



Ce projet a été cofinancé par l'Union Européenne-Fonds européen de développement régional (FEDER) dans le cadre du programme INTERREG IIIA

ANNEXE 1

Indicateurs de protection de la nappe rhénane vis-à-vis des solvants chlorés

Etude de faisabilité pour le secteur alsacien



Association pour la Protection de
la Nappe phréatique de la plaine
d'Alsace

Réalisation : APRONA

Emmanuelle SIRY, Myriam VIROT

Juin 2006

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	3
ABRÉVIATIONS	5
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	6
LISTE DES ANNEXES.....	7
PRÉAMBULE.....	8
CONTEXTE	8
1. Présentation des solvants chlorés.....	9
1.1. Les solvants chlorés : caractéristiques principales	9
1.1.1. Nature	9
1.1.2. Toxicologie.....	9
1.2. Usage et réglementation.....	10
1.2.1. Usage	11
1.2.2. Réglementation.....	11
2. Construction d'indicateurs « solvants chlorés »	15
2.1. Choix des principes d'actions.....	15
2.2. Les indicateurs d'état de la nappe.....	15
2.2.1. Choix des réseaux de mesures	15
2.2.2. Choix des indicateurs	20
2.3. Les indicateurs de pression et de réponse sur la nappe.....	21
2.3.1. Structuration des données disponibles.....	21
2.3.2. Choix des indicateurs	22
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	25
BIBLIOGRAPHIE	26
ANNEXES	

RÉSUMÉ

L'étude de faisabilité, pour le secteur alsacien, d'indicateurs relatifs à la pollution de la nappe rhénane par les solvants chlorés, a été réalisée par l'APRONA en collaboration avec le BRGM dans le cadre du projet transfrontalier « Indicateurs transfrontaliers pour la protection de la nappe dans le Fossé rhénan supérieur ». Ce projet, réalisé sous maîtrise d'ouvrage de l'APRONA, a bénéficié d'un cofinancement par l'Union européenne dans le cadre du programme INTERREG IIIA.

La pollution de la nappe rhénane par les solvants chlorés constitue, aux côtés des pesticides, des nitrates et des chlorures, une des quatre pollutions majeures mises en évidence lors des Inventaires généraux transfrontaliers réalisés tous les cinq ans par la Région Alsace. Cette pollution se caractérise par son aspect pouvant être à la fois ponctuel (sites et sols pollués de façon très localisée) mais aussi diffus (présence de solvants chlorés sur toute l'étendue de la nappe) dans les secteurs d'étude.

L'étude a visé à mettre en évidence l'état de cette pollution mais aussi l'importance des pressions polluantes et l'avancée des mesures de protection. Dans un premier temps, il s'est avéré nécessaire de caractériser les substances concernées et d'étudier la réglementation appropriée. Les solvants chlorés sont des composés organochlorés utilisés surtout comme produits de nettoyage, d'extraction et comme solvants. Ce sont des substances potentiellement dangereuses pour l'homme et pour l'environnement. Les solvants chlorés sont, en raison de leurs propriétés physico-chimiques, très mobiles dans le sous-sol et seulement très peu biodégradables dans les conditions de la nappe du Rhin supérieur. Ils constituent de ce fait une menace certaine pour les ressources en eaux souterraines.

Lors de l'Inventaire général transfrontalier réalisé en 1997 (Région Alsace, 2000 - [15]), un certain nombre de principes communs d'action transfrontaliers ont été édictés afin de diminuer la pollution de la nappe rhénane par les solvants chlorés. C'est sur la base de ces principes qu'une quarantaine d'indicateurs potentiels pour le secteur d'étude alsacien ont été définis.

L'étude de faisabilité (évaluation de la pertinence des indicateurs, disponibilité des données, etc.) a permis de retenir une douzaine d'indicateurs qui ont fait l'objet d'investigations plus avancées. La disponibilité des données constitue la contrainte principale. Ces 12 indicateurs, listés ci-dessous, seraient chiffrables grâce aux données acquises dans le cadre des Inventaires généraux transfrontaliers (maîtrise d'ouvrage Région Alsace) et grâce aux bases de données de la DRIRE, de l'AERM et de l'ADEME :

1. Pourcentage de points de mesures où la valeur de 10 µg/L est dépassée pour la somme des teneurs en trichloréthylène et en tétrachloréthylène,
2. Pourcentage de points de mesure avec des concentrations en chloroforme supérieures aux limites de quantification,
3. Pourcentage de sites pollués par les solvants chlorés,
4. Nombre d'ICPE soumises à autorisation qui utilisent des solvants chlorés et quantités stockées,
5. Pourcentage de sites pollués réhabilités ou en cours de traitement,
6. Nombre d'événements accidentels impliquant des solvants chlorés et quantités impliquées,
7. Pourcentage de sites utilisant des solvants chlorés dans un périmètre de protection de captage AEP,
8. Nombre de PME-PMI susceptibles d'utiliser des solvants chlorés de par leur activité,
9. Pourcentage ou quantité de solvants usés collectés et traités,
10. Montant des subventions accordées aux entreprises pour la collecte et le traitement des solvants chlorés usés et/ou pour l'amélioration des procédés,
11. Pourcentage de la population concernée par les déchetteries où la collecte des déchets dangereux des ménages est effective,
12. Taux d'installations classées effectuant l'auto surveillance.

Ces 12 indicateurs constituent une proposition pour le secteur alsacien. Il appartient désormais aux différents partenaires de décider de la mise en œuvre et de la mise à jour régulière de ces indicateurs.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Machbarkeitsstudie zur Belastung des Grundwassers im Oberrheingraben durch chlorierte Lösungsmittel wurde für das Gebiet im Elsass von der APRONA in Zusammenarbeit mit dem BRGM im Rahmen des grenzüberschreitenden Projektes „Grenzüberschreitende Indikatoren zum Schutz des Grundwassers im Oberrheingraben“ gemacht. Dieses Projekt unter der Leitung der APRONA wurde durch die Europäische Union im Rahmen des Programms INTERREG IIIA cofinanziert.

Die Belastung des Grundwassers durch chlorierte Kohlenwasserstoffe stellt im Oberrheingraben, neben Pflanzenschutzmitteln, Nitrat und Chlorid, eine der vier Hauptbelastungen dar, welche bei der grenzüberschreitenden Bestandsaufnahme, die alle fünf Jahre durch die Région Alsace erfolgt, aufgezeigt wurde. Charakteristisch für diese Belastung ist, dass sie punktuell (örtlich begrenzt belastete Flächen und Böden) und auch in Teilgebieten flächenhaft (Anwesenheit von chlorierten Kohlenwasserstoffen über die gesamte Ausdehnung des Grundwasserleiters) vorkommen kann.

Die Studie zielt darauf ab, den Zustand dieser Belastung aufzuzeigen, aber auch die Bedeutung Belastungsquellen für die Belastung und den Fortschritt von Schutzmaßnahmen zu zeigen. Zuerst ist es notwendig, die betroffenen Substanzen zu beschreiben und die dementsprechenden gesetzlichen Regelungen zu kennen. Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe (**LHKW**) sind Organochlorverbindungen die vorwiegend als Reinigungs-, Extraktions- und Lösungsmittel verwendet werden. Sie sind potenziell für Mensch und Umwelt gefährlich. LHKWs sind aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften im Untergrund sehr mobil und mikrobiologisch in den Milieubedingungen des Grundwassers im Oberrheingraben nur mäßig abbaubar. Es handelt sich deshalb um eine Bedrohung für die Grundwasserressource.

Bei der 1997 durchgeführten grenzüberschreitenden Bestandsaufnahme (Région Alsace, 2000 - [15]) wird eine bestimmte Anzahl von gemeinsamen, grenzüberschreitenden Handlungsprinzipien festgelegt, um die Belastung des Grundwassers im Oberrheingraben durch chlorierte Kohlenwasserstoffe zu verringern. Auf der Grundlage dieser Prinzipien wurden etwa 40 potenzielle Indikatoren für das elsässische Untersuchungsgebiet definiert.

Die Machbarkeitsstudie (Abschätzung der Treffsicherheit der Indikatoren, Verfügbarkeit von Daten, etc.) hat es ermöglicht etwa 12 Indikatoren beizubehalten, welche Gegenstand einer weiterführenden Studie waren. Die Datenverfügbarkeit stellt eine wesentliche Einschränkung dar. Die 12 nachfolgend aufgelisteten Indikatoren könnten mit Daten aus der grenzüberschreitenden Bestandsaufnahme (Projektleitung Région Alsace) und mit Daten von DRIRE, AERM und ADEME berechnet werden:

1. Prozentualer Anteil der Messstellen, bei denen die Konzentration von 10 µg/l für die Summe von Trichlorethylen und Tetrachlorethylen überschritten wird.
2. Prozentualer Anteil an Messstellen mit Konzentrationen an Chloroform oberhalb der Bestimmungsgrenze
3. Anzahl der durch chlorierte Kohlenwasserstoffe belastete Flächen
4. Anzahl der umweltgefährdenden Anlagen, die chlorierte Kohlenwasserstoffe verwenden und gelagerte Mengen
5. Prozentualer Anteil belasteter Flächen, die saniert werden oder bereits saniert worden sind
6. Zahl der Unfallereignisse mit chlorierten Kohlenwasserstoffen und betroffene Mengen
7. Prozentteil der klein- und mittelständischen Unternehmen (PME-PMI) die chlorierte Kohlenwasserstoffe in einem Trinkwasserschutzgebiet verwenden
8. Zahl der Einrichtungen, die in Verdacht stehen chlorierten Kohlenwasserstoffe zu verwenden
9. Prozentteil oder Menge an eingesammelten und behandelten verbrauchten Lösungsmitteln
10. Höhe der mit Unternehmen vereinbarten Subventionssummen für Rücknahme oder Behandlung von verwendeten und/oder zur Verbesserung der Verarbeitungsvorgänge eingesetzten chlorierten Kohlenwasserstoffe
11. Prozentteil der Bevölkerung mit Anschluss an Abfallbehandlungsanlagen mit effektiven Sondermüllsammelungen
12. Prozentteil der umweltgefährdenden Anlagen, die eine Selbstüberwachung durchführen.

Diese 12 Indikatoren stellen einen Vorschlag für das elsässische Teilgebiet dar. Es ist nun die Aufgabe der Partner über die Einrichtung und regelmäßige Aktualisierung dieser Indikatoren zu entscheiden.



ABRÉVIATIONS

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AEP	Alimentation en Eau Potable
AERM	Agence de l'Eau Rhin-Meuse
APRONA	Association pour la PROtection de la Nappe phréatique de la plaine d'Alsace
BASIAS	Base de données sur les Anciens Sites Industriels et Activités de Service
BASOL	Base de données sur les sites et sols pollués
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie
COHV	Composés Organo-Halogénés Volatils
COV	Composés Organo-Volatils
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDE	Direction Départementale de l'Equipement
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EDR	Evaluation Détaillée des Risques
ESR	Evaluation Simplifiée des Risques
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
NAF (code NAF)	Nomenclature d'Activité Française
OHV	Organo Halogénés Volatils
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PGS	Plan de Gestion des Solvants
PME	Petites et Moyennes Entreprises
PMI	Petites et Moyennes Industries
RBES	Réseau de Bassin des Eaux Souterraines
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIG	Système d'Information Géographique
SME	Schéma de Maîtrise des Emissions
VLE	Valeurs Limites d'Emissions

Substances chimiques :

CCl₄	Tétrachlorure de carbone
CO	Monoxyde de Carbone
CFC	ChloroFluoroCarbone
CO₂	Dioxyde de Carbone (gaz carbonique)
COCl₂	Chlorure de carbonyle
HCFC	Hydrochlorofluorocarbone
HCl	Acide chlorhydrique
NH₃	Ammoniac
NOx	Oxydes d'azote
PER	Tétrachloroéthylène
PVC	Polychlorure de vinyle
SO₂	Dioxyde de soufre
TRI	Trichloroéthylène
TRI111	1,1,1 Trichloroéthane



TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

<u>Figure 1</u> : Répartition des points de mesures des différents réseaux alsaciens	18
<u>Figure 2</u> : Répartition du nombre de points analysés par les réseaux (données : AERM, DRIRE, Région Alsace).....	19
<u>Figure 3</u> : Dépassements des valeurs guides de l’OMS sur le réseau ICPE (en %) (données : DRIRE).....	19

Tableaux

<u>Tableau 1</u> : Limites de potabilité relatives aux solvants chlorés selon la législation française	12
<u>Tableau 2</u> : Valeurs guides de l’OMS pour les solvants chlorés (eaux de boisson).....	13
<u>Tableau 3</u> : Principales législations sur les émissions de substances appauvrissant la couche d’ozone.....	14
<u>Tableau 4</u> : Substances OHV analysées par les différents réseaux de mesure	16
<u>Tableau 5</u> : Comparaison des réseaux « Inventaires », « RBES » et « ICPE » (☺ critère satisfaisant ; ☹ moyennement satisfaisant ; ☹ non satisfaisant)	17
<u>Tableau 6</u> : Pourcentage de points de mesure où les teneurs en trichloroéthylène et tétrachloroéthylène dépassent les valeurs guides de l’OMS	20
<u>Tableau 7</u> : Pourcentage de points de mesure où les teneurs en chloroforme et en 1,1,1-trichloroéthane dépassent les limites de quantification.....	20
<u>Tableau 8</u> : Catégories de la base de données BASOL (source : DRIRE)	21
<u>Tableau 9</u> : Classification des indicateurs de pression / réponse au regard des critères de pertinence, d’importance et de faisabilité.....	24

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Comportement des solvants chlorés dans l'environnement (sources : INERIS, INRS)

Annexe 2 : Fiche toxicologique du trichloroéthylène (source : INRS)

Annexe 3 : Principaux usages des solvants chlorés

Annexe 4 : Principaux textes réglementaires concernant les solvants chlorés

Annexe 5 : Principales rubriques de la nomenclature des ICPE concernant l'usage et la fabrication de solvants chlorés

Annexe 6 : Principaux textes fixant les limites des rejets de solvants chlorés des ICPE dans l'eau et dans l'air

Annexe 7 : Liste des indicateurs examinés (de 2002 à 2004)

Annexe 8 : Description des indicateurs d'état, de pression et de réponse « Solvants chlorés » (état d'avancement au 31.12.2004)

Annexe 9 : Inventaire des données disponibles en Alsace (état au 31.12.2004)

PRÉAMBULE

La présente étude a été réalisée en 2004 par l'APRONA dans le cadre du projet transfrontalier « Mise en place d'indicateurs de suivi des actions de protection de la nappe rhénane dans le Fossé rhénan supérieur ». Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (programme INTERREG IIIA), l'Agence de l'eau Rhin-Meuse (AERM), le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM), le Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) Baden-Württemberg, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD), la Région Alsace et le Struktur- und Genehmigungsdirektion-Süd Rheinland-Pfalz.

Ce rapport décrit la faisabilité d'indicateurs relatifs à la préservation de la qualité de la nappe rhénane vis-à-vis des pollutions liées aux solvants chlorés. Ce rapport ne concerne que la faisabilité pour le secteur alsacien.

En première partie du rapport est présentée la problématique des solvants chlorés. Dans un second temps sont décrits les indicateurs qui ont été construits et évalués dans le cadre du projet en distinguant les indicateurs d'état d'une part et les indicateurs de pression et de réponse d'autre part.

CONTEXTE

La pollution de la nappe d'Alsace par les solvants chlorés est constatée depuis les années 1970.

L'inventaire 1997 de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur (Région Alsace, 2000, [15]) a mis en évidence des dépassements de limite de potabilité en trichloroéthylène et tétrachloroéthylène sur 5,6 % des points en Alsace.

Par ailleurs, dans son bilan 2003, la DRIRE a recensé 129 sites alsaciens ayant un polluant principal identifié dans les eaux souterraines ; dans 24 % des cas, le polluant concerné est un solvant chloré.

Face à cette pollution reconnue, un certain nombre de principes d'actions ont été définis aux niveaux régional (SAGE III-Nappe-Rhin) et transfrontalier (Inventaire 1997 de la Région Alsace). C'est sur la base de ces principes d'action que s'est effectué le travail de construction d'indicateurs « solvants chlorés ».

1. Présentation des solvants chlorés

1.1. Les solvants chlorés : caractéristiques principales

1.1.1. Nature

Les solvants chlorés sont des hydrocarbures chlorés aliphatiques. Ce sont des composés organo-chlorés dérivés des hydrocarbures.

Les principaux solvants chlorés sont :

Dérivés du méthane :

- Dichlorométhane,
- Trichlorométhane ou chloroforme,
- Tétrachlorométhane ou tétrachlorure de carbone (CCl₄).

Dérivés de l'éthane :

- 1,1-dichloroéthane,
- 1,2-dichloroéthane,
- 1,1,1-trichloroéthane (TRI111).

Dérivés de l'éthylène :

- 1,1-dichloroéthylène,
- 1,2-dichloroéthylène,
- Trichloroéthylène (TRI),
- Tétrachloroéthylène (PER),
- chloroéthylène ou chlorure de vinyle : ce n'est pas un solvant à proprement parler, mais il fait partie des dérivés chlorés de l'éthylène.

Les solvants halogénés sont **très volatils** et se retrouvent donc rapidement dans l'atmosphère. Par le biais des précipitations, ils pourront **entraîner une contamination des sols, et donc des eaux**, de manière beaucoup plus diffuse (AERM, 1993, [4]).

De densité supérieure à l'eau, ils peuvent s'accumuler au fond de la nappe et malgré leur très grande volatilité, ils **ne peuvent pas s'évaporer**. Par ailleurs, leur **biodégradation est généralement très lente** dans les conditions de la nappe du Rhin supérieur. Une fois présents en grande concentration, ils **subsistent et polluent alors presque définitivement l'eau**.

En outre, les molécules de solvants chlorés sont facilement adsorbées sur les particules. Elles peuvent donc être retenues un certain temps avant d'être re-larguées, ce qui explique en partie leur **persistance**.

Le comportement des solvants chlorés dans l'environnement est détaillé dans *l'annexe 1*.

1.1.2. Toxicologie

Les solvants chlorés font partie des **substances dangereuses** définies par la DCE. Ces substances font l'objet d'une classification très stricte quant aux **risques toxicologiques et environnementaux**.

Grâce aux **fiches de données toxicologiques et environnementales** de l'INERIS d'une part (Institut National de l'Environnement industriel et des RISques ; site Internet : <http://www.ineris.fr/recherches/fiches/fiches.htm>) et de l'INRS d'autre part (Institut National de Recherche et de Sécurité ; site Internet : <http://www.inrs.fr/>), il est possible de donner les principales caractéristiques toxicologiques des solvants chlorés, comme décrit ci-dessous.

Les fiches toxicologiques tiennent compte de plusieurs classifications existantes (notamment pour les effets cancérogènes). Les caractéristiques décrites ci-dessous résultent de la directive sur l'étiquetage et la classification des substances dangereuses. Un exemple de fiche toxicologique est donné en **annexe 2**.

1.1.2.1. Effets cancérogènes

Le **chlorure de vinyle** est classé comme **substance cancérogène**.

Le **trichloroéthylène** et le **1,2-dichloroéthane** sont assimilés à des **substances cancérogènes**.

Le **chloroforme**, le **dichlorométhane**, le **tétrachloroéthylène** ou encore le **tétrachlorure de carbone** sont considérés comme préoccupants car pouvant avoir des **effets cancérogènes**.

1.1.2.2. Effets mutagènes et sur la reproduction

A l'heure actuelle, aucun solvant chloré ne répond aux conditions de classement en substance mutagène ou ayant un effet sur la reproduction.

1.1.2.3. Effets sur l'environnement

Le tétrachlorure de carbone et le 1,1,1-trichloroéthane sont considérés comme dangereux pour la couche d'ozone.

Vis-à-vis des organismes aquatiques, le **trichloroéthylène** est classé comme **nocif** et le **tétrachloroéthylène** comme **toxique**. Tous deux sont également considérés comme potentiellement **néfastes à long terme** sur l'environnement aquatique. Des précisions sur le comportement des solvants chlorés dans l'environnement sont présentées en **annexe 1**.

1.2. Usage et réglementation

Un bilan des différentes utilisations possibles des solvants chlorés a été entrepris (**annexe 3**), en renseignant entre autres le type d'activité et les rubriques ICPE concernés par l'usage de solvants chlorés. Parallèlement, une synthèse de la réglementation relative aux différentes problématiques air, eau et ICPE a été réalisée (**annexe 4**).

1.2.1. Usage

Les solvants chlorés forment un groupe de produits chimiques qui jouent un rôle crucial dans l'industrie, en raison notamment de leur **excellent pouvoir nettoyant**.

