



ENSP
ÉCOLE NATIONALE DE
LA SANTÉ PUBLIQUE

RENNES



INSTITUT DE
VEILLE SANITAIRE

Ingénieur du Génie Sanitaire

Promotion 2004

**Délimitation de la zone d'étude autour
de sites industriels**
Etat des lieux et propositions

Nolwenn MASSON

Ingénieur ESMISAB

Lieu du stage : Département Santé Environnement, InVS

Accompagnant professionnel : Frédéric DOR

Référent pédagogique : Rémi DEMILLAC

R e m e r c i e m e n t s

Mes remerciements s'adressent à l'ensemble du personnel du Département Santé Environnement de l'Institut de Veille Sanitaire, pour leur accueil et leur sympathie durant ces quatre mois.

Ils se destinent à l'ensemble des experts qui ont bien voulu consacrer du temps à répondre à mes questions.

Je remercie aussi Edwige Bertrand pour son aide dans la recherche bibliographique.

Enfin, ces remerciements s'adressent à Rémi Demillac, pour son aide dans la préparation du mémoire et à Frédéric Dor, mon référent pédagogique, dont j'ai pu apprécier la patience et les conseils.

A v e r t i s s e m e n t

La réalisation de ce mémoire a nécessité l'interview de plusieurs personnes, majoritairement au travers d'entretiens téléphoniques. Compte tenu des difficultés pour noter l'information au cours de l'entretien, des erreurs sont possibles. Par conséquent, et pour ne pas porter à faux les paroles des personnes interviewées, les références aux entretiens n'ont pas été insérées dans le texte. Seules les supports écrits sont nommés. Les arguments évoqués lors des entretiens ne seront donc pas reliés à leurs auteurs.

De plus, dans le cadre de l'étude bibliographique, quelques dossiers d'étude d'impact des installations classées pour la protection de l'environnement ont été consultés. Par respect de la confidentialité, ils ne seront pas présentés dans ce mémoire.

Sommaire

Remerciements

Avertissement

Abstract

Liste des abréviations utilisées

1	INTRODUCTION	3
1.1	La problématique sanitaire liée aux sites industriels.....	3
1.2	Le potentiel d'exposition.....	4
1.3	La zone d'étude	5
2	OBJECTIFS	7
3	METHODE	7
3.1	Données bibliographiques.....	7
3.2	Réalisation d'interviews	8
3.3	Informations collectées.....	9
4	RESULTATS	10
4.1	Présentation des principales études ayant servi de support.....	10
4.2	Appellations de la zone d'étude	10
4.3	Méthodes de construction	11
4.3.1	Schéma général de construction.....	11
4.3.2	Etapes.....	13
4.4	Critères de construction.....	17
4.4.1	Type d'installation	17
4.4.2	Potentiel de migration.....	18
4.4.3	Domaine de validité d'un modèle de dispersion	21
4.4.4	Concentration dans les milieux	21
4.4.5	Connaissance de la population.	24
5	DISCUSSION	29
5.1	Nécessité d'une zone d'étude	30
5.2	Méthode de construction de la zone	30

5.3	Les données nécessaires.....	31
5.3.1	Connaissance de la source.....	31
5.3.2	Condition hydrologiques, topographiques et météorologiques du site.....	32
5.3.3	Contamination quantitative de l'environnement.....	32
5.4	Association de la population à la construction de la zone d'étude.....	35
5.5	Influence des délais de l'étude.....	38
5.6	Nécessité de transparence.....	38
5.7	Perspectives.....	41
6	CONCLUSION.....	42
	BIBLIOGRAPHIE.....	45
	LISTE DES ANNEXES.....	53

Liste des sigles utilisés

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AFSSE : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Diseases Registry
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CIRE : Cellule Interrégionale d'Epidémiologie
CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
DDSV : Direction Départementales des Services Vétérinaires
DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie et de l'Environnement
EDR : Evaluation Détaillée des Risques
ERS : Evaluation des Risques Sanitaires
ERSEI : Evaluation des Risques Sanitaires des Etudes d'Impact
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
InVS : Institut de Veille Sanitaire
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
ORS : Observatoire Régional de la Santé
SIG : Système d'Information Géographique
UIOM : Usine d'Incinération des Ordures Ménagères
US- EPA : United States Environmental Protection Agency

ABBREVIATIONS

Cd : cadmium
km : kilomètre
m : mètre
Pb : plomb
ppm : parties par millions

1 INTRODUCTION

1.1 La problématique sanitaire liée aux sites industriels

Depuis plus de cent ans, le monde occidental est caractérisé par le développement des industries. Elles ont pu dans le passé s'implanter à proximité d'habitats. La pression urbanistique conduit aussi à la construction de zones résidentielles sur d'anciens sites industriels ou à proximité d'installations anciennes toujours en activité. On compte aujourd'hui près de 70 000 installations jugées dangereuses en France et soumises au régime d'autorisation des installations classées pour la protection de l'environnement. L'inventaire du BRGM a recensé plusieurs milliers de sites industriels pollués, à l'arrêt ou en activité. De part leurs activités, les industries rejettent de nombreuses substances dans l'environnement. Cette pollution est de nature diverse, tant par les substances que par les modes de rejets. Certaines substances sont toxiques pour l'homme.

En France comme à l'étranger, plusieurs situations indiquent la présence d'impact sanitaires locaux attribuables à la pollution industrielle (20). On peut citer la contamination des sols par le plomb autour de fonderies du Nord de la France, qui a eu pour conséquence l'augmentation du saturnisme infantile chez les enfants riverains. Les populations cherchent donc à savoir si des effets sur la santé existent ou sont susceptibles de se produire du fait de leur proximité avec des sites industriels. Pour y répondre, des investigations à caractère sanitaire sont menées autour des installations industrielles (45). Elles peuvent être conduites suite à divers signaux d'entrée : la découverte d'une pollution, l'inquiétude de la population face au constat d'un nombre anormalement élevé de manifestations sanitaires. Le constat a conduit à renforcer l'analyse sanitaire dans le dossier d'autorisation des installations classées et dans le cadre des sites pollués (14) (annexe 1). Les ICPE soumises à autorisation doivent ainsi fournir une étude d'impact comprenant une évaluation des risques pour la santé (ERSEI), depuis la loi de 1976 renforcée par la loi sur l'air et l'utilisation de l'énergie (annexe 2).

L'analyse des relations entre les rejets industriels et la santé de la population riveraine est difficile, notamment du fait des expositions souvent chroniques et faibles et des effets sanitaires peu spécifiques. La connaissance de cette exposition est pourtant l'élément clé qui permet d'asseoir les relations statistiques mises en évidence. L'exposition s'analyse en deux étapes : l'une qualitative a pour objectif de déterminer le potentiel d'exposition de la population ; la deuxième est quantitative et vise à estimer les doses et concentrations

auxquelles sont soumises les mêmes populations. Pour l'étude menée ici, c'est la partie qualitative qui est importante.

1.2 Le potentiel d'exposition

Les polluants industriels peuvent se diffuser dans et hors du site industriel, et sont susceptibles d'entrer en contact avec la population. Le potentiel d'exposition représente les contacts considérés comme plausibles entre les polluants présents dans l'environnement et les populations fréquentant les lieux pollués. L'enjeu de l'analyse est de déterminer ce qui est vraisemblable et ce qui ne l'est pas. Il s'appréhende par la jonction entre les données acquises sur la pollution de l'environnement et les usages des milieux par la population, selon la logique «Source-Vecteur-Cible» (figure 1). Enfin, en chacun des lieux et en fonction des milieux concernés, il analyse les voies d'exposition pertinentes. Les voies sont de trois types : l'inhalation, l'ingestion et le contact cutané (61) (tableau 1).

Tableau 1: Exemple d'éléments permettant d'estimer le potentiel d'exposition d'un site.

<i>Source</i>	<i>Média environnemental et de transport</i>	<i>Point d'exposition</i>	<i>Voie d'exposition</i>	<i>Population potentiellement exposée</i>
Ancien site industriel	Air	Air ambiant	Inhalation	Résidents, travailleurs
	Sol	Habitat résidentiel	Ingestion, Inhalation, Contact cutané	Enfants
		Sur le site	Ingestion, Inhalation, Contact cutané	Travailleurs
	Eau souterraine	Puits privés	Ingestion, Inhalation, Contact cutané	Riverains
		Réseau public		Résidents d'une commune plus éloignée
	Récepteur biologique	Aliments produits localement végétaux	Ingestion	Jardiniers Acheteurs locaux

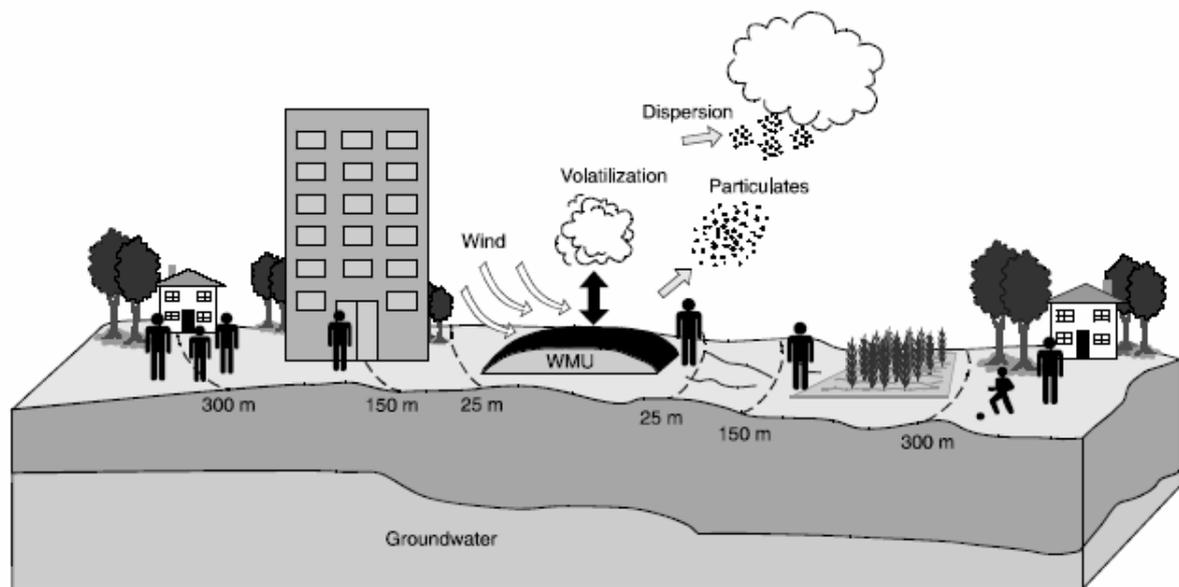


Figure 1 : Schéma conceptuel dans la cadre d'une pollution issue d'une décharge de déchets dangereux (www.epa.gov).

Cependant, la dispersion des polluants dans les différents compartiments environnementaux (air, sol, eau, aliments) est d'intensité variable et s'étend sur une zone plus ou moins éloignée de la source. Il existe ainsi une aire géographique dite sous influence de l'industrie. Une des difficultés tient à fixer les limites géographiques de cette pollution chronique attribuée à l'installation, et à circonscrire la zone dans laquelle peut avoir lieu l'exposition. La deuxième difficulté tient dans la détermination des populations pouvant aller au contact des milieux exposés.

1.3 La zone d'étude

L'idée admise pour toutes les études d'exposition, et par extension des études épidémiologiques et des évaluations de risques, est que pour qu'une personne soit sujette à un risque environnemental, il doit y avoir une voie de transfert entre la source et l'individu (48;49). L'évaluation de l'exposition en santé environnementale demande de se poser la question de l'aire géographique dans laquelle peuvent avoir lieu les expositions attribuables à l'industrie. C'est pourquoi, une zone dite d'étude est mentionnée dans les investigations. La détermination de cette zone d'étude est nécessaire car elle permet d'une part de cerner la population concernée, sa nature, sa taille et des usages des milieux et d'autre part la contamination de ces milieux. Elle fait également partie de l'analyse de faisabilité d'une étude, déterminant sur quel territoire devront être collectées les données permettant d'estimer un impact sanitaire ou de vérifier une surexposition liée à l'industrie. Les études épidémiologiques d'incidence recueillent ainsi les données sanitaires dans une population

géographiquement circonscrite. Dans cet esprit, l'InVS et INERIS considèrent que l'évaluation des expositions commence par la définition de la zone d'influence du site (48).

Cependant, bien que la nécessité d'une zone d'étude semble admise, les moyens pour la déterminer sont actuellement mal caractérisés. Actuellement il n'existe aucune méthode ni aucun guide pour construire une zone d'étude. Les pratiques d'investigation laissent apparaître des méthodes très diverses manquant de justifications étayées. Par exemple, certaines sont délimitées de façon arbitraire, sur la base d'un cercle centré ou d'un carré sur l'installation, de rayon changeant (64). D'autres fixent les zones d'étude selon la proximité immédiate des communes ou de quartiers à un site pollué, sans que le lien avec l'exposition apparaisse clairement (17). On trouve aussi des usages variés de la mesure environnementale (24) et de la modélisation de la dispersion de la pollution (62). Finalement, plus que la variété des zones, le problème réside dans le fait que ces dernières soient peu ou pas argumentées, et de façon très hétérogène. La justification devient plus succincte dès lors qu'il faut tenir compte de l'adéquation entre la zone perçue comme à risque par la population et celle établie par les évaluateurs, surtout en contexte de crise (72).

La construction justifiée d'une zone d'étude est d'autant plus nécessaire que l'évaluation de l'impact sanitaire est suivie de la communication des résultats et de la détermination des actions de gestion des risques qui doivent également être localisés géographiquement (12;55).

C'est pourquoi, il paraît intéressant de faire le point sur la zone d'étude, ses méthodes de construction et les critères mis en avant.

2 OBJECTIFS

Ce mémoire se propose de s'appuyer sur l'expérience acquise dans la réalisation d'études portant sur les risques sanitaires des installations industrielles et des sites pollués afin d'analyser les méthodes de construction de la zone d'étude et de dégager les arguments de sa délimitation. Il s'agira plus particulièrement de répondre aux questions suivantes :

- Une zone d'étude est-elle toujours indispensable ?
- Quelle est la définition d'une zone d'étude ? Peut-on en distinguer plusieurs types, si oui, selon quelle classification ?
- Peut-on identifier un schéma commun de construction de la zone d'étude ?
- Peut-on identifier des critères de construction qualitatifs et quantitatifs ?

3 METHODE

L'expérience en construction de zone peut être extraite à partir d'une revue de publications scientifiques et techniques mais également par la collecte directe d'information auprès de personnes intervenant dans la réalisation d'étude à caractère sanitaire autour de sites industriels. La diversité des études et des experts est privilégiée tant que possible. Cependant, le champ de la pollution industrielle étant large, on l'a restreint aux polluants chimiques.

3.1 Données bibliographiques

La recherche bibliographique a été effectuée en utilisant les bases de données Medline et Pascal. Elle a conduit à obtenir des références de publications dans les journaux scientifiques. Une recherche est aussi faite directement sur le site de certains journaux comme *Archives of Environmental Health*, *Environmental Research*. On recherche les études des relations entre industrie et santé, en dehors des expositions professionnelles.

Les mots clefs utilisés en combinaison sont : « study zone » ; « study area » ; « industry » ; « health » ; « exposure » ; « vicinity » .

Les sites Internet d'institutions françaises et étrangères en santé environnementale sont aussi consultés afin de compléter l'information au moyen de rapports ou de guides méthodologiques. En effet, les publications scientifiques fournissent souvent des informations partielles sur leurs protocoles d'études. Enfin, de manière privilégiée, les études conduites au sein du département de l'InVS ont été consultées et analysées. Elles ont servi de support principal aux illustrations des réflexions menées dans ce travail.

3.2 Réalisation d'interviews

L'objectif des entretiens est d'obtenir des informations complémentaires ou confortant les données bibliographiques. En particulier on recherche l'opinion des personnes sur la délimitation de la zone. Il s'agit de personnes qui participent directement ou indirectement à la délimitation de la zone d'étude, mais également de celles qui font une lecture critique des études. La liste des personnes interviewées est fournie en annexe 3. Elles appartiennent à des structures variées, afin d'avoir des éclairages diversifiés :

- Services déconcentrés de l'Etat : Les DRIRES (et les DDSV) sont les services en charge de l'instruction des dossiers d'études d'impact des ICPE et des sites et sols pollués. Elles en font la lecture critique mais peuvent demander l'avis des DDASS sur l'étude de l'impact sanitaire. Les DDASS peuvent aussi être en charge d'investigations sanitaires autour des sites industriels, suite aux signaux qui leur parviennent.
- Etablissements publics : Des instituts et agences comme l'InVS, l'AFSSE et l'INERIS peuvent se voir commandé des d'investigations à visée sanitaire ou de soutien méthodologique (71). En particulier l'InVS et les CIREs peuvent être saisies par la DGS ou les DDASS suite à des signaux environnementaux ou sanitaires.
- Bureaux d'études : Ils sont mandatés par les industriels dans le cadre des études à caractère réglementaire ou interviennent à la demande de structures publiques. Certains sont sollicités pour leur compétence particulière en mesure environnementale ou en modélisation de la dispersion de la pollution dans l'environnement.

