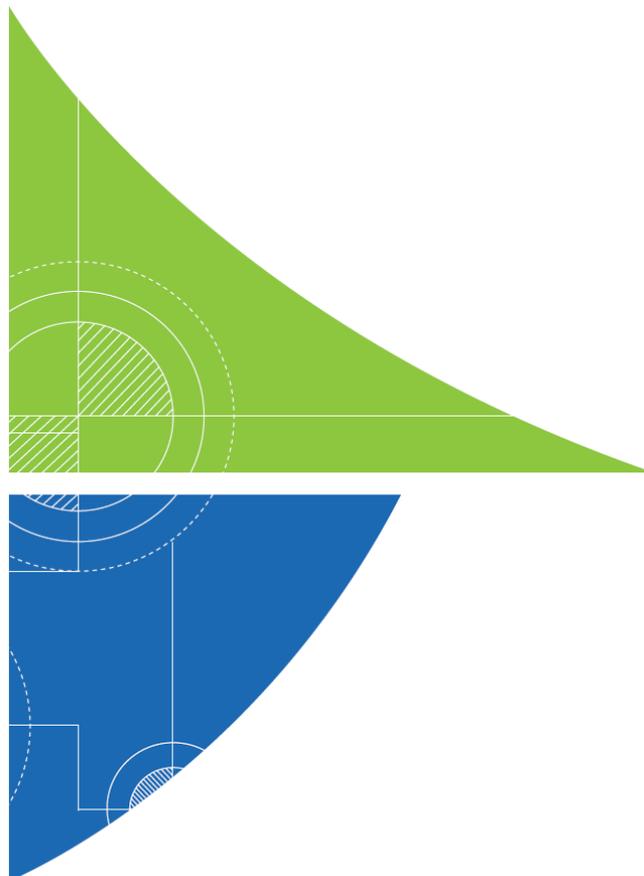
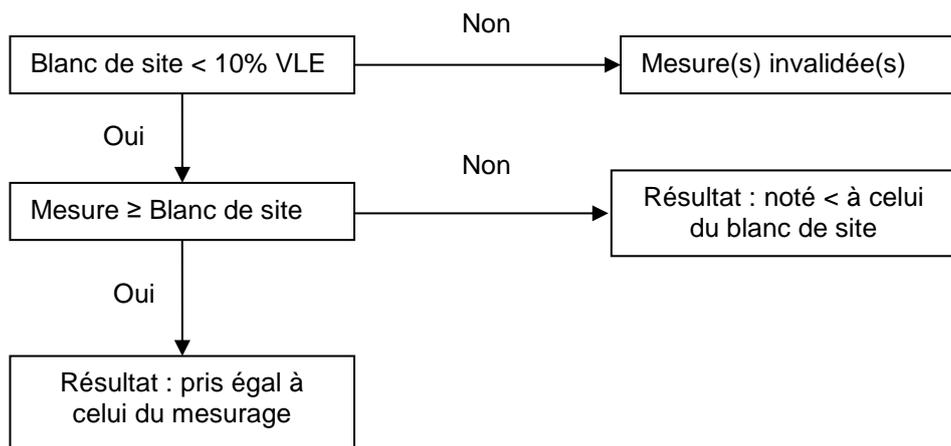


ANNEXES



Annexe 1 : Règles de calcul des résultats selon LAB REF 22



Pour comparer la mesure au blanc de site, la règle de calcul énoncée ci-dessus dans le cas d'analyses inférieures à LQ/3 ou comprise entre LQ/3 et LQ doit être appliquée, que les résultats de la mesure et du blanc de site soient issus de l'analyse de plusieurs phases ou d'une seule (voir exemple dans le tableau ci-après pour une VLE de 70 mg/m³).

Mesure (M), en mg/m ³		Blanc de site (BS), en mg/m ³		Conformité BS	Comparaison M / BS	Résultat
phase 1	phase 2	phase 1	phase 2			
< 3 (LQ)	< 1 (LQ/3)	< 1 (LQ/3)	< 1 (LQ/3)	C	1,5+0 > 0+0 M > BS	1,5
< 3 (LQ)	< 1 (LQ/3)	< 3 (LQ)	-	C	1,5+0 = 1,5 M = BS	1,5
< 3 (LQ)	< 1 (LQ/3)	3,5	< 1 (LQ/3)	C	1,5+0 < 3,5 M < BS	3,5
3,2		3,8	-	C	3,2 < 3,8 M < BS	3,8
< 3 (LQ)		< 1 (LQ/3)			1,5 > 0 M > BS	1,5
3,2	< 3 (LQ)	3,8	-	C	3,2+1,5 > 3,8 M > BS	4,7
3,2	< 1 (LQ/3)	3,4	-	C	3,2+0 < 3,4 M < BS	3,4
4	< 1,2 (LQ/3)	5,3	< 3,6 (LQ)	NC 5,3 + 1,8 > 7		NC

ANNEXE 10 : OPERATION « OBJECTIF CO₂ »

Fiche de synthèse 2022, période du 01/01/2022 au 31/12/2022

Fiche de synthèse

Entreprise



Raison sociale de l'entreprise La boîte à papiers
Adresse 29 rue Ettore Bugatti 87280 LIMOGES
Code postal 87280
Ville LIMOGES
SIRET 42173741200088
Code NAF 3832Z
Site Internet <http://www.laboiteapapiers.fr>

Effectifs

Effectif total	138	Nombre de conducteurs	19	Nombre de véhicules moteurs	11
Dont France	138	Dont conducteurs en France	19	Dont véhicules moteurs en France	11

Informations sur le dossier

Intitulé du dossier LBAP Charte EVCO2 - Engt 4
Période Période 2
Dates du 01/01/2022 au 31/12/2022
Statut En cours de validation

Effectifs du périmètre du dossier

Effectif total	138	Nombre de conducteurs	19	Nombre de véhicules moteurs	11
Dont France	138	Dont conducteurs en France	19	Dont véhicules moteurs en France	12

Chef de projet principal

Nom GUILLON **Prénom** Josette
Téléphone 0555376579 **Courriel** josette.guillon@laboiteapapiers.fr
Fonction Directrice Générale

Données d'activité - Flotte propre routière

Groupes de véhicules

	Etat initial	Période 1	Période 2	Période 3
Nombre total de véhicules moteurs				
PL DDP / Grand porteur > 12 t / Porteur >14t-20t	5	6	5	
VL DDP (cartons, etc) / Véhicule de transport léger ≤3,5 t / VUL classe III	3	3	3	
VL DASRI / Véhicule de transport léger ≤3,5 t / VUL classe III	4	3	4	

Périmètre total

	Etat initial	Période 1	Période 2	Période 3
Véhicules				
Nombre total de véhicules moteurs	12	12	12	
Consommation de carburant				
	Unité			
Gazole (traction)	litre	95 897	93 558	85 249
Consommation moyenne au 100km	litre/100km	17,0	17,2	16,4
Conducteurs				
Effectif total (à la fin de la période considérée)		16	17	19

Activité en propre	Unité				
Kilométrage total parcouru par l'ensemble des véhicules	km	562 582	543 056	519 323	
Kilométrage total parcouru à vide	km	136 501	129 400	118 858	
Taux de distance à vide moyen	%	24,3	23,8	22,9	
Tonnes.km totales	t.km	393 756	371 692	403 088	
Tonnage moyen par trajet en charge	tonne	0,00	1,41	1,75	0,00
Tonnes.km totales	t.km	393 756	371 692	403 088	

Plan d'actions

	Etat des lieux	Gain potentiel		Hypothèse de gain entreprise si différente de la fiche action	Commentaire
		Objectif en fin de dossier	Emission de CO ₂		
	%	%	kg CO ₂	% CO ₂	
Véhicule Autres actions quantitatives					
Accélération de la modernisation de la flotte	16,7	75,2	6 463	2,2	Grand porteur régional : 4 % Véhicule de transport léger urbain : 3 %
Carburant Amélioration du suivi des consommations					
Gestion et utilisation de l'information	66,0	100,0			
Conducteur Mise en place d'un programme éco-conduite					
Système de management de la performance éco-conduite	0,0	100,0	17 837	6,0	Grand porteur régional : 6 % Véhicule de transport léger urbain : 6 %
Organisation Autres actions qualitatives					
Information précise (niveau III) en direction des clients	0,0	Mise en place progressive d'un calcul de niveau III			

Gains globaux du plan d'action

Gains annuels du plan d'actions	Unité	Potentiel	Période 1	Période 2	Période 3
			Réalisé	Réalisé	Réalisé
Gain en carburant	litres	7 714	-3 214	12 621	
Gain d'émissions de CO ₂	kg CO ₂	23 901	-9 964	39 127	
Gain d'émissions de CO ₂	% CO ₂	8,0	-3,3	13,1	
Prix du carburant réactualisé	€/litre	1,78	1,28	1,78	
Gain économique	€	13 730	-4 113	22 465	
Investissement	€	0	0	0	
Retour sur investissement	années	0,0	0,0	0,0	
Avancement	%	-	7,1	20,1	

Évolutions potentielles d'émissions de polluants du plan d'action

	Évolution potentielle (%) TOTALE	Périodes d'évaluation			
		P0	P1	P2	P3
Évolution potentielle (%) pondérée par le trafic en km	NOx	0,0			
	COV	0,0			
	PM	0,0			
Évolution potentielle (%) pondérée par le trafic en t.km	NOx	0,0			
	COV	0,0			
	PM	0,0			

Actions déjà en place

Quelles sont les actions déjà mises en place au sein de votre entreprise afin de réduire l'impact environnemental de votre activité TRANSPORT ?

Quelles sont les actions déjà mises en place au sein de votre entreprise afin de réduire l'impact environnemental de votre activité LOGISTIQUE ?

Quelles sont les autres actions mises en place au sein de votre entreprise afin de réduire l'impact environnemental de l'activité en GENERAL ?

Emissions de CO₂

Emissions de CO ₂	Unité	Etat initial		Période 1		Période 2		Période 3		
		Etat des lieux	Objectif de réduction en fin de dossier		Situation		Réduction réalisée		Situation	
			Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
Au kilomètre parcouru	g CO ₂ /km	528,4	486,1	8,0	534,1	-1,0	508,9	3,6		
A la tonne.kilomètre	g CO ₂ /t.km	755,0	694,6	8,0	780,3	-3,3	655,6	13,1	0,0	

Emissions de CO ₂	Unité	Etat initial	Période 1		Période 2		Période 3	
		Etat des lieux	Emissions de CO ₂	Tonnes de CO ₂ évitées	Emissions de CO ₂	Tonnes de CO ₂ évitées	Emissions de CO ₂	Tonnes de CO ₂ évitées
Flux en propre	tCO ₂	297	290		264		0	
TOTAL	tCO ₂	297	290	0	264	11	0	297

	Etat initial	Période 1	Période 2	Période 3
Commentaire sur le choix des indicateurs de performance environnementale: unité et objectifs fixés	poids moyens évalués par l'entreprise			

Emissions de polluants

Emissions de NOx	Unité	Etat des lieux	Période 1		Période 2		Période 3	
			Situation	Réduction réalisée	Situation	Réduction réalisée	Situation	Réduction réalisée
			Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
Au kilomètre parcouru	mg NOx/km	392,1						
A la tonne kilomètre	mg NOx/t.km	560,3						

Emissions de COV	Unité	Etat des lieux	Période 1		Période 2		Période 3	
			Situation	Réduction réalisée	Situation	Réduction réalisée	Situation	Réduction réalisée
			Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
Au kilomètre parcouru	mg COV/km	10,4						
A la tonne kilomètre	mg COV/t.km	14,9						

Emissions de PM	Unité	Etat des lieux	Période 1		Période 2		Période 3	
			Situation	Réduction réalisée	Situation	Réduction réalisée	Situation	Réduction réalisée
			Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
Au kilomètre parcouru	mg PM/km	2,1						
A la tonne kilomètre	mg PM/t.km	2,9						

Emissions de NOx	Unité	Etat initial	Période 1		Période 2		Période 3	
		Etat des lieux	Emissions de NOx	Tonnes de NOx évitées	Emissions de NOx	Tonnes de NOx évitées	Emissions de NOx	Tonnes de NOx évitées
Flux en propre	Kg NOx	220,6	0,0		0,0		0,0	
TOTAL	Kg NOx	220,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Emissions de COV	Unité	Etat initial	Période 1		Période 2		Période 3	
		Etat des lieux	Emissions de COV	Tonnes de COV évitées	Emissions de COV	Tonnes de COV évitées	Emissions de COV	Tonnes de COV évitées
Flux en propre	Kg COV	5,9	0,0		0,0		0,0	
TOTAL	Kg COV	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Emissions de PM	Unité	Etat initial	Période 1		Période 2		Période 3	
		Etat des lieux	Emissions de PM	Tonnes de PM évitées	Emissions de PM	Tonnes de PM évitées	Emissions de PM	Tonnes de PM évitées
Flux en propre	Kg PM	1,2	0,0		0,0		0,0	
TOTAL	Kg PM	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Evaluation de la performance CO₂ sur l'ensemble des groupes de véhicules du dossier

Performance CO ₂	Unité	Etat initial	Période 1	Période 2	Période 3
Performance de l'entreprise sur le dossier	g CO ₂ /km	538.64	534.06	508.89	
Performance de référence (calcul HBEFA)	g CO ₂ /km	471.42	445.52	453.85	
Performance de l'entreprise sur le dossier	g CO ₂ /t.km	769.63	780.30	655.59	
Performance de référence (calcul HBEFA)	g CO ₂ /t.km	673.54	0.00	432.50	
Evaluation de la performance CO ₂		Insuffisante	Très insuffisante	Insuffisante	

Evaluation de la performance de polluants sur l'ensemble des groupes de véhicules du dossier

Performance NOx	Unité	Etat initial	Période 1	Période 2	Période 3
Performance de l'entreprise sur le dossier	mgNOx/km	392,15			
Performance de référence (calcul HBEFA)	mgNOx/km	902,11			
Performance de l'entreprise sur le dossier	mgNOx/t.km	560,29			
Performance de référence (calcul HBEFA)	mgNOx/t.km	1 288,89			
Evaluation de la performance NOx		Très bonne			

Performance COV	Unité	Etat initial	Période 1	Période 2	Période 3
Performance de l'entreprise sur le dossier	mgCOV/km	10,41			
Performance de référence (calcul HBEFA)	mgCOV/km	16,02			
Performance de l'entreprise sur le dossier	mgCOV/t.km	14,88			
Performance de référence (calcul HBEFA)	mgCOV/t.km	22,89			
Evaluation de la performance COV		Très bonne			

Performance PM	Unité	Etat initial	Période 1	Période 2	Période 3
Performance de l'entreprise sur le dossier	mgPM/km	2,06			
Performance de référence (calcul HBEFA)	mgPM/km	14,38			
Performance de l'entreprise sur le dossier	mgPM/t.km	2,95			
Performance de référence (calcul HBEFA)	mgPM/t.km	20,54			
Evaluation de la performance PM		Très bonne			

Nom, date et signature

**ANNEXE 11 : ETUDE DES RISQUES SANITAIRES DANS LE DOMAINE
DE L'AIR**

- rapport N° R.18.0182, en date de janvier 2019, CNPP
 - avis ARS en date du 01/10/2019

RAPPORT D'AUDIT N° R.18.0182
Affaire n° 800.06/2017-21649-1

ÉTUDE DES RISQUES SANITAIRES
DANS LE DOMAINE DE L'AIR



La Boîte à Papiers
29 Rue Ettore Bugatti
ZI Nord III
87280 LIMOGES

Responsable client : Isabelle DAVAIL / Guillaume GEORGET

☎ : 05 55 37 65 61 / 05 55 37 65 80

💻 : isabelle.davail@laboiteapapiers.fr / guillaume.georget@laboiteapapiers.fr

Rédacteur de l'étude : Clémence ROGER

☎ : 03 27 98 30 00

💻 : clemence.roger@cnpp.com

Douai, 23 janvier 2019

SOMMAIRE

1	OBJET DU RAPPORT	5
2	CARACTERISATION DU PROJET	6
	2.1 Présentation d'un écran plat LCD.....	6
	2.2 Présentation du projet.....	7
3	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET POPULATIONNEL.....	9
	3.1 Situation géographique.....	9
	3.2 Démographie.....	9
	3.3 Qualité de l'air	10
	3.4 Urbanisation et voisinage du site.....	10
	3.4.1 Zones habitées	10
	3.4.2 Populations sensibles	11
	3.4.3 Activités industrielles.....	12
	3.4.4 Infrastructures de transport	13
	3.5 Pratiques alimentaires locales.....	14
4	INVENTAIRE DES SOURCES D'EMISSION ATMOSPHERIQUE	16
	4.1 En fonctionnement normal.....	16
	4.2 En fonctionnement dégradé.....	17
5	IDENTIFICATION DES DANGERS ET EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE	18
	5.1 Sélection des substances traceurs de risque.....	18
	5.2 Identification des effets sanitaires des substances retenues	18
	5.2.1 Valeurs Toxicologiques de Référence.....	18
	5.2.2 Etudes sanitaires environnementales.....	20
	5.2.3 Données sanitaires locales	20
	5.3 Description des modes de transfert des substances retenues	21
6	EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS	23
	6.1 Caractéristiques de l'environnement du site.....	23
	6.1.1 Identification des sources de pollution existantes.....	23
	6.1.2 Description des milieux d'exposition des populations	25
	6.1.3 Description des populations environnantes	26
	6.2 Identification des voies d'exposition et des populations exposées	26
	6.3 Description des niveaux de pollution des substances sélectionnées	26
7	MODELISATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION	27

7.1	Hypothèses des scénarios d'exposition	27
7.2	Résultats de la dispersion atmosphérique	28
7.2.1	<i>Exposition de la population par inhalation</i>	28
7.2.2	<i>Exposition de la population par ingestion</i>	28
7.3	Contamination des milieux récepteurs	28
7.3.1	<i>Méthodologie</i>	28
7.3.2	<i>Présentation des voies d'exposition</i>	29
7.3.3	<i>Présentation des cibles retenues</i>	29
7.3.4	<i>Phénomènes de transfert étudiés</i>	29
7.3.4.1	Détermination des dépôts au sol	30
7.3.4.2	Détermination de la concentration de polluant dans les végétaux 30	
7.3.4.3	Détermination de la concentration de polluant dans les produits animaux.....	30
7.3.4.4	Détermination des doses ingérées en fonction des cibles retenues	30
7.4	Résultats des scénarios d'ingestion considérés	31
8	CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE	32
8.1	Exposition directe par inhalation : Effets à seuil	32
8.2	Exposition indirecte par ingestion : Effets à seuil	32
8.3	Somme des quotients de danger pour les effets à seuil	33
9	CONCLUSION	34
10	INCERTITUDES	35
10.1	Incertitudes pouvant entraîner une sous-estimation du risque sanitaire	35
10.2	Incertitudes pouvant entraîner une sur-estimation du risque sanitaire	35
10.3	Incertitudes dont l'effet sur la santé est inconnu	36
11	METHODOLOGIE D'ELABORATION DE L'ETUDE DES RISQUES SANITAIRES	37
11.1	Etat actuel de l'environnement	37
11.2	Evaluation des effets sur la santé	38
12	ANNEXES	40

ABREVIATIONS

ARS	Agence Régionale de Santé
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BCF	Facteur de bioconcentration
CAA	Concentration Admissible dans l'Air
CAS	Chemical Abstract Service
CCFL	Cold Cathode Fluorescent Lamp
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CMA	Concentration Moyenne dans l'Air
DE	Durée d'Exposition
DMJ	Dose Moyenne Journalière
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
FFP	Flat Panel Processor
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
ID	Indice de Danger
InVS	Institut de Veille Sanitaire
LCD	Liquid Crystal Display
MRL	Minimum Risk Level
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PC	Poids Corporel
QD	Quotient de Danger
RIVM	National Institute of Public Health and the Environment
TP	Temps de Pondération
US-EPA	United States Environmental Protection Agency
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
ZEAT	Zone d'Etude et d'Aménagement du Territoire

1 OBJET DU RAPPORT

Le présent rapport est un complément au dossier de porter à connaissance (EcoSave – Juillet 2018) déposé par la société La Boîte à Papiers des modifications apportées au site de Limoges depuis la dernière demande d'autorisation d'exploiter en date de 2007. Les évolutions d'exploitation depuis 2007 et celles projetées portent sur :

- ✓ Des typologies et quantités de déchets en transit sur le site ;
- ✓ Les opérations réalisées sur les déchets pris en charge ;
- ✓ Les aménagements et l'organisation du site ;
- ✓ Le projet d'implantation d'une ligne de traitement des écrans plats LCD.

L'instruction du dossier de porter à connaissance par l'Inspection des Installations Classées de la DREAL a donné lieu à une demande de compléments telle que reprise dans son courrier en date du 13 septembre 2018 :

Après examen de votre dossier par l'inspection de l'environnement, il s'avère que la modification envisagée n'est pas soumise à évaluation environnementale systématique et ne constitue donc pas une modification substantielle à ce titre.

Cependant, en termes sanitaires, des substances dangereuses pour l'homme et pour l'environnement sont présentes dans les nouvelles activités projetée par votre société telles que le mercure, le plomb et les terres rares (yttrium, lanthane, cérium...).

Le mercure étant déclaré élément chimique, toxique et reprotoxique, une étude évaluant les risques sanitaires doit être effectuée afin de connaître de façon approfondie les risques liés à la présence de ces substances dans la nouvelle ligne de traitement.

Il est important également qu'une évaluation des risques sanitaires dans le domaine de l'air soit effectuée pour permettre de connaître les risques sur la santé et l'environnement des rejets atmosphériques à travers des données telles que le débit en sortie de cheminée, la hauteur de la cheminée.

Aussi, vous voudrez bien me transmettre sous un délai d'un mois à compter de la réception du présent courrier une évaluation des risques sanitaires en référence à la circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.

La présente étude répond à la demande des services de l'Etat et porte exclusivement sur le projet d'exploitation de la ligne de traitement des écrans plats LCD.

Ce document vient en complément du dossier de porter à connaissance déposé par la société La Boîte à Papiers.

Dans le cadre de cette étude complémentaire, seuls les risques sanitaires pour une exposition **chronique** de la population aux rejets atmosphériques du projet d'implantation de la nouvelle ligne de traitement des écrans plats sur le site de Limoges sont étudiés.

