

## *Rapport*

# ***Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zones***

*Utilité, lignes méthodologiques et interprétation*

## **REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **ANNEXE 5**

**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES  
PRATIQUES EN EVALUATION  
QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES  
MENÉES DANS LE CADRE DES ÉTUDES DE  
ZONE**

Consultation en procédure adaptée, Ministère de la santé et des sports, Direction  
Générale de la Santé, Haut Conseil de la santé publique.

**Rapport Final VNC**  
Version finale

Vincent Nedellec  
mars 2010

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>CONTEXTE.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>MÉTHODES.....</b>	<b>6</b>
2.1	RECHERCHE DE LA LITTÉRATURE INTERNATIONALE.....	6
2.1.1	<i>Mots clés</i> .....	6
2.1.2	<i>Sélection des articles</i> .....	6
2.1.3	<i>Institutions potentiellement concernées</i> .....	7
2.2	IDENTIFICATION DE LA FINALITÉ DES ÉTUDES.....	8
2.3	LIGNES MÉTHODOLOGIQUES ET ASPECTS SPÉCIFIQUES DES ÉTUDES DE ZONE.....	8
<b>3</b>	<b>RÉSULTATS DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>9</b>
3.1	PÉRIODE DE RECHERCHE.....	9
3.2	MEDLINE, SCIENCE DIRECTE, INIST, BDSP.....	9
3.3	ADEME.....	11
3.4	AFSSET.....	11
3.5	ATSDR.....	12
3.6	ECB.....	14
3.7	EHESP.....	14
3.8	INERIS.....	14
3.9	INVS.....	14
3.10	OMS.....	15
3.11	OPERSEI.....	15
3.12	RIVM.....	15
3.13	SANTÉ CANADA.....	15
3.14	SECRÉTARIATS PERMANENTS POUR LA PRÉVENTION DES POLLUTIONS INDUSTRIELLES S3PI.....	16
3.15	U.S. EPA.....	17
3.16	CONCLUSION.....	18
<b>4</b>	<b>FINALITÉS DES ÉTUDES.....</b>	<b>20</b>
4.1	ARTICLES PUBLIÉS DANS UNE REVUE SCIENTIFIQUE.....	20
4.1.1	<i>Taiwan</i> .....	20
4.1.2	<i>Chine</i> .....	21
4.1.3	<i>Etude suisse</i> .....	22
4.1.4	<i>Italie</i> .....	23
4.1.5	<i>Espagne</i> .....	23
4.1.6	<i>Liban</i> .....	24
4.2	LA COMMUNE DE CHAMPLAN.....	24
4.2.1	<i>Sociologie</i> .....	24
4.2.2	<i>Exposition aux polluants de l'air</i> .....	27
4.2.3	<i>Exposition au bruit</i> .....	29
4.2.4	<i>Exposition aux champs magnétiques</i> .....	30
4.3	ETUDES ATSDR.....	31
4.3.1	<i>Guides méthodologiques</i> .....	31
4.3.2	<i>Etudes de type « évaluation de la santé publique »</i> .....	31
4.3.3	<i>Etudes de type « consultation de santé »</i> .....	33
4.4	MÉMOIRES D'ÉTUDIANT À L'EHESP.....	34
4.5	ETUDE DE L'INERIS.....	37
4.6	ETUDES DE L'INVS.....	38
4.7	SECRÉTARIATS PERMANENTS POUR LA PRÉVENTION DES POLLUTIONS INDUSTRIELLES S3PI.....	41
4.7.1	<i>Etude de la zone industrielle de Calais</i> .....	41
4.7.2	<i>Etude de la zone industrielle de Dunkerque</i> .....	42
4.7.3	<i>Etude de la zone industrielle de l'Etang de Berre</i> .....	42
4.7.4	<i>Etude de la zone industrielle de Fos-sur-Mer</i> .....	43
4.7.5	<i>Etude de la zone industrielle de Lacq</i> .....	44
4.8	ETUDES DE L'U.S. EPA.....	44
4.9	SYNTHÈSE.....	45

<b>5</b>	<b>LIGNES MÉTHODOLOGIQUES ET ASPECTS SPÉCIFIQUES .....</b>	<b>47</b>
5.1	TYPOLOGIE DES SOURCES D'ÉMISSIONS SUR LA ZONE D'ÉTUDE.....	47
5.2	LES MODALITÉS DE CARACTÉRISATION DE LA CONTAMINATION ENVIRONNEMENTALE .....	47
5.3	LA CONDUITE DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES. ....	48
5.3.1	<i>Sélections des agents dangereux</i> .....	48
5.3.2	<i>Avis de VNC</i> .....	49
5.3.3	<i>Sélection des VTR</i> .....	51
5.3.4	<i>Avis de VNC</i> .....	52
5.3.5	<i>Estimation des expositions (mesure ou modélisation ?)</i> .....	54
5.3.6	<i>Avis de VNC</i> .....	55
5.3.7	<i>Accumulation des polluants</i> .....	55
5.3.8	<i>Avis de VNC</i> .....	56
5.3.9	<i>Prise en compte des effets des cocktails de polluants ?</i> .....	57
5.3.10	<i>Avis de VNC</i> .....	58
5.3.11	<i>Différences méthodologiques entre EQRS de zone et EQRS d'ICPE</i> .....	58
5.3.11.1	<i>Sélection des polluants</i> .....	59
5.3.11.2	<i>Définition de la zone d'étude</i> .....	59
5.3.11.3	<i>Identification des dangers et caractérisation des relations dose réponse</i> .....	60
5.3.11.4	<i>Addition des risques liés aux cocktails de polluants</i> .....	60
5.4	SYNTHÈSE .....	62
<b>6</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>70</b>
<b>9</b>	<b>ANEXE 1 .....</b>	<b>73</b>

#### TABLES DES ILLUSTRATIONS

<i>Tableau 1 : Résultats des recherches dans les bases de données bibliographiques (en nombre d'article) .....</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 2 : Synthèse des finalités et objectifs des études jugées pertinentes par VNC pour la problématique.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 3 : Les différentes combinaisons d'addition des risques utilisées dans les études disponibles.....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau 4 : synthèse des aspects méthodologiques dans les études de zones industrielles .....</i>	<i>63</i>

## SIGLES UTILISÉS

(A l'exception: des unités métriques et des appellations chimiques normalisées, des éléments de la classification périodique et des mentions diverses dans les références scientifiques et techniques)

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.	ME : Marge d'Exposition
ADI : Acceptable Daily Intake	MeSH : Medical Subject Heading (thésaurus biomédical de référence)
ADMS : Atmospheric Dispersion Modelling System	MRL : Maximum Risk Level
AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail.	NIEHS : National Institute of Environmental Health Sciences
AP42 : Compilation of Air Pollutant Emission Factor (U.S. EPA, Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emissions Factors)	NOAEL : No Observable Adverse Effect Level (niveau « de dose » sans effet néfaste observé)
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry	NRC : National Research Council
BDSP : Base de Données en Santé Publique	OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (California Government)
BEH : Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire	OMS : Organisation Mondiale de la Santé
BMD : Benchmark Dose	OPERSEI : Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact
CA : Concentration admissible	OTAN : Organisation du Traité de l'Atlantique Nord.
CEE : Communauté Economique Européenne	PCDD/F : polychlorodibenzo-p-dioxines/polychlorodibenzo-p-furanes
COV : Composé Organique Volatil	PdD : Point de Départ (pour dériver une FDR linéaire à faible dose)
DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.	PHA : Public Health Assessment
DGS : Direction Générale de la Santé (ministère chargé de la santé publique)	PM : Particulate Mater (particules en suspension dans l'air)
DJA : Dose journalière Admissible	PM <sub>10</sub> : particulate mater < 10µm
DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.	QD : quotient de danger
ECB : European Chemical Bureau	RD : Ratio de danger
EHESP : Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique	RDR : Relation Dose Réponse
ENSP : Ecole Nationale de Santé Publique	RfC : Reference Concentration
EQRS : Evaluation Quantitative du Risque Sanitaire	RfD : Reference Dose
ERI : Excès de Risque Individuel	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute for Public Health and the Environment - Netherlands)
ERU : Excès de Risque Unitaire	S3PI : Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles
FDR : Fonction Dose Réponse	SAD : systèmes d'aide à la décision
FI : Facteurs d'Incertitudes	SIG : Système d'information Géographique
HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique	TC : Tolerable Concentration
HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique	TCA : Tolerable Concentration in Air
HHRAP : Human Health Risk Assessment Protocol	TDI : Tolerable Daily Intake
HRA : Health risk assessment	TEF : toxic equivalent factor
IARC : International Agency for Research on Cancer	TEQ : toxic equivalent quantity
IC <sub>95%</sub> : Intervalle de Confiance à 95 %	TI : Tolerable Intake
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement	UIOM : usine d'incinération d'ordures ménagères
IF : Intake fraction	USA : United State of America
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.	U.S. EPA : United States Environmental Protection Agency
INIST : Institut National de l'Information Scientifique et Technique	VG : Valeur Guide
INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.	VME : valeurs limites de moyenne d'exposition
InVS : Institut de Veille Sanitaire	VNC : Vincent Nedellec Conseil
IRIS : Integrated Risk Information System (U.S. EPA)	ZIP : zone industrielle et portuaire
ISCST3 : Industrial Source Complex Short-Term model version 3	
Lden : Level day evening night	
Ln : Level night	
MdA : Mode d'Action,	

## 1 CONTEXTE

Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) est interrogé sur l'« Elaboration d'une méthodologie d'évaluation du risque sanitaire dans le cadre d'une « étude de zone » en présence d'activités multiples. Il est en effet constaté que les évaluations quantitatives du risque sanitaire (EQRS) se font dans une logique du risque additionnel propre à l'activité particulière qui fait l'objet de l'étude d'impact, alors que le territoire concerné est le plus souvent sous l'influence d'un ensemble d'activités industrielles et autres (transports...) sans que l'effet conjugué de l'ensemble des émissions et nuisances ne soit considéré.

Des études de zone sont parfois réalisées par des acteurs industriels regroupés dans le cadre des S3PI ou encore dans le cadre de l'état initial qui doit en principe être effectué pour une demande d'installation nouvelle. Mais ces études de zones n'ont pas à l'heure actuelle de cadre méthodologique de référence ni de cadre administratif établi.

Pour avancer dans cette réflexion le HCSP a choisi VNC pour rassembler la littérature internationale appropriée ; identifier la finalité des EQRS menées ; décrire les lignes méthodologiques et les hypothèses des EQRS menées.

**Ce document constitue le rapport final de VNC.** Il présente l'ensemble du travail correspondant aux 3 étapes de la prestation attendue par le HCSP :

1. Rassembler la littérature internationale appropriée ; par internationale il faut comprendre les pays développés qui publient régulièrement dans le domaine (USA, Canada, Union Européenne, Allemagne, Pays-Bas, Grande Bretagne, Australie), par littérature on entend des ouvrages, revues scientifiques et rapport publiés sur les sites Internet des organismes compétents.
2. Identifié les finalités des EQRS menées : ces finalités seront étayées notamment par les points clés du contexte, les recommandations formulées et lorsque disponibles, les décisions prises à l'issue de l'interprétation des résultats, les actions de gestions entreprises ;
3. Décrire les lignes méthodologiques et les hypothèses retenues dans les EQRS menées ; ces éléments porteront sur la typologie des sources d'émission sur la zone ; les modalités de caractérisation de la contamination environnementale ; la conduite de la caractérisation des risques. Une attention particulière sera portée aux éléments qui distingueraient, s'il en est, une EQRS de zone d'une EQRS « standard ».

## 2 MÉTHODES

### 2.1 Recherche de la littérature internationale

#### 2.1.1 Mots clés

Les bases de données bibliographiques et scientifiques MEDLINE, ScienceDirect, INIST et BDSP sont interrogées au moyen des mots clés suivants :

1. Evaluation des risques (risk assessment),
2. Evaluation des risques pour la santé (health risk assessment)
3. Evaluation régionale des risques (Regional risk assessment)
4. Evaluation régionale des risques pour la santé (Regional health risk assessment)
5. Industriel (industrial)
6. Régional (regional)
7. Emission industrielle (industrial emission)
8. Emissions industrielles multiples (multi industrial emission)
9. industrie régionale (Regional industry)
10. émission industrie régionale (emission regional industry),
11. ville fortement industrialisée (highly industrial city)
12. zone fortement industrialisée (highly industrial area)
13. Parc industriel (industrial park)
14. Complexe industriel (Large industrial center)

Les mots clés sont entrés dans le moteur de recherche de chaque base de données sans précision spécifique de champ (auteur, titre, résumé, MeSH, etc.) de date ou de type d'article (revue, étude originale). La liste présentée ci dessus a été actualisée au fur et à mesure des recherches et des mots clés retrouvés dans les articles les plus pertinents.

Les résultats des différents mots clés sont croisés entre eux (lorsque c'est possible comme dans MEDLINE) notamment la première combinaison de mots « *Evaluation des risques (risk assessment)* » avec toutes celles qui ne comportent pas ces deux mots importants.

La recherche par mots clés est complétée par une recherche dans les listes bibliographiques de chaque article jugé pertinent (cf. chapitre suivant sur la sélection des articles). Les mots clés des articles pertinents viennent incrémenter la liste des mots clés choisie initialement. Une nouvelle recherche dans chaque base de données est lancée lorsqu'un nouveau mot clé est ajouté. Les articles clairement pertinents font l'objet d'une nouvelle recherche dans la base de données avec la fonction « related article » (articles reliés).

#### 2.1.2 Sélection des articles

Les résultats sont téléchargés dans le logiciel « Endnote ». Un premier tri est effectué en lisant le titre de l'article. Ceux qui sont hors sujets sont éliminés, ceux qui sont douteux sont conservés pour l'étape suivante. La deuxième étape de sélection est basée sur la lecture des résumés des articles. Les descriptions des objectifs, des matériels et méthodes, des résultats et des conclusions permettent de s'assurer la pertinence des articles sélectionnés *in fine*. Les

articles hors sujet sont éliminés ainsi que les articles non rédigés en langue anglaise, française ou portugaise. Sont également exclus les études de type :

- ✓ Toxicologique
- ✓ Ecotoxicologique
- ✓ Epidémiologique
- ✓ Microbiologique
- ✓ Métrologiques (uniquement résultats de mesure)
- ✓ Mono industrie
- ✓ Accident industriel
- ✓ Pollution historique des sols
- ✓ Inventaire des sources d'un seul polluant

Les articles scientifiques sélectionnés qui ne sont pas publiés dans une revue en accès libre sont achetés auprès de l'INIST ou de ScienceDirect (selon disponibilité).

### *2.1.3 Institutions potentiellement concernées*

Le sujet étant très spécifique et peu conventionnel la « littérature grise » est également recherchée (rapports techniques, thèses ou mémoires d'étudiants) auprès des institutions internationales ou françaises jugées pertinentes dans le domaine de l'évaluation des risques sanitaires. Les sites internet suivants sont particulièrement ciblés :

#### **International :**

- ◆ OMS (Organisation Mondiale de la Santé) : <http://www.inchem.org/>
- ◆ US EPA (US Environmental Protection Agency) : <http://www.epa.gov>,
- ◆ ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>,
- ◆ Health Canada (Ministère de la santé canadien) : <http://www.hc-sc.gc.ca/>,
- ◆ ECB (European Chemical Bureau) : <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>,
- ◆ NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences) : <http://www.niehs.nih.gov/>
- ◆ RIVM (National Institute for Public Health and the Environment): <http://www.rivm.nl/>
- ◆ Autres ...

#### **France :**

- ◆ ADEME : <http://www.ademe.fr/>
- ◆ EHESP : <http://www.ehesp.fr/portail/>
- ◆ AFSSET : <http://www.afsset.fr/>
- ◆ INERIS : <http://www.ineris.fr/>
- ◆ InVS : <http://www.invs.sante.fr/>
- ◆ Les Secrétariats permanents pour la prévention des pollutions industrielles S3PI
- ◆ Ministère de la santé et des sports : <http://www.sante-sports.gouv.fr/>
- ◆ Ministère chargé de l'environnement : <http://www.environnement.gouv.fr/>
- ◆ OPERSEI : [http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud\\_impact/sommaire.htm](http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/sommaire.htm)

On utilise les mêmes mots clés décrits précédemment. Les résultats donnés par le moteur de recherche sont examinés avec attention. Tous les documents (articles, rapports d'études, thèses, mémoires d'étudiants) jugés pertinents sont récupérés sous forme électronique si possible, sinon sous forme papier.



## **2.2 Identification de la finalité des études**

Les études identifiées lors de la recherche bibliographique, sont directement reprise dans ce rapport. Les études sont présentées selon trois rubriques :

1. la référence bibliographique complète du document,
2. une description succincte des objectifs et des finalités de l'étude en respectant les formulations utilisées par les auteurs,
3. l'avis de VNC quant à l'intérêt de l'étude par rapport à la problématique du HCSP sur les études de zone.

Sous la deuxième rubrique, lorsque les objectifs ou la finalité de l'étude ne sont pas explicitement relatés par les auteurs, on essaiera de présenter les informations disponibles de manière à ce que le lecteur puisse se faire une idée de ces deux aspects. Dans ce cas, la subjectivité aura plus de place que dans le cas où les informations figurent en claires dans le document original.

## **2.3 Lignes méthodologiques et aspects spécifiques des études de zone**

A l'issue des deux premières étapes on disposera d'une vision claire des études disponibles et, parmi celles-ci, de celles ayant un intérêt plus spécifique pour la problématique abordée par le HCSP. Cette troisième partie du rapport abordera donc la description des matériels et méthodes employés dans les études jugées pertinentes.

On s'intéressera donc dans l'ordre aux éléments suivants :

1. la typologie des sources d'émission sur la zone ;
2. les modalités de caractérisation de la contamination environnementale ;
3. la conduite de la caractérisation des risques.

Une attention particulière sera portée aux éléments qui distingueraient, s'il en est, une EQRS de zone d'une EQRS « standard » notamment sur les points suivants :

1. Comment sont sélectionnés les agents dangereux dans l'étude ?
2. Comment sont sélectionnés les VTR ?
3. Comment sont estimées les expositions (mesure ou modélisation ?)
4. Comment sont pris en compte des sources de natures diverses ?
5. Calcul d'exposition cumulée pour un polluant, ou pour un organe cible ?
6. Comment sont pris en compte les effets des cocktails de polluants ? Addition des risques pour les non cancérigènes ? Aller au-delà de l'effet critique de chaque polluant pour l'addition des effets ?

### **3 RÉSULTATS DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUES**

#### **3.1 Période de recherche**

Les recherches ont été réalisées entre le 21 octobre 2009 et le 6 novembre 2009 dans toutes les bases de données et sites Internet présentés au chapitre méthodologie.

#### **3.2 MEDLINE, ScienceDirect, INIST, BDSP**

Les résultats des différentes interrogations lancées dans les bases de données bibliographiques sont présentés dans le tableau suivant. Avec les mots clés peu spécifiques comme « évaluation des risques », « industrie », « régional », plusieurs dizaines de milliers de références sont affichées. L'utilisation de mots clés plus spécifiques ou l'utilisation de croisement de mots clés avec l'opérateur « and », limite considérablement le nombre de références renvoyées par la base de données. Les titres d'articles ont été lus uniquement lorsqu'il y a moins de 1 000 articles dans les résultats.

Les recherches ont commencé par la base de données MEDLINE. Les articles retenus dans cette base ne sont plus retenus dans les autres bases de données. Ainsi, le nombre d'article sélectionné dans la base INIST est de 0, toutefois cette base a correctement trouvé les mêmes articles que MEDLINE. En revanche, deux articles identifiés dans ScienceDirect ne figurent pas dans les autres bases : Gheorghe, 2000 ; Xu, 2009. Ces articles sont publiés dans des revues non indexées dans MEDLINE ou INIST (respectivement : Reliability Engineering and System Safety; Journal of Environmental Management). Les recherches avec les mots clés en version française réalisée dans INIST, n'apportent rien de plus. En revanche, 4 mémoires d'ingénieur du génie sanitaire sont identifiés grâce aux recherches avec les mots clés en français dans la BDSB.

**Tableau 1 : Résultats des recherches dans les bases de données bibliographiques (en nombre d'article)**

	MEDLINE	Science directe	INIST (anglais)	INIST (français)	BDSP (français)
Risk assessment	181 774	548 521	6 096	<b>576</b>	689
Health risk assessment (HRA)	66 495	322 440	<b>276</b>	<b>9</b>	<b>89</b>
Regional risk assessment	3 797	116 086	<b>4</b>	0	0
Regional health risk assessment	1 501	70 523	0	0	0
Industrial	279 768	771 949	104 333	124088	<b>400</b>
Regional	225 327	669 480	65 648	4732	4934
Industrial emission	2 348	107 213	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<i>Multi industrial emission</i>	<b>44</b>	30 407	0	0	0
HRA + industrial emission	<b>74</b>	12 574	0	0	0
HRA + multi industrial emission	<b>2</b>	5 367	0	0	0
HRA + regional industry	<b>90</b>	17 841	0	0	0
HRA + emission industrial region	<b>52</b>	8 474	0	0	0
HRA + Highly industrial city	<b>10</b>	10 001	0	0	0
HRA + Highly industrial region	<b>87</b>	14 686	0	0	0
HRA + Highly industrial area	<b>94</b>	23 025	0	24	0
HRA + industrial park	<b>124</b>	12 454	0	0	0
HRA + large industrial center	<b>39</b>	27471	0	0	0
Related articles	27	377	0	0	0
<b>Total potentiel</b>	<b>643</b>	<b>377</b>	<b>300</b>	<b>586</b>	<b>492</b>
<b>Sélection sur le titre</b>	<b>27</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
<b>Sélection sur le résumé</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>

Au total on dénombre 8 articles et 4 mémoires pertinents. Les publications scientifiques sont majoritairement d'origines chinoise et taiwanaise [Hao, 2007; Kao, 2007; Ma, 2002; Xu, 2009]. On trouve une étude Suisse [Gheorghe, 2000], une Italienne [Morra, 2009], une espagnole [Meneses, 2004] et une d'origine indéterminée [El-Fadel, 2009]. Un peu moins d'une trentaine d'articles paraissaient « éligibles » à la lecture du titre mais les informations obtenues dans le résumés ont conduit à exclure ces articles. Ils sont présentés dans l'annexe 1 de ce rapport classés selon le motif de leur exclusion. Aucun article nouveau n'a été identifié dans les listes bibliographiques de ces 8 articles à l'exception d'un article malheureusement introuvable dans les quatre bases bibliographiques consultées (MEDLINE, ScienceDirect, INIST, BDSP). Il s'agit de plus, d'un article en Chinois « Approach to methods of regional risk assessment », publié dans une revue chinoise « Mining & Metallurgy ».

En raison du faible nombre d'articles pertinents retrouvés, d'autres mots clés ont été testés lors des recherches. L'usage de ces autres mots clés n'a pas amélioré les résultats. Par exemple le mot clé « *integrated* » (integrated risk assessment) n'a apporté aucune étude pertinente. Il semble désigner, selon l'usage qui en est fait par les auteurs, les évaluations de risques consacrés soit à un cocktail de polluants indépendamment des sources émettrices, soit les études intégrant la santé humaine et écologique. Ces études ne sont pas pertinentes pour notre sujet. Les deux références suivantes illustrent ce type d'études :

*Sekizawa J, Tanabe S. A comparison between integrated risk assessment and classical health/environmental assessment: emerging beneficial properties. Toxicol Appl Pharmacol, 2005 Sep 1;207(2 Suppl):617-22.*  
*Both humans and wildlife are exposed to various types of halogenated organic compounds such as polychlorinated biphenyls (PCBs) and dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), typically old chemicals, and tris(4-chlorophenyl) methane (TCPM) and brominated flame retardants, some new chemicals,*

*simultaneously. Classical risk assessment has evaluated health and ecological risks independently by experts from different disciplines. Taking into considerations the recent concerns about endocrine disrupting chemicals and the progress of research in related areas, we integrated and assessed data on exposure and potential effects in humans and wildlife. Comparisons were made for organ concentrations, body burdens of several organochlorine compounds (OCs), metabolic capacities between humans and various wildlife. When we integrate the knowledge on effects and exposure in humans and in wildlife, new insights were suggested about similarities and/or differences in potential effects among various human populations living on different foods and having different body burdens. Combining existing information with emerging knowledge of mechanisms of actions on endocrine disrupting chemicals after exposure to above chemicals during early developmental stages will further elucidate potential risks from exposure to those chemicals.*

*Suter GW 2nd, Vermeire T, Munns WR Jr, Sekizawa J. An integrated framework for health and ecological risk assessment. Toxicol Appl Pharmacol. 2005 Sep 1;207(2 Suppl):611-6.*

*The World Health Organization's (WHO's) International Program for Chemical Safety has developed a framework for performing risk assessments that integrate the assessment of risks to human health and risks to nonhuman organisms and ecosystems. The WHO's framework recognizes that stakeholders and risk managers have their own processes that are parallel to the scientific process of risk assessment and may interact with the risk assessment at various points, depending on the context. Integration of health and ecology provides consistent expressions of assessment results, incorporates the interdependence of humans and the environment, uses sentinel organisms, and improves the efficiency and quality of assessments relative to independent human health and ecological risk assessments. The advantage of the framework to toxicologists lies in the opportunity to use understanding of toxicokinetics and toxicodynamics to inform the integrated assessment of all exposed species.*

### **3.3 ADEME**

Les recherches effectuées sur le site Internet de l'ADEME ont rapporté une seule référence intéressante. Il s'agit d'un numéro spécial de la revue *Environnement, Risques & Santé* consacré à l'évaluation des risques sanitaires sur la commune de Champlan (91).

Cette commune est exposée à une multitude de sources fortement émettrices : deux autoroutes (A6 et A10) une nationale (N20) et leurs interconnexions, un aéroport (Orly), des lignes de transport d'électricité à très haute tension et un incinérateur d'ordures ménagères. Ce numéro spécial comporte 7 articles originaux, 4 portent sur l'évaluation de l'environnement physique et chimique [Joly, 2009; Merckel, 2009; Pernelet-Joly, 2009; Thibier, 2009] et 3 sont plus de nature sociologique [Picque, 2009; Salomon, 2009a; Salomon, 2009a].

L'ensemble ne constitue pas *stricto sensu* une évaluation des risques sanitaires liés à une zone industrielle dans son ensemble. Néanmoins, ils semblent pouvoir apporter des éléments de réflexion importants. Ils concernent la mesure des contributions respectives de différentes sources émettant des polluants identiques dans une zone géographique limitée [Joly, 2009], complété par une approche des expositions individuelles [Pernelet-Joly, 2009] et des expositions aux agents physiques bruits et champ magnétiques [Thibier, 2009 et Merckel, 2009]. De même, les éclairages sociologiques portent sur la participation des populations à l'évaluation des risques [Picque, 2009], l'analyse socio-politique de l'émergence d'une problématique environnementale multiple [Salomon, 2009a] et les représentations des « inquiétudes sanitaires » de la population [Salomon, 2009b].

### **3.4 AFSSET**

Les recherches sur le site de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) n'ont pas rapporté d'article ou de rapport pertinent. Cependant deux auteurs des études, publiées dans *Environnement, Risques & Santé*, concernant la commune de Champlan (91) sont affilié à l'Afsset : Pernelet-Joly et Merckel.

### 3.5 ATSDR

Aux USA, l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) réalise des évaluations de risques sanitaires pour les décharges de déchets dangereux mais aussi d'autres types d'installations industrielles. Il existe trois modalités de saisine pour cette agence fédérale :

1. Un site industriel est placé sur la liste nationale de l'U.S. EPA des sites prioritaires (National Priority List « NPL »). L'étude de l'ATSDR est alors appelée Public Health Assessment (PHA)
2. Une pétition des parties prenantes demande une évaluation des risques sanitaires à l'ATSDR. L'étude de l'ATSDR est alors appelée « Health Consultation »<sup>1</sup>.
3. Une agence fédérale, un Etat, un gouvernement ethnique demande une EQRS à l'ATSDR. C'est aussi une étude « Health Consultation ».

A ce titre, elle produit des guides méthodologiques et des rapports d'études. Ces derniers peuvent utiliser différentes approches : l'épidémiologie descriptive (pour la plupart des études, il s'agit de calculer des ratios standardisés de mortalité « SMR »), l'évaluation des risques basée sur des données de métrologie environnementale ou sur des facteurs d'émissions lorsque les données environnementales manquent, des études d'exposition en population générale. Les documents suivants ont été jugés pertinents :

#### Guides méthodologiques :

- ✓ Public Health Assessment Guidance Manuel (Méthode pour évaluer les conséquences sanitaires d'une pollution environnementale), non daté.
- ✓ Guidance for ATSDR Health studies, April 1996<sup>2</sup>.
- ✓ A citizen's Guide to risk assessments and public health assessments at contaminated sites (non daté)<sup>3</sup>.