Les experts de l'Institut de Veille Sanitaire l'InVS ont été rencontrés lors d'entretiens directs. L'entretien est le plus souvent téléphonique, pour les personnes extérieures à l'InVS. Pour guider le déroulement de l'interview, un trame a été construite sur la base d'une étude bibliographique initiale.

3.3 Informations collectées

Une grille est appliquée aux études bibliographiques et aux entretiens. Les données ont été relevées afin d'analyser leur pertinence et leur importance dans la définition de la zone d'étude. Elles concernent :

- le signal d'entrée dans l'étude ;
- le contexte (urgence, pression) ;
- les objectifs de l'étude ; le type d'installation ;
- les données disponibles en début d'étude ;
- les polluants ou agents dangereux ;
- les médias de dispersion des substances ;
- les voies d'exposition ;
- la dimension temporelle ;
- les appellations de la zone d'étude ;
- les méthodes de délimitation de la zone d'étude (dont les outils et les limites) ;
- les justifications pour la construction de la zone.

La trame est similaire pour les interviews. Cependant on recherche une information supplémentaire : la perception des experts sur la délimitation de la zone d'étude. L'interview permet aussi d'obtenir des informations non formulées dans des rapports d'étude ou des publications scientifiques.

4 RESULTATS

4.1 Présentation des principales études ayant servi de support

L'interrogation des bases de données à partir des termes « area » ou « study zone » + « industry » ne donne aucun résultat, montrant le déficit de recherche spécifique à la zone d'étude.

La recherche à partir des autres mots clefs fournit des publications générales dans des revues, pour la plupart à comité de lecture, ou des guides méthodologiques portant sur les méthodes d'évaluation de risque.

La présentation des principales investigations effectuées par l'InVS donne un aperçu de la diversité des situations étudiées (annexe 4). L'accès aux rapports sources permet d'obtenir plus d'informations que la littérature scientifique dont les informations sont partielles. Les types d'études sont : des études épidémiologiques, des évaluations des risques sanitaires, des études d'exposition, des diagnostics environnementaux. Elles sont à caractère descriptif. Elles portent sur des polluants différents, principalement chimiques et physiques. La collecte des études a tenté de concerner plusieurs milieux de dispersion de la pollution (air, eau, sol, aliments) et des médias d'exposition variés (inhalation, ingestion, contact cutané). Les populations sont aussi diverses, il peut s'agir de la population générale, des adultes, ou des enfants ou encore d'individus avec un comportement particulier. Enfin les études portent principalement sur des expositions et des risques chroniques. Elles concernent des installations en activité, à l'arrêt ou en cours d'implantation.

Ces situations sont confortées et enrichies par les données extraites de la littérature scientifique (rapports d'études et articles scientifiques) et des entretiens téléphoniques. La volonté n'est pas d'être exhaustif mais d'avoir une vision large et diverse.

4.2 Appellations de la zone d'étude

A la lecture des différents documents, on recense plusieurs appellations :

La « zone d'investigation » correspond au territoire sur lequel ou sont collectées les données qualitatives ou quantitatives permettant de caractériser la situation en terme d'extension de pollution et de population concernée.

La « zone d'exposition » correspond au périmètre géographique sur lequel on considère que l'exposition des populations est susceptible d'exister. C'est l'appellation présente dans la majorité des cas. Elle est parfois accompagnée de la mention « potentielle ». Par exemple, pour les sites et sols pollués, on appelle zone d'exposition « une parcelle de sol affectée à un usage donné et dont l'occupation au cours du temps est homogène » (59).

La « *zone de diagnostic environnemental* » ou « *zone d'investigation environnementale* » correspond au territoire sur lequel sont effectués des prélèvements et des mesures environnementales (4;52).

Le « *domaine d'étude* » correspond à l'aire géographique sur laquelle est réalisée une modélisation de dispersion des polluants (5);(21). Il peut lui-même être issu d'une première modélisation simple.

La « *zone sous influence*[du site] » correspond au périmètre contaminé par les rejets industriels, sur une distance variable selon la diffusion depuis la source. Les territoires peuvent être concernés par la pollution attribuable à une seule source industrielle ou bien correspondre à l'aire géographique sous influence d'un bassin industriel (23;30;58). Ils peuvent être définis selon la pollution totale de l'industrie ou un agent (ou une famille de substances) (24) ou selon un média de dispersion (13;15).

Dans les évaluations de risque pour l'étude de l'impact des ICPE, le territoire d'étude correspond à la « zone pouvant être touchée par le projet » (Circulaire DGS n° 2001/185 du 11 avril 2001 relative à l'analyse des effets sur la santé dans les études d'impact).

La « *zone impactée* » correspond au périmètre géographique dont la contamination est liée aux rejets industriels et dont les niveaux de contaminations sont supérieurs à un seuil jugé comme significatif (42).

La « *zone susceptible d'être à risque* » ou « *zone d'exposition à risque potentiel* » est désignée comme le territoire où les concentrations dans les milieux sont reliées à un niveau de risque jugé comme inacceptable, par exemple un seuil réglementaire de contamination des milieux. Elle correspond aussi à l'appellation classique de la zone sur laquelle sera effectuée l'évaluation quantitative du risque, dans le cadre des ERSEI (31).

4.3 Méthodes de construction

4.3.1 Schéma général de construction

La construction de la zone d'étude repose majoritairement sur l'étude du potentiel d'exposition, mais peut aussi intégrer des considérations sociales. Elle est souvent itérative et intègre des données de nature variée. Les étapes préalables à la construction effective de la zone d'étude sont l'analyse de la situation et la synthèse des données disponibles. Ces étapes permettent d'appréhender l'éventuelle dimension de santé publique et de formuler les objectifs des études nécessaires pour répondre aux interrogations posées. C'est à partir de ce contexte que s'envisage la construction de la zone dans laquelle la ou les études vont être conduites.

La figure 2 résume les étapes de construction de la zone d'étude.

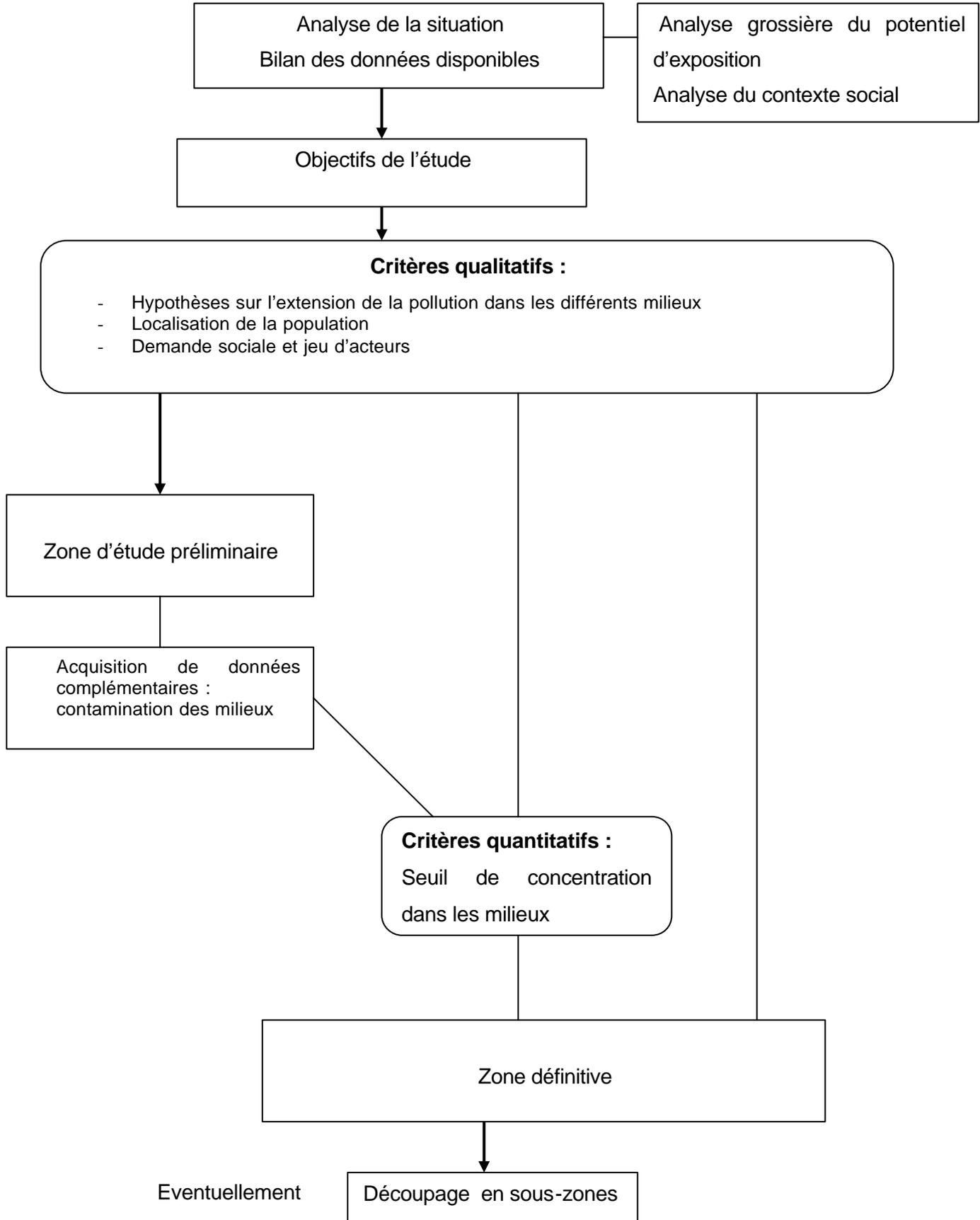


Figure 2 : Schéma général de la construction.

Les deux étapes qui ressortent sont :

- La délimitation d'une zone d'étude définitive d'emblée. Cela correspond à des situations où le niveau d'information est suffisant.
- La délimitation d'abord d'une zone d'étude préliminaire avant que l'acquisition de données complémentaires ne vienne consolider la détermination d'une zone d'étude définitive. Cette deuxième méthode est la plus fréquente.

La qualité et la nature des données disponibles au moment de sa détermination sont influentes : la zone peut être plutôt grossière ou précise. On peut déterminer tout de suite une zone dont la précision est suffisante pour répondre aux objectifs. Une situation plus fréquente est de fixer une zone préliminaire, avant l'acquisition de données complémentaires permettant de délimiter la zone finale. Enfin, des découpages de la zone d'étude en sous-parties sont envisageables.

4.3.2 Etapes

A) Première étape : analyse de la situation et bilan des données disponibles

L'analyse de la situation permet de situer quelle est l'industrie concernée, les substances émises et les principaux médias de dispersion. Par exemple, un incinérateur sera identifié comme émettant dans l'air des substances toxiques comme les dioxines, des métaux lourds et des gaz irritants. La proximité de population à la source permettra d'analyser de façon simplifiée le potentiel d'exposition, soit justifier l'intérêt de mener une investigation. Il est aussi possible d'identifier une sous-population à risque, *a priori*, du fait de la nature de la toxicité des polluants émis. Ainsi, autour d'une fonderie, on supposera d'existence d'une pollution des sols par le plomb et on étudiera en priorité les risques pour les jeunes enfants. Cette analyse initiale permet de formuler des hypothèses qui servent de base à la définition des objectifs de l'étude. Elle permet aussi de se poser la question de l'intérêt d'une évaluation passée des expositions à une installation toujours en activité.

B) Deuxième étape : analyse des objectifs de l'étude

Il semble que les contraintes méthodologiques nécessaires pour atteindre certains objectifs d'étude influencent les choix de construction des zones.

Les objectifs des études peuvent être :

- de répondre à une demande issue de la population sur l'existence avérée ou potentielle d'effets sur la santé attribuables à l'exposition aux polluants issus de l'installation. Si l'on souhaite prendre en compte toutes les préoccupations de la population, il faudra envisager l'intégration à la zone de lieux pour lesquels les populations sont inquiètes.

- d'évaluer les liens à des expositions actuelles, passées ou futures, selon la connaissance de l'installation. La préoccupation sanitaire peut être reliée à la taille de la population concernée, plus qu'au risque considéré comme modéré (26).
- d'évaluer l'existence d'effets pour une sous-population à risque, comme par exemple les enfants.

En fonction de l'étude, il conviendra de réfléchir à l'intégration d'une zone non exposée aux rejets industriels et qui servira de zone témoin.

C) Délimitation d'une zone définitive

Il est possible de disposer d'emblée de données suffisantes pour bien appréhender l'extension de la contamination des milieux et le potentiel d'exposition.

La construction de la zone d'étude nécessite de combiner plusieurs données :

- La connaissance de l'extension de la contamination depuis la source vers les compartiments environnementaux, peut s'appréhender de façon qualitative ou quantitative. L'étude de l'environnement s'établit en deux étapes successives. D'une part la détermination de la zone sous influence directe de l'installation (extension de la pollution du milieu primaire). D'autre part, les possibles transferts à d'autres compartiments environnementaux sont investigués. Ceci peut mener à une extension de la zone potentiellement impactée, via l'intégration des zones sous influence indirecte de la source.
- L'analyse de la population est prise en compte. La localisation permet d'apprécier la cohérence de la limite avec les objectifs de l'étude. Lorsque toute la population est située à l'intérieur de la zone impactée, la zone n'est pas modifiée en regard de l'analyse environnementale. En revanche, lorsque la population est située en limite de zone impactée ou la chevauche, une extension de la zone peut être envisagée.
- La localisation de signaux sanitaires ou des considérations sociales peuvent aussi conditionner la délimitation de la zone.

De plus, on distingue que les études épidémiologiques doivent prendre en compte des contraintes particulières. La forme des zones d'études épidémiologiques est souvent conditionnée par les sources de données exploitables comme les données sanitaires. Si les données sanitaires sont collectives, comme les registres de maladies, l'échelle de précision des données sur la résidence des individus peut imposer la délimitation de la zone d'étude et la précision de l'estimation collective de l'exposition. Pour l'étude du lien entre malformation congénitales et incinérateurs, malgré la caractérisation de l'exposition à partir d'un territoire fortement contaminé par les dioxines, la zone d'étude définitive est délimitée par les communes sous le panache, du fait de la précision communale des

données sanitaires (27). De nombreuses zones d'études sont ainsi définies selon des limites administratives (tableau 2).

Tableau 2: Quelques les limites administratives ou démographiques en étude épidémiologique.

Type de zone administrative conditionnant la zone d'étude	Référence
Commune	(44)
Quartier (ou bloc américain)	(79)
Circonscription électorale	(36)
Unités de suivi sanitaire (ou sous influence d'un registre des cancers)	(9;12)
Périmètre scolaire	(25)

L'analyse de ces différentes informations est combinée afin d'assurer une cohérence dans la délimitation de la zone.

D) Délimitation d'une zone d'étude préliminaire

Il est fréquent qu'en début d'étude les données disponibles soient peu nombreuses. Les auteurs construisent alors une zone d'étude dite préliminaire, qu'ils pourront réévaluer au fur et à mesure de l'acquisition des données complémentaires jugées indispensables dans le cadre de l'étude.

Les données manquantes concernent le plus souvent la contamination des milieux. Cependant, elles peuvent aussi concerner les usages des milieux par la population. C'est pourquoi, les auteurs construisent une zone d'étude préliminaire, assez grossière, sur la base des données disponibles. Puis ils réévaluent la zone initiale après l'acquisition de données manquantes, souvent des niveaux de contamination. La zone d'étude définitive sera le résultat d'une extension ou d'une réduction de la zone initiale.

La zone préliminaire est déterminée sur la base d'informations qualitatives avant une campagne de mesures environnementales ou de modélisation. Elle permet d'ailleurs d'identifier les milieux pour lesquels il est nécessaire de disposer d'information sur leur contamination. Elle peut résulter d'une modélisation de la dispersion des rejets qui permet d'orienter d'éventuelles mesures environnementales. Le domaine d'étude des modélisations de la dispersion des polluants atmosphériques peut aussi correspondre à une zone préliminaire (50). Cette zone est souvent élargie pour intégrer des zones témoins ou de référence, non impactées par la pollution (48;59).

Le recours à la délimitation d'une zone préliminaire est aussi fréquent dans les contextes accidentels ou de découverte d'une pollution élevée, lorsque l'existence d'un risque est avérée ou très probable et que la prise de mesures de gestion ne peut être retardée. Un exemple est la détermination des zones après un accident industriel. Une zone grossière est définie sur la base des quelques informations disponibles. Elle permet de prendre des

mesures conservatoires comme l'évacuation d'une zone ou des restrictions d'usage de milieux supposés contaminés, notamment l'eau, ou la consommation de produits végétaux cultivés dans le périmètre (73). Une zone plus affinée est construite dans un second temps, afin de réévaluer les risques et d'adapter les mesures.

On trouve cette démarche dans l'évaluation du risque lié aux dioxines de l'incinérateur de Gilly-sur-Isère. Des mesures de dioxines dans les produits animaux indiquent de forts dépassements des valeurs réglementaires, dans une zone de diagnostic de 5 kilomètres. La Direction des Services Vétérinaires prend donc la décision d'interdire la consommation de ces produits dans ce périmètre. Cependant, la forte contamination initiale fait penser que la contamination s'étend au delà. Par conséquent, des zones sont établies autour de la zone initiale, sur des critères simples. Y sont menées des mesures de surveillance et de contrôle (51). L'évaluation fine de l'impact sanitaire est effectuée plus tard, et conduit à construire une zone plus précise.