2 CARACTERISATION DU PROJET

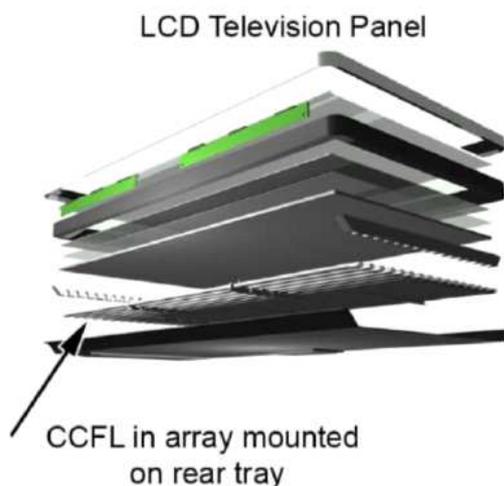
2.1 Présentation d'un écran plat LCD

La société La Boîte à Papiers projette d'exploiter une ligne de traitement des écrans plats LCD, en vue de répondre à un marché en devenir de traitement des déchets d'écrans plats LCD, induit par une part de marché forte de vente de ce type de téléviseurs.

La caractérisation des risques sanitaires est induite par la structure et la composition d'un écran plat LCD. Les éléments repris dans le paragraphe ci-après sont issus d'une bibliographie internationale¹ consultable en annexe 1 du présent rapport.

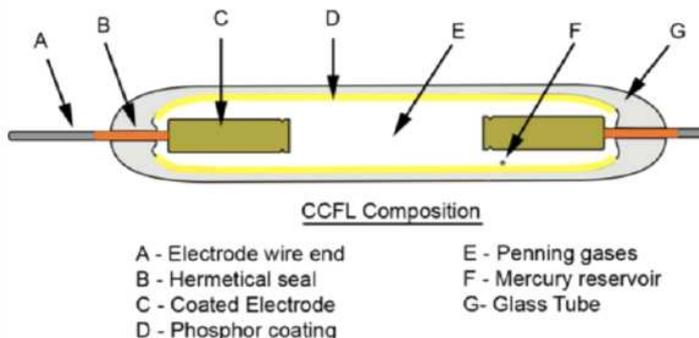
La composition d'un écran plat LCD de 37" est reprise et illustrée ci-après :

Support components		LCD Panel	
Internal Steel	4.94 kg	Steel frame & back	6.07 kg
Plastics ABS	3.40 kg	Plastics	1.57 kg
Electronics	1.47 kg	LC glass &electronics	1.95 kg
Cables	0.28 kg	CCFL tubes	0.24 kg
Others	0.33 kg	Cables & others	0.41 kg
Total for components	10.42 kg	Total for LCD	10.24 kg



¹ The location and character of mercury in waste LCD backlights. Project code : MDD028. Wrap. December 2010

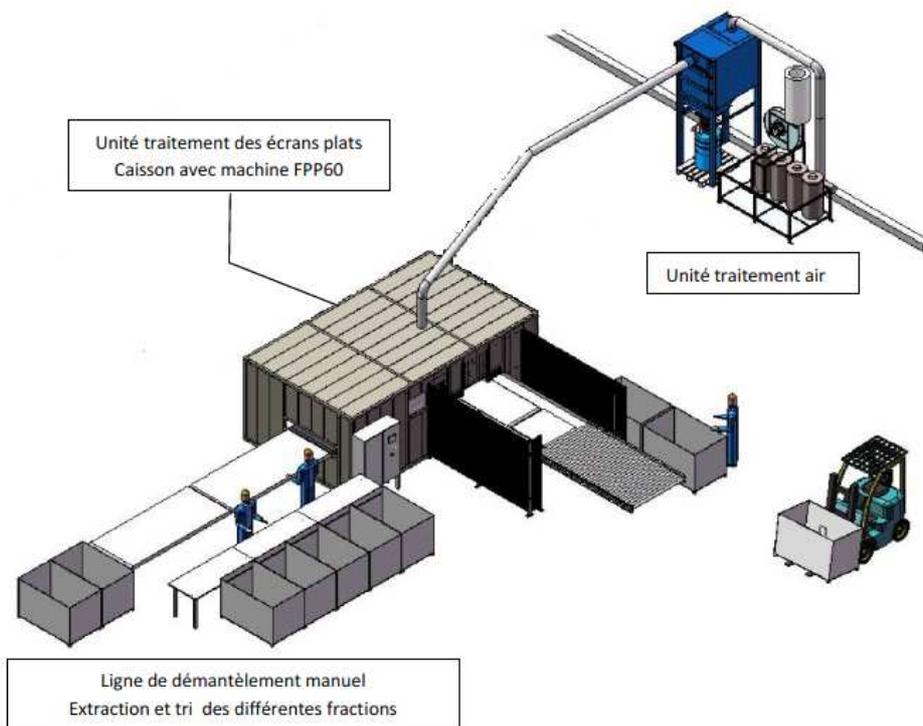
La structure d'une ampoule de rétroéclairage est illustrée ci-après :



2.2 Présentation du projet

Le traitement des écrans plats LCD sera organisé en deux étapes, illustré ci-après en vue de profil :

1. Le démantèlement de l'écran pour une séparation :
 - Des fractions valorisables (plastiques, métaux ferreux et non ferreux, cartes électroniques) ;
 - Du module contenant les lampes de rétroéclairage et la dalle ;
2. Le démantèlement du module pour en extraire les lampes de rétroéclairage, la dalle et autres fractions.



Cette ligne de traitement des écrans plats LCD se composera d'un module automatisé de démantèlement des écrans, utilisant le procédé FPP 60, développé et commercialisé par la société MRT.

Ce procédé a pour vocation à réduire la détérioration des ampoules de rétroéclairage de 15-35% à 2%. Ce module découpera automatiquement une large gamme d'écrans plats. Préalablement à la découpe, des détecteurs scannant les gabarits des écrans (en termes de longueur, largeur, épaisseur) viendront orienter les écrans vers des disques de découpe en adaptant la puissance et la vitesse de découpe à chaque écran. Cette découpe permettra :

- ✓ D'isoler les ampoules de rétroéclairage contenant le mercure gazeux ;
- ✓ De récupérer les différentes fractions (plastiques, films, cartes électroniques, métaux) ;

et ce afin de garantir l'intégrité des ampoules dans 98% des cas et de ce fait de réduire l'exposition des travailleurs à des vapeurs de mercure.

Ce module sera équipé d'une unité de traitement d'air, composée :

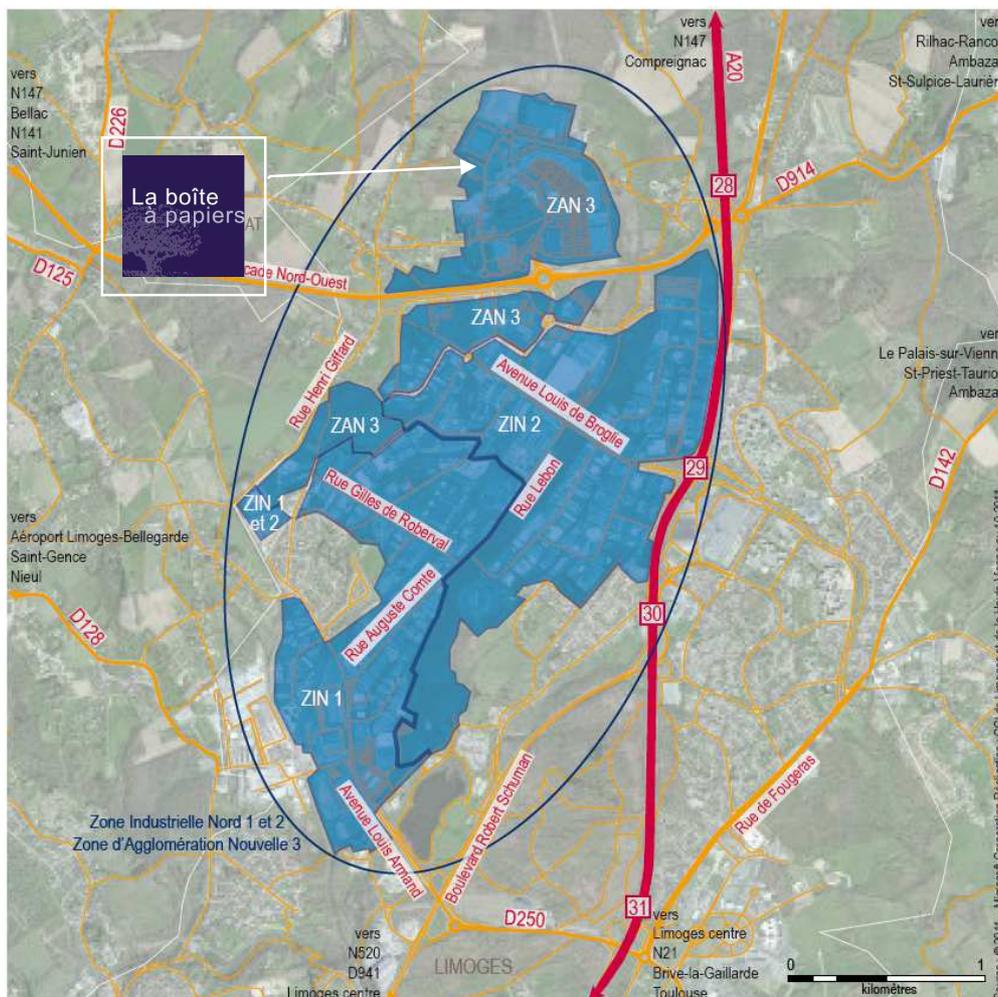
- ✓ D'un dépoussiéreur pour la récupération des fines métalliques et plastiques ;
- ✓ De filtres à charbon garantissant un niveau de concentration de 0,020 mg/m³ de mercure.

Ce niveau de concentration ne sera observé que dans 2% des cas, correspondant au retour statistique de bris d'ampoules lors de la découpe dans le module FPP 60.

3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET POPULATIONNEL

3.1 Situation géographique

Le site La Boîte à Papiers est situé à environ 3,5 km au Nord-Est du centre-ville de Limoges au sein de la Zone Industrielle Nord n°3.



3.2 Démographie

Les populations environnantes sont celles des communes de l'aire d'étude (3 km x 3 km centrés sur le site), à savoir les communes de Chaptelat, Couzeix et Limoges. Les résultats des recensements de la population de l'INSEE de ces communes sont repris dans le tableau ci-dessous.

Commune	RP INSEE	Population totale	Population par tranche d'âge		
			De 0 à 29 ans	De 30 à 59 ans	Plus de 60 ans
Chaptelat	2015	2 086	712	948	426
Couzeix	2015	9 048	2 912	3 423	2 713
Limoges	2015	133 627	52 167	46 068	35 392

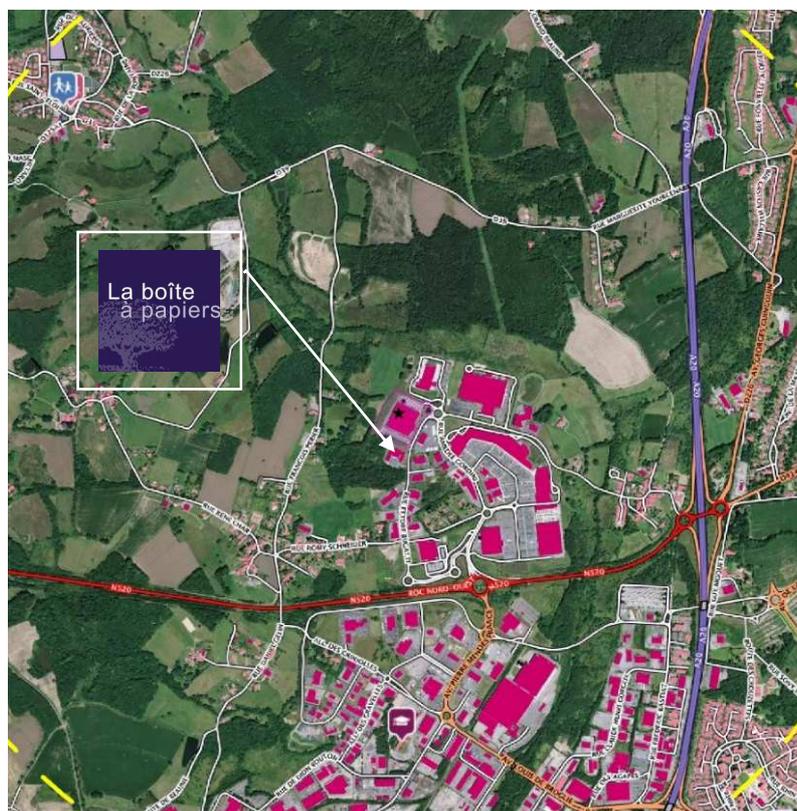
3.3 Qualité de l'air

La station de mesure d'Atmo Nouvelle Aquitaine la plus proche est située à Limoges Le Palais sur Vienne (en milieu urbain) à plus de 2 km du site La Boîte à Papiers. Du fait de cette distance, les données mesurées par cette station ne permettent pas de caractériser l'air ambiant autour du site d'étude et ne sont donc pas représentatives de la qualité de l'air dans le secteur étudié.

3.4 Urbanisation et voisinage du site

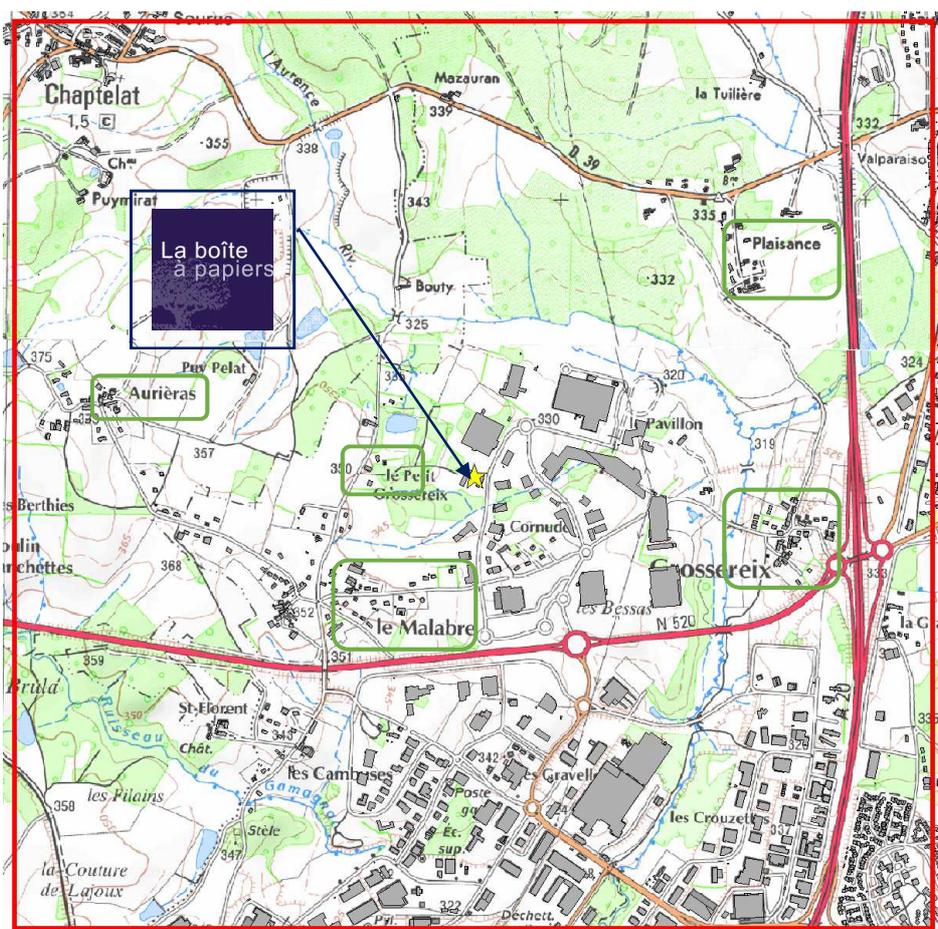
3.4.1 *Zones habitées*

La vue aérienne de l'aire d'étude avec la distinction des bâtiments à usage d'habitation et ceux à usage industriel, commercial ou de loisir met en évidence le positionnement de la ZI Nord n°3 dans un secteur périurbain, entre des zones résidentielles et le milieu naturel. La ZI Nord n°3 est située dans ce contexte au bout de la ZI Nord historique positionnée à l'entrée de la ville de Limoges entre l'autoroute A20 (axe Paris-Toulouse) et la commune de Chaptelat à l'Ouest.



Les secteurs d'habitations autour du site La Boîte à Papiers sont :

- ✓ « Grossereix » au Sud-Est ;
- ✓ « le Petit Grossereix » à l'Ouest ;
- ✓ « le Malabre » au Sud-Ouest ;
- ✓ « Aurières » à l'Ouest ;
- ✓ « Plaisance », au Nord-Est.



Les premières habitations sont situées à 250 m à l'Ouest.

3.4.2 Populations sensibles

D'autres types de populations peuvent également être exposés dans l'aire d'étude. Il s'agit des populations sensibles. Ces populations occupent certains établissements, comme :

- ✓ Les établissements de santé (hôpitaux, cliniques, maternités, etc.) ;
- ✓ Les établissements pour personnes handicapées ;
- ✓ Les établissements pour personnes âgées (maisons de retraite, etc.) ;
- ✓ Les crèches et halte-garderies ;
- ✓ Les établissements d'enseignement maternel et primaire ;
- ✓ Les établissements d'enseignement secondaire (collèges, lycées, le cas échéant classes préparatoires aux grandes écoles).

Ces populations sensibles représentent 16 153 personnes sur l'ensemble de l'aire d'étude, comme précisé dans le tableau ci-après.

Communes	Etablissements de santé	Etablissements pour personnes handicapées	Etablissements pour personnes âgées	Crèches/halte-garderies (privés et publics)	Etablissements d'enseignement maternel et primaire (privés et publics)	Etablissements d'enseignement secondaire (privés et publics)
Chaptelat	/	/	/	/	227 (1)	/
Couzeix	/	121 (2)	90 (1)	42 (2)	909 (3)	ND (1)
Limoges	ND (18)	1 494 (42)	1 203 (16)	874 (23)	6 193 (46)	5 000 (35)



Base de données FINESS

<http://www.education.gouv.fr/annuaire>

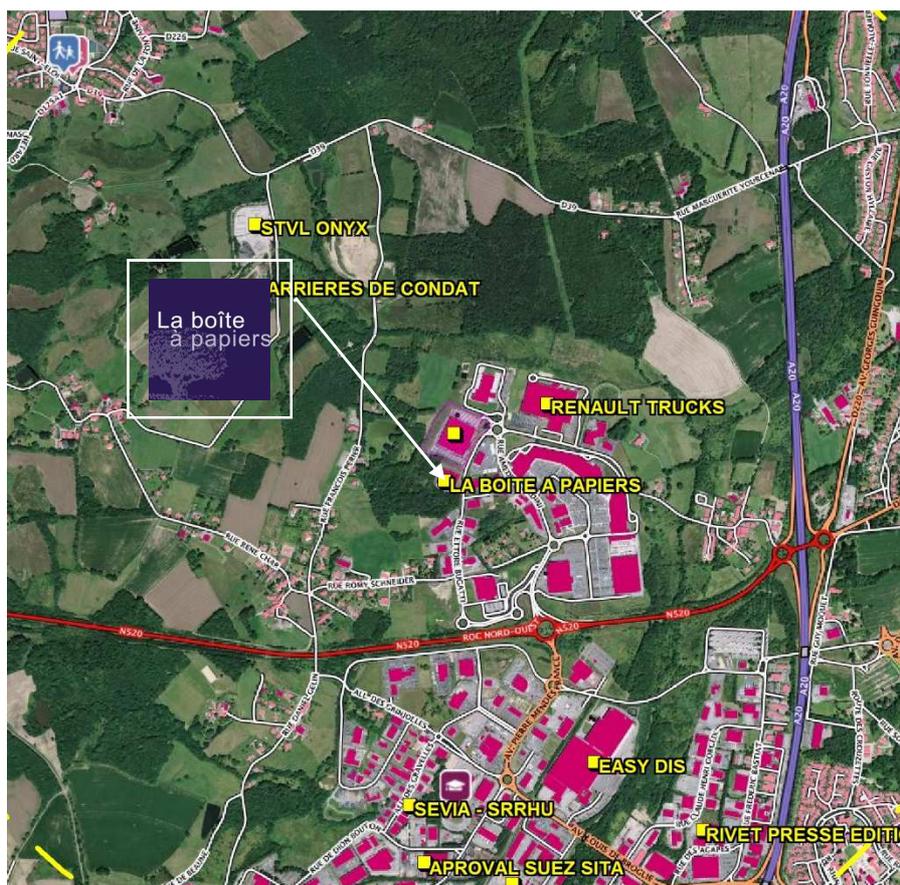
ND : Non disponible

<http://lescreches.fr/> (portail d'information sur les modes d'accueil des enfants en bas âge : crèches (publiques, privées, ou d'entreprise), garderies, relais assistantes maternelles, relais, jardin d'enfant, etc.

Les données figurant entre parenthèses correspondent au nombre d'établissements présents dans l'aire d'étude. Des effectifs de certains collèges et lycées ne sont pas disponibles

3.4.3 Activités industrielles

La photographie aérienne ci-après localise les établissements autorisés et enregistrés au titre de la réglementation ICPE présents dans l'aire d'étude (<https://www.geoportail.gouv.fr/>).