Les domaines d'utilisation des solvants chlorés sont très divers. Les **principales utilisations** sont les suivantes :

- nettoyage, dégraissage des métaux,
- nettoyage à sec,
- intermédiaires de synthèse,
- extraction par solvant,
- décapage de peinture,
- formulation des colles, adhésifs, encres et produits d'entretien,
- fabrication d'aérosols.

La consommation principale de solvants chlorés concerne le **nettoyage des pièces métalliques** dans les industries de mécanique et de traitement des métaux ainsi que dans les garages.

Les solvants chlorés (presque exclusivement le tétrachloroéthylène) sont également beaucoup utilisés pour le **nettoyage à sec**.

Les **applications chimiques** (industrie chimique, laboratoires) sont très diverses, et utilisent de grandes quantités de solvants chlorés. On note ainsi des utilisations :

- pour extraire la caféine (dichlorométhane, tétrachloroéthylène),
- comme arôme (chloroforme),
- dans la fabrication d'herbicides ou d'insecticides (dichlorométhane, trichloroéthylène),
- comme additif à l'essence (1,2-dichloroéthane).

Les solvants chlorés sont également utilisés comme décapants pour les peintures, que ce soit dans les entreprises (PME/PMI et grandes industries) ou chez les particuliers. En dehors des décapants, ils interviennent dans la composition d'autres produits de grande consommation tels que :

- les aérosols,
- les dissolvants et détachants,
- les colles et adhésifs,
- les produits d'entretien.

Ces produits sont utilisés en majorité par le grand public. On estime ainsi que près de 10 % des solvants chlorés mis sur le marché en France se retrouvent dans les produits « grand public » (soit 18 000 tonnes en 1992, décapants compris) (AERM, 1993, [4]).

1.2.2. Réglementation

La réglementation concernant les solvants chlorés est très complexe dans la mesure où elle intéresse différentes problématiques : eau, air ou ICPE.

1.2.2.1. L'eau

Dans le domaine de l'eau au niveau européen, plusieurs directives traitent du problème que représentent les composés organo-halogénés (et donc les solvants chlorés).

Ressource en eaux superficielles :

La **directive n°76/464/CEE**, qui concerne les eaux superficielles, instaure un cadre législatif permettant de traiter le problème de la pollution des eaux due à une longue **liste de substances dangereuses**. Les composés organo-halogénés ont été inscrits en **liste I sur la base de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation**.

Ressource en eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont concernées par la **directive n°80/68/CEE** qui interdit notamment tout rejet de substances de la liste I dans les eaux souterraines, sauf dans des cas très particuliers (comme par exemple, les eaux impropres à tout usage). Elles sont à l'origine de plusieurs directives filles fixant les valeurs limites des rejets des installations pour un certain nombre de substances.

Ces deux directives seront abrogées en 2013, selon les dispositions de la directive n°2000/60/CE, dite **Directive Cadre sur l'Eau (DCE)**, qui établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle fixe notamment la **liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau**. Parmi ces substances prioritaires, on trouve :

- le 1,2-dichloroéthane,
- le dichlorométhane,
- le chloroforme.

Alimentation en eau potable :

En sus des principes de base en matière de protection de la ressource en eau vis-à-vis des pollutions liées aux substances dangereuses, il existe un certain nombre de normes relatives à la **qualité des eaux destinées à la consommation humaine**.

Les normes françaises concernant l'eau potable (**Tableau 1**) sont définies à l'annexe 13-1 du **décret n°2001-1220** (transposé dans le Code de Santé Publique, articles 1321-1 et suivants) en application de la **directive européenne n°98/83/CE**.

Tableau 1 : Limites de potabilité relatives aux solvants chlorés selon la législation française

Somme (tétrachloroéthylène + trichloroéthylène)	10 µg/l
1,2-dichloroéthane	3 µg/l
Somme des trihalométhanes (dont chloroforme)	100 µg/l
Chlorure de vinyle	0,5 µg/l

L'OMS a, quant à elle, défini dans ses directives des valeurs guides pour les eaux de boisson (**Tableau 2**). Les valeurs guides sont relatives à un risque additionnel de cancer de 1 pour 100 000 pour la vie entière ou, en d'autres termes, un cas de cancer

supplémentaire pour 100 000 personnes dans une population qui consommerait pendant 70 ans, à raison de 2 litres par jour, une eau de boisson contenant la substance en question à une concentration égale à la valeur guide.

Tableau 2 : Valeurs guides de l’OMS pour les solvants chlorés (eaux de boisson)

Molécule	Valeur guide recommandée	Directives OMS concernées
Trichloroéthylène	70 µg/l	3 ^{ème} édition, 2003
Tétrachloroéthylène	40 µg/l	3 ^{ème} édition, 2003
1,1,1-trichloroéthane	2000 µg/l	2 ^{ème} édition, 1993
Dichlorométhane	20 µg/l	3 ^{ème} édition, 2003
Chloroforme	200 µg/l	2 ^{ème} édition, 1998
Tétrachlorure de carbone	4 µg/l	3 ^{ème} édition, 2003
1,2-dichloroéthane	4 µg/l	3 ^{ème} édition, 2003
1,2-dichloréthylène	50 µg/l	3 ^{ème} édition, 2003
Chlorure de vinyle	5 µg/l	2 ^{ème} édition, 1993

1.2.2.2. L’air

Certains solvants chlorés, et les COV en général, sont impliqués dans l’appauvrissement de la couche d’ozone et dans l’augmentation de l’ozone troposphérique. Cette problématique fait l’objet d’une réglementation particulière. Les deux principaux textes internationaux sont :

- Le **Protocole de Montréal (1987)**, amendé pour la dernière fois en 1999 (Pékin), relatif à des substances qui appauvrissent la couche d’ozone. Il prévoit toute une série de mesures d’interdiction, de restriction d’usage, de récupération pour un certain nombre de substances, dont le tétrachlorure de carbone et le 1,1,1-trichloroéthane. Ces dispositions concernent toutes les applications dans lesquelles ils sont utilisés (production frigorifique, climatisation, solvants, aérosols, mousses isolantes).
- Le **Protocole de Göteborg**, quant à lui, concerne la lutte contre l’acidification, l’eutrophisation et l’ozone troposphérique. Il fixe des plafonds nationaux d’émissions pour 4 polluants atmosphériques : NO_x, SO₂, composés organo volatils et NH₃.

Le **Tableau 3** détaille la réglementation européenne et française qui découle de ces textes et présente les principales mesures.

Tableau 3 : Principales législations sur les émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone

Textes internationaux	Textes européens	Principales mesures
Protocole de Montréal relatif aux substances appauvrissant la couche d'ozone	Règlement n°2037/2000	<ul style="list-style-type: none"> - Interdiction depuis 2000 de la mise sur le marché, de l'utilisation, de la production et de l'importation de tétrachlorure de carbone (CCl4) et de Trichloroéthane (TRI111). - CCl4 et TRI111 autorisés uniquement pour les utilisations essentielles (intermédiaires chimiques). - Exportation autorisée vers les Etats faisant partie du protocole de Montréal, dans la mesure où le protocole le permet et si ceci est nécessaire afin de répondre aux besoins fondamentaux ou essentiels de ces Etats.
Protocole de Göteborg	Directive n°2001/81/CE	<ul style="list-style-type: none"> - Objectifs pour la France pour les COV à l'échéance 2010 : 1 050 ktonnes (par rapport à 2 451 ktonnes en 1990). - Elaboration avant 2002 de programmes de réduction progressive des émissions.

1.2.2.3. Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

Découlant des textes évoqués précédemment, la réglementation des ICPE fixe les valeurs limites pour les rejets dans les eaux et dans l'air, et instaure un certain nombre de mesures à mettre en place par les exploitants.

◆ Nomenclature des ICPE :

Le décret du 20 mai 1953 modifié impose aux installations utilisant certaines substances une procédure de déclaration ou d'autorisation (voire de servitude), en fonction de seuils fixés pour l'usage de ces substances. Les solvants chlorés peuvent être concernés par certaines rubriques de la nomenclature, en fonction de leurs caractéristiques ou du type d'installation. Ces rubriques sont détaillées en **annexe 5**, avec les seuils de déclaration et d'autorisation. Cette liste n'est pas exhaustive. Il est intéressant de constater par exemple que les seuils de déclaration pour les pressings sont bas, et donc que peu de ces structures échappent à la déclaration.

◆ Limitation des rejets :

L'arrêté du 2 février 1998 fixe les valeurs limites de rejets dans l'eau et dans l'air des ICPE soumises à autorisation. Cet arrêté résulte de la transcription en droit français de plusieurs directives européennes. Les principales mesures de ce texte sont indiquées en **annexe 6**.

Pour les installations soumises à déclaration, il existe des arrêtés types de prescriptions générales par rubrique qui fixent les valeurs limites de rejets autorisés.

Dans tous les cas, le rejet de solvants chlorés dans les eaux souterraines est interdit.

2. Construction d'indicateurs « solvants chlorés »

Voir l'**annexe 7** pour la liste des principes d'actions et des indicateurs examinés et l'**annexe 8** pour la description des indicateurs proposés au 31.12.2004.

2.1. Choix des principes d'actions

La construction des indicateurs se base sur des principes d'actions établis à partir de l'Inventaire 1997 [15], mais également d'études régionales plus récentes telles que le SAGE Ill-Nappe-Rhin [16]. Ces principes d'actions sont les grandes lignes directrices à privilégier pour les années à venir, dans la perspective d'une meilleure protection de la nappe rhénane vis-à-vis des pollutions liées aux solvants chlorés. Les principes d'actions concernent l'état de la nappe, les pressions sur la nappe et les réponses à apporter.

Le choix des principes d'actions à prendre en compte pour la construction des indicateurs s'est fait par concertation en groupes de travail régional et transfrontalier.

2.2. Les indicateurs d'état de la nappe

2.2.1. Choix des réseaux de mesures en Alsace

La création et le calcul d'indicateurs d'état nécessitent l'utilisation d'un réseau de mesures **représentatif de l'état général** de la qualité de la nappe rhénane.

2.2.1.1. Réseaux de mesure existants en Alsace

En Alsace, trois réseaux de mesures permettent de suivre les teneurs en solvants chlorés de la nappe rhénane :

- a) **Réseau des Inventaires 1997 et 2003** de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé rhénan supérieur (Maîtrise d'ouvrage : Région Alsace ; Conduite d'opération : APRONA) :

Ces inventaires, réalisés périodiquement (tous les 5 à 6 ans env.) sur **400 points de mesures** environ pour ce qui est des solvants chlorés (secteur alsacien), permettent de dresser un diagnostic de **l'état général de la qualité de la nappe rhénane à l'échelle régionale**. Les solvants chlorés recherchés sont listés dans le tableau 4.

- b) **Réseau de bassin des eaux souterraines (RBES)** (Maîtrise d'ouvrage AERM ; Gestion : AERM, DIREN) :

Le RBES est un réseau patrimonial de mesure de la qualité des eaux souterraines dans le bassin Rhin-Meuse. Il vise à suivre la qualité intrinsèque de l'eau liée à la nature géochimique des réservoirs, ainsi que son évolution tributaire d'éventuelles pollutions. Les solvants chlorés recherchés sont listés dans le tableau 4. Le RBES comporte **41 points de mesures** dans le secteur d'étude alsacien.

- c) **Réseau de surveillance des installations classées** pour la protection de l'environnement (ICPE) dans le cadre de l'autocontrôle (Maîtrise d'ouvrage : industriels ; Gestion : DRIRE Alsace) :



A la demande de la DRIRE et de l'AERM, le BRGM Service Géologique Régional Alsace collecte chaque année les analyses chimiques des eaux souterraines effectuées par les industriels dans le cadre de l'autocontrôle des ICPE et les stocke en banque de données.

Le réseau ICPE comportait **146 points de mesures** en 2003.

Nous avons pris en considération les analyses des 10 dernières années (1993 – 2003).

Les molécules analysées étant très variables selon les installations, nous n'avons tenu compte que des molécules suivantes, seules les molécules listées dans le tableau 4 ont été prises en compte. Ce choix a été guidé par la littérature : ce sont les **principaux composés organo chlorés qui sont utilisés de façon courante dans l'industrie et l'artisanat.**

Tableau 4 : Substances OHV analysées par les différents réseaux de mesure

Substances analysées	Réseau Inventaires 1997 et 2003	Réseau RBES	Réseau ICPE
Trichloroéthylène (TRI)	X	X	X
Tétrachloroéthylène (PER)	X	X	X
1,2-dichloroéthylène	X	X	X
1,1,1-trichloroéthane (TRI111)	X	X	X
Trichlorométhane (=chloroforme)	X	X	X
Tétrachlorure de carbone	X	X	X
Dichlorométhane		X (depuis 2002)	X
1,2-dichloroéthane		X (depuis 2002)	X
chlorure de vinyle			X (peu d'analyses avant 2003)

2.2.1.2. Choix d'un réseau pertinent

Pour déterminer lequel des réseaux « Inventaire », « RBES » ou « ICPE » est le plus pertinent pour décrire l'état général de la nappe, il faut vérifier qu'ils répondent à un certain nombre de critères, tels que :

- **nombre de points de mesures des solvants chlorés** dans la **nappe rhénane**,
- **homogénéité et densité** du réseau de mesures sur l'ensemble de la nappe,
- **pérennité** des points de mesures d'une campagne d'analyse à l'autre,
- **molécules analysées** sur l'ensemble des points du réseau,
- **variabilité** des résultats d'analyses. Les résultats d'analyses, si l'on veut qu'ils représentent l'état général de la nappe, doivent avoir une variabilité limitée, c'est-à-dire que les valeurs extrêmes ne doivent pas être « sur-représentées » par rapport à l'ensemble des valeurs. Leur évolution dans le temps doit également être pertinente.

L'analyse de ces critères est synthétisée dans le **Tableau 4**.

Tableau 5 : Comparaison des réseaux « Inventaires », « RBES » et « ICPE » (😊 critère satisfaisant ; 😊 moyennement satisfaisant ; 😞 non satisfaisant)

Critères de comparaison	Réseau « Inventaire » 2003	Réseau « RBES » sept 2003	Réseau « ICPE » 2003
Nombre de points de mesures des solvants chlorés	En 1997 : 422 points. En 2003 : 423 points. 😊	Depuis 1999 : 41 points (à plus ou moins 1 point près). La conséquence directe de ce faible nombre de points est qu'un indicateur de type « % de points » basé sur le RBES admettra de fortes variations même si la variation est due à un faible nombre de points. 😞	En 2003 : 146 points 😞
Densité moyenne	1 pt / 8 km ² 😊	1 pt / 85 km ² 😊	En 2003 : 1 pt / 24 km ² 😊
Homogénéité Voir carte de la Figure 1	Réseau <u>relativement homogène</u> 😊	Réseau <u>relativement homogène</u> 😊	Réseau <u>très hétérogène</u> : points concentrés autour des ICPE ; de vastes secteurs de la plaine ne sont pas couverts. 😞
Pérennité des points	Quelques points seulement sont remplacés d'un inventaire à l'autre. 😊	Les mêmes points sont analysés chaque semestre. 😊	Le nombre de points analysés de 1993 à 2003 varie fortement (Figure 2). En effet, certains points sont abandonnés quand d'autres sont créés, ou tout simplement les résultats d'analyses ne sont pas forcément toujours communiqués. Pour les 5 dernières années (de 1999 à 2003), 38 points / 150 ont été utilisés tous les ans. 😞
Molécules analysées	Molécules citées au chap. 2.2.1.1 a) analysées sur tous les points. 😊	Molécules citées au chap. 2.2.1.1 b) analysées sur tous les points. 😊	En 2003, aucun des points de mesure du réseau ICPE n'analysait à la fois les 10 molécules citées au chap. 2.2.1.1c). En 2003, 64 points (soit 44 % des points) mesuraient le TRI, le PER, le TRI111 et le chloroforme et 99 % des points analysaient le TRI et le PER. 😞
Variabilité des résultats d'analyses	Les analyses du réseau ICPE sont très variables d'une année à l'autre (fig. 3). En outre, le réseau ICPE donne une proportion relativement importante de points de mesures à forte teneur , comme illustré par le tab. 5 . En revanche, si l'on observe le dépassement des limites de quantification (Tab .6), on remarque que le RBES et l'Inventaire mettent en évidence des pollutions diffuses non détectées par le réseau ICPE . 😊	😊	😊

RESEAUX DE MESURE ALSACIENS
ANALYSE DES SOLVANTS CHLORES EN 2003

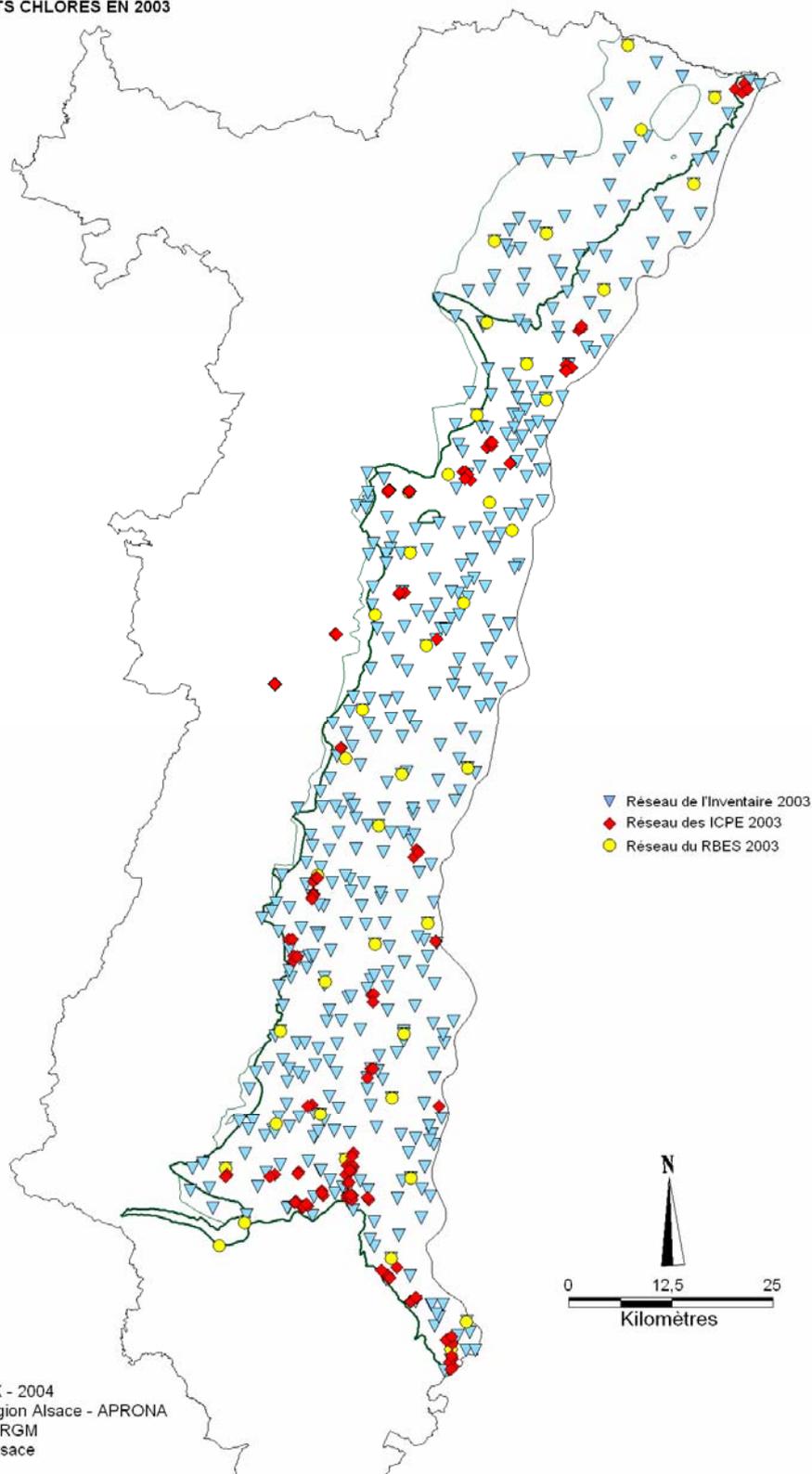


Figure 1 : Répartition des points de mesures des différents réseaux alsaciens

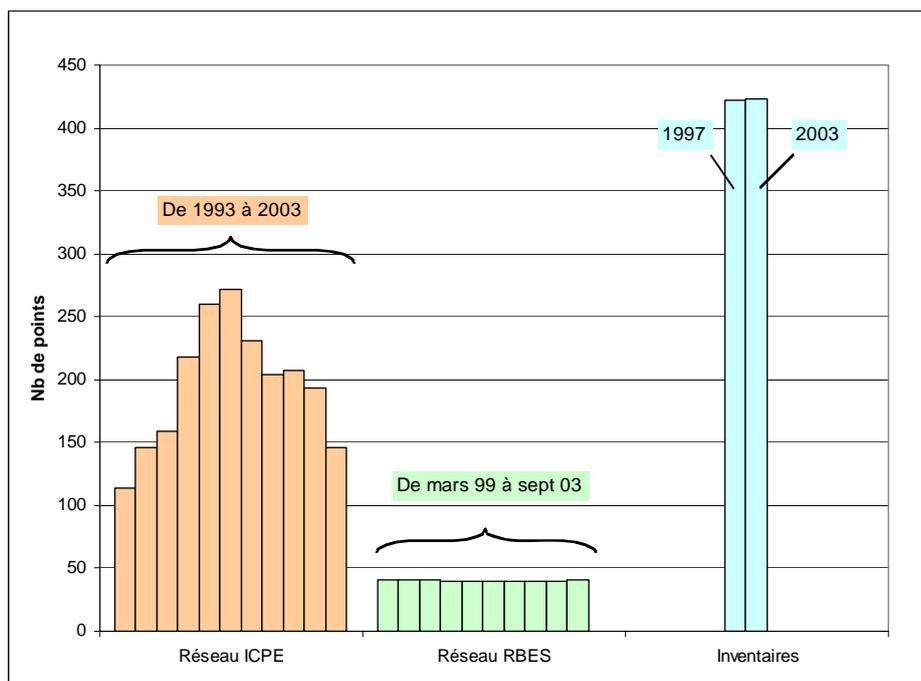


Figure 2 : Nombre de points d'échantillonnage des réseaux (données : AERM, DRIRE, Région Alsace)