E) Découpage de sous-zones

La zone d'étude peut être découpée en des sous-zones. Pour exemple on recherchera à déterminer le territoire sur lequel un dépistage de plombémie doit être effectué, selon les hypothèses formulées sur l'existence d'une surexposition à risque sur cette zone. Il permettra d'identifier les populations à risque afin de mettre en oeuvre une prise en charge sanitaire.

Notamment, les auteurs isolent fréquemment une sous-zone considérée comme la plus contaminée de la zone d'étude (15). En fonction du résultat obtenu, l'investigation sera ou non étendue à l'ensemble de la zone définie initialement.

Ainsi pour l'évaluation de la sur-imprégnation au cadmium autour de la fonderie TLM, les auteurs élaborent une zone d'étude, basée sur la zone impactée en contact avec la population, mais évaluent la surexposition chez la population résidant dans une sous-zone, soumise aux plus fortes concentrations. En l'absence de sur-imprégnation, le dosage individuel n'est pas étendu au reste de la zone (68). Le dépistage du saturnisme autour des fonderies de Noyelles-Godault repose sur la même démarche, mais les fortes plombémies mesurées ont conduit à un élargissement progressif du périmètre de dépistage, inclus dans la zone d'étude définie initialement.

Un raisonnement proche est communément utilisé pour les évaluations des risques sanitaires. Il est lié à l'évaluation itérative des risques. Une première estimation du risque repose sur la concentration maximale mesurée sur tout le territoire, ou éventuellement sur une concentration moyenne dans une zone circonscrite comme fortement contaminée. Le calcul peut être mené indépendamment de la possibilité d'une exposition réelle, soit même en cas d'absence de contact, sur la base de scénarios majorants standards. Si ce calcul

majorant conduit à un risque inacceptable, alors un deuxième calcul est mené, sur la base de données plus réalistes comme la concentration moyenne sur la zone ou les niveaux en des lieux réellement fréquentés.

En épidémiologie, la zone de surexposition peut être découpée sous-zones, permettant de classer la population selon une intensité d'exposition croissante (30;79). L'hypothèse étant que plus le contraste d'exposition est élevé, plus on a de chances de montrer qu'un risque supplémentaire est lié à l'exposition aux polluants de l'industrie (76).

Des sous-zones sont aussi découpées selon les voies d'exposition étudiées. Ainsi, l'évaluation du risque autour d'un incinérateur en contexte urbain, où seule l'inhalation est prise en compte, s'effectue dans un rayon de 2 kilomètres alors que l'étude de l'impact d'une exposition par ingestion s'effectue pour des zones rurales jusqu'à 20 kilomètres selon la Société Française de Santé Publique.

L'évaluation étant conduite à des fins de gestion, la zone d'évaluation des risques pourra être suivie d'une zone de gestion, sur lequel les risques sont avérés. C'est souvent une sous-partie de la zone d'étude (51;53).

4.4 Critères de construction

Pour délimiter la zone, les auteurs se basent sur des critères qui peuvent être utilisés seuls ou en combinaison. Ces critères s'appuient eux-mêmes sur une donnée particulière ou sont le résultat de la combinaison de plusieurs données (annexe 5).

4.4.1 Type d'installation

Le type d'installation ou de source de pollution permet de caractériser de façon qualitative l'extension de la contamination, au travers de la distance de dispersion des polluants dans le milieu principal. Cette dernière se base sur des hypothèses formulées a priori sur les substances émises, la connaissance des modes de rejet et les milieux de récepteurs primaires ou principaux. Ces hypothèses peuvent être étayées par le dossier d'étude d'impact, dans le cadre d'une installation classée. Ainsi, pour les installations de combustion, le milieu récepteur principal est l'air et l'étude devra évaluer l'impact des émissions atmosphériques, via les immissions mais aussi les retombées au sol.

La distance peut être obtenue de deux façons. Premièrement, à partir d'une revue de la littérature sur ce type d'installation, des distances d'impact dans les milieux de rejet peuvent être relevées. Elles peuvent faire ou non la distinction entre la zone sous influence des rejets canalisés ou diffus. L'hypothèse des auteurs est la transcription possible d'une expérience reportée pour un même type d'installation. Les caractéristiques propres à l'installation ne sont pas prises en compte en général. Pour exemple, Elliot et al, se basent

sur la distance de 2,5 km établie par une étude de l'OMS pour déterminer la zone de dispersion des polluants depuis une décharge (33). Les rejets atmosphériques diffus des fonderies n'impacteraient pas le sol par la plomb au delà de 500 m selon une étude récente (41) et 800 m pour une plus ancienne (56). Les rejets diffus de butadiène concerneraient une zone impactée en proche limite de l'installation émettrice (16). Une cimenterie peut impacter à des distances supérieures à 50 km du site, alors que la distance d'impact d'un incinérateur est communément fixée à une dizaine de kilomètres (74). Pour les dioxines des incinérateurs, la zone dans laquelle les expositions par inhalation sont possibles serait comprise dans un rayon de 2 km alors que l'exposition par ingestion d'aliments contaminés serait significative dans un rayon de 5 km (75). Cependant, pour un même type d'installation, la littérature peut indiquer des distances différentes, car les caractéristiques de l'usine et les conditions environnementales locales (topographie, météorologie) sont susceptibles d'être différentes. Le choix d'un rayon contient souvent une part de jugement arbitraire. Au final, les zones obtenues sont des cercles (2;33).

Deuxièmement, le critère du type d'installation est relié par certains auteurs à des limites administratives prises comme élément de justification de la zone. Pour les volets sanitaires des études d'impact, certains bureaux d'étude fixent leur zone *a priori* comme couvrant *au minimum* la distance d'affichage public du type d'installation classée soumise à autorisation, selon la nomenclature des ICPE. Cette approche n'est utilisée que comme point de départ de l'étude, pour déterminer une zone théorique, grossière. Elle n'est pas reconnue par la DRIRE, qui se base principalement sur l'étude du potentiel de dispersion.

4.4.2 Potentiel de migration

Le potentiel de migration permet d'apprécier l'extension de la pollution dans le principal milieu récepteur et son possible transfert à d'autres milieux, de façon qualitative. L'évaluation s'appuie sur les données gouvernant le devenir des polluants dans l'environnement que sont les propriétés physico-chimiques de la substance et les conditions hydrogéologiques, météorologiques ou topographiques du site. Les caractéristiques du mode de rejet, en particulier les flux d'émissions sont aussi des données influentes (annexe 6). C'est la combinaison de ces données qui permet de renseigner ce critère de construction. Au final, cette évaluation qualitative permet de formuler des hypothèses sur l'aire sous influence de l'installation.

- **Capacité de dispersion au sein d'un milieu**

Les propriétés physicochimiques des polluants conditionnent leur mobilité dans les milieux. Associées à la connaissance des flux, elles conduisent à apprécier l'ordre de grandeur de

la dispersion. La mobilité des polluants au sein d'un milieu est un critère important (60). Ainsi, elle permettra d'évaluer si la pollution est susceptible de s'étendre à distance de la source, ou si elle reste confinée au site industriel.

L'évaluation nécessite d'avoir identifié les modes de rejet et les propriétés du milieu récepteur primaire. L'air et l'eau sont considérés comme des vecteurs de pollution à distance.

- **Direction préférentielle du transfert**

Le sens de dispersion des polluants au sein d'un même milieu peut permettre de modifier la forme d'une zone basée sur une distance d'impact. Il permet d'exclure a priori de la zone impactée des zones situées en amont de l'écoulement de l'air ou de l'eau (44). Il sera également en faveur d'une extension de la zone dans la direction préférentielle d'écoulement.

La prise en compte de la dispersion des vents dominants conduit à délimiter une zone qui est rarement un cercle mais plutôt une ellipse (46). La direction des vents est elle-même dépendante de données sur la topographie des lieux, comme par exemple une vallée (29) (annexe 6). De même, le sens d'écoulement des eaux de surface ou souterraines influent sur la forme de la zone. Ainsi, l'étude de la pollution industrielle autour de Salsigne identifie la rivière comme étant contaminée. La zone d'étude suit alors le réseau hydrographique de la rivière, à l'aval des points de rejet.

- **Modélisation simple**

L'étude d'une partie des caractéristiques de la source permet une estimation de la distance de dispersion pour un milieu donné. Pour les incinérateurs, la hauteur de la cheminée associée aux flux canalisés permet d'estimer la distance des retombées maximales au sol. Une modélisation simple de la dispersion, pour les rejets dans l'air ou dans l'eau via un émissaire canalisé fournit la forme de la zone impactée et renseigne sur son étendue et sa distance. La modélisation simple est considérée comme une donnée qualitative car elle permet de juger de l'extension du nuage de polluants mais n'est pas utilisée pour fournir les niveaux de pollution des milieux. Pour un incinérateur, on peut utiliser un modèle gaussien (41). De même, une modélisation simple peut prédire la forme d'un panache d'hydrocarbures dans les eaux souterraines.

- **Transfert entre milieux**

Le potentiel de propagation depuis le milieu récepteur primaire vers d'autres milieux doit être analysé. Le transfert de polluants depuis le sol vers la nappe sous-jacente pourra conduire à intégrer à la zone d'étude toute la surface de la nappe ou le panache issu d'une modélisation simple, soit une possible extension de zone.

Le tableau 3 présente quelques modes de transfert qui peuvent être investigués.

Tableau 3 : Exemples de modes de contamination à partir d'une source de pollution contenue dans le sol.

Milieux contaminés	Mode de transfert à partir du sol
Air	-volatilisation de polluants sous forme gazeuse à partir du sol. -émission de poussières ou de particules du sol dans l'atmosphère -dispersion atmosphérique
Eaux superficielles	-ruissellement, inondations -alimentation par des eaux souterraines contaminées
Eaux souterraines	-lixiviation -battement de la nappe
Sol	-lixiviation -ruissellement, inondations -émission de poussières ou de particules du sol dans l'atmosphère puis déposition sur le sol -émission sous forme gazeuse dans l'atmosphère puis dissolution et dépôt sur le sol -battement de la nappe contaminée
Plantes	-prélèvement par les racines puis transfert vers la partie aérienne de la plante -émission de particules du sol dans l'atmosphère puis déposition sur les feuilles -émission de gaz à partir du sol puis absorption par les feuilles
Animaux	-prélèvement par ingestion, inhalation et contact cutané

Concrètement, la détermination de la zone à partir du potentiel de transfert peut-être assez complexe lorsque les substances émises sont nombreuses et les modes de rejet variés. Certains auteurs se basent sur la substance qui a la capacité de se disperser le plus et selon le milieu contribuant le plus à la dispersion. Ainsi, lorsqu'une même famille de substances est émise, avec un comportement dans les compartiments environnementaux

similaire, la zone d'étude peut être établie selon la substance dont le flux est le plus important. En effet, la présence d'une substance dans un milieu est en relation directe avec la quantité émise à la source (60). Le concept de décroissance de la contamination selon l'éloignement à la source conduit à considérer que le polluant dont les flux à l'émission sont les plus élevés est celui qui va se disperser à des niveaux significatifs sur la plus grande distance dans un milieu (28). Ainsi, dans le cadre de l'incinération, de la zone d'étude peut se baser sur l'acide chlorhydrique, traceur du comportement du panache dans l'air (6).

L'étude des différents modes de rejets de la source peut permettre d'identifier qualitativement les milieux qui vont le plus contribuer à la dispersion. Il s'agit le plus souvent de l'air ou de l'eau. Par exemple, bien que les rejets radioactifs d'une usine de fabrication de plutonium aient concerné l'air et les eaux de surface (rivière), l'élément retenu par les auteurs pour déterminer la zone d'exposition de la population est la zone impactée reposant sur les retombées des particules au sol. L'argument est que l'air est le vecteur dont la dispersion la plus étendue et donc le seul milieu permettant d'inclure toute la population exposée, indépendamment des autres modes d'exposition (44).

4.4.3 Domaine de validité d'un modèle de dispersion

Le domaine de validité d'un modèle peut être utilisé. Il permet d'indiquer jusqu'à quelle distance le calcul des concentrations peut être considéré comme juste. Il repose sur l'incertitude de la prédiction en fonction de la distance à la source. Ce domaine de validité est propre à chaque modèle et peut être un des critères de choix du modèle.

Ce critère a été retenu lors de l'évaluation des risques d'une unité de grande combustion. Un premier domaine d'étude a été obtenu par une modélisation simple de la dispersion, en fonction de la hauteur de cheminée, des flux, de la météorologie et de la topographie. Une première zone d'étude délimitant la zone de plus fortes retombées est établie. Or, cette étude visait à estimer l'impact de l'installation sur toute la population pouvant être exposée (aspect de santé publique). La localisation d'agglomérations en proche limite extérieure de cette première zone a conduit à s'appuyer sur le domaine de validité du modèle, élargissant la zone ou domaine d'étude (15).

4.4.4 Concentration dans les milieux

Les auteurs se fondent le plus souvent sur une approche quantitative de la pollution des milieux pour circonscrire la zone. La quantification de la contamination permet de circonscrire avec plus de réalisme l'extension de la contamination, en s'appuyant notamment sur des niveaux de référence.

Les données quantitatives sont issues de la métrologie environnementale ou de modélisation (28). Elles peuvent être disponibles en début ou être générées en cours

d'étude. Dans ce second cas de figure, une zone préliminaire, qualitative, sert souvent de base à un plan d'échantillonnage.

La délimitation de la zone impactée se base sur la comparaison des niveaux mesurés ou modélisés avec une valeur repère ou un rapport de concentration. A partir d'une certaine distance, en général, la décroissance de la contamination est importante et l'impact de l'installation est jugé négligeable. Pour la majorité des évaluateurs, se pose alors la question du lien entre la contamination des milieux, l'exposition et la santé des populations. L'exposition sur les zones impactées est considérée comme à risque au delà d'un seuil de concentration (38). Ainsi, lorsque la concentration environnementale est inférieure à la valeur repère, le compartiment n'est pas retenu dans la zone d'étude. Le niveau repère permet de circonscrire une zone d'impact afin de proportionner l'étude aux résultats que l'on souhaite mettre en évidence et rester cohérent face à un possible risque sanitaire.

En fonction du repère utilisé, la zone d'étude sera celle sous influence des rejets ou constituera la zone où une surexposition est significative, voire à risque. Les différents repères sont :

- Le retour au bruit de fond : il permet d'établir la limite de la pollution attribuable à l'installation. Le bruit de fond est idéalement local, pouvant être déterminé lors de la campagne de mesure. La détermination d'un bruit de fond local peut être difficile lorsque l'installation est présente dans un environnement industriel (bruit de fond anthropique). Les auteurs utilisent alors la littérature pour sélectionner une référence nationale ou des niveaux considérés comme normaux comme les valeurs de source sol. Par exemple, des valeurs de fond en dioxines sont disponibles pour le milieu rural ou urbain. Pour l'UIOM de Gilly-sur-Isère, les communes impactées par les émissions atmosphériques ont été définies si les estimations de concentrations modélisées étaient supérieures à 50 fg/m^3 , valeur habituellement retrouvée en milieu rural.
- Une concentration liée à un excès de risque, issue d'une construction théorique ou expérimentale est parfois utilisée pour circonscrire une zone à risque. La concentration est reliée à un calcul brut de risque, permettant de tracer des courbes iso-risques. La zone est délimitée par rapport au quotient de danger (QD) pour les substances à effets à seuil ou par l'excès de risque (ER) pour les effets sans seuil. Par exemple, pour l'usine TLM, l'INERIS a calculé la concentration en cadmium dans les sols au-delà de laquelle un risque était envisageable, fixée pour la situation locale à 3 mg/Kg de sol (65). Pour les substances à effet sans seuil, la densité de population entre en compte et permet d'obtenir un autre critère : l'Indice Population-Pollution. Il multiplie la densité de population exposée sur une sous-zone donnée, avec les concentrations mesurées ou prédites, et doit au moins être inférieur à 1.

Les seuils de risque peuvent être extraits de la littérature. Pour exemple, des études d'imprégnation des enfants aux métaux lourds peuvent fournir des niveaux indicateurs de surexposition(3;65). Ainsi, le seuil de 200 ppm dans le sol a été jugé comme un bon estimateur d'un risque de surexposition au plomb des enfants autour de la fonderie de Noyelles-Godault. Il est obtenu grâce aux résultats d'une première campagne de dépistage. Phillipon s'appuie sur des références canadiennes pour fixer les niveaux de plomb à risque liés au sol (69).