#### Rapports d'études :

Sur le site de l'ATSDR le moteur de recherche rapporte 97 références pour les mots clés « *multi-site evaluation* ». La grande majorité sont des études d'anciennes décharges de déchets dangereux (principale mission de l'ATSDR). Pour ces sites, l'ATSDR a développé une approche épidémiologique qui intègre les populations avoisinantes de différents sites de

---

<sup>1</sup> An ATSDR health consultation is a verbal or written response from ATSDR to a specific request for information about health risks related to a specific site, a chemical release, or the presence of hazardous material. In order to prevent or mitigate exposures, a consultation may lead to specific actions, such as restricting use of or replacing water supplies; intensifying environmental sampling; restricting site access; or removing the contaminated material. In addition, consultations may recommend additional public health actions, such as conducting health surveillance activities to evaluate exposure or trends in adverse health outcomes; conducting biological indicators of exposure studies to assess exposure; and providing health education for health care providers and community members. This concludes the health consultation process for this site, unless additional information is obtained by ATSDR which, in the Agency's opinion, indicates a need to revise or append the conclusions previously issued.

<sup>2</sup> Ce document dit explicitement qu'une ERS « multisite » doit employer le même protocole d'étude qu'une ERS pour différents sites ayant les mêmes polluants et voie d'exposition (cf. p3 chapitre « Site Assessments »)

<sup>3</sup> Ce guide fait référence aux guides de l'EPA dans la série RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund). Ils sont édités par l'U.S. EPA et seront donc présentés au chapitre dédié à cette institution du gouvernement fédéral des USA

décharges afin d'augmenter la puissance statistique de l'étude (cf. Congressional Testimony ATSDR 1995<sup>4</sup>).

D'autres types de sites, ayant peu d'intérêt pour notre étude, comme des bases militaires sont également largement représentés dans les 97 références. Par ailleurs, le terme « multi-site » réfère parfois à des études où il y a un site industriel émetteur et plusieurs sites contaminés par ces émissions (cf. étude « Islip municipal sanitary landfill »). Enfin, ce terme fait également référence aux substances chimiques cancérigènes multi-site comme les HAP, le 1,3-butadiène ou encore la 2,3,7,8-TCDD. Un grand nombre de profils toxicologiques figurent donc dans les 97 références.

Après avoir exclu toutes les références correspondantes aux catégories sans intérêt, il reste une demi-douzaine d'études pertinentes. Elles sont présentées succinctement ci-dessous par ordre chronologique.

*ATSDR Preliminary Public Health Assessment. Nutmeg Valley, road Wolcott, New Haven county, Connecticut. 1990, 19p.*

*La Nutmeg Valley est une zone industrielle composée de petites fabriques et d'ateliers de réparation (...).*

*ATSDR Health Consultation. Air Contamination at the Eastern Michaud Flats Contamination Bannock County, Idaho; Power County, Idaho; Fort Hall Indian Reservation CERCLIS NO. IDD984666610 ; 2000, 100p.*

Basé sur l'examen de nombreuses études de qualité de l'air, l'ATSDR conclut que les émissions de polluants aériens de l'Eastern Michaud Flats (EMF) Superfund site, pose un danger de santé publique. Ce danger existant depuis 1975 continuera à exister à moins que les émissions des deux usines de phosphates et d'autres sources soient réduites.

ATSDR Health Consultation. APAC Carolina Inc. And associated Asphalt Inc. Jake Alexander Bld Salisbury, Rowan County, North Carolina 28144 EPA Facility ID NCD095458204, February 17, 2007 ; 49p.

Il s'agit d'une évaluation concernant plusieurs sites de production d'asphalte routier.

ATSDR Health Consultation. 1529 west Lasalle street site property Tampa, Hillsborough county, Florida EPA Facility ID: FLT060077807. April 3, 2007 ; 49p.

Les sols du site étudié sont potentiellement pollués par différentes activités industrielles et commerciales qui se sont succédées historiquement : entrepôt pétrolier, négoce de bois, fabrication et distribution de produit chimique.

ATSDR Public health assessment. Bunker Hill mining and metallurgical complex operable unit 3 (a/k/a Cœur d'alene river basin). Kootenai and Shoshone counties, Idaho Westward to Spokane and Stevens counties, Washington. EPA FACILITY ID: IDD048340921. March 26, 2007 ; 341p.

L'étude concerne la santé des habitants voisins d'un grand complexe minier et métallurgique (Métaux non ferreux).

ATSDR Studies on Chemical Releases in the Great Lakes Region. December 2008 ; 14p.

Une étude de la pollution des grands lacs nord américains et de ses impacts sur les écosystèmes et sur la santé humaine.

---

<sup>4</sup> « ATSDR has adopted the approach of aggregating sites for the purpose of health evaluation. This approach was outlined in a 1992 report to Congress entitled, The Feasibility and Value of Performing Multisite Epidemiologic Studies for Superfund Sites. An example of this approach is an ATSDR study conducted in four separate geographic areas near mining and smelting sites in Illinois, Kansas, Missouri, and Pennsylvania involving more than 2,200 people. It was found that the blood lead levels in children living near the sites were strongly associated with soil lead levels. This demonstrates that the lead contamination in soil was an important contributor to the lead in children's blood. As you know, lead has been shown to be particularly harmful to the developing brain and nervous system of young children. Efforts are underway to reduce children's exposure to lead ».

### 3.6 ECB

Aucune étude ou document méthodologique n'a été retrouvé sur le site de l'European Chemical Bureau (ECB).

### 3.7 EHESP

Sur le site de l'EHESP on trouve les quatre mémoires d'ingénieurs du génie sanitaire identifiés par la recherche dans la base de données bibliographique BDSP :

LE MOAL J. Installations classées pour la protection de l'environnement : la dimension sanitaire. Etude de cas sur la zone industrielle de Mitry-Compans, en Seine-et-Marne. Mémoire ENSP de Médecin Inspecteur de Santé Publique. ENSP, 1998, 170 p.

MASSON N. Délimitation de la zone d'étude autour de sites industriels. État des lieux et propositions. Mémoire ENSP d'Ingénieur du Génie sanitaire. ENSP, 2004 ; 52 p.

LIEBERT A. Faisabilité d'une méthode d'analyse de risques cumulés sur un secteur géographique donné : exemple de la zone industrielle Nord de la ville de Limoges (87). ENSP, 2005, 64p.

ATIYEH A. Impact sanitaire de la pollution atmosphérique industrielle sur la zone de Fos - Etang de Berre. Mémoire ENSP d'Ingénieur du Génie sanitaire. ENSP, 2006, 53p.

### 3.8 INERIS

Les mots clés utilisés pour les bases de données bibliographiques ont été testés dans le moteur de recherche sur le site de l'INERIS. Un seul document est apparu pertinent :

INERIS. Estimation de l'impact des rejets des installations industrielles et utilisation de l'évaluation des risques à l'étranger. Rapport d'étude n° 76413/197, 12/11/2006 ; 44p.

### 3.9 INVS

Les mots clés utilisés pour les bases de données bibliographiques ont été testés dans le moteur de recherche de l'InVS. Deux documents sont apparus pertinents. Le premier concerne le site de Vincennes, pollué par différentes activités industrielles (ancien site Kodak et incinérateur à proximité). La problématique est semblable à certaines études de l'ATSDR, c'est pourquoi ces travaux d'études de l'InVS sont conservés pour les comparer aux procédures de l'ATSDR, si cela apparaît nécessaire. Le second document est plus directement pertinent, puisqu'il s'agit de l'évaluation des risques pour trois « zones multi émettrices en Rhône Alpes ». Ce rapport est accompagné d'un rapport métrologique décrivant les travaux de l'Observatoire de l'Air en Rhône-Alpes sur ces trois zones multi émettrices.

BEH du 27 février 2007 n°7-8. Numéro thématique - Cancers pédiatriques à Vincennes : quelles leçons tirer ? 12p.

Schmitt M. Evaluation des risques sanitaires associés à l'inhalation de composés organiques volatiles, métaux lourds et hydrocarbures aromatiques polycycliques autour de 3 zones multi-émettrices en Rhône-Alpes. InVS, DRASS et CIRE Rhône-Alpes Décembre 2008, p88.

Qualité de l'air et Santé, 3 zones « à la loupe » 2006-2007. Étude de 85 polluants atmosphériques sur 3 zones d'activités multi-émettrices de la région Rhône-Alpes en vue d'une évaluation des risques sanitaires, volet : « Qualité de l'air ». Etude financée par la DRASS Rhône-Alpes. ASCOPARG, COPARLY, sup'Air, 1<sup>er</sup> trimestre 2009, 110p.

### **3.10 OMS**

Aucune étude ou document méthodologique pertinent n'a été retrouvé sur le site de l'OMS (<http://www.who.int/en/>) ni sur celui de l'International Programme on Chemical Safety (<http://www.inchem.org/>).

### **3.11 OPERSEI**

Aucune étude ou document méthodologique pertinent n'a été retrouvé sur le site de l'OPERSEI.

### **3.12 RIVM**

Aucune étude ou document méthodologique pertinent n'a été retrouvé sur le site du RIVM.

### **3.13 Santé Canada**

Santé Canada est le ministère fédéral responsable d'aider les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur santé, tout en respectant les choix individuels et les circonstances. Parmi ses nombreuses activités, il produit des rapports d'évaluation pour les substances chimiques (sans intérêt ici). Dans cette série de rapports, on retrouve un document concernant spécifiquement les émissions des installations industrielles. Il s'agit d'un rapport d'évaluation pour les fonderies de cuivre et de zinc première et deuxième fusion. La pertinence de cette étude est incertaine, une lecture plus approfondie du document sera nécessaire pour l'apprécier plus précisément.

Santé Canada. Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation. Rejets des fonderies de cuivre de première et deuxième fusion et des affineries de cuivre. Rejets des fonderies de zinc de première et deuxième fusion et des affineries de zinc. 2001 ; 181p.



### 3.14 Secrétariats permanents pour la prévention des pollutions industrielles S3PI

Les premiers S3PI sont apparus en France dans les années 70, essentiellement pour favoriser le dialogue, régler des problèmes d'eau, de boues, de pollutions (Etang de Berre, Haute-Normandie, le Havre...). D'autres ont suivi, depuis une dizaine d'années (Yvelines, Estuaire de la Loire, Toulouse...). Peu à peu, l'activité des S3PI s'est développée pour assurer la bonne insertion des installations industrielles dans leur environnement : surveillance du milieu, réduction des nuisances, gestion du risque et information des tiers. Une dizaine de secrétariats permanents pour la prévention des pollutions industrielles et des risques existe aujourd'hui en France. Tous fonctionnent avec une forte implication des collectivités locales, avec pour préoccupation essentielle d'assurer un développement industriel durable, respectueux de l'environnement, et de maintenir une cohabitation harmonieuse entre industriels et population. Les ressources d'un S3PI proviennent de dotations du Ministère de l'Environnement via la DRIRE, d'apports des collectivités locales selon les besoins ou de contributions des industriels sur des projets spécifiques. Leurs missions sont de faciliter et d'organiser le dialogue en amont et en aval des projets et des procédures réglementaires, orienter et proposer des actions en vue de réduire les pollutions et les risques industriels (voire d'en évaluer les effets), enfin, assurer une information du public, objective et transparente.

Un certain nombre de S3PI ont été identifiés :

- ✓ Artois : <http://www.s3pi-artois.com/index.html> ;
- ✓ Basse-Seine <http://www.drire.gouv.fr/haute-normandie/environnement/SPPPI/index.html> ;
- ✓ Côte d'opale Flandre : <http://www.spppi-cof.org/> ;
- ✓ Estuaire de l'Adour : [http://www.aquitaine.drire.gouv.fr/environnement/spppi\\_adour/spppi\\_adour.html](http://www.aquitaine.drire.gouv.fr/environnement/spppi_adour/spppi_adour.html) ;
- ✓ Guyane : <http://www.ggm.drire.gouv.fr/SPPPI/index.htm> ;
- ✓ Lyon : <http://www.lyon-spiral.org/> ;
- ✓ Presqu'île d'Ambès : <http://s3pi-ambes.iut.u-bordeaux1.fr/> ;
- ✓ Provence-Alpes-Côte-D'azur : <http://www.spppi-paca.org/index.php> ;
- ✓ Toulouse : <http://andrea.nfrance.com/~eq40782/1-6006-SPPPI-TOULOUSE-2004---2005.php>
- ✓ Vallée de la seine : <http://www.spi-vds.org/francais/pagesitesframset.htm> ;
- ✓ Zone industrielle de Lacq (pas de site internet)

Tous les sites internet ont été visités à la recherche d'études d'évaluation des risques sanitaires liés à des zones industrielles. Certaines études sont parfois mentionnées sans que les rapports soient disponibles sur Internet (ex. EQRS de la zone industrielle de Lacq, Port Jérôme, autres). Les documents trouvés concernent les zones industrielles suivantes : Calais, Dunkerque, Etang de Berre, Foss, Lacq (étude partielle).

#### Calais :

Sabastia C., Abart B., Baricheck D. Recensement des émissions. Etude de dispersion des rejets industriels du Calais. LITWIN, ARIA technologie ; 27 avril 2006 (diaporama : 39 diapositives).

Rouhan A. Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques des installations de la zone industrielle de Calais (62). CAREPS ; 27 avril 2006 (diaporama 25 diapositive).

Sabastia C., Ricolleau L. Etude de la dispersion atmosphérique des rejets de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et HC liées aux Ferries en escale dans le port de Calais. ARIA, rapport d'étude 2006-016 ; 93p.

## **Dunkerque**

Étude sur l'impact des rejets industriels chroniques sur la santé des populations de l'agglomération dunkerquoise. ARIA, LITWIN, CAREPS. diaporama 31 diapositives.

Rouan A. Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques industrielles de la ZI de Dunkerque. CAREPS ; 28 avril 2005

## **Etang de Berre**

Fleurier N. Mise à jour de l'étude sanitaire sur la base des projections d'émission de benzène et butadiène en juillet 2008a. Site SHELL de Berre l'Etang (13). BURGEAP, 2008 ; 223p.

## **Fos-sur-mer**

Fleurier N. Evaluation des risques sanitaire dans la zone industrielle de Fos-sur-mer dans les Bouches du Rhône. BURGEAP, 2008b ; 661p.

## **Zone industrielle de Lacq**

Leyris C., Suarez J., Pradelle F., Pesin C. Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques émis par les activités industrielles de la zone de Lacq. Enquête populationnelle. BURGEAP, NUMTECH, 6p.

## **3.15 U.S. EPA**

Tous les documents pertinents retrouvés sur le site de l'U.S. EPA sont des guides méthodologiques.

Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. EPA/630/R-00/002, August 2000 ; 209p.

Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures EPA/630/R-98/002 September 1986 ; 387p.

Concepts, Methods and Data Sources for Cumulative Health Risk Assessment of Multiple Chemicals, Exposures and Effects: A Resource Document. EPA/600/R-06/013F August 2007 ; 412p.

Lessons Learned on Planning and Scoping for Environmental Risk Assessments. U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC January 2002 ; 72p<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> The purpose of this handbook is to provide early feedback to agency scientists and managers regarding our experiences with planning and scoping as the first step in conducting environmental assessments since the 1997 «Guidance on Cumulative Risk Assessment - Part 1. Planning and Scoping was released (<http://www.epa.gov/ordntrnt/ORD/spc/cumrisk2.htm>). This handbook is meant to reinforce the concept that formal planning and dialogue prior to the conduct of an environmental assessment can improve the final assessment product in terms of relevancy to an environmental decision and addressing the concerns of decision makers, scientists, economists and stakeholders (where applicable). This handbook is also meant to be a catalyst to encourage agency managers to adopt formal planning and scoping as part of EPA's culture, especially when conducting significant and/or unique environmental assessments. While this handbook is primarily intended to assist agency managers and scientists, it is hoped that its «lessons learned» can also be informative for anyone involved directly or indirectly in the process of developing environmental assessments. It is important to recognize that this handbook does not represent rigid rules which must always be followed, but rather helpful ideas for improving our efforts toward assessing environmental problems.

### 3.16 Conclusion

Les recherches documentaires et bibliographiques mises en œuvre ont permis d'identifier :

- 8 articles scientifiques
- 4 mémoires d'étudiant à l'ENSP
- 7 articles sur la commune de Champlan
- 5 études de « zones industrielles » françaises
- 6 études de l'ATSDR proche de la problématique
- 7 guides méthodologiques pouvant comporter des éléments intéressants (ATSDR et U.S. EPA)
- 1 rapport de l'INERIS sur les pratiques d'EQRS à l'étranger.

S'ils ont tous été jugés intéressants, leur pertinence vis à vis de la problématique des impacts sanitaires liés aux émissions des zones industrielles est très variable. Nous n'avons pas pu être très sélectifs au risque de ne retenir que certaines études françaises (mémoires ENSP, étude S3PI) et 4 études étrangères [Xu, 2009; Gheorghe, 2000; Hao, 2007; Morra, 2009].

En dépit de recherches intensives et approfondies dans les bases de données bibliographiques et sur les sites Internet, les résultats sont modérément satisfaisants. Il semble que la problématique des impacts sanitaires de grands ensembles industriels, telle qu'elle se pose actuellement en France, ne soit pas identifiée de la même manière dans les autres pays. Mis à part les études françaises, peu nombreuses et difficilement accessibles, les seules études correspondant très explicitement à notre sujet sont chinoises. Certaines étant publiées en chinois il n'est pas possible d'en connaître le contenu sans une traduction dont les coûts ne sont pas prévus. Pourtant, les zones fortement industrialisées, objets de nos recherches, sont présentes dans à peu près tous les pays qu'ils soient « industrialisés » ou en voie de l'être.

Il est possible que les mots clés n'étaient pas suffisamment précis pour trouver les documents pertinents. Concernant l'aspect « évaluation des risques » les termes sont bien codifiés et les correspondances anglais / français ne posent pas de problème. Cependant, les termes « cumulative risk assessment » réfèrent aux effets des mélanges de polluants et non pas à l'accumulation de plusieurs sources émettrices. Concernant l'aspect « ensemble de sources industrielles », les termes anglais ne sont pas standardisés d'un pays à l'autre. Les plus pertinents semblent être « Highly industrial region » « Highly industrial area » « industrial park » « large industrial center ». En français la terminologie utilisée n'est pas mieux standardisée et plusieurs mots peuvent être utilisés selon les auteurs : « étude de zone », « complexe industriel », « zone industrielle », « zone d'activité multi émettrices »... La traduction anglaise de ces termes n'est forcément pertinente. Après de nombreux essais, nous avons fixé la liste des termes utilisés *in fine* (cf. tableau 1) en fonction de la pertinence des résultats obtenus. Au total, l'exhaustivité des recherches est relativement incertaine.

Il est possible également que l'utilisation de la démarche d'évaluation des risques sanitaires, proposée initialement par l'Académie Nationale des Sciences aux USA ne soit pas toujours utilisée pour les sites industriels complexes ou non. Etrangement, cette méthode semble plus généralement utilisée pour les sites et sols pollués. Ce point est clairement mis en évidence dans les conclusions du rapport de l'INERIS en 2006. La France fait figure d'exception en matière d'obligation de produire une EQRS pour les nouvelles installations industrielles. Par

ailleurs, l'ATSDR utilise l'évaluation des risques ou l'épidémiologie pour évaluer les impacts des sites prioritaires au niveau national.

A ce stade, seules les références bibliographiques des articles scientifiques ont été examinées dans le but de trouver d'éventuelles études non détectées par les mots clés. Aucune étude pertinente n'a été trouvée par cette méthode. Concernant les études françaises dans le cadre des S3PI, certains rapports ne sont pas disponibles (notamment Calais, Dunkerque). Nous avons eu accès uniquement aux diaporamas présentant l'étude, lesquels ne comportent pas de liste bibliographique.

## 4 FINALITÉS DES ÉTUDES

### 4.1 Articles publiés dans une revue scientifique

#### 4.1.1 Taiwan

##### **Ma 2002.**

L'objectif de l'étude était d'évaluer : a) les risques cancérigènes dus aux dioxines émises par l'incinération des déchets, b) les risques de transfert d'exposition entre les 9 principaux incinérateurs à Taiwan (soit une capacité totale de 9 450 tonnes/j). Contrairement aux études classiques d'EQRS où chaque incinérateur est évalué individuellement, cette étude vise explicitement l'évaluation de leurs effets combinés sur l'ensemble du territoire national. L'exposition aux dioxines émises par les incinérateurs se faisant principalement via l'ingestion de produits alimentaires pollués par les retombés particulaires sur les végétaux au sol, l'étude s'intéresse aux transferts d'aliments d'une zone à l'autre. A Taiwan, la production agricole est largement diffusée sur l'ensemble du territoire, la proportion de produits consommés sur place est donc faible. Ainsi, on peut imaginer qu'une personne vivant dans une zone influencée directement par les émissions d'un incinérateur consommera des aliments pollués par d'autres incinérateurs. Deux scénarios permettent de simuler les transferts de nourriture d'une région à l'autre : le scénario « production suffisante de nourriture » (PSN) dans lequel il n'y a pas de transfert d'une région à l'autre et le scénario « production insuffisante de nourriture » (PIN) dans lequel des transferts inter régionaux ont lieu.

On utilise des données de consommations et d'approvisionnements alimentaires spécifiques à chacune des 9 zones de 8×8km autour des incinérateurs inclus dans l'étude. Ces données ont été recueillies auprès du ministère de l'agriculture. Dans chacune des neuf zones, la maille la plus impactée est retenue pour l'EQRS et considérée comme borne supérieure des ERI. Le facteur de pente de la relation dose réponse linéaire sans seuil de l'U.S. EPA est utilisé pour le calcul des ERI ( $1,5 \times 10^5$  [mg<sub>TEQ</sub>/kg/j]<sup>-1</sup>). Les émissions de chaque incinérateur sont caractérisées par la moyenne des résultats de mesures de surveillance tri annuelle. La dispersion atmosphérique et les retombées particulaires sont calculées au moyen du modèle ISCST3 (Industrial Source Complex Short-Term model). Les transferts multimédias sol/aliments sont évalués au moyen de Caltox et HHRAP (4 références sont citées dans l'article sans préciser comment les différentes approches sont mélangées ou sélectionnées ?).

Dans le scénario PSN, les habitants ne consomment que des aliments produits localement, les ERI vont de  $1,4 \times 10^{-8}$  (incinérateur F) à  $7,1 \times 10^{-5}$  (A). Les cinq plus vieux incinérateurs (A, B, E, H, I) dépassent le niveau de risque acceptable de  $10^{-6}$ . Avec le scénario PIN, supposant un approvisionnement alimentaire local et inter régional (en provenance partielle d'une zone influencée par un autre incinérateur), ces ERI vont de  $8,7 \times 10^{-8}$  (D) jusqu'à  $1,1 \times 10^{-6}$  (E). Dans ce scénario, les ERI associés aux cinq incinérateurs les plus polluants diminuent jusqu'à  $10^{-6}$  (A, B, E) voire même en dessous (H, I). A l'inverse, dans les zones d'influences des incinérateurs les plus récents, les ERI sont plus élevés dans le scénario PIN que dans le scénario PSN. Selon l'incinérateur et le scénario, l'exposition orale représente de 64 à 99 % de l'exposition totale (orale + respiratoire). Les expositions respiratoires ne sont pas transférées d'un incinérateur à l'autre. Parmi les aliments, les plus forts contributeurs sont les œufs (14 à 35 %) et les poulets (11 à 26 %) dans le scénario PSN et les poulets (8 à 78 %) et les légumes (0,2 à 81 %) dans le scénario PIN. L'incinérateur E est le plus fort exportateur de

risque pour les incinérateurs C, D, F, G, H, I avec 51 à 88 % des risques par ingestion dans ces 6 zones. Les auteurs concluent que les transferts de nourriture d'une zone à l'autre doivent être pris en compte lors de l'évaluation des risques sanitaires liés aux émissions de dioxines à Taiwan. Des mesures de réduction des émissions doivent être mises en place sur le plus fort exportateur de risques : l'incinérateur E.

#### **Avis de VNC**

Malgré le focus sur une seule famille de polluants (les dioxines et furannes) l'étude et ses enseignements correspondent bien à la problématique de notre étude.

#### **Kao, 2007**

Cette étude se donne deux objectifs principaux : 1 - évaluer les expositions humaines aux PCDD/F attribuables à toutes les sources industrielles et évaluer les risques sanitaires en découlant pour les résidents du district de Siaogang (Taiwan) ; 2 - comprendre la contribution et la distribution des risques sanitaires dus au PCDD/F de chaque source et identifier la source dominante dans la région.

La zone étudiée est un carré de 10 km de côté incluant 17 installations industrielles (incinérateurs de déchets ménagers (2), industriels (2) et hospitaliers (1), 5 hauts fourneaux électriques, 4 centres agréant du minerai de fer, une raffinerie de charbon, une fonderie d'aluminium secondaire et une cimenterie). Les rejets atmosphériques en dioxines des 17 sources sont modélisés avec le modèle ISCST3. Les transferts sol/eau/végétaux/aliments sont modélisés selon le protocole de l'U.S. EPA. Les expositions et les risques sont estimés pour l'inhalation et onze médias ingérés : légumes feuilles, légumes racines, fruit, bœuf, porc, poulet, laitage, œuf, poisson, sol et l'eau de boisson. Les plus gros contributeurs sont 2 des 4 usines d'agrégation de minerai de fer « *Sinter plant* »<sup>6</sup>. Ces deux usines contribuent à 95 % de la somme (inhalation+ingestion) des ERI moyens calculés pour les dioxines par voie orale ( $3,43.10^{-4}$ ) et par voie respiratoire ( $3,76.10^{-8}$ ). La contribution des 4 usines d'agrégation de minerai de fer plus celle des hauts fourneaux atteint 99% des ERI moyens. Une simulation Monté Carlo a permis d'estimer le 95<sup>ème</sup> percentile de la distribution des valeurs d'ERI, il s'établit à  $2,68.10^{-3}$  pour la voie orale et à  $4,75.10^{-7}$  pour la voie respiratoire. En dépit du fait que la plupart des installations industrielles du district respectent les normes d'émissions, les auteurs plaident pour que les autorités locales modifient leur stratégie de gestion des risques. Ils recommandent de tenir compte de l'accumulation des risques dans cette zone fortement industrialisée pour imposer des limites d'émissions plus strictes aux installations industrielles.

#### **Avis de VNC**

Malgré l'intérêt porté sur une seule famille de polluants (les dioxines et furannes) l'étude et ses enseignements correspondent bien à la problématique de notre étude.

#### *4.1.2 Chine*

#### **Hao, 2007**

L'objectif de l'étude est d'évaluer le statut actuel de la pollution de l'air due aux usines de production d'électricité à Pékin et de modéliser la situation en 2008 avec les mesures de réductions des émissions prévues avant cette échéance. Les auteurs souhaitent également regarder les impacts sur la santé publique par l'intermédiaire d'un indicateur appelé « fraction

---

<sup>6</sup> Cf. Glossaire

absorbée » (Intake fraction). L'IF<sup>7</sup> est calculé en multipliant la concentration ambiante due à l'installation par le nombre de personnes exposées le tout rapporté à la masse totale de polluant émis par l'installation. A Pékin et dans ses districts, la structure de production énergétique est dominée par l'usage du charbon. Les usines d'électricité consomment un tiers du charbon dans la zone. Les autorités publiques se sont inquiétées de cette situation pour les jeux olympiques en 2008. Depuis 1998, un ensemble de réglementations visant à réduire les émissions ont été promulguées. Evaluer l'impact des installations sur la qualité de l'air à Pékin avant et après la mise en place de ces mesures de réduction est une étape nécessaire pour évaluer leur efficacité. L'étude s'intéresse aux oxydes d'azote et de soufre, aux PM<sub>10</sub>, aux nitrates et sulfates. Les centrales électriques autour de Pékin contribuent à 49 % (SO<sub>2</sub>), 27 % (NO<sub>x</sub>), 11 % (PM<sub>10</sub>) des émissions locales. Néanmoins leurs contributions aux concentrations ambiantes dans Pékin ne sont que de 5,3 %, 1,4% et 0,9 %. D'après les estimations, les mesures prises pour réduire les émissions de ces installations autour de Pékin vont réduire de 94 % les concentrations atmosphériques en SO<sub>2</sub> attribuables aux centrales électriques, de 34 % celle en NO<sub>x</sub> et de 86 % celles en PM<sub>10</sub>.

#### **Avis de VNC**

Dans cette étude la zone n'est pas un regroupement localisé d'industries mais plutôt une zone géographique administrative, Pékin et ses districts, dans laquelle les habitants sont exposés aux rejets atmosphériques des centrales électriques au charbon. Malgré cette différence par rapport au concept d'étude de zone, l'étude semble intéressante.

#### **Xu, 2009.**

Cette publication est dédiée uniquement aux risques engendrés par des accidents industriels majeurs. L'effet attendu est la mort. On utilise des doses létales à 5 % pour calculer des risques exprimés sous forme exponentielle... Cette étude propose une méthode basée sur la diffusion d'information dans une grille spatiale pour évaluer les risques environnementaux régionaux définis comme un espace contenant de nombreux habitants, de multiples sources d'émissions toxiques aux effets variés.