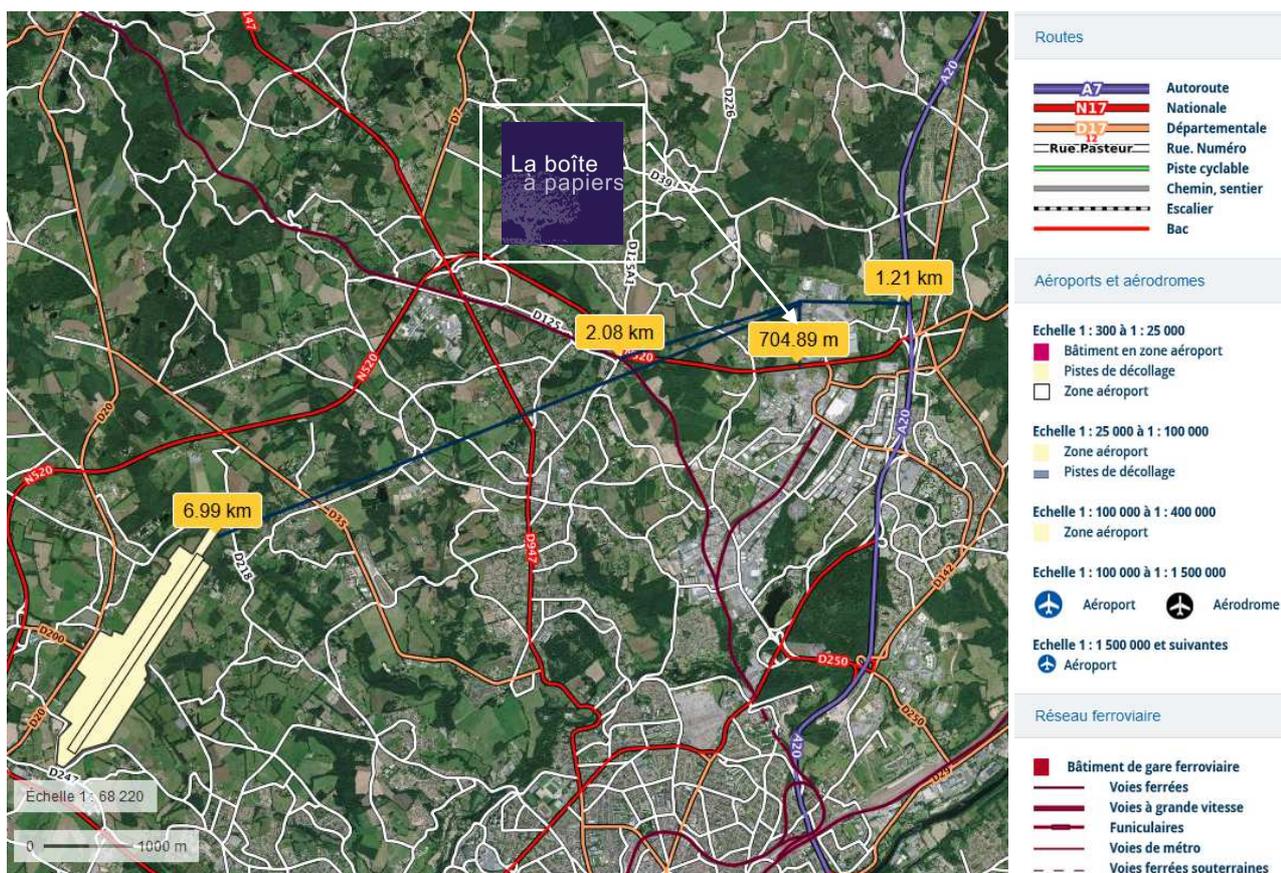
Le détail est repris dans le tableau ci-après. L'ensemble de ces établissements est en fonctionnement et hors régime Seveso.

Nom de l'établissement	Régime administratif	Activité	Rubrique ICPE
Aproval 87	Autorisation	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	167, 2710, 2718, 2791, 286, 329
Easy DIS-Groupe CASINO	Autorisation	Entreposage et services auxiliaires des transports	1510
La Boîte à Papiers (ZIN 3)	Autorisation	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	2711 et 2718
Renault Trucks	Autorisation	Industrie automobile	2560, 2563, 2565, 2566, 2931
Rivet Presse Edition	Autorisation	Imprimerie	2450
SEVIA	Autorisation	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	2718, 3550
Carrières de Condat	Autorisation	Autres industries extractives	2510 et 2515
STVL ONYX	Autorisation	Autres industries extractives	2510 et 2515

3.4.4 Infrastructures de transport

Les voies de communication recensées dans l'environnement du site sont :

- ✓ Réseaux routiers : la ZI Nord n°3 est desservie par l'A20 (1,2 km à l'Est) puis la route nationale N520 (à 0,7 km au Sud). Le site La Boîte à Papiers est desservi par la rue Ettore Bugatti ;
- ✓ Réseau ferré : la voie SNCF « Poitiers-Limoges » longe la ZI Nord par son côté Ouest, passe par « les Planchettes » à près de 2 km à vol d'oiseau à l'Ouest du site ;
- ✓ Réseau aérien : l'aéroport « Limoges-Bellegarde » à plus de 7 km à vol d'oiseau au Sud-Ouest du site.



3.5 Pratiques alimentaires locales

A ce jour, aucune donnée sur les pratiques alimentaires des populations des communes situées dans l'environnement proche du site de La Boîte à Papiers n'est disponible.

A défaut, le tableau ci-après détaille les pratiques alimentaires à domicile pour la ZEAT Sud-Ouest (Aquitaine, Limousin, Midi-Pyrénées) et notamment la part autoproduite dans les consommations alimentaires (INSEE, Michèle BERTAND. Consommation et lieux d'achat des produits alimentaires en 1991, 1993).

Catégories	Nomenclature produits	Produits	ZEAT Sud-Ouest			
			Consommation annuelle par personne			Part de produits autoconsommés en %
			Consommation totale (kg/pers/an)	Hors auto-consommation (kg/pers/an)	Auto-consommation (kg/pers/an)	
Poissons	611	Poissons frais	4,76	4,52	0,24	5,04
Légumes-feuilles	2211	Laitues	4,80	2,60	2,20	45,83
	2210	Autres salades	3,79	1,94	1,85	48,12
Légumes-fruits	224	Tomates	11,10	7,74	3,36	30,27
Légumes-racines	21	Pommes de terre	29,48	21,04	8,44	28,63
	222	Carottes	8,65	6,07	2,58	29,83
Fruits	321	Pommes	16,62	15,37	1,25	7,52
Viande de bœuf	411	Bœuf	11,03	10,98	0,05	0,45
Volailles	51	Volaille	19,40	14,40	5	25,77
Produits laitiers	7111	Lait vrac cru	9,05*	6,84*	2,21	24,42
Œufs	54	Œufs	149,78*	108,56*	41,22*	27,52

* exprimée en l/pers/an ou unités/pers/an

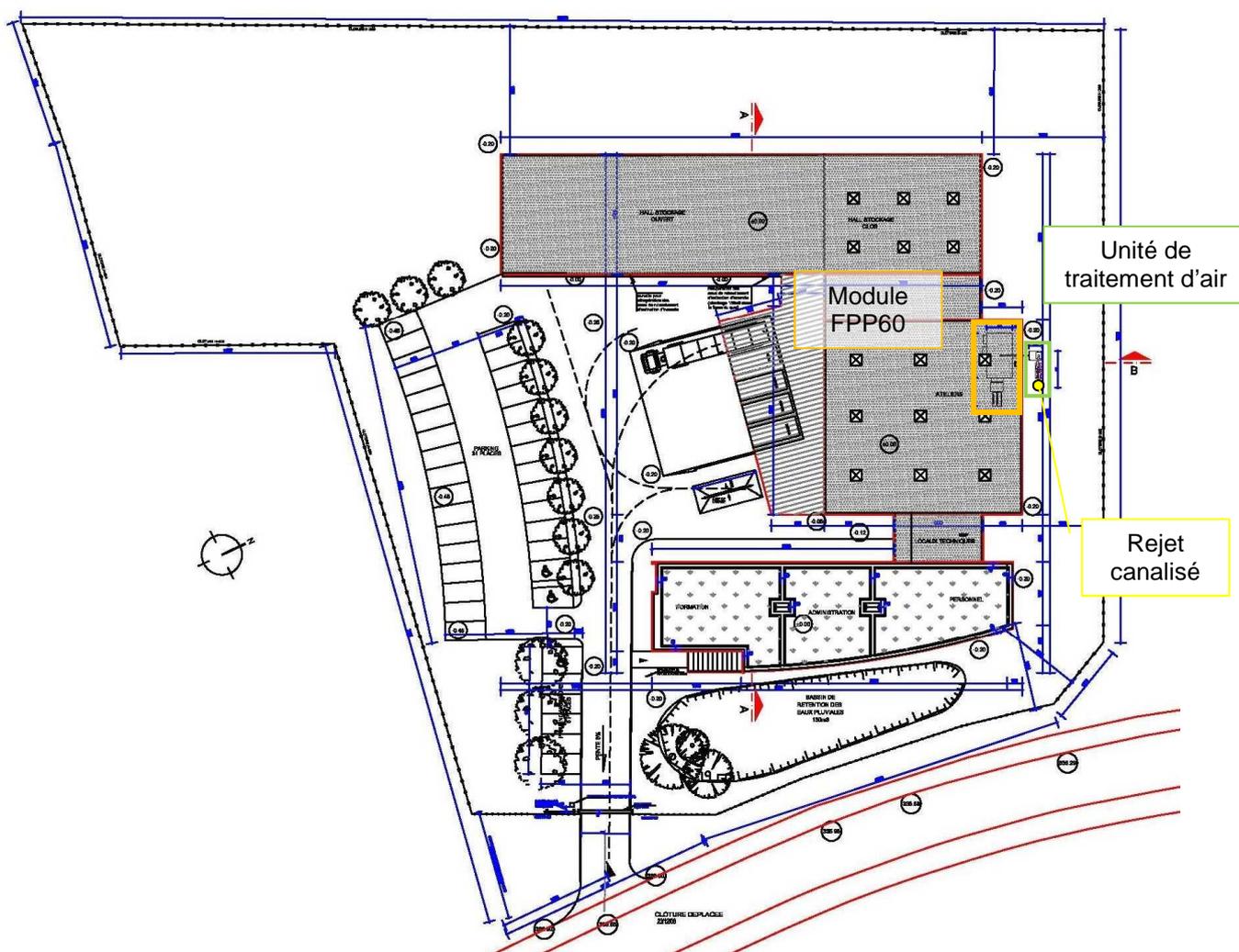
NB : L'autoconsommation, au sens large, concerne la consommation de l'ensemble des denrées alimentaires obtenues gratuitement du fait de la production du ménage ou de dons provenant d'autres ménages, du moment que les produits donnés n'ont pas été achetés dans le commerce. Ces aliments sont les fruits et légumes issus des jardins potagers et des vergers, les viandes et volailles provenant des élevages particuliers, les produits de la pêche, de la chasse et de la cueillette (ORSMIP. Autoconsommation et évaluation des risques sanitaires liés à l'environnement. Etude de faisabilité d'une enquête alimentaire en Midi-Pyrénées. 2003).

4 INVENTAIRE DES SOURCES D'EMISSION ATMOSPHERIQUE

4.1 En fonctionnement normal

En fonctionnement normal, le projet d'implantation de la ligne de traitement des écrans plats générera un unique rejet canalisé. Ce rejet canalisé correspondra à la cheminée du système de traitement d'air.

Le plan suivant localise la cheminée du système de traitement d'air de la nouvelle ligne de traitement des écrans plats LCD sur le site de Limoges.



Des recherches ont montré que le mercure est présent dans les lampes fluorescentes usagées sous forme de mercure élémentaire (mercure métallique) ou de mercure inorganique (Hg^+ ou Hg^{2+})².

² The location and character of mercury in waste LCD backlights. Project code : MDD028. Wrap. December 2010

4.2 En fonctionnement dégradé

Le fonctionnement dégradé correspond à des évènements prévisibles hors risques majeurs : entretien, remplacements d'équipements, phases de démarrage ou d'arrêt, dysfonctionnement prévisible des systèmes de traitement des effluents, etc.

Dans le cadre de la présente étude, il n'est pas identifié de fonctionnement en mode dégradé du système de traitement d'air susceptible de générer des rejets atmosphériques différents du fonctionnement normal.

Le système de traitement d'air, pris en compte dans l'étude, fera l'objet d'un entretien, d'une maintenance préventive et de contrôles annuels conformes aux recommandations du fournisseur et une analyse annuelle au point de rejet par un organisme agréé.

Ces actions préventives permettront d'éviter toute saturation des filtres à charbon et de ce fait des niveaux de concentration en mercure supérieurs à la garantie constructeur de 0,020 mg/m³.

Par ailleurs, des consignes d'exploitation seront rédigées avant le démarrage de l'installation. Celles-ci définiront les mesures techniques et organisationnelles mises en place par la société La Boîte à Papiers afin de s'assurer du bon fonctionnement du système de traitement d'air lors du fonctionnement de la ligne de traitement des écrans plats LCD.

5 IDENTIFICATION DES DANGERS ET EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE

5.1 Sélection des substances traceurs de risque

La sélection des substances présentes dans l'environnement peut résulter de la combinaison des critères suivants :

- ✓ La dangerosité de la substance (toxicité et/ou cancérogénicité)

La dangerosité de la substance se caractérise par l'affectation d'une Valeur Toxicologique de Référence pour des effets chroniques et cancérigènes, présente dans la littérature (ANSES, US-EPA, ATSDR, OMS, Health Canada, RIVM, OEHHA).

- ✓ Le comportement de la substance dans le milieu naturel

Le comportement de la substance dans le milieu naturel se caractérise par son facteur de bioconcentration (BCF) caractérisant son comportement dans les différents compartiments de l'environnement à travers les différentes voies possibles de transfert (ex : la chaîne alimentaire).

- ✓ La quantité de substance émise dans le milieu récepteur (flux)

La quantité de substances émise dans le milieu récepteur se caractérise par le flux généré.

Le tableau ci-après applique la règle de sélection décrite ci-avant.

Polluant	Toxicité		Cancérogénicité	Comportement dans le milieu naturel (BCF)	Quantité émise (kg/h)	Sélection
	Inhalation	Ingestion				
Mercure	O	O	N	O	3.10 ⁻⁵	O

O : Oui N : Non

5.2 Identification des effets sanitaires des substances retenues

5.2.1 *Valeurs Toxicologiques de Référence*

La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence est basée sur la méthodologie proposée par la circulaire n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014³

Elle a été préférentiellement étudiée dans le cas de figure suivant : plusieurs VTR sont disponibles dans les bases de données des organismes cités ci-après pour un même effet critique, une même voie d'exposition et une même durée d'exposition. La hiérarchisation présentée ci-dessous, pour la consultation des bases de données et la sélection des VTR, a donc été appliquée dans la présente étude :

- **Pour les substances non cancérigènes (effets à seuil)** : successivement l'ANSES, l'US-EPA, l'ATSDR, l'OMS, l'Health Canada, le RIVM et en dernier lieu l'OEHHA ;
- **Pour les substances cancérigènes (effets sans seuil)** : successivement l'ANSES, l'US-EPA, l'OMS, le RIVM et en dernier lieu l'OEHHA. La définition des classes de cancérogénicité est reportée ci-après.

³ Relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués

Organisme	Classes de cancérogénicité	
Health Canada	Groupe I	: Cancérogène pour l'être humain
	Groupe II	: Probablement cancérogène pour l'être humain
	Groupe III (A-B-C-D)	: Susceptible d'être cancérogène pour l'être humain
	Groupe IV (A-B-C-D)	: Peu susceptible d'être cancérogène pour l'être humain
	Groupe V (A-B-C)	: Probablement non cancérogène pour l'être humain
	Groupe VI (A-B-C)	: Inclassable en ce qui concerne la cancérogénicité chez l'être humain
IARC (OMS)	Catégorie 1	: Cancérogène pour l'homme
	Catégorie 2A	: Cancérogène probable pour l'homme
	Catégorie 2B	: Cancérogène possible pour l'homme
	Catégorie 3	: Inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme
	Catégorie 4	: Probablement non cancérogène pour l'homme
Règlement n°1272/2008 du 16 décembre 2008 ⁴	Catégorie 1	: Cancérogènes avérés ou présumés pour l'être humain
	Catégorie 1A	: Réunissant les substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré, la classification dans cette catégorie s'appuyant largement sur des données humaines
	Catégorie 1B	: Réunissant les substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé ; la classification dans cette catégorie s'appuyant largement sur des données animales
	Catégorie 2	: Substances suspectées d'être cancérogènes pour l'homme
US-EPA	Classe A	: Substance cancérogène pour l'homme
	Classe B1/B2	: Substance probablement cancérogène pour l'homme
	Classe C	: Cancérogène possible pour l'homme
	Classe D	: Substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme
	Classe E	: Substance pour laquelle il n'existe pas de preuve de non cancérogénicité pour l'homme

Le résultat de la sélection des VTR est repris dans le tableau ci-après.

Voie d'exposition préférentielle	Valeur Toxicologique de Référence	Facteur d'incertitude	Organe cible	Source bibliographique Date de création/révision
Mercuré élémentaire				
Inhalation	Effets à seuil : REL = 3.10^{-2} µg/m ³	300	Effets à seuil : SNC	Effets à seuil : OEHHA, 2008 Retenue par INERIS ⁵
	Effets sans seuil : /	/	Effets sans seuil : /	Effets sans seuil : /
Mercuré inorganique				
Ingestion	Effets à seuil : ADI = 4 µg/kg/sem	ND	Effets à seuil : Rein	Effets à seuil : EFSA, 2012 Retenue (ou construite) par ANSES ⁶
	Effets sans seuil : /	/	Effets sans seuil : /	Effets sans seuil : /

⁴ Relatif à la classification, l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, et modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n°1907/2006

⁵ Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l'INERIS. Mise à jour fin 2017. INERIS. Rapport d'étude DRC-17-163632-11568A du 24 janvier 2018

⁶ VTR construites et choisies par l'ANSES. Date de mise à jour : 10/08/2018

Voie d'exposition préférentielle	Valeur Toxicologique de Référence	Facteur d'incertitude	Organe cible	Source bibliographique Date de création/révision
Mercure organique CH₃Hg⁺				
Ingestion	Effets à seuil : ADI = 1,30 µg/kg/sem	100	Effets à seuil : Rein	Effets à seuil : EFSA, 2012 Retenue (ou construite) par ANSES ⁷
	Effets sans seuil : /	/	Effets sans seuil : /	Effets sans seuil : /

ND : Non disponible dans la littérature

5.2.2 Etudes sanitaires environnementales

D'après les instances nationales spécialisées en épidémiologie traitant de la santé et de l'environnement, notamment les Cellules Interrégionales d'Epidémiologie, l'Institut de Veille Sanitaire et les Observatoires Régionaux de Santé, aucune étude épidémiologique locale, et portant sur des activités similaires à celles de La Boîte à Papiers, n'est à ce jour disponible.

5.2.3 Données sanitaires locales

Les données sanitaires locales sont issues de la base de données SCORE Santé disponible sur le site Internet de la Fédération Nationale des Observatoires Régionaux de la Santé (FNORS) (www.scoresante.org).

Cette base de données fournit des résultats de mortalité de la population par département exprimés en Indice Comparatif de Mortalité (ICM). Cet indice permet de comparer, globalement ou pour une cause médicale de décès donnée, la mortalité dans un département, avec la moyenne nationale. Il s'agit d'un rapport en base 100 du nombre de décès observé dans une zone géographique au nombre de décès qui serait obtenu si les taux de mortalité pour chaque tranche d'âge dans cette zone étaient identiques aux taux de France métropolitaine. L'ICM France métropolitaine étant égal à 100, un ICM de 107 signifie une mortalité supérieure de 7 % à la moyenne nationale et un ICM de 84 une sous-mortalité de 16 % par rapport à cette moyenne.

Le tableau suivant récapitule les résultats d'ICM pour différentes pathologies (tumorales et non tumorales) impactant les organes cibles du mercure.

	Mortalité tous âges dans le département de la Haute-Vienne 2013
Cancer du rein	128
Cancer du système nerveux central	103
Cancer du rein (mortalité prématurée)	129
Cancer du système nerveux central (mortalité prématurée)	121

A la lecture de ce tableau, la population résidant dans le département de la Haute-Vienne présente une surmortalité significative par rapport à la population nationale.

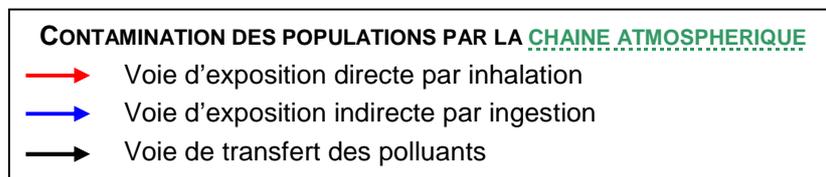
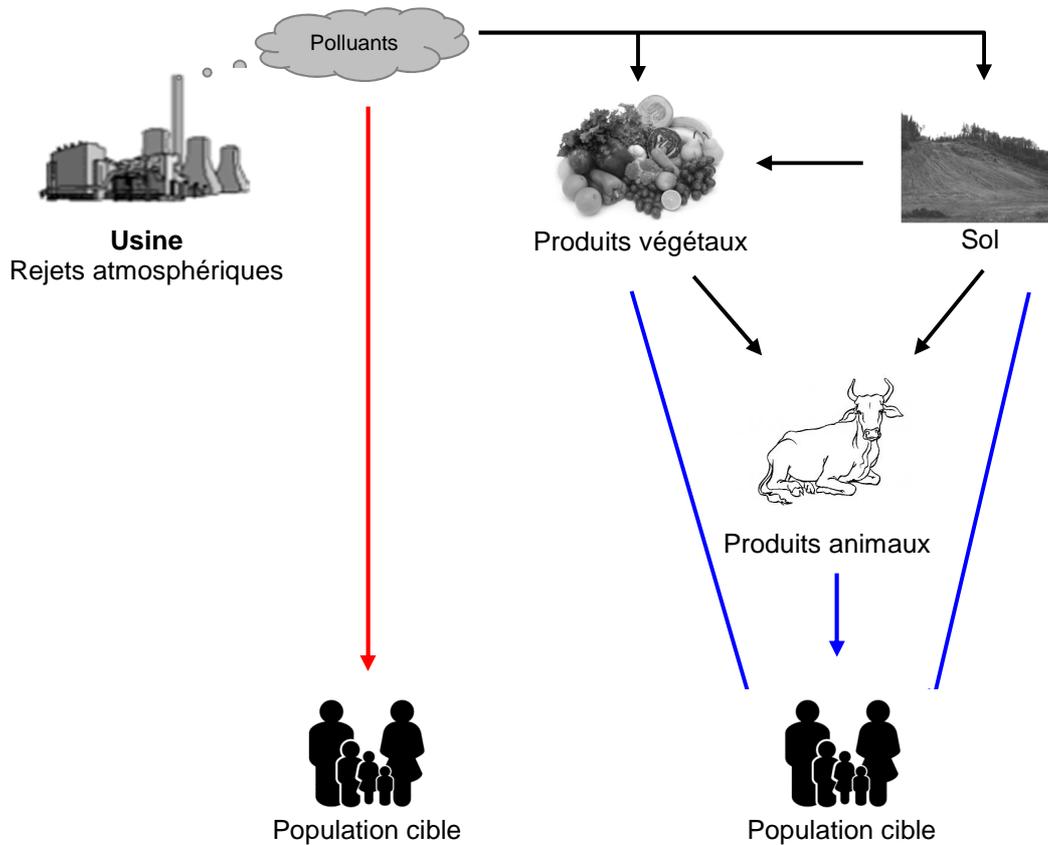
⁷ VTR construites et choisies par l'ANSES. Date de mise à jour : 10/08/2018

5.3 Description des modes de transfert des substances retenues

Le devenir d'une substance est conditionné par ses propriétés physico-chimiques et par les conditions environnementales. A partir d'un compartiment, la substance peut :

- ✓ Être transportée vers un autre compartiment (dispersion atmosphérique du polluant) ;
- ✓ Être transportée par voie physique (photolyse), chimique (hydrolyse, oxydation, etc.) ou biologique (dégradation aérobie ou anaérobie) ;
- ✓ S'accumuler (bioconcentration et biomagnification) dans la chaîne alimentaire (végétaux, animaux).