- L'absence d'impact est aussi déterminée par le retour à un seuil de qualité dans les milieux. Ce dernier peut être réglementaire ou être une valeur déterminée par des organismes intervenant dans le champ de la sécurité sanitaire comme l'Organisation Mondiale de la Santé ou le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Selon la construction du seuil, son dépassement pourra indiquer un possible risque. Ainsi une zone à risque élevé est déterminée selon le dépassement normes AFSSA de contamination des produits laitiers, autour de l'UIOM de Gilly-sur-Isère (47;51). Le dépassement de normes ou de seuils sanitaires pour les mesures dans les végétaux ou les produits animaux par rapport aux recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France est utilisé pour caractériser si les zones de cultures doivent ou non être considérées comme polluées dans deux évaluations des risques liés au plomb attribuable aux fonderies (34);(4).
- Certains évaluateurs se basent sur un rapport de concentration dans les milieux. Il peut indiquer le retour à un niveau d'exposition ou de risque négligeable, soit une atténuation d'un facteur 1/10 ou 1/100 de la référence (valeur de qualité des milieux ou excès de risque pour un effet à seuil ou sans seuil). La volonté des auteurs est de pouvoir fixer une limite protectrice pour la population, en considérant même les individus pour lesquels le risque est négligeable. Pour exemple, la zone de retombée des dioxines au sol est restreinte à la zone telle que l'excès de risque par ingestion est inférieur à 10^{-7} . Une zone agricole n'est pas considérée comme impactée par les métaux lourds si sa concentration est inférieure à $1/100^{\text{ème}}$ de la valeur réglementaire. Au contraire, lorsque les auteurs recherchent une forte surexposition, ils pourront rechercher une concentration deux à dix fois plus élevée que la valeur de référence. Ainsi, pour déterminer la zone à risque autour de l'usine TLM, le seuil a été fixé à 10 ng/m^3 soit 2 fois la valeur recommandée par l'OMS. La zone la plus à risque correspondait au territoire dans lequel les concentrations dans

l'air atteignaient 20ng/ m³ et où les teneurs en cadmium du sol étaient supérieures à 3 mg/kg, valeur calculée par l'INERIS.

- La zone est aussi délimitée telle qu'un certain pourcentage des émissions y soient recueillies. Ainsi, deux zones exposées aux polluants des UIOM sont définies par Lorente et Cordier comme recueillant 50% et 80% des émissions (57). Dans l'approche générique de la SFSP, la zone d'exposition par voie alimentaire aux polluants des UIOM est fixée de 2 à 50 km, sous l'argument que 43% de la masse de polluants émis s'y dépose en moyenne, indépendamment de la nature du polluant, d'après le modèle utilisé (75). La limite peut aussi être fixée là où les concentrations dans le milieu atteignent un pourcentage de la concentration maximale mesurée ou modélisée. Pour exemple, une délimitation fréquente du panache des incinérateurs est le périmètre où les immissions dans l'air sont supérieures à un dixième de la concentration maximale modélisée (6). Le fondement de cette approche est que pour de plus faibles concentrations, l'apport est jugé négligeable par rapport au bruit de la population exposée. Il n'est donc pas pertinent selon les auteurs de calculer le risque pour ces territoires peu impactés (75).

4.4.5 Connaissance de la population.

La caractérisation de la zone où des expositions sont potentielles nécessite de coupler la contamination des milieux et des données sur la population. Ces données sont :

- la localisation de lieux de vie relative au site ou à la zone impactée ;
- la fréquentation de ces lieux ;
- la localisation de plaintes ou de pathologies.

Les critères s'appuyant sur la connaissance de la population et justifiant la délimitation de la zone d'étude sont tributaires de la caractérisation qualitative ou quantitative de l'environnement. La prise en charge des plaintes ou des déclarations de pathologies y est cependant moins liée. Ces critères sont :

- L'analyse du potentiel d'exposition ;
- L'intégrité conservée d'une zone habitée ;
- L'intégration d'un site sensible juste en limite extérieure à la zone polluée ;
- L'intégration d'attentes sociales.

A) Analyse du potentiel d'exposition de la population

La zone d'exposition peut être plus restreinte que la zone sous influence du site du fait de lieux sans contact entre le milieu et la population. Les données nécessaires sont la localisation de la population et des milieux de vie qu'elles fréquentent.

L'analyse du potentiel d'exposition peut conduire à retenir des expositions à distance en raison de transferts de polluants par l'eau. Il peut alors être utile de vérifier la plausibilité du contact afin de ne pas étendre inutilement la zone d'étude.

La proximité au site est un critère important. Les distances de l'installation avec les premières habitations ou communes sont fréquemment consignées pour évaluer les expositions directes. Les individus les plus proches sont considérés *a priori* comme les groupes d'individus les plus exposés. Ceci repose sur le concept général de décroissance de la pollution et de l'exposition par rapport à la source (61). Une commune ou un quartier adjacents à une installation ou construits sur un ancien site pollué peuvent ainsi permettre de délimiter une zone d'exposition probable, en l'absence de mesures environnementales (17;78). A mesure de l'éloignement à la source, le facteur densité prend une importance croissante. Lorsque toute la population est incluse dans la zone impactée, cela ne pose pas de difficultés aux auteurs. Par contre, la question des populations en frontière de zone contaminée est plus difficile. Les auteurs peuvent alors se baser sur d'autres critères.

La zone d'exposition peut être plus large que la zone polluée du fait de la mobilité des individus sur le territoire. On peut ainsi inclure des individus ne résidant pas sur le territoire pollué mais le fréquentant. Les données utilisées pour évaluer l'ensemble des exposés sont la fréquentation des milieux contaminés et les aires d'influence des lieux.

On peut retrouver cette approche de mobilité pour l'étude la contribution des rejets de l'usine de la Hague à l'exposition totale aux rayonnements de la population riveraine. Les populations identifiées comme exposées sont celles des communes situées sous le panache, mode de rejet majeur (contact direct par inhalation ou indirect via l'alimentation). Mais une modalité de contact intermittent est identifiée : la fréquentation des plages contaminées. Des habitants de communes situées hors du panache fréquentent ces plages. Ceci a conduit à mener l'étude d'exposition sur un territoire plus large que la zone contaminée, afin d'intégrer des populations les populations exposées ne résidant pas dans la zone d'influence. La région est retenue comme zone d'étude car toute la population y résidant est susceptible de venir sur les plages.

Un autre exemple concerne l'école maternelle de Vincennes construite sur un ancien site Kodak, qui est supposée être à l'origine de cancer chez les enfants qui la fréquentent au milieu des années 1990. Le périmètre de recherche de cas de cancer et la définition des enfants potentiellement exposés à concerné le quartier Sud de Vincennes, correspondant

au périmètre scolaire de l'école (25). En effet, ce périmètre scolaire permet d'identifier la seule population qui peut être amenée à fréquenter l'école.

B) Intégrité conservée d'une zone habitée

Lorsque la zone impactée est fixée par la distance ou par un niveau de concentration, ce critère peut amener à scinder une commune en deux. L'attitude la plus fréquente est de revoir la limite de la zone par rapport aux limites de la commune, soit en l'incluant et en la considérant comme exposée, soit en l'excluant et en la considérant comme non exposée. L'hypothèse est celle du déplacement aléatoire des individus sur tout le territoire de la commune.

On note que les auteurs peuvent fixer des critères pour inclure une commune chevauchant la zone impactée. L'inclusion dans le périmètre d'étude peut s'effectuer :

-si le centre de plus forte densité de la commune appartient à la zone d'exposition (souvent estimé par le clocher ou la mairie)(57).

-si une partie de son territoire est contaminé, selon un critère (seuil de qualité de milieu (55) ou distance), éventuellement selon la mention d'un pourcentage. Par exemple, dans l'investigation du cluster de Gaillon, une commune est considérée comme exposée si 50% de sa surface est incluse dans le cercle d'étude (39). Ces critères sont utilisés dans certaines études épidémiologiques visant à caractériser la population la plus surexposée, et avec la volonté d'éviter les erreurs de classification entre exposés et non exposés.

Par contre, lorsque l'on souhaite être protecteur, on peut inclure dans la zone des communes dont seule une faible portion de territoire est impactée. Le périmètre de la dernière campagne de dépistage du saturnisme autour de la fonderie Métalleurop dans le Nord-Pas-de-Calais intègre toutes les communes dont une partie des sols a des concentrations supérieures à 200 ppm de plomb, quel qu'en soit le pourcentage.

Enfin, la prise en considération de la cohésion sociale d'un groupe d'habitants peut conduire à inclure toute la zone résidentielle du groupe dès lors qu'une partie semble pouvoir être exposée. Ainsi, certains évaluateurs décident de ne pas scinder un quartier ou une commune en deux parties exposées et non exposées, mais plutôt de considérer que toute la commune est concernée et de délimiter la zone par rapport aux limites des unités démographiques plutôt que par rapport à la contamination des milieux. On trouve cette démarche aux Etats-Unis, dans les études de dites de communautés de l'ATSDR (Community Involvement)(10).

C) Intégration d'un site sensible

On distingue deux catégories de sites considérés comme sensibles :

- les lieux fréquentés par un sous-groupe à risque ou plus vulnérable
- des points de forte densité (communes)

L'intégration d'un site sensible est fréquente lorsque l'étude recourt à une zone préliminaire. Le site sensible peut être intégré avant l'étape de quantification de la contamination, lorsqu'une zone théoriquement impactée a été déterminée. Il peut alors conduire à élargir le domaine vers des lieux de vie situés en limite immédiatement extérieure au territoire impacté, afin de vérifier les niveaux de contamination en ces lieux.

Lorsque l'analyse de l'impact sanitaire prend notamment en charge l'évaluation des effets sur un sous-groupe donné, on considèrera les lieux de vie de cette population sensible. C'est le cas des écoles, des zones résidentielles, des aires de jeux pour les enfants particulièrement sensibles, notamment au plomb (41). La volonté d'atteindre cette population peut ainsi conduire à élargir la zone d'étude vers un lieu sensible en limite extérieure de la zone impactée. Ainsi, il y a élargissement du rayon de la zone d'étude de 800 mètres à 1 kilomètre autour de la fonderie d'Arnas, ce qui permet d'inclure l'école du secteur. Cet élargissement est justifié par la faible confiance dans la campagne météorologique autour de la fonderie d'une part et par la volonté de protection de la population sensible (objectif de santé publique) (34).

Pour exemple, la campagne de mesure des concentrations en plomb du sol superficiel autour de Bourg Fidèle est définie d'après le type d'installation par un cercle de rayon 500 mètres, au delà on suppose que les niveaux seront négligeables. Cependant, l'usine est située en bordure de commune, et la présence de la majeure partie de la population à 850 mètres au nord conduit à un élargissement de la zone d'étude à ces lieux urbanisés (4). De la même façon, la détermination du domaine d'étude d'une modélisation prend souvent en compte la localisation des communes «frontières». Ainsi, si la hauteur de cheminée indique grossièrement que le territoire impacté est situé à environ 10 kilomètres d'un incinérateur, la présence d'une commune à 12 kilomètres entraîne le plus souvent une extension de la zone.

D) Attentes sociales

Des attentes locales d'information peuvent être prises en compte pour la délimitation de la zone d'exposition à risque en étude épidémiologique (17) ou en ERS (31). Les objectifs sont divers :

- apporter la preuve de l'absence d'impact dans les lieux situés en proche limite de la zone, ce qui peut rassurer la population résidant ou fréquentant ces lieux ;
- instaurer une relation de confiance avec la population et les autres acteurs ;

- répondre à l'ensemble de la demande de la population.

La prise en compte de considérations sociales conduit le plus souvent à :

- associer une zone témoin (ou « tampon ») en limite externe de la zone exposée ;
- élargir la zone issue de la connaissance de l'environnement pour inclure un site source d'inquiétude.

Cette attente sociale est essentiellement traduite par l'inquiétude de la population ou de ses représentants. Les exemples suivant en attestent :

- Le périmètre d'investigation environnemental peut aller jusqu'à une commune dont le maire ou des représentants de la population sont actifs, même s'il y a peu de probabilité que la contamination atteigne ce lieu.
- L'élargissement pourra aussi être effectif si la population, le maire ou le préfet formulent des demandes d'investigations en des lieux fréquentés par une population sensible, par exemple des zones fréquentées par des enfants pour des pollutions des sols au plomb.

Le recours à une zone tampon est évoqué pour apporter des éléments de comparaison des niveaux d'exposition entre les communes (ou quartiers) soumises aux plus fortes concentrations et celles plus faiblement impactées. Ces éléments de comparaison servent en particulier aux individus résidant à la frontière externe de la zone délimitée par la connaissance de l'environnement. Par exemple, la zone d'étude ira jusqu'à des niveaux de concentration inférieurs à un pourcentage d'une concentration à risque, comme par exemple $1/10^{\text{ème}}$ ou $1/100^{\text{ème}}$ de l'excès de risque. On trouve ce raisonnement pour l'organisation des campagnes de mesures individuelles de radon, sur la structure géologique d'Oka, au Québec (1).

Une illustration est l'organisation de la campagne de mesure de radioactivité sur dans la, construite en partie sur les terrains d'une ancienne usine de radium. Lors de la prise en charge par les administrations en charges de la santé et de l'environnement de la zone résidentielle de Gif-sur-Yvette l'inquiétude des résidents est déjà grande. Des mesures de radioactivité financées par la collectivité, sont menées mais de façon anarchique. En effet, tout résident inquiet peut obtenir une mesure environnementale à son domicile, sans qu'aucun élément n'indique un possible risque. De nombreuses mesures indiquent une absence de surexposition. Afin de fonder les mesures financées par la communauté sur des éléments objectifs, le groupement scientifique établi un protocole d'investigation de la radioactivité. Il y a mesure sur toutes les parcelles comprises dans le périmètre historique de l'ancienne usine, supposées contaminées. Et une stratégie est mise en œuvre pour identifier les parcelles extérieures polluées. En partant des limites du site, si une parcelle présente un excès de radioactivité, alors il y a mesure dans les parcelles l'entourant,

jusqu'à extinction du signal. Ces parcelles à signal nul constituent des zones tampon ou « bandes de sécurité ».

E) Signaux sanitaires

L'existence de cas avérés ou probables ou de plaintes à proximité d'une source industrielle constitue aussi des données utilisées pour délimiter une zone d'étude (11;59).

La zone est alors délimitée selon la localisation des plaintes. Il s'agit le plus souvent d'une unité démographique (quartier, zone électorale) (36). L'application concerne les expositions chroniques mais aussi post-accidentelles (77). Chaque plainte ou cas est jugé comme étant un estimateur réaliste d'un point d'exposition. Pour exemple les plaintes relatives aux odeurs à proximité de décharges (32) ou de la papeterie de Mennecy (31), associés à la présence de composés organiques volatiles. Pour les décharges, on peut aussi noter les sensations d'irritation.

La délimitation de la zone d'étude s'appuiera ensuite sur la connaissance qualitative ou quantitative de l'environnement. Sera alors analysée la plausibilité de l'influence de la pollution dans la déclaration des plaintes ou des pathologies. S'il n'y a pas adéquation, alors il faudra s'interroger sur l'incrimination de la source environnementale seule. Pour exemple on étudie la proximité au site incriminé : quartiers adjacents (31) ou à moins de 3 kilomètres par exemple (35) ou la situation en aval des vents autour d'une décharge.

5 DISCUSSION

L'analyse de la littérature fait émerger la nécessité de délimiter une zone d'étude. En effet, la quasi totalité des auteurs délimitent l'aire géographique dans laquelle se situe la zone d'étude. En fonction de l'étude et de ses objectifs, les appellations sont variées mais renvoient toutes à une notion similaire : un périmètre, un territoire. Tous les termes semblent justes. Cependant, seule l'appellation zone d'étude est assez générique pour englober tous ces cas de figure. En outre, l'usage d'une appellation n'est pas toujours suivie d'une définition du terme, ce qui peut provoquer des confusions. Ainsi, certains auteurs désignent comme zone d'étude des sous-zones, comme par exemple les territoires sur lesquels la quantification de l'exposition et des risques seront effectués, comprenant souvent les plus fortes concentrations. Une recommandation serait donc de relier chaque appellation à sa définition.

Cependant, aujourd'hui, ce sont principalement les modalités de sa construction et les justifications exprimées qui font défaut. L'implicite est trop souvent présent et peut poser des problèmes notamment pour la communication des résultats.

5.1 Nécessité d'une zone d'étude

L'objectif de l'étude, et en particulier les modalités de réponse à la question peuvent influencer sur la nécessité ou non de déterminer une zone d'étude.

La nécessité d'une zone d'étude peut être discutée pour les études à caractère réglementaire. En effet pour les installations futures, l'absence d'impact peut être prouvée sans qu'une zone permettant d'identifier toutes les populations exposées soit construite. Pour les VSEI des projets d'installation d'ICPE, en l'absence de pression administrative ou publique, l'approche de construction de la zone d'étude est souvent progressive. Cette approche est celle recommandée par l'INERIS (sur le principe de proportionnalité)(48). Ce type de démarche semble fréquent mais n'est pas systématique.

5.2 Méthode de construction de la zone

La méthode de construction de la zone d'étude passe généralement par la délimitation d'une zone préliminaire. Il est important de souligner que les étapes indispensables à la construction de la zone sont l'analyse de la situation et la détermination des objectifs. Elle permet d'appréhender les critères qui serviront à son établissement. Ainsi, les études menées pour apporter une réponse de type santé publique accorderont une plus grande importance au critère de population et à la vérification du potentiel d'exposition que certaines études à caractère réglementaire. L'analyse initiale permet d'identifier les informations dont on a besoin pour établir la zone. Elle permettra de déterminer si une zone intermédiaire doit être construite dans l'attente de l'acquisition de données ou si une construction directe est envisageable.