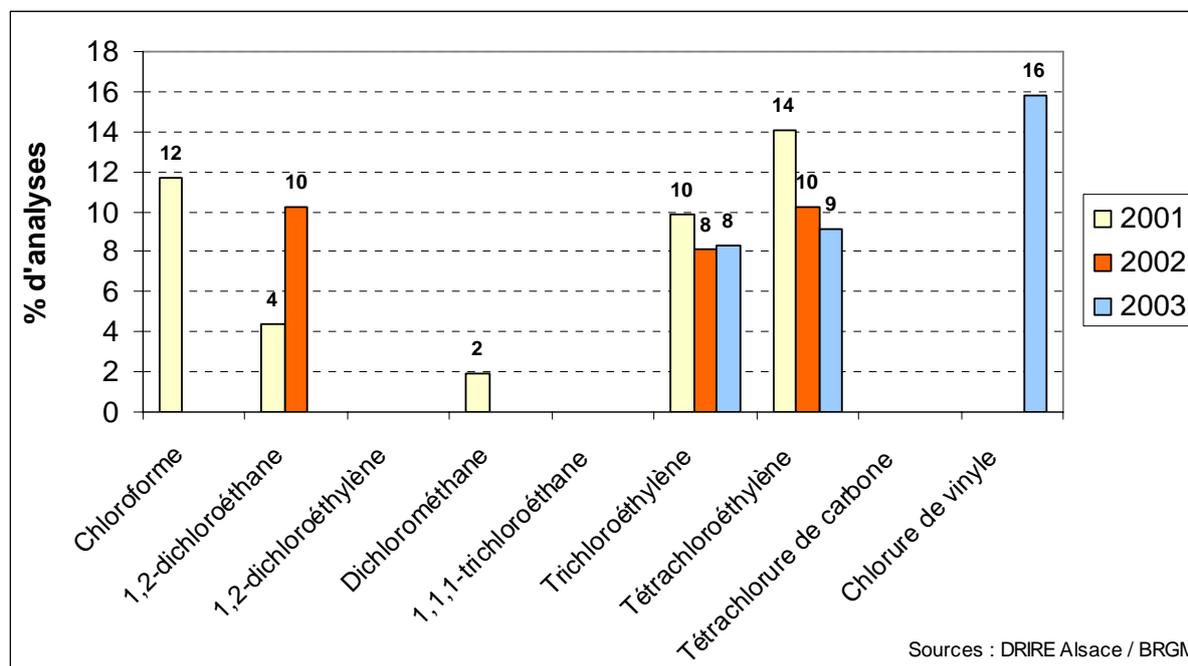


Figure 3 : Dépassements des valeurs guides de l'OMS sur le réseau ICPE (en %) (données : DRIRE)

Tableau 6 : Pourcentage de points de mesures où les teneurs en trichloroéthylène et tétrachloroéthylène dépassent les valeurs guides de l'OMS

	Réseau « ICPE » 2003	Réseau « Inventaire » 2003	Réseau « RBES » sept 2003
Trichloroéthylène (TRI)	8,3 %	0,5 %	0 %
Tétrachloroéthylène (PER)	9,1 %	0,7 %	0 %

Tableau 7: Pourcentage de points de mesure où les teneurs en chloroforme et en 1,1,1-trichloroéthane dépassent les limites de quantification

	Points Inventaire 2003	Points ICPE 2003	Points RBES sept 2003
Chloroforme	18 %	5 %	32 %
1,1,1-trichloroéthane	21 %	15 %	12 %

e) Conclusions

L'analyse des critères montre que le réseau des Inventaires de la Région Alsace apparaît comme le réseau le plus adapté pour rendre compte de l'état général de la nappe. **Le calcul des indicateurs d'état « solvants chlorés » sera basé sur ce réseau.**

Concernant le **RBES**, même si la répartition des points est homogène sur l'ensemble de la nappe, le nombre de points apparaît insuffisant pour permettre de calculer des évolutions pertinentes d'une année à l'autre.

Quant au réseau d'autocontrôle des ICPE, il reste **concentré sur la pollution des industries et des zones urbaines** et n'est donc pas représentatif d'une qualité générale : la répartition des points n'est pas assez homogène et les valeurs d'analyses effectuées sont très disparates (notamment dans les valeurs élevées). En revanche, le **réseau ICPE** pourrait être utile pour **caractériser les pressions** exercées sur la nappe, notamment par le biais des points dont les concentrations dépassent de fortes valeurs (telles que les valeurs guides de l'OMS).

2.2.2. Choix des indicateurs

Le deux indicateurs retenus en groupe de travail transfrontalier sont (voir justification et description en **annexe 8**):

Indicateur A1 : Pourcentage de points de mesures où la valeur de 10 µg/l est dépassée pour la somme des teneurs en **trichloréthylène et en tétrachloréthylène**

Indicateur A4 Pourcentage de points de mesure avec des concentrations en **chloroforme** supérieures aux limites de quantification.



2.3. Les indicateurs de pression et de réponse sur la nappe

2.3.1. Structuration des données disponibles

Cette partie présente l'état d'avancement de l'inventaire des données disponibles en Alsace pour le calcul des indicateurs potentiels. Il présente les organismes détenteurs et les données. L'inventaire des données nécessaires au calcul des indicateurs est présenté en **annexe 9**.

2.3.1.1. DRIRE

La Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) effectue, dans le cadre des missions demandées par le Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, un certain nombre de contrôles et de collectes de données qui pourraient être utilisées dans le cadre du projet. Les données utilisables sont décrites ci-dessous.

◆ Données sur les ICPE :

Une des principales pressions exercées sur la nappe est le nombre d'établissements qui utilisent des solvants chlorés. La DRIRE est en charge de l'inspection des ICPE et notamment de celles soumises à autorisation.

La DRIRE détient les dossiers d'autorisation de ces industries, qui contiennent diverses informations, notamment celles relatives aux produits utilisés et stockés, ainsi que les quantités concernées.

◆ Données sur les sites pollués : BASOL

C'est une base de données qui recense les sites et sols pollués appelant une action des pouvoirs publics en France, à titre préventif ou curatif.

L'état des sites recensés est répertorié en 4 catégories (**Tableau 8**).

Tableau 8 : Catégories de la base de données BASOL (source : DRIRE)

Nom de la catégorie dans BASOL	Descriptif sommaire
Site traité, libre de toute restriction	Ces sites ont fait l'objet d'évaluation et/ou de travaux. A leur suite, leur niveau de contamination est tel (faible) qu'il n'est pas nécessaire d'en limiter l'usage ou d'exercer une surveillance. Il est toutefois opportun de garder la mémoire de tels sites.
Site traité avec restriction	Les évaluations et/ou travaux menés sur ces sites amènent au constat d'une pollution résiduelle, compatible avec leur usage actuel mais qui nécessite des précautions particulières avant d'en changer l'usage et/ou d'effectuer certains travaux. Une surveillance de l'impact de cette pollution peut aussi être nécessaire.
Site en activité devant faire l'objet d'un diagnostic	La pollution de ces sites n'est pas avérée mais diverses raisons (nature de l'activité, accidents survenus dans le passé,..) font penser que tel pourrait être le cas. Pour prévenir une découverte fortuite de cette pollution et surtout un éventuel impact, la réalisation d'un diagnostic de l'état des sols et d'une évaluation simplifiée des risques (ESR) a été demandée par l'administration

	aux responsables de certains sites en activité. Les sites dont les investigations ne sont pas achevées sont répertoriés dans cette catégorie. Lorsque les investigations sont achevées et n'ont pas mis de pollution en évidence, le site est retiré de BASOL.
Site en cours d'évaluation ou de travaux	La pollution de ces sites est avérée et a entraîné l'engagement d'actions de la part de ses responsables.

BASOL est mise à jour de façon continue. Elle est disponible sur Internet (<http://basol.environnement.gouv.fr/>), ainsi que sous forme de base de données MS ACCESS communicable par la DRIRE.

◆ **Données sur les déchets :**

Les déchets peuvent être une source de pollution diffuse importante s'ils ne sont pas gérés de façon rigoureuse.

Les industries qui produisent plus de 100 tonnes de déchets dangereux par an sont soumises à des contrôles. La DRIRE collecte les informations concernant ces déchets, et notamment les tonnages et leur devenir.

◆ **Données sur les inspections des ICPE :**

Chaque année, un certain nombre d'ICPE sont contrôlées par les inspecteurs de la DRIRE. La DRIRE peut donc fournir le nombre d'inspections ayant concerné des ICPE utilisant des solvants chlorés.

2.3.1.2. AERM et ADEME

Les données de l'AERM et de l'ADEME susceptibles d'intéresser le projet concernent essentiellement la thématique des **déchets, tant au niveau des industriels que des particuliers.**

2.3.1.3. Chambre de Consommation d'Alsace

La Chambre de Consommation d'Alsace peut potentiellement fournir des données, notamment concernant les déchets dangereux des ménages.

2.3.2. Choix des indicateurs

L'APRONA, en concertation avec le BRGM, a défini des indicateurs potentiels sur la base des principes d'action issus du rapport d'Inventaire 1997 [15] et du SAGE III-nappe-Rhin [16]. Une recherche a ensuite été menée concernant les données existantes, les organismes détenteurs de ces données et la réglementation en vigueur.

Suite à ces recherches, les indicateurs peu pertinents par rapport à l'objectif de réduction de la pollution de la nappe et/ou non renseignables (données indisponibles) ont été écartés. **Dix indicateurs** ont été retenus (**tab. 8**). Ces indicateurs ont été hiérarchisés selon un système de notation basé sur les trois critères suivants :

- **pertinence de l'indicateur** par rapport à l'objectif de lutte contre la pollution de la nappe rhénane par les solvants chlorés,

- **importance de la thématique soulevée par l'indicateur** vis-à-vis de la pollution des eaux souterraines par les solvants chlorés,
- **faisabilité de l'indicateur** (disponibilité des données).

Le résultat est disponible dans le **tab. 8**.

Chaque critère est noté de 1 à 4 (1 : défavorable, 2 : plutôt défavorable, 3 : plutôt favorable et 4 : favorable). La note finale résulte de l'addition des trois notes de critère. Cette classification pourrait être affinée par l'ajout de critères supplémentaires.

Les trois indicateurs les mieux notés sont :

- **A5 : % de sites pollués par les solvants chlorés par rapport au nombre total de sites recensés**
- **B2 : Nombre d'ICPE soumises à autorisation utilisant des solvants chlorés et quantités stockées**
- **E1 : % de sites pollués réhabilités ou en cours de traitement de leurs eaux et/ou de leurs sols**

L'annexe 8 présente les dix fiches descriptives des indicateurs du **tab. 8** et leur méthode de calcul. Les fiches ne sont pas toujours complètes. Elles visent à fournir un certain nombre d'indications nécessaires à la poursuite de la construction des indicateurs, une fois que les partenaires auront décidé de la suite à donner. Associé à ces fiches et aux règles de calcul, le tableau d'accès aux données de **l'annexe 9** permet de décrire les données utilisées disponibles.

Tableau 9: Classification des indicateurs de pression / réponse au regard des critères de pertinence, d'importance et de faisabilité

N° indicateur	Intitulé de l'indicateur	Pertinence	Importance	Faisabilité	TOTAL sur 12	Rang
A5	Pourcentage de sites pollués par les solvants chlorés par rapport au nombre total de sites recensés	4	4	4	12	1
B2	Nombre d'ICPE soumises à autorisation utilisant des solvants chlorés et quantités stockées	3	4	3	10	2
E1	Pourcentage de sites pollués réhabilités ou en cours de traitement de leurs eaux et/ou de leurs sols	4	4	2	9	3
H1	Nombre d' événements accidentels impliquant des solvants chlorés (accidents industriels, accidents de la route, etc.) et quantités impliquées	4	1	3	8	4
I1	Pourcentage de sites utilisant des solvants chlorés dans un périmètre de protection des captages AEP	4	1	3	8	5
D2	Taux d'installations classées effectuant l'auto surveillance	2	2	4	8	10
B3	Nombre de PME-PMI susceptibles d'utiliser des solvants chlorés de par leur activité et répartition par branche d'activité	2	2	2	6	6
C2	Pourcentage ou quantité de solvants usés collectés et traités (incinération ou régénération) par la filière adaptée	3	2	1	6	7
C4	Montant des subventions accordées aux entreprises pour la collecte et le traitement des solvants chlorés usés et/ou pour l'amélioration des process	2	3	1	6	8
G1	Pourcentage de la population concernée par les déchetteries où la collecte des déchets dangereux des ménages est effective	3	2	1	6	9

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude de faisabilité réalisée par l'APRONA montre qu'il est possible en Alsace de construire et de renseigner des indicateurs de suivi de l'état, des pressions et des réponses relatives à la lutte contre la pollution de la nappe rhénane par les solvants chlorés. Ce travail est rendu possible en particulier grâce à l'existence de la base de données BASOL de la DRIRE.

Dix indicateurs ont fait l'objet d'investigations relativement poussées pour le secteur alsacien. La présente étude constitue un **état intermédiaire de construction des indicateurs**. La mise en place d'indicateurs « solvants chlorés » nécessite de poursuivre la démarche, au niveau régional et / ou au niveau transfrontalier.

Dans le cadre du projet INTERREG « Indicateurs », les partenaires suisses et allemands consultés n'ont pas jugé possible ou pertinent de mener une étude de faisabilité pour les secteurs d'étude les concernant. La construction des indicateurs a donc été interrompue sur décision du comité technique transfrontalier du projet en février 2005.

Les principales étapes de travail nécessaires à la poursuite de la mise en place d'indicateurs « solvants chlorés » sont listées ci-dessous :

- 1) **Constitution d'un groupe de travail** composé de spécialistes de la qualité des eaux souterraines et des pressions liées aux solvants chlorés (pour l'Alsace : DRIRE, BRGM, AERM, Région Alsace, DIREN, APRONA...). Ce groupe de travail aura pour mission de valider les différentes étapes de construction des indicateurs.
- 2) **Prise de position** du groupe de travail sur les indicateurs proposés : **choix d'un ou plusieurs indicateurs**, émission d'autres propositions...
- 3) Pour les indicateurs qui auront été retenus, il s'agira ensuite **d'acquérir les données nécessaires** et de **calculer les indicateurs** sur une période relativement longue permettant d'appréhender l'évolution au cours des années précédentes.
- 4) Validation par le GT des **résultats de calcul et de leur interprétation**.
- 5) le cas échéant, choix par le GT de **valeurs de référence** (objectif de l'indicateur, seuil d'alerte).
- 6) Sur la base de plusieurs indicateurs pour lesquels il existe des valeurs de référence, un **tableau de bord** permettant d'agrégier les indicateurs pourra être construit.

Il appartient désormais aux partenaires de décider de la poursuite des investigations, tant au niveau régional qu'au niveau transfrontalier.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

- [1] Académie des Sciences (2000) – **Pollution localisée des sols et sous-sols** par les hydrocarbures et par les solvants chlorés – Rapport n°44, 417 p.
- [2] ADEME, CETIM, MEDD, Fédération des Industries mécaniques, Fédération de la Plasturgie (2004) - Guide de rédaction d'un **schéma de maîtrise des émissions des COV** – Secteurs de la mécanique, de la plasturgie (peinture et vernis), de l'électricité et de l'électronique
- [3] Agences de l'Eau, Ministère de l'Environnement (2000) – **Déchets toxiques produits en petite quantité** – Etude inter-agence n°79, 95 p.
- [4] Agences de l'Eau, Ministère de l'Environnement (1993) – Etude qualitative et quantitative des **sources diffuses de solvants chlorés** – Etude inter-agence n°10, 60 p.
- [5] Chabart M. (2003) – **Suivi de la qualité des eaux souterraines en aval des installations classées situées en Alsace** (67 et 68). Contrôles 2001 et 2002 – Rapport BRGM/RP-52387-FR, 40 p., 1 CD-ROM.
- [6] DRIRE Alsace (2004) – **Bilan de l'année 2003** – L'industrie et l'environnement en Alsace
- [7] **INERIS** (Institut National de l'Environnement industriel et des Risques) : **fiches de données toxicologiques et environnementales** des substances chimiques de :
- Tétrachlorure de carbone, 44 p., juin 2003
 - Trichloroéthylène, 56 p., déc. 2003
 - Tétrachloroéthylène, 42 p., déc. 2003
 - Chlorure de méthylène, 52 p., sept. 2003
 - 1,2-Dichloroéthane, 43 p., déc. 2003
 - 1,2-dichloroéthylène, 33 p., nov. 2003
 - Chloroforme, 44 p., déc. 2003
 - Chlorure de vinyle, 39 p., juin 2001
- [8] **INRS** (Institut National de Recherche et de Sécurité) : **fiches toxicologiques** de :
- Tétrachlorométhane, fiche n°8, 4 p., 1997
 - Trichloroéthylène, fiche n°22, 8 p., 2002
 - 1,1,1-Trichloroéthane, fiche n°26, 4 p., 1997
 - Tétrachloroéthylène, fiche n°29, 4 p., 1997
 - Dichlorométhane, fiche n°34, 4 p., 1997
 - 1,2-Dichloroéthane, fiche n°54, 4 p., 1997
 - 1,2-Dichloroéthylène, fiche n°79, 4 p., 1997
 - Trichlorométhane, fiche n°82, 4 p., 1992
 - Chloroéthylène, fiche n°184, 6 p., 2000
- [9] Karg F. (1999) – **Sites contaminés par les solvants chlorés** ; Approches technologiques en lien avec les métabolites toxiques – Environnement et Technique n°192, déc 1999, pp 42 - 48
- [10] Meurer T. (2002) – **Audit et dépollution des sols et des eaux souterraines** pollués par des solvants chlorés – Mémoire de stage, DESS Sciences de l'Environnement, Université Louis Pasteur Strasbourg, 90 p.
- [11] Nowak C., Mossmann J.-R., Saada A. (2002) – **Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle** : mécanismes et mise en œuvre – Rapport BRGM/RP-51960-FR, 97 p.
- [12] **OMS** (1993) – **Guidelines for drinking water quality**, 2nd édition, volume 1 : Recommendations
- [13] **OMS** (1998) – **Guidelines for drinking water quality**, 2nd édition, Addendum to volume 1 : Recommendations

[14] **OMS (2003) – Guidelines for drinking water quality**, 3rd edition

[15] **Région Alsace (2000) – Inventaire transfrontalier de la qualité des eaux souterraines** dans la vallée du Rhin supérieur 1996/1997

[16] **Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Ill-Nappe-Rhin**, arrêté préfectoral du 17.01.2005

Sites Internet :

Les bases de données :

- Base de données **BASOL** (sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics) : <http://basol.environnement.gouv.fr/>
- Base de données **BASIAS** (Inventaire d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service) : <http://basias.brgm.fr/>
- Base de données **ARIA** (Inventaire des accidents technologiques et industriels) : <http://aria.ecologie.gouv.fr/index2.html>
- Portail sites et sols (potentiellement) pollués ou radio-contaminés : <http://www.fasp.info/>