Les voies de communication par la chaîne atmosphérique sont résumées sur le schéma suivant.



Mercure⁸

Le mercure est faiblement mobile dans le sol. Mis en contact avec le sol, il est rapidement immobilisé (par les oxydes de fer, d'aluminium et le manganèse et surtout par la matière organique) et a tendance à rester dans les horizons de surface.

Le mercure élémentaire et les composés organiques du mercure sont volatils. Les composés inorganiques le sont très peu.

Le mercure métallique est essentiellement absorbé par voie pulmonaire. De manière générale, le mercure métallique et inorganique présente un faible taux d'absorption par voie orale et encore plus faible par voie cutanée. Quelle que soit la forme de mercure considérée, il est distribué dans tout l'organisme, mais se retrouve préférentiellement au niveau des reins, du foie et du cerveau.

Le métabolisme du mercure a lieu au niveau des poumons, des hématies, du foie et du cerveau.

Aucune donnée concernant l'absorption du mercure organique par inhalation n'est disponible. Cependant, des preuves indirectes indiquent que ce mercure peut être absorbé à travers les poumons : 6 heures après l'inhalation de diméthylmercure radioactif, de la radioactivité a été retrouvée dans les urines (Ostlund, 1969).

Chez l'homme exposé au mercure élémentaire, les organes cibles sont le système nerveux central et les reins.

Le mercure des composés organiques est beaucoup plus facilement absorbé et transféré vers les parties aériennes des végétaux que le mercure des sels minéraux.

⁸ Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Mercure et ses dérivés. INERIS. Version 4.1 Décembre 2016

6 EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS

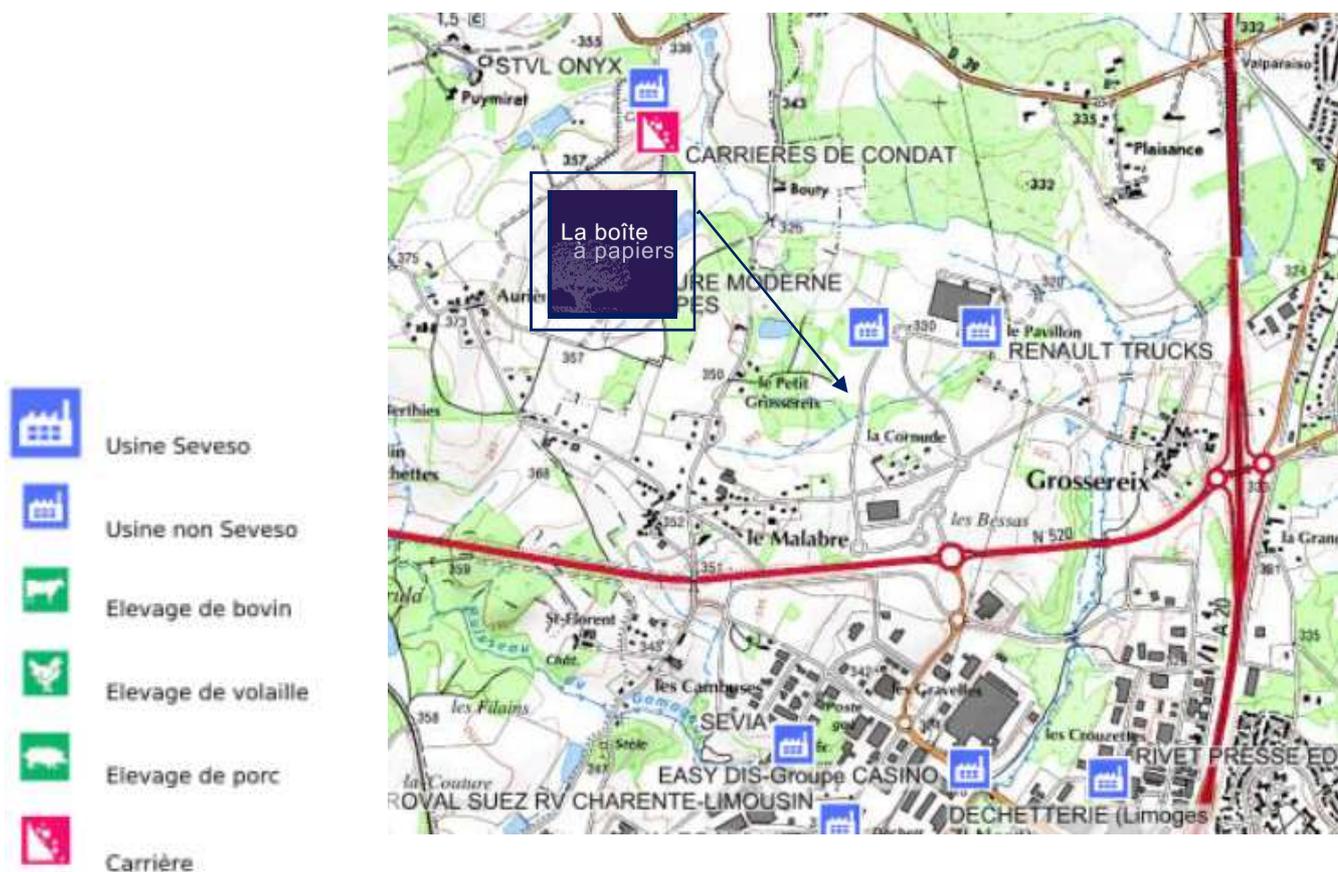
6.1 Caractéristiques de l'environnement du site

6.1.1 *Identification des sources de pollution existantes*

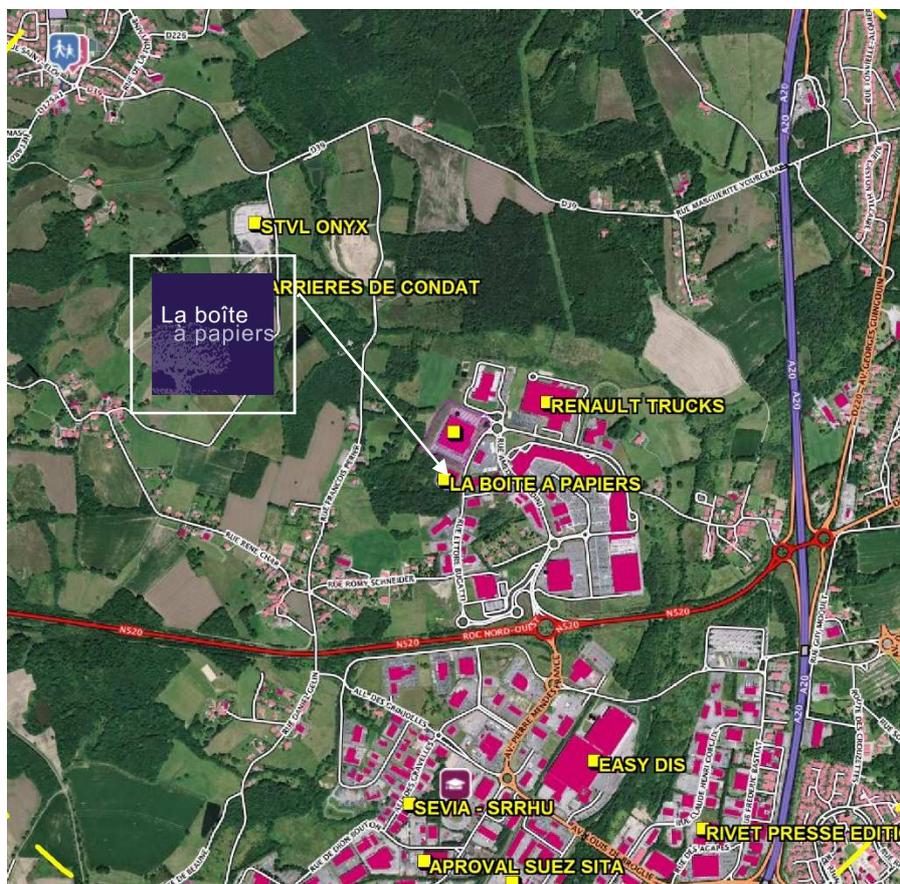
Les sources de pollution existantes sur la commune de Limoges sont principalement caractérisées par le trafic routier des axes de circulation environnants (N520, D39, A20).

La station de mesure d'Atmo Nouvelle Aquitaine la plus proche est située à Limoges Le Palais sur Vienne (en milieu urbain) à plus de 2 km du site de La Boîte à Papiers. Du fait de cette distance, les données mesurées par cette station ne permettent pas de caractériser l'air ambiant autour du site de Limoges et ne sont donc pas représentatives de la qualité de l'air dans le secteur étudié.

Des établissements classés ICPE susceptibles de générer des rejets à l'atmosphère sont présentes dans le secteur d'étude ( <http://www.georisques.gouv.fr/>), comme le montre la cartographie ci-après.



Au regard des informations consultables sur le site Internet du registre français des émissions polluantes⁹, aucune de ces activités industrielles n'a déclaré d'émissions à l'atmosphère.



Nom de l'établissement	Régime administratif	Activité	Rubrique ICPE
Aproval 87	Autorisation	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	167, 2710, 2718, 2791, 286, 329
Easy DIS-Groupe CASINO	Autorisation	Entreposage et services auxiliaires des transports	1510
La Boîte à Papiers (ZIN 3)	Autorisation	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	2711 et 2718
Renault Trucks	Autorisation	Industrie automobile	2560, 2563, 2565, 2566, 2931
Rivet Presse Edition	Autorisation	Imprimerie	2450
SEVIA	Autorisation	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	2718, 3550
Carrières de Condat	Autorisation	Autres industries extractives	2510 et 2515
STVL ONYX	Autorisation	Autres industries extractives	2510 et 2515

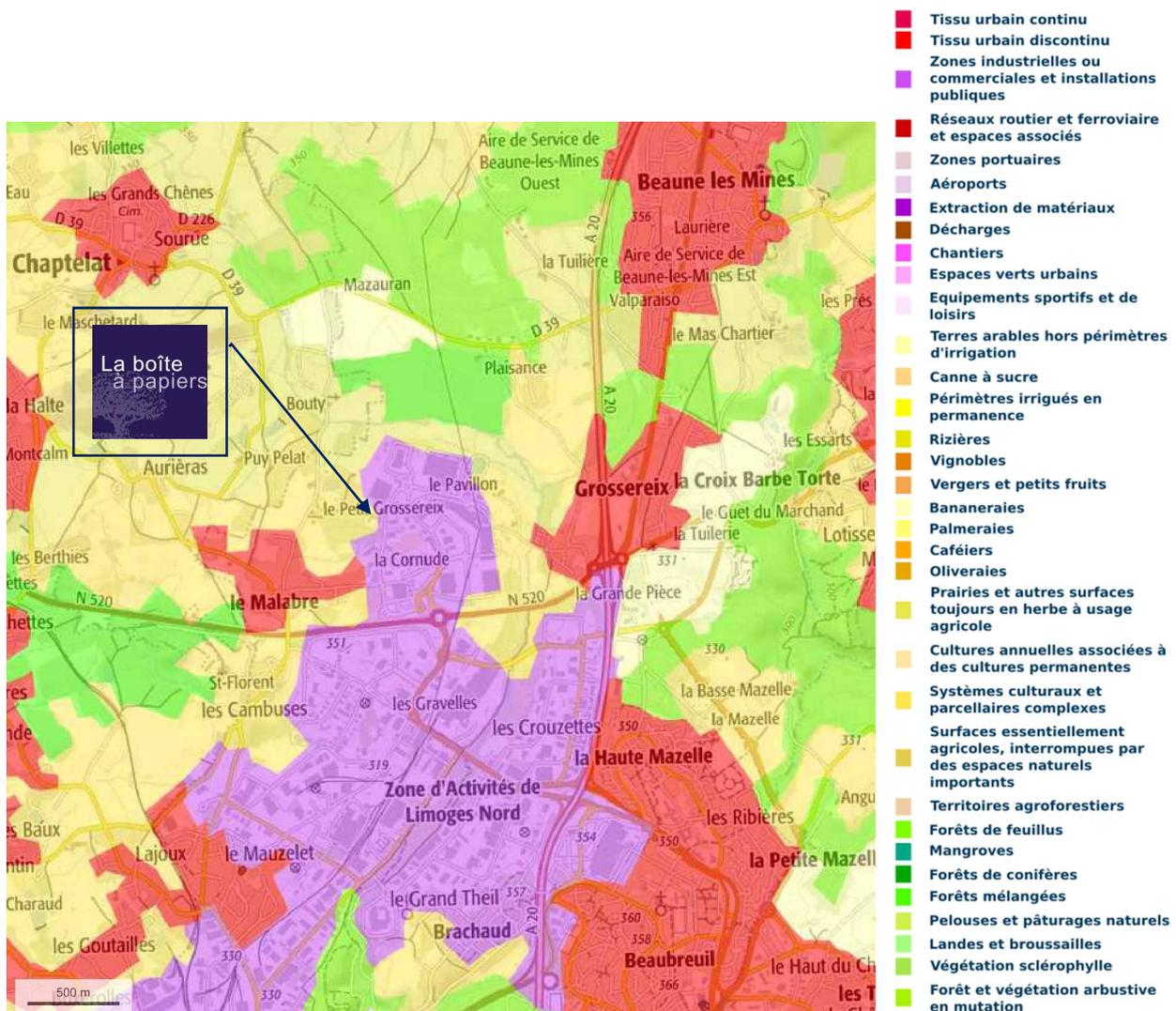
⁹ <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep-registre-des-emissions-polluantes>

6.1.2 Description des milieux d'exposition des populations

Le site de La Boîte à Papiers est situé sur la ZI Nord n°3 de Limoges.

Comme le montre le plan ci-après, l'aire d'étude (3 km x 3 km centrés sur le site) est préférentiellement caractérisée par des parcelles cultivées/cultivables, des espaces boisés et des espaces commerciaux.

Les milieux d'exposition ainsi identifiés (parcelles cultivées/cultivables, espaces boisés, centre-ville et établissements recevant du public) permettent ainsi d'orienter les modes de contamination des populations susceptibles d'être exposées au rejet atmosphérique du site de La Boîte à Papiers, en l'occurrence par contact direct lié à l'inhalation des polluants ou indirect par ingestion de produits alimentaires contenant des dépôts issus du rejet du système de traitement d'air de la nouvelle ligne de traitement des écrans plats LCD.



6.1.3 Description des populations environnantes

Les premières habitations sont situées à 250 m à l'Ouest du site La Boîte à Papiers.

Les populations environnantes sont celles des communes de l'aire d'étude (3 km x 3 km centrés sur le site), à savoir les communes de Chaptelat, Couzeix et Limoges. Au vu du tableau présenté au paragraphe 3.2, 144 761 personnes habitant ces communes situées dans l'aire d'étude sont susceptibles d'être exposées au rejet atmosphérique du site de La Boîte à Papiers.

D'autres types de populations peuvent également être exposés par inhalation et/ou ingestion dans l'aire d'étude. Il s'agit des populations sensibles telles que décrites au paragraphe 3.4.3. Ces populations fréquentent certains établissements, comme :

- ✓ Les établissements de santé (hôpitaux, cliniques, maternités, etc.) ;
- ✓ Les établissements pour personnes handicapées ;
- ✓ Les établissements pour personnes âgées (maisons de retraite, etc.) ;
- ✓ Les crèches et les halte-garderies ;
- ✓ Les établissements d'enseignement maternel et primaire ;
- ✓ Les établissements d'enseignement secondaire (collèges, lycées, le cas échéant classes préparatoires aux grandes écoles).

Ces populations sensibles représentent 16 153 personnes sur l'ensemble de l'aire d'étude.

6.2 Identification des voies d'exposition et des populations exposées

Les polluants caractérisant les rejets atmosphériques (cf. paragraphe 5) présentent des effets chroniques et/ou cancérigènes pour les voies d'exposition par inhalation et par ingestion.

Dans ce contexte, les populations de l'aire d'étude sont susceptibles d'être exposées au rejet canalisé du site directement par inhalation ou indirectement par ingestion.

Les deux scénarios d'exposition seront donc étudiés dans la suite de l'étude.

6.3 Description des niveaux de pollution des substances sélectionnées

Le flux de mercure a été déterminé sur la base des valeurs limites fournies par l'installateur du système de traitement d'air. Le tableau ci-après recense le niveau de pollution du mercure retenu dans la présente étude.

Substances	Emission	Flux (kg/h)
Mercure	Canalisée	$3 \cdot 10^{-5}$ kg/h

7 MODELISATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION

Une modélisation de la dispersion des rejets atmosphériques a été menée afin de déterminer les niveaux de concentration au sol des différents polluants retenus, avec le logiciel ADMS, développé par NUMTECH qui est reconnu par l'INERIS, l'InVS et l'US-EPA comme la nouvelle génération des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique.

Ce logiciel permet un calcul de dispersion pour chaque donnée météorologique tri-horaire et cela sur du long terme (3 ans). Il tient compte des conditions météorologiques passées.

Le rapport de la dispersion atmosphérique est consultable en annexe 2 du présent rapport.

Les résultats du calcul du logiciel ADMS s'expriment en :

- ✓ Niveaux de concentration au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- ✓ Dépôts secs ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) ;
- ✓ Dépôts humides ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$).

7.1 Hypothèses des scénarios d'exposition

Le détail des sources de données considérées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique est repris dans le tableau ci-après.

Type d'émission	Sources d'émission	Résultats d'analyses
Canalisée	Cheminée du système de traitement d'air	Valeurs limites de concentration fournies par l'installateur du système de traitement d'air

Les données d'entrées considérées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont reprises dans le tableau ci-après.

	mercure
Flux	3.10^{-5} kg/h
Débit rejeté	1 500 m ³ /h
Concentration en sortie de filtre	0,020 mg/m ³
Température minimale du rejet	+2°C / t°C intérieure (16°C hiver, 25°C été)
Vitesse d'éjection	15-20 m/s
Hauteur du rejet	1 m
Diamètre au rejet	0,16 m
Taux de modulation des installations	52 semaines - 5 jours / semaine 7 h à 14 h par jour de novembre à avril (7 h par jour) 7 h à 17 h de mai à octobre (10 h par jour) Saturation du système de filtres à charbon : 2% de casse des ampoules de rétroéclairage

7.2 Résultats de la dispersion atmosphérique

7.2.1 *Exposition de la population par inhalation*

Le tableau ci-après présente les résultats de la dispersion atmosphérique au point de retombées maximales.

Concentration moyenne dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Récepteur retenu : RETMAX
Mercure	2,90E-04

7.2.2 *Exposition de la population par ingestion*

Le tableau ci-après présente les résultats de la dispersion atmosphérique au point de retombées maximales.

	Récepteur retenu : RETMAX
	Mercure
Dépôts secs ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	4,20E-06
Dépôts humides ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)	3,97E-08

7.3 Contamination des milieux récepteurs

7.3.1 *Méthodologie*

La contamination des milieux récepteurs a été calculée en exploitant les formulations et recommandations publiées dans les études suivantes :

- ✓ US-EPA, HHRAP. EPA530-R-05-006 : Human Health Risk Assessment Protocol for hazardous waste combustion facilities, Rapport final. Septembre 2005 ;
- ✓ INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion. Partie 2 : Exposition par voies indirectes. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Juin 2003 ;
- ✓ US-EPA. EPA/600/R-09/052A. Exposure Factors Handbook 2009 Update (External Review Draft). Office Research and Development. National Center for Environmental Assessment. Juillet 2009.

7.3.2 Présentation des voies d'exposition

Les milieux récepteurs considérés dans le présent rapport sont de différentes natures et ont été choisis en fonction des caractéristiques des polluants émis par La Boîte à Papiers :

- ✓ Les sols ;
- ✓ Les légumes-feuilles ;
- ✓ Les légumes-fruits ;
- ✓ Les légumes-racines ;
- ✓ Les fruits ;
- ✓ Les viandes ;
- ✓ Les volailles ;
- ✓ Les œufs ;
- ✓ Les produits laitiers.

La contamination des milieux vise ainsi à quantifier l'exposition indirecte des populations par l'ingestion de ces différents produits alimentaires, exprimée en Dose Ingérée (DI) pour des effets chroniques et/ou des effets cancérogènes.

Cette exposition est considérée pour un fonctionnement du site de la Boîte à Papiers durant 30 ans, avec un temps de présence des populations environnantes de 365 jours par an.

7.3.3 Présentation des cibles retenues

2 tranches d'âge ont été choisies au travers des caractéristiques des polluants émis par le site La Boîte à Papiers de Limoges :

- ✓ Les enfants (de 1 an à 14 ans), pour un poids corporel pris égal à 23 kg ;
- ✓ Les adultes (plus de 14 ans), pour un poids corporel pris égal à 67,2 kg.

Dans le cadre de l'étude, il est considéré que les nourrissons sont nourris au lait maternel, la tranche d'âge « nourrissons » n'a pas été considérée dans la suite de l'étude des risques sanitaires.

7.3.4 Phénomènes de transfert étudiés

La contamination du sol et des végétaux est déterminée à partir des dépôts secs et humides, issus des modélisations des dispersions atmosphériques.