La zone d'étude peut être plus ou moins complexe, selon la précision souhaitée. Les critères peuvent être combinés de manière plus ou moins complexe :

- 1/ Etude qualitative de l'environnement sur la base du type d'installation seule
- 2/ Etude qualitative de l'environnement (source + direction de transfert)
- 3/ Etude qualitative de l'environnement (source + direction de transfert + transferts secondaires)
- 4/ Contamination quantitative de l'environnement seule
- 5/ Contamination qualitative de l'environnement (1, 2 ou 3) + Localisation de la population
- 6/ Contamination quantitative de l'environnement + Localisation de la population
- 7/ Cas 5 ou 6 + Considérations sociales
- 8/ Etude qualitative de l'environnement (1, 2 ou 3) + Localisation des événements sanitaires
- 9/ Contamination quantitative de l'environnement + Localisation des événements sanitaires
- 10/ Cas 8 ou 9 + Considérations sociales.

Il conviendra de réfléchir aux critères réellement nécessaires à la construction de la zone sous peine d'avoir besoin de données nombreuses et précises. Il ne faut jamais perdre de vue l'objectif de l'étude.

Les critères qui semblent fondamentaux à la détermination de la zone dans toutes les études sont celles relatives à la détermination de la zone sous influence du site comme le type d'installation, le potentiel de transfert et la contamination de l'environnement. La connaissance de la population se révèle aussi indispensable dans la majeure partie des études. Les considérations sociales paraissent plutôt des critères secondaires, qui interviennent surtout dans les investigations des structures sanitaires. Elles sont cependant souvent nécessaires car elles émanent directement de l'inquiétude de la population.

5.3 Les données nécessaires

5.3.1 Connaissance de la source

La connaissance de la source est un critère fondamental. La caractérisation de l'industrie et de ses émissions passées, actuelles ou futures permet de documenter la nature des substances rejetées, leur forme et leur quantité. Ces éléments influent sur la capacité de dispersion de la pollution.

La référence au type d'installation nécessite d'avoir vérifié si les conditions de transcription sont respectées pour utiliser les distances issues de la littérature. Des différences peuvent en particulier être liées :

- à des flux d'émission différents
- à des caractéristiques des émissaires différents (hauteur)
- lorsque les flux de production sont utilisés pour estimer le rejets, à des traitements épuratoires différents.
- à des formes chimiques de substances différentes.

Ainsi, le type d'installation ne permet pas d'aboutir à une zone définitive précise (18). En effet, il ne permet pas de caractériser avec exactitude l'extension de la contamination. L'usage d'un cercle pour estimer la zone impactée par des émissions atmosphériques n'est pas toujours satisfaisant, car la forme des retombées ne ressemble généralement pas à un cercle et n'est pas uniformément répartie (38). En revanche, ce critère est utile pour définir une zone préliminaire, par exemple préalablement à une campagne métrologique ou à une modélisation. Il est d'autant plus utile qu'il permet de cerner de façon rapide la population concernée, lorsque la prise de mesures de gestion doit être effectuée (accident).

5.3.2 Condition hydrologiques, topographiques et météorologiques du site

Elles sont indispensables pour analyser le potentiel de dispersion des polluants dans les milieux. En faire abstraction peut conduire à ne pas identifier une dispersion à distance du site, par exemple via l'eau de nappe ou de rivière, et donc à ne pas prendre en compte une population à distance exposée via ce milieu. En outre, les facteurs environnementaux influencent fortement la forme de la zone impactée. Ne pas les considérer peut avoir pour conséquence de considérer à tort une ville comme exposée ou au contraire, de ne pas identifier des personnes exposées. Si un transfert entre milieu est impossible, par exemple du fait des propriétés du polluant, cela permet de dire que seul le compartiment primaire est impacté et donc la zone d'étude sera délimitée par rapport à ce milieu.

L'analyse du potentiel de dispersion permettra d'identifier les milieux pour lesquels il est nécessaire de disposer d'une information sur leur contamination.

La connaissance de ces conditions est également indispensable pour nourrir les modèles de dispersion. Ainsi on pourra s'appuyer sur leur domaine de validité. Il est cependant nécessaire de s'assurer que le modèle est le plus adapté au contexte local étudié.

5.3.3 Contamination quantitative de l'environnement

La connaissance de la contamination de l'environnement est presque toujours considérée comme fondamentale. En effet, elle permet :

- de juger de l'extension réelle de la contamination des récepteurs primaires, obligatoirement sous influence de l'installation. Ainsi, pour les émissions atmosphériques, on pourra conduire une modélisation pour établir l'extension du panache. La contamination d'un sol par des dépôts sera établie après un diagnostic de sol.
- de vérifier l'occurrence d'un transfert entre deux compartiments. Par exemple on évaluera si la nappe sous-jacente au site est contaminée, au moyen de relevés piézométriques, ou on modélisera les transferts.
- d'établir l'extension de la contamination dans les médias secondaires.

L'obtention de ces données passe par la métrologie et la modélisation. On notera que contrairement à la modélisation qui estime la contamination attribuable à l'installation, la métrologie conduit à connaître la contamination globale des milieux, toutes sources confondues. C'est un point majeur à débattre avant de choisir l'une ou l'autre de ces méthodes.

A) Métrologie

Il apparaît que les données environnementales, en particulier lorsqu'elles reposent sur la métrologie, sont celles qui font le plus souvent défaut pour bien délimiter la zone impactée puis la zone d'étude. Ce sont des données souvent difficile à acquérir et d'un coût élevé.

Il est possible d'obtenir en début d'étude des concentrations environnementales dans les milieux faisant l'objet d'activités de surveillance, soit par l'industriel, soit par des associations agréées. Par exemple, on pourra obtenir des mesures ponctuelles de la contamination de captages d'eau ou des mesures de surveillance de la qualité de l'air. L'exploitation de ces mesures demande d'avoir évalué leur qualité et leur représentativité spatiale et temporelle (7). Certaines activités de surveillance dans des milieux comme l'air ou l'eau pourront être trop ponctuelles pour permettre d'estimer une contamination chronique. D'autre part, les mesures d'autosurveillance disponibles dans les dossiers de certaines installations industrielles renseignent le plus souvent la contamination des milieux sur le site ou en limite immédiate, ne couvrant pas toute la zone susceptible d'être impactée.

La mise en oeuvre d'une campagne métrologique s'appuiera sur la délimitation d'une zone préliminaire. Elle vient plutôt en tant que donnée complémentaire, l'analyse de la situation ayant montré la nécessité de combler de manque de données. Elle sera contrainte par le coût. L'usage de techniques géostatistiques (comme le krigeage), permet d'optimiser le plan d'échantillonnage et notamment de réduire le nombre de mesures nécessaires.

Ces campagnes de mesures ont un double objectif : connaître la contamination de l'environnement et d'autre part estimer l'exposition des populations. Cette double attente doit être claire d'emblée. Ainsi, certaines études d'environnement ne prennent pas en compte la qualité des données nécessaires à une exploitation sanitaire (par exemple, les mesures dans le sol menées à des profondeurs de 20cm alors que l'on recherche les concentrations dans les 5 premiers cm). Les mesures peuvent aussi être menées sur une zone trop restreinte, avec des concentrations si élevées qu'on ne peut pas dire que la contamination est circonscrite à cette zone. Ainsi, pour la fonderie de Ponchardon, les auteurs indiquent que les mesures de plomb dans l'environnement (sol, poussières, végétaux) ne sont pas effectuées sur tout le territoire de la commune et ne permettent pas de délimiter l'aire contaminée et la population affectée (40).

B) Modélisation

Lorsque l'émission des polluants est aérienne, il est possible de circonscire la zone impactée au moyen d'une modélisation des immissions et des éventuelles retombées. La

modélisation doit être utilisée avec précaution, car sa validité dépend de la qualité des données d'entrée. Ainsi, si les flux ne sont pas représentatifs de la situation, la zone peut être trop restreinte ou trop étendue. De plus, les émissions diffuses peuvent contribuer à la majorité des flux. Or, elles ne rentrent souvent pas dans la modélisation.

De plus, elle peut être fautive, et sous-estimer les retombées au sol. On peut donc conclure à tort qu'une zone n'est pas à risque (niveaux inférieurs à un seuil) alors qu'il y a bien excès. Il importe donc de présenter les incertitudes liées à la modélisation.

La détermination des niveaux de contamination est nécessaire pour délimiter la zone à risque. Ainsi, elle permet de circonscrire les terrains contaminés devant faire l'objet de restriction d'usage ou d'une décontamination, soit de déterminer la zone de gestion des risques.

C) Importance de la dimension temporelle

Enfin, si la zone d'étude concerne le champ spatial, il convient de se poser en début d'étude la question de l'importance de la dimension temporelle de l'étude, tant du point de vue des flux de polluants que des modalités d'exposition. L'extension spatiale de la zone d'influence est en effet très liée à la temporalité des émissions de polluants et en particulier des flux. Ainsi, pour les installations dont l'activité est ancienne, qu'il s'agisse de sites à l'arrêt ou toujours à l'activité, les flux de pollutions ont pu évoluer au cours du temps. Les émissions ont pu être plus importantes dans une période passée, impactant l'environnement sur une plus grande distance.

Une étude historique peut se révéler pertinente si les substances sont persistantes dans l'environnement (métaux lourds, dioxines), pouvant donc toujours contribuer à l'exposition actuelle. La modélisation de la zone sous influence des retombées au sol d'un incinérateur en activité depuis plusieurs années doit considérer les émissions passées en plus des émissions actuelles, en appliquant si besoin un coefficient de dégradation des polluants.

Il est aussi important d'identifier les milieux contribuant à l'exposition à un moment donné. Ainsi, autour de fonderies émettant du plomb, les rejets actuels permettent de prendre en compte l'exposition par inhalation. Par contre, l'appréciation de l'étendue et l'importance de la contamination des sols (et donc l'exposition par ingestion de sol) dépend également des rejets historiques dans la mesure où le plomb est peu mobile (41).

D) Confrontation aux seuils de délimitation

Certains critères utilisés pour fixer des limites de la zone sous influence peuvent être discutés. Tout d'abord l'usage d'un pourcentage de la concentration maximale n'a priori pas de sens sanitaire. Il peut être utile pour déterminer une population plus surexposée en épidémiologie ou dans une démarche itérative de calcul du risque en évaluation de risques,

par une première approche majorante. Mais rien n'indique a priori qu'une concentration inférieure à un dixième de la concentration maximale n'est pas susceptible d'induire un risque, notamment pour les effets sans seuil. Ceci explique pourquoi les évaluateurs de risque se basent actuellement plus sur des indicateurs bruts de risques comme les courbes isorisques pour délimiter le territoire devant faire l'objet d'une évaluation de risque que sur des fractions des concentrations maximales.

La difficulté mentionnée par les auteurs réside souvent dans l'absence d'un indicateur de risque adapté à l'usage du milieu et au contexte local d'exposition au moment de l'étude. Ainsi, l'étude de la fonderie de Paimboeuf, se base sur une concentration en plomb dans les sols agricoles pour circonscrire la zone d'exposition à risque, alors que la voie d'exposition principale de la population à risque est l'ingestion directe de sol.

C'est pourquoi il est important de déterminer sur quels éléments ces seuils de qualité de milieux ou ces indicateurs de risque reposent. En particulier s'ils sont basés sur une expérience ou construits. Par exemple, il peut y avoir une différence entre les scénarios d'exposition utilisés pour construire le seuil et la situation locale, ce qui peut conduire à minorer ou majorer le risque et donc influencer sur la taille de la zone d'exposition. Ainsi, pour la contamination du sol par le cadmium autour de l'usine TLM à Marseille, la Valeur de Constat d'Impact fixée à 17,1 mg cd/kg de sol n'a pas été utilisée pour circonscrire une zone à risque du fait des scénarios d'exposition incomplets. Une teneur indicatrice d'excès de risque a été bâtie par l'INERIS, fixée à 3 mg/kg de sol. Cette différence conduit à un passage de la limite de zone impactée de 200 à 300 mètres autour de l'usine (67).

Lorsque les seuils sont issus de la littérature, il est important de vérifier si les conditions de transcription sont respectées. Pour exemple, pour les valeurs en métaux des sols prédisant des niveaux d'exposition interne, vérifier si seul le sol contribue à l'exposition, via l'ingestion ou si d'autres modes d'exposition sont influents dans l'étude mère. On pensera par exemple à distinguer le cas des fonderies toujours en activité, qui peuvent contribuer à une exposition par inhalation et ingestion de produits alimentaires contaminés par les retombées aériennes en plus de celle liée au sol des situations des fonderies ayant cessé leur activité et dont le sol contribue quasi uniquement à l'exposition.

5.4 Association de la population à la construction de la zone d'étude

La connaissance de la population permet d'affiner le potentiel d'exposition et de prendre en compte les signaux sanitaires. Elle est indispensable pour montrer à la population qu'on tient compte de ses préoccupations.

La prise en compte des signaux sanitaires s'utilise préférentiellement en association. En effet, l'analyse du potentiel d'exposition ne requiert que les données environnementales et

celles des usages des lieux par la population. Par contre, les signaux sanitaires peuvent être utilisés pour vérifier la cohérence d'une zone, après mesure ou modélisation, selon la précision attendue des méthodes quantitatives.

L'usage des plaintes est également envisageable pour délimiter une zone préliminaire, par exemple préalablement à une campagne métrologique visant à vérifier l'existence d'une pollution. Ceci est possible lorsque la plainte est liée à une perception sensorielle des substances rejetées (odeur ou irritation des gaz issus de décharge), ou à une manifestation d'un effet sanitaire qui peut être relié à la nature des polluants émis. Les signaux non spécifiques renseignent peu sur la plausibilité d'une exposition.

La prise en compte de la demande locale devient alors un élément particulier pour la détermination d'une zone d'étude. Ne pas considérer cette demande peut nuire à l'acceptation de l'étude par la population qui attend une réponse pour ces lieux sources d'inquiétude. De plus, les résultats de l'étude sont amenés à être présentés à la population. Par conséquent, il est recommandé de tenir compte des lieux considérés comme sensibles par la population et de ne pas les rejeter sans une analyse approfondie et une explication claire. Les résultats des diagnostics d'environnement permettront de déterminer si les lieux sont impactés ou non.

L'intégration de la population présente plusieurs intérêts :

- améliorer la confiance de la population par sa participation à l'élaboration (63) ;
- en corollaire cela permet généralement un accès aux savoirs locaux sur les sources potentielles de contamination ou les modalités d'exposition locales ;
- fournir une réponse adaptée à la demande. C'est à dire, s'il y a questionnement sur l'existence d'un excès de risque (ou d'une surexposition) en un lieu précis, la réponse peut être donnée (présence ou absence).
- elle n'empêche pas de mener une étude des risques de façon itérative sur des sous-zones.

Un exemple est l'étude Berry et Bove, qui traite le risque de malformation congénitale chez des résidents liés aux composés organiques volatiles d'une décharge proche. L'entrée dans l'étude est une plainte de la population, sur la base d'odeurs et de problèmes respiratoires. Une zone d'exposition est établie selon la préconisation d'un groupe de représentants de la communauté, à partir d'un rayon de 1 km autour de la décharge, incluant une partie des territoires de quatre communes. Les exposés sont les populations domiciliées à l'intérieur du cercle. Les témoins sont désignés comme les habitants des quatre communes résidant hors du cercle. L'auteur dispose cependant de mesures

environnementales indiquant les substances émises par la décharge (métaux lourds et Composées organiques), les transferts de pollution par lixiviation jusqu'à deux étangs et un lac. Il est donc décidé de construire une sous-zone, considérée comme la zone réellement impactée, sur la base de la connaissance de l'environnement. La comparaison des taux de malformations est effectuée pour toute la zone exposée et une étude séparée est faite pour la sous-zone. Le résultat montre un excès uniquement sur la sous-zone. L'auteur attribue les résultats sur la zone entière à une mauvaise classification des individus, la zone trop large diluant le risque (12). Cependant la zone initiale permet l'intégration de la population au processus de construction et a été en faveur de son appropriation de l'étude.

L'intérêt d'une participation de la population peut aussi apporter des éléments utiles à la compréhension du potentiel d'exposition local. Ainsi, la population a signalé des pratiques locales d'amendement des sols agricoles au moyen d'algues, autour de la Hague. Or les centrales ayant des rejets marins, la contamination des algues était possible. Ce mode indirect de contamination par la chaîne alimentaire n'avait pas été retenu par les scientifiques dans un premier temps, sous l'hypothèse que ces pratiques n'étaient plus actuelles. La population est parvenue à prouver que l'usage des algues se maintenait, ce qui a conduit à considérer les surfaces agricoles soumises à ce type de traitement comme potentiellement contaminées. La zone d'étude a donc été revue pour intégrer cette modalité de contamination de l'environnement (72).

D'autre part la population peut apporter des éléments utiles à la compréhension de la contamination de sites anciens. Ainsi, la contamination du site de Gif-sur-Yvette est caractérisée par des points chauds de radioactivité localisés pour certains sur les parcelles de l'entreprise transformatrice de radium mais également sur des parcelles voisines. La population indique que des déplacements de matériaux hors des terrains industriels ont eu lieu, expliquant l'origine de la contamination des terrains externes. Ainsi la zone de diagnostic environnemental est élargie pour identifier les sources dispersées (54).