#### **Avis de VNC**

Il est très difficile de savoir si l'étude concerne la santé humaine ou celle des écosystèmes. Quoiqu'il en soit, elle explore clairement les accidents industriels majeurs qui ne font pas partie de l'EQRS des études de zone. Sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

#### *4.1.3 Etude suisse*

#### **Gheorghe, 2000**

Cette étude concerne le champ de l'évaluation des risques et de la gestion de la sécurité intégrée régionalement pour la production d'énergie ou d'autres systèmes complexes. Cette initiative internationale inclut une compilation de méthodes et de lignes directrices, le développement de différents modèles et systèmes d'aide à la décision (SAD), pour assister la mise en place de taches d'évaluation de risques à un niveau régional. L'intérêt des SIG, l'utilisation de SAD spécialisés et de processus de partie prenante (stakeholder processes) sont mis en avant.

---

<sup>7</sup> L'IF n'évalue pas les risques sanitaires, il est assez difficile de savoir exactement de quoi il rend compte.

### **Avis de VNC**

L'objectif de l'étude n'est pas explicité ni dans le résumé ni dans l'introduction. Il s'agit manifestement d'évaluer qualitativement « les risques » industriels selon un processus donnant une large part à la consultation des parties prenantes. La méthode est basée sur une estimation de la fréquence des accidents majeurs. Les exemples utilisés pour tester les SAD sont : un accident nucléaire à Zurich, le transport de substances dangereuses. Ce travail concerne donc les accidents industriels « majeurs ». Sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

#### *4.1.4 Italie*

### **Morra, 2009**

L'objectif de l'étude n'est pas explicitement présenté ni dans le résumé ni dans l'introduction. Il est précisé à la fin du résumé que les résultats de l'étude seront utilisés pour contrôler les émissions en fonctionnement normal moyen et pour aider la décision concernant de nouvelles implantations industrielles dans la zone. La zone étudiée est située dans la vallée de la rivière Pace au Nord de Messina en Italie. Les sources industrielles sont : un incinérateur d'ordures ménagères en fonction depuis 1979, une décharge de déchets urbains en phase de post exploitation, un centre de stockage des déchets urbains solides supposant un trafic intense de poids lourds et deux centrales de production de bitume. Les polluants étudiés sont des cancérigènes : dioxines, Pb, Cd, As, HAP, des toxiques non cancérigènes : Pb, Cu, Mn, Ni, HF, HCl, Cd, Sb, V, As, et des polluants majeurs de l'air ayant un impact quantifiable sur la mortalité : PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO. L'approche d'évaluation des risques est basée sur les recommandations de l'U.S. EPA 2005 « Human health risk assessment protocol for hazardous waste combustion facilities ». Elle intègre les expositions multi-médias, multi-voie et multi-cibles. Quelle que soit la voie d'exposition et l'organe cible des effets néfastes, les ERI et les RD sont additionnés par zone géographique. La somme des ERI la plus élevée (à proximité de l'incinérateur) est d'environ  $4.10^{-8}$  et la somme des RD la plus élevée est de 0,28. Une analyse de sensibilité par simulation Monte Carlo indiquent que le débit ventilatoire contribue à 38 % de la variance des risques cancérigènes suivi par l'ingestion de légumes feuille (37,1 % de la variance), le poids corporel (24 % de la variance) puis les autres aliments (non précisé).

### **Avis de VNC**

Semble bien correspondre à la problématique de notre étude.

#### *4.1.5 Espagne*

### **Meneses, 2004**

L'objectif de l'étude est de calculer l'augmentation du risque vie entière due aux dioxines et furannes pour une population vivant dans les environs d'une usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), aussi bien que d'établir le potentiel de réduction des risques pour la santé humaine par sa mise aux normes européennes. Les excès de risques de cancer et les ratios de dangers sont calculés de manière classique mais l'origine des VTR n'est pas précisée. Les risques attribuables aux émissions de l'incinérateur avant et après installation des filtres permettant une réduction de 99,9% des émissions totales de PCDD/F sont comparés aux risques attribués aux autres sources (calculés à partir des résultats de mesures dans l'air et le sol) et aux risques attribués aux aliments (calculés à partir des concentrations mesurées dans les aliments). La dispersion atmosphérique des rejets de l'incinérateur a été simulée avec le



modèle ISCST3. Les transferts sols végétaux sont estimés selon les préconisations de l'U.S. EPA. Les résultats des modèles en termes de concentrations dans l'air, dans le sol et dans les végétaux sont utilisés pour calculer les risques attribuables à l'incinérateur. Ces concentrations sont déduites des résultats de mesures pour estimer les risques attribuables aux autres sources et aux apports alimentaires en général. L'excès de risque lié à l'incinérateur avant la mise aux normes ( $1,07 \times 10^{-7}$ ) est plus faible que celui des autres sources ( $5,54 \times 10^{-6}$ ) ou celui calculés à partir de mesure dans les aliments ( $1,25 \times 10^{-4}$ ). En dépit d'un abattement de 99,9 % des PCDD/F dans les fumées de l'incinérateur (de 111,39 ng<sub>I-TEQ</sub>/Nm<sup>3</sup> à 0,086 ng<sub>I-TEQ</sub>/Nm<sup>3</sup>) les excès de risques ne diminuent que de 98,2 % après mise aux normes de l'incinérateur ( $3,08 \times 10^{-9}$ ). Les risques liés aux autres sources diminuent (- 66,42 %) sans que l'on sache vraiment pourquoi tout comme ceux liés aux apports alimentaires (- 67,52 %).

#### **Avis de VNC**

Cette étude ne concerne qu'une seule installation industrielle. Les comparaisons entre l'installation et les autres expositions ne sont pas spécifiquement pertinentes dans la mesure où l'installation peut être également responsable de la pollution de fond. La méthode d'EQRS utilisée est classique. Cette étude ne semble pas présenter d'intérêt particulier pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

#### *4.1.6 Liban*

#### **El-Fadel, 2009**

L'objectif de l'étude n'est pas explicitement décrit dans le résumé ou dans l'introduction. On comprend qu'il s'agit de modéliser la dispersion atmosphérique des émissions polluantes (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM, CO) de 7 installations industrielles autour de la ville de Chekka au Liban, afin d'étudier la nécessité de mettre en place des mesures de gestion pour améliorer la qualité de l'air ambiant. Le modèle ISCST3 de l'U.S. EPA est utilisé. Les mesures de gestion concernent uniquement la limitation des émissions particulières en sortie de cheminée. Les installations industrielles sont : 4 cimenteries (environ 5 000 tonnes/jour), 1 usine de plâtre (8,2 t/j) et chaux (1,8 t/j) et une usine de production d'engrais (Acide sulfurique 650 t/j, acide phosphorique 200 t/j, autres fertilisant 266 t/j). Les concentrations estimées dans les zones urbaines sont comparées aux valeurs guides de l'OMS pour la qualité de l'air ambiant.

#### **Avis de VNC**

Cette étude n'évalue pas directement les risques sanitaires. Elle est donc sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

## **4.2 La commune de Champlan**

### *4.2.1 Sociologie*

#### **Picque 2009**

L'article vise à décrire, sous l'angle de la démocratie technique, le dispositif d'information et de concertation mis en place à Champlan en accompagnement du programme d'études porté par l'ADEME. Dans un premier temps, on utilise la typologie des « savoirs mobilisés »

proposée par Sintomer afin de définir et classier ceux qui ont été mis en avant par les Champlanais, tels qu'ils ont été retranscrits par le bilan de la concertation. Basé sur les comptes rendus de réunion, il fait état de manière exhaustive des éléments que les participants ont exprimés pendant la concertation. Une présentation de ce document a été faite lors du colloque « Impact de l'environnement sur la santé » (13 novembre 2008). Ensuite, à partir des modèles de définis par Callon, on propose de saisir les éléments de démocratie technique qu'a comportés la démarche de concertation en se fondant sur les entretiens d'évaluation. L'évaluation de la concertation est une démarche visant à distinguer les points forts et les points sensibles de la concertation menée. Elle est fondée sur des entretiens avec un échantillon de participants. Ce rapport d'évaluation est interne à la maîtrise d'ouvrage. Néanmoins, un résumé public a été mis à disposition lors du colloque du 13 novembre 2008. Dix entretiens ont ainsi été réalisés auprès d'habitants, de personnalités locales, d'élus et de certaines agences impliquées. D'une durée d'environ une heure, les entretiens étaient menés sans la présence de l'Ademe, le plus souvent en face à face. In fine, on constate que la démarche a cherché à aller plus loin qu'une simple information en visant à faire dialoguer scientifiques et profanes. L'objectif d'impliquer les Champlanais dans les études semble avoir été atteint dans une certaine mesure, sans pour autant avoir été trop loin dans la mise en discussion de la science elle-même.

### **Avis de VNC**

Malgré toutes ses qualités, cette étude n'évalue pas directement les risques sanitaires. Elle est donc sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

### **Salomon 2009a**

Deux études sociologiques ont été menées à la demande de l'Institut de veille sanitaire sur les inquiétudes de la population de Champlan pour sa santé. La première avait plusieurs objectifs : analyser le contexte politique, institutionnel et social ; comprendre l'émergence à Champlan de la mobilisation des habitants concernant leur santé et non dans les communes limitrophes ; étudier les modalités particulières de sa prise en charge politique par la création du comité scientifique ; et enfin, fonder de manière précise les critères permettant de constituer un échantillon représentatif des différents groupes sociaux présents à Champlan pour la seconde étape, celle-ci consistant à approfondir sur une base qualitative les inquiétudes sanitaires des habitants. L'analyse a porté sur le contexte institutionnel, politique, social et local de Champlan. Il en ressort en particulier que l'émergence politique du sujet est paradoxale parce qu'elle est le produit spécifique, territorialisé, d'un tel contexte, alors que l'inscription politique sur l'agenda et la mise en place du comité scientifique réunissant les agences d'expertise exigeaient de pouvoir extraire Champlan de ce même contexte et d'en faire un cas représentatif de situations existantes par ailleurs sur le territoire français.

### **Salomon 2009b**

L'étude a cherché à caractériser plus précisément ces inquiétudes. Il s'agissait à la fois de comprendre le lien fait par les habitants entre équipements et effets pour la santé, de mettre en évidence les mécanismes de protection mis en œuvre et d'approfondir les discours sur la santé. L'objectif était d'analyser les plaintes exprimées en les mettant en relation avec le projet de vie associé au village. Trois groupes se sont dégagés dont le plus important en nombre relativise l'expression de la plainte. Le premier de ces groupes, constitué du plus grand nombre de familles (15 sur les 27) est composé des personnes qui souhaitent poursuivre leur vie à Champlan et, ce faisant, n'expriment pas de craintes particulières pour leur santé ou les relativisent fortement. L'effet de régularité à défaut d'une validité quantitative est à souligner. Le deuxième, est un groupe hybride composé de 8 familles réparties également

entre deux catégories. La première moitié est constituée de personnes ayant décidé de quitter Champlan dans un avenir plus ou moins proche, mais tenues encore d'y rester pour des motifs soit familiaux, soit professionnels et disposant de ressources pour ce faire. La seconde moitié est constituée par des familles qui ont été déstabilisées par la mobilisation et les doutes qu'elle a suscités. Ces dernières sont en demande de réassurance par rapport à leur implantation à Champlan qui est mise en quelque sorte en suspens du fait des événements. Le troisième groupe, très faible en nombre (4 familles sur les 27) et à ce titre, sans doute non représentatif de l'ensemble des expressions des peurs ou des inquiétudes qui pourraient être formulées dans l'ensemble du village, est constitué, pour l'essentiel, de familles ayant connu des ruptures importantes de nature familiale, sanitaire, économique, ou pour l'une d'elles, craignant fortement une modification profonde de son environnement. Ce sont principalement des personnes qui ont peu de marges de manœuvre pour quitter le village, malgré le mal-être qu'elles y ressentent. D'autres personnes interrogées lors de la première phase pourraient être incluses dans ce groupe, en général membres, mais non exclusivement, du comité de défense. L'étude sociologique réalisée à Champlan montre, comme dans la plupart des autres mobilisations, l'importance de la dynamique sociale locale dans la définition des populations vulnérables, au détriment d'une approche qui se fonderait sur des expositions objectivées ou sur le nombre de nuisances subies. Elle souligne la complexité des facteurs concourant à l'expression de la santé, de la qualité de vie et au lien vécu entre environnement et état de santé des habitants soumis à des expositions environnementales multiples. Ainsi à la notion de multiexposition environnementale, dont nous ne savons toujours pas appréhender ni mesurer les effets, viennent s'ajouter des facteurs individuels en lien avec les projets de vie, les ressources individuelles (capacité à faire face) mais aussi des facteurs collectifs. L'analyse de la dynamique protestataire montre en outre un double phénomène : derrière une apparente cohérence contestataire, qui se traduit par la signature massive d'une pétition, se cache une forme d'hétérogénéité des questionnements, plus silencieuse, composée notamment d'une majorité de personnes qui relativise la situation mais qui profite de la montée en puissance du mouvement pour obtenir des réponses, plus d'informations et une reconnaissance d'une situation dégradée. La limite est néanmoins atteinte dès lors que la médiatisation se transforme en stigmatisation du choix, dont le coût intime se trouve projeté sur la place publique, et, par là même, galvaudé. Au bout du compte, la contestation organisée recèle une double revendication d'intégration dans un lieu, un cadre de vie, et un choix de vie :

- ✓ celle qui provient de ceux pour qui l'amélioration du rapport bénéfice-coût est vitale ;
- ✓ celle qui provient de ceux qui, tout en souhaitant une reconnaissance, revendiquent l'intimité et le silence sur leur choix et les conditions de ce choix.

Les deux affirment leur volonté de participer à la constitution de leur identité, ainsi qu'un droit à la tranquillité ou à la tranquillité retrouvée.

### **Avis de VNC**

Cette étude sociologique en deux volets est très intéressante. En décryptant les tensions individuelles et collectives des champlanais vis à vis des facteurs environnementaux et de leurs effets potentiels sur la santé elle souligne l'importance de bien comprendre les attentes, parfois contradictoire, d'une population en matière de sécurité sanitaire. Ainsi, les objectifs d'une évaluation des risques sanitaires attribuables à une zone industrielle complexe ne peuvent être définis de manière standard à l'échelon national sans tenir compte des inquiétudes effectivement exprimées dans la zone concernée. Connaître les dynamiques individuelles de ces inquiétudes permettra de discerner ce qui relève du collectif ou de l'individuel. Malgré toutes ses qualités, cette étude n'évalue pas directement les risques sanitaires. Elle est donc sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

#### 4.2.2 Exposition aux polluants de l'air

##### **July 2009**

L'étude menée par Airparif en 2006 a pour objectifs d'évaluer les variations de niveaux de pollution sur la commune de Champlan, de situer les teneurs de pollution atmosphérique par rapport à celles d'autres zones de la région (notamment celles de la commune de Montgeron qui accueille une station de mesure permanente et qui est située à la même distance, au sud de Paris), au regard des valeurs réglementaires, et d'évaluer les contributions des différentes sources de pollution sur la qualité de l'air de la commune.

Pour cela, différents outils ont été mis en œuvre afin de répondre aux objectifs de l'étude :

- ✓ l'analyse des sources d'émission de polluants atmosphériques à partir de l'établissement d'une carte très précise des émissions du secteur de Champlan.
- ✓ l'étude de la répartition spatiale des niveaux de pollution de dioxyde d'azote et de benzène à l'aide de mesures par tubes à diffusion passive<sup>2</sup>, implantés sur 88 sites pendant 8 semaines au début de l'année 2006. Les échantillonneurs sont analysés en laboratoire suivant des protocoles spécifiques au dioxyde d'azote (spectrophotométrie d'absorption dans le visible) et au benzène (chromatographie en phase gazeuse). Le plan d'échantillonnage (figure 1) couvrant les 17 km<sup>2</sup> du domaine d'étude a été élaboré en fonction à la fois des sources d'émission et de la densité de l'urbanisme, afin de caractériser au mieux l'hétérogénéité des niveaux de pollution à proximité du trafic jusqu'au niveau de fond. Le niveau annuel évalué, qui représente l'estimation la plus probable de la concentration annuelle obtenue si l'on avait surveillé la qualité de l'air tout au long de l'année, est déterminé par une relation mathématique entre les résultats annuels connus (stations permanentes du réseau de mesure Airparif) et les résultats obtenus lors de la campagne de mesure. La cartographie des champs de pollution atmosphérique sur l'ensemble de la zone d'étude est ensuite élaborée à l'aide de techniques d'interpolation géostatistique, en couplant les résultats de mesure et les résultats issus de modélisation engendrée par le trafic routier (modélisation STREET3). Cette cartographie permet d'établir une estimation du nombre d'habitants exposés à un dépassement des niveaux réglementaires de pollution, à l'échelle du domaine d'étude et, plus finement, sur chaque commune étudiée.
- ✓ l'étude de l'influence des conditions météorologiques sur les niveaux de pollution et leurs évolutions temporelles. Au travers des mesures par tubes à diffusion, cette analyse permet de mettre en évidence l'influence ou non des émissions issues de l'agglomération parisienne sur l'ensemble du domaine d'étude selon les directions de vent. De plus, trois laboratoires mobiles ont été installés pour la surveillance horaire en continu pendant six semaines (de décembre 2006 à mi-janvier 2007), selon des configurations contrastées : en zone influencée de l'autoroute A6 (Chilly-Mazarin), de l'A10, et en situation de fond à Champlan. Les données météorologiques prises en compte pour cette étude sont issues de la station Météo-France d'Orly située à moins de cinq kilomètres de la commune de Champlan ;
- ✓ la modélisation des concentrations sur le secteur pour compléter les enseignements des mesures. Les travaux de modélisation ont été effectués à l'aide du modèle gaussien ADMS Urban. L'étude de scénarii peut être effectuée, avec notamment l'évolution des concentrations suivant différentes configurations (émissions et conditions météorologiques variables), ce qu'il n'est pas possible de réaliser par des mesures. Les teneurs modélisées ont été préalablement validées à l'aide d'une comparaison avec les concentrations mesurées par les trois laboratoires automatiques implantés dans le domaine d'étude au pas de temps horaire sur une période de quinze jours pour le dioxyde d'azote et les particules PM<sub>10</sub>. Cette période de validation comprend des situations météorologiques

contrastées caractérisées par des vents de nord-est et de sud-ouest. Deux éléments statistiques ont été calculés afin de valider le modèle avec les teneurs horaires mesurées in situ. Ainsi, la modélisation présente une erreur moyenne (biais relatif) comprise entre 8 et 16 % (entre 4 et 11 % pour les PM<sub>10</sub>) et une variabilité (écart type relatif des erreurs) comprise entre 20 et 36 % pour le NO<sub>2</sub> (entre 34 % et 46 % pour les PM<sub>10</sub>) sur les trois sites de mesure temporaire. Les polluants mesurés pour cette étude sont les oxydes d'azote, benzène et monoxyde de carbone (CO), notamment en tant que composés représentatifs du trafic routier, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) émis par les industries et les installations de chauffage, ainsi que les particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) émises par toutes ces sources. La mesure de ces polluants a été réalisée en période hivernale, sachant que les conditions météorologiques sont alors plus défavorables à la dispersion de la pollution atmosphérique (conditions atmosphériques plus stables, inversion de température) qu'en période estivale. Autrement dit, les niveaux les plus élevés (en moyenne et ponctuellement) sont mesurés en hiver.

La principale source d'émissions du secteur d'étude est le trafic routier pour les oxydes d'azote (supérieure à 50 %), les particules PM<sub>10</sub> (entre 38 et 52 % des émissions selon les communes du secteur d'étude), les composés organiques volatils (65 % des émissions de Champlan) ainsi que pour le monoxyde de carbone (93 % des émissions à Champlan et Chilly-Mazarin). Le trafic aérien est le second contributeur des émissions d'oxydes d'azote sur la commune de Champlan (plus de 25 % des émissions) ainsi que pour les communes de Chilly-Mazarin et Longjumeau (respectivement 18 et 17 %). Le trafic aérien contribue également pour 8 % aux émissions de particules de la commune. Le secteur industriel contribue pour 17 % aux émissions de particules sur la commune de Champlan, à 18 % des émissions de COV, mais seulement pour 5 % aux émissions de SO<sub>2</sub>. La source principale des émissions de dioxyde de soufre (entre 55 et 80 %) est le secteur résidentiel et tertiaire (chauffage) sur les communes du secteur d'étude. Ce secteur est également le second contributeur des émissions de particules PM<sub>10</sub> (23 % des émissions de Champlan).

### **Avis de VNC**

Cette étude très intéressante, propose une approche permettant dans un contexte multi-sources (industrielles, tertiaires, routières et aéroportuaire) d'analyser la contribution respective de ces sources à la détérioration de la qualité de l'air. L'approche utilise un mélange savant de mesure et de modélisation relativement complexe mais bien conduit au regard des objectifs. Les résultats sont exprimés en concentration d'exposition mais ils ne sont pas convertis en « risques sanitaires ». Comparé à la ville de Paris ou à deux communes voisines (Chilly-Mazarin et Massy) les résultats pour Champlan sont peu inquiétants. Malgré toutes ses qualités, cette étude n'évalue pas directement les risques sanitaires. Elle est donc sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

### **Pernelt-July 2009**

En 2007, une étude réalisée par Airparif mesurait l'exposition individuelle d'un échantillon de Franciliens à la pollution atmosphérique par trois polluants : le dioxyde d'azote, le benzène et le formaldéhyde. Les mesures d'exposition ont été réalisées à l'aide d'échantillonneurs passifs, dispositifs portatifs permettant aux volontaires de ne pas modifier leurs activités. Les objectifs de cette étude étaient de : i) caractériser l'exposition à la pollution atmosphérique (au cours de la journée) d'un échantillon de Franciliens (139 personnes) ; ii) comparer les niveaux de concentrations individuels aux niveaux « collectifs » mesurés dans l'air intérieur et extérieur ; iii) évaluer l'influence des modes de transport utilisés pour les trajets domicile travail sur les niveaux d'exposition. Parallèlement à cette étude, dans le cadre du programme d'études environnementales centré autour du territoire de la commune de Champlan il est apparu opportun de faire participer un groupe de champlanais. L'objectif était de situer les

niveaux d'exposition personnelle des champlanais par rapport aux niveaux ambiants extérieurs et par rapport aux niveaux des autres participants franciliens. Il en ressort que les participants champlanais ne présentent pas de niveaux d'exposition individuelle à la pollution atmosphérique atypiques par rapport aux autres Franciliens, et cela pour les trois composés suivis.

### **Avis de VNC**

Cette étude très intéressante, confirme au niveau individuel les résultats obtenus au niveau collectif dans la précédente étude : Champlan n'apparaît pas comme une commune particulièrement exposée à la pollution de l'air malgré une concentration de sources émettrices variées. Les résultats sont exprimés en concentration d'exposition mais ils ne sont pas convertis en « risques sanitaires ». Malgré toutes ses qualités, cette étude n'évalue pas directement les risques sanitaires. Elle est donc sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

### *4.2.3 Exposition au bruit*

#### **Thibier 2009**

L'étude s'est déroulée au cours de l'année 2006, en deux temps. Dans un premier temps, il s'agissait de calculer en tous points de la commune les niveaux sonores « Lden » (Level day evening night) et « Ln » (Level night) tels que définis par la directive européenne 2002/49, pour chacune des quatre types de sources sonores sur la commune de Champlan, puis de façon cumulée. Dans un second temps, il s'agissait de connaître les niveaux d'expositions sonores de la population. Ainsi les 2 500 habitants ont pu être répartis dans les six tranches de niveaux sonores définies par la directive européenne 2002/49. Cette étude sur la commune de Champlan présente plusieurs intérêts. Le premier est la concomitance de plusieurs types de sources de bruit : le bruit routier (autoroutes et routes à fort trafic), le bruit des aéronefs qui en atterrissant et décollant à Orly survolent la quasi-totalité de la commune, le bruit ferroviaire (RER C) et le bruit industriel (centrale d'enrobés et incinérateur). Le deuxième intérêt de cette étude est de mettre en application la directive européenne sur un territoire restreint, afin d'expérimenter le calcul des deux nouveaux indicateurs uniques européens, le Lden et le Ln, pour les quatre types de sources sonores. L'intérêt de disposer des mêmes indicateurs pour des sources sonores différentes est de pouvoir additionner les bruits de ces différentes sources. Même s'il peut être critiquable de mélanger des bruits de caractères différents, la sommation en décibels permet tout du moins d'engager la réflexion sur la multiexposition sonore de la population de Champlan. L'application précoce de la directive européenne permet également de pouvoir comparer à terme l'exposition de la population de Champlan à celles d'autres communes en France, voire en Europe. Enfin, le troisième intérêt réside dans la présence d'autres études environnementales sur le même territoire et sur la même période. Ainsi, l'étude « Bruit » peut être analysée à la lueur des autres études sur les thèmes connexes (qualité de l'air, onde électromagnétique et plus généralement sur la santé des Champlanais). Aucune analyse des relations entre la santé des Champlanais et les différentes nuisances n'a pu être faite du point de vue scientifique et/ou épidémiologique, principalement parce que les effets sanitaires liés au bruit ne sont pas suffisamment spécifiques pour être abordés de manière analytique dans des études écologiques géographiques, du fait de nombreux facteurs de confusion et de la trop faible taille de l'échantillon.

L'aéroport d'Orly, avec ses 222 878 mouvements en 2005, est le principal pourvoyeur de bruit sur la commune. La ville est également soumise au bruit de plusieurs infrastructures

routières : l'autoroute A10 (110 803 véhicules/jour), la route nationale RN20 (65 985), la route départementale RD591 (26 482), la RD117 (15 398 ) et la RD59 (3 400). Champlan est traversée par une voie ferrée qui supporte un trafic relativement faible : le RER C et du fret. Il existe deux Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) susceptibles d'être bruyantes sur la commune : l'entreprise SEVB (Société des enrobés du Val de Bièvres), qui produit des enrobés routiers le long de l'A10, et l'usine d'incinération d'ordures ménagères (la Société d'exploitation de chauffage urbain de Massy-Antony, la Curma), en limite de Champlan sur la commune de Massy.

#### **Avis de VNC**

Cette étude très intéressante, apporte une information détaillée sur les expositions aux bruits issus de sources urbaines variées. Les résultats exprimés en conformité avec les indicateurs d'exposition définis par la directive européenne ne sont pas interprétés en termes de « risques sanitaires ». Elle est donc sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

#### *4.2.4 Exposition aux champs magnétiques*

#### **Merckel 2009**

Dans le cadre du programme d'études d'expositions environnementales à Champlan (Essonne) coordonné par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) en 2006-2008, l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) a réalisé une étude de l'exposition aux champs magnétiques basses fréquences (BF). Cette commune située au sud de Paris est surplombée sur son flanc ouest par des lignes de transport d'électricité à très haute tension (THT), sources chez certains riverains d'inquiétudes quant à leurs éventuels impacts sanitaires. Ce projet, qui a nécessité la mise en place d'un laboratoire de mesure des champs magnétiques BF par l'École supérieure d'électricité, avait notamment pour but de montrer la faisabilité des mesures d'expositions individuelles aux champs. Dix-sept habitants volontaires de Champlan ont ainsi porté, pendant 24 heures, un appareil de mesure des champs magnétiques capables de discerner les sources d'exposition : lignes THT, appareils électroménagers, outils de bricolage, ou encore portiques de détection antivol... L'analyse des différents enregistrements recueillis fait ressortir une grande disparité d'exposition spatiale et temporelle. Les expositions moyennes pendant 24 heures des personnes résidant à moins de 100 m des lignes THT se situent dans une fourchette de 0,06 à 2  $\mu$ T, en fonction des distances aux lignes et des habitudes de vie. Pour les personnes situées en dehors de la zone d'influence des lignes, leur exposition moyenne varie entre 0,01 et 0,2  $\mu$ T. Cette étude montre qu'il est tout à fait réalisable de mesurer l'exposition individuelle de manière très précise au cours du temps, et de tracer ainsi des expositions relativement intenses mais brèves provenant par exemple d'appareils électroménagers, mais aussi des expositions issues des lignes THT, avec leurs variations quotidiennes liées au transport du courant. Ces outils méthodologiques sont extrêmement importants pour la définition de protocoles d'études épidémiologiques rigoureux.

