nécessaires, les réaliser de nuit ;
- contacter l'installateur pour le déblai.

Il est également indiqué que la réalisation d'un tapis de mousse sur les panneaux n'est pas une

1 « Prévention des Risques associés à l'implantation de cellules photovoltaïques sur des bâtiments industriels ou destinés à des particuliers » DRA-10-108218-13522A

2 Note d'information opérationnelle, réf : BMSPE/JM/n°2011-585

technique efficace d'occultation et qu'elle ne permet pas de stopper la production d'électricité.

2.3. Causes des départs de feu sur les panneaux

À la lecture de différentes publications disponibles sur le sujet³, plusieurs causes peuvent être identifiées comme étant à l'origine de départs de feu :

- des travaux par point chaud lors d'une maintenance ;
- un défaut de conception (sous-dimensionnement) ou de montage qui conduit à une surchauffe sur le panneau (diode, mauvais contact, câbles...) ;
- un impact de foudre peut à la fois endommager le panneau et provoquer son inflammation ;
- un arc électrique peut être provoqué par un court-circuit au niveau du panneau (vieillesse) ;
- une erreur de montage des panneaux lors de leur installation ;
- l'agression mécanique due à des conditions météorologiques extrêmes (tempête, grêle) ou à la chute d'objet (cheminée, branche d'arbre...) ;
- échauffement du câblage au niveau des connexions, points de passage (conducteur plié) ou aux points de fixations.

3 Face Au Risque n°468, déc 2010 « Installations photovoltaïques, quels risques ? », article « les installations photovoltaïques sont-elles dangereuses en cas d'incendie ? » du colonel SP Serge Koltchine

Accident**Incendie sur un chantier de désamiantage d'une usine d'incinération****N°47192 - 25/09/2015 - FRANCE - 67 - STRASBOURG***E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/47192/>

Vers 20h30, un feu se déclare dans une usine d'incinération de déchets non dangereux partiellement à l'arrêt (2 lignes sur 4) en raison de travaux de désamiantage. L'incendie concerne l'enveloppe étanche en polyane permettant le confinement, de la chaudière d'une des lignes d'incinération arrêtées. Il menace de se propager à l'autre ligne en cours de désamiantage. Les secours évacuent 30 personnes. L'accès aux foyers est difficile en raison du confinement. La vanne générale d'isolement du gaz naturel est coupée par précaution. Les pompiers maîtrisent le feu en 3 h. Un salarié est légèrement incommodé par les fumées. Le confinement de la chaudière de la première ligne touchée est détruit à 75 %. Celui de la 2^{ème} ligne en travaux l'est dans une moindre mesure. Les 2 autres lignes, restées en service, ne sont pas impactées. Les eaux d'extinction sont retenues dans la rétention.

Le démontage et les déblais se font sous combinaison étanche en raison du risque amiante.

Du personnel sous-traitant découpait les casings de la chaudière à l'aide d'un dispositif à torche à plasma. Ces opérations de découpe auraient mis le feu au confinement plastique.

Accident**Feu de déchets dangereux dans un centre d'enfouissement****N°43438 - 17/02/2013 - FRANCE - 77 - VILLEPARISIS***E38.22 - Traitement et élimination des déchets dangereux*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/43438/>

Vers 8h30, le gardien d'un centre d'enfouissement de déchets dangereux classé Seveso est alerté par une société voisine d'un dégagement de fumée dans un casier extérieur de déchets. Il répercute l'alerte vers l'opérateur d'astreinte. Le casier de 2 500 m², partiellement recouvert, contient 200 t de déchets dont de l'amiante et 44 fûts de 200 l (60 t) de poussières avec de l'arsenic (As) déposés 3 jours plus tôt. L'astreinte, qui arrive sur site à 8h45, constate des flammes de 3 à 4 m de haut et décide de contacter le cadre d'astreinte puis les pompiers, le sinistre n'étant pas maîtrisable en interne. Les secours interviennent avec 56 hommes et plusieurs engins sur un foyer de 500 m². Le brasier est attaqué avec de la mousse puis progressivement recouvert par de la terre au moyen d'engins de chantier (plus efficace dans le temps que la mousse). Une épaisse fumée grise et malodorante se dégage au voisinage, mais les mesures de toxicité en As se révèlent négatives car les fûts n'ont pas été significativement touchés (du benzène et du toluène sont détectés dans le panache de fumées à l'intérieur du site). Les mesures de polluants dans les eaux de surface autour du site ne montrent pas de risque de pollution. Le feu est éteint à 16h30 et les pompiers quittent le site.