A noter qu'aucun phénomène de dégradation des polluants dans les sols n'est pris en compte dans la présente étude : les polluants s'accumulent dans les sols pendant la durée de fonctionnement de La Boîte à Papiers (prise égale à 30 ans). Nous considérons ainsi que :

- La contamination du sol se fait directement par les retombées particulaires ;
- La contamination des végétaux aériens non protégés par une enveloppe externe se fait par les retombées particulaires et par le transfert racinaire des polluants depuis le sol ;
- La contamination des végétaux aériens non protégés par une enveloppe externe (comme les céréales) se fait par transfert racinaire ;
- La contamination des animaux se fait par l'ingestion de sols et d'aliments cultivés (herbes, céréales, terre).

L'ensemble des données d'entrée considérées pour les scénarios d'ingestion due aux retombées au sol du rejet atmosphérique émis par le projet de La Boîte à Papiers est repris en annexe 3 du présent dossier.

7.3.4.1 Détermination des dépôts au sol

Les dépôts de polluant au sol sont déterminés à partir du dépôt de polluants sous forme particulaire et du dépôt de polluant sous forme gazeuse, de la masse volumique du sol et de l'épaisseur de la couche de sol où s'accumule le polluant.

7.3.4.2 Détermination de la concentration de polluant dans les végétaux

La concentration de polluant dans les végétaux est déterminée à partir de la concentration de polluant dans la plante liée au dépôt particulaire et au transfert racinaire à partir du sol.

7.3.4.3 Détermination de la concentration de polluant dans les produits animaux

La concentration de polluant dans les produits animaux est déterminée à partir de la quantité de végétaux consommée quotidiennement par l'animal, la concentration de polluant dans le végétal consommé par l'animal, la quantité de sol ingéré quotidiennement par l'animal, la concentration de polluant dans le sol, le facteur de biodisponibilité relative du polluant dans le sol par rapport à la biodisponibilité du polluant dans les végétaux consommés par l'animal et le facteur de biotransfert du polluant dans le végétal et l'animal.

7.3.4.4 Détermination des doses ingérées en fonction des cibles retenues

La dose d'exposition liée à l'ingestion de sol est déterminée à partir de la quantité de sol ingéré par jour par la cible, la concentration de polluant dans le sol, le facteur de biodisponibilité relative du polluant dans le sol par rapport à la biodisponibilité du polluant dans les végétaux, du nombre de jours d'exposition par an, du poids de la cible.

La dose d'exposition liée à l'ingestion d'aliments (végétaux et animaux) est déterminée à partir de la quantité d'aliment ingéré par jour par la cible, la concentration de polluant dans l'aliment, la fraction d'aliment provenant de la zone d'exposition, du nombre de jours d'exposition par an, du poids de la cible.

Le détail des données ingérées est repris dans le tableau ci-après.

Substances	Sol		Végétaux						Animaux				Lait maternel pour nourrisson (µg/L de lait)
	Zone surfacique (µg/kg de sol)	Zone racinaire (µg/kg de sol)	Herbe (µg/kg de MF)	Légumes feuilles (µg/kg de MF)	Légumes fruits (µg/kg de MF)	Légumes racines (µg/kg de MF)	Fruits (µg/kg de MF)	Céréales (µg/kg de MF)	Bœuf (µg/kg de MF)	Volaille (µg/kg de MF)	Lait de vache (µg/kg de MF)	Œuf (µg/kg de MF)	
Mercure	2,67E+02	1,34E+01	2,74E+00	9,22E-01	4,35E-01	1,32E+00	6,15E-01	2,54E-01	2,32E-01	1,93E-02	1,32E-01	1,93E-02	/

7.4 Résultats des scénarios d'ingestion considérés

Le tableau ci-après reprend les résultats des doses ingérées des polluants retenus. D'une manière majorante, les doses ingérées ne prennent pas en compte l'exposition des populations par l'ingestion de produits alimentaires basée sur les résultats statistiques des données d'autoconsommation alimentaire provenant de l'enquête de l'INSEE de 1991, et notamment pour la ZEAT 7 – Sud-Ouest (rassemblant les régions Aquitaine, Limousin, Midi-Pyrénées).

Substances	Doses ingérées en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ RETMAX	
	Enfant	Adulte
Mercure	3,23E-03 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$	1,25E-03 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$

Il a été retenu les coefficients de biotransfert du méthylmercure CH_3Hg^+ plutôt que le chlorure de mercure HgCl_2 , et ce en l'absence de données relatives au mercure.

8 CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE

8.1 Exposition directe par inhalation : Effets à seuil

La caractérisation du risque sanitaire pour des substances à seuil consiste à calculer un quotient de danger (QDi) par inhalation, qui est le rapport entre la concentration inhalée (CI) et la Valeur Toxicologique de Référence pour la voie d'exposition considérée.

$$QDi = \frac{CI}{CA}, \text{ avec } CI = \frac{C \times DE}{TP}$$

C Concentration de la substance polluante dans le milieu récepteur (mg/m^3), issue de la dispersion des rejets atmosphériques

DE Durée d'exposition (années)

TP Temps de pondération (durée (années) sur laquelle la dose est pondérée)

CA Concentration admissible ($\mu g/m^3$) = VTR

Le temps de pondération est identique à la durée d'exposition (TP = DE) pour les effets à seuil (effets chroniques).

Un QDi inférieur à 1 signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger. Un QDi supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer, sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

Le tableau ci-après récapitule les QDi pour chaque substance à seuil retenue.

	RETMAX		
	CI ($\mu g/m^3$)*	VTR ($\mu g/m^3$)	QDi
Mercure	2,90E-04	3,00E-02	9,67E-03

* Résultats de la dispersion atmosphérique ADMS

Le quotient de danger par inhalation calculé pour les effets à seuil au point de retombées maximales est inférieur à 1. De ce fait, l'exploitation du projet de La Boîte à Papiers ne présentera pas d'effets chroniques sur la santé publique.

8.2 Exposition indirecte par ingestion : Effets à seuil

La caractérisation du risque sanitaire pour des substances à seuil consiste à calculer un quotient de danger (QDo) par ingestion, qui est le rapport entre la dose ingérée totale (DI) et la Valeur Toxicologique de Référence pour la voie d'exposition considérée.

$$QDo = \frac{DI}{VTR}, \text{ avec } DI = \frac{D \times DE}{TP}$$

D Dose ingérée de la substance polluante en considérant les différents compartiments ($\mu g/kg/j$)

DE Durée d'exposition (années)

TP Temps de pondération (durée (années) sur laquelle la dose est pondérée)

VTR exprimée en $\mu g/kg/j$

Le temps de pondération est identique à la durée d'exposition (TP = DE) pour les effets à seuil (effets chroniques).

Un QDo inférieur à 1 signifie que la population exposée est théoriquement hors de danger. Un QDo supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer, sans qu'il soit possible de prédire la probabilité de survenue de cet événement.

Le tableau ci-après récapitule les QDo pour chaque substance à seuil retenue.

		RETMAX		
		Dose d'exposition totale ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/j)	VTR ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/j)	QDo
Mercure	Enfant	3,23E-03	1,86E-01	1,74E-02
	Adulte	1,25E-03	1,86E-01	6,74E-03

Le quotient de danger par ingestion calculé au point de retombées maximales est inférieur à 1. Il n'est pas identifié d'effets chroniques par ingestion sur la santé publique lors de l'exploitation du projet de La Boîte à Papiers.

8.3 Somme des quotients de danger pour les effets à seuil

Des études ont démontré que l'exposition simultanée à plusieurs substances toxiques peut produire des effets alors que les doses d'exposition à chaque substance sont inférieures aux seuils d'effet respectifs. Les mécanismes d'interaction n'ont que très rarement été décrits à la suite d'essais toxicologiques, et sont très difficilement quantifiables. Néanmoins, de telles interactions peuvent exister, en particulier pour des substances partageant le même mécanisme d'action et les mêmes organes cibles.

Pour les quotients de danger, la règle générale consiste à additionner les quotients de danger des substances provoquant le même effet sur le même organe, par le même mécanisme biologique. Par simplification, il est aussi pratiqué d'additionner l'ensemble des quotients de danger, à titre indicatif, si la somme reste inférieure à 1 (ce qui permet de justifier de l'absence de risque préoccupant).

Le tableau ci-après détaille la somme des quotients de dangers au point de retombées maximales.

		RETMAX	
		Enfant	Adulte
		QD	QD
Mercure	Inhalation	9,67E-03	9,67E-03
	Ingestion	1,74E-02	6,74E-03
Somme des QD		2,71E-02	1,64E-02

La somme des quotients de dangers calculés au point de retombées maximales est inférieure à 1. Le fonctionnement du projet de La Boîte à Papiers ne présentera pas d'effets chroniques sur la santé publique.

9 CONCLUSION

Au terme du projet de la société La Boîte à Papiers sur le site de Limoges, les populations environnantes pourront être exposées directement par inhalation ou indirectement par ingestion au rejet atmosphérique de la nouvelle ligne de traitement des écrans plats LCD.

Conformément à la demande de l'inspection des installations classées de la DREAL, la présente étude a évalué les risques sanitaires présentés par le projet d'implantation d'une ligne de traitement des écrans plats LCD. La quantification des effets sanitaires de ce paramètre a été réalisée sur la base de concentration de $0,02 \text{ mg/m}^3$ de mercure dans le rejet de la cheminée du système de traitement d'air.

Une modélisation de la dispersion atmosphérique a été menée en considérant le rejet canalisé du site La Boîte à Papiers.

Les résultats de la dispersion, s'exprimant en concentrations moyennes dans l'air ($\mu\text{g/m}^3$) et en dépôts secs ou humides ($\mu\text{g/m}^2.\text{s}$) ont été comparés aux Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) disponibles dans la littérature pour la substance retenue et pour chaque effet considéré.

Il s'avère que le risque sanitaire est acceptable à l'encontre des populations environnantes pour des effets chroniques au point de retombées maximales.

10 INCERTITUDES

10.1 Incertitudes pouvant entraîner une sous-estimation du risque sanitaire

- ✓ Pour la dispersion atmosphérique, le risque cumulé lié au bruit de fond n'a pas été étudié dans le cadre de la présente étude, pour les raisons suivantes :
 - La station de mesures appartenant au réseau national de surveillance et d'information sur la qualité de l'air est située à plus de 2 km du site de Limoges. Les niveaux de concentration mesurés par cette station ne seraient donc pas représentatifs de la qualité de l'air autour du site de la société La Boîte à Papiers ;
 - L'environnement proche autour du site de La Boîte à Papiers comprend des activités industrielles et commerciales pouvant altérer la qualité de l'air environnante ;
 - La présente étude a pour objet de conclure sur le risque attribuable spécifiquement aux installations projetées par la société La Boîte à Papiers pour la population environnante.

10.2 Incertitudes pouvant entraîner une sur-estimation du risque sanitaire

- ✓ La détermination des concentrations de mercure présents dans le rejet du système de traitement d'air s'appuie des valeurs maximales fournies par l'installateur.
- ✓ L'évaluation des effets sanitaires du projet a été menée au point de retombées maximales.
- ✓ En raison de méconnaissance sur le phénomène, l'exposition des populations par voie cutanée n'a pas été étudiée dans le cadre de la présente étude.
- ✓ La quantification du risque sanitaire dans le domaine de l'air considère, à partir des résultats de la dispersion atmosphérique des rejets, une pénétration complète dans les habitations des substances dispersées. Elle ne prend pas en compte la dégradation éventuelle des substances pouvant avoir lieu entre l'émissaire et le point de retombées au sol.
- ✓ La présente étude considère une exposition continue des populations aux rejets atmosphériques du site de La Boîte à Papiers, à savoir 24 h/24, 7j/7, 365 j/an pour le scénario d'ingestion.
- ✓ L'évaluation du risque sanitaire pour une exposition indirecte aux rejets atmosphériques, par les retombées au sol et passage dans la chaîne alimentaire, n'a pas pris en compte les phénomènes de lessivage, de lixiviation, de biodégradation, etc. dans le milieu naturel.
- ✓ L'évaluation du risque sanitaire pour une exposition indirecte aux rejets atmosphériques, par les retombées au sol a intégré une contamination humaine par l'ingestion des végétaux via les dépôts atmosphériques issus des rejets de l'installation. Les polluants considérés sous forme particulaire sont absorbés au sein des végétaux par transfert particulaire de l'atmosphère vers les feuilles et par transfert du sol vers les racines. L'absorption de la phase gazeuse des polluants par les végétaux n'a donc pas été étudiée, par méconnaissance sur le phénomène.

10.3 Incertitudes dont l'effet sur la santé est inconnu

- ✓ L'évaluation du risque sanitaire fait appel à des connaissances bibliographiques collectées au moment de la réalisation de la présente étude dans le domaine de l'air. Ces connaissances portent sur les effets sur la santé publique et sur les Valeurs Toxicologiques de Référence disponibles au moment de la rédaction de la présente étude.
- ✓ Les instances nationales consultées dans le cadre de la présente étude ont établi des Valeurs Toxicologiques de Référence en considérant des facteurs d'incertitudes variables.
- ✓ La modélisation atmosphérique se base sur les données transmises par l'installateur du système de traitement d'air et de ce fait ne peut pas être vérifiée avant la mise en service de l'installation.
- ✓ Les données statistiques météorologiques nécessaires à la modélisation atmosphérique sont celles recueillies sur la station météorologique de Limoges-Bellegarde, qui est située à plus de 7 km à vol d'oiseau du site de La Boîte à Papiers. Cette station météorologique a été retenue pour le suivi de données statistiques complètes (nébulosité, vitesse du vent, direction du vent, température, cumul tri-horaire des précipitations).

Ces données d'entrée (mesures ponctuelles et données statistiques météorologiques) pouvant influencer la représentativité d'une estimation avérée des retombées atmosphériques à long terme et d'une exposition des populations environnantes sont toutefois indispensables à la démarche d'évaluation quantitative du risque sanitaire.

- ✓ Les vitesses de dépôts exprimées en m/s et des coefficients de lessivage des polluants dans l'atmosphère sont issues de la bibliographie scientifique. En l'absence de données bibliographiques, ces données sont proposées par défaut dans le logiciel de dispersion atmosphérique ADMS.
- ✓ L'étude des risques sanitaires fait appel à des connaissances bibliographiques collectées au moment de la réalisation de l'étude. Ces connaissances portent sur les effets sur la santé publique, sur les Valeurs Toxicologiques de Référence, sur les facteurs de biotransfert, sur les données d'autoconsommation, sur les poids corporels, etc. disponibles au moment de la rédaction de la présente étude.

11 METHODOLOGIE D'ELABORATION DE L'ETUDE DES RISQUES SANITAIRES

11.1 Etat actuel de l'environnement

La compilation des données d'état initial s'est faite soit par simple consultation papier, soit par consultation des sites Internet et soit par sollicitation de certaines administrations.

Les sources bibliographiques consultées pour l'établissement de l'état initial de la présente étude sont détaillées dans le tableau ci-après.

La compilation des données d'état initial s'est faite soit par simple consultation papier, soit par consultation des sites Internet et soit par sollicitation de certaines administrations.

THEMATIQUE	SOURCE DE L'INFORMATION	INFORMATIONS/DOCUMENTS RECUEILLIS
ETAT INITIAL	IGN	Cartes 1/25 000 2031 E (Limoges, avril 2008), 2030 E (Ambazac, avril 2012), 2030 O (Nantiat, novembre 2012)
	EcoSave	Descriptif environnemental local
MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE	Météo France (publithèque) http://publithèque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp	Données statistiques (vitesse du vent, direction du vent, température de surface, nébulosité, précipitations) tri-horaires sur 3 ans
	IGN	Topographie départementale (Modèle Numérique de Terrain au pas de 100 m)
POPULATIONS SENSIBLES	Ministère de la Santé (FINESS) http://finess.sante.gouv.fr/	Inventaire communal des établissements de santé
		Inventaire communal des établissements pour personnes handicapées
		Inventaire communal des établissements pour personnes âgées
	Inspection académique	Inventaire communal des établissements d'accueil de la petite enfance
Inventaire communal des établissements de l'enseignement primaire (public et privé)		
EPIDEMIOLOGIE	http://lescreches.fr/	Inventaire communal des établissements de l'enseignement secondaire (public et privé)
		Inventaire communal des structures collectives d'accueil d'enfants en bas âges
		Résultats de mortalité de la population par département
DOSE/REPONSE SANITAIRE	Fédération nationale des observatoires régionaux de santé http://www.score-sante.org/	Valeurs Toxicologiques de Référence
	Institut de Veille Sanitaire (Furetox) http://www.furetox.fr/	Valeurs Toxicologiques de Référence
	ANSES https://www.anses.fr/	Fiches toxicologiques et environnementales
	INERIS	Le mesure et ses composés. Comportement dans les sols, les eaux et les boues de sédiments. Rapport final. BRGM-RP51890-FR. Juin 2003
POPULATION	BRGM	Recensement de la population
MILIEUX D'EXPOSITION	INSEE	Cartographie de l'occupation du territoire
ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL	Géoportail http://www.geoportail.fr/	Inventaire des établissements ICPE soumis à autorisation et enregistrement
	Base des Installations Classées http://www.installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr/	Cartographie des établissements ICPE
	http://www.georisques.gouv.fr/	

11.2 Evaluation des effets sur la santé

La présente étude répond aux dispositions de la circulaire DEVP 1311673C du 9 août 2013¹⁰ et de la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014¹¹.

Les guides méthodologiques consultés sont détaillés dans le tableau ci-après.

THEMATIQUE	SOURCE BIBLIOGRAPHIQUE	REFERENCE DU RAPPORT
PROJET DE LA NOUVELLE LIGNE DE TRAITEMENT DES ECRANS PLATS LCD	EcoSave	Dossier de porter à connaissance. Juillet 2018
	MRT System	FFP 60 Recycling with increased efficiency and profitability
	MRT System	Plans de la ligne de traitement
METHODOLOGIE	InVS	Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. 2000
	INERIS	Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées. 2003
	INERIS	Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires. Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées. Impact des activités humaines sur les milieux et la santé. Rapport n° DRC-12-125959-13162B (août 2013)
	INERIS	Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une Grande Installation de Combustion. Partie 1 : Etude de l'exposition et du risque par inhalation. Rapport final n°INERIS-DRC-03-P45956/ERSA-n°93-CBo/GICversionfinale. Mai 2003
	INERIS	Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une Grande Installation de Combustion. Partie 2 : Exposition par voies indirectes. Rapport final n°INERIS-DRC-03-45956/ERSA-n°92-RBn/GICversion4. Juin 2003
	INERIS	Pratique INERIS de choix des valeurs toxicologiques de référence dans les évaluations de risques sanitaires. Rapport d'étude n°INERIS-DRC-05-41113-ETSC/R01a. 2006
	INERIS	Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Rapport d'étude n°DRC-08-94380-11776C. Mars 2009
	InVS, AFSSET	Estimation de l'impact sanitaire d'une pollution environnementale et évaluation quantitative des risques sanitaires. 2005 (version provisoire)
	US-EPA, HHRAP	EPA530-R-05-006. : Human Health Risk Assessment Protocol for hazardous waste combustion facilities, Rapport final. Septembre 2005
	IRSN	Rapport n°DPRE/SERLAB/01-39, Beaugelin-Sellier, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs, Paramètres de transfert. 2001

¹⁰ Relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation

¹¹ Relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués

THEMATIQUE	SOURCE BIBLIOGRAPHIQUE	REFERENCE DU RAPPORT
	INSEE	Michèle BERTAND. Consommation et lieux d'achat des produits alimentaires en 1991, 1993
	InVS	Comparaison de deux modèles gaussiens de dispersion atmosphérique ADMS et ARIA Impact. Septembre 2010

12 ANNEXES

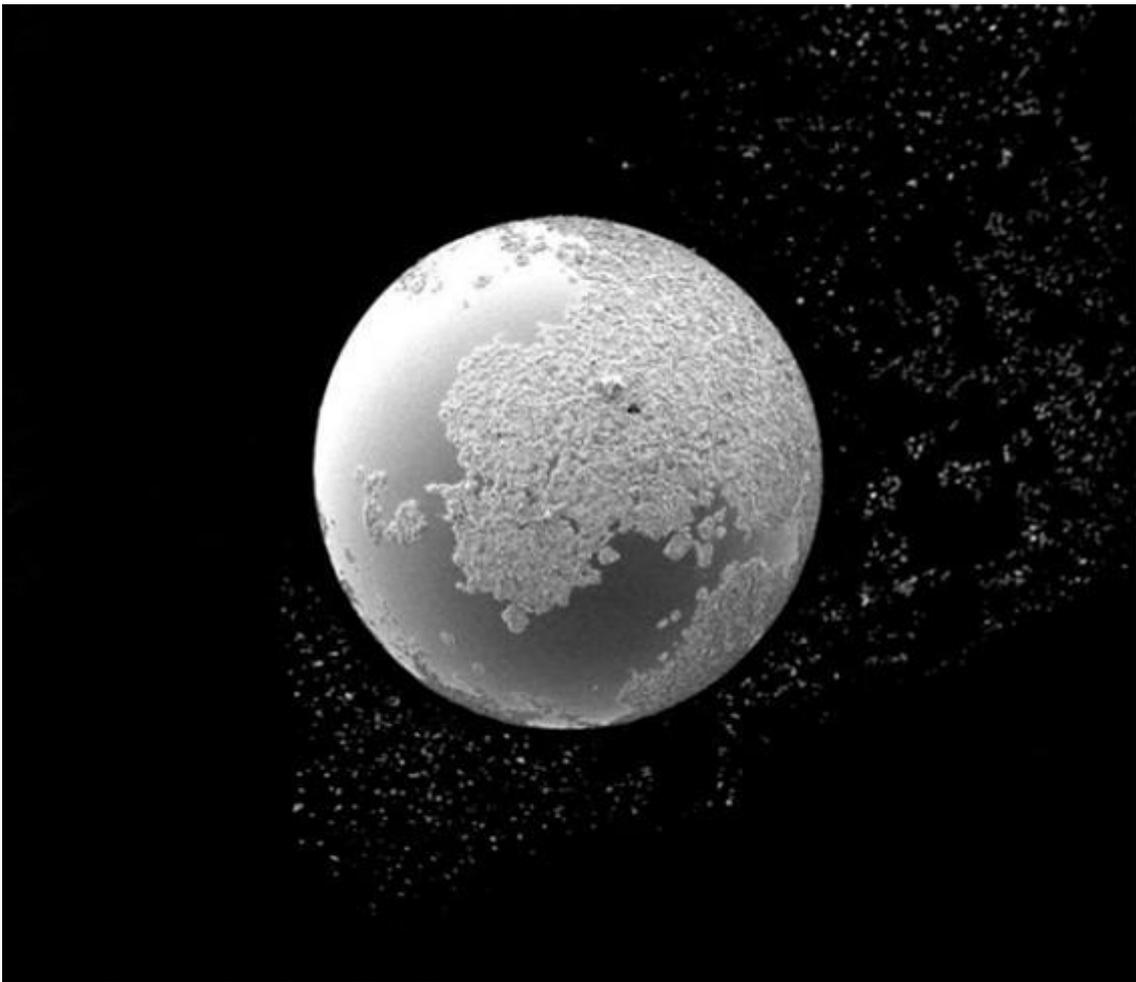
- Annexe I** The location and character of mercury in waste LCD backlights. Project code : MDD028. Wrap. December 2010
- Annexe II** Rapport d'étude n° CR 18 11191. Modélisation de la dispersion des rejets atmosphériques chroniques dans le cadre de l'étude de risque sanitaire. CNPP. Janvier 2019
- Annexe III** Présentation des hypothèses retenues et des incertitudes de la méthode d'évaluation de l'exposition par ingestion

Annexe I

The location and character of mercury in waste LCD backlights.
Project code : MDD028. Wrap. December 2010

Summary research report

The location and character of mercury in waste LCD backlights



A report that summarises research into mercury in end-of-life LCD televisions and monitors, which is found in the lamps used to illuminate this equipment. The report is intended to inform decisions on how best to handle waste LCD equipment at treatment facilities.