#### **Avis de VNC**

Cette étude très intéressante, apporte une information détaillée sur les expositions aux champs magnétiques générés par des lignes à hautes tensions dans la commune de Champlan et des sources domestiques variées (four micro-onde, four électrique, appareils électroménagers, portique antivol de supermarché). Les résultats exprimés sous forme d'exposition moyenne ou maximale ne sont pas interprétés en termes de « risques sanitaires ». Toutefois, la valeur limite d'exposition instantanée du public de la directive européenne 1999/519/EC de 1999

(100 µT pour le champ magnétique 50 Hz) n'est jamais atteinte. Cette valeur tient compte des effets biologiques et sanitaires connus et avérés des champs magnétiques sur l'homme. Malgré toutes ses qualités, cette étude n'évalue pas directement les risques sanitaires. Elle est donc sans intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

## 4.3 Etudes ATSDR

### 4.3.1 Guides méthodologiques

- ✓ Public Health Assessment Guidance Manuel (Méthode pour évaluer les conséquences sanitaires d'une pollution environnementale), non daté.
- ✓ Guidance for ATSDR Health studies, April 1996<sup>8</sup>.
- ✓ A citizen's Guide to risk assessments and public health assessments at contaminated sites (non daté)<sup>9</sup>.

### 4.3.2 Etudes de type « évaluation de la santé publique »

#### ATSDR 1992

La Nutmeg Valley est une zone industrielle composée de petites usines/fabriques et d'ateliers de réparation. Les sols de surface ont été contaminés par des métaux lourds, des composés organiques volatils, des cyanures. Il y a 41 propriétés professionnelles et 31 propriétés résidentielles. L'alimentation en eau est publique pour 14% des propriétaires. Les autres utilisent des puits privés. L'ATSDR et le département de la santé publique du Connecticut considèrent le site comme dangereux pour la santé publique. Il existe des preuves que des expositions aux contaminants du site ont eu lieu, sont en cours et auront lieu. Les concentrations mesurées dans l'eau dépassent les MRL de l'ATSDR. L'évaluation des risques réalisée par l'ATSDR s'inscrit dans un plan d'action comprenant : 1) les actions d'éducation des professionnels aux risques environnementaux, 2) les actions d'éducation des particuliers à la santé communautaire, 3) l'évaluation du besoin d'étudier la prévalence des maladies et des symptômes et investiguer les cas individuels de cancers du rein.

Les voies d'expositions identifiées par l'ATSDR sont : l'eau souterraine, le sol et l'air. Il n'y a pas de culture vivrière sur ou à proximité du site, les expositions alimentaires sont donc exclues. La comparaison géographique (Etat/ville voisine/site) des taux d'incidence standardisés de cancer indique un excès de risque statistiquement significatif de cancer du poumon et des reins. Plusieurs polluants retrouvés dans les eaux souterraines et dans les sols sont des cancérigènes pulmonaires (1,2-dichloroéthane, trichloréthylène) mais aucun d'entre eux n'est connu pour générer des cancers du rein. L'explication exacte de cet excès de risques n'est pas élucidée, mais de forts soupçons pèsent sur la pollution du site car les cancers du rein sont relativement rares et peu influencés par les habitudes de vie (alcool, tabac). L'ATSDR indique que les comparaisons d'incidence sous-estiment les risques car la majorité des personnes exposées aux polluants du site de la Nutmeg Valley sont des employés. Les

<sup>8</sup> Ce document dit explicitement qu'une ERS « multisite » doit employer le même protocole d'étude qu'une ERS pour différents sites ayant les mêmes polluants et voie d'exposition (cf. p3 chapitre « Site Assessments »)

<sup>9</sup> Ce guide fait référence aux guides de l'EPA dans la série RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund). Ils sont édités par l'U.S. EPA et seront donc présentés au chapitre dédié à cette institution du gouvernement fédéral des USA



données du registre des cancers utilisées ne les prennent pas en compte (les cas du registre de cancer sont identifiés par le lieu d'habitation). L'ATSDR conclut que l'adduction d'eau publique ne suffit pas à protéger la santé des populations en raison du faible nombre de propriétés desservies et du fait que les propriétés raccordées utilisent encore l'eau des puits existants notamment pour un usage « industriel ». Une enquête par questionnaire posté a montré qu'un très fort pourcentage de la population n'est pas informé de cette pollution. Suite à son « évaluation de santé », l'ATSDR formule les recommandations suivantes :

1. Les eaux des puits de tous les résidents de la Nutmeg Valley doivent être analysées pour rechercher les polluants de liste prioritaire de l'U.S. EPA.
2. Tous les résidents dont l'eau du puits est polluée au-dessus des niveaux sanitaires doivent être approvisionnés en eau publique.
3. Un programme de surveillance des eaux de puits doit être mis en œuvre sur tous les puits du site que les résultats d'analyse soit « bon » ou mauvais ».
4. Des barrières physiques doivent être placées pour interdire l'accès à la zone de décharges de déchets dangereux.
5. Tous les usages industriels des eaux souterraines doivent être vérifiés pour s'assurer qu'il n'y a pas d'usages illicites ou inappropriés.
6. Une campagne d'échantillonnage des sols des eaux souterraines doit être réalisée pour estimer les impacts dus aux sols pollués d'une ancienne tannerie et ceux de la « Mad river ».
7. De même une campagne de mesure des eaux et des sous-sols devra permettre d'estimer l'étendue des pollutions dues à la Nutmeg Valley.
8. La date de la mise en œuvre du système d'adduction d'eau publique doit être recherchée.
9. Une attention particulière doit être portée sur les sources approvisionnement en eau publique pas seulement dans les zones impactées par la Nutmeg Valley mais également dans tout le corridor de la route 69.
10. Les habitants, les travailleurs et les propriétaires de la Nutmeg Valley doivent être informés des risques pour la santé, des moyens de protection et des sources d'informations disponibles.
11. Pour mieux connaître les impacts sanitaires du site une étude spécifique de l'état de santé des travailleurs fréquentant la Nutmeg Valley doit être réalisée.

### **Avis de VNC**

Les objectifs ou la finalité de cette « évaluation de la santé publique » ne sont pas explicitement présentés dans le rapport de l'ATSDR. On comprend qu'il s'agit d'évaluer les risques sanitaires associés aux polluants déversés dans les sols de cette zone industrielle complexe. La méthode consiste à décrire, organiser, synthétiser et comparer les données concernant la pollution des sols, des eaux et de l'air et des données concernant l'état de santé des habitants et travailleurs fréquentant le site. Une enquête par questionnaire permet de connaître le niveau d'information des propriétaires sur l'existence de pollution et sur la classification du site dans la liste nationale des priorités (NPL). Il n'y a vraisemblablement pas beaucoup d'enseignement méthodologique à tirer de cette étude.

### **ATSDR 2007a**

L'étude concerne un complexe minier et métallurgique (Métaux non ferreux). Elle se concentre sur l'unité opérationnelle 3 appelée « Bassin fluvial de la rivière Cœur d'Alène »<sup>10</sup>. La zone d'étude représente environ 9 580 km<sup>2</sup> (3 700 milles carrés). Elle suit la rivière Cœur d'Alène traversant le site de Bunker Hill (environ 50 km entre le site et le lac), puis le lac Cœur d'Alène et enfin la rivière Spokane (environ 30 km de lac entre la rivière cœur d'Alène

---

<sup>10</sup> Les amérindiens **Cœur d'Alène** formèrent une nation qui vécut dans le nord de l'État de l'Idaho, l'est de l'État de Washington et à l'ouest de l'État du Montana. A l'époque de la Louisiane française, les trappeurs français et Canadien dénommèrent ce peuple "Cœur d'Alène" en raison certainement de leur façon de travailler les peaux de bêtes et les fourrures.

et la rivière Spokane). Les métaux émis pendant l'extraction et les opérations métallurgiques (fonte) ont contaminé l'environnement du bassin fluvial. Des concentrés de minerais ont été accidentellement déversés partout dans le bassin fluvial CdA pendant le transport par voie ferrée. Cette évaluation de santé publique aborde les questions liées aux métaux retrouvés dans les eaux souterraines, les eaux de surfaces, les sédiments de rivières et lacs, les poissons, les plantes et les animaux, les sols de surface, les poussières de maison. Le plomb est le plus préoccupant des polluants émis par le site mais d'autres métaux sont détectés en excès (aluminium, antimoine, arsenic, cadmium, fer, manganèse, et zinc). Les voies d'exposition potentielles sont nombreuses (inhalation de particules, ingestion d'eau de surface ou souterraines, ingestion de sols et de poussières, consommation d'aliments végétaux ou animaux contaminés). Selon l'ATSDR, les expositions les plus importantes ont lieu via l'ingestion de sol des jardins résidentiels, via les poussières de maison et via l'ingestion de poisson pêché dans le lac Cœur d'Alène. La méthode d'évaluation des risques est une simple comparaison des concentrations des doses d'exposition aux MRL de l'ATSDR ou RfD de l'U.S. EPA. Malheureusement aucun de ces deux organismes n'a dérivé ce type d'indice pour le plomb... Le fondement des conclusions de l'ATSDR sur les risques pour la santé des habitants de la zone étudié est uniquement déductif.

#### **Avis de VNC**

Les qualités méthodologiques de cette étude ne sont pas flagrantes. Elle présente peu d'intérêt pour la suite de l'étude.

#### *4.3.3 Etudes de type « consultation de santé »*

#### **ATSDR 2000**

L'objectif de cette « consultation de santé » de l'ATSDR est de répondre aux inquiétudes de la population vis à vis de l'inhalation d'air potentiellement pollué à des niveaux dommageables pour la santé à proximité des sites de l'Eastern Michaud Flats (EMF) et J.R. Simplot Company (deux usines de production de phosphates). Elle s'intéresse également aux inquiétudes exprimées par les membres de la communauté indienne vivant dans la réserve "Fort Hal Indian Reservation". Il s'agit plus spécifiquement d'examiner la pollution par les éléments radioactifs et d'étendre la zone d'étude initialement considérée dans les premières évaluations de l'ATSDR. L'objectif est clairement indiqué par l'ATSDR : examiner les données existantes sur la qualité de l'air dues au site EMF et de faire des commentaires sur les implications de ces données pour la santé publique. Basé sur l'examen de nombreuses études de qualité de l'air, l'ATSDR conclut que les émissions de polluants aériens de l'Eastern Michaud Flats (EMF) Superfund site, pose un danger de santé publique. Ce danger existant depuis 1975 continuera à exister à moins que les émissions des deux usines de phosphates et d'autres sources soient réduites.

#### **Avis de VNC**

L'approche proposée par l'ATSDR pour répondre aux inquiétudes de la population ayant requis son avis de plein droit est uniquement descriptive. La méthode d'EQRS n'est pas systématiquement mise en œuvre mais les arguments évoqués par l'ATSDR sont suffisants pour indiquer la nécessité d'actions limitant les émissions de ces deux installations. Cette approche qualitative peut-être intéressante dans le cadre des études de zone. Néanmoins concernant les aspects méthodologiques de l'EQRS elle ne présente pas d'intérêt.

### **ATSDR 2007b**

L'objectif de l'étude n'est pas donné explicitement. On comprend à la lecture de la conclusion que le but était de savoir si les émissions des usines de production d'asphalte routier posaient un problème de santé publique. Le rapport rassemble les observations de l'ATSDR concernant 7 sites de production d'asphalte en Arizona, Californie, Géorgie, New York, Caroline du Nord et Utah. Des mesures de concentration de HAP, COV, particules et H<sub>2</sub>S dans l'air ambiant ont été réalisées ponctuellement autour des 7 sites. Ces données ponctuelles sont complétées par l'utilisation des facteurs d'émission de l'inventaire américain AP42 chapitre 11 « Mineral Product Industry ». L'ATSDR conclut qu'il n'y a pas de risques pour la santé liés aux émissions de HAP, COV, particules et H<sub>2</sub>S. La méthode permettant d'aboutir à cette conclusion n'est pas décrite. Il semble que les expositions respiratoires aient été comparées à des valeurs guide de qualité de l'air ambiant et des PEL (Valeurs Limites d'Exposition professionnelle) des MRL (VTR systémique).

### **Avis de VNC**

Il s'agit d'un argumentaire de 14 pages. Les objectifs ne sont pas précisés, les méthodes non plus. On trouve en annexe une démarche de hiérarchisation des polluants basés sur les facteurs d'émissions issus de l'AP42 et divers indices de toxicité. L'ATSDR conclut qu'il faudra à l'avenir mesurer les SO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, le formaldéhyde et certains métaux (plomb, manganèse, nickel) lors des campagnes de mesure autour des sites de production d'asphalte car ce sont les polluants potentiellement les plus préoccupants pour la santé. Les qualités méthodologiques de ce document laissent à désirer. Il n'y a pas d'enseignement spécifique à tirer de ce travail si ce n'est qu'il eut été préférable de réaliser le travail de hiérarchisation avant d'entreprendre les campagnes de mesure des polluants dans l'air.

### **ATSDR 2007c**

Les sols du site étudié sont potentiellement pollués par différentes activités industrielles et commerciales qui se sont succédées historiquement : entrepôt pétrolier, négoce de bois, fabrication et distribution de produit chimique. Il ne s'agit pas à proprement parler d'une étude multi site mais plutôt d'un site ayant supporté plusieurs usages au cours du temps. La démarche mise en œuvre par l'ATSDR est une revue systématique des éléments d'information disponibles et une analyse des voies de transferts site / extérieur du site pour alimenter une EQRS de type classique.

### **Avis de VNC**

Cette étude ne semble pas présenter d'intérêt pour la suite de l'étude portant sur les aspects méthodologiques de l'évaluation des risques.

## **4.4 Mémoires d'étudiant à l'EHESP**

### **LE MOAL 1998**

**Mémoire en attente de prêt demandé à l'HESP, seul le résumé est disponible :**

Analyse critique de la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement au regard de la protection de la santé des populations. Mise en évidence d'une demande de meilleure prise en compte au niveau local. Etude de cas sur la zone industrielle de Mitry-Compans : état des lieux et recueil des données disponibles sanitaires et environnementales, essai de mise en relation, propositions pour la mise en place d'une

surveillance sanitaire et environnementale. Approche générale : comment insuffler la dimension sanitaire dans les installations classées, aussi bien au niveau de l'administration centrale que déconcentrée. Besoins et difficultés, promotions. Rôle du MISP.

#### **Avis de VNC**

En attendant sa mise à disposition cette étude n'est a priori pas retenue pour la suite.

#### **MASSON 2004**

Les objectifs de ce mémoire sont d'analyser les méthodes de construction de la zone d'étude et de dégager les arguments de sa délimitation. Il s'agit 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 ?

La méthode mise en œuvre comprend une analyse systématique mais non exhaustive des publications scientifiques dans les bases de données bibliographiques Medline et Pascal et des interviews de personnes ressources dans les services déconcentrés de l'état (DRIRE, DDASS) ; dans les établissements publics (InVS, Afsset, Ineris) ; dans les bureaux d'études. Les résultats sont résumés par l'auteur. La zone d'étude est un élément important de l'investigation d'une relation en santé environnementale, reliée à l'étude d'exposition. Elle permet d'identifier les populations concernées et les sources de données à collecter. Sa construction repose sur différents critères est souvent itérative, selon la connaissance du potentiel d'exposition. La construction de la zone d'étude nécessite de connaître l'extension de la contamination de l'environnement attribuable à l'industrie. La zone sous influence du site peut être délimitée selon la distance et d'après les conditions hydro-géologiques et météorologiques du site. Mais elle prend plus souvent compte l'intensité de la contamination des milieux (issue de la mesure ou de la modélisation) : retour au bruit de fond, pourcentage d'une concentration maximale, pourcentage de la distribution des concentrations cumulées, valeur de qualité des milieux réglementaire, indicateur d'excès de risque ou de surexposition. La zone d'étude intègre aussi les usages des milieux par la population. Elle peut tenir compte de considérations sociales, le plus souvent pour modifier une zone. Enfin, elle se base sur les objectifs de l'étude et en particulier sur les contraintes méthodologiques du type d'étude mis en œuvre. Il semble important de joindre la population à la construction de la zone et d'établir une bonne concertation entre les acteurs, surtout en contexte de crise. Les critères de délimitation doivent être justifiés, afin de faciliter la communication des résultats et les décisions.

#### **Avis de VNC**

Concentré sur une des nombreuses questions méthodologiques pour l'évaluation des risques liés aux installations industrielles, à savoir : la définition de la zone géographique à prendre en compte, ce mémoire est intéressant mais ne propose pas l'évaluation des risques sanitaires proprement dite. Il n'est pas retenu pour la suite de l'étude.

#### **LIEBERT 2005**

L'objectif de ce travail est d'élaborer une méthode d'évaluation des risques cumulés sur un secteur géographique et de tester la faisabilité technique de cette méthode en l'appliquant à la zone industrielle Nord de Limoges. La question principale que tente de résoudre ce travail concerne l'accumulation des risques attribuables à plusieurs toxiques. On rappelle les

indications données sur ce point par différentes institutions françaises (InVS, INERIS, OPERSEI) ou étrangère (U.S. EPA). La méthode proposée suit le cadre général de l'EQRS tels qu'il est décrit par l'InVS et l'INERIS. Les RD des polluants aux effets toxiques systémiques sont additionnés entre eux lorsqu'ils atteignent le même organe ou système cible (système respiratoire), les excès de risques individuels de cancers sont additionnés quel que soit l'organe cible. Sur la question de l'addition des RD et ERI attribuables aux différentes sources émettrices le rapport propose une addition par zone géographique. Cinq types « d'accumulation » sont étudiées. Pour les toxiques non cancérigènes on s'intéresse aux substances émises par plusieurs installations soit : 1) celle ayant le plus fort score de hiérarchisation (= flux d'émission maximal / VTR), ici le chrome, 2) celles impactant le même système cible, ici le système respiratoire et, parmi celles-ci, seules les substances ayant un score supérieure à 100 (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, HCl, Sb, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, formaldéhyde). Le choix du seuil de 100 n'est pas explicité ni justifié d'un point de vue sanitaire. Pour les cancérigènes on s'intéresse également à ceux émis par plusieurs installations, soit : 3) le cancérigène ayant le plus fort score de hiérarchisation (= Flux d'émission \* Durée d'émissions / VTR) ici le benzène (le trichloréthylène avait un score supérieur mais il est exclu, car il est émis par une seule installation), 4) celles ayant le même système cible, ici le système sanguin et un score compris entre 10<sup>8</sup> et 10<sup>9</sup> (valeur non justifiées) ici le benzène et le trichloréthylène bien que d'autre cancérigènes aient le même système cible comme le 1,3-butadiène et le chrome, 5) toutes les substances cancérigènes indépendamment de l'organe cible mais dépassant un score de 10<sup>5</sup> (valeur non justifiées) ici : benzène, trichloréthylène, acétaldéhyde, nickel et plomb. Le choix des seuils de sélection n'est pas explicité (100, 10<sup>5</sup>, entre 10<sup>8</sup> et 10<sup>9</sup>). Les résultats présentés par installation (les sommes toutes installations ne sont pas présentées) indiquent :

- 1) Les QD du chrome attribuables à chaque installation ne dépassent pas 1 ;
- 2) Le QD pour le système respiratoire attribuable à une installation atteint la 2,3 les autres installations sont inférieurs à 1 ;
- 3) l'ERI maximum du benzène attribuable à une installation est  $8,1 \cdot 10^{-8}$  ;
- 4) l'ERI cancer du sang atteint la valeur maximale pour une installation de  $2,2 \cdot 10^{-7}$  ;
- 5) la somme des cinq cancérigènes pour une installation atteint la valeur de  $2,3 \cdot 10^{-7}$ .

### **Avis de VNC**

A priori ce mémoire aborde une question fondamentale pour les EQRS mono ou multi source à savoir l'addition des effets toxiques d'un mélange complexe de polluant. L'approche proposée n'est pas novatrice et les critères pour additionner ou non les effets s'ils sont clairement exposés sont loin d'être satisfaisants. On remarque par exemple que l'indice de hiérarchisation pour les cancérigènes n'a pas de sens. Il aurait fallu multiplier les flux par la VTR et non les diviser. Cela a des conséquences puisqu'un usage correct des VTR aurait conduit à une autre sélection de substances notamment dans le cas 5. On ne voit pas non plus l'intérêt des seuils de sélection à 100 et à 10<sup>5</sup>. La conclusion ne répond pas aux questions posées dans la problématique et on ne sait pas si les objectifs du travail ont été atteints ? Aucune conclusion n'étant formulée quant aux méthodes testées dans cette étude elle ne présente pas beaucoup d'intérêt pour la suite.

### **ATIYEH 2006**

L'objectif de ce travail est de réaliser un bilan de l'existant en termes de connaissances sur l'état de santé de la population et les liens qui ont pu être établis avec la pollution atmosphérique dans la zone de l'étang de Berre. Il s'agit ensuite d'analyser les attentes de la population et de proposer une démarche d'étude pouvant répondre à ces attentes en précisant les avantages et les limites des différentes possibilités ainsi que leur durée et leur coût.

### **Avis de VNC**

Ce travail présente un intérêt pour la problématique des études de zones. Sa principale qualité est de faire un bilan exhaustif et raisonné des données disponibles et, en fonction de ces informations, d'analyser les différentes méthodes permettant d'évaluer les impacts sur la santé due à la zone industrielle. En cela, l'approche ressemble fort à ce que fait l'ATSDR notamment dans les consultations de santé « Health Consultation ». Il s'agit en fait d'une étude de faisabilité très intéressante parce qu'elle ne se focalise pas sur une seule approche ou méthode (EQRS / épidémiologie). En revanche, malgré ses qualités, elle n'apporte pas grand chose au plan des méthodes d'EQRS.

## **4.5 Etude de l'INERIS**

### **INERIS 2006**

Partant du bilan d'un manque d'homogénéité dans les EQRS pour les dossiers de demande d'autorisation d'exploiter les ICPE en France, l'INERIS considère qu'il est nécessaire d'engager une nouvelle réflexion sur les méthodes, afin qu'elle soit mieux adaptée aux ICPE. Pour contribuer à cette réflexion l'INERIS a réalisé, à la demande du MEDD, une étude bibliographique sur les textes réglementaires, les guides méthodologiques et les publications scientifiques sur ce sujet (EQRS des installations industrielles). Les conclusions indiquent que l'EQRS est pratiquée systématiquement dans les pays européens et Nord-Américains uniquement dans le cas des sites et sols pollués et de manière moins systématique dans le cas des installations de gestion des déchets. Pour les projets industriels, la prise en compte de la santé humaine au moyen d'une EQRS n'est pas systématique sauf en France. Dans les autres pays elle est plus ou moins mentionnée dans les études d'impact environnemental. Le rapport propose, pour améliorer l'homogénéité des études en France, de travailler sur :

- ✓ Une approche hiérarchisée permettant d'éliminer en amont les situations, les substances et les voies d'exposition présentant un risque négligeable. Ainsi au Royaume-Uni il y a trois étapes dans le processus d'évaluation : le dépistage, l'EQRS générique et l'EQRS spécifique ;
- ✓ La prise en compte de l'exposition aux concentrations du bruit de fond pour l'appréciation du risque acceptable avec des règles prescriptives clairement établies ;
- ✓ La mise en relation directe des résultats de l'EQRS avec les mesures de gestion qui doivent en découler de manière à éviter un certain nombre de dérives consistant à discuter certains points de détails méthodologiques sans conséquence en terme de gestion ;
- ✓ Enfin, l'importance donnée à la participation du public dans la procédure d'évaluation de l'impact environnemental. C'est un élément clé de la directive européenne 85/337/CEE. Pour y répondre, la Belgique prévoit la création d'un comité d'accompagnement comprenant un représentant de chacune des communes concernées par le projet. Ce comité a pour mission d'élaborer le cahier des charges de l'étude et de suivre sa réalisation

### **Avis de VNC**

Ce travail est intéressant pour la problématique des études de zone. Il identifie certains points clé de la démarche qui nécessitent d'être harmonisés en France. Il s'agit notamment :

- ✓ De la prise en compte des expositions de fond dans l'étude des impacts des installations industrielles.
- ✓ De la définition d'une démarche préalable de hiérarchisation des priorités et de sélection des polluants et voie de transferts pouvant réellement engendrer des impacts sanitaires.

- ✓ De prévoir la participation des parties prenantes pour l'élaboration du cahier des charges et le suivi de l'étude.
- ✓ D'établir un lien direct entre les conclusions de l'EQRS et les décisions de gestion.

Les questions de méthode d'EQRS comme : i) la finalité même des études de zones, ii) le choix d'une approche adaptée aux objectifs, iii) la démarche de sélection des polluants et des voies de transfert, iv) l'addition d'effet néfaste dus à différents toxiques ou a différentes sources émettrices, ne sont pas abordés.

#### 4.6 Etudes de l'InVS

### **BEH du 27 février 2007 n°7-8. Numéro thématique - Cancers pédiatriques à Vincennes : quelles leçons tirer ? 12p.**

#### **Editorial :**

*« Le regroupement de cas de cancers pédiatriques chez des enfants ayant fréquenté l'école Franklin Roosevelt de Vincennes a conduit l'Institut de veille sanitaire à réunir, en 2001, un Comité scientifique chargé de recommander puis d'expertiser les études épidémiologiques et environnementales utiles pour analyser le lien possible entre la survenue de ces cancers et l'environnement. L'école est, en effet, installée sur une ancienne friche industrielle de Kodak. La pollution du site est apparue comme une réalité : les études, menées d'abord par l'Ineris, puis par des bureaux d'études spécialisés, ont confirmé une pollution de la nappe souterraine par des substances cancérigènes, certaines liées à l'activité industrielle passée, d'autres non.*

*Cependant, malgré la réalité de cette pollution, il n'a pas été possible d'établir un lien avec les cas de cancers (B. Hazebrouck et coll). Ceci corrobore la conclusion de la première expertise épidémiologique de 2002 (J. Clavel et coll). Une surveillance épidémiologique, effectuée les cinq années suivantes, n'a pas confirmé l'excès de cas constaté pendant la période dite d'alerte.*

*Ce dossier est exemplaire des questions que posent aujourd'hui nos relations avec un environnement dont les niveaux de pollution, en particulier sur de nombreux anciens sites industriels, sont parfois préoccupants. La mesure d'impact sanitaire sur la population peut demeurer difficile à établir, un nombre de cancers plus élevé que celui habituellement observé pendant une période donnée ne relevant pas forcément d'une cause environnementale. Un regroupement de cas peut relever d'autres facteurs non identifiés, et parfois être tout simplement dû au hasard de la distribution des cas.*

*Mais comment faire accepter cette réalité, difficile à entendre pour les familles qui veulent que les experts trouvent toujours une explication. On les comprend, surtout lorsqu'il s'agit de maladies si graves, touchant des enfants si jeunes. De plus en plus souvent, ces regroupements de cas, appelés « clusters », font l'objet d'un signalement et une enquête est diligentée. Cependant, sur les 38 « clusters » signalés aux autorités sanitaires jusqu'en 2005, aucun n'a jamais pu être relié à une cause environnementale (voir BEH n° 49-50 de décembre 2005).*

*Est-ce par manque de moyens d'investigations comme l'évoque, au nom du Collectif Vigilance Franklin, Mme V. Lapidès, dans ce numéro. Pourtant, jamais des enquêtes d'une telle ampleur n'ont été mises en œuvre en France pour explorer un cluster de cancers. Ces travaux furent encadrés par un Comité scientifique national, regroupant 16 experts du monde universitaire et de la recherche. Leur travail a duré plus de trois ans. Le Comité scientifique a présenté au Comité de suivi, où siégeait le Collectif associatif, ses conclusions en 2005 : l'absence d'exposition effective des populations ne permet pas d'établir un lien avec les cancers et une surveillance environnementale doit être maintenue.*

*Le retour d'expérience sur la démarche engagée et sur d'autres menées, à l'exemple de celle de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire sur radioactivité et leucémie de l'enfant mérite réflexion (M. Ledrans et coll et A. Sugier et coll), car l'organisation des expertises pose l'exigence simultanée de la qualité et du partage. Deux objectifs majeurs sont au coeur des préoccupations des agences de sécurité sanitaire : assurer l'excellence de l'expertise et partager avec les citoyens ces analyses et ces savoirs.*

*Pour renforcer la qualité de l'expertise sur les risques environnementaux, cinq instituts (Institut de veille sanitaire-InVS, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire-IRSN, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail-Afsset, Institut national de l'environnement industriel et des risques-Ineris, Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité-Inrets) se sont engagés en 2006 à définir et soutenir les conditions indispensables à cette exigence de qualité, en particulier l'indépendance et la pluralité de l'expertise. Mais, pour que cette démarche soit reconnue, et que la confiance vis-à-vis de cette expertise soit réelle, il faut associer, le plus en amont possible la société civile, généralement regroupée dans un cadre associatif, pour*

*définir clairement les objectifs poursuivis par l'expertise, partager les limites de la méthode, progresser pas à pas dans l'analyse des résultats, et surtout peut-être, savoir partager les doutes et les incertitudes, souvent, le lot quotidien de l'évaluation en santé environnementale.*

*Il faut que le doute ou l'incertitude scientifiques ne soient pas synonymes de manque de qualité, de clarté ou de courage de l'expertise, ni surtout de manque de compétence. La bonne réponse ne saurait être par définition la réponse attendue par ceux qui sont les plus touchés, et qui se considèrent, peut-être légitimement, comme victimes.*

*Pour cela la démarche d'expertise partagée nécessite une contribution active des sciences sociales, aux côtés des épidémiologistes, des biostatisticiens, des métrologistes, car les vérités complexes des interactions entre la santé et l'environnement, la recherche des liens de causalité, nécessitent d'intégrer nos comportements et nos représentations sociales de la santé, comme des facteurs déterminants de nos analyses.*

*L'accès à l'information, à toute l'information disponible, est un droit fondamental des citoyens. La mise en ligne systématique de tous les résultats disponibles est un point de transparence indispensable. Mais, il n'est pas suffisant. Il faut privilégier les lieux de débat, car la transparence sur des résultats ne lève pas les questions d'interprétation. Et c'est du débat que naîtra aussi la confiance. »*

### **Avis de VNC**

Un peu décalé par rapport à la problématique des études de zones, ce numéro spécial du BEH présente néanmoins un certain intérêt. Les articles soulignent notamment la nécessaire participation des parties prenantes dans le processus d'évaluation, l'intérêt de la pluralité de l'expertise et l'intérêt de la publication des résultats. Par ailleurs, un article de J. Clavel porte sur l'étude épidémiologique du risque de cancer pédiatrique et un autre de B. Hazebrouck sur l'évaluation des risques sanitaires. Ils sont tout les deux intéressants pour la suite de l'étude.