Des enquêtes judiciaires et administratives sont effectuées pour identifier les circonstances et les causes du sinistre. L'exploitant mettra en place le coffrage de l'alvéole accidentée sans toucher à la couche de terre et lancera un programme de prélèvements et d'analyses pour étudier l'impact potentiel du sinistre sur le milieu.

Accident**Incendie dans une installation de filtration d'air.****N°35914 - 25/02/2009 - FRANCE - 17 - SAINTES***C33.17 - Réparation et maintenance d'autres équipements de transport*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/35914/>

Un feu émettant une importante fumée se déclare vers 10h15 dans un local technique d'une société ferroviaire, sur une installation de filtration d'air associée à un atelier de retrait d'amiante des wagons (voie dite "isoton"). Une trentaine d'employés est évacuée. Les pompiers éteignent l'incendie en 45 min avec 2 lances. L'atelier de désamiantage est sécurisé ; les salariés évacués en urgence de la voie "isoton" et les pompiers qui sont intervenus sont décontaminés. L'intervention des secours s'achève à 15h30. L'installation de filtration et d'aspiration d'air associé au fonctionnement de postes de soudage et à la voie "isoton", les douches de décontamination et des armoires électriques sont détruites. D'importantes réparations sont nécessaires pour la remise en état de ces équipements ; les travaux de production impactés par ces indisponibilités sont différés ou transférés vers d'autres unités. Les eaux d'extinction collectées sur le site et les déchets de l'incendie sont pris en charge par l'exploitant. Deux hypothèses sont envisagées quant à l'origine du sinistre : le transfert d'un élément chaud dans le dispositif de filtration d'air de la voie "isoton" ou l'absence de compensation du volume d'air extrait dans des conditions particulières de charge de l'installation en l'absence de dispositif de compensation adapté. Une détection incendie et éventuellement un dispositif d'extinction doivent être mis en place avant la remise en service de l'unité.

Accident**Feu de décharge sauvage****N°30534 - 29/08/2005 - FRANCE - 11 - SAINT-PAULET***E38.11 - Collecte des déchets non dangereux*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/30534/>

Un feu couvant implique 500 m³ de déchets constitués de gravats, de bois, de ferrailles et d'autres débris divers dans une décharge sauvage. Un périmètre de sécurité de 50 m est mis en place ; 6 t de munitions et d'obus sont découvertes à proximité des foyers sans y être pour autant exposées. Les gendarmes et le service de déminage sont alertés. L'incendie sera finalement circonscrit à l'aide d'un tractopelle permettant d'étouffer le sinistre par enfouissement. Une enquête est effectuée et un protocole de neutralisation et de destruction des munitions est élaboré. Par ailleurs, les autorités constatent sur le site la présence de zones de brûlage en quantité notable de déchets divers dont des plaques d'amiante et le stockage de déchets divers assimilés à des ordures ménagères non fermentescibles (ferrailles, pneus, bidon, fûts, encombrants...).

Accident**Feu de déchets dans un centre de stockage****N°30044 - 12/06/2005 - FRANCE - 60 - MOULIN-SOUS-TOUVENT***E38.11 - Collecte des déchets non dangereux*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/30044/>

Un feu dans un centre de stockage de déchets ménagers implique 1 000 m² des déchets sur une hauteur de 10 m ; selon les secours, de l'amiante et des bombes aérosols pourraient potentiellement être concernées. Un risque de propagation à un bois voisin est redouté. L'approvisionnement en eau est assuré par une noria de camions à partir d'une source à 3 km du site. L'extinction du feu est effectuée à l'aide d'engins de travaux publics (2 pelleteuses et 1 bulldozer) par recouvrement de terre de la zone sinistrée. Le risque de pollution par écoulement des eaux de ruissellement au travers des membranes endommagées semble écarté. L'intervention aura duré une dizaine d'heures.

Accident**Feu dans un bâtiment de stockage de déchets divers.****N°20640 - 26/06/2001 - FRANCE - 21 - DIJON***E38.32 - Récupération de déchets triés*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/20640/>