Les détenteurs de données :

- Le site de l'ADEME Alsace : <http://www.ademe.fr/alsace/>
- Le site de l'AERM : <http://www.eau-rhin-meuse.fr/>
- Le site de la DRIRE Alsace : <http://www.alsace.drire.gouv.fr/>
- Le site de l'INERIS : <http://aida.ineris.fr/>
- Le site de l'INRS : <http://www.inrs.fr/>
- Le site de l'INERIS : <http://www.ineris.fr/>
- Le site de la CCA : <http://www.cca.asso.fr/>

Aspects juridiques :

- Droit de l'Union européenne : <http://europa.eu.int/eur-lex/fr/index.html>
- Service public de la diffusion du droit : <http://www.legifrance.gouv.fr/>



ANNEXES



Annexe 1 : Comportement des solvants chlorés dans l'environnement (sources : INERIS, INRS)

Nom	Etat	Comportement dans l'environnement	Biodégradation dans les eaux souterraines
Tétrachloroéthylène	Liquide	Solubilité dans l'eau : pratiquement insoluble (0,015 g dans 150 g d'eau à 25°C), plus fluide et plus dense que l'eau. En cas de pollution du sous-sol, une grande partie du polluant peut se volatiliser ou se retrouver dans l'air du sol. Mobilité dans les sols : s'adsorbe en quantité négligeable dans les sols, il est donc assez mobile dans les sols et gagne facilement les eaux souterraines. Volatilité : se volatilise rapidement dans l'atmosphère depuis les eaux de surface.	Suivant les conditions (biotiques ou abiotiques, aérobie ou anaérobie), les voies de dégradation dans les eaux se font de manière plus ou moins lentes, et par des "chemins" plus ou moins détournés. Néanmoins, de manière générale, les voies de dégradation se font par disparition d'un atome de chlore dans la famille des solvants chlorés (dérivés de l'éthylène, de l'éthane, du méthane). Par exemple, la dégradation du tétrachloroéthylène donnera : trichloroéthylène, 1,2-dichloroéthylène, chlorure de vinyle, éthylène.
1,2-dichloroéthane	Liquide	Solubilité dans l'eau : Très peu soluble (0,8 % en poids à 20°C). Mobilité dans les sols : très mobile dans tout type de sols. Cependant, de faibles relargages vont s'évaporer, tandis que de plus forts relargages seront lixiviés vers la nappe. Volatilité : très volatile tant en produit pur qu'en solution aqueuse.	
Trichloroéthylène	Liquide	Solubilité dans l'eau : Pratiquement insoluble (0,1 g /100 ml d'eau à 20°C). Mobilité dans les sols : mobile dans le sol. S'accumule dans la partie souterraine du sol et peu passer dans l'eau souterraine. Volatilité : se volatilise rapidement à partir de l'eau du sol.	
1,1,1-trichloroéthane	Liquide	Solubilité dans l'eau : Pratiquement insoluble (0,095 g dans 100 g d'eau à 20°C). Volatil.	
Dichlorométhane =chlorure de méthylène	Liquide	Solubilité dans l'eau : Peu soluble (1,32 g dans 100 g d'eau à 20°C). Se volatilise rapidement à partir de l'eau de surface. Mobilité dans les sols : mobilité très importante ; entraîné vers les eaux souterraines par lixiviation. Volatilité : uniquement sous forme de vapeur lorsqu'il est présent dans l'atmosphère.	
Trichlorométhane =chloroforme	Liquide	Solubilité dans l'eau : Très peu soluble (0,8 % en poids à 20°C). Mobilité dans les sols : très mobile dans le sol ; peu atteindre l'eau souterraine par lixiviation. Volatilité : S'évapore facilement en milieu aqueux ou à partir du sol.	
Tétrachlorométhane =Tétrachlorure de carbone	Liquide	Solubilité dans l'eau : Très peu soluble (0,8 % en poids à 20°C). Ne s'adsorbe pas sur les matières en suspension. Se volatilise rapidement à partir de l'eau de surface. Mobilité dans les sols : mobilité forte. -Volatilité : uniquement sous forme de vapeur lorsqu'il est présent dans l'atmosphère. Substance volatile qui se retrouvera donc préférentiellement dans l'atmosphère.	
1,2-dichloroéthylène	Liquide	Solubilité dans l'eau : Peu soluble (3,5 g/l pour l'isomère <i>cis</i> , 6,4 g/l pour le <i>trans</i>). Volatilité : très volatil.	
Chloroéthylène =Chlorure de vinyle	Gazeux	Solubilité dans l'eau : légèrement soluble (0,11 % en poids à 25°C). Mobilité dans les sols : très mobile. Il a tendance à s'adsorber très lentement et à s'accumuler dans la partie souterraine du sol ; il peut atteindre l'eau souterraine par lixiviation. Volatilité : s'évapore facilement depuis la surface de l'eau ou du sol.	

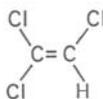


Annexe 2

Fiche toxicologique du trichloroéthylène (source : INRS)

Trichloroéthylène

Fiche établie par les services techniques et médicaux de l'INRS
(N. Bonnard, M.T. Brondeau, D. Jargot, D. Lafon, J.C. Protois, O. Schneider, P. Serre)



Numéro CAS

N° 79-01-6

Numéro CE (EINECS)

N° 201-167-4

Numéro Index

N° 602-027-00-9

Synonymes

Trichloroéthène
Trichlorure d'éthylène



T - Toxique

TRICHLOROÉTHYLÈNE

- R 45 - Peut causer le cancer.
R 36/38 - Irritant pour les yeux et la peau.
R 67 - L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges.
R52/53 - Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
S 45 - En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
S 53 - Éviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation.
S 61 - Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

201-167-4 - Etiquetage CE.

Caractéristiques

Utilisations

- Dégraissage (en phase vapeur) des métaux.
- Intermédiaire de synthèse.

Propriétés physiques [1 à 9]

Le trichloroéthylène est un liquide incolore, d'odeur douce rappelant celle du chloroforme et détectable dès 50 à 100 ppm de substance dans l'air (avec risque de fatigue olfactive rapide).

Il est pratiquement insoluble dans l'eau (0,1 g/100 ml d'eau à 20°C) mais miscible avec la plupart des solvants organiques (acétone, éthanol, éther diéthylique, chloroforme, sulfure de carbone,...). Il est complètement miscible à l'acide acétique glacial.

En outre, c'est un excellent solvant pour un nombre important de substances synthétiques ou naturelles (graisses, cires et résines en particulier).

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes :

Masse molaire : 131,4
Point de fusion : - 87 à - 84,7 °C selon les sources
Point d'ébullition : 87 °C à la pression atmosphérique
Densité : 1,46
Densité de vapeur (air = 1) : 4,5
Tension de vapeur : 8,6 kPa à 20 °C
9,08 kPa à 25 °C
59 kPa à 70 °C

Température d'auto-inflammation : 410 °C
Limites d'explosivité (% volumique dans l'air) :
Limite inférieure : 8
Limite supérieure : 90 à 25 °C

A 25 °C et 101,3 kPa, 1 mg/m³ = 0,18 ppm

Propriétés chimiques [1,3,5,6,8,9]

Le trichloroéthylène commercial est généralement stabilisé par de petites quantités d'additifs (souvent moins de 2% d'un mélange d'amines, époxydes, dérivés du pyrrole, etc.).

C'est un produit stable dans les conditions normales d'utilisation. Toutefois il se décompose lentement, lorsqu'il est exposé non stabilisé (et en présence d'humidité) à l'air, la lumière ou la chaleur en donnant naissance à des produits acides et corrosifs (acide chlorhydrique par exemple).

Par contact avec des bases fortes (soude, potasse), le trichloroéthylène libère du dichloroacétylène, composé nocif et explosif.

Il réagit violemment avec les poudres métalliques (telles que l'aluminium, le magnésium, le titane, le baryum). Le dégraissage des pièces en alliages ou métaux légers (en présence de copeaux ou de poussières) ne pourra donc se faire qu'avec du trichloroéthylène spécialement stabilisé.

Il se décompose au contact de surfaces chaudes ou de flammes en donnant naissance à du phosgène très toxique et de l'acide chlorhydrique corrosif. Attention à ne pas utiliser

le trichloroéthylène à proximité des postes de soudage à l'arc par exemple.

La réaction avec des oxydants forts (tels que N_2O_4) est également violente.

Récipients de stockage [5, 8]

Le stockage du trichloroéthylène s'effectue dans des récipients en acier ou acier inoxydable.

L'utilisation de l'aluminium et de ses alliages, du fer galvanisé et des matières plastiques (en dehors des polymères fluorés) est déconseillée.

Le verre teinté est utilisable pour de petites quantités. Dans ce cas, les récipients seront protégés par une enveloppe métallique plus résistante, convenablement ajustée.

Méthodes de détection et de détermination dans l'air [22, 23]

- **Tubes détecteurs colorimétriques Draeger, MSA, Gastec :**

- à réponse instantanée,
- longue durée,
- à diffusion rapide.

- **Appareils à lecture directe :**

- chromatographes portables,
- détecteurs à photoionisation,
- détecteurs infra-rouge.

- **Méthodes de prélèvement à analyse différée :**

- prélèvement par pompage de l'atmosphère sur tube de charbon actif ou prélèvement passif sur badge ; désorption par solvant, analyse par chromatographie en phase gazeuse, détection par ionisation de flamme.

Risques

Risques d'incendie [2,3,8,9]

Le trichloroéthylène peut être considéré comme ininflammable et inexplosible dans les conditions normales d'utilisation.

En cas d'incendie, les agents d'extinction préconisés sont les suivants : poudre chimique, neige carbonique, mousse, brouillard d'eau.

En raison de la toxicité des produits émis lors de la combustion du trichloroéthylène, les intervenants, qualifiés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire isolants autonomes.

Refroidir par un brouillard d'eau les fûts exposés ou ayant été exposés au feu.

Pathologie-Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme [9 à 11]

Le trichloroéthylène est rapidement et intensivement absorbé par toutes les voies d'exposition. Après absorption, il est largement réparti dans l'organisme, en particulier dans les tissus adipeux, sans rétention prolongée. Il est soit éliminé, inchangé, dans l'air expiré soit métabolisé, de façon similaire dans toutes les espèces, avec des différences de saturabilité enzymatique, puis éliminé dans les urines.

Absorption

Chez l'animal, le trichloroéthylène est fortement et rapidement absorbé par les poumons ; l'équilibre sanguin est atteint après 30 min, à environ 70 % de la dose chez le rat et 40 à 54 % chez la souris. Le pourcentage d'absorption pulmonaire est fonction de la durée d'exposition et de la dose (jusqu'à 3 000 ppm chez le rat et 7 000 ppm chez la souris).

L'absorption gastrointestinale est rapide et atteint 90% de la dose, mais elle peut être influencée par la nourriture et le véhicule d'exposition.

L'absorption cutanée de vapeur est négligeable ; l'absorption de liquide, pur ou dilué, déposé sur la peau est plus importante. Le taux d'absorption est d'environ 8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ chez la souris et 5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ chez le cobaye. Le pic sanguin est atteint en 30 min.

Chez l'homme, l'absorption pulmonaire est initialement très rapide et l'équilibre sanguin est atteint après environ 2 h. La dose absorbée (30 à 80 %) est proportionnelle à la concentration inhalée, à la durée de l'exposition et au taux de ventilation alvéolaire ; elle augmente avec l'exercice physique et est approximativement doublée si on passe du repos à un travail d'une intensité de 50 W. L'absorption gastrointestinale est rapide et importante ; la mesure de l'absorption cutanée est compliquée par le fait que le trichloroéthylène est un solvant lipophile qui dégraisse la peau et attaque le stratum corneum, augmentant sa propre absorption.

Distribution

Après absorption, le trichloroéthylène est largement distribué dans l'organisme de l'animal ou de l'homme par la circulation sanguine ; il passe les barrières méningée et placentaire. Les concentrations les plus importantes sont retrouvées dans le tissu adipeux, suite à sa forte liposolubilité, le foie, les bronches et les reins.

Chez le fœtus de souris, le trichloroéthylène est détecté 1 h après exposition de la mère, à un taux inférieur à celui du sang maternel. Aux stades précoces de la gestation (11^e jour), le trichloroéthylène se distribue dans tout l'organisme, aux 15^e-18^e jours de gestation, il s'accumule dans le foie, le sang, le squelette et le tractus urinaire.

A tous les stades de la gestation, il y a présence de trichloroéthylène dans le liquide céphalo-rachidien du fœtus 1 h après l'exposition, et disparition après 8 h.

Métabolisme

Chez l'animal le trichloroéthylène est rapidement métabolisé, surtout dans le foie, par deux voies principales : une voie oxydative par l'intermédiaire des monooxygénases à cytochrome P₄₅₀, probablement le CYP2E₁, et une voie qui implique la conjugaison avec le glutathion (fig. 1).

Qualitativement, le métabolisme est similaire entre toutes les espèces, y compris l'homme. Trois métabolites urinaires majeurs ont été identifiés : le trichloroéthanol, son conjugué à l'acide glucuronique et l'acide trichloroacétique ainsi que quelques métabolites mineurs tels que : la 2-(hydroxyacétyl)éthanolamine, l'acide oxalique et l'acide dichloroacétique ; ce dernier n'a été mesuré que chez la souris et l'homme.

Quantitativement des différences de métabolisme existent entre les espèces :

- chez la souris, la quantité de trichloroéthylène métabolisée est indépendante de la concentration (97-99 % d'une dose de 10 ou 600 ppm par inhalation) ; le pic sanguin des métabolites est atteint en 2 h ;
- chez le rat, le métabolisme est fonction de la dose (98 % d'une dose de 10 ppm et 79 % de 600 ppm) ; le trichloroéthylène inchangé est éliminé dans l'air expiré.

Cette saturation entraîne des concentrations sanguines de trichloroéthanol et d'acide trichloroacétique 4 à 7 fois moins importantes que chez la souris. Le pic sanguin des métabolites est atteint en 10 h ;

- chez l'homme, aucune saturation n'a pu être montrée aux concentrations d'exposition expérimentales (jusqu'à 300 ppm) ; 10 à 28 % de la dose absorbée sont éliminés inchangés dans l'air expiré.

La conjugaison du trichloroéthylène avec le glutathion, bien que quantitativement peu importante, peut jouer un rôle dans sa toxicité.

Élimination

Le taux de disparition sanguine diffère selon les métabolites : le chloral et le trichloroéthanol sont éliminés avec une 1/2-vie de 1 à 2 h alors que l'acide trichloroacétique subsiste pendant 30 h et est ensuite éliminé dans les 48 h suivantes.

Les voies d'élimination du trichloroéthylène sont identiques chez l'animal et l'homme, sans influence de la voie d'exposition. Le trichloroéthylène non métabolisé (10-28 %) et les métabolites volatils (CO_2 , CO, trichloroéthanol) sont éliminés dans l'air expiré.

Les métabolites principaux, trichloroéthanol libre ou conjugué (29-50 %) et acide trichloroacétique (10-24 %), sont éliminés dans l'urine et dans les fèces ; les métabolites mineurs (acides dichloroacétique et mono-

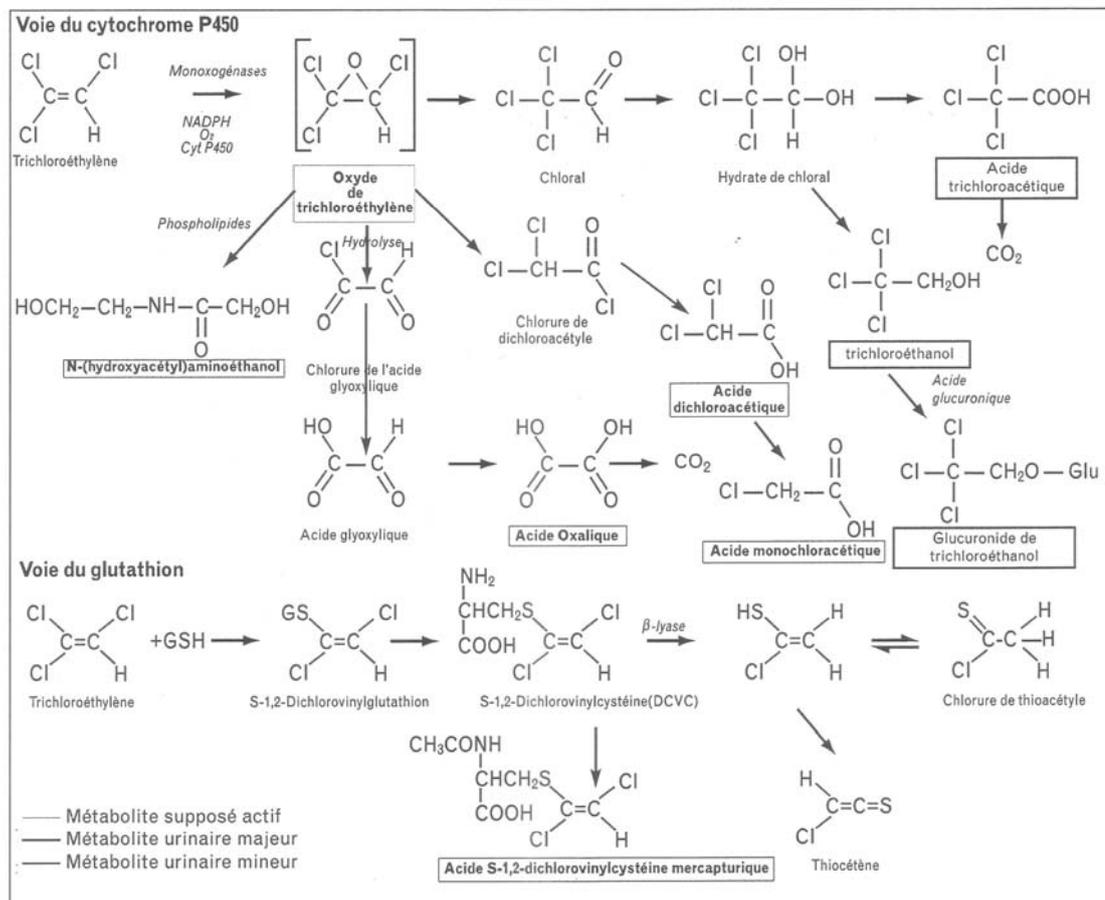


Fig.1 Métabolisme du trichloroéthylène [11, 12]

chloroacétique, N-(hydroxyacétyl)aminoéthanol et N-acétyldichlorovinylcystéine) sont éliminés dans l'urine. De faibles quantités de S-1,2-dichlorovinylglutathion ont été détectées dans la bile du rat.

Chez l'homme, après une exposition unique, le trichloroéthylène inchangé (environ 10-28 % de la dose) est éliminé dans l'air expiré pendant 18 h après l'exposition ; le trichloroéthanol atteint sa concentration maximale dans le sang et l'urine (30 à 50% de la dose) presque immédiatement après l'exposition, puis la concentration diminue avec une 1/2-vie de 10 à 15 h ; la concentration sanguine et urinaire d'acide trichloroacétique augmente pendant 20 à 40 h après l'exposition, jusqu'à 10-30 % de la dose absorbée, puis diminue avec une 1/2-vie de 70 à 100 h.

L'élimination du trichloroéthanol dans l'urine est complète 5 jours après l'arrêt de l'exposition, celle de l'acide trichloroacétique après 13 jours. Une élimination fécale (8 %) et biliaire de l'acide trichloroacétique a été montrée.

Les métabolites mineurs apparaissent dans l'urine, le plus important étant l'acide monochloroacétique (4 % de la dose).

Après une exposition répétée, la concentration en composés trichlorés urinaires totaux diminue avec une 1/2-vie d'environ 41 h, l'acide trichloroacétique étant représentatif de l'exposition des jours précédents.

Bien que les hommes et les femmes absorbent la même quantité de trichloroéthylène, l'élimination est plus faible chez la femme que chez l'homme : trichloroéthylène inchangé 16,7-22,4 %, métabolites : trichloroéthanol 33-44 %, acide trichloroacétique 43-49 % respectivement.

Interaction

L'éthanol potentialise l'action du trichloroéthylène en utilisant les monooxygénases pour son propre métabolisme. Il s'en suit une concentration sanguine et pulmonaire de trichloroéthylène plus élevée et une baisse des métabolites urinaires.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë [9 à 12]

Le principal effet toxique aigu du trichloroéthylène est une dépression du système nerveux central avec narcose à forte dose. C'est un irritant de la peau et des yeux.