### **InVS/COPARLY 2009**

Entre 2006 et 2007, les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air basées en région Rhône-Alpes ont mis en œuvre un important dispositif de mesures pour disposer d'un état des lieux de la qualité de l'air autour de grandes zones industrielles de la région. Un comité technique de pilotage a été constitué avec des experts métrologues, des spécialistes Santé environnement et des acteurs importants des différentes plates-formes industrielles concernées, afin de suivre le projet dans son ensemble et de valider les points principaux de la méthodologie employée.

Le choix des zones étudiées, dans des quartiers densément peuplés et à proximité d'activités multi-émettrices (trafic, industries, tertiaire...) a été motivé notamment par la présence a priori de sources de polluants dits « émergents », comme les COV, les HAP, les aldéhydes ou bien encore les métaux lourds. Courant 2006 jusqu'en hiver 2007, deux zones ont été sondées dans la vallée du Rhône : dans la large zone d'activités que représente le sud lyonnais (avec trois sites) et autour de la plate-forme industrielle de Roussillon (avec deux sites). Puis, entre le dernier trimestre 2006 jusqu'à l'été 2007, une troisième zone a pu être étudiée, autour de deux plates-formes industrielles du sud grenoblois (avec trois sites).

Les mesures ont été exploitées par les associations de surveillance de la qualité de l'air, dont les principaux résultats sont présentés dans ce rapport. Et pour la première fois, les données recueillies ont pu servir aux experts de la santé pour évaluer les risques d'exposition par inhalation des populations habitant en proximité de ces zones complexes multi-émetteurs. Cette évaluation fait l'objet d'un autre rapport présenté ensuite.

### **Avis de VNC**

L'objectif de l'étude n'est pas présenté explicitement. Il s'agit de réaliser une campagne de mesures des concentrations de polluants dans l'air de zones géographiques densément peuplées et situées à proximité de zones industrielles de grandes tailles dans la région Rhône-Alpes (Lyon, Roussillon, Grenoble). Il est dit que ces données serviront à évaluer les impacts sanitaires mais la question de la contribution des différentes sources émettrices dans la pollution de l'air n'est pas abordée.



## Schmitt 2008

Dans un but d'information des acteurs locaux et d'aide à la définition de priorités d'action en matière de réduction des émissions, l'objectif de l'étude était de s'appuyer sur la métrologie (étude précédente) pour :

- évaluer les expositions chroniques par inhalation aux COV, HAP et métaux lourds émis par les sources extérieures de pollution dans les quartiers les plus exposés à ces sources sur les zones d'étude ;
- estimer les risques sanitaires potentiels associés à ces expositions.

Les mesures ont été réalisées par Atmo Rhône-Alpes en 2006/2007 avec 2 ou 3 points de mesure par zone d'étude, 4 campagnes de mesures (une par saison) pour un total d'environ 36 jours de prélèvement pour chaque polluant et chaque point de mesure. Atmo Rhône-Alpes a rédigé un rapport indépendant détaillant les résultats métrologiques.

Douze COV chlorés<sup>11</sup>, 5 COV<sup>12</sup> précurseurs de l'ozone, 2 aldéhydes<sup>13</sup>, 4 métaux lourds<sup>14</sup> et 15 HAP<sup>15</sup> ont été retenus pour l'évaluation des risques sanitaires. Pour beaucoup de ces polluants, les concentrations mesurées étaient assez variables d'un jour à l'autre avec, parfois, des pics importants de pollution. Dans ces conditions, les jours échantillonnés pouvaient avoir une influence sur les concentrations d'exposition moyennes annuelles calculées. D'autre part, il a été fait l'hypothèse que les concentrations mesurées en 2006/2007 permettaient d'estimer les expositions moyennes des personnes sur de longues périodes. Ceci a constitué l'incertitude majeure de l'évaluation des risques.

L'évaluation des risques a fait ressortir qu'il n'y avait pas d'effet systémique attendu sur les zones d'étude en lien avec les expositions étudiées mais que les expositions par inhalation à certains COV étaient susceptibles de générer des risques cancérigènes. Il s'agissait notamment :

- pour la zone du sud lyonnais : du chlorure de vinyle monomère (en particulier sur Saint-Fons), du benzène, du 1,3-butadiène, du tétrachloroéthylène (sur Pierre-Bénite et Saint-Fons), de l'acétaldéhyde (sur Saint-Fons) ;
- pour la zone du sud grenoblois : du formaldéhyde, du benzène, du 1,2-dichloroéthane (sur Jarrie) ;
- pour la zone de Roussillon : du benzène.

D'un point de vue sanitaire, ces COV sont donc apparus comme ceux devant faire l'objet d'actions prioritaires de réduction des émissions. Cependant, les concentrations d'exposition par inhalation à certains COV dans les zones d'étude, associées aux sources extérieures de pollution sur ces zones, étaient plus faibles ou du même ordre de grandeur que les concentrations d'exposition à l'intérieur des logements de l'ensemble de la population française (du fait des sources intérieures de pollution). Par ailleurs, les nombres potentiels de cas de cancers en excès sur les zones d'étude susceptibles de survenir en lien avec les expositions étudiées (sous l'hypothèse de concentrations d'exposition similaires dans le passé et dans l'avenir) restaient très faibles, au regard du nombre total de cas attendus.

## Avis de VNC

La finalité et les objectifs de l'étude sont clairement présentés. Ils correspondent bien à la problématique des études de zones mêmes si la conclusion n'aborde pas la question de priorités d'action explicitement comme on pouvait s'y attendre à la lecture des objectifs.

<sup>11</sup> chlorométhane, dichlorométhane, trichlorométhane, tétrachlorométhane, 1,2-dichloroéthane, 1,1,1-trichloroéthane, 1,1,2-trichloroéthane, 1,1,2,2-tétrachloroéthane, chlorure de vinyle monomère, 1,1-dichloroéthylène, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène

<sup>12</sup> benzène, 1,3-butadiène, éthylbenzène, m+p-xylène, o-xylène, toluène

<sup>13</sup> formaldéhyde et acétaldéhyde

<sup>14</sup> arsenic, cadmium, nickel, plomb, manganèse et vanadium

<sup>15</sup> acénaphthène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène, fluoranthène, fluorène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, naphtalène, phénanthrène, pyrène

## **4.7 Secrétariats permanents pour la prévention des pollutions industrielles S3PI**

### *4.7.1 Etude de la zone industrielle de Calais*

#### **Sabastia 2006 (diaporama : 39 diapositives).**

Les objectifs de l'étude sont :

1. Considérer l'ensemble des expositions aux rejets chroniques des industriels du bassin de Calais auxquelles sont soumises les populations environnantes
2. Mettre à disposition du S3PI / DRIRE un modèle de dispersion complet et validé sur la zone d'étude
3. Disposer d'une analyse cohérente avec celle réalisée sur le bassin dunkerquois

Le modèle de dispersion (ARIA impact) intègre les émissions des industriels validées par comparaison avec un inventaire (?). Le domaine d'étude est un rectangle de 30 km par 21,6 km (648 km<sup>2</sup>). Les données météorologiques horaires sur 5 ans proviennent d'ATMO Nord - Pas de Calais (température, direction et force du vent) et de météo France (pluviométrie et nébulosité). On compte 13 installations industrielles dans l'étude. Le diaporama ne mentionne pas l'utilisation des résultats de l'étude de dispersion dans l'étude sanitaire...

#### **Avis de VNC**

Le rapport n'étant pas disponible, il est difficile de se faire une idée précise de l'intérêt de cette étude. L'examen du diaporama n'indique pas d'option méthodologique particulièrement pertinente ou novatrice. Sauf si l'on obtient le rapport d'étude dans un délai suffisant et que son examen révèle des aspects notables, cette étude n'est pas retenue pour la suite.

#### **Rouhan 2006 (diaporama 25 diapositives).**

Les objectifs de l'étude sont d'évaluer les risques sanitaires liés aux expositions chroniques de la population résidente autour d'un ensemble de 13 installations industrielles de type ICPE. Seuls les émissions aériennes sont prises en compte (autres rejets ?). L'étude est de type prospectif sur 30 ans à partir de 2003. La méthode ERS classique des ICPE est mise en œuvre. Pour l'ingestion on tient compte du bruit de fond existant (pollution des sols). Les conclusions indiquent que les seuls dépassements de valeurs repères des risques sont dus au bruit de fond ou alors sont localisés dans des zones géographiques sans résidents.

#### **Avis de VNC**

Le rapport n'étant pas disponible, il est difficile de se faire une idée précise de l'intérêt de cette étude. L'examen du diaporama n'indique pas d'option méthodologique particulièrement pertinente ou novatrice. Sauf si l'on obtient le rapport d'étude dans un délai suffisant et que son examen révèle des aspects notables cette étude n'est pas retenue pour la suite.

#### **Sabastia 2006**

L'association S3PI Côte d'Opale Flandre a chargé ARIA de réaliser une étude de dispersion atmosphérique des polluants émis par les ferries du port de Calais (62). Ce document résume la méthodologie utilisée pour le calcul des émissions, les hypothèses retenues pour les caractéristiques physiques et thermodynamiques des rejets et présente les résultats de l'étude de dispersion. Les substances prises en compte sont : le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ; les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) ; les hydrocarbures (HC). L'ensemble des données d'entrée est issu de sources référencées

: Météo France et ATMO Nord-Pas de Calais pour les données météorologiques, base DTED® pour le modèle numérique de terrain.

#### **Avis de VNC**

Les objectifs et la finalité de l'étude ne sont pas décrits dans le rapport, il est donc difficile de se faire une idée précise de l'intérêt de cette étude. L'examen du rapport n'indique pas d'option méthodologique particulièrement pertinente ou novatrice. Cette étude n'est pas retenue pour la suite.

#### *4.7.2 Etude de la zone industrielle de Dunkerque*

#### **ARIA, LITWIN, CAREPS. Diaporama 31 diapositives.**

Les objectifs cités dans le diaporama sont :

1. Considérer l'ensemble des expositions aux rejets chroniques des industriels du bassin dunkerquois auxquelles sont soumises les populations environnantes ;
2. Mettre à disposition du S3PI / DRIRE un modèle de dispersion complet et validé sur la zone d'étude ;
3. Tester une méthodologie applicable à d'autres régions et mettre en évidence les limites de la démarche.

La zone étudiée comprend 25 sites industriels avec 293 points de rejets. 17 polluants sont inclus dans l'étude. Les émissions des industries sont comparées avec l'inventaire IRE (Sigle inconnu)

#### **Avis de VNC**

Le rapport n'étant pas disponible, il est difficile de se faire une idée précise de l'intérêt de cette étude. L'examen du diaporama n'indique pas d'option méthodologique particulièrement pertinente ou novatrice. Les limites de la démarche ou son applicabilité à d'autres zones ne sont pas présentées dans le diaporama. Sauf si l'on obtient le rapport d'étude dans un délai suffisant et que son examen révèle des aspects notables, cette étude n'est pas retenue pour la suite.

#### **Rouan 2005**

L'objectif de l'étude est d'évaluer les risques sanitaires actuels, pour la population résidente dans la zone d'étude, liés aux expositions aériennes dues aux émissions industrielles (25 industries et 293 points de rejets). L'approche méthodologique est classique. Les ratios de dangers sont sommés par organes cibles et les excès de risques de cancers sont sommés pour tous les cancérigènes. Certaines localisations géographiques dépassent la valeur repère 1 pour les effets rénaux (Cd + Hg + Pb), les effets respiratoires (Cd + CrVI + Ni + xylènes + 1,3-butadiène + poussières + NOx, +HF + SO2), les effets neurologiques (As + Mn + Hg + Pb + toluène + xylènes). De même, les sommes d'ERI dépassent le seuil de  $10^{-5}$  (As + Cd + CrVI, benzène + benzo(a)pyrène + 1,3-butadiène). L'étude conclut que les risques sanitaires sont inacceptables et qu'il faudrait des études complémentaires pour limiter les incertitudes (facteurs d'émissions et bruit de fond de certains polluants mal connus).

#### **Avis de VNC**

Le rapport n'étant pas disponible, il est difficile de se faire une idée précise de l'intérêt de cette étude. L'examen du diaporama n'indique pas d'option méthodologique particulièrement pertinente ou novatrice. Sauf si l'on obtient le rapport d'étude dans un délai suffisant et que son examen révèle des aspects notables, cette étude n'est pas retenue pour la suite.

#### *4.7.3 Etude de la zone industrielle de l'Etang de Berre*

### **Fleurier 2008a**

Shell Pétrochimie Méditerranée (SPM) exploite sur son site pétrochimique de Berre, l'Usine Chimique de l'Aubette (UCA), l'Usine Chimique de Berre (UCB) et la raffinerie. Une première étude de risque sanitaire a été réalisée en 2005. Une sous-estimation des rejets diffus, principalement de benzène et butadiène, est apparue du fait d'une mauvaise utilisation par le maître d'ouvrage d'un appareil de mesure.

Ces émissions diffuses ont été réévaluées sur l'année 2006 et une mise à jour de l'étude a été réalisée en 2007. En complément, plusieurs campagnes de mesures notamment sur le benzène et le butadiène ont été lancées afin de discuter au mieux de la pertinence des résultats obtenus et de valider le couple base de données des émissions et modèle de dispersion. La mise à jour de l'étude a montré que le risque cancérigène était significatif sur la totalité de la ville de Berre et sur une zone s'étendant sur plus de 4 kms au Nord du site Shell. Les résultats de cette nouvelle étude ont montré un dépassement de la valeur repère de  $10^{-5}$  et de la valeur repère de 1 pour le benzène et le butadiène. Des excès de risques individuels de l'ordre de  $10^{-4}$  ont été mis en évidence dans une zone située au nord du site. La contribution du butadiène à ces niveaux de risque est très importante. SPM a mis en place des actions de réduction des flux de benzène et de butadiène. Il s'agit de déterminer l'impact de ces actions sur le plan sanitaire, pour l'année 2008, en mettant à jour la modélisation de la dispersion des émissions de ces deux polluants et en actualisant les calculs de risques sanitaires, en marche normale et en marche dégradée.

Cette étude correspond à la mise à jour de l'ERS du site SPM sur la base des projections d'émission de benzène et butadiène pour juillet 2008 et sur la base des émissions de l'année 2006 pour tous les autres polluants. Le cadre méthodologique choisi est celui du « Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact – février 2000 » de l'InVS. C'est également le guide méthodologique de l'INERIS de juillet 2003. Pour le mode dégradé, on s'intéresse plutôt aux risques aigus liés à une forte exposition à court terme des populations riveraines.

### **Avis de VNC**

La finalité de l'étude est clairement mentionnée dans l'introduction, il s'agit de vérifier l'impact des actions de réduction mises en œuvre par Shell après que l'EQRS de son site ait montré des impacts sanitaires non négligeables. Cette étude est donc intéressante pour la problématique du HCSP sur les études de zone.

#### *4.7.4 Etude de la zone industrielle de Fos-sur-Mer*

### **Fleurier 2008b**

La zone industrielle et portuaire (ZIP 10 000 hectares) de Fos-sur-Mer dans les Bouches du Rhône (13) rassemble un grand nombre d'ICPE. On compte principalement :

- ✓ Rafinage : Esso (Fos-sur-Mer), INEOS (Martigues), Shell (Berre), Total (Martigues),
- ✓ Chimie et pétrochimie : Naphgta chimie (Martigues), Arkema (Fos-sur-Mer et Martigues) Bassell Fas, Vinylfoss et Lyondell (Fos-sur-Mer),
- ✓ Sidérurgie : Ascometal (Fos-sur-Mer), Acelor (Fos-sur-Mer),
- ✓ Traitement de surface : Ascometal (Fos-sur-Mer),
- ✓ Traitement de déchets : Solamat Merex (Fos-sur-Mer et Rognac)
- ✓ Centrale thermique : Figuenal SNC, EDF (Martigues), INEOS, GDF (chaudière gaz)

- ✓ Stockage de produits pétroliers : Dépôt pétrolier de Fos, GIE de Crau, RDTH, Société Pipeline, Terminal Méthanier, Port autonome de Marseille
- ✓ Peinture et vernis : Jefco Dufour (Berre).
- ✓ Industrie minérale : CIFC production de chaux, Ciment Lafarge, Gagneraud, KERNEOS, terminal minéralier Carfos

Les rejets atmosphériques de ces installations sont nombreux et de natures différentes. Ils sont complétés par la prise en compte des principaux tronçons routiers dans le secteur et par les émissions du trafic maritime. A la demande de la DRIRE PACA, une EQRS globale liés aux activités de cette zone a été réalisée par BURGEAP en partenariat avec NUMTECH pour la modélisation de la dispersion des émissions. L'étude porte sur les risques chroniques, en fonctionnement normal des installations (rejets de l'année 2005 et estimations pour l'année 2011) pour l'exposition des riverains et des travailleurs. Cette démarche a pour objectifs de déterminer la zone d'influence des rejets de la ZIP et les niveaux de risques sanitaires associés. Au final l'étude doit répondre à la question suivante : « les émissions atmosphériques et aqueuses actuelles de la zone de Fos peuvent-elles générer un risque sanitaire aujourd'hui et dans le futur pour les populations riveraines ? Si oui lequel ? L'étude se situe dans une démarche d'évaluation et doit permettre de fournir l'information nécessaire aux instances administratives pour mettre en place des plans de gestions et, si nécessaire, de réduction des émissions atmosphériques. Le cadre méthodologique est celui décrit dans les documents de l'InVS et de l'INERIS sur les EQRS pour les ICPE.

#### **Avis de VNC**

La finalité de l'étude est clairement mentionnée dans l'introduction, il s'agit de savoir si des mesures de réduction des émissions atmosphériques doivent être décidées au regard des impacts sanitaires attribuables à une zone industrielle et portuaire de grande ampleur. Cette étude est donc intéressante pour la problématique du HCSP sur les études de zone.

#### *4.7.5 Etude de la zone industrielle de Lacq*

Leyris C., Suarez J., Pradelle F., Pesin C. Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques émis par les activités industrielles de la zone de Lacq. Enquête populationnelle. BURGEAP, NUMTECH, 6p.

#### **Rapport non disponible**

### **4.8 Etudes de l'U.S. EPA**

Tous les documents pertinents retrouvés sur le site de l'U.S. EPA sont des guides méthodologiques.

- ✓ Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. EPA/630/R-00/002, August 2000 ; 209p.
- ✓ Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures EPA/630/R-98/002 September 1986 ; 387p.
- ✓ Concepts, Methods and Data Sources for Cumulative Health Risk Assessment of Multiple Chemicals, Exposures and Effects: A Resource Document. EPA/600/R-06/013F August 2007 ; 412p.

- ✓ Lessons Learned on Planning and Scoping for Environmental Risk Assessments. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, January 2002 ; 72p<sup>16</sup>.

## 4.9 Synthèse

Les études présentées dans ce rapport ont un intérêt assez variable au regard de la problématique du HCSP pour les études de zone. Une synthèse de leurs finalités (uniquement celles ayant été jugées pertinentes par VNC : n = 13) est présentée dans le tableau suivant.

Les guides méthodologiques de l'ATSDR et de l'U.S. EPA n'ont pas été évalués. Leur finalité n'est de toute façon pas explicitement ciblée sur la problématique des impacts sanitaires pour des zones industrielles multi-sources.

---

<sup>16</sup> The purpose of this handbook is to provide early feedback to agency scientists and managers regarding our experiences with planning and scoping as the first step in conducting environmental assessments since the 1997 «Guidance on Cumulative Risk Assessment - Part 1. Planning and Scoping was released (<http://www.epa.gov/ordntrnt/ORD/spc/cumrisk2.htm>). This handbook is meant to reinforce the concept that formal planning and dialogue prior to the conduct of an environmental assessment can improve the final assessment product in terms of relevancy to an environmental decision and addressing the concerns of decision makers, scientists, economists and stakeholders (where applicable). This handbook is also meant to be a catalyst to encourage agency managers to adopt formal planning and scoping as part of EPA's culture, especially when conducting significant and/or unique environmental assessments. While this handbook is primarily intended to assist agency managers and scientists, it is hoped that its «lessons learned» can also be informative for anyone involved directly or indirectly in the process of developing environmental assessments. It is important to recognize that this handbook does not represent rigid rules which must always be followed, but rather helpful ideas for improving our efforts toward assessing environmental problems.

**Tableau 2 : Synthèse des finalités et objectifs des études jugées pertinentes par VNC pour la problématique**

Etude	Type	Pays	Installations	Zone géographique	Finalité
Ma, 2002	article	Taiwan	Incinérateurs	Tout le pays	Evaluer l'exposition des Tawainais aux dioxines émises par l'incinération des déchets et leurs impacts cancérigènes
Kao, 2007	article	Taiwan	Toutes industries	District de Siaogang	Identifier les contributions des différentes usines aux impacts cancérigènes des dioxines
Hao, 2007	article	Chine	Production d'électricité	Pékin	Evaluer a priori l'effet de limites d'émission sur la qualité de l'air
Morra, 2009	article	Italie	Toutes industries	Vallée de la rivière Pace	Evaluer la possibilité de nouvelles implantations industrielles à partir des résultats d'une ERS complète
ATSDR, 1992	rapport	USA, Connecticut	Multiplés pollutions de sol	Nutmeg Valley	Répondre aux inquiétudes sanitaires de la population et définir si nécessaire un plan d'action grâce à une évaluation de la santé publique selon la méthode ATSDR
ATSDR, 2000	rapport	USA, Idaho	2 usines de phosphates	Bannock County	Répondre aux inquiétudes sanitaires de la population et définir si nécessaire un plan d'action grâce à une consultation de santé selon la méthode ATSDR
ATSDR, 2007	rapport	USA, Idaho	Complexe minier et métallurgique	Bassin fluvial Cœur d'Alène	Répondre aux inquiétudes sanitaires de la population et définir si nécessaire un plan d'action grâce à une évaluation de la santé publique selon la méthode ATSDR
Atiyeh, 2006	mémoire	France	Pétrochimie	Etang de Berre	Faire un choix méthodologique approprié pour l'évaluation des risques sanitaires par l'analyse des informations disponibles
Smith, 2008	rapport	France	3 ZI en Rhône-Alpes	Lyon, Roussillon, Grenoble	Aide à la définition des priorités d'action visant à réduire les émissions industrielles grâce à une évaluation des risques sanitaires dans trois zones industrielles au moyen de campagne de mesure spécifique
Fleurier 2008a	rapport	France	Shell Méditerranée Pétrochimie	ZI de l'Etang de Berre	Mesurer le bénéfice de réduction d'émission en benzène et 1,3-butadiène à partir d'une EQRS type ICPE
Fleurier 2008b	rapport	France	Multiplés	ZIP de Fos sur mer	Evaluer la pertinence d'action de réduction des risques sanitaires à partir d'une EQRS type ICPE
Clavel, 2007	article	France	Kodak+incinérateur	Vincennes	Savoir si la survenue de cancers pédiatrique dans un quartier de Vincennes était : 1 attribuable à un facteur environnementale 2 une bonne raison pour mettre en place une surveillance épidémiologique de la population
Hazebrouck, 2007	article	France	Kodak+incinérateur	Vincennes	Comparer les risques sanitaires dues aux concentrations de polluant mesuré dans le quartier de Vincennes abritant l'ancien site Kodak à celles mesurées hors zones polluée.

MTD : meilleure technologie disponible ; VLE : valeurs limites d'émissions ; ERS : évaluation des risques sanitaires ; ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ; ZI : Zone Industrielle ; ZIP : Zone industrielle et Portuaire ; ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

## 5 LIGNES MÉTHODOLOGIQUES ET ASPECTS SPÉCIFIQUES

### 5.1 Typologie des sources d'émissions sur la zone d'étude

Globalement on compte trois grands types de sources. D'abord les études comportant des sources que l'on appellera « mono industrie » [Ma, 2002, Hao, 2007], ensuite les études de sources « multi industrie » [Atiyeh, 2006 ; Smith, 2008 ; Fleurier 2008a et 2008b], et enfin, les études appelées « zone de population » [Liebert 2005 ; Kao, 2007 ; Morra, 2009 ; Hazebrouck, 2007].

Dans les études mono-industrie, il s'agit de sources atmosphériques canalisées à fort débit (Incinérateur d'ordure ménagère, centrale électrique au charbon). Le périmètre de l'étude est défini par le territoire où ont lieu les expositions. Il n'y a pas d'étude française dans cette catégorie (Taiwan, Chine). La première s'intéresse aux 9 grands incinérateurs implantés à Taiwan globalisant une capacité de 13 650 tonnes/j. Seules les émissions de dioxines (exprimées en I-Teq) sont considérées dans l'étude. L'objectif principal est de déterminer si les émissions d'un incinérateur peuvent influencer les expositions de la population résidant dans la zone d'influence (8x8km) d'un autre incinérateur via la distribution commerciale des produits alimentaires sur l'ensemble du territoire national. La deuxième étude s'intéresse aux centrales thermiques à charbon autour de Pékin (6 centrales pour 16 GWh/an, soit 7 millions de tonnes de charbon par an). Les polluants sont les principaux gaz et particules de combustion (PM<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>). Elle sert à évaluer l'effet des mesures de réduction des émissions (changement de combustible charbon/gaz pour 1 installation, pour les autres installations : désulfuration et dénitrification des rejets, filtre à particules) imposées par les autorités publiques pour protéger la qualité de l'air à Pékin lors des jeux olympiques de 2008.

Dans les études « multi-industrie » le périmètre de l'étude est défini comme une zone géographique (de taille variable selon l'étude) autour d'un regroupement local d'installations industrielles. Ici on s'intéresse plutôt aux zones industrielles implantées dans un espace géographique restreint et dédié. Il n'y a que des études françaises dans cette catégorie (Étang de Berre, Lyon, Roussillon, Grenoble, Fos-sur-mer), si l'on exclut les études de l'ATSDR qui ne sont pas véritablement des EQRS. Les sources sont majoritairement atmosphériques, canalisées à fort débit mais peuvent aussi être de type diffuses, comme le trafic routier (Lyon, Roussillon, Grenoble, Fos-sur-mer) ou maritime (Fos-sur-mer), ou les lignes à haute tension et le trafic aérien (Champlan). Globalement, la préoccupation est clairement focalisée sur les sources émettrices de polluants atmosphériques qu'elles soient canalisées, linéaires, surfaciques ou diffuses.

Dans les études appelées « zone de population », la clé d'entrée est une zone de population géographiquement délimitée qui suscite des inquiétudes sanitaires (District de Siaogang, Vallée de la rivière Pace, Limoges, Vincennes). Les études sont d'origine diverses (Taiwan, Italie, France). Les sources sont très variables et parfois mal définies. Ce qui compte ici c'est l'exposition de la population, parfois pour un seul polluant (dioxines à Taiwan).

### 5.2 Les modalités de caractérisation de la contamination environnementale



Voir le chapitre 5.3.5

## 5.3 La conduite de la caractérisation des risques.

### 5.3.1 Sélections des agents dangereux

Deux études sont focalisées sur les dioxines uniquement [Ma, 2002 et Kao, 2007]. La première s'intéresse à l'ensemble du parc d'incinérateurs taiwanais, la seconde aux différents émetteurs de dioxines dans un district taiwanais (17 installations dont deux incinérateurs, l'un d'entre eux faisant partie de l'étude précédente). Ma a choisi les dioxines parce que les incinérateurs sont une source majoritaire de rejets anthropiques de dioxines dans l'environnement (60 à 90 %). De plus, à Taiwan, 90 % des 9 millions de tonnes annuelles de déchets municipaux sont éliminés par incinération. La discussion de l'article ne dit rien sur la méthode de sélection de l'agent dangereux.