Dans un centre de transit de déchets industriels, un feu se déclare en début de matinée et en l'absence du personnel dans un bâtiment de 250 m² abritant divers déchets : 7 t de fûts plastiques ou métalliques vides, des plaques d'amiante-ciment, 1 t de piles alcalines et 2,4 t d'aérosols vides ou rebus de fabrication... Des aérosols exploseront sous la chaleur ; aucun éclat ne sera projeté à l'extérieur du bâtiment. Des déchets de laboratoire entreposés dans 2 armoires anti-feu ont également souffert de l'incendie ; aucun rejet toxique notable dans l'environnement ne sera observé. Le bâtiment et le stock de déchets sont détruits, mais le sinistre ne s'est pas propagé aux autres installations (bureaux, cuves de liquides inflammables et divers stockages). Les eaux d'extinction ont été contenues sur le site grâce à la pose d'un obturateur sur le réseau des eaux pluviales. Des lignes électriques 63 kV et une voie ferrée proches n'ont pas été atteintes ; la circulation des trains a cependant été interrompue par précaution durant 1 h. Plusieurs jours seront nécessaires pour établir le bilan des produits et matières disparus dans l'incendie. Une inspection des lieux révèle : un stockage d'aérosols non autorisé, des plans des réseaux et des installations non à jour, un état des stocks indisponible lors du sinistre (coupure électrique rendant impossible la lecture des fichiers informatiques).

Accident**Incendie dans une décharge de déchets industriels****N°11828 - 26/10/1997 - FRANCE - 55 - LAIMONT***E38.22 - Traitement et élimination des déchets dangereux*<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/11828/>

Dans un centre d'enfouissement technique de déchets industriels, hors période d'activité, des scories de 2e fusion du plomb enfouies 2 jours plus tôt s'enflamment spontanément sur une surface de 400 m². Le film polymère de protection est détruit. Les autres déchets (amiante de déflocage, poudre d'aluminium, piles salines en big-bags) sont affectés. L'épandage de mousse est vain ; 5 pompiers intoxiqués sont hospitalisés. La combustion dure 3 semaines. Un mois plus tard, le sol est encore à près de 300 °C. Le sinistre est dû à des réactions d'oxydo-réduction des sulfures présents dans les scories en présence de l'humidité de l'air. Des conditions de réception des déchets, de leur mise en place, de surveillance du site et d'intervention sont édictées.

	DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER	10/07/2018
	WATT Installation / BRESSUIRE (79)	Page 4 sur 4

Accident

Rupture d'attelage sur un train d'amiante.

N°3618 - 06/05/1992 - BELGIQUE - 00 - HATRIVAL

H49.20 - Transports ferroviaires de fret

<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/3618/>



A la suite d'une rupture d'attelage sur un train de marchandises, 5 wagons transportant 250 tonnes d'amiante se détachent du convoi. Ils sont percutés par un autre train de marchandises de 1 452 t tracté par deux locomotives ; 40 t d'amiante se répandent sur 200 à 300 m² de voie et dans l'atmosphère. Un périmètre de sécurité est mis en place. Du sable épandu sur l'amiante. Le tout est recouvert par une bâche et aspiré. Le trafic ferroviaire est interrompu durant une journée ; 2 blessés sont à déplorer.

Accident

Explosion dans une usine de traitement de déchets.

N°27157 - 25/05/2004 - FRANCE - 40 - MORCENX

E38.22 - Traitement et élimination des déchets dangereux

<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/27157/>



Une explosion se produit dans la lingotière d'une usine de traitement de déchets amiantés. Un contact entre un écoulement de vitrifiat en fusion et de l'eau présente anormalement dans la lingotière est à l'origine de l'explosion. Les pompiers éteignent les foyers d'incendie issus des projections de l'explosion, à quelques dizaines de mètres du lieu d'explosion. L'usine reprend une activité normale dès le lendemain. Un perçage de la busette d'écoulement du vitrifiat et un défaut de maîtrise du contenu de la charge de déchets à traiter sont à l'origine de l'accident.

Accident

Incendie dans une décharge.

N°2228 - 21/08/1990 - FRANCE - 49 - CHAMPTEUSSE-SUR-BACONNE

E38.22 - Traitement et élimination des déchets dangereux

Un incendie se déclare dans une décharge contrôlée de déchets industriels contenant des déchets d'amiante. Les pompiers appuyés par une CMIC maîtrisent le sinistre.

Accident

Dégagement d'amiante

N°9058 - 12/07/1989 - ALLEMAGNE - 00 - BERLIN (BERLIN)

C23.51 - Fabrication de ciment

Sur une installation de transport d'amiante, un sac filtrant est arraché d'un support défectueux. A cause d'un défaut électronique, le dommage n'est remarqué que 2 h plus tard. Les surfaces contaminées (dépôts d'amiante aux alentours) sont nettoyées. Un deuxième étage de filtration (filtre de sécurité) est installé.