Le trichloroéthylène présente une faible toxicité aiguë. La CL_{50} est de 12 000 ppm/4 h (65 mg/l/4 h) chez le rat et 8 450 ppm/4 h (46 mg/l/4 h) chez la souris. Par voie orale, la DL_{50} est de 5 400 - 7 200 mg/kg chez le rat et 2900 mg/kg chez la souris ; par voie cutanée, la DL_{50} est > 20 000 mg/kg chez le lapin et > 7 800 mg/kg chez le cobaye.

Les principaux symptômes, après exposition orale ou inhalatoire, sont ceux d'une dépression du système nerveux central (sommolence, faible coordination, anesthésie et arrêt respiratoire) associés à une irritation des yeux et du tractus respiratoire en cas d'exposition par inhalation.

L'anesthésie est complète après 4 h d'exposition à 5 000 ppm, correspondant à une concentration sanguine en trichloroéthylène > 100 µg/ml. Un prétraitement à l'éthanol potentialise ces effets. La dose sans effet sur le système nerveux central, chez le rat et la souris, est 500 ppm pendant 4 h.

Un effet hépatique est mis en évidence par une augmentation transitoire des enzymes sériques, alanine aminotransférase et aspartate aminotransférase, et une augmentation de poids du foie par infiltration graisseuse (> 1 000 ppm, 2 à 6 h, rat et souris, ou > 700 mg/kg par voie orale, souris).

De fortes concentrations (lapin : ≥ 6 000 ppm/1 h, rat : 25 000 ppm/1 h, chien : 10 000 ppm/10 min) induisent une hypersensibilité cardiaque aux catécholamines qui se traduit par des arythmies. Cet effet est potentialisé par l'éthanol.

Des atteintes spécifiques de l'espèce sont liées au métabolisme :

- néphrotoxicité transitoire qui s'exprime, chez le rat uniquement, quand le métabolisme est saturé ;
- toxicité pulmonaire qui apparaît, chez la souris uniquement, après exposition par inhalation ; elle est limitée à un seul type cellulaire, les cellules de Clara, et serait liée à l'accumulation d'hydrate de chloral, métabolite intermédiaire du trichloroéthylène, que ces cellules ne peuvent métaboliser.

Le trichloroéthylène est un irritant cutané fort : chez le lapin et le cobaye (0,1 ml/j de substance pure pendant 10 j), il induit érythème et œdème qui apparaissent après 24 h, accompagnés de crevasses, de gerçures et d'une augmentation de l'épaisseur de la peau jusqu'à 200 % après 7 j.

Instillé dans l'œil du lapin (0,1 ml de substance pure), il provoque une conjonctivite légère à modérée réversible en 14 j avec apparition de kératose épithéliale lors de la guérison.

Toxicité subchronique et chronique [9 à 12]

Les principaux effets toxiques, après exposition répétée par inhalation, sont observés sur le système pulmonaire, le système nerveux central, le foie, les reins et l'audition. Après administration par voie orale, le trichloroéthylène agit sur le foie et les reins.

Les animaux survivent à des expositions de 1 000 à 7 000 ppm pendant 90 jours.

Les effets pulmonaires (vacuolisation des cellules de Clara) apparaissent uniquement chez la souris (450 ppm, 6 h/j, 5 j/sem pendant 2 semaines). Ils sont réversibles, disparaissent pendant l'exposition et réapparaissent lors de l'exposition suivante.

Les effets sur le système nerveux sont mis en évidence, chez le rat, par une modification des potentiels évoqués dans le cortex visuel à

partir de 800 ppm, une perte d'équilibre et une hyperexcitabilité (3 000 ppm, 2^e semaine) et une narcose profonde (5 000 ppm). Une corrélation a été montrée entre la concentration en trichloroéthylène dans le cerveau et les modifications de comportement et du cycle veille/sommeil. Le NOAEL pour la toxicité comportementale est de 250 ppm chez le rat.

L'exposition du rat au trichloroéthylène (à partir de 2 500 ppm) induit une ototoxicité, avec augmentation du seuil de réponse auditive et perte focale de cellules ciliées de la cochlée. Le NOAEL pour ces effets est 800 ppm.

Des modifications hépatiques sont observées chez le rat, la souris, le lapin et le cobaye à partir de 37 ppm en exposition continue pendant 30 jours : augmentation du poids relatif, augmentation d'activité des monooxygénases à cytochrome P450 et des enzymes sériques marqueurs de dysfonctionnement hépatique, infiltration graisseuse, hépatomégalie centrolobulaire et, à très fortes concentrations, nécrose centrolobulaire. La souris est plus sensible que le rat.

Dans les études par voie orale, une prolifération des peroxyosomes a été montrée dans le foie de la souris mais pas dans celui du rat. La plupart des effets observés, lors d'expositions à des concentrations inférieures à 800 ppm, sont réversibles et correspondraient à une adaptation à l'amplification du métabolisme.

Le NOAEL pour la toxicité hépatique est 200 ppm (7 h/j, 5 j/sem, 8 mois) par inhalation et 500 mg/kg/j (5 j/sem, 2 ans) par voie orale.

La toxicité rénale est caractérisée par une augmentation du poids des reins (à partir de 75 ppm), des lésions tubulaires (à partir de 800 ppm, 12 sem. : cytomégalie et dilatation, modifications biochimiques indicatives de dysfonctionnement du tube proximal) et une méganuclocytose chez le rat mâle uniquement (à partir de 300 ppm).

Le NOAEL pour la toxicité rénale est 100 ppm (7 h/j, 5 j/sem, pendant 104 semaines) par inhalation et 50 mg/kg/j (5 j/sem, pendant 2 ans) par voie orale.

Au vu des effets d'une exposition répétée au trichloroéthylène, une valeur de 100 ppm par inhalation et 50 mg/kg/j par voie orale peut être préconisée comme NOAEL chez le rongeur.

Génotoxicité [9 à 13]

Le trichloroéthylène est mutagène *in vitro*, mais cette caractéristique ne s'exprime pas *in vivo*.

In vitro, les résultats des tests bactériens effectués avec des vapeurs de trichloroéthylène stabilisé par des époxydes, sont toujours positifs avec ou sans activation métabolique ; les époxydes étant mutagènes, il est difficile de différencier l'action des deux substances.

Les vapeurs de trichloroéthylène sans époxyde donnent des résultats mitigés : positifs en présence d'activateurs métaboliques dans les tests de mutation génique, sur *S.*

typhimurium TA100 ou sur les cellules de lymphome de souris, négatifs, avec ou sans activateurs, dans les tests de synthèse d'ADN non programmée, d'échanges entre chromatides-sœurs ou d'aberrations chromosomiques.

Les résultats des tests utilisant du trichloroéthylène liquide, avec ou sans stabilisateur époxyde, sont généralement négatifs.

In vivo, le trichloroéthylène n'est pas mutagène pour les cellules somatiques (micronoyaux, aberrations chromosomiques, échanges entre chromatides-sœurs dans la moelle osseuse de rat et de souris, synthèse non programmée d'ADN dans les hépatocytes de rat et de souris, test des comètes et mutagenèse sur souris transgéniques). Il n'est pas mutagène pour les cellules germinales chez la souris (test de létalité dominante et micronoyaux dans les spermatozoïdes).

Quelques résultats positifs ont été obtenus cependant, les fortes doses nécessaires et le manque de corrélation avec les résultats de cancérogenèse sont un point défavorable à une notification comme mutagène.

Cancérogenèse [9 à 12, 14]

Le trichloroéthylène est cancérogène pour le rat et la souris par voie orale et par inhalation ; les tumeurs sont induites en des sites différents selon l'espèce et la voie d'exposition.

Par voie orale, le trichloroéthylène, avec ou sans stabilisant, augmente le taux de tumeurs hépatiques bénignes et malignes chez la souris (à partir de 1000 mg/kg/j).

Chez le rat mâle, il augmente le taux de tumeurs rénales (adénomes à partir de 500 mg/kg/j).

Par inhalation, chez la souris, il augmente le taux de lymphomes et de tumeurs hépatiques (à partir de 600 ppm, 7 h/j, 5 j/sem., 78 sem) et pulmonaires (adénomes et adénocarcinomes à des concentrations égales ou supérieures à 150 ppm).

Chez le rat mâle, il augmente les tumeurs des cellules interstitielles testiculaires (cellules de Leydig, 600 ppm, 7 h/j, 5 j/sem., 104 sem) et marginalement les tumeurs rénales. Le trichloroéthylène n'est pas cancérogène chez le hamster.

Le trichloroéthylène ou son métabolite l'oxyde de trichloroéthylène n'augmentent pas le taux de tumeurs cutanées ou de sarcomes locaux chez la souris après application cutanée ou injection sous cutanée.

Mode d'action.

Le trichloroéthylène n'étant pas mutagène *in vivo*, il a été proposé d'autres mécanismes d'induction tumorale :

- Il semble que le développement, chez la souris, de tumeurs hépatiques, après exposition au trichloroéthylène, soit lié à la manière dont celui-ci est métabolisé. Dans cette espèce, la voie préférentielle est l'oxydation, dans le foie, en acide trichloroacétique, inducteur de la

prolifération des peroxysomes et de la multiplication cellulaire.

Ces effets combinés mènent au développement de tumeurs. In vitro, les hépatocytes de souris métabolisent le trichloroéthylène en acide trichloroacétique en quantités respectivement 40 et 120 fois plus importantes que ceux du rat et de l'homme.

Le rat ne développe pas de tumeur hépatique, bien qu'in vitro, ses hépatocytes présentent une prolifération des peroxysomes en réponse à l'acide trichloroacétique, ce qui n'est pas le cas des hépatocytes humains. Le rôle de l'acide dichloroacétique a été moins étudié, mais il semble spécifique à la souris.

- La croissance de tumeurs pulmonaires, chez la souris, est de la même façon liée au métabolisme. Les cellules de Clara, qui, in vitro, métabolisent le trichloroéthylène majoritairement en hydrate de chloral, sont relativement incapables de conversion ultérieure. L'hydrate de chloral (mutagène et clastogène) s'accumule dans ces cellules et provoque des cycles répétés de destruction et multiplication cellulaires qui pourraient mener à la formation de tumeurs.

Le métabolisme pulmonaire, chez le rat et le cobaye, ne s'arrête pas à l'hydrate de chloral mais continue jusqu'au trichloroéthanol. Chez l'homme, les cellules pulmonaires, in vitro, métabolisent, de façon minime, le trichloroéthylène en hydrate de chloral.

Par voie orale, le métabolisme du trichloroéthylène ayant lieu avant qu'il n'atteigne le poumon, les cellules de Clara ne sont pas soumises à l'effet de l'hydrate de chloral.

Les tumeurs rénales chez le rat ne sont pas liées à une accumulation de gouttelettes hyalines ou d' α_2 - μ -globuline ; elles seraient plutôt le résultat d'une cytotoxicité et d'une régénération persistantes.

Un des modes d'action proposés impliquerait la formation de dichlorovinylcystéine, via la voie de conjugaison avec le glutathion, qui serait ensuite activée par la β -lyase des tubes rénaux en métabolites réactifs connus comme néphrotoxiques et mutagènes.

Un second mode d'action proposé impliquerait une augmentation, induite par le trichloroéthylène, de l'excrétion d'acide formique suite à un effet sur le métabolisme de la méthionine.

Effets sur la reproduction [9 à 12]

Le trichloroéthylène agit sur la fertilité, uniquement à des doses toxiques pour l'adulte ; il n'agit pas sur le développement des fœtus à des concentrations inhalées non toxiques pour les mères.

Fertilité

Une exposition courte au trichloroéthylène par inhalation (jusqu'à 2000 ppm, 4 h/j, 5 j) augmente le pourcentage d'anomalies du sperme chez la souris ; le NOAEL est de 200 ppm. Par voie orale, une exposition sur 2 généra-

tions (700 mg/kg/j) réduit la mobilité spermatozoïque sans affecter la morphologie et est létale pour les petits pendant la lactation [7].

Chez le rat, bien que la morphologie spermatozoïque et le taux de testostérone ne soient pas affectés par l'exposition au trichloroéthylène, une forte dose (jusqu'à 500 ppm, 7 h/j, 5 j par inhalation ou 1000 mg/kg/j, 5 j/sem, 6 sem par voie orale) agit sur le comportement du mâle (augmentation de la latence d'éjaculation, contact génital incomplet) et diminue la survie des petits.

Chez la souris femelle (100-1000 mg/kg/j, 2 semaines avant l'accouplement, pendant l'accouplement et la gestation), le trichloroéthylène n'agit ni sur la fertilité, ni sur le cycle oestral, ni sur la taille des portées.

Développement

Par inhalation, à des concentrations non toxiques pour les mères (jusqu'à 1800 ppm), le trichloroéthylène n'agit pas sur le développement du rat, de la souris ou du lapin.

En revanche, par voie orale, l'exposition maternelle à des doses de 30 à 110 mg/kg/j semble induire, chez le rat, une neurotoxicité du développement caractérisée, chez les petits, par de légères modifications de comportement (augmentation de l'activité exploratoire), de métabolisme cérébral (baisse de l'incorporation de glucose dans les tissus) et de morphologie cérébrale (diminution du nombre de fibres de myéline dans l'hippocampe).

Toxicité sur l'homme

Toxicité aiguë

L'utilisation ancienne du trichloroéthylène comme anesthésique, ainsi que des rapports de cas d'intoxication, des expositions contrôlées chez des volontaires ainsi que son utilisation comme produit de toxicomanie en « sniffage » ont fourni de nombreuses données.

L'intoxication aiguë par ingestion est marquée par l'apparition, après un intervalle libre, des signes cliniques suivants :

- **digestifs** : vomissements et diarrhées pouvant être à l'origine d'érosions caustiques ;
- **neurologiques** : céphalées, ébriété, obnubilation pouvant évoluer vers un coma calme aréflexique parfois entrecoupé d'épisodes hypertoniques ;
- **cardiaques** : troubles de l'excitabilité myocardique (extrasystoles ventriculaires isolées ou en salves, fibrillation ou tachycardie ventriculaire), troubles amplifiés par les situations d'hyperadrénémie. Des cas d'arrêts cardiaques ont été décrits ;
- **respiratoires** : pneumopathie de déglutition (fausse route) avec possibilité de surinfections broncho-pulmonaires parfois gravissimes.

L'intoxication aiguë par inhalation est à l'origine d'une dépression de la conscience (de la simple ébriété au coma profond), avec atteinte pulmonaire généralement par fausse route se traduisant par une polypnée et des signes d'irritation du tractus bronchique.

Des atteintes cardiaques et de rares cytolyses hépatiques (le plus souvent infra-cliniques) sont également rapportées. Un cas de néphrite interstitielle aiguë avec nécrose secondaire tubulaire a été décrit après une exposition importante au trichloroéthylène pendant 8 heures.

Des atteintes neurologiques périphériques, notamment des nerfs trijumeaux et optiques, ont été publiées lors d'exposition entraînant des effets narcotiques. Ces atteintes semblent être plus dues à certains produits de décomposition du trichloroéthylène, particulièrement le dichloroacétyle.

Sous l'action de la chaleur et de la lumière ou en présence d'alcalins puissants, le trichloroéthylène peut en effet se décomposer en phosgène ou en dichloroacétyle.

Une neurotoxicité périphérique avait aussi été décrite lors de l'utilisation comme anesthésique mais uniquement dans des circuits fermés contenant de la soude, pouvant permettre une décomposition alcaline du produit.

Des irritations cutanées peuvent être observées après un contact massif et prolongé avec le solvant ; les projections oculaires entraînent des érosions superficielles de la cornée et de la conjonctive.

Toxicité chronique

L'intoxication chronique est conditionnée notamment par le mode d'exposition et un certain degré de sensibilité individuelle.

Le système nerveux est l'organe cible de l'imprégnation. Il est signalé en particulier :

des atteintes neuropsychiques :

- syndrome psychosomatique avec asthénie, céphalées, inappétence, troubles de la mémoire, de l'humeur, du sommeil...
- syndrome neurovégétatif avec sueurs profuses, troubles fonctionnels divers accompagnés de vertiges, de sensations ébrieuses et de troubles digestifs (nausées, ballonnement abdominal...).

Les études disponibles ne mettent pas en évidence d'atteintes des nerfs périphériques.

Plusieurs cas de mort subite ont été reliés à l'apparition de troubles paroxystiques du rythme cardiaque.

Comme de nombreux solvants, le trichloroéthylène est susceptible de provoquer des dermatoses récidivantes, en particulier de type orthoergique ; des eczémas ont été signalés mais demeurent très rares.

Des cas exceptionnels de syndrome de Stevens Johnson ou de sclérodermie ont été

décrits, sans qu'on puisse affirmer le rôle étiologique du trichloroéthylène.

Les atteintes hépatiques, pulmonaires, rénales ou sanguines sont absentes ou très discrètes.

Des syndromes antabusé peuvent apparaître en cas de consommation simultanée d'alcool.

Une équipe japonaise [21] a signalé un lien épidémiologique entre des pneumatoses kystiques coliques et l'exposition au trichloroéthylène. Une telle relation n'a pas été retrouvée par ailleurs.

Mutagenèse [9]

Plusieurs études ont été consacrées à l'activité possiblement génotoxique chez l'homme. Trois études ont recherché une augmentation du taux d'échanges des chromatides sœurs sur des lymphocytes de travailleurs exposés au trichloroéthylène.

Il n'a pas été montré de différence entre les groupes exposés – non exposés après prise en compte du tabagisme, mais la petite taille des groupes ne permet pas de conclure.

Lors d'une étude sur des aberrations chromosomiques chez des personnels exposés il est montré une augmentation du nombre de métaphases présentant des anomalies incluant les lacunes, ce résultat a donc peu de signification en terme de risque d'autant que le tabagisme n'a pas été pris en compte.

Une étude a montré la présence d'une mutation du nucléotide 454 du gène VHL suppresseur de tumeur dans les cellules cancéreuses rénales dans des populations professionnellement exposées au trichloroéthylène.

Cette mutation n'a pas été retrouvée sur ces mêmes cellules cancéreuses dans des populations non exposées à ce produit. On ne connaît pas actuellement le rôle de cette mutation dans l'apparition d'un cancer.

Cancérogenèse [9, 17 à 19]

De nombreuses études épidémiologiques ont été consacrées au potentiel cancérogène du trichloroéthylène en milieu professionnel. La plupart de ces nombreuses études négatives présentent des biais (temps de suivi trop court, fortes expositions non prises en compte, données sur l'exposition peu fiables) qui ne permettent pas de conclure à l'absence de risque.

Par contre, Antilla dans une étude de cohorte en Finlande, montre une augmentation significative des cancers du foie, de l'estomac et des tissus lymphopoiétiques notamment des lymphomes non Hodgkiniens.

Une augmentation pour ce dernier type de tumeurs est également retrouvée dans trois autres études mais de manière non statistiquement significative.

Deux autres études montrent également une augmentation des cancers du rein (Henschler,

Vamvakis) de manière significative, mais certains biais ne permettent pas d'affirmer le caractère cancérogène du trichloroéthylène chez l'homme.

Effets sur la reproduction [9, 16]

Il n'existe pas d'étude fiable ayant évalué l'impact sur la fertilité du trichloroéthylène.

Plusieurs études ont tenté de démontrer une association entre exposition professionnelle et avortements ou malformations congénitales.

Les résultats sont négatifs, mais l'absence de données sur les niveaux d'exposition ne permet pas de conclure.

Une étude récente (Lorente) montre un lien significatif entre fentes palatines et exposition au trichloroéthylène. L'interprétation de ces résultats doit être prudente vu le faible effectif étudié.

Les données humaines ne permettent pas de conclure sur les risques vis-à-vis de la reproduction.

Valeurs limites d'exposition professionnelle

En France, le ministère du Travail a fixé pour le trichloroéthylène la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) et la valeur limite d'exposition (VLE) indicatives qui peuvent être admises dans l'air des locaux de travail. Ces valeurs correspondent respectivement à 75 ppm, soit 405 mg/m³ et 200 ppm, soit 1 080 mg/m³.

Aux Etats-Unis, l'ACGIH a fixé, dans l'air des locaux de travail, la valeur limite de moyenne d'exposition (TLV-TWA) et la valeur limite d'exposition à court terme (TLV-STEL) suivantes :

- 50 ppm (TLV-TWA),
- 100 ppm (TLV-STEL).

Réglementation

Hygiène et sécurité du travail

1° Règles générales de prévention des risques chimiques

- Articles R. 231-54 à R. 231-54-8 du Code du travail.

2° Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 232-5 à R. 232-5-14 du Code du travail.

- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au J.O.).

- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (J.O. du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (J.O. du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

3° Valeurs limites d'exposition

- Circulaire du ministère du Travail du 1^{er} décembre 1983 (non parue au J.O.) modifiant et complétant la circulaire du ministère du Travail du 19 juillet 1982 (non parue au J.O.).