Quelques années plus tard, Kao motive le choix des dioxines dans son étude pour montrer que les incinérateurs ne sont pas, à Taiwan, la source dominante des rejets de dioxines. Il indique qu'en 1997, une étude<sup>17</sup> financée par la commission européenne, montrait qu'en Europe (15 pays plus la Suisse et la Norvège) les usines d'agrégation du minerai de fer, émettaient autant de dioxines que l'incinération des déchets. D'autres études européennes attirent également l'attention sur les hauts fourneaux électriques, les fonderies secondaires d'aluminium, les fonderies de métaux non ferreux, les cimenteries. Parmi ces différentes sources, seuls les incinérateurs ont été soumis à des limites réduisant leurs émissions de 80 à 90 %. La discussion de l'article ne dit rien sur la méthode de sélection de l'agent dangereux.

Dans l'étude chinoise sur les centrales de production électrique autour de Pékin ce sont les polluants visés par les mesures de réduction, dont l'étude cherche à évaluer les effets, qui sont retenus (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, nitrates, sulfates) [Hao, 2007]. Ce choix n'est pas discuté ensuite.

Atiyeh s'intéresse aux polluants mesurés dans l'air autour de l'étang de Berre (PM, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, COV, As, Cd, Ni, Pb, HAP, benzène) en cohérence avec la finalité de l'étude qui était de dresser le bilan des connaissances sur la pollution et la santé dans la zone étudiée [Atiyeh, 2006]. La discussion du mémoire ne dit rien sur la méthode utilisée pour la sélection des agents dangereux.

Smith, dans l'étude de trois zones industrielles françaises multi-émettrices (Lyon, Grenoble, Roussillon)<sup>18</sup> choisit de retenir tous les polluants visés par les arrêtés ICPE du 02/02/98 et du 24/12/02 et possédant une VTR chronique par inhalation, on obtient ainsi un total de 12 COV chlorés (chlorométhane, dichlorométhane, chloroforme, tétrachlorure de carbone, chloroéthane, 1,2-dichloroéthane 1,1,1-trichloroéthane, chlorure de vinyle, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, tétrachloroéthylène), 5 COV précurseurs de l'ozone (1,3-butadiène, benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes totaux), 2 aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde), 4 métaux lourds (Ni, Pb, Mn, V) et 15 HAP [Smith, 2008]. La discussion du rapport ne dit rien sur cette méthode de sélection des agents dangereux utilisée.

<sup>17</sup> Quass U., Fermann M., BröNoker G. Identification of relevant industrial sources of dioxines and furans in Europe (The European Dioxine Inventory). Final Report n°43, Essen Germany : Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1997.

<sup>18</sup> Industries dans la zone lyonnaise : plastique, chimie inorganique, raffinage, caoutchouc, savons et détergents, matériel électrique et gaz industriel. Industries dans la zone grenobloise : chimie inorganique, peinture et vernis, traitement de déchets dangereux. Industrie dans la zone roussillonnaise : chimie inorganique et traitement de déchets dangereux.

Fleurier a retenu, pour l'EQRS attribuables aux émissions du site de raffinage et de pétrochimie de Shell à l'étang de Berre, les polluants mesurés dans les 669 émissaires (sources canalisées et diffuses) connus sur le site [Fleurier, 2008a]. Ce rapport étant l'actualisation d'une précédente étude (non disponible), la méthode de sélection des agents dangereux n'est pas présentée. On dénombre environ 50 polluants mesurés dans les émissions atmosphériques dont 29 ont été retenus pour l'étude. Les critères de sélection ne sont pas présentés dans ce rapport. On suppose qu'ils sont probablement « existence d'une VTR ». Il y a : 15 COV (1,3-butadiène, propylène, éthylbenzène, toluène, styrène, benzène, xylènes, hexane, cyclohexane, phénol, méthanol, MIBK, acétonitrile, chlorure de vinyle, hydrazine) et 14 métaux (As, Sb, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, V, Zi). La discussion du rapport ne dit rien sur la méthode de sélection des agents dangereux utilisée.

Pour son étude à Fos-sur-mer, Fleurier s'appuie sur le guide de l'INERIS 2003 pour développer une approche plus complexe [Fleurier, 2008b]. Dans un premier temps, à partir de l'inventaire des polluants émis par l'ensemble des industries et autres sources émettrices (trafic routier et maritime), il retient les polluants pour lesquels il existe une VTR ou une Valeur Guide (VG) ou une Valeur Moyenne d'Exposition (VME). Ensuite, les polluants sont hiérarchisés au moyen d'un score dans le but de retenir des « traceurs de risques ». Le score est calculé pour les deux voies d'exposition (ingestion et inhalation) et pour les deux types d'effets (cancérogène et non cancérogène). Il y a donc 4 scores et 4 listes de traceurs de risque. Pour les effets non cancérogènes, on divise le flux annuel du polluant par sa VTR, à défaut la VG à défaut la VME. Pour les cancérogènes, on multiplie le flux annuel par la VTR (pas de substitut). *In fine*, on retient dans l'étude les polluants dont le score est supérieur à 1 % du score maximum. La discussion du rapport ne dit rien sur la méthode de sélection des agents dangereux utilisée.

Dans l'étude de Liebert (zone Nord de Limoges) une approche similaire est présentée [Liebert, 2005]. Les scores sont calculés sur le même principe sauf dans le cas des cancérogènes le flux est multiplié par le nombre d'années d'émissions. Cette étude diffère également de la précédente sur les critères de sélections utilisés. Ils sont multiples et correspondent à 5 cas types :

1. le polluant non cancérogène par voie respiratoire ayant le score le plus élevé (le chrome),
2. les polluants non cancérogènes ayant un même système ou organe cible (le système respiratoire) et dont le score individuel dépasse la valeur 100.
3. Le cancérogène ayant le score le plus élevé (le benzène est retenu alors que le trichloréthylène possède un score plus élevé, mais ce dernier n'est émis que par une seule installation),
4. Les cancérogènes ayant le même système ou organe cible (système sanguin) et dont le score individuel est compris entre  $10^8$  et  $10^9$ .
5. Tous les cancérogènes dont le score dépasse la valeur de  $10^5$ .

La discussion du mémoire de Liebert ne dit rien sur la méthode de sélection des agents dangereux utilisée. Tout au plus elle signale qu'une incertitude reste sur l'exhaustivité des polluants pris en compte.

### 5.3.2 Avis de VNC

La méthode de l'INERIS utilisée par Fleurier est intéressante mais elle n'aborde pas les questions fondamentales : pourquoi faut-il sélectionner des polluants ? Pourquoi fixer un seuil de sélection à 1% ? Ces deux questions méritent une attention particulière.

Par ailleurs, on relève des incohérences dans l'application de la démarche. Premièrement, les flux annuels exprimés en kg/an sont divisés par des  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ou des  $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ , les scores sont donc exprimés pour l'inhalation en «  $\text{m}^3/(\text{an}.10^{-9})$  » et pour la voie orale en «  $\text{kg}.\text{j}/(\text{an}.10^{-6})$  » ... Le flux étant dépendant de la concentration et du volume de gaz émis, le volume de gaz émis par une source étant strictement identique pour tous les polluants, le calcul du score pourrait utiliser la concentration cela ne changerait strictement rien à la hiérarchie. Lorsque plusieurs sources sont étudiées, il suffit de calculer une concentration moyenne pondérée par le flux de chaque source pour tenir compte justement des quantités émises. Les scores inhalation, calculés à partir de concentrations, seraient alors exprimés sans unités ce qui correspond mieux à la notion de risque. Pour l'ingestion on pourrait utiliser le flux journalier divisé par un poids corporel standard (enfant/adulte) et le rapporter à la VTR, dans ce cas le score est encore une fois sans unité. Deuxièmement, pour l'inhalation il n'est pas souhaitable d'utiliser les VG et les VME en substitut de VTR car ces deux types de valeurs n'ont aucun rapport conceptuel avec les VTR. Ceci rend les résultats impossibles à interpréter en terme de priorité. D'ailleurs, le rapport de Fleurier indique qu'il déroge à sa propre règle en raison justement de l'utilisation d'une VG pour les  $\text{PM}_{10}$  (...). Troisièmement, contrairement aux explications données par Fleurier, pour les cancérigènes ce n'est pas le score maximal qui sert de référence mais la somme des scores.

Concernant le score de  $10^5$  utilisé dans l'étude d'Atiyeh pour les cancérigène et celui de 100 pour les non cancérigènes il n'y a aucune justification scientifique ou sanitaire dans le rapport. Son intérêt en terme sanitaire n'est pas évident. Les résultats sont donc impossibles à interpréter. D'ailleurs la conclusion de l'étude ne se prononce pas sur la méthode à retenir pour les études de zone. C'est dommage puisque les cinq cas étudiés devaient permettre de tester différentes approches d'accumulation des risques dans les zones multi sources.

Concernant la première question posée ci-dessus, on remarque que les études françaises considèrent la sélection de « traceurs de risques » comme une évidence qui s'impose en EQRS. En tout état de cause, aucune de ces études ne présente un argumentaire sur le fond. Il est implicitement supposé que cela permet une économie de moyen et une simplification de l'étude. L'exclusion de certains polluants (dont la toxicité est quantitativement connue puisqu'il existe une VTR) agit dans ce cas comme un biais systématique de sélection. Ce biais est contrôlé si l'on est en mesure de quantifier l'effet de la sélection sur le résultat final. Il est donc impératif, dans le cas d'une sélection des traceurs de risque, que la méthode de sélection soit quantitative est interprétable en terme sanitaire.

L'option alternative de retenir tous les polluants dont les quantités et les VTR sont connus conduit également à exclure certains polluants : ceux pour lesquels on ne dispose pas de VTR et/ou on ne connaît pas les quantités émises. Dans ce cas, le biais n'est pas systématique mais aléatoire, au sens où il ne dépend pas de la méthode de sélection mais du niveau des connaissances externes. Notons par ailleurs, que l'économie de moyen procurée par la démarche de sélection des traceurs de risques est faible dans la mesure où l'on doit quand même rechercher les VTR et les données d'émission des polluants que l'on va ensuite exclure. Pour les expositions respiratoires, la grande majorité du travail d'évaluation est donc réalisé avant l'exclusion des polluants... L'économie potentielle serait plus importante lorsque l'étude est basée sur une campagne de mesure, encore que la part variable des coûts de métrologie environnementale n'est pas dominante. Dans certains cas, notamment pour les organiques, le coût est le même que l'on recherche 1 ou 10 polluants en sortie de chromatographe. Certains coûts comme la prise d'échantillon, le conditionnement, le transport, la conservation et la préparation restent inchangés que l'on analyse 1 ou 10 polluants dans l'échantillon.

En réponse à la deuxième question posée ci dessus, il serait pertinent d'utiliser la somme des scores pour les non cancérigènes et les cancérigènes. Dans ce cas, le seuil de 1 % serait interprétable en terme de potentiel d'effet sur la santé publique. Autrement dit, si le seuil de 1 % s'applique à la somme des scores, calculés avec 1) les concentrations par voie respiratoire, 2) les flux divisés par le poids corporel des cibles pour la voie orale, 3) rapportés uniquement à une VTR ; on retiendrait dans l'étude 99 % du potentiel de risque (cancérigènes) ou de ratio de danger (non cancérigène). Dans ce cas, quelle que soit la valeur du seuil sélectif (1 %, 5 %, 10 %) les résultats sont clairement interprétables : on sait que l'évaluation porte sur 99 % (ou 95 % ou 90 %) du potentiel de risque connu (sous réserve qu'il n'y ait pas de synergie entre les effets toxiques) ! Donc, dans la démarche de sélection des polluants pour une étude d'EQRS, ce qui est fondamental et qui doit absolument être interprétable en termes sanitaires c'est la méthode de calcul du score et non pas le choix du seuil de sélection.

Au total, si l'on choisit pour évaluer les risques de sélectionner des polluants dans l'ensemble de ceux qui sont émis, il faut que ce choix soit cohérent avec la finalité de l'étude. Cette cohérence doit être clairement explicitée. La méthode de sélection doit permettre d'interpréter son influence sur les résultats obtenus. L'interprétation doit figurer explicitement dans l'analyse des résultats. A priori la méthode consistant à croiser émission et toxicité est pertinente mais son application doit être bien maîtrisée par l'évaluateur pour qu'elle ait un sens. Les polluants n'ayant pas de VTR mais dont les effets sur la santé sont bien connus, comme les PM<sub>10</sub> ou le CO, ne doivent pas être inclus dans la démarche de sélection utilisant des VTR. Néanmoins, leur exclusion de l'étude reste problématique parce qu'ils sont généralement émis en quantités très supérieures aux autres (notamment dans les gaz de combustion quel que soit le combustible) et parce que leurs effets néfastes sur la santé sont attestés par de nombreuses études épidémiologiques. Selon l'InVS, l'utilisation des relations exposition risques issus des études épidémiologiques est possible si les expositions sont homogènes (en terme de composition du mélange) dans la zone étudiée. Des solutions sont donc envisageables, il est souhaitable de développer une réflexion approfondie sur ce sujet.

### *5.3.3 Sélection des VTR*

La sélection des VTR apparaît comme une problématique purement française. Aucune étude étrangère n'aborde cette question. Généralement elles utilisent les « Reference dose » ou les « slope factor » de l'U.S. EPA [Ma, 2002 ; Kao, 2007 ] sans justifier à priori ni discuter à posteriori la pertinence de ce choix. L'étude italienne ne précise pas l'origine des « VTR » utilisées. Elle ne donne pas non plus leurs valeurs numériques mais calcule néanmoins des « individual cancer risk » pour les cancérigènes (dioxines, As, Cd, HAP, Pb) et des « hazard quotient » pour les toxiques non cancérigènes (Sb, Cu, Cr total, HF, HCl Hg, Mn, Ni, V) [Morra, 2009]. Cette étude indique aussi que les NO<sub>x</sub>, le CO et les SO<sub>x</sub> influencent la morbidité mais ne dit pas comment cette influence est prise en compte. Seuls les résultats globaux des ERI et des QD sont présentés sous formes d'iso-risques sur une carte. La discussion n'aborde pas ce point non plus.

L'étude de Liebert sélectionne les VTR présentes dans les bases de données suivantes ITER (ATSDR + IRIS + Health Canada + NSF + IARC + RIVM), OMS, INERIS, INRS, OEHHA, [Liebert, 2005], à partir des critères de sélection suivants :

1. Préférence des données humaines sur les données animales ;

2. Adéquation entre les durées et les voies d'exposition des protocoles expérimentaux et celles de la population ;
3. Notoriété de l'organisme producteur,
4. Mise à jour récente de la VTR,
5. Transparence des résultats.

Après l'énoncé de ces critères, le rapport précise que dans le cas où plusieurs VTR existent pour une même molécule, un même effet et une même voie d'exposition, la VTR la plus conservatrice pour la santé est retenue. La procédure de sélection des VTR n'est pas discutée dans les incertitudes.

Dans l'étude d'Atiyeh, cette question n'est pas pertinente dans la mesure où il s'agit de faire l'inventaire des données et études existantes, il n'y a pas d'utilisation de VTR.

Les autres études françaises (S3PI) utilisent deux approches :

- 1) Choisir les VTR selon les recommandations de la circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risques sanitaires dans le cadre des études d'impact, complété par une priorité donnée aux VTR fondés sur des études chez l'homme et à la transparence de la dérivation [Fleurier, 2008a ; 2008b]. Il s'agit schématiquement de comparer la VTR de l'U.S. EPA, de l'ATSDR et de l'OMS et de choisir celle qui est la plus protectrice pour la santé humaine.
- 2) Choisir d'abord les VTR sélectionnées dans les documents : INERIS 2003<sup>19</sup>, 2006<sup>20</sup>, AFSSET, 2007<sup>21</sup>. Puis, dans les autres cas, le choix est réalisé en favorisant 3 organismes producteurs :U.S. EPA, ATSDR, OMS, la date d'élaboration ou de révision la plus récente, les VTR établies à partir d'études chez l'homme. Enfin, le document de l'INERIS 2007<sup>22</sup>, faisant le point sur les valeurs toxicologiques de référence était également consulté et les choix de VTR réalisés par l'INERIS ont été pris en compte [Smith, 2008].

La procédure de sélection des VTR utiliser dans chaque étude n'est pas discutée dans les incertitudes.

#### 5.3.4 Avis de VNC

On remarque que seules les études françaises s'intéressent à la question du choix des VTR<sup>23</sup>. L'explication pourrait être que la France n'est pas un pays producteur de VTR (malgré des tentatives éparées) comme peuvent l'être les USA, le Canada ou la Hollande ou un organisme international comme l'OMS. Il faut choisir un référentiel étranger faute de disposer d'un référentiel français. La question du choix est donc importante car les VTR des différents pays peuvent varier quantitativement de manière très importante pour un même polluant, une même durée et voie d'exposition. On observe, par ailleurs, que les études françaises emploient

---

<sup>19</sup> Ineris. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Evaluation de la relation dose réponse pour des effets cancérigènes : approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique-FET) et approche par mélanges. Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérigènes : valeurs toxicologiques de référence (VTR). Décembre 2003.

<sup>20</sup> Ineris. Analyse et construction des VTR pour le 1,2-dichloroéthane, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone et le chlorure de méthylène. Septembre 2006.

<sup>21</sup> Afsset. Valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le formaldéhyde. Juillet 2007.

<sup>22</sup> Ineris. Point sur les valeurs toxicologiques de référence (VTR). Juin 2007.

<sup>23</sup> La « Valeur Toxicologique de Référence » est un concept typiquement français formalisé pour la première fois en 2000 dans le guide de l'InVS « grille de lecture des études d'impact des ICPE » dans le but de disposer d'une appellation générique sous laquelle peuvent être regroupées les appellations nationales telles que : RfD, DJA, MRL, TDI, ADI, TI, RfC, TC, CA, TCA, SF, etc.(cf. glossaire)

des approches de sélection différentes, parfois peu transparentes et souvent ambiguës. L'ambiguïté est générée par le fait qu'on annonce plusieurs documents de référence comme par exemple la circulaire de la DGS et les rapports de l'INERIS mais que les rapports ne précisent jamais quel est l'arbitrage entre les deux procédures. Ce flou, soigneusement entretenu, nuit considérablement à l'objectivité de l'EQRS. Suivant les principes fondateurs, les critères de choix devraient être : transparence, actualité et validité scientifiques des données utilisées pour les construire. Sachant que chaque référentiel étranger est construit selon des critères de qualité scientifique et des critères relatifs aux modalités de gestion propre à chaque pays, sachant qu'en partant de la même étude princeps chaque référentiel peut aboutir à une VTR numériquement différente, aucune des études disponibles ne discute l'incertitude provoquée par le mélange, dans l'EQRS, de VTR d'origines différentes.

La Direction Générale de la Santé, autorité publique de référence en matière de santé publique en France, a rédigé une circulaire indiquant une procédure de sélection dans le but d'harmoniser les études d'impact présentées aux services de l'Etat déconcentrés pour obtenir l'autorisation d'exploiter une ICPE. Cette circulaire a le mérite d'exister, de ne pas prêter à interprétation (un seul critère décide de la VTR à retenir) et de fournir un cadre de référence opposable dans le contexte de l'autorisation administrative d'exploiter une ICPE.

D'autres approches peuvent également être formulées pour les situations qui ne relèvent pas du contexte ICPE. Mais les alternatives connues à l'approche codifiée par la DGS laissent encore une large place au jugement d'expert, autrement dit à des arguments qui ne sont pas toujours du registre scientifique. Par exemple, le document de l'INERIS daté de 2006 ne formalise pas une méthode de sélection des VTR mais plutôt un retour d'expérience sur la pratique de cet organisme. La volonté d'objectivité scientifique n'est pas affichée, mais plutôt une volonté de mutualisation des efforts parce que « *Un choix scientifique pleinement satisfaisant de VTR, a fortiori incontestable, paraît hors de portée du cadre d'une étude de type réglementaire usuelle. La même quantité de travail que celle actuellement dispersée, si elle était mutualisée et organisée permettrait des choix mieux argumentés....* » [INERIS, 2006]<sup>24</sup>. Il en va de même avec le document daté de 2009 où l'on ne fait que compiler des fiches construites à partir des documents de références des institutions étrangères, l'INERIS y rapporte les choix faits dans le cadre de prestations commerciales [INERIS, 2009]<sup>25</sup>. Cet inventaire de l'INERIS est un peu ce que fait le moteur de recherche « Furetox » mais sans la garantie d'actualisation régulière... Les documents de l'INERIS ont également le mérite d'exister mais pas celui de clarifier la question du choix des VTR. L'AFSSET a, depuis quelques années, développé une expertise en matière de construction de VTR pour les effets reprotoxiques<sup>26</sup> et pour les effets cancérigènes<sup>27</sup>. De plus à l'occasion de saisines spécifiques elle développe occasionnellement une procédure de choix de VTR pour ses besoins ponctuels<sup>28</sup>. Pourtant, une seule des EQRS présentés ici mentionne ces documents (sauf le dernier).

---

<sup>24</sup> Pratique INERIS de choix des valeurs toxicologiques de référence dans les évaluations de risques sanitaires. Rapport d'étude 21/03/2006. N°DRC-05-41113-ETSC/Ro1a ; 24 pages.

<sup>25</sup> Point sur les Valeurs Toxicologiques de Références (VTR) - mars 2009. Rapport d'étude 171/03/2009. N°DRC-08-94380-11776C ; 62 pages.

<sup>26</sup> AFSSET. Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les substances reprotoxiques. Méthode de construction de VTR fondées sur des effets toxiques pour la reproduction et le développement. Avis de l'Afsset. Rapport du groupe d'expert. Final. Maisons-Alfort: AFSSET; 2007a Avril. Auto-Saisine 2003/AS03. [http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/210401124823782117964751534907/VTR\\_rapport\\_afsset.pdf](http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/210401124823782117964751534907/VTR_rapport_afsset.pdf)

<sup>27</sup> AFSSET. Valeur Toxicologiques de Référence. Élaboration de VTR fondées sur les effets cancérigènes pour le chloroforme, le tétrachlorure de carbone et le 1,2-dichloroéthane. Avis de l'Afsset. Rapport d'expertise collective. Final. Maisons-Alfort: AFSSET; 2009a juin. [http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/060726131738880681431434857119/avis\\_afsset\\_VTR\\_cancerogene\\_juin09.pdf](http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/060726131738880681431434857119/avis_afsset_VTR_cancerogene_juin09.pdf)

<sup>28</sup> AFSSET. Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. Toxicité du formaldéhyde. État des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence. Avis de l'Afsset. Rapport d'expertise collective. Final. Maisons-Alfort: AFSSET; 2008a mai. Report No.: Saisine Afsset n° 2004/016. Disponible à : <http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/637553814598215183911039892564/afsset-formaldehyde-rapport1-vde-170708f.pdf>

Au total, un effort de standardisation sur les procédures de choix des VTR, dans les EQRS hors contexte d'une demande d'exploiter une ICPE, reste actuellement nécessaire pour tenir compte d'une part de l'évolution du contexte français par rapport aux prescriptions de la DGS (notamment la production de VTR par l'AFSSET) et d'autre part de la nécessité d'harmoniser le choix des VTR dans les ERS des études de zones qui ne sont pas forcément concernées par les procédures applicables aux ICPE.

### *5.3.5 Estimation des expositions (mesure ou modélisation ?)*

Toutes les études utilisent la modélisation pour estimer les expositions. Certaines mélangent la modélisation et des résultats de mesures de manière plus ou moins imbriquée et complexe. La plus simple de ces combinaisons mesure/modélisation est l'utilisation des résultats de mesures en sortie de cheminée pour caractériser les flux d'émission d'une source canalisée. Ils sont ensuite intégrés dans un modèle qui estimera les concentrations dans l'air et les flux de déposition particulaire au sol dans les zones habitées. On retrouve ce principe notamment dans les études françaises de l'Etang de Berre, de Fos-sur-mer, de Calais, de Dunkerque, de Port-Jérôme (etc.) mais aussi étrangères : incinérateurs taiwanais, district de Siaogang, Pékin, Vallée de la Pace.

D'autres estimations d'expositions sont basées uniquement sur des mesures de concentration dans l'air comme à Champlan, Lyon, Roussillon, Grenoble, Vincennes (eau et sol). Dans ce cas les sources sont moins bien définies mais l'exposition respiratoire est probablement plus proche de la réalité. Il est aussi plus difficile de connaître la contribution de chaque source à l'exposition finale et donc de définir les actions de réduction des émissions les plus pertinentes et/ou efficaces. Ici, la préoccupation est clairement de caractériser les impacts sanitaires avant même d'envisager de les réduire.

L'étude de Vincennes est à part (pollution historique du sol, incinérateur déchets hospitaliers, buanderie hospitalière, ligne THT). Le mélange des deux approches mesure / modélisation est plus imbriqué ou plus complètement abouti. Schématiquement, les mesures de concentrations de polluants dans les milieux ont été utilisées pour estimer les risques sanitaires et la modélisation des sources utilisées pour estimer la part attribuable à chacune d'entre elles. Ce n'est pas tout, puisque la modélisation a également permis de délimiter les zones à échantillonner. Il y a donc une optimisation de ce que les deux approches peuvent apporter en terme décisionnel et de comment elles se complètent l'une et l'autre.

Dans le mémoire d'Atiyeh [Atiyeh, 2002] il s'agit de dresser l'inventaire des données disponibles pour aboutir à la définition des meilleures modalités d'études d'impacts sanitaires, seules les données de mesure sont donc considérées. Cette approche ressemble à celle développée par l'ATSDR dans les « health consultation » et en préalable des « health impact assessment ». Dans l'étude de Ma [Ma, 2007] seule la modélisation peut répondre à la question que pose l'étude à moins d'imaginer qu'il soit possible de « marquer » les molécules dioxines et furannes s'échappant de chaque incinérateur afin de les retrouver par la mesure dans les aliments consommés à distance de l'incinérateur... Dans l'étude des centrales à charbon autour de Pékin [Hao, 2007] l'évaluation est faite a priori, c'est-à-dire avant la mise en œuvre des mesures dont on souhaite évaluer l'effet. Il n'y a donc pas d'alternative à la modélisation pour estimer les expositions. Enfin, dans l'étude du district de Siaogang [Kao, 2007], l'objectif étant de déterminer la contribution de différentes sources (non regroupées dans une zone géographique restreinte) aux expositions aux dioxines la modélisation est la seule approche possible.

### 5.3.6 Avis de VNC

Ce tour d'horizon, probablement incomplet, indique néanmoins clairement que le choix de la méthode d'estimation de l'exposition est principalement guidé par la finalité de l'étude. Il n'y a pas de concurrence en terme de qualité « absolue » entre les deux approches possibles (modélisation / mesure). La meilleure méthode est celle qui apporte les informations les plus pertinentes pour la ou les décisions à prendre.

Dans certains cas, la mesure de l'exposition n'est pas possible, notamment lorsqu'elle n'a pas encore lieu (étude préalable à l'implantation d'une installation, à la mise sur le marché d'un nouveau produit, au choix de différentes options réglementaires, etc.) ou lorsqu'elle n'est pas possible à mesurer (par exemple : transfert d'une zone géographique à une autre via les aliments).

Lorsque les décisions à prendre sont fondées sur le niveau des risques pour la santé et que les expositions ont effectivement lieu ou que les milieux environnementaux sont effectivement pollués, la mesure directe semble préférable. Ce choix suppose des moyens budgétaires plus importants que la modélisation. Il peut comporter un niveau d'incertitude non négligeable concernant la représentativité spatiale et surtout temporelle des mesures [Hazebrouck, 2007]. La représentativité d'un échantillon étant principalement liée au nombre de mesures effectuées, le budget financier alloué à l'estimation des expositions est une contrainte majeure pour le choix de la méthode.

Lorsque la ou les décisions à prendre portent sur les sources émettrices, la modélisation est de toute façon indispensable. Cela n'exclut en rien l'utilisation de données de mesures pouvant servir de données d'entrée dans les modèles ou alors, à l'autre bout de la chaîne, servir de vérification des résultats du modèle. Pour les données d'entrées, on utilise généralement des données existantes et pour la vérification des modèles, il faut des données spécifiquement produites dans cet objectif.

### 5.3.7 Accumulation des polluants

L'approche d'accumulation proposée dans l'étude de Ma [Ma, 2007] est novatrice et concerne une problématique de gestion rarement instruite en France à savoir : le transfert d'exposition d'une installation à l'autre dans un même type d'activité et à l'échelle d'un pays. L'étude montre que les transferts d'exposition aux dioxines entre les neuf plus gros incinérateurs taiwanais via les aliments végétaux, sont loin d'être négligeables puisqu'une installation fortement émettrice peut contribuer jusqu'à 88 % des expositions orales dans la zone d'influence d'une autre installation moins émettrice. Les auteurs indiquent dans la discussion que leur approche d'accumulation par transfert d'un incinérateur à l'autre améliore l'évaluation des risques et devrait toujours être employée pour les EQRS dans les pays où il existe un système complexe de production de transport et d'échange des produits alimentaires.