TABLEAUX D'APR

**WATT INSTALLATION
TRANSIT DECHETS DANGEREUX ET DESAMIANTAGE
BRESSUIRE (79)**

	DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION D'EXPLOITER ANNEXE 18	06/03/2019
	WATT Installation / Transit déchets dangereux et désamiantage (79)	Page 2 sur 5

SOMMAIRE

1	ZONE DE REGROUPEMENT DECHETS DANGEREUX	3
2	INSTALLATION DE TRAITEMENT : DESAMIANTAGE	4

1 ZONE DE REGROUPEMENT DECHETS DANGEREUX

Phase/ opération	Phénomène dangereux (PhD)	Evènement redouté central	Causes	Effets	Probabilité	Intensité	Barrières de sécurité		Probabilité	Intensité	N° du PhD
							Barrières de Prévention	Barrières de Protection			
Déchargement /Chargement	Emissions fibres d'amiante	Rupture du conditionnement	Conditionnement non conforme, Mauvaise manipulation, non respect des conditions de déchargement	Santé	B	1	Double conditionnement Matériau big-bag éprouvé Personnel formé à la manutention des déchets dangereux (ADR et spécificités amiante)	Moyens de dépoussiérage et de nettoyage disponibles sur site	C	1	1
Bâtiment de stockage	Incendie	Inflammation des déchets	Déchets non conformes Non respect des consignes de sécurité (interdiction de fumer, mélange déchets incompatibles...) Source de chaleur à proximité (travaux, véhicules) Foudre Effets dominos,...	Effets thermiques Fumées toxiques	C	3	Hauteur de stockage limitée réduisant ainsi le pouvoir calorifique susceptible d'être présent en cas d'incendie Identification et traçabilité des déchets Certification AFNOR du site pour le respect des conditions de stockage Accès réglementé	Local CF Système de désenfumage Poteau incendie à moins de 100 m Extincteurs dans le bâtiment	C	2	2
		Rejet vers le milieu naturel	Eaux d'extinction incendie	Pollution sols et nappes	C	Non	-	Drainage du bâtiment vers cuve de confinement avant envoi vers réseau d'assainissement et non réseau EP/milieu naturel	C	Non	3

2 INSTALLATION DE TRAITEMENT : DESAMIANTAGE/DEPLOMBAGE

Système / Installation	Phénomène dangereux (PhD)	Evènement redouté central	Causes	Effets	Probabilité	Intensité	Barrières de sécurité		Probabilité	Intensité	N° du PhD
							Barrières de Prévention	Barrières de Protection			
Système filtration air de la salle	Incendie	Inflammation équipements/ matières combustibles	Défaillance matériel ou électrique Foudre Transfert éléments chauds dans dispositif de filtration Effets dominos...	Effets thermiques Fumée toxique	C	3	Interdiction de fumer dans les bâtiments Vérification annuelle du matériel électrique Modes opératoires (certification AFNOR) et personnel habilité	Poteau incendie à moins de 100 m du bâtiment Extincteurs Détection incendie	C	2	4
Salle de confinement	Incendie	Inflammation équipements/ matières combustibles	Défaut d'aspiration Encrassement des conduites Echauffement Défaut électrique Effets dominos,...	Effets thermiques Fumées toxiques	C	3	Interdiction de fumer dans les bâtiments Vérification annuelle du matériel électrique Modes opératoires et personnel habilité Faible pouvoir calorifique des déchets traités	Zone de traitement inférieure à 50 m² Poteau incendie à moins de 100 m du bâtiment Extincteurs Détection incendie	C	2	5
		Rejet vers le milieu naturel	Eaux d'extinction incendie	Pollution sols et nappes	C	Non	-	Drainage du bâtiment vers cuve de confinement avant envoi vers réseau d'assainissement et non réseau EP/milieu naturel	C	Non	6

Système / Installation	Phénomène dangereux (PhD)	Evènement redouté central	Causes	Effets	Probabilité	Intensité	Barrières de sécurité		Probabilité	Intensité	N° du PhD
							Barrières de Prévention	Barrières de Protection			
	Emissions de fibres d'amiante	Libération amiante hors zone de confinement	Système de filtration défectueux Panne extraction	Santé	C	2	Application Plan de Retrait ou de Confinement des matériaux contenant de l'amiante (PRC) Contrôle des débits d'aspiration Système de secours pour mise en dépression zone de confinement Maintenance régulière	Etanchéité local (paroi solide) et mise en dépression bâtiment. Moyens de dépoussiérage et de nettoyage disponibles sur site	D	1	7
Lavage matériel et personnel	Rejet dans le milieu naturel	Infiltration dans les sols ou les eaux	Non respect des modes opératoires Erreur de manipulation	Pollution sols ou milieux aqueux	C	Non	Zone dédiée au lavage matériel Système de filtration des eaux	Confinement possible des eaux potentiellement polluées	C	Non	8