4° Prévention du risque cancérogène

- Articles R. 231-56 à R.231-56-11 du Code du travail.

5° Maladies de caractère professionnel

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

6° Maladies professionnelles

- Articles L. 461-4 du Code de la Sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableau n° 12.

7° Surveillance médicale spéciale

- Arrêté du 11 juillet 1977 (J.O. du 24 juillet 1977) fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale (préparation, emploi, manipulation ou exposition au trichloroéthylène).

- Circulaire du ministère du Travail du 2 mai 1985 relative aux missions du médecin du travail à l'égard des salariées en état de grossesse (non parue au J.O.).

8° Surveillance médicale post-professionnelle

- Article D. 461-25 du Code de la Sécurité sociale.

- Arrêté du 28 février 1995 (J.O. du 22 mars 1995) : modèle type d'attestation d'exposition et modalités d'examen.

9° Classification et étiquetage

a) du trichloroéthylène pur :

- Arrêté du 20 avril 1994 modifié (J.O. du 8 mai 1994). La directive 2001/59/CE du 6 août 2001 (J.O.C.E. n° L. 225 du 21 août 2001), 28^e adaptation au progrès technique en cours de transposition dans le droit français, prévoit la classification suivante :

- Cancérogène Cat.2, R 45
- Mutagène Cat.3, R 68
- Irritant, R 36/38
- R 67
- Dangereux pour l'environnement, R 52/53

b) des préparations contenant du trichloroéthylène :

- arrêté du 21 février 1990 modifié (J.O. du 24 mars 1990).

10° Entreprises extérieures

- Arrêté du 19 mars 1993 (J.O. du 27 mars 1993) fixant en application de l'article R.237-8 du Code du travail la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Protection de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des Journaux Officiels, brochure n° 1001 :

- n° 1174 : fabrication industrielle de composés organohalogénés ;

- n° 1175 : emploi de liquides organohalogénés pour le dégraissage, la mise en solution, l'extraction, etc., à l'exclusion du nettoyage à sec visé par la rubrique 2345 et du dégraissage des métaux visé par la rubrique 2565 ;

- n° 2565 : traitement des métaux et matières plastiques pour le dégraissage, le décapage, la conversion, le polissage, la métallisation, etc., par voie électrolytique, chimique ou par emploi de liquides halogénés.

Protection de la population

Décret du 29 décembre 1988 relatif aux substances et préparations vénéneuses (articles R. 5149 à R. 5170 du Code de la santé publique) et circulaire du 2 septembre 1990 (J.O. du 13 octobre 1990) :

- détention dans des conditions déterminées ;
- étiquetage (cf 9°) ;
- cession réglementée.

Arrêté du 12 mars 1981 (J.O. DU 13 avril 1981) concernant les dispositions relatives au trichloroéthylène pur destiné à l'usage domestique.

Décret du 28 août 1987 (J.O. du 6 septembre 1987) relatif aux dissolutions de caoutchouc et aux colles à boyaux.

Le trichloroéthylène étant classé cancérigène R45 de catégorie 2, une limitation de mise sur le marché et d'importation à destination du grand public de cette substance ou des préparations en contenant sera mise en place en modifiant notamment la directive 76/769/CEE et l'arrêté du 7 août 1997.

Transport

Se reporter éventuellement aux règlements suivants :

1° Transport terrestre national et international (route, chemin de fer, voie de navigation intérieure):

- ADR, RID, ADNR :
N° ONU : 1710
Classe : 6.1
Groupe d'emballage : III

2° Transport par air

- IATA.

3° Transport par mer

- IMDG.

Recommandations

En raison de la toxicité du trichloroéthylène, des mesures sévères de prévention s'imposent et des exigences particulières sont à respecter (décret n° 2001-97 du 1^{er} février 2001 établissant notamment les règles particulières de prévention des risques cancérigènes) lors de son stockage et de sa manipulation.

I - Au point de vue technique

Stockage

■ Stocker le trichloroéthylène dans des locaux frais et bien ventilés, à l'abri des rayons du soleil et de toute source de chaleur ou d'ignition (flammes, étincelles...), à l'écart des acides forts, des bases fortes et des agents oxydants.

■ La zone de stockage sera balisée par une signalisation rappelant la nature du produit stocké et des risques qu'il présente. Seul le personnel autorisé et informé pourra y pénétrer. Il conviendra de limiter autant que possible les quantités stockées.

■ Le sol de ces locaux sera imperméable et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement accidentel le liquide ne puisse se répandre au-dehors.

■ Fermer soigneusement les récipients et les étiqueter correctement. Reproduire l'étiquette en cas de fractionnement des emballages.

■ Prendre toutes dispositions pour éviter l'accumulation d'électricité statique.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux zones de stockage sont applicables aux ateliers où est utilisé le trichloroéthylène. En outre :

■ Instruire le personnel des risques présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.

■ Réduire l'utilisation du trichloroéthylène (lorsqu'elle est susceptible de conduire à une exposition) en le remplaçant, quand cela est techniquement possible, par une substance, une préparation ou un procédé non ou moins dangereux pour la santé des travailleurs (dans ses conditions d'emploi).

■ Empêcher l'inhalation de vapeurs ou de brouillards. Effectuer en appareil clos (équipé d'un système de condensation fonctionnant avec un groupe frigorigène) toutes opérations industrielles. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certains travaux de courte durée, à caractère exceptionnel ou pour des interventions d'urgence.

■ Ne pas utiliser le trichloroéthylène à proximité d'un poste de soudage ou en présence de flammes.

■ Faire effectuer régulièrement des contrôles d'atmosphère destinés à vérifier le respect des valeurs limites.

■ Empêcher le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants (PVA, Viton®, laminé de polyéthylène ainsi que certains gants caoutchouc nitrile) [24] et des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage.

■ Prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.

■ Ne pas fumer, boire ou manger dans les ateliers. Observer une hygiène corporelle et vestimentaire très stricte : passage à la douche, lavage soigneux des mains après manipulation et changement de vêtement après le travail, rangement séparé des vêtements de ville et des vêtements de travail. L'employeur assurera l'entretien et le lavage fréquent des vêtements de travail qui devront rester dans l'entreprise.

■ Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du trichloroéthylène sans prendre les précautions d'usage [25].

■ En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer immédiatement le produit après l'avoir recouvert de matériau absorbant (terre, sable, autre matière inerte,...). Laver ensuite à grande eau la surface ayant été souillée. Si le déversement est important, supprimer toute source potentielle d'ignition, aérer la zone, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié.

Ne pas rejeter à l'égout ou dans le milieu naturel les eaux polluées par le trichloroéthylène.

■ Conserver les déchets dans des récipients spécialement prévus à cet effet et les éliminer

dans les conditions autorisées par la réglementation (incinération contrôlée par exemple).

II - Au point de vue médical

Le trichloroéthylène étant classé cancérigène catégorie 2, il rentre dans le champ d'application de la réglementation française relative à la prévention du risque des produits cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction. Les particularités de cette réglementation ne sont pas reprises dans ce paragraphe.

■ A l'embauchage, on recherchera les sujets présentant une dermatose chronique ou récidivante, ceux atteints de lésions hépatiques chroniques, de troubles cardio-vasculaires et d'affections neurologiques graves. Éviter d'exposer les sujets atteints d'éthylisme chronique, les toxicomanes et les personnes présentant une maladie psychiatrique.

■ Aux visites systématiques, il sera pratiqué un examen clinique complété éventuellement par un électrocardiogramme. Certains médicaments potentialisant les effets neurologiques, d'une part, et l'exposition répétée au trichloroéthylène comme à la plupart des solvants organiques pouvant être à l'origine de troubles neuropsychiques (irritabilité, mémoire...), d'autre part, il en sera tenu compte au cours des visites systématiques.

■ Éviter d'exposer les femmes enceintes dès le début de la grossesse.

Surveillance biologique [20]

Il est possible d'utiliser des marqueurs biologiques pour évaluer l'exposition.

Pour confirmer une exposition récente, on peut utiliser le dosage du trichloroéthylène sanguin ou du trichloroéthylène dans l'air expiré.

Pour évaluer l'exposition, on peut doser dans les urines deux métabolites : l'acide trichloroacétique (TCAu) et le trichloroéthanol (TCEu).

Le TCEu est le reflet de l'exposition récente (jour même et jour précédent) et le TCAu de la semaine précédente. Le dosage simultané du TCE et TCA urinaires constitue le meilleur reflet de la quantité de trichloroéthylène métabolisé. Il doit être réalisé en fin de semaine de travail et fin de poste. La méthode Transuri-Trichlo® peut être utilisée.

Le TCA est un métabolite commun au 1,1,1-trichloroéthane, au tétrachloroéthylène, au tétrachloroéthane et à l'hydrate de chloral. Dans l'interprétation des résultats, il faudra tenir compte de l'absorption cutanée, des co-expositions qui inhibent le métabolisme du trichloroéthylène (toluène, tétrachloroéthylène, alcool), des variations métaboliques (variations ethniques : baisse de l'élimination chez les non-caucasiens), d'une éventuelle toxicomanie et des prises médicamenteuses.

Valeurs-guides utilisables en France :

- trichloroéthanol libre sanguin : 4 mg/l en fin de poste et fin de semaine,
- acide trichloroacétique urinaire : 100 mg/g de créatinine en fin de semaine,

- acide trichloroacétique urinaire + trichloroéthanol urinaire : 300 mg/g de créatinine en fin de poste et fin de semaine.

Conduite à tenir en cas d'exposition aiguë :

■ En cas de contact cutané, laver immédiatement à grande eau. Retirer les vêtements souillés. Si des lésions apparaissent ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.

■ En cas de projections oculaires, laver immédiatement et abondamment à l'eau pendant au moins quinze minutes. Consulter un ophtalmologiste.

■ En cas d'inhalation importante, éloigner le sujet de la zone polluée.

■ En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissement mais faire absorber du charbon activé si le sujet est conscient.

■ Dans les deux derniers cas, placer la victime en position latérale de sécurité si elle est inconsciente ; même si son état est initialement satisfaisant, transférer en milieu hospitalier, où pourront être entrepris une aspiration gastrique éventuelle, une surveillance des fonctions cardiaques, neurologiques, pulmonaires et hépato-rénales, une surveillance de l'élimination quantitative des métabolites urinaires, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de réanimation si besoin est. Éviter l'administration de médicaments adrénérgiques.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Trichloroéthylène - In : Base de données CESARS - Ontario Ministry of the Environment and Michigan Department of Natural Resources. Hamilton, Centre Canadien d'Hygiène et de Santé (CCHS), 2002.
- [2] Trichloroéthylène - In : Base de données CHRIS - United States Coast Guard. Hamilton, Centre Canadien d'Hygiène et de Santé (CCHS), 2002.
- [3] Trichloroéthylène - In : Base de données HSDB - US National Library of Medicine. Hamilton, Centre Canadien d'Hygiène et de Santé (CCHS), 2002.
- [4] The Merck Index, 12^e éd. Whitehouse Station, Merck and Co, 1996, p. 1643.
- [5] KIRK-OTHMER - Encyclopedia of chemical technology, 4^e éd., vol. 6. New York, John Wiley and sons, 1993, pp. 40-50.
- [6] SAX'S Dangerous properties of industrial materials, 10^e éd. New York, John Wiley and sons, 2000, pp. 3527-3528.
- [7] TORKELOSON T.R. - Halogenated aliphatic hydrocarbons. In : CLAYTON G.D., CLAYTON F.E. - Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 4^e éd. Vol. II, Part E. New York, John Wiley and sons, 1994, pp. 4007-4251.
- [8] Trichloroéthylène - Environmental Health Criteria N° 50. Genève, OMS, 1985, 78 p.
- [9] Trichloroéthylène - European Union Risk Assessment Report. United Kingdom, Final Report, sept. 2001. Disponible sur Internet :

<http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>

[10] Toxicity Summary for Trichloroethene. Risk Assessment Information System, 1993. Disponible sur Internet : http://risk.lsd.ornl.gov/toxrap_tox_p.shtml

[11] Trichloroethylene : Assessment of Human Carcinogenic Hazard. ECETOX Technical Report N° 60. Bruxelles, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, 1994, 75 p.

[12] Toxicological Profile for Trichloroethylene (TCE) CAS # 79-01-6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, sept. 1997. Disponible sur Internet : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>

[13] BRONDEAU M.T., SCHNEIDER O. - Indicateurs biologiques d'exposition. Principes de base et valeurs-guides utilisables en France. Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail, 1997, 169, pp. 589-596.

[14] Trichloroéthylène - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, IARC, 1995, vol. 63, pp. 75-158.

[15] Trichloroethylene (cas # 79-01-6) : Reproduction and fertility assessment in CD-1 Mice when administered in feed. NTP Report # RACB84113, 1985. Disponible sur Internet : <http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/RT-studies/>

[16] LORENTE C., CORDIER S., BERGERET A. et coll. - Maternal occupational risk factors for oral clefts. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 2000, 26, 2, pp. 137-145.

[17] ANTILLA A., PUKKALA E., SALLMEN M. et coll. - Cancer incidence among Finnish workers exposed to halogenated hydrocarbons. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 1995, 37, pp. 797-806.

[18] HENSCHLER D., VANVAKAS S., LAMMERT M. et coll. - Increased incidence of renal cell tumors in a cohort of cardboard workers exposed to trichloroethylene. Archives of Toxicology, 1995, 69, pp. 291-299.

[19] VAMVAKAS S., BRÜNING T., THOMASSON B. et coll. - Renal cell cancer correlated with occupational exposure to trichloroethylene. Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 1998, 124, pp. 374-382.

[20] PILLIERE F., CONSO F. - BИTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Paris, INRS, ED 791, 2002.

[21] AKITO SATO M.D. et coll. - A new health problem due to trichloroethylene : pneumatois cystoïdes intestinales. Archives of Environmental Health, 1987, 42, pp. 144-147.

[22] NIOSH Manual of analytical methods, 4^e éd. Cincinnati, Ohio, 1994, méthode 1022.

[23] Métrologie des polluants. Méthode 029. Paris, INRS, CD ROM, éd. 2001.

[24] FORSBERG K. - Chemical protective clothing. Londres, Lewis Publishers, 1995.

[25] Cuves et réservoirs. Recommandation CNAM R276 - INRS.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ - 30, rue Olivier-Noyer, 75680 Paris cedex 14

Tiré à part des Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail, 4^e trimestre 2002, n° 189 - FT n° 22 - 3 000 ex.

N° CPPAP 804/AD/PC/DC du 14-03-85. Directeur de la publication : J.-L. MARIÉ. ISSN 0007-9952 - ISBN 2-7389-1139-0

Imprimerie de Montligeon - 61400 La Chapelle Montligeon



Annexe 3 : Principaux usages des solvants chlorés

Nom	Usage
Tétrachloroéthylène	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage à sec des vêtements - Dégraissage et nettoyage des pièces métalliques - Finissage des textiles - Extraction des huiles et graisses - Intermédiaire de synthèse pour la fabrication des hydrocarbures fluorés - Diluant pour vernis et peintures
1,2-dichloroéthane	<ul style="list-style-type: none"> - Intermédiaire de synthèse pour la fabrication de composés organiques chlorés, essentiellement le chlorure de vinyle (et TRI111, TRI et PER) - Stabilisation du Plomb tétraéthyle
Trichloroéthylène	<ul style="list-style-type: none"> - Dégraissage (en vapeur) des métaux - Intermédiaire de synthèse - Solvant d'extraction (graisses, huiles, goudrons, cires...) - Traitement des textiles en coton et laine - Fabrication d'adhésifs, de lubrifiants, de peintures, de vernis, de pesticides
1,1,1-trichloroéthane	<ul style="list-style-type: none"> - Dégraissage des métaux - Nettoyages divers - Formulation de la colle
Dichlorométhane = chlorure de méthylène	<ul style="list-style-type: none"> - Formulation des aérosols - Extraction dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique - Extraction des graisses et paraffines - Formulation des décapants pour vernis et peintures - Fabrication des films et fibres cellulosiques - Expansion des mousses polyuréthanes - Formulation des colles à froid - Traitement des textiles - Dégraissage
Trichlorométhane =chloroforme	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication d'hydrochlorofluorocarbones (HCFC) - Extraction d'huiles essentielles, et alcaloïdes - Extraction d'antibiotiques, hormones, nicotine, etc. - Solvant et agent de purification dans l'industrie des matières plastiques
Tétrachlorométhane =Tétrachlorure de carbone	<ul style="list-style-type: none"> - Intermédiaire pour la fabrication de HCFC et hydrocarbures chlorés - Milieu réactionnel de polymérisation - Synthèse du nylon - Solvant pour l'asphalte, bitumes, caoutchouc chloré, gommés, etc.
1,2-dichloroéthylène	<ul style="list-style-type: none"> - Dégraissage et nettoyage des pièces métalliques - Décaféination du café - Extractions des huiles, graisses, colorants, parfums et nombreux produits organiques - Intermédiaire de synthèse (PER, TRI)
Chloroéthylène =Chlorure de vinyle	<ul style="list-style-type: none"> - Fabrication de matières plastiques (PVC) - Matière première en synthèse organique (papier, verre, caoutchouc)

Annexe 4 : Principaux textes réglementaires concernant les solvants chlorés

Législation européenne :

- Protocole de Montréal du 16 septembre 1987 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone
- Protocole de Göteborg du 1^{er} décembre 1999 relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique
- Directive 67/548/CEE du Conseil du 27 juin 1967 concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, à l'emballage et à l'étiquetage des substances dangereuses
- Directive du Conseil n°76/464/CEE du 4 mai 1976 concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté
- Directive du Conseil n°80/68/CEE du 17 décembre 1979 concernant la protection des eaux souterraines contre la pollution causée par certaines substances dangereuses
- Directive du Conseil n°86/280/CEE du 12 juin 1986 concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de certaines substances dangereuses relevant de la liste I de l'annexe de la directive 76/464/CEE
- Directive du Conseil n°88/347/CEE du 16 juin 1988 modifiant l'annexe II de la directive 86/280/CEE concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de certaines substances dangereuses relevant de la liste I de l'annexe de la directive 76/464/CEE
- Directive du Conseil n°90/415/CEE du 27 juillet 1990 modifiant l'annexe II de la directive 86/280/CEE concernant les valeurs limites et les objectifs de qualité pour les rejets de certaines substances dangereuses relevant de la liste I de l'annexe de la directive 76/464/CEE
- Directive du Conseil n°91/689/CEE du 12 décembre 1991 relative aux déchets dangereux
- Directive 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine
- Directive 1999/13/CE du 11 mars 1999 relative à l'émission de COV due à l'utilisation de solvants (valeurs limites pour les émissions canalisées et diffuses de COV et obligations particulières concernant les solvants les plus toxiques : réduction d'environ 60 % des émissions en 2007)
- Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau
- Directive 2001/81/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2001 fixant les plafonds nationaux d'émissions pour certains polluants atmosphériques (limite des émissions de COV à respecter en 2010 : 1050 kt)
- Décision de la Commission n°2000/532/CE remplaçant la décision 64/3/CE établissant une liste de déchets en application de l'article 1^{er}, point a), de la directive 75/442/CE du Conseil relative aux déchets et la décision 94/904/CE du Conseil établissant une liste de déchets dangereux en application de l'article 1^{er}, paragraphe 4, de la directive 91/689/CEE du Conseil relative aux déchets dangereux
- Décision du Conseil n°2001/573/CE du 23 juillet 2001 modifiant la décision 2000/532/CE de la Commission en ce qui concerne la liste des déchets
- Décision n° 2455/2001/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 novembre 2001 établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE
- Règlement (CE) 2037/2000 du Parlement européen et du Conseil du 29 juin 2000 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone

Législation française :

- Code de l'environnement, articles L. 210-1 et suivants sur l'eau et les milieux aquatiques (Loi n°92-3 du 3 janvier 1992, Loi sur l'eau)
- Code de l'environnement, articles L. 512-1 et suivants relatifs aux installations classées pour la protection de l'environnement (Loi n°76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement)
- Code de l'environnement, articles L. 541-1 et suivants relatifs aux déchets (Loi n°75-633 du 15 juillet 1975 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux)
- Décret du 20 mai 1953 modifié relatif à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
- Décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets
- Arrêté du 20 avril 1994 modifié relatif à la déclaration, à la classification, à l'emballage et à l'étiquetage des substances
- Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- Code de la Santé Publique, articles R. 1321-1 et suivants relatifs aux eaux destinées à la consommation humaine (Décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles)

Annexe 5 : Principales rubriques de la nomenclature des ICPE concernant l'usage et la fabrication de solvants chlorés

(source : décret n° 53-578 du 20 mai 1953 modifié)