L'accumulation des expositions dans les études françaises concerne non pas un type d'activité industrielle donnée (comme les incinérateurs dans l'étude de Ma) mais plutôt une zone géographique multi sources d'émissions (Etang de Berre, Fos sur Mer, Champlan, Dunkerk,



Calais, Lyon, Grenoble, Roussillon, etc...). Dans ces études la question des transferts vers d'autres zones industrielles via les aliments n'est pas posée. Les études incluant les expositions par voie orale considèrent uniquement la production personnelle ou de proximité (voisins, amis) d'aliments végétaux (légumes, fruits) ou animaux (œuf, volaille, lait, viande) dans le cadre d'un jardin potager et d'un petit élevage domestique. Aucune étude n'aborde la question d'éventuels transferts vers d'autres lieux de consommation.

Pour la voie respiratoire, dans les études disponibles la question de l'accumulation des expositions réfère à la prise en compte ou non de la pollution de l'air indépendamment des émissions de la zone industrielle. Dans les deux études taiwanaises et l'étude italienne ce point n'est pas abordé. Dans les études où l'exposition est estimée à partir de mesures des polluants dans l'air [Atiyeh, 2006 ; Smith, 2008 ; Hao, 2008] la question du bruit de fond n'est pas pertinente puisque les résultats intègrent l'ensemble des sources sans qu'il soit possible de les dissocier.

Parmi les autres, seule l'étude réalisée pour la zone industrielle de Calais inclue les données du bruit de fond [Rouhan, 2006]. Le rapport complet n'est pas disponible. La méthode utilisée n'est que partiellement décrite dans le diaporama. Le bruit de fond semble être représenté soit par des résultats de surveillance de la qualité de l'air locale (NO<sub>x</sub>) soit par des données internationales (manganèse). Les résultats de cette étude montrent que l'exposition attribuable au bruit de fond est responsable du dépassement des valeurs repères de risque contrairement aux expositions attribuables à la zone industrielle. L'intérêt et les limites de l'intégration du bruit de fond dans l'EQRS ne sont pas discutés dans cette étude.

L'étude de Fos sur Mer intègre toutes les sources (industrielles, routières et maritimes) à l'exception des émissions des bâtiments. Une comparaison aux données des postes fixes de surveillance de la qualité de l'air (AIRFOPEB) permet de voir que la modélisation sous-estime clairement les expositions au NO<sub>2</sub> (facteur 3 à 80), au benzène et au PM<sub>10</sub> (facteur 40) et aux métaux (d'un facteur 2 pour le nickel jusqu'à 25 pour le plomb). Seule la modélisation du SO<sub>2</sub> donne des résultats comparables aux données du réseau de mesure sur trois des 6 stations (Port St Louis, Fos –Carabin et Fos sur Mer) avec une légère sous-estimation de l'ordre de 80 à 95 %. Les paramètres de modélisation ayant été ajustés pour que le SO<sub>2</sub> corresponde aux données de surveillance, cette bonne concordance n'est pas surprenante. Pour les trois autres stations (Port-de-Bouc Castillon, Lalèque, EDF), le SO<sub>2</sub> est sous-estimé d'un facteur trois à quatre. Néanmoins le bruit de fond n'est pas pris en considération lors du calcul des expositions. L'intérêt et les limites de l'intégration du bruit de fond dans l'EQRS ne sont pas discutés dans cette étude.

### 5.3.8 Avis de VNC

L'étude de Ma nous apprend, dans le cas d'une approche mono-industrie, qu'il serait intéressant de réfléchir à la manière de tenir compte des émissions d'un parc national d'installation et du potentiel d'expositions croisées (transfert via l'alimentation) pour fixer des limites d'émissions à cette catégorie d'installation. On peut également, à la place d'une activité industrielle, s'intéresser à un polluant et toutes les industries émettrices (comme les dioxines ou les HAP). Une telle approche n'aurait d'intérêt que pour les polluants s'accumulant dans les sols, les végétaux et les animaux. Cependant, une telle approche nécessiterait des données relativement complexes sur les échanges de production alimentaire d'une région à l'autre dans le contexte national.

Dans les autres études, la question des expositions attribuables au « bruit de fond » de pollution n'est pas clairement traitée. Elle est pourtant fondamentale pour évaluer les risques sanitaires. En effet, l'existence d'expositions sous jacentes dans la population générale peut modifier la capacité de cette population à supporter des expositions spécifiques. L'exposition au bruit de fond, avec l'existence de maladies chroniques<sup>29</sup>, sont les facteurs faisant varier la susceptibilité de manière très importante, à tel point, qu'ils rendent souvent impossible la définition d'un seuil sans effets en populations humaines [NRC, 2009]. Dans les zones industrielles historiques la participation des installations au bruit de fond est plus qu'une hypothèse mais elle est particulièrement difficile à quantifier. La difficulté réside dans la capacité à dissocier la contribution des différentes sources. Pour l'inhalation, dissocier la contribution des sources est possible, de même qu'il est très instructif de comparer la modélisation aux données de mesure. Cela relève néanmoins de travaux d'étude relativement complexes [Nedellec, 2010] qui ne sont pas toujours réalisables dans le cadre d'une étude de zone. Pour les sols, lorsque l'activité industrielle existe depuis plusieurs années, sauf à disposer de mesures faites avant la mise en exploitation, retrouver le niveau de pollution sans la contribution des sources industrielles n'est plus possible.

Sur ce point « prise en compte des co-expositions » un travail de codification des règles de décision semble donc nécessaire.

#### 5.3.9 Prise en compte des effets des cocktails de polluants ?

Dans les études dioxines spécifiques [Ma, 2002 ; Kao, 2006], le cocktail de polluants (dioxines et furannes) est pris en compte via la pondération des concentrations ou des expositions en « *toxic equivalent quantity* » (TEQ) aussi appelé « *toxic equivalent factor* » (TEF). Kao utilise les TEF de l'OTAN de 1988. Ma ne mentionne pas l'origine des TEQ utilisés. Cette pondération génère un résultat d'exposition exprimé en équivalent 2,3,7,8-TCDD, composé pour lequel on a dérivé les VTR.

Dans l'étude de Smith sur les trois zones multi-émettrices en France, le mélange de HAP est pris en compte selon les modalités décrites par l'INERIS en 2003<sup>30</sup>. Pour les effets cancérigènes, l'INERIS recommande l'utilisation de la dose virtuellement du RIVM (5 ng/kg/j pour un excès de risque de 10<sup>-6</sup>) convertie en ERU voie orale : 0,2 (mg/kg/j)<sup>-1</sup>) et l'ERU de l'OEHHA pour la voie respiratoire : 1,1 10<sup>-3</sup> (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>) appliqué aux expositions calculées au moyen des TEF de Nisbet et Lagoy en 1992 (en divisant la valeur du TEF du dibenz[a,h]anthracène par 5). Pour les effets non cancérigènes, l'INERIS rapporte les VTR de l'ATSDR (subchronique respiratoire et orale), de l'U.S. EPA (chronique respiratoire et orale) et du RIVM (chronique orale) pour huit HAP et laisse l'évaluateur choisir selon la durée et la voie d'exposition dans l'étude.

Globalement, dans les études françaises multi-polluants (autre que HAP et dioxines), la démarche préconisée par l'INERIS pour les ICPE est mise en œuvre. Concernant les effets non cancérigènes, les QD sont additionnés par organes ou systèmes cibles. Parfois, l'addition de tous les QD est effectuée indépendamment de l'organe ou du système cible. Dans tous les cas où des QD sont additionnés, seul l'organe cible de l'effet critique est considéré. De ce

<sup>29</sup> Schwartz J, Laden F, Zanobetti A. **The Concentration-Response Relation between PM2.5 and Daily Deaths.** Environmental Health Perspectives 2002;110(10).

<sup>30</sup> INERIS. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérigènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérigènes : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Verneuil en Alatte, rapport final, 18 décembre 2003 ; 64p.

point de vue, l'approche la plus poussée est celle présentée dans l'étude de Liebert en 2005 puisque l'ensemble des effets toxiques connus pour chaque polluant est présenté. Toutefois, on ne sait pas lequel est, parmi ceux-ci, l'effet correspondant à la VTR. De plus, cet inventaire n'est pas exploité dans l'étude puisque 11 toxiques respiratoires sont exclus de l'addition (sur les 21 identifiés). L'exclusion des 11 polluants, relativement importants comme le 1,3-butadiène, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde, le xylène, l'acide fluorhydrique, le vanadium, est due à un critère de sélection peu pertinent<sup>31</sup> (ratio flux /VTR < 100).

Dans toutes les études, l'éventualité d'interaction autres qu'additives (antagonismes, synergies et indépendance) n'est pas prise en compte.

Pour les effets cancérogènes les ERI sont sommés par organes ou systèmes cibles et, dans certaines études, sommés indépendamment de la cible.

### 5.3.10 Avis de VNC

La question de l'additivité des risques dans le cas des expositions à un ou des cocktails de polluants est des plus complexe. La recherche de solutions satisfaisantes pour estimer les effets a suscité la rédaction de cadres méthodologiques par différentes instances (par exemple ceux de l'U.S. EPA en 1986, 2000, 2002b, 2007). Ce questionnement récurrent interroge désormais le paradigme fondateur de l'EQRS qui sépare encore actuellement l'évaluation des risques cancérogènes génotoxiques des autres formes de toxicité [White, 2009].

En attendant, il semble opportun de codifier l'approche française en matière d'additivité des risques pour l'exposition aux cocktails de polluants car on ne peut plus laisser libre cours à des pratiques non interprétables au plan opérationnel sans porter un préjudice global à la démarche d'EQRS. VNC propose que les études de zones industrielles n'excluent aucun polluant (pas de sélection des traceurs de risques) dont on connaît la VTR et les émissions et que les RD des polluants ayant plus d'un effet toxique possible (virtuellement tous les polluants sont dans cette situation) soient additionnés comme les ERI des cancérogènes. Les sommes de ratio de dangers (SRD) et les sommes d'excès de risques individuels (SERI) représenteraient les « excès de risques » liés aux cocktails de polluants. Cela n'interdit pas de faire également des regroupements de RD en fonction de l'organe ou du système cible afin de procurer une information ayant une autre valeur décisionnelle (comme par exemple comparer les résultats de l'EQRS à l'incidence des maladies dans la région concernée cf. Smith, ). De même, les RD de chaque polluant sont intéressants d'un point de vue opérationnel pour identifier d'éventuelles mesures techniques de correction des émissions. Ici apparaît clairement la nécessité d'adapter la méthode d'accumulation des risques en fonction des objectifs de l'étude.

### 5.3.11 Différences méthodologiques entre EQRS de zone et EQRS d'ICPE

La comparaison entre les méthodes utilisées pour l'EQRS de zone et les méthodes utilisées pour les EQRS d'une seule installation n'est jamais abordée dans les études disponibles. Ce sous-chapitre présente donc uniquement les avis de VNC sur les différents points comparés.

---

<sup>31</sup> Cf. chapitre 5.3.1 Sélections des agents dangereux

### 5.3.11.1 Sélection des polluants

La sélection des polluants dans les études étrangères n'est pas abordée en tant que telle. Généralement le ou les polluants choisis font partie de l'objectif (étude dioxines à Tawain, étude PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO à Pékin). L'étude italienne présente la liste de polluants émis par sources (Incinérateur, décharge, centrale d'enrobage, routes) mais n'indique pas comment il ont été sélectionnés.

Dans les études françaises, trois sources d'information peuvent être utilisées pour identifier les polluants émis par les sources : i) Les polluants visés par les VLE réglementaires des ICPE [Smith, 2008] ; ii) les mesures de polluants dans les émissaires des installations présente sur la zone étudiée [Fleurier 2008a, 2008b, Liebert, 2005] ; iii) les polluants mesurées dans l'air par les stations de surveillance de la qualité de l'air [Atiyeh 2006]. Sur ce point, la spécificité des EQRS de zone est de pouvoir disposer de données métrologiques. En effet, les installations présentes dans les zones industrielles françaises sont très souvent des ICPE et font l'objet de contrôle visant à garantir le respect des valeurs limites d'émission (VLE) auxquelles elles sont soumises. Ces données de contrôle, ne sont théoriquement pas disponibles pour les EQRS d'ICPE parce que l'installation, objet de l'étude, n'existe pas encore. Néanmoins, certains industriels utilisent des données issues de mesures sur des installations semblables en activité qu'ils possèdent ailleurs. L'EQRS de zone ayant le plus complètement documenté et utilisé les données de mesures aux sources pour la sélection des polluants est celle de Fleurier (2008a).

Une autre spécificité des études de zones du point de vue sélection des polluants est qu'ils ne sont pas forcément émis par toutes les sources. Par exemple dans l'étude de Liebert (Limoges) pour représenter les risques cancérigènes le benzène est sélectionné. Il affiche pourtant un score (émission × VTR) inférieur à celui du trichloréthylène. Le trichloréthylène a été exclu parce qu'une seule des 5 sources incluses dans l'étude est émettrice. Il apparaît donc important que la sélection des polluants dans une EQRS de zone soit cohérente avec l'objectif. Dans le cas des ICPE, l'objectif est toujours le même donc la procédure de sélection est standardisée. Dans le cas des études de zone, les objectifs peuvent être variables aussi il est recommandé de formaliser une procédure de sélection des polluants à inclure dans l'étude par type d'objectif.

### 5.3.11.2 Définition de la zone d'étude

Dans les études étrangères la zone d'étude est principalement définie par l'objectif [Ma, 2002], par les inquiétudes sanitaires suspectées par les auteurs [Kao, 2007 ; Morra, 2009] ou par les autorités publiques [Hao, 2007]. Il n'y a pas de différence fondamentale sur ce point entre étude de zone et étude d'une seule installation.

Dans les études françaises, la définition de la zone d'étude est réalisée selon la démarche préconisée par l'INERIS pour les EQRS d'ICPE. Sur ce point il n'y a donc aucune différence entre étude de zone et étude d'ICPE.

Un mémoire d'étudiant de l'EHESP aborde néanmoins cette question en détail [Masson, 2004]. Une recherche dans la littérature et des interviews de personnes ressources ont permis d'identifier les critères devant être pris en compte. En résumé la zone d'étude doit tenir

compte : i) de l'étendue prévue ou connue des contaminations environnementales, ii) de l'emplacement des zones de populations (sensibles ou non) par rapport aux sources d'émissions, iii) de l'objectif de l'étude. La conclusion rappelle également qu'il est important de joindre la population à la définition de la zone à étudier surtout dans un contexte de crise.

#### 5.3.11.3 Identification des dangers et caractérisation des relations dose réponse

Dans les EQRS de zones disponibles, les deux étapes « identification des dangers » et « caractérisation des relations dose réponse » n'ont pas fait l'objet d'une approche spécifique par rapport à l'approche couramment employée pour les EQRS d'ICPE.

En résumé chaque polluant est traité individuellement dans ces deux étapes. Le danger est représenté par l'effet critique pour lequel une VTR a été établi. La relation dose réponse est représentée par la VTR. Les VTR sont recherchées pour les expositions orales, respiratoires, chroniques, aiguës et pour les effets cancérogènes et les effets non cancérogènes. Un même polluant peut donc théoriquement disposer de 6 VTR (il n'y a pas de VTR aiguës pour les effets cancérogènes).

#### 5.3.11.4 Addition des risques liés aux cocktails de polluants

Dans les EQRS de zone, les risques ont été additionnés en respectant les catégories cancérogènes et non cancérogènes. Aucune autre possibilité que l'addition n'a été envisagée (synergie, antagonisme, indépendance). Les études disponibles ont globalement mis en œuvre les préconisations de l'INERIS pour les EQRS d'ICPE.

Pour les effets non cancérogènes, les EQRS calculent le rapport entre la DJE ou la CJE et la VTR de chaque polluants. Le résultat est appelé QD (Quotient de Danger) ou IR (Indice de Risque). Les effets du cocktail de polluants sont estimés en sommant les QD ou IR. Cette somme peut-être réalisée en regroupant les polluants selon le système ou l'organe cible de la toxicité [Fleurier, 2008a,b ; Rouhan, 2005 ; Liebert, 2005]. Deux EQRS de zone ont ensuite réalisé une somme indépendamment des cibles toxicologiques [Fleurier, 2008a,b]. Enfin, l'étude italienne n'a pas réalisé les sommes intermédiaires mais une somme toutes cibles toxicologiques et toutes voies d'exposition (orale et respiratoire) [Mora, 2009].

Pour les effets cancérogènes, les études calculent des ERI en multipliant la DJE ou la CJE par la VTR. Les effets du cocktail de polluants sont estimés en sommant les ERI. Cette somme peut-être réalisée en regroupant les polluants selon le système ou l'organe cible [Liebert, 2005]. Trois EQRS de zone ont ensuite réalisé une somme indépendamment des organes cibles [Liebert, 2005 ; Fleurier, 2008a,b]. Enfin, plusieurs études ont sommé les ERI indépendamment du tissu ou de l'organe cible et de la voie d'exposition [Ma, 2002, Fleurier, 2008b ; Rouhan, 2005 ; Kao 2007 ; Mora, 2009].

Un tableau de synthèse permet de visualiser la grande diversité des combinaison d'addition des risques utilisées par les différentes études de zones disponibles. Cette disparité reflète un manque évident de lignes directrices indiquant clairement les conditions d'application et/ou un flou quant à l'intérêt des sommes de risques et ou de leur interprétation.

**Tableau 3** : Les différentes combinaisons d'addition des risques utilisées dans les études disponibles

Etude	Localisation	Somme DJE ou CJE	SQD par organe cible	SQD toutes cibles	SQD toutes cibles et voie d'expo	SERI par organe cible	SERI toutes cibles	SERI toutes cibles et voie d'expo	Calcul d'impact (nbr de cas)
Ma, 2002	Taiwan, toute l'île	oui	np	np	np	np	np	oui	non
Hao, 2007	Chine, Pekin	np	np	np	np	np	np	np	np
Atiyeh, 2006	France, Etang de Berre	np	np	np	np	np	np	np	np
Smith, 2008	France 3 zones multi	non	non	non	non	non	non	non	oui
Fleurier 2008a	France, Etang de Berre	non	oui	oui	non	non	oui	non	non
Fleurier 2008b	France, Fos sur Mer	non	oui	oui	non	non	oui	oui	non
Rouhan, 2005	France, Dunkerque	non	oui	non	non	non	non	oui	non
Kao, 2007	Taiwan, Siaogang	non	np	np	np	np	np	oui	non
Morra, 2009	Italy, Pace valley	non	non	non	oui	non	non	oui	non
Hazebrouck, 2007	France, Vincennes	non	?	?	?	?	?	?	?
Liebert, 2005	France, Limoges	non	oui	non	non	oui	oui	non	

DJE : Dose Journalière d'Exposition.

CJE : Concentration Journalière d'Exposition.

SQD : Somme des Quotients de Danger.

SERI : Somme des Excès de Risque Individuel.

« np » : non pertinent.

## **5.4 Synthèse**

La synthèse des lignes méthodologiques des EQRS pour les études de zone est présentée sous forme de tableau. Elle concerne les 13 études sélectionnées au chapitre précédent.

**Tableau 4 : synthèse des aspects méthodologiques dans les études de zones industrielles**

Etude	Typologie source	Sources	Rejets	Zonne d'étude (superficie)	voie d'exposition	mesure ou modélisation	Méthode de sélection des polluants	Polluants inclus dans l'ERS	choix des VTR	Accumulation
Ma, 2002	mono-industrie	incinérateurs déchets ménagers	Air	Taiwan, incinérateurs zone de 8x8km <sup>9</sup>	Ingestion multi média	Modélisation (ISCST3) + U.S. EPA HHRAP	NR	Dioxines I-TEQ	slope factor U.S. EPA sans argumentaire	Transfert entre zone géographique
Hao, 2007	mono-industrie	centrale électrique charbon	Air	Pékin + 10 district (16816km <sup>2</sup> )	Respiratoire	Modélisation Calmet/calpuff	Polluants visés par les limites d'émissions	PM10, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , nitrate, sulfate	Intake fraction	Intake fraction
Atiyeh, 2006	Multi-industrie	Sidérurgie, raffinage, chimie et pétrochimie, aéronautique, centrale électrique thermique, chimie minérale, incinération déchets ménagers, peinture et vernis	Air	Etang de Berre (NP)	Indéterminé	Modélisation et Analyses des données de qualité des environnements	Principaux polluants mesurés dans l'air	PM, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , COV, As, Cd, Ni, Pb, HAP, benzène	NP	Epidémiologie
Smith, 2008	Multi-industrie	Lyon : plastique, chimie inorganique, raffinage, caoutchouc, savons et détergents, matériel électrique et gaz industriel. Grenoble : chimie inorganique, peinture et vernis, traitement de déchets dangereux. Roussillon : chimie inorganique et traitement de déchets dangereux.	Air	3 zones industrielles : Lyon, Grenoble, Roussillon	inhalation	Campagne de mesure atmosphérique	Arrêtés ICPE du 02/02/98 et du 24/12/02 ou déclaration d'émission + VTR par inhalation	12 COV chlorés, 5 COV précurseurs de l'ozone, 2 aldéhydes, 4 métaux lourds et 15 HAP	priorité aux VTR INERIS ou AFSSET puis VTR de l'OMS, de l'U.S. EPA, de l'ATSDR (la plus actuelle ou établie chez l'homme)	Non car recherche des polluants prioritaires. Mais calcul de l'impact sanitaire total des cancérigènes
Fleurier 2008a	Multi-industrie	Raffinerie, chimie organique UCB et UCA : plastiques, caoutchouc, additifs carburants, autres	Air	Etang de Berre (Caré centré sur la zone émettrice : 10x10km)	Inhalation et ingestion multimédia	Modélisation atmosphérique ADMS4. Transferts sol aliment équations simplifiés de HHRAP	Polluant mesurés dans les 669 points de rejets des sites UCA et UCB	15 COV et 14 métaux (As, Sb, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, V, Zi)	Circulaire DGS + priorité aux études chez l'homme, transparence de l'évaluation	Oui au niveau des effets. Somme des ERI et somme des QD par organe ou système cible et somme totale
Fleurier 2008b	Multi-industrie	Rafinage (4), Chimie et pétrochimie (6), Sidérurgie (2), Traitement de surface (1), Traitement de déchets (1) Centrale thermique (4) Stockage de produits pétrolier (6) Peinture et vernis (1). Industrie minérale (5). Trafic routier et maritime	Air	Foss sur Mer (Défini selon critère INERIS 1/10 de la concentration max en SO <sub>2</sub> = 22x22km)	Inhalation et ingestion multimédia	Modélisation atmosphérique ADMS4. Transferts sol aliment équations simplifiés de HHRAP	Partant d'inventaire des polluants déclaré par industriels, calcul du Ratio flux/VTR ou flux * VTR, sélection des polluants : ratio > 1% du ratio max	Inhalation NK : 11 sur 56. Ingestion NK : 10 sur 13. Inhalation K : 17 sur 22. Ingestion K : 4 sur 4. Soit un total de 29 polluants	Circulaire DGS + priorité aux études chez l'homme, transparence de l'évaluation	Oui au niveau des effets. Somme des ERI et somme des QD par organe ou système cible et somme totale
Kao, 2007	zone de population	Incinérateurs de déchets ménagers, industriels et hospitaliers, haut fourneaux électriques, agrégation de minerais de fer, raffinerie de charbon, fonderie d'aluminium secondaire	Air	District de Siaogang (environ 10x10km)	Inhalation et ingestion multimédia	Modélisation (ISCST3) + U.S. EPA HHRAP	NR	Dioxines I-TEQ	slope factor U.S. EPA sans argumentaire	oui toute voie d'exposition



**Tableau 3 suite : synthèse des aspects méthodologiques dans les études de zones industrielles**

Etude	Typologie source	Sources	Rejets	Zone d'étude (superficie)	voie d'exposition	mesure ou modélisation	Méthode de sélection des polluants	Polluants inclus dans l'ERS	choix des VTR	Accumulation
Morra, 2009	zone de population	Incinérateur et centre de stockage déchets ménagers, mélanges bitumineux, 3 routes principales	air, sol, eaux	Italie, vallée Pace (2,5x3km)	Voie respiratoire et Voie orale multi média	Modélisation multiple + une analyse des eaux brutes	Ceux mesurer pour le contrôle des émissions (incinérateur, centrale à bitume)	Cancérogène : dioxines, Pb, Cd, As, HAP. Non cancérogène : Pb, Cu, Mn, Ni, HF, HCl, Cd, Sb, V, As. Mortalité PM, SO2, NOx, CO	Non présenté	oui toute voie d'exposition par type d'effet
Hazebrouck, 2007	zone de population	Site Kodak et incinérateur déchets hospitaliers	air, sol, eaux	Ecole maternelle et quartier sud Vincennes	Voie orale et respiratoire	Site Kodak campagne d'échantillonnage air sol eaux. Incinérateur modélisation	Selon activité du site Kodak	métaux, alcool, cétones, aldéhydes, hydrocarbures, solvants chlorés	NR	?
Liebert, 2005	zone de population	Incinération déchets ménagers, fonderie de cuivre, alliages pyrométallurgique, et fabrication de métaux de friction	air	Zone nord de Limoges (NR)	Voie respiratoire	Modélisations (modèles non précisé)	Effet NK : IH le plus élevé (chrome) + tous les toxiques respiratoires. Cancérogène : score le plus élevé + les cancérogènes sanguin + tous les cancérogène avec IH > 10 <sup>5</sup>	Effet NK respiratoire : SO2, NO2, HCl, Sb, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Formaldéhyde. Cancérogène : Trichloréthylène, Benzène, Formaldéhyde, Pb, Ni, Cd, As, Cr	NR	Pour les NK par organe cible, pour les K par organe cible et globale

IH : Indice de Hiérarchisation

NR : Non Renseigné

NK : Non cancérogène

## 6 CONCLUSION

Cet état des connaissances sur les pratiques d'évaluation des risques pour les zones industrielles initialement orientées vers les études internationales (cf. cahier des charges du HCSP) a finalement inclus des études françaises. En effet, les EQRS étrangères concernant des zones industrielles sont très peu nombreuses. C'est le premier enseignement de ce rapport. Les zones à fortes concentrations d'industries mono ou multi activités sont-elles une spécificité française ? L'utilisation de l'EQRS pour connaître les impacts sanitaires des zones industrielles est-elle une particularité nationale ? La synthèse réalisée ici n'avait pas pour but de répondre à ces questions, elles restent donc entières. Néanmoins, si la réponse à la première question semble évidemment négative, la seconde prend alors une importance fondamentale. Sur la base de quelles connaissances gèrent-on les risques sanitaires liés aux zones industrielles à l'étranger ? Le travail de l'INERIS a partiellement répondu à cette question notamment dans le cadre des demandes d'autorisation d'exploiter les ICPE [INERIS, 2006]. Il en ressort qu'en dehors de la France, le recours à l'EQRS n'est pas systématique dans les autres pays l'OCDE. En systématisant cet usage, la France serait donc en avance sur les autres pays. Pour que cette avance serve tous les intérêts en jeu (santé des populations et compétitivité des industries) il semble important de construire un cadre formel précis, clair et opérationnel.

Deux éléments apparaissent dominants dans la formalisation de ce cadre. Le premier est la définition explicite des finalités de l'EQRS d'une zone industrielle. On entend ici par finalité non pas les objectifs de l'étude mais le cadre décisionnel pour lequel l'étude doit fournir des informations. Par exemple, dans les demandes d'autorisation d'exploiter une ICPE, le cadre décisionnel est connu de tous : il s'agit de savoir si l'administration peut, au regard des impacts sanitaires potentiels de la future installation, autoriser son exploitation. Dans le cas des études de zones, ce à quoi serviront les résultats de l'EQRS n'est pratiquement jamais explicité. Veut-on connaître les niveaux de risques pour prendre des décisions de protection de la santé ? Doit-on prendre une décision limitant certains rejets atmosphériques ? Doit-on savoir s'il est possible d'implanter une nouvelle installation ? Un projet de nouvelle infrastructure est-il en cours d'instruction (voie de circulation, hôpital, crèche, maison de retraite, zone pavillonnaire, etc.) ? Une surveillance environnementale des expositions est-elle envisagée (voire en cours) ? Ne pas expliciter le cadre décisionnel dans lequel s'inscrit l'EQRS génère des difficultés pour le choix des matériels et méthodes et pour l'interprétation des résultats. Il est donc fortement recommandé de ne pas réaliser une EQRS de zone sans que le cadre décisionnel n'ait été formellement explicité.

Le second élément saillant est la nécessité d'impliquer les parties prenantes dans la définition du cahier des charges de l'étude. C'est bien souvent la population concernée par les risques qui est absente de cette étape. En revanche, on n'imagine pas en exclure les industriels. Il s'agit donc de reconnaître aujourd'hui que la présence de représentant direct de la population au moment de la formulation du cahier des charges de l'EQRS est fondamentale pour que les résultats de l'étude soient compris et appropriés.

Concernant le cadre conceptuel de l'EQRS pour les études de zone, l'examen des études disponibles aujourd'hui montre que certains aspects devraient être codifiés en priorité de manière à harmoniser les pratiques mais surtout de manière à rendre les résultats des EQRS plus opérationnels :

- ◆ Définir les contextes décisionnels pour lesquels une EQRS peut apporter des réponses.