WRAP's vision is a world without waste,
where resources are used sustainably.

We work with businesses and individuals
to help them reap the benefits of reducing
waste, develop sustainable products and
use resources in an efficient way.

Find out more at www.wrap.org.uk

Written by: T J McDonnell and K S Williams of the School of Built and Natural Environment, University of Central Lancashire; edited by Justin French-Brooks of Word to Dialogue.

[Double click to insert image]

Front cover photography: Mercury droplet with phosphorous coating

WRAP, the University of Central Lancashire, and Word to Dialogue believe the content of this report to be correct as at the date of writing. However, factors such as prices, levels of recycled content and regulatory requirements are subject to change and users of the report should check with their suppliers to confirm the current situation. In addition, care should be taken in using any of the cost information provided as it is based upon numerous project-specific assumptions (such as scale, location, tender context, etc.).

The report does not claim to be exhaustive, nor does it claim to cover all relevant products and specifications available on the market. While steps have been taken to ensure accuracy, WRAP cannot accept responsibility or be held liable to any person for any loss or damage arising out of or in connection with this information being inaccurate, incomplete or misleading. It is the responsibility of the potential user of a material or product to consult with the supplier or manufacturer and ascertain whether a particular product will satisfy their specific requirements. The listing or featuring of a particular product or company does not constitute an endorsement by WRAP and WRAP cannot guarantee the performance of individual products or materials. This material is copyrighted. It may be reproduced free of charge subject to the material being accurate and not used in a misleading context. The source of the material must be identified and the copyright status acknowledged. This material must not be used to endorse or used to suggest WRAP's endorsement of a commercial product or service. For more detail, please refer to WRAP's Terms & Conditions on its web site: www.wrap.org.uk

Executive summary

LCD televisions and monitors typically use cold cathode fluorescent lamps (CCFLs) to illuminate the screen. Most CCFLs contain mercury, and therefore questions arise as to the best way to handle LCD equipment at the end of its life. In addition, this equipment is subject to minimum treatment standards under the Waste Electrical and Electronic Equipment WEEE Directive; Defra's guidance on Best Available Treatment Recovery and Recycling Techniques (BATRRRT), which implements WEEE treatment standards, requires certain mercury containing components, including CCFLs, to be removed whole during treatment. Additionally, employers have a legal obligation under Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) to carry out their own suitable and sufficient risk assessments and to implement effective controls to prevent or control exposure of employees to hazardous substances, such as mercury.

The focus of this study was to investigate the location and character of mercury in the back lights of end-of-life LCD equipment. It did not aim to quantify the amounts of mercury which has been the subject of other studies¹. The findings of this study are intended to contribute to developing suitable treatment practices and is focused on building knowledge that will be of use to the WEEE treatment industry in assessing risks and implementing effective controls to prevent or control emissions of mercury to the environment and exposure to employees.

This report does not address how the identified mercury forms should be managed but does highlight some potential hazards which should be considered by recyclers when developing risk assessments. Further information on COSHH and management techniques is available from www.hse.gov.uk/coshh

The number of CCFLs in LCD televisions can vary between two and 22, and each contains a small amount of mercury in order to create a vapour discharge. During the equipment's working life, the available mercury is gradually depleted, and takes different forms elsewhere inside of the CCFL.

Researchers recovered a selection of CCFLs from LCD equipment arriving at a recycling facility. They then analysed them to identify the location of the mercury within the components of each lamp. Analysis was performed on a sample of the electrodes, fluorescent powder and deposits on the glass adjacent to the electrodes. Some electrodes were made of nickel, and others of molybdenum.

The researchers used the following techniques: Hydrochloric Acid washing; Scanning Electron Microscopy (SEM); Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS); Cold Vapour Atomic Absorption Spectroanalysis (CVAAS); Thermogravimetric Analysis (TGA); and Mercury Vapour Analysis (MVI).

Both elemental mercury and compound mercury (bound to internal components), were found inside sample CCFLs. Each of these may require different handling techniques. Analysis found that mercury was distributed on nickel electrodes as droplets, as compared to a strong surface distribution of mercury on molybdenum electrodes.

It is clear that elemental mercury was present in the used CCFLs, and was found in droplets ranging from 10µm to 500µm in diameter. The larger mercury droplets on the nickel

1

http://www.swicorecycling.ch/downloads/497/344539/swico_schlussbericht_e_2010.pdf

[http://www.eera-recyclers.com/member/files/EERA%20LCD%20presentation at IERC%202010 by Krukenberg.pdf](http://www.eera-recyclers.com/member/files/EERA%20LCD%20presentation%20at%20IERC%202010%20by%20Krukenberg.pdf)

electrodes had a coating that prevented their vaporising. Smaller mercury droplets were encased in debris on the electrode and encrusted in fluorescent powder adjacent to the electrode. Burnt fluorescent powder on the glass tube wall was found to contain mercury, suggesting that mercury droplets were encased in the burnt powder.

The mobility of these droplets when a lamp is broken suggests a risk of contaminating the surrounding environment. This could present an inhalation risk for handlers of broken CCFLs without adequate protective control measures. The suggested longevity of mercury droplets, believed to result from their being coated with debris, could also present an accumulating contamination risk for the working environment.

Previous research and the findings of this work suggest that it is difficult to recover and demonstrate recovery of the mercury from shredded flat panel displays. It is important to be able to demonstrate recovery and the practices in place to protect the workforce and environment.

This study implies that an automated shredding process would require a suitable mercury abatement system to prevent mercury becoming airborne in the wider environment. The mercury locked in CCFL components would not be readily detectable by random sampling of shredded material. Without suitable processes to isolate mercury after shredding, the shredded material would be classed as hazardous.

Further investigation would be required to understand the fate of mercury released from CCFLs during a shredding process.

Contents

Glossary	4
1.0 Background and Objectives	5
1.1 Background.....	5
1.2 Objectives.....	5
2.0 CCFLs and how they work	6
2.1 Structure	6
2.2 The role of mercury	6
2.3 Application	7
2.4 Environmental hazards.....	7
3.0 Tests completed to understand mercury in CCFLs	8
3.1 Introduction	8
3.2 Methods of analysis	8
3.2.1 HCl washing	8
3.2.2 Pyrolysis with CVAAS	9
3.2.3 XRD	9
3.2.4 SEM with EDS	9
3.2.5 TGA with MVI.....	9
4.0 What was found	11
4.1 Results from HCL washing	11
4.2 Results from Pyrolysis with CVAAS	11
4.3 Results from XRD	12
4.4 Results from SEM with EDS	12
4.5 Results from TGA with MVI.....	14
5.0 The implications of what was found	16
Appendix I – Literature Review	18
A. Quantities of mercury in CCFL	18
B. Content of LCD equipment relating to CCFLs.....	18
C. Environmental hazards of CCFLs	20
D. Methods of CCFL removal	21
E. Mercury distribution in fluorescent lamps	22
F. Mercury removal from CCFLs	22
Appendix II – Methods of Sample Preparation	24
A. Sample Preparation Method 1.....	24
B. Sample Preparation Method 2.....	24
C. Sample Preparation Method 3.....	26
Appendix III – Further detail on CCFL tests	27
A. HCl washing.....	27
B. Pyrolysis with CVAAS	27
C. XRD	29
D. SEM analysis of electrodes with EDS	29
E. TGA analysis of electrodes with MVI.....	30
Control sample testing	30
Electrode testing	31
References	35

Glossary

Backlight	a lamp for illumination used in LCD screens as LCDs do not produce light themselves
CCFL Cold Cathode Fluorescent Lamp	a type of fluorescent lamp typically used as a backlight
CVAAS Cold Vapour Atomic Absorption Spectroanalysis	a technique used in the measurement of trace amounts of volatile heavy metals such as mercury
EDS Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy	a technique used to analyse the elemental or chemical character of a sample
Electrode	an electrical conductor used to make contact with a non-metallic part of a circuit
elemental mercury	mercury as a pure chemical element
LCD Liquid Crystal Display	a thin, flat electronic visual display that uses the light modulating properties of liquid crystals, while not directly emitting light themselves
mercury compound	mercury bound with other chemical elements
μm micrometre or micron	one-millionth of a metre
MVI	a mercury vapour indicator to analyse exhaust gas for its mercury content
Pyrolysis	decomposition of a substance at high temperature in the absence of oxygen
RoHS Directive Restriction of Hazardous Substances	European Community directive 2002/95/EC banning the placing on the EU market of new electrical and electronic equipment containing more than agreed levels of mercury and other materials
SEM Scanning Electron Microscopy	a technique using an electron microscope that provides images of a sample surface by scanning it with a high energy beam of electrons
TGA Thermogravimetric Analysis	a technique to determine change in weight in relation to change in temperature
WEEE Waste Electrical and Electronic Equipment	electrical and electronic goods that have been discarded by the final user
WEEE Directive	European Community directive 2002/96/EC setting collection, recycling and recovery targets for many types of electrical goods
XRD X-Ray Diffraction	a technique used to characterise the structure, size and preferred orientation of crystals in a sample, commonly used to identify substances

1.0 Background and Objectives

1.1 Background

Changes in technology mean that cathode ray tube televisions and monitors are no longer sold in the UK. LCD (Liquid Crystal Display) technology has come to dominate the market, and this equipment is now starting to enter the waste stream as it reaches the end of its life. Arisings of waste LCD equipment can be expected to grow over the coming years, with peak arisings anticipated in the next three to five years.

Year	2013	2014	2015	2016	2017
Tonnes	70,000	100,000	115,000	120,000	115,000

This has implications for treatment facilities handling WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), as LCD equipment contains components that are classed as hazardous and that need to be handled appropriately at the treatment stage. This study concerns the component most LCD units use to illuminate the screen – the CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp). These are also known as backlights. CCFLs contain a small amount of mercury, a metal with toxic properties.

The WEEE Directive requires the mercury in CCFLs to be removed and recovered. This poses particular challenges during treatment, as facilities need to dismantle LCD equipment safely and effectively, but also in a cost efficient way. The volatile nature of mercury, its ability to take other forms such as amalgams, and the requirement for removal during processing, present questions of mercury containment for both manual and automated disassembly.

Treatment facilities need methods which can be audited to show that mercury has been removed from the waste stream, and not lost through mixing into a larger volume of shred material.

1.2 Objectives

This study seeks to fill gaps in knowledge of how to deal effectively with the mercury contained in CCFLs in waste LCD equipment. These include establishing the quantities of mercury they contain, including any mercury compounds formed during the operation of the equipment, and the location of these materials.

This report is primarily aimed at operators of WEEE collection and treatment operators and facilities who wish to understand the issue in greater detail.

2.0 CCFLs and how they work

2.1 Structure

The majority of LCD televisions and monitors are fitted with CCFLs. They perform the function of illuminating the LCD screen. They are long thin fluorescent glass tubes of between two and four millimetres in diameter, connected electrically by wire-ended electrodes that are sealed at the ends of the tube. Figure 1 shows a diagram of a typical CCFL.

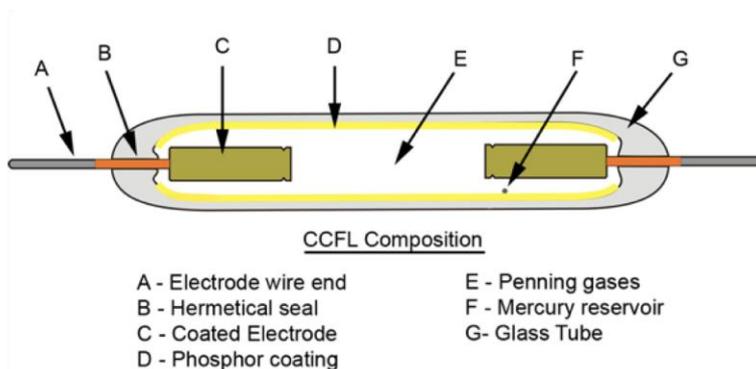


Figure 1 Diagram of a typical CCFL used in LCD equipment

The tube of a CCFL is made of borosilicate glass with a tri-phosphor coating lining the internal wall. The standard electrodes used in CCFLs are cylindrical in design with a lead wire linking the electrode to the outside of the tube through an opening which has been hermetically sealed. A mercury reservoir is placed on the inside of the tube, which is filled with penning gases (argon and neon).

During operation an electronic inverter supplies high voltage AC electricity across the electrodes, the penning gases conduct current, and the elemental mercury is activated to form a vapour. The release of the energy in the vapour results in an ultraviolet discharge which stimulates the phosphor coating to produce a visible source of light. A diagram of the operation of a CCFL is illustrated in Figure 2.

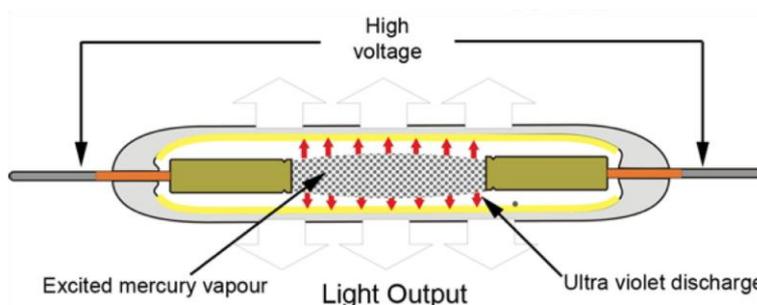


Figure 2 Diagram of a CCFL in operation

2.2 The role of mercury

Each CCFL contains a small amount of mercury in order to create a vapour discharge. The lamp manufacturers have declared an average amount of mercury per lamp as being 3.5mg, which is similar in size to the roller ball found in a ball point pen. During the working life of a CCFL, the mercury available in the reservoir for discharge is depleted. While it has been suggested that the mercury is deposited onto the fluorescent powder coating, this study investigates the location of the depleted mercury more closely.

2.3 Application

The number of CCFLs in an LCD unit varies between two and 22. The method by which CCFLs illuminate the LCD differs between computer monitors and televisions. Televisions have an array of CCFLs mounted directly behind the LCD screen, while monitors have CCFLs fitted into metal carriers at the top and bottom of the screen. Televisions typically contain a higher number of CCFLs compared to monitors, and the larger the screen, the greater the number of CCFLs fitted.

CCFLs are typically attached to the LCD unit by one of four different ways: by printed circuit boards; by dual connectors; by a single connector and a circuit board; or as a single u-tube and connector. These are illustrated in Figure 3 below.

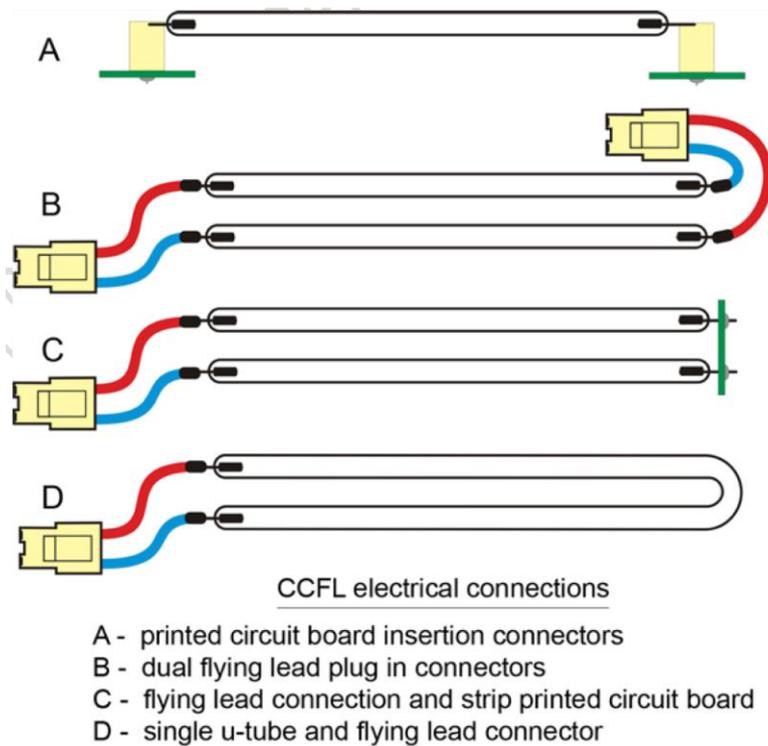


Figure 3 Typical configurations of CCFLs in LCD televisions

2.4 Environmental hazards

Mercury is a danger to human health and the environment as it has bio-accumulative properties. Humans can absorb mercury in its many forms; the respiratory and gastrointestinal tracts are considered the main receptors, although the skin can also be at risk. The nervous system is the most vulnerable organ to mercury poisoning.

The main sources of mercury exposure to humans are those resulting from occupational activities, such as product processing or mercury-bearing waste collection, storage and treatment. Regulatory occupational exposure limits are in force to provide protection for workers involved with mercury. Research has concluded that mercury release from broken compact fluorescent lamps in confined conditions could pose an environmental health hazard.

Mercury released from a broken fluorescent lamp may be in the form of vapour or compounds. It may also be bound with components within the lamp.

3.0 Tests completed to understand mercury in CCFLs

3.1 Introduction

The researchers recovered a selection of CCFLs from LCD equipment arriving at a recycling facility. They then analysed the lamps to identify the location of the mercury within the components of each lamp. Analysis was performed on samples of the:

- electrodes;
- fluorescent powder; and
- deposits on the glass adjacent to the electrodes.

Some sample electrodes were constructed of nickel, and others of molybdenum.

3.2 Methods of analysis

The researchers used the following techniques: Hydrochloric Acid washing; Scanning Electron Microscopy (SEM); Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS); Cold Vapour Atomic Absorption Spectroanalysis (CVAAS); Thermogravimetric Analysis (TGA); and Mercury Vapour Analysis (MVI).

These are expanded upon in Figure 4, with the rationale for each test. Appendix III contains full details of the tests undertaken.

Test	Test (short title)	Reason for test
1. Hydrochloric Acid Washing	HCl washing	To determine the amount of elemental mercury in a sample
2. Pyrolysis with Cold Vapour Atomic Absorption Spectroanalysis	Pyrolysis with CVAAS	To determine the amount of mercury in all its forms (elemental and compound) in a sample
3. X-ray Diffraction Analysis	XRD	To investigate the structure of a sample and the possibility of mercury absorption
4. Scanning Electron Microscopy coupled with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy Analysis	SEM with EDS	To visually identify mercury deposits on a sample, and to confirm their composition
5. Thermogravimetric Analysis with Mercury Vapour Indicator Analysis	TGA with MVI	To determine whether mercury is present in a sample, and if so, the temperature at which it is vaporised

Figure 4 List of tests

CCFL samples were subjected to tests as a whole by breaking open the tube in a controlled manner, and the individual components were also subjected to tests, by separating and storing them, again in a controlled way. Further details about these procedures can be found in Appendix II.

Each of the tests listed in Figure 4 can be explained in further detail:

3.2.1 HCl washing

HCl washing is used to measure the amount of elemental mercury in a sample. Each sample was immersed and washed in hydrochloric acid, and then removed. This removed the mercury from the sample and kept it suspended in the acid solution. A pre-weighed gold evaporation slug was introduced into the solution, which was then warmed to 60°C, swirling the contents to ensure the gold moved through the solution. After five minutes the gold slug was removed and washed with de-ionised water, and then immersed in acetone. The slug was removed once more, whereupon the

acetone evaporated. The gold slug was then weighed to determine the weight of the mercury removed from the sample.

This was performed for the complete CCFL interior and for pairs of electrodes removed from the CCFL.

A method to wash and agitate electrode pairs using hydrochloric acid was used, to establish whether both elemental and bonded mercury were present. The washing process detached elemental mercury from the surface of the electrodes. The washed electrodes were then inspected using SEM along with EDS. TGA analysis was then carried out to establish whether mercury continued to be present on the washed electrodes.

3.2.2 Pyrolysis with CVAAS

Pyrolysis of individual components from waste CCFLs, followed by CVAAS, was undertaken to quantify their mercury content.

The components were:

- Glass tube
- Fluorescent powder
- Electrodes
- Elemental mercury

The samples were subject to pyrolysis in a furnace operating at 550°C, resulting in the desorption of any mercury present. The mercury vapour was then drawn through a detection cell, and the vapour concentration was measured by the CVAAS unit.

3.2.3 XRD

Samples of fluorescent powder were analysed using XRD to investigate their structure and the possibility of mercury absorption. The samples were:

- virgin powder;
- used powder recovered from waste CCFLs; and
- powder from an unused CCFL.

3.2.4 SEM with EDS

Sample electrodes from CCFLs were analysed using SEM to visually identify mercury deposits on each electrode, and then subjected to EDS to confirm the composition of the deposits.

Two types of CCFL were used as samples for analysis using SEM with EDS:

- one with nickel electrodes; and
- another with electrodes made of molybdenum.

Electrode samples were mounted onto self-adhesive carbon pads. Electrodes from each CCFL were retained in pairs to determine any variation between them. The electrodes were not removed from their glass surround, but exposed with part of the glass and phosphor powder adjacent.

Pairs of electrodes from each sample were subjected to SEM analysis, to determine visually whether they showed variation in ageing, corrosion or deposition.

EDS analysis was used to confirm that droplets identified through SEM were composed of mercury.