Enfin, la population, par ses observations visuelles, peut relater les phénomènes de transport de pollutions anciennes ou intermittentes. Ces informations peuvent ne pas être relevées lors d'une visite ponctuelle sur le site. Par exemple, les envols de poussières depuis les aires de stockage d'un site vers des parcelles voisines, ayant pour conséquence l'extension de la contamination. Cette information est intégrée à l'étude qualitative de l'environnement et oriente la localisation des points de mesure environnementale.

5.5 Influence des délais de l'étude

Les investigations en situations de crise sanitaire influent fortement sur les modalités de construction de la zone d'étude, notamment sur le point des données exploitables. L'urgence est un argument souvent utilisé pour justifier la construction arbitraire des zones d'exposition potentiellement à risque, lorsque les données initiales sont rares, en particulier celles concernant l'environnement et que le temps manque pour acquérir les données complémentaires. Un contexte d'urgence est l'accident industriel, qui nécessite la détermination rapide des populations à prendre en charge. Le critère de construction est alors souvent le type d'une installation. La zone est ensuite affinée dans un second temps par exemple par une campagne de métrologie de l'environnement.

Un exemple concerne l'évaluation de l'exposition immédiate et secondaire aux dioxines et aux PCB de la population riveraine de la papeterie de Vénizel, après un incendie. La zone d'étude est celle du cône de sécurité défini par la DRIRE, reposant sur des hypothèses du comportement du nuage et des retombées potentielles des fumées en fonction de la direction des vents le jour de l'incendie, puis confirmée par des mesures environnementales (73).

Aussi mieux vaut-il disposer d'une zone prédite avant l'accident, comme recommandé dans les Plans de Prévention des Risques Technologiques. Elle peut être estimée comme un cercle de rayon la distance maximale de dispersion aérienne en situation pessimiste, sous l'hypothèse que le vent peut prendre toute direction le jour du sinistre (22). Ce scénario pessimiste repose sur la volonté de maximiser la population considérée comme à risque, afin que les mesures de gestion (comme l'évacuation d'une zone) n'oublient pas un individu. C'est donc un principe de prudence et de protection de la population. On observe par ailleurs le développement de l'usage prédictif des expositions aux émissions accidentelles de pollution via la modélisation de la dispersion atmosphérique pour la détermination de zones à risque et la prise rapide de décision de gestion. On peut citer le modèle américain ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) (22). Comme pour les risques chroniques, la limite du panache est fixée pour un seuil de risque sanitaire. Dans le cas de l'accident, il est relié aux valeurs toxicologiques en mode d'exposition aiguë comme l'Immediately Dangerous to Life and Health Level américain (ou niveau à risque vital immédiat).

5.6 Nécessité de transparence

La détermination d'une zone d'étude comporte toujours une part de jugement subjectif. Ainsi, la décision de l'extension d'une zone à un point sensible est souvent mentionnée comme un élément de « bon sens ». Cependant, les rapports d'étude précisent rarement

les conditions de la détermination de la zone. De plus, peu d'études la discutent. Une recommandation est donc de présenter en début d'étude les éléments qui ont justifié la construction et d'apporter des éléments de discussion de la zone. Une étude de l'influence d'une extension ou d'une réduction de la zone sur les résultats pourrait donc être fournie.

On peut citer le cas extrême d'une étude de mortalité lié à l'amiante par l'ATSDR, qui s'est trouvée confrontée à la détermination de la zone d'exposition autour d'un site d'extraction industrielle. Les données environnementales manquant pour déterminer avec exactitude l'extension de la contamination, les auteurs ont conclu que la détermination de la zone serait partiellement arbitraire. Ils ont alors choisi de déterminer une zone d'étude préliminaire large, de 20 miles de rayon, puis de déterminer la zone d'exposition de six manières, pour prendre en compte l'ensemble des contraintes de l'étude (précision sur l'exposition versus taille de population)(voir encart ci-dessous). La comparaison des taux de mortalité avec les taux de référence est effectuée pour chacune des six zones (8).

Prise en compte de l'effet de la construction artificielle de la zone d'étude. Illustration de l'étude de mortalité par l'ATSDR autours du site amiantifère de Libby, Montana.

Plusieurs échelles géographiques ont été définies avant la collecte des certificats de décès. Leur construction repose sur des sources de données différentes.

L'utilité de travailler sur des zones de tailles différentes est celle d'avoir la capacité d'évaluer l'effet de l'application de limites artificielles sur les calculs de mortalité. L'usage d'aires d'analyse de petite taille permet d'éliminer les populations appartenant au conté de Lincoln qui ne sont pas impactées par la contamination à l'amiante environnementale (zones 1, 2,3 et 4). L'autre intérêt de travailler à des échelles différentes est que les zones les plus grandes sont celles au plus grand effectif, ce qui permet de resserrer l'intervalle de confiance, lorsque les pathologies étudiées ont des risques rares (ce qui est le cas des pathologies liées à l'amiante environnementale). Prendre en compte ces différentes contraintes nécessitait de fixer des zones arbitraires.

Les zones sont décrites ci-dessous, de la plus petite à la plus grande.

Zone 1 : Ville de Libby : elle est délimitée parles limites administratives de la commune de Libby, sa surface est de 1,1 miles carrés.

Zone 2 : Ville élargie : Cette zone de 2,2 miles carrés inclus la zone 1 plus les aires périurbaines les plus densément peuplées adjacentes à la ville de Libby. Cette densité est appréciée par photographie aérienne qui permet de former une limite de la zone urbanisée centrée sur Libby.

Zone 3: Zone sous influence du site amiantifère. Elle est issue de la modélisation de la dispersion atmosphérique de l'amiante depuis la mine et les sites de transformation vers la ville et correspond

aux territoires où la probabilité d'être impacté par l'amiante est la plus élevée. Les mesures environnementales directes n'ont pas été utilisées.

Zone 4 : Zone de surveillance médicale. Territoire de 25 miles carrés pour le recrutement des sujets pour une étude de surveillance médicale. Elle repose sur les données de l'hypothèse d'une contamination environnementale et la volonté d'avoir une base de sondage suffisamment grande pour recruter des individus (type cohorte). Elle a été construite à partir d'un cercle de rayon 2,5 mile centrée sur Libby plus une aire le long de la rivière adjacente jusqu'à un mile de Libby.

Zone 5 : Communauté de la vallée de Libby dans une zone de 65 miles carrés, correspondant à la population vivant en dessous de 800 pieds. L'altitude est en partie liée au phénomène d'inversion de températures qui confine l'air et la pollution dans la vallée.

Zone 6 : Conté de Lincoln, zone de 314 miles carrés désignant un territoire centré sur Libby et appartenant à un rayon de 10 miles. Les frontières sont les limites administratives du conté de Lincoln.

5.7 Perspectives

Les outils permettant de délimiter la zone d'étude puis de la caractériser sont en développement. On peut en particulier citer le Système d'Information Géographique qui est un support cartographique informatisé (18). Il permet de superposer des couches d'information présentées sous formes de cartes. Ainsi, on peut coupler une carte démographique à une carte présentant des courbes d'isoconcentrations issues de métrologie ou de modélisation, des cartes des réseaux hydrographiques, de la topographie, des indicateurs de santé... Ce système demande que les informations soient géoréférencées, c'est à dire que leur position dans l'espace soit enregistrée dans une base informatique. Le SIG peut en particulier être influent sur la forme des zones des études épidémiologiques. En effet, il permet de conserver des données sanitaires individuelles, géoréférencées, au lieu de passer par des indicateurs agrégés dans une zone. Ceci permet de conserver plus d'information sur l'exposition, puisque les erreurs liées aux délimitations de zones selon les unités administratives sont évitées.

6 CONCLUSION

La détermination d'une zone d'étude est un élément important dans le déroulement d'une investigation de la relation entre santé et environnement, en particulier pour évaluer l'impact d'expositions actuelles ou passées à une installation industrielle. Elle est indispensable pour identifier la population concernée (exposés seuls ou aussi les témoins) et les sources de données à collecter. Plusieurs appellations sont utilisées pour la désigner, pouvant induire une certaine confusion. Le terme générique zone d'étude semble approprié, s'il est accompagné d'une définition.

Sa délimitation et sa construction sont actuellement peu argumentées et peu explicites. La construction de la zone d'étude est souvent itérative. Il apparaît que les données indispensables sont d'abord la connaissance de la contamination de l'environnement attribuable à l'installation. La zone est ensuite ajustée selon la connaissance des usages des milieux par la population et l'analyse du potentiel d'exposition. Les objectifs des études, et notamment les modalités retenues pour étudier la relation entre industrie et santé et la période d'exposition ont une influence plus secondaire. La combinaison de tout ou partie de ces critères influera la précision de la zone.

Une zone préliminaire est souvent construite en début d'étude, sur une évaluation qualitative de la contamination de l'environnement et des usages par la population. Une étude approfondie des caractéristiques du site, tant du point de vue des rejets et des flux de substances émises, que des conditions hydrologiques, topographiques ou météorologiques se révèle utile à l'identification des milieux pouvant être impactés. Elle peut être réévaluée au fur et à mesure de l'acquisition de données qualitatives objectivant la contamination de l'environnement, soit par une extension, soit par une restriction du territoire. Les zones peuvent être circonscrites selon plusieurs seuils de contamination des milieux : le retour au bruit de fond, un pourcentage de la concentration maximale, un pourcentage des niveaux de contaminations cumulées ou encore selon une concentration indicatrice d'un risque ou d'une surexposition comme les valeurs de qualité des milieux par exemple.

Cette étude montre également la nécessité d'une concertation entre les acteurs. En particulier, il semble important s'associer la population au processus de construction, surtout en contexte de crise locale.

Au final, la détermination de la zone d'étude demande d'effectuer une bonne analyse préalable de la situation et nécessite souvent la collaboration de plusieurs acteurs. Il est conseillé de réfléchir dès sa conception aux possibles répercussions de la zone de l'étude d'évaluation sur celle de gestion. Les limites et les éléments pris en compte pour la construction doivent être justifiés, afin de faciliter la phase de communication des résultats et des décisions de mesures aux populations et acteurs concernés.

Pour compléter cette réflexion qui a porté sur les risques liés aux polluants chimiques, il pourrait être intéressant d'étudier le zonage en cas de risque microbiologique. En effet, les microorganismes ont des spécificités qui demandent sans doute une adaptation des critères de délimitation de zone. Des seuils de pathogénicité par milieu existent pour certains germes, mais sont moins nombreux et moins validés que les références existant pour les contaminants chimiques. La difficulté actuelle liée aux microorganismes est surtout la faible connaissance de leur comportement et de leur survie dans l'environnement. Certains germes sont susceptibles de se multiplier dans les milieux, au niveau de sources secondaires, ce qui rend l'appréciation de leur dispersion complexe. On note cependant que des outils tels que la modélisation de la dispersion sont actuellement en développement.

Bibliographie

Note : Prière d'excuser les quelques doublons de références générés par l'usage d'un logiciel de traitement des références bibliographiques.

- (1) Agence de développement des réseaux locaux de services de santé et de services sociaux des Laurentides C. Le radon à Oka. Rapport d'investigation de santé publique. 2004.
- (2) Albalak R, McElroy RH, Noonan G, Buchanan S, Jones RL, Flanders WD et al. Blood lead levels and risk factors for lead poisoning among children in a Mexican smelting community. Arch Environ Health 2003; 58(3):172-183.
- (3) Alonso E, Cambra K, Martinez T. Lead and cadmium exposure from contaminated soil among residents of a farm area near an industrial site. Arch Environ Health 2001; 56(3):278-282.
- (4) ANTEA. Evaluation Détaillée des Risques pour Métal Blanc Bourg Fidèle. 1-145. 2000. BRGM.
- (5) ARIA Technologies. Etude d'impact d'une ICPE. Evaluation des risques sanitaires. ARIA Technologies, editor. 1-11. 1-5-2004. 17, route de la Reine - 92517 Boulogne Billancourt cédex, ARIA Technologies.
- (6) ASTEE. Guide pour l'évaluation des risques sanitaires dans le cas d'une étude d'impact d'une UOIM. Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement, editor. 1. 1-11-2003.
- (7) ATSDR. Environmental Data Needs For Public Health Assessments. National Technical Information, editor. PB-179827, 1-20. 1994.
- (8) ATSDR. Health consultation - Mortality from abestosis in Libby, Montana. Exposure Investigation and Consultation Branch, ATSDR, editors. 1-8. 12-12-2000.
- (9) ATSDR. Health Consultation - Mortality From Asbestosis in Libby, Montana. 1-8. 12-12-2000. ATSDR, Exposure Investigation and Consultation Branch.
- (10) ATSDR. Health Consultation W.R. Grace and Company Santa Ana Plant, California. ATSDR Division of Health Assessment and Consultation, editor. CAN000905631, 1-22. 9-9-2003.

- (11) ATSDR. Health Consultation W.R. Grace and Company Santa Ana Plant, California. ATSDR Division of Health Assessment and Consultation, editor. CAN000905631, 1-22. 9-9-2003.
- (12) Berry M, Bove F. Birth weight reduction associated with residence near a hazardous waste landfill. Environ Health Perspect 1997; 105(8):856-861.
- (13) Bonnard R. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une Grande Installation de Combustion. Partie 2 : Expositions par voies indirectes. INERIS, editor. 1-45. 2003.
- (14) Bonvallot N, Berthier F, Bajeat P, Bonnetain F, Cassadou S, Carbonnel S et al. Incinérateurs et santé. Guide pour la conduite à tenir lors d'une demande locale d'investigations sanitaires autour d'un incinérateur d'ordures ménagères. Institut de Veille Sanitaire, editor. 1-103. 2003.
- (15) Boudet C. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une Grande Installation de Combustion. Partie 1 : Etude de l'exposition et du risque par inhalation. INERIS, GT-GIC, MEDD, editors. 1-127. 1-5-2003. INERIS.
- (16) Boudet C. Approche sectorielle de l'évaluation du risque sanitaire. Installations émettrices de butadiène et co-monomères. INERIS, editor. 1-62. 2004. INERIS.
- (17) Brender JD, Pichette JL, Suarez L, Hendricks KA, Holt M. Health risks of residential exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. Arch Environ Health 2003; 58(2):111-118.
- (18) Briggs D. Environmental measurement and modelling : geographical information system. In: Nieuwenhuijsen MJ, editor. Exposure assessment in occupational and environmental epidemiology. New York: Oxford University press, 2004: 55-70.
- (19) Burgei E, Schmitt M. Analyse descriptive d'une pollution industrielle chronique à partir des données disponibles - Aide mémoire. Institut de Veille Sanitaire, editor. 1-32. 2003. Saint Maurice, Institut de Veille Sanitaire.
- (20) Caillard JF, Lesaffre JF, Momas I. Risques liés au sol (industrie). Rapport préliminaire de la Commission d'orientation du Plan Santé Environnement. Ministère des affaires sociales dtedls, Ministère de la santé dlfedph, Ministère de l'écologie et du développement durable, editors. 23-26. 2003. Paris, Ministère des affaires sociales, du travail et de la solidarité.
- (21) Cassadou S, Pouey J. Impact sanitaire des émissions atmosphériques de l'unité de valorisation énergétique des déchets du syndicat DECOSSET. 1-120. 1-4-2001.

- (22) Chakraborty J. Analysing exposure to school children to accidental releases of hazardous substances. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2001; 11(4):269-278.
- (23) Chen VW, Andrews PA, Wu XC, Correa CN, Fontham ET. Cancer incidence in the industrial corridor: an update. *J La State Med Soc* 1998; 150(4):158-167.
- (24) CIRE Nord. Impact sur la santé humaine de la pollution des sols du secteur industriel de Noyelles – Godault et Auby. CIRE Nord, editor. 1-64. 1-1-2000. Lille, CIRE Nord.
- (25) Clavel J, Fourme E. Analyse d'un agrégat de cas de cancers dans l'école Franklin Roosevelt de Vincennes. Institut de Veille Sanitaire, editor. 1-44. 2002.
- (26) Comité de Prévention et de la Précaution. Communiqué sur les aspects sanitaires autour de l'usine Métaleurop. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable . 7-2-2003.
- (27) Cordier S, Chevrier C, Robert-Gnansia E, Lorente C, Brula P, Hours M. Risk of congenital anomalies in the vicinity of municipal solid waste incinerators. *Occup Environ Med* 2004; 61(1):8-15.
- (28) Coville R, Briggs D, Nieuwenhuijsen MJ. Environmental measurement and modelling : introduction and source dispersion modelling. In: Nieuwenhuijsen MJ, editor. *Exposure assessment in occupational and environmental epidemiology*. New York: Oxford University press, 2003: 39-55.
- (29) Deloraine A, Rouhan A, Da Silva E. Evaluation des risques sanitaires liées aux émissions atmosphériques de dioxines de l'usine d'incinération d'ordures ménagères de Cluny. *CAREPS*, 1-141. 1-4-2003. 20 rue Chenoise - 38 000 Grenoble, France, Centre Rhône Alpes d'Epidémiologie et de Prévention
- (30) Diaz-Barriga F, Santos MA, Mejia JJ, Batres L, Yanez L, Carrizales L et al. Arsenic and cadmium exposure in children living near a smelter complex in San Luis Potosi, Mexico. *Environ Res* 1993; 62(2):242-250.
- (31) Dor F, Germonneau P. Etude d'évaluation des risques sanitaires encourus par la population résidant à proximité de la papeterie Assidoman-Kappa à Mennecy. Institut de Veille Sanitaire, editor. 1-4. 2003.