- ◆ Préciser les sources d'informations valides pour l'inventaire des substances rejetées dans les milieux.
- ◆ Décrire les conditions de sélection des « traceurs de risques » et les méthodes appropriées.
- ◆ Lister les référentiels de VTR et les critères de sélection lorsqu'un choix est possible ?
- ◆ Définir les conditions de prise en compte du bruit de fond de pollution des milieux (air, eau, sol, aliments), la méthode, l'interprétation des résultats.
- ◆ Définir les conditions de prise en compte de santé de la population, la méthode, l'interprétation des résultats.

## 7 BIBLIOGRAPHIE

- Atiyeh A. Impact sanitaire de la pollution atmosphérique industrielle sur la zone de Fos - Etang de Berre. Mémoire ENSP d'Ingénieur du Génie sanitaire. ENSP, 2006, 53p.
- Atmo Rhône-Alpes. Qualité de l'air et Santé, 3 zones « à la loupe » 2006-2007. Étude de 85 polluants atmosphériques sur 3 zones d'activités multi-émettrices de la région Rhône-Alpes en vue d'une évaluation des risques sanitaires, volet : « Qualité de l'air ». Etude financée par la DRASS Rhône-Alpes. Atmo Rhône-Alpes, ASCOPORG, COPARLY, sup'Air, 1<sup>er</sup> trimestre 2009, 110p.
- ATSDR. A citizen's Guide to risk assessments and public health assessments at contaminated sites (non daté).
- ATSDR. Guidance for ATSDR Health studies, April 1996.
- ATSDR. Health Consultation. 1529 west Lasalle street site property Tampa, Hillsborough county, Florida EPA Facility ID: FLT060077807. April 3, 2007c ; 49p.
- ATSDR. Health Consultation. Air Contamination at the Eastern Michaud Flats Contamination Bannock County, Idaho; Power County, Idaho; Fort Hall Indian Reservation CERCLIS NO. IDD984666610 ; 2000, 100p.
- ATSDR. Health Consultation. APAC Carolina Inc. And associated Asphalt Inc. Jake Alexander Bld Salisbury, Rowan County, North Carolina 28144 EPA Facility ID NCD095458204, February 17, 2007b ; 49p.
- ATSDR. Preliminary Public Health Assessment. Nutmeg Valley, road Wolcott, New Haven county, Connecticut. 1990, 19p.
- ATSDR. Public Health Assessment Guidance Manuel (Méthode pour évaluer les conséquences sanitaires d'une pollution environnementale), non daté.
- ATSDR. Public health assessment. Bunker Hill mining and metallurgical complex operable unit 3 (a/k/a Cœur d'alene river basin). Kootenai and Shoshone counties, Idaho Westward to Spokane and Stevens counties, Washington. EPA FACILITY ID: IDD048340921. March 26, 2007a ; 341p.
- ATSDR. Studies on Chemical Releases in the Great Lakes Region. December 2008 ; 14p.
- BEH du 27 février 2007 n°7-8. Numéro thématique - Cancers pédiatriques à Vincennes : quelles leçons tirer ? 12p.
- El-Fadel M, Abi-Esber L, Ayash T. Managing emissions from highly industrialized areas: Regulatory compliance under uncertainty. *Atmospheric Environment* 2009;43(32):5015-5026.
- Étude sur l'impact des rejets industriels chroniques sur la santé des populations de l'agglomération dunkerquoise. ARIA, LITWIN, CAREPS. diaporama 31 diapositives.
- Fleurier N. Evaluation des risques sanitaire dans la zone industrielle de Fos-sur-mer dans les Bouches du Rhône. BURGEAP, 2008a ; 661p.
- Fleurier N. Mise à jour de l'étude sanitaire sur la base des projections d'émission de benzène et butadiène en juillet 2008. Site SHELL de Berre l'Etang (13). BURGEAP, 2008b ; 223p.
- Gheorghe AV, Mock R, W. K. Risk assessment of regional systems. *Reliability Engineering & System Safety* 2000;70(2):141-156.
- Hao J, Wang L, Shen M, Li L, Hu J. Air quality impacts of power plant emissions in Beijing. *Environmental Pollution* 2007;147(2):401-408.
- INERIS. Estimation de l'impact des rejets des installations industrielles et utilisation de l'évaluation des risques à l'étranger. Rapport d'étude n° 76413/197, 12/11/2006 ; 44p.
- Joly F, Dugay F, Ghersi V, Lameloise P. Cartographie fine de la pollution atmosphérique et identification de la contribution des différentes sources. *Environnement, risques & santé* 2009;8(3):203-211.
- Kao WY, Ma HW, Wang LC, Chang-Chien GP. Site-specific health risk assessment of dioxins and furans in an industrial region with numerous emission sources. *J Hazard Mater.* 2007;145(3):471-81. Epub 2006 Nov 30.
- Le Moal J. Installations classées pour la protection de l'environnement : la dimension sanitaire. Etude de cas sur la zone industrielle de Mitry-Compans, en Seine-et-Marne. Mémoire ENSP de Médecin Inspecteur de Santé Publique. ENSP, 1998, 170 p.
- Leyris C., Suarez J., Pradelle F., Pesin C. Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques émis par les activités industrielles de la zone de Lacq. Enquête populationnelle. BURGEAP, NUMTECH, 6p.
- Liebert A. Faisabilité d'une méthode d'analyse de risques cumulés sur un secteur géographique donné : exemple de la zone industrielle Nord de la ville de Limoges (87). ENSP, 2005, 64p.

- Ma HW, Lai YL, Chan CC. Transfer of dioxin risk between nine major municipal waste incinerators in Taiwan. *Environ Int.* 2002;28(1-2):103-10.
- Masson N. Délimitation de la zone d'étude autour de sites industriels. État des lieux et propositions. Mémoire ENSP d'Ingénieur du Génie sanitaire. ENSP, 2004 ; 52 p.
- Meneses M, Schuhmacher M, Domingo JL. Health risk assessment of emissions of dioxins and furans from a municipal waste incinerator: comparison with other emission sources. *Environ Int.* 2004;30(4):481-9.
- Merckel O, Azoulay A, Letertre T. Caractérisation de l'exposition aux champs magnétiques basses fréquences dans la commune de Champlan. *Environnement, risques & santé* 2009;8(3):237-244.
- Morra P, Lisi R, Spadoni G, Maschio G. The assessment of human health impact caused by industrial and civil activities in the Pace Valley of Messina. *Science of the total environment* 2009;407(12):3712-3720.
- Nedellec V., Lagache R., Guillaume B., Lioussé C. Jeannée N., Mosqueron L. Desqueyroux H. Effets des normes Euro IV et V sur la réduction des impacts sanitaires du trafic routier urbain en France. II : Estimation de la part attribuable au trafic routier dans les concentrations atmosphériques de NO<sub>2</sub> et de PM<sub>10</sub>. *Environnement Risques & Santé*, 2010 : 9 (1) ; 39-50.
- NRC. Toxicity Testing in the 21st Century: A Vision and a Strategy. National Research Council, Committee on Toxicity Testing and Assessment of Environmental Agents, National Academy of Science, Washington, DC: National Academy of Sciences; 2007; 216p. (ISBN: 978-0-309-10988-8)
- NRC. Science and decisions. Advancing Risk Assessment. Washington DC.: National Research Council, Committee on Improving Risk Analysis Approaches Used by the U.S. EPA. Board on Environmental Studies and Toxicology. Division on earth and Life Studies, The National Academies Press; 2009; 403p. (ISBN-13 : 978-0-309-12047-0)
- Pernelet-Joly V, LeNir G, Perrussel O, Marfaing H, Kauffmann A. Mesure de l'exposition individuelle d'un groupe de Franciliens à trois polluants atmosphériques durant deux journées : participation de Champlanais et positionnement des résultats les concernant. *Environnement, risques & santé* 2009;8(3):213-225.
- Picque A. La démarche participative du programme d'études sur Champlan : bilan et perspectives d'acteurs. *Environnement, risques & santé* 2009;8(3):197-202.
- Rouhan A. Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques industrielles de la ZI de Dunkerque. CAREPS ; 28 avril 2005
- Rouhan A. Evaluation des risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques des installations de la zone industrielle de Calais (62). CAREPS ; 27 avril 2006 (diaporama 25 diapositive).
- Sabastia C., Abart B., Baricheff D. Recensement des émissions. Etude de dispersion des rejets industriels du Calais. LITWIN, ARIA technologie ; 27 avril 2006 (diaporama : 39 diapositives).
- Sabastia C., Ricolleau L. Etude de la dispersion atmosphérique des rejets de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et HC liées aux Ferries en escale dans le port de Calais. ARIA, rapport d'étude 2006-016 ; 93p.
- Salomon D, Legout C. Comment qualifier les inquiétudes sanitaires des habitants de Champlan ? *Environnement, risques & santé* 2009b;8(3):253-258.
- Salomon D. Santé environnementale et territoires : les inquiétudes sanitaires des habitants de Champlan. *Environnement, risques & santé* 2009a;8(3):245-251.
- Santé Canada. Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation. Rejets des fonderies de cuivre de première et deuxième fusion et des affineries de cuivre. Rejets des fonderies de zinc de première et deuxième fusion et des affineries de zinc. 2001 ; 181p.
- Schmitt M. Evaluation des risques sanitaires associés à l'inhalation de composés organiques volatiles, métaux lourds et hydrocarbures aromatiques polycycliques autour de 3 zones multi-émettrices en Rhône-Alpes. In VS, DRASS et CIRE Rhône-Alpes Décembre 2008, p88.
- Thibier E. Exposition de la population au bruit de l'environnement : le cas particulier de la commune de Champlan. *Environnement, risques & santé* 2009;8(3):227-236.
- U.S. EPA. Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures EPA/630/R-98/002 September 1986 ; 387p.
- U.S. EPA. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. EPA/630/R-00/002, August 2000 ; 209p.
- U.S. EPA. Lessons Learned on Planning and Scoping for Environmental Risk Assessments. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, January 2002a ; 72p.

- U.S. EPA. Guidance on Cumulative Risk Assessment of Pesticide Chemicals That Have a Common Mechanism of Toxicity . U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, January 2002b ; 90p.
- U.S. EPA. Concepts, Methods and Data Sources for Cumulative Health Risk Assessment of Multiple Chemicals, Exposures and Effects: A Resource Document. EPA/600/R-06/013F August 2007 ; 412p.
- Xu L, Liu G. The study of a method of regional environmental risk assessment. J Environ Manage. 2009;90(11):3290-6. Epub 2009 Jun 13.
- White RH, Cote, Zeise L, Fox M, Dominici F, Burke TA, White PD, Hattis DB, Samet JM. State-of-the-science workshop report : issues and approaches in low dose-response extrapolation for environmental health risk assessment. Environmental Health Perspectives, 2009, 117 ; 283-287

## 8 GLOSSAIRE

**Agent (ou substance) dangereux :** agent (physique, chimique ou biologique) capable de provoquer un effet indésirable (jugé grave et/ou irréversible) pour la santé.

**Benchmark Concentration :** c'est la concentration dans l'air produisant une augmentation de fréquence ou de la sévérité particulière de 1,5 à 10 % d'un effet critique\* donné. Elle est établie en modélisant un ou plusieurs jeux de données expérimentales ou d'observation chez l'animal ou chez l'homme. Ce nouveau concept en toxicologie est destiné à remplacer le LOAEL\*. Il permet une meilleure utilisation de l'ensemble des résultats d'études animales ou humaines mais suppose toujours l'utilisation de Facteurs d'Incertitudes.

**Benchmark Dose :** Etablie en modélisant un ou plusieurs jeux de données expérimentales ou d'observation chez l'animal ou chez l'homme c'est la dose journalière produisant une augmentation de fréquence ou de la sévérité particulière de 1,5 à 10 % d'un effet critique\* donné. Ce nouveau concept en toxicologie est destiné à remplacer le LOAEL\*. Il permet une meilleure utilisation de l'ensemble des résultats d'études animales ou humaines mais suppose toujours l'utilisation de Facteurs d'Incertitudes

**CA :** la Concentration Admissible dans l'Air est la Valeur Toxicologique de Référence (VTR\*) utilisée pour les effets toxiques non cancérogènes quand l'exposition a lieu par voie respiratoire. Elle s'exprime généralement en  $\text{mg}/\text{m}^3$  ou en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (milligramme ou microgramme de substance chimique par mètre cube d'air ambiant). La CAA définit pour une durée d'exposition spécifiée la teneur maximale théorique de l'air ambiant en agent toxique qu'un individu, issu d'un groupe sensible ou non, peut inhaler quotidiennement sans que survienne un effet nuisible à sa santé.

**Danger :** événement de santé indésirable tel qu'une maladie, un traumatisme, un handicap, un décès. Par extension, le danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique, lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique.

**Dose :** quantité d'agents dangereux mise en contact avec l'organisme. Elle s'exprime en poids d'agent dangereux par kilo de poids corporel et par jour. A défaut de précision, la dose est externe ou administrée.

**DJA :** la Dose Journalière Admissible est la valeur toxicologique de référence utilisée pour les effets toxiques non cancérogènes quand l'exposition a lieu par voie orale ou cutanée. Elle s'exprime généralement en  $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}$  (milligramme de substance chimique par kilo de poids corporel et par jour). La DJA définit la quantité maximale théorique d'agent toxique qui peut être administrée tout les jours à un individu, issu d'un groupe sensible ou non, sans provoquer d'effet nuisible à sa santé.

**DJE :** la Dose Journalière d'Exposition est l'estimation de la dose reçue par voie orale ou cutanée, en tenant compte de la fréquence et de la durée d'une exposition subchronique ou chronique. Elle s'exprime dans la même unité que la DJA\*.

**Cancérogène :** toxicité qui se manifeste par l'apparition de cancers.

**Effet critique :** parmi les effets toxiques d'un agent dangereux, celui qui survient au plus faible niveau de dose dans l'espèce animale la plus sensible (aussi appelé effet critique).

**Effet Systémique (ou non cancérogène) :** Ce terme est utilisé en médecine pour désigner les maladies qui frappent, dans l'organismes, des tissus à localisation diffuse [Encyclopaedia Universalis, 1998]. En évaluation des risques sanitaires ce terme désigne l'ensemble des effets toxiques non cancérogènes causé par une substance chimique. Il regroupe donc tout les toxiques à seuil de dose (effet déterministe).

**ERI :** Excès de Risque Individuel : probabilité de survenue d'un danger, au cours de la vie entière d'un individu, liée à une exposition à un agent cancérogène (sans unité).

**ERU :** ERI pour une exposition vie entière égale à 1 unité de dose d'agent dangereux. Cet indice est la valeur toxicologique de référence (VTR\*) pour les effets toxiques cancérogènes. Il représente en général la pente de la borne supérieure de l'intervalle de confiance de la courbe dose-réponse et s'exprime, pour une exposition orale ou cutanée, en  $(\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j})^{-1}$ .

**Exposition :** désigne, dans le domaine de la santé environnementale, le contact entre une situation ou un agent dangereux et un organisme vivant.

**Exposition aiguë** : temps de contact entre l'agent dangereux et l'individu d'une durée généralement inférieure à 14 jours (consécutifs).

**Exposition chronique** : temps de contact entre l'agent dangereux et l'individu d'une durée généralement supérieure à 365 jours (consécutifs).

**Exposition subchronique** : temps de contact entre l'agent dangereux et l'individu d'une durée généralement comprise entre 15 et 365 jours (consécutifs)

**FET** : le concept de **Facteur d'Equivalence Toxique** a été défini pour les familles de substances chimiques dont les différents composés sont toujours présents en groupe dans les milieux environnementaux comme les dioxines (PCDD), furannes (PCDF) et PCB (Poly Chloro Biphenyl) ou les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Pour ces groupes de substances organiques, la toxicité de chaque composé est évaluée par rapport à la toxicité du plus toxique d'entre eux (le benzo[a]pyrène pour les HAP, la 2,3,7,8-TetraChloroDibenzo-p-Dioxine pour les dioxines). On attribue la valeur 1 au chef de file ; une valeur inférieure (ou égale) est attribuée à chaque congénère : le FET représente le rapport des deux valeurs de toxicité. Généralement, cette évaluation se base sur les comparaisons de structures chimiques car celles-ci constituent un paramètre qui détermine fortement le pouvoir toxique (relation structure-activité). Un Facteur d'Equivalence Toxique est défini pour chaque composé dont la structure est proche de celle du chef de file.

**I-TEQ, International Toxic Equivalent Quantity** : indice établi par l'OMS pour caractériser le potentiel toxique d'un milieu contenant diverses dioxines. Il est calculé en affectant à chacun des 17 PCDD-PCDF et 12 PCB définis par l'OMS, son **FET\*** à la concentration dans un milieu environnemental donné. Ceci permet d'exprimer les résultats d'analyse en une valeur numérique unique représentant la quantité de mélange des 29 composés équivalente pour la toxicité de la 2,3,7,8-TCDD.

**LOAEL, Lowest observed adverse effect level** : dose ou concentration la plus faible ayant provoqué un effet nocif observé – par rapport à un groupe témoin (qui n'a pas reçu le toxique mais qui était soumis à toutes les autres conditions de l'expérimentation) – au cours d'une expérimentation animale ou d'une étude épidémiologique. Les résultats d'une seule étude ne suffisent pas pour établir un LOAEL, il faut que les effets toxiques soient observés dans plusieurs espèces animales (au moins deux), ou dans différentes populations humaines. On utilise un LOAEL pour dériver une VTR chez l'homme uniquement s'il n'y a pas de NOAEL disponible.

**NOAEL, No observed adverse effect level** : dose ou concentration la plus élevée ne provoquant pas d'effet nocif observable chez l'espèce la plus sensible – par rapport à un groupe témoin. A condition d'être observé dans au moins deux espèces animales différentes, le NOAEL est l'indice toxicologique **privilégié** pour dériver les VTR des toxiques systémiques.

**Organe cible** : organe ou système où s'exprime l'effet critique d'un agent dangereux.

**RD** : Ratio de Danger, rapport entre la DMJ et la DJA de l'agent dangereux pour la voie et la durée d'exposition correspondantes. Le RD (sans unité) n'est pas une probabilité de survenue de l'effet il indique seulement la proportion d'exposition par rapport au seuil toxicologique. Il concerne uniquement les effets non cancérogènes.

**Risque** : probabilité de survenue d'un danger (sans unité).

**Sinter plant** : l'activité de ces usines est définie par la Commission Européenne de la manière suivante :

*“By sintering, the pelletisation of fine-grained, smeltable ores, iron ore in particular, to compact lumps by heating nearly to the melting or softening point is understood. Melting tendencies at the grain boundaries lead to a caking of the material.*

*Before the sintering, the various substances are first mixed and, if desired, granulated. The iron ores are agglomerated on conveyor sinter installations, the conveyor belts consist of a large number of waggons. These waggons that have been linked up as an endless conveyor belt which can be as big as 4 m in width and 100 m in length. The fine ore to be sintered is moistened and fed on to the circulating grid together with coke slack and additions such as limestone, quick lime, olivine or dolomite. Burners above a heat-resistant grate belt heat the material to the required temperature (1100-1200 °C). This causes the fuel in the mixture to be ignited. The carbon burns with the aid of the air sucked through the grid into the mixture, resulting in the flame front being moved through the sintering bed. The sintering processes are completed once the flame front has passed through the entire mixed layer and all fuel has been burnt.*

*Chlorine compounds can enter into the sinter installation by means of the additive cokes slack as well by the ore from its natural chloride contents. Furthermore, returned materials such as certain filter particles, scale and sludges from waste water treatment, which are added to the materials to be sintered, which can also increase the*



*chlorine content of the substances used. This is reflected in the waste gases from sinter installations which contain inorganic gaseous chlorine compounds.”*

**VLE – VME :** Les Valeurs Limite d’Exposition sont prescrites par le code du travail et sont établies par l’INRS (Institut de National de Recherche et de Sécurité). Le code du travail distingue deux catégories de valeur limite : la **VLE** (valeur limite d’exposition à court terme) est une valeur plafond mesurée sur une durée maximale de 15 minutes qui ne doit pas être dépassée. La **VME** (Valeur limite Moyenne d’exposition ) est une valeur moyenne mesurée ou estimée sur la durée d’un poste de travail de 8 h qui ne doit pas être dépassée. VME et VLE sont exprimées en  $\text{mg}/\text{m}^3$  ou  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et aussi en ppm ou ppb. L’effet toxique propre à chaque substance que ces limites de concentrations aériennes permettent d’éviter n’est pas donné dans le texte de l’INRS. Ce manque de transparence concernant la méthode de dérivation entre les données toxicologiques d’origines et la valeur numérique de la VLE empêche de les considérées comme des VTR. Par définition, ces valeurs sont spécifiquement dédiées aux expositions professionnelles. Elles ont la particularité d’être discontinues et concernent des populations adultes en bonne santé faisant l’objet d’un suivi médical régulier. Elle ne peuvent donc pas être utilisé en population générale pour des expositions continues sans tenir compte de la présence personnes plus fragiles et d’un ajustement temporel.

**VTR :** Valeur Toxicologique de Référence. Appellation générique regroupant tous les types d’indice toxicologique qui permettent d’établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d’effet (toxique sans seuil de dose). Les VTR sont établies par des instances internationales (OMS et ses différents organes) ou des structures nationales (U.S. EPA et ATSDR aux Etats-Unis, RIVM aux Pays-Bas, Health Canada, AFSSET en France, etc.). Les appellations les plus connues sont :

**VTR des cancérigènes par voie respiratoire (VTR<sub>cr</sub>)**

IUR : Inhalation Unit Risk (U.S. EPA), exprimé en  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$

UR : Unit Risk (OMS<sup>32</sup>), exprimé en  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$

ERUi : Excès de risque unitaire par inhalation (InVS<sup>33</sup>), exprimé en  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$

**VTR des cancérigènes par voie orale (VTR<sub>co</sub>)**

SF : Oral Slope Factor (U.S. EPA), exprimé en  $[\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}]^{-1}$

UR : Unit Risk (OMS), exprimé en  $[\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}]^{-1}$

ERUo : Excès de risque unitaire voie orale (InVS), exprimé en  $[\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}]^{-1}$

**VTR des toxiques systémiques par voie respiratoire (VTR<sub>sr</sub>)**

RfC : Référence concentration (U.S. EPA), exprimée en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

MRL : Minimal Risk Level (ATSDR<sup>34</sup>), exprimé en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

TC : Tolerable concentration (OMS), exprimée en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

CAA : Concentration admissible dans l’Air(InVS), exprimée en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**VTR des toxiques systémiques par voie orale (VTR<sub>so</sub>)**

TDI : Tolerable Daily Intake (OMS), exprimé en  $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}$

MRL : Minimal Risk Level (ATSDR), exprimé en  $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}$

RfD : Référence Dose (U.S. EPA), exprimée en  $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}$

DJA : Dose Journalière Acceptable (InVS), exprimée en  $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j}$

---

<sup>32</sup> OMS : Organisation Mondiale de la Santé

<sup>33</sup> InVS : Institut de Veille Sanitaire (ex RNSP).

<sup>34</sup> ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (United-States)

**Liste des articles sélectionnés sur titre puis exclu à la lecture du résumé****Etudes de type « cartographie des risques »**

Cahen B. Implementation of new legislative measures on industrial risks prevention and control in urban areas. *J Hazard Mater.* 2006;130(3):293-9. Epub 2005 Sep 1.

Chakraborty J. The geographic distribution of potential risks posed by industrial toxic emissions in the U.S. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2004;39(3):559-75.

**Etudes épidémiologiques**

Biggeri A, Lagazio C, Catelan D, Pirastu R, Casson F, Terracini B. [Report on health status of residents in areas with industrial, mining or military sites in Sardinia, Italy]. *Epidemiol Prev.* 2006;30(1 Suppl 1):5-95.

Efimova NV, Iushkov IN, Bodienkova GM. [Assessment of a carcinogenic risk to the population of Bratsk]. *Gig Sanit.* 2008(6):71-3.

Koval'chuk I. [Assessment of human health in the areas adjacent to a large industrial center]. *Gig Sanit.* 2009(3):60-3.

Mitis F, Martuzzi M, Biggeri A, Bertollini R, Terracini B. Industrial activities in sites at high environmental risk and their impact on the health of the population. *Int J Occup Environ Health.* 2005;11(1):88-95.

Morton-Jones T, Diggle P, Elliott P. Investigation of excess environmental risk around putative sources: Stone's test with covariate adjustment. *Stat Med.* 1999;18(2):189-97.

Ural'shin AG, Gavrilov AP, Brylina NA, Nikiforova EV, Beketov AL, Sychev Iu A, et al. [Inhalation risk upon exposure to emission from industrial enterprises in the town of Magnitogorsk]. *Gig Sanit.* 2007(3):15-8.

**Etudes de type « inventaires d'émissions »**

Chen CM. The emission inventory of PCDD/PCDF in Taiwan. *Chemosphere.* 2004;54(10):1413-20.

Lee WS, Chang-Chien GP, Wang LC, Lee WJ, Tsai PJ, Wu KY, et al. Source identification of PCDD/Fs for various atmospheric environments in a highly industrialized city. *Environ Sci Technol.* 2004;38(19):4937-44.

Lee WS, Chang-Chien GP, Wang LC, Lee WJ, Wu KY, Tsai PJ. Emissions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from stack gases of electric arc furnaces and secondary aluminum smelters. *J Air Waste Manag Assoc.* 2005;55(2):219-26.

Lin LF, Lee WJ, Chang-Chien GP. Emissions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from various industrial sources. *J Air Waste Manag Assoc.* 2006;56(12):1707-15.

Lin LF, Lee WJ, Li HW, Wang MS, Chang-Chien GP. Characterization and inventory of PCDD/F emissions from coal-fired power plants and other sources in Taiwan. *Chemosphere.* 2007;68(9):1642-9. Epub 2007 May 16.

Wang JB, Hung CH, Chang-Chien GP. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran emissions from an industrial park clustered with metallurgical industries. *J Hazard Mater.* 2009;161(2-3):800-7. Epub 2008 Apr 15.

Caserini S, Monguzzi AM. PCDD/Fs emissions inventory in the Lombardy Region: results and uncertainties. *Chemosphere.* 2002;48(8):779-86.

Gagliano-Candela R, Ficarella A, Colucci AP. [Results of the evaluation of environmental technological risk of an Italian region (Puglia)]. *Ann Ig.* 2006;18(6):521-33.

Webster T, Connett P. Dioxin emission inventories and trends: the importance of large point sources. *Chemosphere.* 1998;37(9-12):2105-18.

**Etudes sur les expositions uniquement**

Feng X, Qiu G. Mercury pollution in Guizhou, southwestern China - an overview. *Sci Total Environ.* 2008;400(1-3):227-37. Epub 2008 Jul 9.

Kouimtzi T, Samara C, Voutsas D, Balafoutis C, Muller L. PCDD/Fs and PCBs in airborne particulate matter of the greater Thessaloniki area, N. Greece. *Chemosphere.* 2002;47(2):193-205.

Liao XY, Chen TB, Xie H, Liu YR. Soil As contamination and its risk assessment in areas near the industrial districts of Chenzhou City, Southern China. *Environ Int.* 2005;31(6):791-8.

- Nerriere E, Guegan H, Bordigoni B, Hautemaniere A, Momas I, Ladner J, et al. Spatial heterogeneity of personal exposure to airborne metals in French urban areas. *Sci Total Environ.* 2007;373(1):49-56. Epub 2006 Dec 12.
- Nriagu J, Jinabhai C, Naidoo R, Coutsooudis A. Atmospheric lead pollution in KwaZulu/Natal, South Africa. *Sci Total Environ.* 1996;191(1-2):69-76.
- Zhai L, Liao X, Chen T, Yan X, Xie H, Wu B, et al. Regional assessment of cadmium pollution in agricultural lands and the potential health risk related to intensive mining activities: a case study in Chenzhou City, China. *J Environ Sci (China).* 2008;20(6):696-703.

### **Etudes mono activité industrielle**

- Mono-Liao XY, Chen TB, Xie H, Liu YR. Soil As contamination and its risk assessment in areas near the industrial districts of Chenzhou City, Southern China. *Environment International* 2005;31(6):791-798.
- Mono-Vaissière M, Gennart JP, Hadengue P. Évaluation des risques sanitaires pour les populations voisines des raffineries de pétrole : mise au point d'un guide méthodologique. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement* 2005;66(6):532-547.
- Mono-Zhai L, Liao X, Chen T, Yan X, Xie H, Wu B, et al. Regional assessment of cadmium pollution in agricultural lands and the potential health risk related to intensive mining activities: A case study in Chenzhou City, China. *Journal of Environmental Sciences* 2008;20(6):696-703.

### **Etude en chinois**

- Yang XS, Xie B. Approach to methods of regional environment risk assessment. *Mining & Metallurgy* 2000;9(3):107-110.