Rubrique ICPE	Intitulé des rubriques	Seuils visés	Seuil de déclaration	Seuil d'autorisation	Molécules potentiellement concernées
1130	Fabrication de substances toxiques	Quantité totale présente dans l'installation		< 200 t : autorisation simple	Trichloroéthylène, tétrachlorure de carbone, 1,2-dichloroéthane
1131	Emploi et stockage de substances toxiques	Substances et préparations solides : quantités totales susceptibles d'être présentes dans l'installation	>= 5 t et < 50 t	>= 50 t et < 200 t	Trichloroéthylène, tétrachlorure de carbone, 1,2-dichloroéthane
		Substances et préparations liquides : quantités totales susceptibles d'être présentes dans l'installation	>= 1 t et < 10 t	>= 10 t et < 200 t	
		Gaz ou gaz liquéfiés : quantités totales susceptibles d'être présentes dans l'installation	>= 200 kg et < 2 t	>= 2 t et < 200 t	
1174	Fabrication d'organohalogénés, phosphorés, stanniques (à l'exclusion des substances et préparations très toxiques, toxiques et toxiques particulières visées par les rubriques 1110, 1130 et 1150)			pas de seuil	Chloroforme, tétrachloroéthylène, 1,1,1-trichloroéthane, dichlorométhane
1175	Emploi de liquides organohalogénés pour la mise en solution, l'extraction, etc. (à l'exclusion du nettoyage à sec (2345) et du nettoyage, dégraissage et décapage de surfaces (2564))	Quantité de liquides organohalogénés susceptibles d'être présente	> 200 l et <= 1500 l	> 1500 l	Chloroforme, tétrachloroéthylène, 1,1,1-trichloroéthane, dichlorométhane
1185	Chlorofluorocarbures, halons et autres carbures et hydrocarbures halogénés 1) Conditionnement de fluides et mise en œuvre telle que fabrication de mousses, etc. à l'exclusion du nettoyage à sec (rubrique 2345) et du nettoyage, dégraissage, etc. (rubrique 2564). 2) Composants et appareils clos en exploitation, dépôts de produits neufs ou régénérés, à l'exception des appareils visés à la rubrique 2920. 3) Régénération des fluides et recyclage des halons sur ce site de traitement.	1) Quantité de fluide susceptible d'être présente dans l'installation 2) Quantité de fluide susceptible d'être présente dans l'installation 3) Régénération des fluides et recyclage des halons sur ce site de traitement	1) >80 l et < 800 l. 2) > 800 l de capacité unitaire sauf installations d'extinction ou > 200 kg dans les installations d'extinction.	1) > 800 l. 3) Pas de seuil.	1,1,1-trichloroéthane, tétrachloroéthylène, tétrachlorure de carbone, dichlorométhane

(voir suite page suivante)



(suite)

Rubrique ICPE	Intitulé des rubriques	Seuils visés	Seuil de déclaration	Seuil d'autorisation	Molécules potentiellement concernées
1412	Stockage en réservoirs manufacturés de gaz inflammables liquéfiés	Quantité totale susceptible d'être présente dans l'installation	> 6 t et < 50 t	> 50 t	chlorure de vinyle
1432	Stockage en réservoirs manufacturés de liquides inflammables	1) Quantité stockée de fluides inflammables susceptible d'être présente. 2) Stockage de liquides inflammables représentant une capacité équivalente totale.	2) > 10 m ³ et < 100 m ³	2) > 100 m ³	1,2-dichloroéthylène
1433	Installations de mélange ou d'emploi de liquides inflammables	1) Installations de simple mélange à froid: quantité totale équivalente de liquides inflammables de la catégorie de référence susceptible d'être présente.	1) > 5 t et < 50 t 2) > 1 t et < 10 t	1) > 50 t 2) > 10 t	1,2-dichloroéthylène
		2) Autres installations : quantité totale équivalente de liquides inflammables de la catégorie de référence susceptible d'être présente.			
2345	Utilisation de solvants pour le nettoyage à sec et le traitement des textiles ou vêtements	Capacité nominale des machines présentes dans l'installation	> 0,5 kg et <= 50 kg	> 50 kg	tétrachloroéthylène
2564	Nettoyage, dégraissage, décapage de surfaces (métaux, matières plastiques, etc.) par des procédés utilisant des liquides organohalogénés ou des solvants organiques	Volume des cuves de traitement	> 200 l et <= 1500 l > 20 l et <= 200 l lorsque les produits sont utilisés dans une machine non fermée	> 1500 l	tétrachloroéthylène, trichloroéthylène, dichlorométhane



Annexe 6: Principaux textes fixant les limites des rejets de solvants chlorés des ICPE dans l'eau et dans l'air

Domaine d'application	Textes français	Principales mesures	Textes de référence
Eau	Arrêté du 2 février 1998	Fixe les valeurs-limites des rejets dans les eaux superficielles pour certaines substances classées en annexe (en fonction de leur nocivité) et appartenant à la liste I de la directive 76/464. Il s'agit du chlorure de vinyle, du dichlorométhane, du 1,2-dichloroéthane et du 1,1,1-trichloroéthane.	Directive n°76/464/CEE
		Fixe les valeurs-limites des rejets dans les eaux superficielles pour le tétrachlorure de carbone.	Directive n°86/280/CEE
		Fixe les valeurs-limites des rejets dans les eaux superficielles pour le chloroforme.	Directive n°88/347/CEE
		Fixe les valeurs-limites des rejets dans les eaux superficielles pour le 1,2-dichloroéthane, le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène.	Directive n°90/415/CEE
		Interdit tout rejet de composés organo-halogénés dans les eaux souterraines	Directive n°80/68/CEE
Air	Arrêtés du 29 mai 2000 et du 2 mai 2002 modifiant l'arrêté du 2 février 1998	<ul style="list-style-type: none"> - Etablissements de valeurs-limites d'émissions (VLE) pour les activités et installations concernées, pour les rejets canalisés et diffus. - VLE restrictives pour certains COHV classés à phrase de risque R40 (tétrachloroéthylène, dichlorométhane, chloroforme, CCl4) et encore plus restrictives pour les COHV classés à phrase de risque R45 (1,2-DCE, TRI, chlorure de vinyle). - VLE spécifiques pour certaines activités (en général polymérisation du chlorure de vinyle, fabrication de préparations, revêtements, vernis, encre et colles, utilisation de solvants dans la chimie fine pharmaceutique, nettoyage à sec ou encore nettoyage de surface). - Possibilité d'une alternative aux VLE : le schéma de maîtrise des émissions (SME), qui garantit que le flux total d'émissions de COV ne dépasse pas le flux qui serait atteint par une application stricte des VLE ; toutefois, pour les substances à phrase de risque, la mise en place d'un SME n'empêche pas le respect des VLE. - Il prévoit également la mise en place d'un plan de gestion des solvants (PGS) obligatoire pour toute installation qui consomme plus d'une tonne de solvants par an (avec mise à disposition de l'inspection des ICPE), qui mentionne notamment les entrées et sorties de solvants de l'installation. Si la consommation annuelle dépasse 30 tonnes, l'exploitant doit transmettre tous les ans à l'inspection son PGS et l'informer de ses actions visant à réduire leur consommation. 	Directive n°99/13/CE dite Directive Solvants



Annexe 7 : Liste des indicateurs examinés (de 2002 à 2004)

Les indicateurs examinés dans le cadre du projet sont listés ci-dessous, classés selon le thème traité et les principes d'action concernés. La source des indicateurs est citée dans la colonne de gauche. Les dix indicateurs retenus provisoirement à l'issue de la présente étude sont encadrés et surlignés.

Sources bibliographiques:

- ⁽¹⁾ [15] Région Alsace, 2000 : Inventaire transfrontalier 1997 de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur
- ⁽²⁾ [16] Commission Locale de l'Eau, 2002 : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Ill-nappe-Rhin (SAGE INR)
- ⁽³⁾ Région Alsace, 2004 : Elaboration et application d'une méthode d'évaluation et de suivi du SAGE Ill-nappe-Rhin

- Thème : Diagnostic et acquisition de références -

N°	Nom	Source
A	Principe d'action : Améliorer la connaissance de la contamination des eaux souterraines en OHV	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
A1	Pourcentage de points de mesure où la concentration de 10 µg/l est dépassée pour la somme des concentrations en trichloréthylène et en tétrachloréthylène	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
A2	Pourcentage de points de mesure sur lesquels la présence d'OHV est détectée ou sur lesquels les concentrations dépassent une valeur seuil	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
A3	Tendance pluriannuelle de la concentration totale en OHV ou des concentrations de chaque substance: accroissement, stabilité ou diminution	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
A4	Evolution des concentrations en OHV sur les points de mesure contaminés	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
A5	Pourcentage de sites pollués par les solvants chlorés par rapport au nombre total de sites recensés	<i>APRONA 2004</i>
B	Principe d'action : Connaître les flux manipulés [...]	<i>SAGE INR⁽²⁾</i>
B1	Nombre d'établissements utilisant des solvants chlorés et nombre d'établissements ayant diminué leur consommation	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
B2	Nombre d'ICPE soumises à autorisation qui utilisent des solvants chlorés et quantités stockées	<i>APRONA 2004</i>
B3	Nombre d'établissements susceptibles d'utiliser des solvants chlorés de par leur activité et répartition par branche d'activité	<i>APRONA 2004</i>
B4	Quantité d'OHV utilisés par an	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
B5	Quantité de produits vendus par les grossistes	<i>Inventaire 1997⁽¹⁾</i>
B6	Quantité d'OHV utilisés ou vendus (achetés) par an, par type de consommateur	<i>APRONA 2002</i>
C	Principe d'action : Rechercher la destination des produits après utilisation en précisant la répartition dans l'eau, l'air et les déchets	<i>SAGE INR⁽²⁾</i>
C1	Répartition en pourcentage des OHV dans l'eau, l'air, les déchets	<i>APRONA 2002</i>

- Thème : Amélioration des pratiques des professionnels -

E	Principe d'action : Inciter à améliorer le captage et le traitement des solvants avant émission dans l'atmosphère ou à la source. Principe d'action : Rappeler l'obligation de traitements des déchets souillés par les solvants chlorés	<i>SAGE INR⁽²⁾</i>
F	Principe d'action : Faciliter la collecte et le traitement des déchets souillés par des	<i>SAGE INR⁽²⁾</i>



solvants chlorés

E2	Taux de récupération des solvants dans l'industrie, y compris dans les blanchisseries	Inventaire 1997 ⁽¹⁾
F1	Pourcentage de déchets souillés collectés	SAGE INR ⁽³⁾
F2	Pourcentage de déchets récoltés traités dans les filières adaptées	SAGE INR ⁽³⁾
C2	Pourcentage de solvants usés collectés et traités (incinération ou régénération) par la filière adaptée	APRONA 2004
C4	Montant des subventions accordées aux entreprises pour la collecte et le traitement des solvants chlorés usés et/ou pour l'amélioration des process	APRONA 2004

- Thème : Suivi des activités industrielles et artisanales -

H	Principe d'action : Généraliser l'auto surveillance des rejets [...]	SAGE INR ⁽²⁾ - Inventaire 1997 ⁽¹⁾
D2	Taux d'installations classées effectuant l'auto surveillance	APRONA 2002
H1	Taux d'installations classées contrôlées chaque année par des inspecteurs ou par des audits	APRONA 2004
I	Principe d'action : Mettre en place des audits réguliers des activités industrielles et artisanales concernant la gestion des solvants en ciblant en priorité les gros consommateurs	SAGE INR ⁽²⁾
I1	Nombre d'industriels ayant signé un engagement (ISO 14001) et/ou publiant un document "environnement"	APRONA 2002

- Thème : Dépollution des sites et sols pollués -

J	Principe d'action : Poursuivre [...] le traitement de tous les sites à l'aval desquels la concentration totale en trichloréthylène et tétrachloréthylène est supérieure à la limite de qualité pour l'eau potable (10 µg/l) ainsi que la résorption des sites et sols pollués	SAGE INR ⁽²⁾ - Inventaire 1997 ⁽¹⁾
	Principe d'action : Engager les actions de dépollution nécessaires sur les sites présentant un risque pour la nappe	SAGE INR ⁽²⁾
H2	Quantité de polluants (ou de sols pollués) extraits après dépollution chaque année	
E1	Pourcentage de sites pollués par les solvants chlorés et qui ont subi un traitement	APRONA 2004
J2	Pourcentage de sites dépollués et en cours de dépollution par rapport au nombre total de sites contaminés recensés	Inventaire 1997 ⁽¹⁾
J3	Pourcentage de sites ayant engagé une ESR/EDR dans le but d'une dépollution par rapport au nombre de sites restant à dépolluer	APRONA 2004
J4	Nombre de sites où une ESR est prescrite "a priori" par la DRIRE	APRONA 2004
J5	Pourcentage des sites traités à l'aval desquels la concentration en solvants chlorés est supérieure aux normes AEP, OMS ou écotoxicologiques	SAGE INR ⁽³⁾

- Thème : Information et conseil -

L	Principe d'action : Mener des actions préventives d'information, de sensibilisation et de conseil auprès des professionnels et des particuliers	SAGE INR ⁽²⁾ - Inventaire 1997 ⁽¹⁾
L1	Nombre d'éco-guides distribués / re-édités	APRONA 2002
M	Principe d'action : Organiser la collecte des solvants	SAGE INR ⁽²⁾
G1	Pourcentage de la population concernée par les déchetteries où la collecte des déchets dangereux des ménages est effective	APRONA 2004
N	Principe d'action : Mentionner sur tous les produits contenant des solvants chlorés les risques de pollution et les méthodes d'élimination des résidus	SAGE INR ⁽²⁾
N1	Pourcentage de produits ayant inscrit sur leur étiquette les risques de pollution et les	APRONA 2002



- Thème : Risques liés aux pollutions accidentelles -

O	Principe d'action : Dresser l'inventaire des ouvrages de prévention (bassin de rétention) des déversements accidentels de produits dangereux sur la voirie (routière et ferroviaire), évaluer les flux de matières dangereuses transportés	SAGE INR ⁽²⁾
	Principe d'action : Mettre en place des dispositifs de protection sur les axes principaux en intervenant en priorité au niveau des champs captants	
O1	Pourcentage de linéaire d'autoroutes et de routes nationales équipés d'ouvrages de rétention	APRONA 2002
O2	Pourcentage de linéaire de voies ferrées équipés d'ouvrages de rétention	APRONA 2002
O3	Quantité d'OHV transportés par voie routière par an	APRONA 2002
O4	Quantité d'OHV transportés par voie ferroviaire par an	APRONA 2002
O5	Quantité d'OHV transportés par voie navigable par an	APRONA 2002
O6	Pourcentage d'OHV transportés par routes épandus accidentellement	APRONA 2002
O7	Pourcentage d'OHV transportés par voie ferrée épandus accidentellement	APRONA 2002
O8	Pourcentage d'OHV transportés par voie navigable épandus accidentellement	APRONA 2002
H9	Nombre d'événements accidentels impliquant des solvants chlorés (accidents industriels, accidents de la route, etc.)	APRONA 2004
P	Principe d'action : Contrôler l'étanchéité et faire entretenir périodiquement les ouvrages	SAGE INR ⁽²⁾
P1	Pourcentage d'ouvrages de rétention faisant l'objet de suivis et d'entretien réguliers	APRONA 2002

- Thème : Sécurisation des périmètres de protection des captages d'eau potable -

Q	Principe d'action : Renforcer la lutte contre les pollutions accidentelles, chroniques et diffuses par les solvants chlorés à l'intérieur des périmètres de protection des captages d'eau potable	SAGE INR ⁽²⁾
I1	Pourcentage de sites utilisant des solvants chlorés dans un périmètre de protection	APRONA 2004
R	Principe d'action : Réduire les risques liés au transport en périmètre de protection [...]	SAGE INR ⁽²⁾
R1	Pourcentage de linéaire d'autoroutes et de routes nationales traversant un ou plusieurs périmètres de protection de captage d'eau potable	APRONA 2002

Annexe 8 : Description des indicateurs d'état, de pression et de réponse « Solvants chlorés » (état d'avancement au 31.12.2004)

Sont présentés dans cette annexe les indicateurs qui ont fait l'objet d'une recherche avancée en 2004. Leur étude n'est pas achevée, les travaux ayant été interrompus suite à la décision du comité technique transfrontalier de février 2005. La description des indicateurs présentés ci-dessous constitue donc un **état provisoire de construction des indicateurs**.

Zone concernée : Il était prévu de calculer les indicateurs sur l'emprise de la nappe rhénane. Toutefois, pour les indicateurs de pression/réponse, il peut être jugé pertinent d'élargir la zone de calcul en prenant en compte les zones de bordure connectées hydrauliquement à la nappe rhénane (piémont vosgien et Sundgau oriental).

Périodicité de calcul de l'indicateur : selon disponibilité des données: annuelle ou quinquennale pour les indicateurs d'état et annuelle pour les indicateurs de pression / réponse.

<i>Indicateur « OHV_A1 »</i>	<i>Indicateur « OHV_A4 »</i>
Teneur en (trichloroéthylène + tétrachloroéthylène)	Teneur en chloroforme
Pourcentage de points de mesures où la valeur de 10 µg/L est dépassée pour la somme des teneurs en trichloroéthylène et en tétrachloroéthylène	Pourcentage de points de mesure avec des concentrations en chloroforme supérieures aux limites de quantification
Indicateurs d'état	
Principe d'action concerné : Améliorer la connaissance de la contamination des eaux souterraines par les solvants chlorés.	
Interprétation : Les solvants chlorés, de par leur excellent pouvoir nettoyant notamment, sont très présents dans les industries. Ce sont des produits chimiques synthétisés à partir d'hydrocarbures. Ils n'existent pas à l'état naturel. Plus le % de points où ils sont détectés est important, plus la pression polluante sur la nappe est forte.	
Parmi les solvants chlorés, le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène sont les plus couramment utilisés . Leur présence dans les eaux souterraines témoigne donc à la fois d'une pollution diffuse (retombées atmosphériques) et d'une pollution ponctuelle (pollution accidentelle, rejets des industries).	Le chloroforme est de moins en moins utilisé, mais sa présence dans les eaux peut résulter de plusieurs phénomènes, notamment de retombées atmosphériques, de dégradation d'autres solvants chlorés ou encore de la chloration des eaux. Il est représentatif d'une pollution diffuse qu'il est important de connaître. Le chloroforme fait partie de la liste des substances prioritaires de la directive cadre européenne sur l'eau.
Limites d'interprétation : -	
Méthode de calcul, données : Les données utilisées sont celles de l'Inventaire 2003 [15], organisées dans une BD ACCESS à l'APRONA.	
Pour la somme, lorsqu'une des deux molécules n'est pas analysée, le point n'est pas pris en compte. Quant aux valeurs inférieures à la limite de quantification, elles sont remplacées par « 0 ».	Les analyses supérieures à la limite de quantification sont codifiées dans une colonne « Code_valeur » par le chiffre 1. Tous les points dont le « Code_valeur » est égal à 1 sont ensuite sélectionnés.
Règle de calcul : (Nb de points où la limite est dépassée/nb total de points où le TRI et le PER sont analysés)*100.	Règle de calcul : (Nb de points où la limite est dépassée/nb total de points où le chloroforme est analysé)*100.

Objectifs recherchés : La limite de 10 µg/L pour la somme (trichloroéthylène + tétrachloroéthylène) est la limite de potabilité européenne.

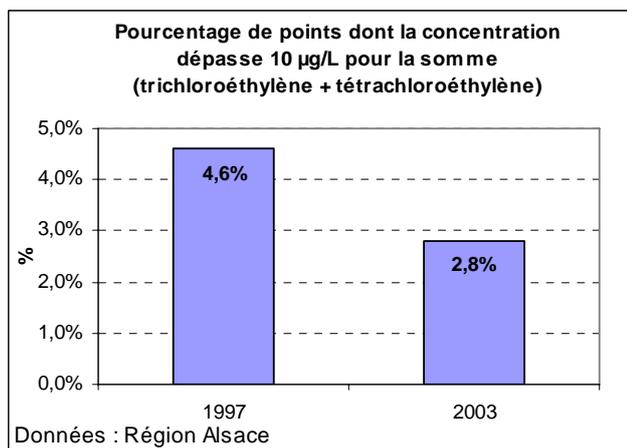
Objectif d'après le SDAGE Rhin-Meuse : d'ici à 2015, aucun point ne doit dépasser la limite de 10 µg/L.

Références bibliographiques : [15], [16]

Législation concernée*: [L1], [L2], [L3], [L4], [L5], [L6]

Résultats Alsace: 4,6 % en 1997 et 2,8 % en 2003.