Ref Type: Report

- (32) Dor F, Illef D. Evaluation des risques sanitaires encourus par les populations riveraines après une exposition prolongée aux polluants de la décharge d'ordure ménagère au lieu dit de la Bistade. Institut de Veille Sanitaire CN, editor. 1-27. 1-11-2000.
- (33) Elliott P, Briggs D, Morris S, de Hoogh C, Hurt C, Jensen TK et al. Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. *BMJ* 2001; 323(7309):363-368.
- (34) Fabres B, Helynk B, Saviuc P. Evaluation de l'exposition des enfants au plomb émis par l'usine Métalleurop à Arnas. Résultats du dépistage des imprégnations

au plomb et de l'analyse des facteurs de risque. CIREI Rhône Alpes-Auvergne, editor. 1-75. 1999. Lyon, Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes.

- (35) Fielder HM, Palmer SR, Poon-King C, Moss N, Coleman G. Addressing environmental health concerns near Trecatti landfill site, United Kingdom. Arch Environ Health 2001; 56(6):529-535.
- (36) Fielder HM, Poon-King CM, Palmer SR, Moss N, Coleman G. Assessment of impact on health of residents living near the Nant-y-Gwyddon landfill site: retrospective analysis. BMJ 2000; 320(7226):19-22.
- (37) Fréry N, Ohayon A. Enquête sur l'exposition de la population aux polluants d'origine industrielle. Région de Salsigne (Aude). RNSP, editor. 1-50. 1998. Saint-Maurice.
- (38) Fréry N, Volatier JL. Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des UIOM. Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition. 1-200. 1-11-2003. Saint-Maurice, Institut de Veille Sanitaire.
- (39) Germonneau P, Gourier-Fréry C, Castor C, Chérie-Chaline L. Investigation de suspicion d'agrégat de leucémies dans la région de Gaillon dans l'Eure. Institut de Veille Sanitaire, editor. 1-16. 2001.

Ref Type: Report

- (40) Glorennec P, Drougard C. Pertinence du dépistage du saturnisme: bilan des données disponibles pour une évaluation des expositions au plomb dans la commune de Ponchardon. CIRE Ouest, DDASS de l'Orne, editors. 1-37. 1-8-2000. DRASS de Bretagne, 20 rue d'Isly - C.S. 84 224 - 35042 Rennes cédex.
- (41) Glorennec P, Ledrans M, Dor F. Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb. Analyse de la pertinence de la mise en oeuvre d'un dépistage:du diagnostic environnemental à l'estimation des expositions. Institut de Veille Sanitaire, Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie Ouest., editors. 1-70. 2002. Saint-Maurice, Institut de Veille Sanitaire.
- (42) Glorennec P, Zmirou D, Peigner P. Impact sanitaire passé et actuel de l'usine d'incinération des ordures ménagères d'Angers. Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie Ouest. R, editor. 1-52. 2001. Saint-Maurice, Institut de Veille Sanitaire.
- (43) Glorennec. P, Rivière. D, Tessier. G, ROY. S, BOULMIER JL, Quenel P et al. Détermination d'une exposition environnementale à l'amiante dans le cadre d'une démarche d'évaluation des risques sanitaires à Andouillé, Mayenne.. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire 2000; 35:147-148.
- (44) Grossman CM, Nussbaum RH, Nussbaum FD. Cancers among residents downwind of the Hanford, Washington, plutonium production site. Arch Environ Health 2003; 58(5):267-274.

- (45) Harvey I. How can we determine if living close to industry harms your health? *BMJ* 1994; 309(6952):425-426.
- (46) Hazucha MJ, Rhodes V, Boehlecke BA, Southwick K, Degnan D, Shy CM. Characterization of spirometric function in residents of three comparison communities and of three communities located near waste incinerators in North Carolina. *Arch Environ Health* 2002; 57(2):103-112.
- (47) Hedreville L, Deloraine A, Da Silva E. Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques de l'usine d'incinération de Gilly-sur-Isère (73). Rapport d'étape d'étude n°385. CAREPS, editor. 1-89. 1-3-2002. 20, rue Chenoise - 38000 Grenoble.
- (48) INERIS, MATE. Évaluation des Risques Sanitaires dans l'Étude d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. INERIS, editor. 1-152. 2003. INERIS.
- (49) James L, Matthews I, Nix B. Spatial contouring of risk: a tool for environmental epidemiology. *Epidemiology* 2004; 15(3):287-292.
- (50) Laboratoire de Santé Publique de Grenoble. Programme d'Evaluation du risque Sanitaire Volet Sanitaire des Etudes d'Impact (cas d'une pollution atmosphérique chronique). Guide de l'utilisateur. 1-68. 2000.
- (51) Le Querrec F, Quere M, Thébault A. Contamination de l'environnement par les dioxines autour d'une usine d'incinération d'ordures ménagères en Savoie - octobre 2001. *Bulletin épidémiologique AFSSA* 2003; 8:1-6.
- (52) La gestion des sites contaminés par le radium à Gif-sur-Yvette en Essonne depuis 2000.: 2004.
- (53) La gestion des sites contaminés par le radium à Gif-sur-Yvette en Essonne depuis 2000.: 2004.
- (54) La gestion des sites contaminés par le radium à Gif-sur-Yvette en Essonne depuis 2000. Contamination radioactive - quelles actions pour les sites pollués ? Recueil de contributions. Colloque national ASN du mardi 4 mai 2004. 2004.
- (55) Leroyer A, Hemon D, Nisse C, Auque G, Mazzuca M, Haguenoer JM. Determinants of cadmium burden levels in a population of children living in the vicinity of nonferrous smelters. *Environ Res* 2001; 87(3):147-159.
- (56) Levallois P, Lavoie M, Goulet L, Nantel AJ, Gingras S. Blood lead levels in children and pregnant women living near a lead-reclamation plant. *CMAJ* 1991; 144(7):877-885.
- (57) Lorente C, Cordier S, Inserm U170. Risque de malformations congénitales autour des incinérateurs d'ordures ménagères dans la région Rhône-Alpes. Protocole. 1-4. 1999.

- (58) Martley E, Gulson BL, Pfeifer HR. Metal concentrations in soils around the copper smelter and surrounding industrial complex of Port Kembla, NSW, Australia. *Sci Total Environ* 2004; 325(1-3):113-127.
- (59) MATE. Gestion des sites (potentiellement) pollués, la politique nationale en matière de traitement et de réhabilitation des sites et sols pollués, le pré-diagnostic, le guide étude des sols: diagnostic initial, la méthode nationale d'évaluation simplifiée des risques. In: BRGM, editor. BRGM, 2000: 1-44.
- (60) MATE, BRGM. Le diagnostic approfondi. in : "Gestion et traitement des sites pollués - Diagnostic approfondi et évaluation détaillée des risques» - *Partie 3*. BRGM, editor. 1-33. 1-1-2000.
- (61) Nieuwenhuijsen MJ. Introduction to exposure assessment. In: Nieuwenhuijsen MJ, editor. *Exposure assessment in occupational and environmental epidemiology*. New York: Oxford University press, 2003: 3-20.
- (62) Nouwen J, Cornelis C, De Fre R, Wevers M, Viaene P, Mensink C et al. Health risk assessment of dioxin emissions from municipal waste incinerators: the Neerlandquarter (Wilrijk, Belgium). *Chemosphere* 2001; 43(4-7):909-923.
- (63) Nussbaum RH, Grossman CM. Environmental contamination and health studies: conflicts of interest and reasons for community-based participatory studies. *Arch Environ Health* 2003; 58(5):261-262.
- (64) Oliveira LM, Stein N, Sanseverino MT, Vargas VM, Fachel JM, Schuler L. Reproductive outcomes in an area adjacent to a petrochemical plant in southern Brazil. *Rev Saude Publica* 2002; 36(1):81-87.
- (65) ORS PACA, Fréry NLM, Rotily M, Verger P, Trémoilères L. Evaluation des conséquences sanitaires et environnementales de la pollution d'origine industrielle au cadmium - Autour du site TLM dans le 15^{ème} arrondissement de Marseille. Observatoire régional de la santé Provence Alpes Côtes d'Azur, editor. 1-123. 1-11-2001. 23, rue Stanislas Torrents, 13006 Marseille, France.
- (66) ORS PACA, Fréry NLM, Rotily M, Verger P, Trémoilères L. Evaluation des conséquences sanitaires et environnementales de la pollution d'origine industrielle au cadmium - Autours du site TLM dans le 15^{ème} arrondissement de Marseille. Observatoire régional de la santé Provence Alpes Côtes d'Azur, editor. 1-123. 1-11-2001. 23, rue Stanislas Torrents, 13006 Marseille, France.
- (67) ORS PACA, Fréry NLM, Rotily M, Verger P, Trémoilères L. Evaluation des conséquences sanitaires et environnementales de la pollution d'origine industrielle au cadmium - Autours du site TLM dans le 15^{ème} arrondissement de Marseille. Observatoire régional de la santé Provence Alpes Côtes d'Azur, editor. 1-123. 1-11-2001. 23, rue Stanislas Torrents, 13006 Marseille, France.
- (68) ORS PACA, Fréry NLM, Rotily M, Verger P, Trémoilères L. Evaluation des conséquences sanitaires et environnementales de la pollution d'origine industrielle au cadmium - Autours du site TLM dans le 15^{ème} arrondissement de

Marseille. Observatoire régional de la santé Provence Alpes Côtes d'Azur, editor. 1-123. 1-11-2001. 23, rue Stanislas Torrents, 13006 Marseille, France.

- (69) Phillipon JF. Evaluation de l'exposition des enfants au plomb d'origine industrielle : le cas de l'usine Octel de Paimboeuf. ENSP, 2000.
- (70) Pirard P, MEHL-AUGET I, CAAMANO D, Ledrans M. Estimation de l'impact sanitaire collectif de la contamination des terrains par la radioactivité présente à Gif sur Yvette. 2002.
- (71) Quenel P, Balducci F, Dab W, Empereur-Bissonnet P, Nedellec V, Dor F et al. Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 2000.
- (72) Remy E, Estade J. Santé et environnement : des situations d'expertise contrastées. Risques collectifs et situation de crise. paris: L'Harmattan, 2002: 235-250.
- (73) Sarthou S, HEYMAN C, PISSON C. Risques toxiques liés à l'exposition aux polychlorobiphényles. Etude de l'incendie de la papeterie de Vénizel. Modalités de l'intervention, dispositif de surveillance médicale, évaluation des risques. Institut de Veille Sanitaire, editor. 160. 1-6-2003. Saint-Maurice , Institut de Veille Sanitaire.
- (74) Schumahcher M, Domingo JL, Garreta J. Pollutants emitted by a cement plant : health risks for the population living in the neighborhood. Environ Res 2004; 95:198-206.
- (75) Société Française de Santé Publique. L'incinération des déchets et la santé publique : bilan des connaissances existantes et évaluation du risque. 1-179. 1999. Société Française de Santé Publique.
- (76) Tsai SS, Yu HS, Liu CC, Yang CY. Increased incidence of preterm delivery in mothers residing in an industrialized area in Taiwan. J Toxicol Environ Health A 2003; 66(11):987-994.
- (77) Verger P. Recensement post accidentel des populations. In: ORS PACA, editor. Guide de mise en place de dispositifs épidémiologiques après une catastrophe d'origine naturelle ou humaine. Marseille: 2004: 209-243.
- (78) Williams A, Jalaludin B. Cancer incidence and mortality around a hazardous waste depot. Aust N Z J Public Health 1998; 22(3 Suppl):342-346.
- (79) Zmirou D, Deloraine A, Saviuc P, Tillier C, Boucharlat A, Maury N. Short-term health effects of an industrial toxic waste landfill: a retrospective follow-up study in Montchanin, France. Arch Environ Health 1994; 49(4):228-238.

- **Sites internet consultés :**

- ATSDR : www.atsdr.cdc.gov
- FASP : www.fasp.info
- InVS : www.invs.fr
- INERIS : www.ineris.fr
- Santé Canada : www.hc-sc.gc.ca/francais
- US-EPA : www.epa.gov
- Ministère de l'environnement et du développement durable :
<http://www1.environnement.gouv.fr>

Liste des annexes

Annexe 1 : Les différentes entrées les études et les modes de réponse envisageables..	54
Annexe 2 : Encadrement juridique et réglementaire des études.....	55
Annexe 3 : Liste des personnes interviewées.....	57
Annexe 4 : Tableau présentant les contextes des investigations menées au Département Santé Environnement ou par des instituts publics.....	58
Annexe 5 : Sources des données pouvant être utiles pour déterminer la zone d'étude autours d'une installation existante. D'après Burgei, 2003.	60
Annexe 7 :Les données importantes pour la connaissance de l'environnement	I

Annexe 1 : Les différentes entrées les études et les modes de réponse envisageables.

Entrée	Dossiers réglementaires		Investigation en réponse à l'alerte			Besoin de connaissances
	Sites pollués	Installations classées	Signal sanitaire	Signal environnemental	Signal social	Incertitude sur les effets sur la santé
Temporalité de l'exposition	Actuelle et future	Future	Passée ou actuelle			Passée ou actuelle
Type d'étude	Evaluation quantitative des risques		Etude descriptive Evaluation quantitative des risques sanitaires Evaluation épidémiologique de l'impact sanitaire.			Etude épidémiologique descriptive ou analytique

Les principaux textes encadrant les évaluations des risques des installations classées et des sites et sols pollués sont présentés ci-dessous :

CADRE REGLEMENTAIRE GENERAL SUR LES VSEI

Le texte fondateur est la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement : article 1^{er} (*article abrogé et intégré dans le code de l'environnement L. 511-1*). Il a été suivi de textes précisant les conditions de demande d'autorisation d'exploiter ou de modalités de vérification et de surveillance des dossiers et des sites par l'administration des installations classées (DRIRES et DDSV), ainsi que sur le soutien des DDASS :

Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie : [Article 19](#) (*JO du 1er janvier 1997*)

Décret n° 77- 1133 du 21 septembre 1977 pris pour l'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement.

Circulaire DGS/SD7B n° 2004-42 du 4 février 2004 relative à l'organisation des services du ministère chargé de la santé pour améliorer les pratiques d'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact.

Circulaire DGS n° 2001/185 du 11 avril 2001 relative à l'analyse des effets sur la santé dans les études d'impact

Circulaire DGS/VS3/2000 n° 61 du 3 février 2000 relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impact

Circulaire du 19 juin 2000 relative aux demandes d'autorisation présentées au titre de la législation sur les installations classées

CADRE REGLEMENTAIRE DES EVALUATIONS DES RISQUES SANITAIRES POUR LES SITES ET SOLS POLLUES

La réglementation sur les sites et sols pollués entre dans le cadre plus général des ICPE, notamment la loi de 1976 et son décret d'application. On distingue cependant quelques textes plus spécifiques :

- Circulaire DPPR du 10 décembre 1999 relative aux sites et sols pollués et aux principes de fixation des objectifs de réhabilitation.
- Circulaire DGS/DPPR du 1er décembre 2000 relative à la gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives.

- Circulaire DGS n° 2003/31 du 17 janvier 2003 relative aux évaluations des risques pour la santé en matière de sites et sols pollués par des installations classées pour la protection de l'environnement.
- Décret n° 88-622 du 06 mai 1988 relatif aux plans d'urgence, pris en application de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs.

CADRE REGLEMENTAIRES POUR LES AUTRES ETUDES

- La Loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique et le Code de la Santé Publique fixent les missions de police sanitaire préfets et des maires. Ces derniers peuvent saisir les services déconcentrés de l'état comme les DDASS et les DRIRE, pour un avis concernant la gestion d'une pollution industrielle. Les CIREs ou l'InVS peuvent aussi être sollicités pour la réalisation d'évaluations des risques sanitaires, en lorsque les données font défaut pour la prise de décision ou pour faire évoluer des mesures de gestion des risques sur le long terme.
- Enfin, les études descriptives de l'état de santé de la population riveraine d'un site industriel ou bien de l'exposition environnementale, ainsi que les évaluations de l'impact sanitaires effectuées par des institutions publiques comme l'Institut de Veille Sanitaire, les CIREs ou l'INERIS entrent dans le cadre de la définition des missions de ces structures. On peut citer la Loi pour l'organisation de la Veille sanitaire de 1998 pour les missions des l'Institut de Veille Sanitaire.

Annexe 3 : Liste des personnes interviewées.