In order to investigate powder found in the samples, a process of gold coating was used to provide greater detail when subjected to SEM. This would reveal a better surface topography of the components and materials around the electrode area of the CCFL.

The researchers carried out further SEM analysis of electrodes to investigate the presence of mercury amalgamated with the metal structure of the electrode. They also froze the CCFL samples during the sectioning process to reduce the likelihood of mercury inadvertently being dislodged.

3.2.5 TGA with MVI

The aim of using TGA on the electrodes and fluorescent powder from CCFLs was to determine, (a) whether mercury was present in these materials, and if so (b) the temperatures at which the mercury was liberated from the samples.

The samples were:

- control samples to verify equipment operation;
- fluorescent powder from spent and unused lamps; and
- electrodes made of nickel and molybdenum.

The test involved the use of thermal desorption pans in a nitrogen gas flow atmosphere. The temperature rise of the desorption chamber was set at a 10°C rise per minute to achieve a final temperature of 550°C. A holding temperature of 550°C was set for 10 minutes. The weight of the sample was correlated to time and temperature.

The exhaust gas from the electrode samples was analysed for mercury content using an MVI.

The electrode samples subjected to TGA were further examined using SEM to determine whether TGA had affected the surface.

4.0 What was found

Test (short title)	Reason for test	Result
1. HCl washing	To determine the amount of elemental mercury in a sample	0.1mg to 1.4mg elemental mercury present per CCFL
2. Pyrolysis with CVAAS	To determine the amount of mercury in all its forms (elemental and compound) in a sample	Mercury found in both electrodes and fluorescent powder. Even when subject to HCl washing, mercury remained bonded to or enclosed in the electrode
3. XRD	To investigate the structure of a sample and the possibility of mercury absorption	Inconclusive
4. SEM with EDS	To visually identify mercury deposits on a sample, and to confirm their composition	Mercury droplets found attached to electrodes and glass fragments around electrodes, and encrusted with fluorescent powder. Droplet coating could delay evaporation
5. TGA with MVI	To determine whether mercury is present in a sample, and if so, the temperature at which it is liberated	Analysis of fluorescent powder was inconclusive. Mercury was found to be present on electrodes. Lesions on the electrodes could harbour mercury

Figure 5 List of tests and results

4.1 Results from HCL washing

This test showed that elemental mercury was present in CCFLs recovered from waste LCD equipment, ranging from 0.1mg to 1.4mg by weight per CCFL.

The washed electrodes were inspected using SEM along with EDS. TGA analysis was then carried out to establish whether mercury continued to be present on the washed electrodes. The TGA analysis showed that even though mercury had been agitated from the surface of the electrode, there was a weight loss between 100°C and 300°C. This suggested that both elemental and compound (bonded) mercury were present on the electrode.

4.2 Results from Pyrolysis with CVAAS

Analysis of the fluorescent powder and the electrodes from used CCFLs revealed sharp rises in detected mercury vapour as the sample was heated. Mercury was therefore present in both materials.

The multiple sample analysis of the fluorescent powder produced a range of concentrations normally distributed around a mean of 2328 ppm of mercury. While it was not possible to determine whether there was a gradient of mercury concentration in the tube wall powder along its length, it is reasonable to suggest that concentrations of mercury in the powder would be higher towards the dominant electrode.

CVAAS analysis of the electrode showed significantly higher concentrations of mercury deposited on or in the electrode surface. The highest concentration was 19600 ppm of mercury on the leading edge of

the electrode assembly. Lower concentrations were found towards the rear of the electrode. This is shown in Figure 6.

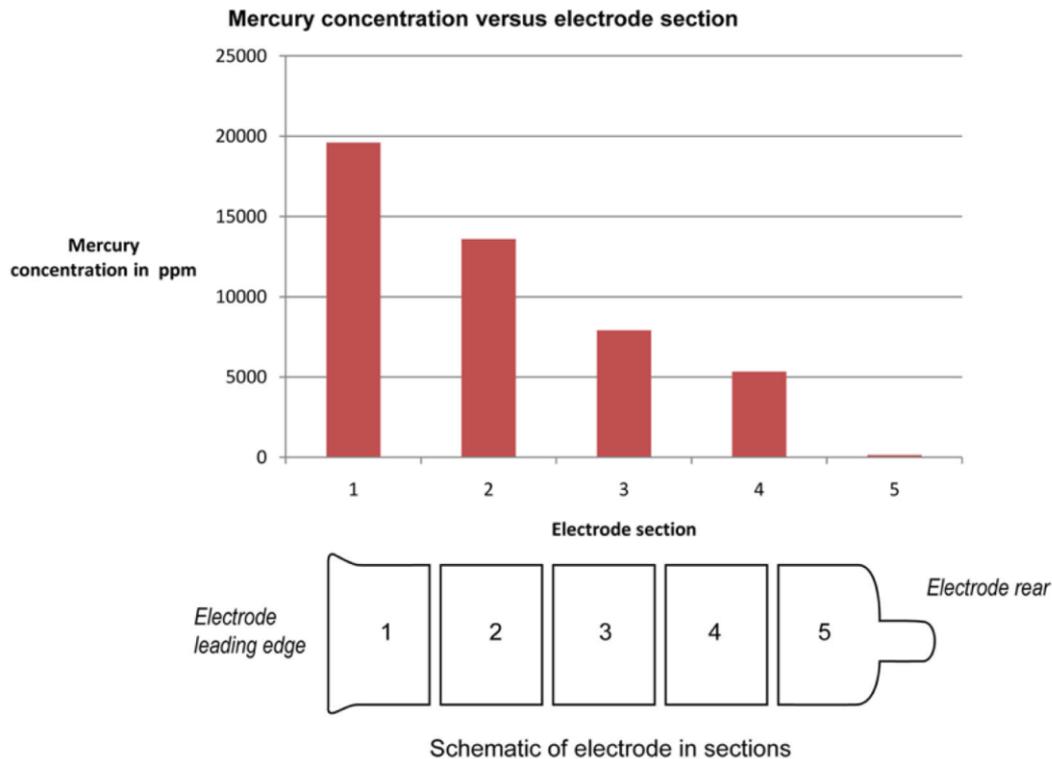


Figure 6 Mercury concentration along sections of electrode

The analysis therefore suggests that mercury is concentrated toward the leading edge of the electrode. Even when the sample electrodes were treated in an HCl wash, CVAAS analysis showed mercury to be bonded to or enclosed in the surface of the electrode. Therefore mercury could be encased by deposits forming on the leading edge of the electrode and covering lesions in the surface.

4.3 Results from XRD

This analysis was inconclusive. To assess accurately whether mercury in CCFLs affects the lattice structure of the fluorescent powder, further repeated analysis of CCFLs from a similar batch of LCD equipment would be needed.

4.4 Results from SEM with EDS

This analysis found mercury droplets of various sizes on electrodes and fluorescent powder. These droplets were:

- attached to the electrode body;
- attached to the glass fragments surrounding the electrode;
- free released on breakage of the tube; and
- encrusted with fluorescent powder residue, possibly released from the discoloured powder adjacent to the electrode.

While the presence of elemental mercury was confirmed, the presence of compound mercury was not confirmed.

The preparation of the CCFL samples, as detailed in Appendix II, resulted in mercury droplets being released into the large Petri dish. This occurred on breakage of the CCFL close to the point where the electrode was sealed into the glass tube. Breakage elsewhere in the glass tube showed no visual signs of mercury release.

Mercury droplets were found attached to the surface of nickel electrodes and the glass edge of the tube wall. Researchers estimated that these droplets had diameters of 70µm and 110µm respectively.

They also visually identified smaller droplets. EDS analysis confirmed the droplets contained nickel and mercury.

The mercury droplets found on the edge of the tube wall showed accumulation of surface debris. It is unclear how this occurred. Figure 7 shows a mercury droplet on the glass wall of the CCFL adjacent to the electrode. Figure 8 shows a mercury droplet with fluorescent powder covering a significant part of the surface. Its origin within the CCFL is unknown.

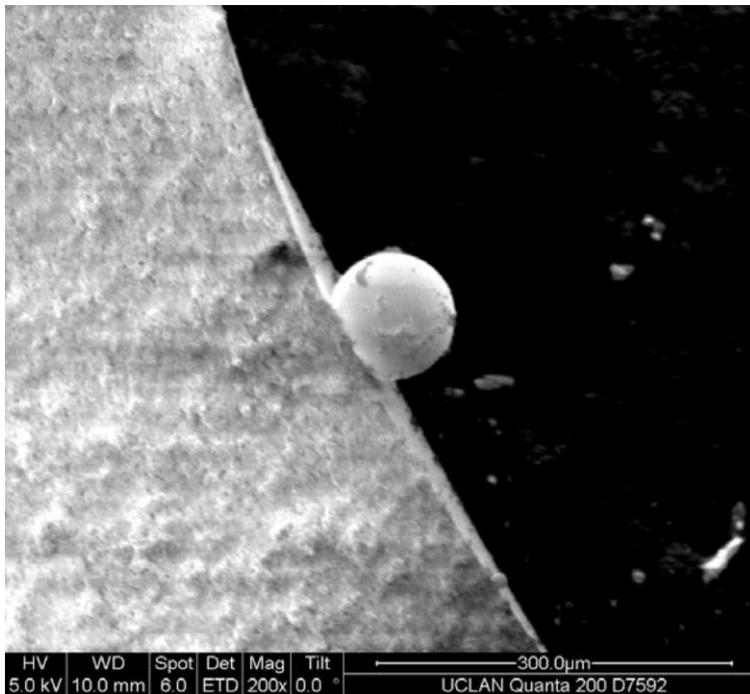


Figure 7 Mercury droplet on glass wall adjacent to electrode

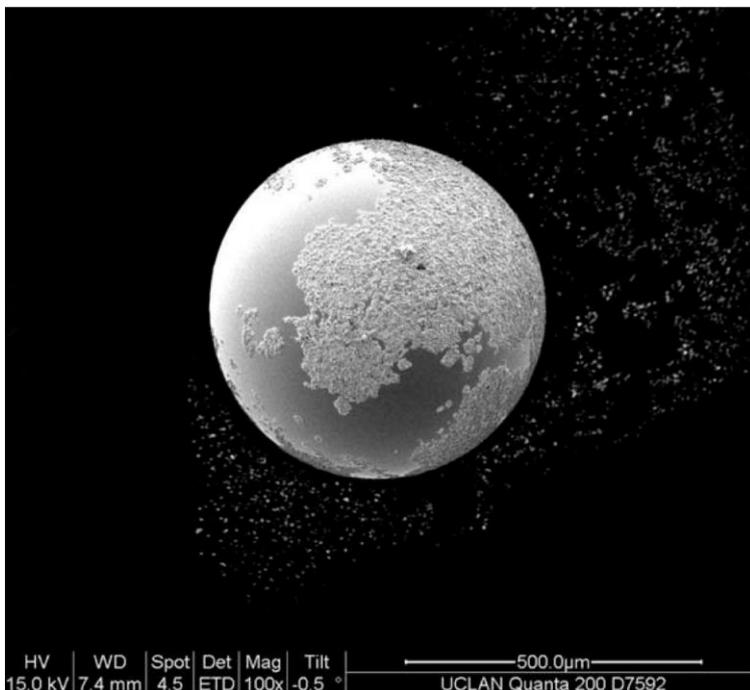


Figure 8 Mercury droplet released from CCFL

The gold coating technique revealed better detail of the electrode components and the materials around them. A mercury droplet on the electrode measuring about 12 μm was studied and found to be encrusted with fluorescent powder. This is shown in Figure 9. Researchers established that small droplets of mercury could lie buried in the discoloured structure of the fluorescent powder of the CCFL.

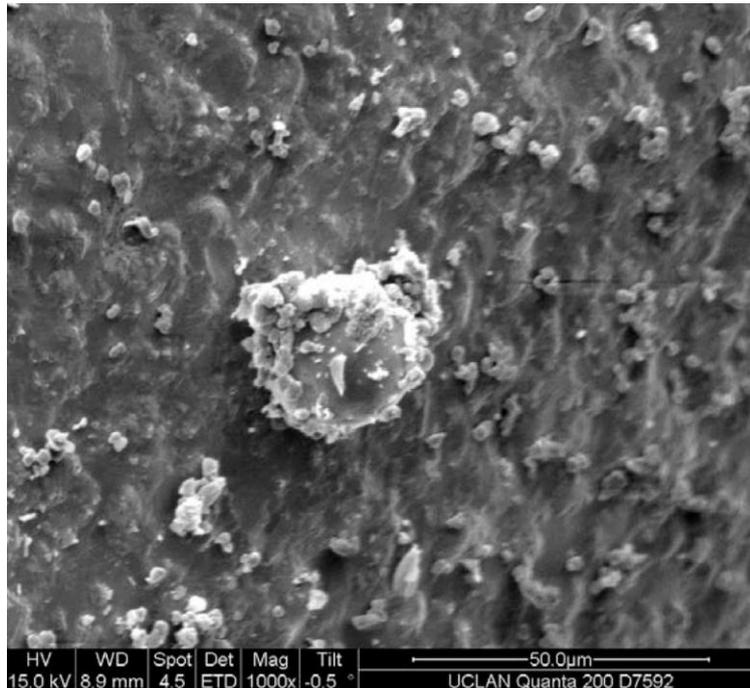


Figure 9 Encrusted mercury droplet on surface of sample electrode

Analysis showed that pairs of nickel electrodes typically had one electrode with heavy deposits of mercury droplets, and the other with few deposits. Over time, one half of the electrode pair hosts more mercury than the other.

Molybdenum electrodes, while showing little evidence of mercury droplets, nonetheless had a strong surface distribution of mercury.

Researchers were interested to observe that a mercury droplet being studied remained intact for a twelve-week period without any significant changes in its diameter or formation. EDS analysis showed it to contain aluminium and oxygen in addition to mercury. This suggested that the surface coating could be providing a barrier for mercury evaporation.

One sample CCFL was found to have a larger diameter sphere of mercury (500 μm), suggesting that it retained a significant working reservoir of mercury.

Comparative analysis of used fluorescent powder and virgin powder was carried out. Fluorescent powder from the glass wall of the CCFL showed a strong signature for mercury, together with evidence of nickel when subjected to EDS.

4.5 Results from TGA with MVI

Analysis of spent fluorescent powder as compared to virgin powder was inconclusive, and could not demonstrate the presence of mercury in the body of the powder. Due to the small quantities and difficulty in removing burnt fluorescent powder adjacent to the electrode, it was not possible to collect a sufficient sample for analysis. It is, however, suggested that mercury droplets were present on the surface or encased in the burnt powder adjacent to the electrodes.

The electrodes exhibited significant weight loss during TGA in the temperature range from 70 $^{\circ}\text{C}$ to 275 $^{\circ}\text{C}$. Monitoring of the exhaust gas with MVI showed that mercury vapour was released through the TGA process. The MVI showed mercury concentrations up to 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Analysis of electrode pairs revealed that one of each pair was the primary source of mercury vapour.

It was unclear whether the mercury was simply attached to the surface of the electrode, or also lay within the electrode. The electrode subjected to TGA was then further examined using SEM to help answer this. It showed lesions in the surface of the electrode, which may have been revealed during the TGA vaporisation process. Mercury could be present in these lesions encased in the build-up of displaced fluorescent powder.

5.0 The implications of what was found

This work was carried out to help better understand the location of mercury within CCFL containing screens to allow for their appropriate management and treatment when they reach end of life. This knowledge and information is of interest and importance to treatment operators where they are handling CCFL containing screens on a regular basis.

Both elemental mercury and compound mercury, bound to internal components, were found inside sample CCFLs. Significant total amounts of mercury, up to 3.88mg per CCFL, were found.

It is clear from this research that the areas of highest mercury concentration in waste CCFLs were the electrodes. The fluorescent powder from spent CCFLs showed a lower concentration of mercury and this was therefore the secondary source of mercury contamination. These findings run contrary to previous research results², which suggested that fluorescent powder harboured the majority of the mercury. Therefore appropriate recovery methods are required for each of the forms.

This investigation has shown that breakage of CCFL tubes during handling or disassembly of LCD equipment will release mercury to the environment. The collection, transport and dismantling of damaged equipment with broken tubes therefore presents a mercury exposure risk that needs to be managed by WEEE treatment industry.

Results suggested that, on breakage of CCFL tubes, not all mercury droplets immediately vaporise. This was because the larger mercury droplets found on nickel electrodes had a coating that prevented their immediate vaporisation, while the smaller droplets were encrusted in fluorescent powder adjacent to the electrode. Significant amounts of mercury were identified even after the components were washed.

The small size of some of the measured mercury droplets (PM10) will mean that some droplets will be respirable. The mobility and suggested longevity of the droplets are also a potential source of workplace contamination.

The research suggests that the even with the use of local extraction venting the likelihood of contamination of dismantling workstations by larger mercury droplets is possible.

Analysis has shown that mercury on the surface of exposed electrodes quickly starts to vaporise as the temperature passes 100°C. The temperature required to release mercury from the electrodes was high to allow for understanding of mercury content. These temperatures are unlikely to be reached within the work place. However, while the rate of vaporisation at lower temperatures, such as 40 to 50°C, is unclear, the possibility of vaporisation may have implications for those working around storage containers holding broken CCFLs.

The different forms of mercury found in waste CCFLs represent both immediate and long-term sources of exposure, to collection and treatment operators as listed in Figure 10. It is possible to control or mitigate these hazards through implementation of a range of controls. For further information on COSHH please visit <http://www.hse.gov.uk/coshh/>

	Immediate hazard	Longer term hazard
Vapour	Inhalation	
Uncoated droplets of mercury	Inhalation Droplets disperse and settle on surrounding surfaces, evaporating over time.	Skin exposure Build up of mercury on surrounding surfaces. Potentially, mercury forming

² Raposo, C., Windmoller, C.C., & Junior, W.A.D. (2003) 'Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis', *Waste Management*, 23, (10), pp 879-886

Dang, T.A., Frisk, T.A., & Grossman, M.W. (2002) 'Applications of surface analytical techniques for study of the interactions between mercury and fluorescent lamp materials', *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 373, (7), pp 560-570

	Contamination of flat panel material streams.	amalgams with surface, which may inhibit the ability to remove it.
Coated drops of mercury	Inhalation Droplets disperse and settle on surrounding surfaces, do not evaporate. Potential to release this mercury through shear force (wiping, sliding of materials) Contamination of flat panel material streams	Skin exposure Build up of mercury droplets encased in phosphorous on surrounding surfaces. Potentially, this casing is removed as the droplets are disturbed and the mercury will form amalgams with surface, which may inhibit the ability to remove it.
Amalgam with electrodes	No risk highlighted as mercury locked in as amalgam	Possibly skin exposure risk if handled directly

Figure 10 Exposure risks for recycling operatives to mercury when recycling LCD screens

From the perspective of manual recycling, BATTRT requires the removal of the complete CCFL tube intact for further treatment. Where the CCFL breaks during dismantling, the transfer of mercury droplets to hands, clothes and the wider environment is possible. Materials extracted from CCFLs for recycling, if stored outdoors, could leach mercury into water drainage systems.

Automated disassembly by shredding would be likely to distribute mercury droplets, and mercury containing components, across the shred and shredder environment. An automated shredding process would require a suitable mercury abatement system to prevent mercury becoming airborne in the wider environment.

The mercury locked in CCFL components would not be readily detectable by random sampling of shredded material. Without suitable processes to isolate mercury after shredding, the shredded material would be classed as hazardous. It is suggested that investigation will be needed to understand the fate of mercury released from CCFLs during a shredding process.

Appendix I – Literature Review

A. Quantities of mercury in CCFL

Previous research to determine the quantity of mercury contained in CCFLs has proved to be inconclusive. It is suggested that there has been no standard dose of elemental mercury introduced into tubular fluorescent lamps, although manufacturers are striving to reduce the amounts.

Under the 2002 EU RoHS directive, the amounts of mercury allowable in CCFLs used in special applications was not defined. However the re-cast of the RoHS directive under consideration in 2010 expands the categories of defined fluorescent lamps. Permitted quantities of mercury in CCFLs used in LCD applications have been set dependent on tube length and size.

The amounts of mercury that can be used are to be reduced on a prescribed timescale. These new limits were agreed by the RoHS Technical Advisory Committee in May 2010 and are expected to be included in the new RoHS Directive.

Difficulties in dosing lamps with repeatable amounts of elemental mercury have shown that different batches of the similar lamp production will vary in their mercury composition. LCD equipment manufacturers have been quoted as stating that the quantity of mercury contained in CCFLs is less than 5mg per tube.

Research by the California Department of Toxic Substances Control in 2004, in which 15 different LCD devices were tested, determined the mercury content of CCFLs to range between 32 and 660mg/kg. Similar research found that the average mercury content of CCFLs ranged from 391 to 546mg/kg. This illustrates the difficulties researchers have experienced in producing similar results in the measurement of mercury contained in CCFL.

The preparation of homogeneous samples has also proved to be problematic, due to:

- the absorption of mercury by the fluorescent powder;
- formation of mercuric compounds; and
- amalgamation with alkali metals on the electrodes.

B. Content of LCD equipment relating to CCFLs

In the last decade there has been a rapid increase in the use of LCD devices, and it is estimated that 90% of all current LCD equipment uses a backlight unit. To date the majority of backlight units sold in LCD have used CCFLs as their lightsource. The number and size of CCFLs in each unit varies with the size and type of LCD screen, as shown in Figure 11.

Type	Screen size	Average Lamp Length mm	Average Lamp Width mm	Average Lamp Weight kg	Number of Lamps	Mercury Content mg
LCD Monitor	15"	320	2	0.004	2	7
LCD Monitor	17"	350	2	0.006	4	14
LCD Monitor	19"	390	2.5	0.006	4	14
LCD Television	20"	430	2.5	0.009	6	21
LCD Television	26"	630	3	0.072	13	45.5
LCD Television	32-37"	805	4	0.115	16	56
LCD Television	42"	920	3	0.17	18	63

Figure 11 Characterisation of backlights in LCD

Some manufacturers such as LG Philips of Korea have used a variation in external electrode fluorescent lamps. The latest generation of LCD equipment has seen LCD manufacturers replacing CCFLs with mercury-free light emitting diode (LED) backlights. The move to LED backlighting is gathering pace, with companies such as Sharp Electronics of Japan aiming to have all their high definition LCD televisions LED backlit by 2012.