18 % en 2003



<i>Indicateur « OHV_B2 »</i>	<i>Indicateur « OHV_B3 »</i>
Importance des ICPE	Importance des PME-PMI
Nombre d'ICPE soumises à autorisation qui utilisent des solvants chlorés et quantités stockées	Nombre d'établissements (PME-PMI) susceptibles d'utiliser des solvants chlorés au vu de leur activité et répartition par branche d'activité
Indicateurs de pression	
Principe d'action concerné : Connaître les flux manipulés	
<p>Définition : Une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) est une installation qui peut présenter des dangers ou des inconvénients, notamment pour la santé, la protection de l'environnement ou la sécurité.</p> <p>Les ICPE soumises à autorisation doivent respecter des prescriptions particulières définies dans un arrêté préfectoral d'autorisation. Cet arrêté est établi spécifiquement pour une installation.</p> <p>L'utilisation ou la fabrication de solvants chlorés sont des activités qui peuvent être soumises à autorisation selon les quantités utilisées ou produites.</p>	<p>Les entreprises sont répertoriées au registre du commerce en fonction de leur activité. Chaque activité est codifiée.</p> <p>Des études sur les solvants chlorés ont identifié les activités qui étaient susceptibles d'être à l'origine d'émissions de solvants chlorés. Ce sont donc les entreprises appartenant à ces catégories d'activité qui sont recherchées.</p>
<p>Interprétation : Les ICPE soumises à autorisation sont les établissements qui stockent des quantités relativement importantes de solvants chlorés. Elles représentent donc sur la nappe une pression potentielle importante en terme de rejets dans la nappe ou d'émission de déchets.</p>	<p>Même si certaines PME ou PMI peuvent être des installations classées, un grand nombre de ces entreprises ne sont pas surveillées, et il est important de pouvoir estimer (même approximativement) leur nombre et leur localisation.</p> <p>En effet, elles sont beaucoup moins (voire pas du</p>



L'indicateur permet d'avoir une idée de la quantité minimum de solvants chlorés qui est utilisée sur l'emprise de la nappe.	tout) contrôlées, et le risque de pollution est donc non négligeable, surtout par le biais d'une mauvaise gestion des déchets, ou de mauvaises conditions de stockage des produits. Leur recensement permet donc de compléter l'indicateur B2 , même si cela ne donne pas la quantité de solvants chlorés que cela représente.
Limites d'interprétation : L'indicateur ne prend en compte que les ICPE soumises à autorisation. Les établissements soumis à déclaration ou étant non classés représentent une proportion a priori non négligeable qui n'est pas représentée par le présent indicateur.	Les activités concernées sont établies à partir de la bibliographie. Il se peut donc que certaines des entreprises comptabilisées ne soient pas utilisatrices de solvants chlorés (utilisation d'un autre procédé, moins courant). L'indicateur peut donc être légèrement surévalué. De même, les ICPE recensées dans l'indicateur B2 sont comprises dans B3 , puisqu'elles sont normalement déclarées au registre du commerce.
Méthode de calcul, données : La DRIRE devrait pouvoir mettre à disposition des données informatisées sur les installations classées soumises à autorisation (notamment sur les quantités de produits stockées). Règle de calcul : Nombre total d'ICPE soumises à autorisation utilisant des solvants chlorés par région. Somme de toutes les quantités stockées déclarées, par molécule et par région.	Données des CCI de Strasbourg, Colmar et Mulhouse qui disposent de tous les fichiers des entreprises. La sélection se fait sur les codes NAF. La liste des codes concernés découle d'une matrice simplifiée « Activités / Polluants » établie par le BRGM dans le guide « Gestions des sites potentiellement pollués ». Il faut fournir la liste de ces codes aux CCI, qui fournissent en retour un fichier avec toutes les entreprises concernées. Ensuite, faire une sélection à l'aide d'un SIG des entreprises situées dans la zone d'emprise de la nappe (sélection par commune, car les coordonnées X,Y du site ne sont pas fournies). Règle de calcul : Nombre total d'entreprises correspondant aux activités pouvant être à l'origine d'émissions de solvants chlorés.
Objectifs recherchés : -	
Références bibliographiques : [6], [15], [16] - http://www.alsace.drire.gouv.fr/	[1], [3], [4], [15], [16]
Législation concernée* : [L3], [L4], [L5], [L6], [L7], [L8], [L9]	
Résultats Alsace: Calcul non réalisé	

<i>Indicateur « OHV_A5 »</i>	<i>Indicateur « OHV_E1 »</i>
Importance des sites pollués	Traitement des sites pollués
Pourcentage de sites pollués par les solvants chlorés par rapport au nombre total de sites recensés	Pourcentage de sites pollués qui ont subi ou qui sont en cours de traitement de leurs eaux et/ou de leurs sols
Indicateur de pression	Indicateur de réponse
Principe d'action concerné : Améliorer la connaissance de la contamination des eaux souterraines par les solvants chlorés.	Poursuivre le traitement de tous les sites à l'aval desquels la concentration en solvants chlorés est supérieure aux limites de potabilité ou aux valeurs guide de l'OMS.
Définition : Un site pollué est un site qui présente un risque pérenne, réel ou potentiel, pour la santé humaine	Le traitement des eaux ou des terres polluées permet de réduire la pollution des sites industriels. Sont

ou l'environnement du fait d'une pollution de l'un ou de l'autre des milieux, résultant de l'activité actuelle ou ancienne. Ces sites pollués ou potentiellement pollués sont recensés dans une base de données nationale (BASOL), qui permet de distinguer notamment la nature du polluant impliqué.	concernés ici les sites pollués par des solvants chlorés et dont les eaux et/ou les sols ont subi un traitement (tous types de traitement confondus, c'est-à-dire traitement in situ ou extraction).
Interprétation : Ces sites pollués peuvent être à la source de pollutions ponctuelles importantes. Leur recensement et leur localisation sont donc primordiaux pour une limitation de leur impact sur la nappe. Cet indicateur permet en outre de voir l'importance de la pollution par les solvants chlorés par rapport à l'ensemble des pollutions industrielles.	Les sites pollués sont une source de pollution « à retardement » pour la nappe, notamment lorsque le polluant est retenu sur les particules du sol, ou que la pollution a atteint la nappe et qu'il y a un risque de diffusion du panache. Les travaux de dépollution permettent donc de limiter la pression exercée sur la nappe.
Limites d'interprétation : -	
Méthode de calcul, données : Les données utilisées sont celles de la base de données BASOL de la DRIRE. Les sites alsaciens (tous types confondus) qui se situent sur la zone « emprise de la nappe + zones de bordure » sont sélectionnés à l'aide d'un SIG. Puis une sélection par rapport au polluant identifié est réalisée. Le champ correspondant aux solvants chlorés s'intitule « POLLU_17 ». La sélection comprend tous les sites dont ce champ est égal à 1. Règle de calcul : (Nb de sites où un solvant chloré a été identifié comme polluant/nb total de sites pollués)*100.	Données de la base de données BASOL. On ne travaille que sur les sites recensés dans l'indicateur A5. Les champs concernant les traitements sont intitulés « TRTEAU_ », « TRTSOL_ » et « TRTTER_ » avec un numéro selon le type de traitement. Il faut compter le nombre de sites où au moins un de ces champs est égal à 1. Règle de calcul : (nb de sites traités ou en cours de traitement/nb total de sites contaminés)*100.
Objectifs recherchés : -	D'après le SAGE III-Nappe-Rhin : 100 % des sites traités d'ici 2015 ans.
Références bibliographiques : [5], [6], [15], [16] - http://www.alsace.drire.gouv.fr/ - http://basol.environnement.gouv.fr/ - http://www.fasp.info/	[6], [15], [16] - http://www.alsace.drire.gouv.fr/ - http://basol.environnement.gouv.fr/
Législation concernée* : [L3], [L4], [L5], [L6], [L7], [L8], [L9]	
Résultats Alsace: en 2003, 29 sites pollués sur un total de 153 sites recensés sur la nappe, soit 19 % .	2003: 62 % .

<i>Indicateur « OHV_C2 »</i>	<i>Indicateur « OHV_C4 »</i>
Collecte et traitement des solvants usés	Subventions accordées pour la collecte et le traitement
Pourcentage ou quantité de solvants chlorés usés collectés et traités (incinération ou régénération) par la filière adaptée	Montant des subventions accordées aux entreprises pour la collecte et le traitement des solvants chlorés et/ou pour l'amélioration des process.
Indicateurs de réponse	
Principe d'action concerné : Inciter à l'utilisation de nouveaux produits non chlorés, à la réduction des quantités utilisées, ainsi qu'à la bonne gestion des déchets.	Inciter à l'utilisation de nouveaux produits non chlorés, à la réduction des quantités utilisées, ainsi qu'à la bonne gestion des déchets
Définition : Les solvants, une fois usés, doivent être	Afin d'inciter les entreprises à une bonne gestion de



<p>recupérés pour être traités. Ils se présentent alors sous différentes formes possibles : liquides ou résidus sur supports tels que chiffons, papiers, etc.</p> <p>Le traitement peut lui aussi varier. La régénération interne consiste en une machine en circuit fermé qui utilise le solvant et qui le régénère afin de pouvoir directement le réutiliser. Il est également possible de donner les solvants à une entreprise spécialisée dans le traitement. Ils seront alors soit incinérés, soit régénérés.</p>	<p>leurs déchets ou à l'utilisation de nouveaux procédés moins polluants, les institutions peuvent verser des subventions (pour l'aide à la décision ou encore l'aide aux investissements).</p>
<p>Interprétation : La gestion des déchets est réglementée ; une mauvaise gestion peut être à l'origine de pollutions (décharge sauvage, rejets dans les égouts, etc.). L'utilisation des filières de traitement adaptées permet donc de limiter la « fuite » des déchets dans la nature, et réduit donc la pression polluante sur la nappe.</p>	<p>Améliorer la gestion des déchets et promouvoir de nouveaux produits ou techniques font partie des moyens de lutte contre la pollution.</p>
<p>Limites d'interprétation : Une baisse des quantités traitées ne veut pas forcément dire dégradation de la gestion des déchets, car cela peut aussi vouloir dire que les quantités utilisées diminuent. Il serait donc préférable de pouvoir avoir le % et non la quantité. Le « % » est plus difficile à obtenir car il faudrait alors connaître la quantité initiale de solvants chlorés utilisée sur l'ensemble de la région.</p>	
<p>Méthode de calcul, données : Données de l'AERM, de l'ADEME ou des industries de traitement. Règle de calcul : à voir selon le type de données disponibles.</p>	
<p>Objectifs recherchés :</p> <p>D'après le SAGE III-Nappe-Rhin : 80 % des déchets souillés collectés d'ici 2007 et 100 % des déchets récoltés dans les filières adaptées d'ici 2010.</p>	
<p>Références bibliographiques : [3], [15], [16] http://www.ademe.fr/entreprises/dechets/default.htm</p>	
<p>Législation concernée* : [L3], [L4], [L6], [L10], [L11], [L12]</p>	
<p>Résultats Alsace: Calcul non réalisé</p>	

<p><i>Indicateur « OHV_G1 »</i></p> <p>Collecte des déchets dangereux des particuliers</p>
<p>Pourcentage de la population concernée par les déchetteries où la collecte des déchets dangereux des ménages est effective</p>
<p>Indicateur de réponse</p>
<p>Principe d'action concerné : Développer la collecte des solvants pour les particuliers</p>
<p>Définition : Certains secteurs géographiques bénéficient d'une collecte des déchets dangereux, tels que les restes de peintures ou de solvants, de produits phytosanitaires, les batteries ou autres huiles de moteur. Certains habitants peuvent donc avoir accès à ces voies d'élimination alors que d'autres non.</p>
<p>Interprétation : La pollution diffuse par les solvants chlorés peut aussi être le fait des particuliers. Il a été estimé que les usages grand public des solvants chlorés représentaient 10 % de la consommation totale de solvants chlorés en France (données de 1992, [4]).</p> <p>En effet, même si la principale émission de solvants par les particuliers se fait via les émissions atmosphériques au moment de l'utilisation, les déchets sont aussi une voie de pollution à prendre en considération. En l'absence</p>



de collecte spécifique pour les déchets dangereux, les particuliers peuvent les éliminer par le biais de la collecte « classique » ou pire encore, via les égouts ou les cours d'eau. Même si aujourd'hui, les produits à usage grand public ne contiennent a priori plus de solvants chlorés, il reste encore des produits (notamment de bricolage) en circulation, dont il faut s'assurer que l'élimination se fera via les bonnes filières.

Plus la proportion d'habitants qui sera concernée par ces collectes sera grande, plus le risque d'élimination des solvants par le biais de filières non adaptées diminuera.

Limites d'interprétation : La présence d'une collecte des déchets dangereux n'implique pas systématiquement l'élimination des produits via cette collecte. Il se peut en effet que les habitants utilisent toujours la voie usuelle d'élimination des déchets ménagers.

Méthode de calcul, données : cf ADEME (bilan régional déchetteries), Chambre de Consommation d'Alsace (La réalité sur les déchets en Alsace, étude 2001) ou les Départements.

Règle de calcul : (nombre d'habitants concernés par la collecte des déchets dangereux/nombre total d'habitants)*100.

Objectifs recherchés : -

Références bibliographiques : [4], [15], [16]

<http://www.eau-rhin-meuse.fr/>

http://www.ademe.fr/alsace/donnees_d1.html

<http://www.cca.asso.fr/>

Législation concernée* : [L3], [L4], [L6], [L10], [L11], [L12]

Résultats Alsace: Calcul non réalisé

Indicateur « OHV_H1 »

Événements accidentels

Nombre d'événements accidentels impliquant des solvants chlorés et quantités impliquées

Indicateur de pression

Principe d'action concerné : Evaluer les risques d'accidents liés aux solvants chlorés

Définition : Evénement à caractère accidentel survenant sur la zone d'emprise de la nappe ou sur ses bordures. Peut concerner un accident sur site (fuite d'un réservoir ou d'une conduite) ou lors du transport (ferroviaire, routier, fluvial).

Interprétation : Un accident est une pression supplémentaire sur la nappe, même si la pollution est très localisée. Plus le nombre d'accidents est faible, plus la pression sur la nappe sera faible.

Limites d'interprétation : Il faut relativiser l'impact de ces accidents en fonction des quantités de produit concernées.

Méthode de calcul, données : cf BD ARIA du ministère de l'Équipement ou les données de la DRIRE Alsace. Dans le bilan annuel de la DRIRE, il y a le recensement de tous les événements accidentels. Il faut compter le nombre d'événements impliquant des solvants chlorés.

Objectifs recherchés : -

Références bibliographiques : [6], [15], [16] - <http://www.alsace.drire.gouv.fr/>

Législation concernée* : [L3], [L4], [L6], [L7], [L8], [L9]

Résultats Alsace: 1 accident en 2003. Quantité impliquée: 50 kg de solution de trichloroéthylène.

Indicateur « OHV_I1 »

Présence de sites industriels près des captages AEP

Pourcentage de sites utilisant des solvants chlorés dans un périmètre de protection des captages AEP

Indicateur de pression

Principe d'action concerné : Renforcer la lutte contre les pollutions accidentelles, chroniques et diffuses par les solvants chlorés à l'intérieur des périmètres de protection des captages d'eau potable

Définition : Les périmètres de protection sont soumis à un certain nombre de prescriptions, notamment concernant les installations classées.

Interprétation : La présence d'un site industriel à l'intérieur d'un périmètre de protection augmente la probabilité d'une pollution accidentelle. La pression potentielle diminue lorsque la proportion de sites présents à l'intérieur des périmètres de protection diminue.

Limites d'interprétation : La pertinence de cet indicateur sur la lutte contre la pollution diffuse n'est pas avérée. Il s'agit plutôt d'un indicateur de pollution ponctuelle.

Méthode de calcul, données : cf Données de la DRIRE (ou BRGM) et des DDASS. Dépend des sites à prendre en compte : sites BASOL, ICPE à autorisation, à déclaration... ? Il faut dans un premier temps disposer des fichiers géoréférencés des sites industriels (s'ils existent), ainsi que des contours des périmètres de protection. Il s'agit ensuite à l'aide d'un SIG de croiser les deux informations pour contrôler la présence ou non de sites à l'intérieur des périmètres de protection.

Objectifs recherchés : -

Références bibliographiques : [15], [16] <http://www.eau-rhin-meuse.fr/>

Législation concernée* : [L3], [L4], [L6], [L10], [L11], [L12]



*Réglementation :

[L1]	Directive 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine
[L2]	Code de la Santé Publique, articles R. 1321-1 et suivants relatifs aux eaux destinées à la consommation humaine (Décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles)
[L3]	Directive du Conseil n°76/464/CEE du 4 mai 1976 concernant la pollution causée par certaines substances dangereuses déversées dans le milieu aquatique de la Communauté
[L4]	Directive du Conseil n°80/68/CEE du 17 décembre 1979 concernant la protection des eaux souterraines contre la pollution causée par certaines substances dangereuses
[L5]	Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau
[L6]	Code de l'environnement, articles L. 210-1 et suivants relatifs à la protection de l'eau
[L7]	Décret du 20 mai 1953 modifié relatif à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
[L8]	Code de l'environnement, articles L. 512-1 et suivants relatifs aux installations classées pour la protection de l'environnement
[L9]	Arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
[L10]	Code de l'environnement, articles L. 541-1 et suivants relatifs aux déchets
[L11]	Directive du Conseil n°91/689/CEE du 12 décembre 1991 relative aux déchets dangereux
[L12]	Décret n°2002-540 du 18 avril 2002 relatif à la classification des déchets

Annexe 9 : Inventaire des données disponibles en Alsace (état au 31.12.2004)

N° indic.	Nom indicateur	Données nécessaires	Organisme propriétaire	Lieu de détention des données, site web	Contact	Historique des données	Disponibilité	Fiabilité	Fréquence de renseignement	Coût	Format	Traitement des données
A1	Teneur en (TRI+PER)	Résultats d'analyses en µg/L	Région Alsace	APRONA	Laurent SIRY	Depuis 1983	Très bonne	Très bonne	tous les 5 ans env.	aucun	fichier .xls	A traiter
A4	Teneur en chloroforme											
A5	Importance des sites pollués	Données sur le recensement des sites et sols pollués : BASOL	MEDD	DRIRE Alsace (http://basol.environnement.gouv.fr)	cellule Risque sanitaire	Depuis 1994	Bonne	Bonne	Régulière	aucun	fichier Access	A traiter
B2	Importance des ICPE	Liste des ICPE soumises à autorisation. Quantités stockées	DRIRE Alsace				Assez bonne				fichier .xls ?	déjà traitées ?
B3	Importance des PME-PMI	Registre des entreprises par type d'activité	CCI Colmar (secteur Centre – Alsace)				Assez bonne	Assez bonne	Annuelle	20 EUR HT + 0,32 EUR par adresse Forfait technique + 0,19 EUR par adresse		A traiter
			CCI Strasbourg & Bas-Rhin (Dép. 67)									
			CCI Mulhouse (secteur Sud Alsace)									
C2	Collecte et traitement des solvants chlorés	Données sur les déchets	ADEME		A.-M. NISAND P.-R. BOEDEC							
C4	Subventions pour la collecte et le traitement	Données sur les subventions	ADEME ou AERM		ADEME: A.-M. NISAND ? P.-R. BOEDEC. AERM: ?							
D2	Auto surveillance des ICPE	Liste des ICPE pratiquant l'auto surveillance	DRIRE Alsace		cellule Risque sanitaire		Bonne	Bonne	Annuelle	aucun	fichier .xls ?	
E1	Traitement des sites pollués	Données sur le recensement des sites et sols pollués : BASOL	MEDD	DRIRE Alsace (http://basol.environnement.gouv.fr)		Depuis 1994			Régulière		fichier Access	A traiter
G1	Collecte des déchets dangereux des particuliers	Données sur les déchetteries accessibles aux ménages	ADEME ou Chambre de consommation d'Alsace (CCA)		A.-M. NISAND ou A.-J. GRIMM	Données CCA : enquête de 2001						
H1	Evénements accidentels	inventaire des accidents technologiques et industriels (BD ARIA ou données de la DRIRE)	Ministère de l'Equipement DRIRE Alsace	_BD ARIA (http://aria.ecologie.gouv.fr/index2.html) _DRIRE Alsace (bilan annuel)	DRIRE: cellule Risque sanitaire		Très bonne	Très bonne	Régulière	aucun	_Données sur Internet _Données papier	
I1	Présence des sites industriels près des captages AEP	Contours des périmètres de protection	DDASS 67 et 68	DDASS 67 et 68							Fichiers SIG	
		Coordonnées des sites industriels	BASOL, BASIAS, ICPE à autorisation ..									