Nom	Structure publique
Danièle ILEF	CIRE Nord
Christophe HEYMAN	CIRE Nord
Marielle SCHMITT	CIRE Lyon
Céline LEGOUT	CIRE Ile de France
Philippe BRETIN	InVS DSE
Cécile CAMPEIS	InVS DSE
Côme DANIAU	InVS DSE
Nadine FRERY	InVS DSE
Philippe GERMONEAU	InVS DSE
Christine LORENTE	InVS DSE
Philippe PIRARD	InVS DSE
Céline BOUDET	AFSSE
Corinne MANDIN	INERIS
Corinne HULOT	INERIS
Delphine CAAMANIO	AFSSA (interrogée pour des études menées lors de ses fonctions précédentes d'IGS à la DDASS 93).
Pascal PELINSKY	DRIRE Champagne-Ardenne
Laurence BALMES	DRIRE Ile de France
Chris POULET	ATSDR Denver Office, Colorado, Etats Unis

Nom	Bureau d'étude ou entreprise
Nathalie CANCEL	Arcadis Gester
Salma ELREEDI	ICF Environnement (IRH)
Antoine LEPLAY	RHODIA, service Expertise Product
Samir MAGNOUNI	Environnemental Ressource Management
Vincent NEDELLEC	Cabinet Vincent Nédellec
Aurore ROUHAN	CAREPS
Fabrice MAURY	ARIA Technologies
Frédéric PRADELLE	NUMTECH

Annexe 4 : Tableau présentant les contextes des investigations menées au Département Santé Environnement ou par des instituts publics.

	Sols pollués			Installations de combustion		Cluster	Décharge	Papeterie	Industrie/ amiante
Titre de l'étude	Salsignes	Gif-sur-Yvette	Fonderies	Incinérateurs Angers	Unité La Cordemais	Gaillon Vincennes	La Bistade	Menecy	Andouillé
Référence d'étude	(37;38)	(70)	(4;24;41;66)	(42)	(13;15)	(39)	(32)	(31)	(43)
Type d'étude	Etude d'exposition ; étude d'incidence	Etude des sols et Evaluation des risques sanitaires	Evaluation de l'exposition interne aux métaux ; diagnostic environnemental	Evaluation des risques sanitaires	Evaluation des risques sanitaires	Investigation de Cluster	Evaluation des risques sanitaires	ERS pour l'exposition sur le long terme	Evaluation des risques sanitaires
Objectif de l'étude	Bilan des données environnementales pour vérifier le pertinence d'un diagnostic d'imprégnation et d' une étude de mortalité permettant de vérifier un excès chez la population exposée	« évaluer les risques sanitaires dus à la contamination liée à l'activité de l'industrie pour la population habitant sur le périmètre d'étude pour aider à la gestion du risque »	Evaluer l'exposition attribuable à l'industrie	« évaluer les risques afin d'estimer la pertinence de mesures de réduction des expositions et/ou de prise en charge sanitaire de la population ».	Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques. Etude de l'exposition et du risque par inhalation et par voies indirectes.	Vérifier l'existence d'un excès de cas	« Quantifier les risques sanitaires encourus par la population vivant à proximité de la décharge d'ordure ménagère, après une exposition prolongée aux polluants ».	Quantifier les risques sanitaires encourus par la population exposée de façon prolongée aux polluants émis par la papeterie.	« Quantifier le gain sanitaire potentiel « associé à une éventuelle limitation des usages d'habitation et de promenade dans le village de Rochefort. »
Signal	Sanitaire	Sanitaire Social	Signaux sanitaires et environnementaux	Signal environnemental et social	Réglementaire (ICPE)	Signal sanitaire	Sanitaire	Sanitaire	Environnemental
Données disponibles	Mesures environnementales incomplètes	Mesures environnementales incomplètes	Mesures environnementales pour Métalleurop	Flux d'émissions pour la modélisation du	Flux d'émissions pour la modélisation	Pas de mesures environnementales	Origine de s plaintes	Mesures environnementales incomplète	Mesures au point d'exposition

				panache	du panache	Localisation des cas		s, origine des plaintes	
Polluants	Métaux lourds	Radioactivité et radon	Plomb Cadmium	Dioxines	SO2-NO- Métaux lourds - Polluants organiques	Non identifiés pour Gaillon	Polluants organiques	Polluants organiques volatiles	Amiante
Média de dispersion	Eau, air, sol	Sol	Air	Air	Air	Air pour Vincennes, Non identifié pour Gaillon	Air	Air	Air
Média d'exposition	Sol, aliments	Sol et air (radon)	Sol, plus air pour TLM	Sol, aliments	Air, sol, aliments	Non déterminé	Air	Air	Air
Voie d'exposition	Ingestion actuellement, plus l'inhalation dans le passé	Contact ;inhalation	Ingestion (plus inhalation pour TLM)	Ingestion	Ingestion et inhalation	Non déterminé	inhalation	inhalation	Inhalation
Population	Population générale	Riverains du site	Enfants pour Métalleurop Adultes et enfants pour TLM	Population générale	Population générale	Enfants pour Vincennes, Population générale pour Gaillon	Générale	Générale	Générale
Type d'installation	Mines et industries d'extraction de minerais	Usine de radium	Fonderies	Incinérateur	Installation de combustion	Bassin industriel de Gaillon dont 2 ICPE ; Usine Kodak pour Vincennes	Décharge	Papeterie	Industrie/amiante
Période d'émission	Historique	Historique	Historique (toujours en activité pour TLM)	Historique	Future	Historique pour Kodac, actuelle ou passée pour Gaillon	Historique	Historique	Historique
Période d'exposition	Passée et actuelle	Actuelle	Actuelle	Passée et actuelle	Future	Actuelle et passée	Actuelle	Actuelle	Actuelle

Annexe 5 : Sources des données pouvant être utiles pour déterminer la zone d'étude autour d'une installation existante.

D'après Burgei, 2003.

Nature des informations à recueillir	Institution, Source	Document
<p>1. Caractéristiques du site</p> <ul style="list-style-type: none"> - Historique des activités - Nature des polluants toxiques et propriétés physico-chimiques influençant la dispersion 	<p>DRIRE Industriel</p>	<p>Etude d'impact Revue de la littérature scientifique (installation et substances)</p>
<p>2. Caractérisation de l'environnement du site</p> <ul style="list-style-type: none"> - Topographie (vallées) - Météorologie : rose des vents local - Réseau hydrologique : eaux souterraines , eaux superficielles - Géologie (caractéristiques des sols dont perméabilité, bruit de fond naturel, ...) - Zones côtières 	<p>DRIRE/DSV MétéoFrance Mairies BRGM DDASS</p>	<p>Etude d'impact (si ICPE) Etudes hydrogéologiques</p>
<p>3. Utilisation de l'espace et activités des personnes/ zone potentiellement impactée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Localisation par rapport à la source et à la zone potentiellement impactée (distance, orientation) : • Habitat <ul style="list-style-type: none"> - commune, quartier, hameau - Type d'habitat : Zone urbaine, habitat rural dispersé, villages - Aires de jeu ou de loisir - Maisons particulières, logements collectifs - Présence de jardins potagers - Présence de puits privés - Projets de construction 	<p>INSEE DDE, services d'urbanisme Mairie</p>	<p>POS/PLU et cadastre</p>

Nature des informations à recueillir	Institution, Source	Document
<ul style="list-style-type: none"> • Etablissement recevant du public - Collectivités d'enfants : nombre d'écoles maternelles et primaires, de collèges, de lycées, de crèches... + périmètre scolaire des lieux - Instituts médicaux éducatifs ; résidence de personnes âgées, hôpitaux , cliniques, ... - Installation sportives, jardins public, campings 	Mairies DDASS Education nationale DDJS	
4. Occupation des sols et activités agricoles <ul style="list-style-type: none"> - Superficie et localisation / zone impactée - Activités agricoles : surface en herbe, cultures, nombre de sièges d'exploitations , d'exploitations maraîchères, cheptel, ... 	DDAF DIREN DDAF	
- 5. Usage de l'eau : <ul style="list-style-type: none"> - Localisation des captages/ sources et zone impactée - Tailles de populations desservies - Localisation des lieux de pêche, baignade, irrigation 	DDASS Fédération de pêche Agence de l'eau	
6. Autres sources de polluants <ul style="list-style-type: none"> - Localisation par rapport à la source et à la zone potentiellement impactée (distance, orientation) 	DRIRE/DSV DDAGF Mairie DDE	
7. Signaux sociaux <ul style="list-style-type: none"> - plainte - cas - Localisation par rapport à la source et à la zone potentiellement impactée (distance, orientation) : 	DDASS Mairie , gendarmerie, préfecture	Registre des plaintes et signalements
8. Demande sociale ou d'acteurs <ul style="list-style-type: none"> - Localisation des sites sources d'inquiétude/ source 	DDASS, mairie Réunion publique	

Annexe 6: Quelques données importantes pour la connaissance de l'environnement

A) Substances rejetées

- Nature et propriétés

L'identification des substances émises est influente car la zone d'étude pourra être déterminée selon certains polluants ou familles de polluants.

Il importe en particulier d'identifier la forme chimique et les propriétés physico-chimiques qui interviennent dans le comportement d'un polluant dans les compartiments environnementaux que sont l'eau, le sol, l'air et la biosphère. Ainsi, le BRGM souligne pour les sites pollués que la présence d'un polluant sur site n'est pas le problème majeur, mais plutôt le fait que la pollution soit mobilisable et donc susceptible d'affecter une population(12;60). La mobilité des substances jugées dangereuses détermine ainsi si l'étude est confinée ou non aux limites de propriétés du site étudié. Pour exemple, sur le site de la fonderie de Ponchardon, le plomb ayant contaminé les sols du site industriel a été considéré comme un élément peu mobile, qui ne pouvait pas contaminer la nappe d'eau sous-jacente au site. Seules les retombées aériennes sur les sols et la végétation hors du site ont été prises en compte pour apprécier la dispersion de la contamination(40).

On cherchera à caractériser les propriétés influant la dispersion dans un milieu et les transferts d'un milieu à un autre. Ces points sont par exemple le poids moléculaire, qui peut affecter la distance de retombée de particules émises dans l'air ; le potentiel de volatilisation des composés organiques, ou de solubilisation en phase aqueuse (tableau 5).

Figure 1 : Réactions réglant le comportement des polluants du sol dans l'environnement (60).

Substances organiques	Substances minérales
- Dégradation - Volatilisation - Sorption - Formation de complexes dissous	- Formation de complexes - Dissolution/précipitation - Sorption

Pour des études de contaminations anciennes, la connaissance de la persistance des substances dans l'environnement est importante. Enfin, associé à un possible transfert à distance via la chaîne alimentaire, on recherchera si les polluants peuvent être bioaccumulés.

- Flux

La présence d'une substance dans un milieu est en relation directe avec la quantité émise à la source. Les flux d'émission sont donc des données indispensables à renseigner avant une campagne métrologique ou une modélisation.

- Sources d'information
 - Pour les installations passées ou existantes

Dans le cadre des investigations autour de sites en activité, ou des dossiers d'étude d'impact des ICPE existantes, ou des EDR des sites ayant cessé leur activité, les informations concernant l'industrie et ses émissions sont à recueillir dans l'étude d'impact si elle existe, auprès de l'inspection des installations classées (DRIRE) et de l'industriel. Il est conseillé de vérifier ces données par une visite du site, qui permet de décrire les procédés, les substances utilisées et transformées et la nature des émissaires.

L'historique des usages du site peut aussi renseigner sur l'existence de sources de pollution sur le site ou fournir une idée de l'étendue de la contamination. Ainsi, la zone résidentielle de La Poudrette est située sur une ancienne aire de déversement de résidus de station d'épuration de la ville de Paris, et est fortement contaminée par des métaux lourds. L'extension de la contamination est déterminée *à priori* sur une étude historique du cadastre. Cette dernière a permis d'identifier les parcelles utilisées pour l'épandage constituant la zone potentiellement contaminée, avant mesure environnementale. De même, la pollution radiologique historique du site de Gif-sur-Yvette est d'abord circonscrite sur la base de l'usage passé des parcelles par l'industrie utilisatrice de radium. Ces zones sont ensuite confortées par une campagne de mesures. Les mesures pourront conclure à la contamination d'une surface contenue dans le périmètre historique ou à l'extérieur.

- Pour les installations futures

On se base sur des hypothèses de fonctionnement, en particulier les flux d'émission. L'identification des substances peut reposer sur la transposition de données sur des installations existantes ou sur des guides sectoriels.

B) Nature et caractéristiques des émissaires

La nature des points de rejets des substances dans l'environnement est fondamentale pour évaluer la dispersion. Elle permet d'identifier les milieux récepteurs primaires des rejets : émissions dans l'atmosphère, sur le sol ou dans l'eau. L'objectif étant d'identifier quel est le média de dispersion privilégié. Une étude spécifique des mécanismes de transfert des polluants sera menée pour chaque milieu récepteur.

L'autre information collectée sera celle de la nature du rejet : canalisé ou diffus. Elle permet d'estimer les distances maximales de dispersion et de formuler des hypothèses sur la zone sous influence directe des rejets. La pollution issue d'émissaires canalisés (comme les cheminées) s'étend généralement à une plus grande distance que les rejets diffus. La hauteur de la cheminée est très liée à la distance maximale de dispersion des

rejets canalisés atmosphériques. Elle peut permettre d'estimer la distance de retombée maximale des polluants atmosphériques par exemple.

C) Conditions physiques propres au site

Les données relatives au contexte géographique, hydrogéologique, topographique et météorologique du site contribuent à l'analyse du potentiel de transfert de pollution et donc à identifier les milieux potentiellement contaminés(19). Elles influent sur la possible occurrence de transferts de pollution entre les compartiments récepteurs primaires et des compartiments secondaires. Leur étude dans une étape qualitative permet de formuler des hypothèses sur l'extension de la contamination et donc sur la zone sous influence (48;60).

Les éléments physiques peuvent constituer des vecteurs ou des barrières à la dispersion. Les renseignements d'ordre géographique sont la distance par rapport à l'usine. Elle permet d'estimer la localisation des zones les plus impactées, sous l'hypothèse générale de la décroissance de la pollution par rapport à l'installation.

La topographie (relief) influe sur les modes de dispersion atmosphérique et le comportement du panache (5;29)). Ainsi, la présence d'une vallée pourra influencer la direction préférentielle de la dispersion des rejets atmosphériques canalisés d'une installation de combustion. La carte IGN au 25 000^{ème} fournie dans les études d'impact peut être une source d'information.

L'étude de l'environnement hydrogéologique est aussi fondamentale. Il s'agira en particulier d'évaluer si des ressources en eau sont susceptibles d'être contaminées par les transferts des polluants depuis les points de rejets, soit d'indiquer la présence de nappes et de rivières à proximité du site et leur vulnérabilité. La contamination hydrique, parfois à distance du site, peut conduire à une extension de la zone impactée par inclusion des zones hydriques. Parmi les facteurs à renseigner, le sens d'écoulement d'une nappe et d'une rivière influent sur la direction de dispersion des polluants. Dans le cadre la pollution d'une rivière par les industries aurifères de Salsigne, la zone sous influence s'entend sur plusieurs kilomètres, en suivant le réseau hydrographique en aval. La météorologie peut aussi être influente. La rose des vents donne une indication des directions de dispersions privilégiées des polluants atmosphériques. L'étude de la météorologie locale indique aussi le sens de la dispersion des émissions diffuses depuis le site ou un compartiment secondaire, comme les envols de poussières depuis le sol ou la direction d'un nuage de gaz se volatilissant depuis un sol ou d'un étang. La stabilité de l'atmosphère régit aussi le comportement du panache(47).

La pluviométrie influe sur le phénomène de retombées atmosphériques. Elle est aussi liée au possible lessivage des sols et aux transferts aux eaux de surfaces ou aux eaux

superficielles. Enfin des phénomènes de crues engendrant des recouvrements de sol peuvent occasionner des transferts de polluants entre compartiments.

L'évaluation concerne les vecteurs de transfert mais aussi les barrières naturelles. Par exemple les polluants atmosphériques émis par une industrie située en fond de vallée peuvent être considérés comme ne s'étendant pas au delà d'une certaine altitude, de part la prise en compte d'une couche d'inversion limitant la dispersion verticale(8). Une autre limite naturelle concerne une nappe contaminée qui est délimitée par une rivière avec laquelle elle est en liaison hydraulique.

Il importe d'identifier *a priori* les compartiments qui pourraient constituer des compartiments de transfert secondaire et d'étudier l'ensemble des mécanismes de transfert possibles, par exemple en recensant les nappes, les cours d'eau sous-jacents à des sols pollués. Le raisonnement est celui de la présence ou l'absence d'un milieu récepteur secondaire et d'un mécanisme de transfert à proximité des sources de rejets. Le recensement s'effectue sur une zone supposée comme sous influence du récepteur primaire.

En effet, certains récepteurs secondaires comme l'eau et l'air sont aussi des vecteurs de dispersion à distance importants et peuvent contribuer à un élargissement de zone. Ainsi, le transfert aérien conduit à la formation de zones de retombées, à des distance plus ou moins grandes de l'installation. La zone de retombée au sol est située sous le panache, souvent sur une surface plus confinée que le nuage de gaz ou de particules. Ceci n'amène donc pas à une extension de zone sous influence. Par contre, si les retombées concernent des milieux hydriques, en particulier des eaux de surface, il pourra y avoir diffusion à distance selon le réseau hydrographique, et une possible extension de la zone sous influence.

Une autre illustration est le transfert d'hydrocarbures ayant contaminé le sol de l'installation industrielle jusqu'à la nappe sous jacente. Celle-ci peut être en connexion avec un étang voisin, avec dispersion des substances jusqu'à l'étang. Puis peut avoir lieu une volatilisation partielle des composés organiques volatiles jusqu'à une zone résidentielle voisine(17). Pour les rejets dans l'air ou dans l'eau, une distinction doit s'effectuer entre les sources de rejets diffus et les rejets canalisés.