From an end-of-life perspective, an LCD panel fitted with LED backlights would therefore be non-hazardous, according to a recent LCD recycling briefing note released by the UK Environment Agency. However a large volume of LCD units sold with CCFL backlights is working its way to end-of-life treatment at recycling facilities. While the Environment Agency has produced guidance confirming that electronic display devices containing mercury should be classed as hazardous, the lack of information on LCD composition and hazardous components, such as mercury in CCFLs, has been highlighted as important by WEEE recyclers.

Research has shown that the construction of a typical 37" LCD television is organised around the LCD panel, and is made up of the following components:

- Front decorative frame
- Back panel providing the enclosure for the LCD panel
- Speakers
- Electronic control boards
- Power supply (where applicable)

The LCD screen panel is a self-contained unit fitted with all the necessary electronics. The complete LCD monitor or television can therefore be conveniently divided into two areas: the LCD panel; and support components.

For a typical 37" television the bulk of the material is steel and plastic, with backlights forming 1.2% of the overall weight. A breakdown of components contained in a typical LCD television is shown in Figure 12.

Support components		LCD Panel	
Internal Steel	4.94 kg	Steel frame & back	6.07 kg
Plastics ABS	3.40 kg	Plastics	1.57 kg
Electronics	1.47 kg	LC glass &electronics	1.95 kg
Cables	0.28 kg	CCFL tubes	0.24 kg
Others	0.33 kg	Cables & others	0.41 kg
Total for components	10.42 kg	Total for LCD	10.24 kg

Figure 12 Composition of a typical 37" screen size LCD television

The design configuration of CCFL backlights differs between LCD monitors and televisions. In most LCD monitors the CCFLs are arranged in metal carriers fitted at the top and bottom of the screen. In televisions the lamps are arranged in rows across the back of the panel. Figure 13 shows an exploded diagram of the LCD panel arrangement in monitors and televisions.

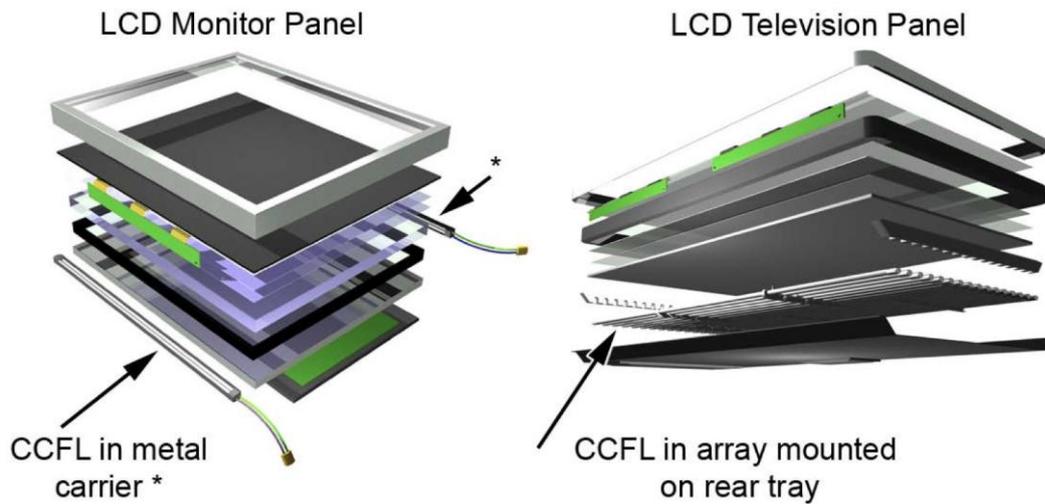


Figure 13 Location of CCFLs in LCD panels (monitor and television)

Figure 14 shows the number of lamps contained in different monitor and television screen sizes. It shows that LCD televisions contain a significantly higher number of lamps compared to monitors.

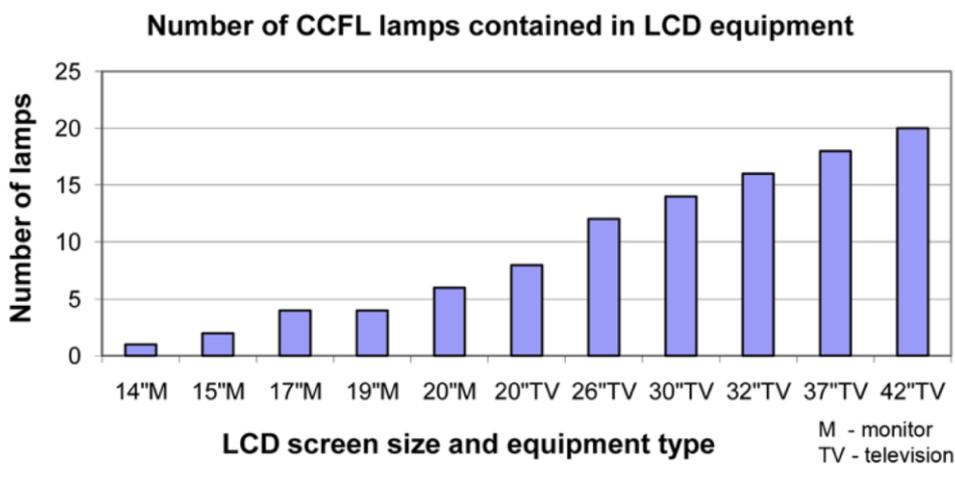


Figure 14 Number of CCFLs contained in LCDs by screen size and type

The manner in which the panels are disassembled mirrors the assembly route. To determine what recyclers may expect when processing LCDs, a number of other researchers have considered the breakdown of panels.

C. Environmental hazards of CCFLs

It is widely acknowledged that mercury is a danger to human health and the environment as it has bio-accumulative properties. Humans can absorb mercury in its many forms. The respiratory and gastrointestinal tracts are considered the main receptors, although the skin can also be at risk. The nervous system is the organ most vulnerable to mercury poisoning, with a fatal dose of mercury for humans considered to be approximately 100mg organic mercury. Smaller doses can result in symptoms such as tremors, weakness, and slowed mental response.

The rise of anthropogenic mercury in the environment has been a concern addressed by the EU in its 2005 mercury strategy. The EU strategy is one of reduction and control, with the phase out and substitution of mercury in industrial processes and products, where environmentally safer alternatives are available.

The policy of reducing mercury in the environment was applied to electrical and electronic equipment (EEE) placed on the EU market after August 2005 by the RoHS Directive. The Directive reduces the amounts of mercury allowed in EEE to 0.1% for homogeneous materials. However, exemptions within the Directive allow the use of mercury in the backlights of LCD equipment.

The main sources of mercury exposure to humans are those involved with occupational activities, such as product processing or mercury-bearing waste collection, storage and treatment. To provide protection for workers involved with mercury, regulatory occupational exposure limits to airborne mercury vapour in the workplace are in force.

The indicative occupational exposure limit values for mercury vapour have been set at $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the EU for an 8 hour time weighted average. While the mercury content of CCFLs stated by manufacturers is under 5mg per tube, the average large screen television can contain up to 20 or more lamps. Combined with the projected global LCD sales of 171 million units in 2010, the number of lamps requiring removal and mercury recovery in the future waste stream will be significant.

One study concluded that the mercury release from broken CFL lamps in confined conditions could pose an environmental health risk. This supported work into mercury vapour release and occupational exposure from handling and on-site crushing of fluorescent tubes in various scenarios. Concern over mercury escape from broken fluorescent lamps is not restricted just to mercury vapour, but also includes mercury compounds binding with other components in the tube.

An investigation was performed by the European Electronics Recycling Association into mercury vapour release from LCD equipment purposefully damaged during handling. The results showed a peak rise in airborne mercury vapour levels followed by a fall over a number of hours. Other studies have shown that the rate of evaporation of mercury from broken tubes is temperature dependent; elevated ambient temperature increases the levels of mercury vapour. This has ramifications for the whole chain of collection, storage, handling and treatment of LCDs in the waste stream.

D. Methods of CCFL removal

To date, there are no known automated recycling processes able to treat the broad range of LCD monitors and televisions containing mercury. Most research has concentrated on recovery techniques of valuable materials from LCD such as the liquid crystals, indium and glass.

The removal of CCFLs in a systematic approach has been considered using semi-automated processes compared with manual disassembly. The study concluded that manual disassembly was the preferred option. Other research has concluded that manual removal of CCFL in "an improved ventilation cabinet" was required.

The lack of available research means that information concerning effective ways to remove CCFLs is limited. A characterisation study of notebook displays has described a "shredding [device] with an appropriate mercury extraction unit" as the way to manage large volumes of LCD containing mercury.

However, others have recognised that if LCD displays are to undergo shredding, as is the case with the components of CRT equipment, then there is the risk of mercury emissions to air. Researchers acknowledge that shredding is not a viable option while the environmental effects of shredding mercury-containing LCDs is not known.

Research into a large scale recycling plant detailed the advantages of manually removing components containing mercury to avoid contamination of the output fractions. However, the same authors acknowledge that when considering hazardous substances, little is known about the relative efficiencies of hand sorting over a mechanical recycling process. Sharp Electronics of Japan together with Kansai Recycling Systems Co., Ltd. have jointly built a flat panel TV recycling line to deal with waste LCD, although the methods of CCFL removal are unknown.

An added complication is that there are many variations in LCD screen panel construction, from single screw lamp release through to full screen disassembly. Increasing difficulty in disassembly and lamp removal inevitably leads to more lamp breakages and mercury release. The difficulty in removal increases with larger screen size televisions due to the arrays of backlights mounted in the rear tray. Access to the backlights requires full panel disassembly, with manufacturers using a variety of fixing and retention methods. Moulding elastomeric rubber supports are extensively used to cover the wire to the tube electrode connection. Plastic clips mounted on the tray support the lengths of tubes. In most cases the tube retaining clips are designed for tube insertion and not removal. Figure 15 shows a typical arrangement and fixing methods of CCFL in the rear tray of an LCD television panel.

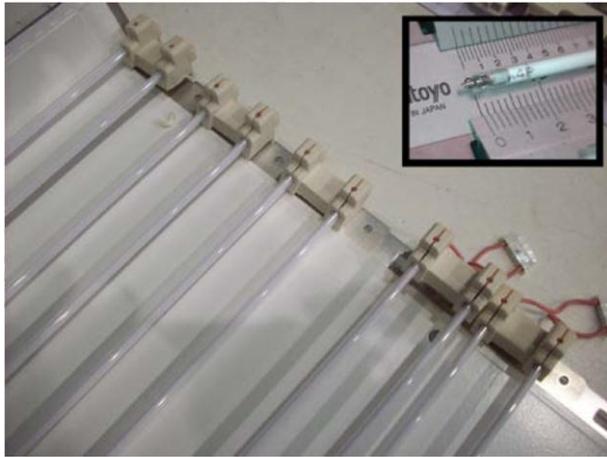


Figure 15 CCFLs in rear tray of LCD panel (with inset photo for scale of CCFL)

The delicate nature of these backlights, and the difficulty of removal and handling, means that breakages are common during disassembly.

A common theme considered by researchers into the recycling of LCD panels is that the removal of mercury is a key requisite in the treatment of this waste.

The WEEE Directive, and its proposed recast, emphasise that the collection and recovery of mercury from fluorescent tubes is to be treated as a priority for EU member states. For recycling facilities the removal and recovery of mercury from this waste stream, whether by manual or automated processes, will require demonstrable monitoring methods and auditable trails to ensure environmental protection.

E. Mercury distribution in fluorescent lamps

Research has shown that mercury exists within used fluorescent lamps in both elemental and compound forms. This research showed that the "mercury species Hg^0 , Hg^{1+} and Hg^{2+} occur in spent lamps, with the predominance of Hg^0 and Hg^{1+} over the divalent species". Others note that the operation of the lamps causes mercury to become chemically bound to various lamp components, as identified using a range of spectroscopy techniques. It was found that mercury interacted with the sodium in the glass and the barium which had accumulated around the lamp ends.

It has also been found that in used lamps the mercury is absorbed by the phosphor coating. The mercury species in the phosphor coating has been determined as Hg^0 , Hg^{1+} and Hg^{2+} . Mercury concentrations of the phosphorus powder were considerably higher in spent lamps than in new lamps. In conventional CCFL operation, elemental mercury will be attracted to the caesium compound coated on the electrode. As this will affect the amount of material contaminated by mercury, these facts can have important implications when considering a strategy to effectively remove mercury from CCFLs. This is further compounded when considering how additional dispersal will occur if LCD devices are to be processed with CCFLs intact.

F. Mercury removal from CCFLs

Several methods have been identified for the removal of mercury from used fluorescent lamps, including photocatalytic techniques and physiochemical treatment. Both methods end up with a stable compound containing mercury. Concerns over potential mercury leaching means that storage in sealed containers or further treatment is needed. To avoid waste residues from chemical processes, the alternative is the use of thermal desorption techniques. Most research concerning the removal of mercury from CCFLs has tended to focus on this.

Although there are slight variations, the thermal desorption systems in general comprise:

- a crushing device;
- a pre-heated oven; and
- a condensing tank.

Research has identified a large temperature range over which mercury-bearing waste from fluorescent lamps is reduced to its elemental form. It concluded that part of this temperature range could be attributed to the mercury interactions with sodium in the glass.

A series of experiments have assessed thermal desorption techniques over different time periods (8-15 hours), and at different temperatures (350°C to 525°C). They concluded that the optimum conditions for mercury removal from CCFLs were a desorption time of 8 hours at a pre-heated temperature of 525°C, to achieve a 90% efficiency. Others introduced a reducing agent, sodium borohydride. This modified the desorption process to 300°C for two hours, achieving a 93% efficiency. Mercury is completely reduced when subject to a temperature range from 700°C to 850°C. More recent work suggests that temperatures can be lowered further if components can be removed from CCFLs prior to treatment.

Appendix II – Methods of Sample Preparation

The distribution of mercury and its compounds in CCFLs means that any crushing process will have to ensure that:

- mercury vapour escape is minimised during crushing;
- lamp materials including glass, electrodes and fluorescent powder are contained during crushing; and
- crushed lamps are retained in sealed containers to minimise mercury loss.

A. Sample Preparation Method 1

To prevent mercury loss during sample preparation, a stainless steel hammer mill with containment was used. This is shown in Figure 16. The hammer action was controlled by a pulse width modulated oscillator and could be varied to create different lengths of glass shard and fragmentation.

The lamp was fed into the mill through an aperture 0.5mm larger in diameter. A screw neck glass test tube was used to collect the lamp fragments. This tube was screw attached under the mill, sealing on a polytetrafluoroethylene PTFE 'O' ring seal.

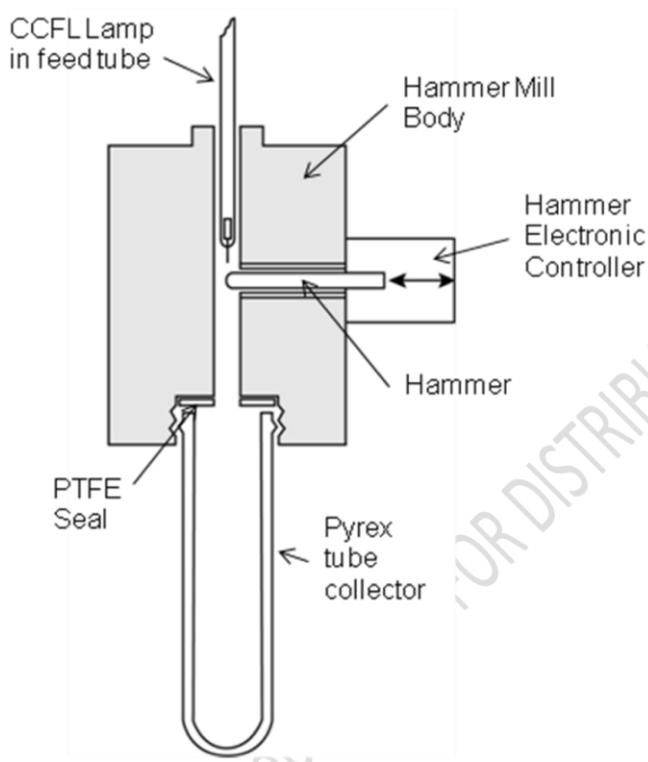


Figure 16 Diagram of the CCFL hammer mill

To minimise the potential loss of mercury vapour during the crushing process, the CCFL lamps and glass tube collectors were cooled to 3°C. The crushed sample sealed in the collector tube was kept in a 3°C environment awaiting thermal desorption. The quartz desorption boats were also stored in the low temperature environment. This minimised mercury volatility when transferring the sample from the tube collectors to the desorption boats.

B. Sample Preparation Method 2

Lamp tubes were scored around their diameter with a tungsten carbide pointed glass cutter. The tube was scored at points A and B, as shown in Figure 17 below. Point A was adjacent to the glass seal of

the tube around the electrode wire. Point B was 10mm from the entry point of the wire into the glass tube.

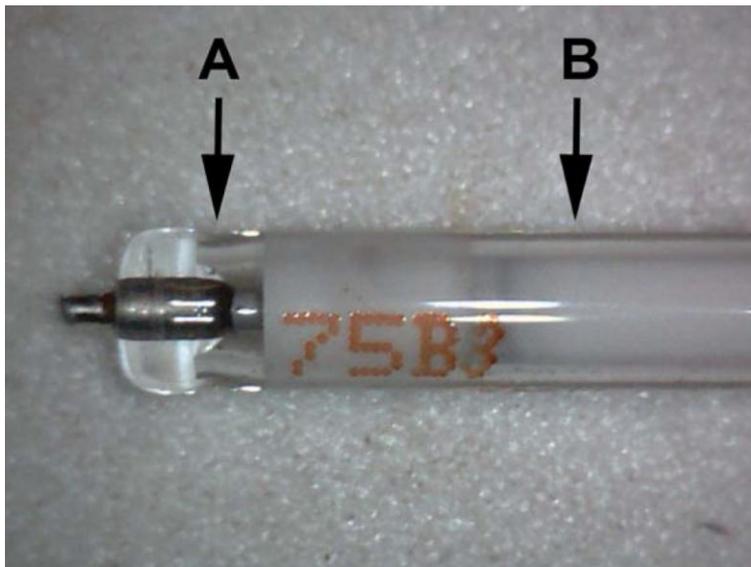


Figure 17 Section points A and B of a CCFL glass tube

The distance point B in all the case study lamps included the discoloured phosphors adjacent to the electrode. The discoloured phosphors are indicated by the arrow in Figure 18.

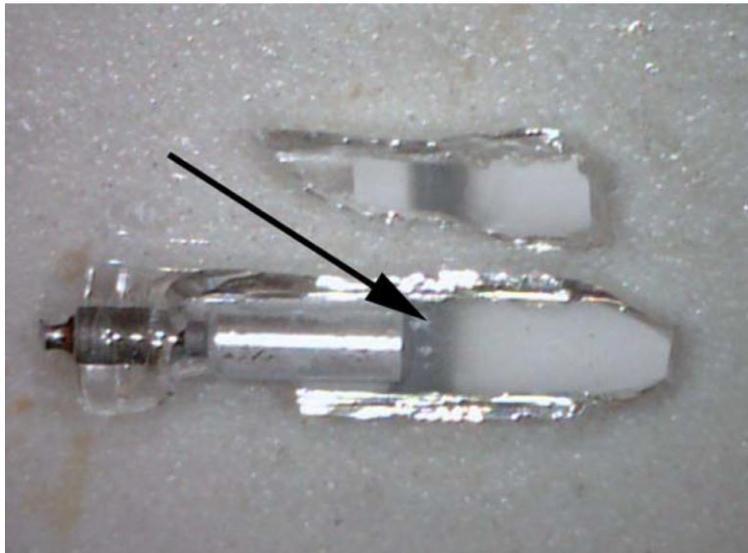


Figure 18 Section of electrode assembly showing discoloured phosphor

The sectioning process caused breakage of the tube section to reveal deposits on the inside of the glass, adjacent to the electrodes shown in Figure 18. The length of tube remaining after partition of sections located at A and B at either end of the lamp were further sectioned into 100mm lengths. The tube lengths were supported in a retort stand and a stainless steel rod was used to remove the powder from the tube. The powder was collected in pre-weighed Petri dishes and subsequently weighed to determine the powder weight per length of tube. A similar procedure was performed to collect the discoloured powder from the 10mm section of tube removed between A and B. The small quantities available were stored in 0.2ml sealed vials.

C. Sample Preparation Method 3

The CCFLs were scribed around their diameter using a manual glass cutter, in proximity to the electrode contained in the lamp. The CCFLs were then broken to release the elemental mercury reservoir into a dry beaker. The electrodes were separated and stored separately in marked containers. The glass was removed and stored in a container for the glass fragments. The crushed tube and fluorescent powder were placed in a sieve container and then in an ultrasonic bath. The process separated the fluorescent powder from the glass shards. The powder and glass shards were stored in separate labelled containers.

Appendix III – Further detail on CCFL tests

A. HCl washing

No further detail.

B. Pyrolysis with CVAAS

A Lumex RA915 cold vapour atomic absorption spectrometer (CVAAS) was used. It is designed to measure mercury concentrations in air, complex materials and liquids. The pyrolysis technique involved the introduction of a small sample of the analysis material into a furnace operating at 550°C. Any sample containing mercury or compounds was thermally desorbed and the mercury vapour drawn through a detection cell. The cell was fitted with quartz windows allowing ultraviolet radiation to pass generated by a mercury vapour lamp.

The analysis software was calibrated using known sample standards (STD) and the absorption of mercury vapour from an analysis sample was calculated based on the standards calibration graph. The potential high concentrations of mercury from the samples required the use of a short path length detection cell to prevent saturation of the detector signal and contamination of the system from high levels of mercury vapour.

A high concentration 1000ppm mercury in Nitric Acid STD from Spectrosol was used to produce a calibration graph. To prevent mercury loss prior to the introduction of the standard solution into the pyrolysis attachment, measured aliquots were dispensed into the quartz sample holders containing crushed activated charcoal. The quartz sample holders and charcoal were pre-weighed and tared. The weight increase of the holder provided a known weight of standard. The introduction of the standard into the furnace vaporised the mercury, which was drawn through the detection cell. The pumping rate drawing the sample through the cell was 0.6 litres per minute. The mercury vapour concentration was analysed by the CVAAS. A calibration graph was created for the differing samples of standard solution.

Fluorescent powder analysis

Figure 19 shows the calibration graphs of the 1000ppm STD analysis with Figure 21 showing the analysis report. These calibration graphs and results were used to quantify the mercury content of the fluorescent powder samples from the sample lamp.

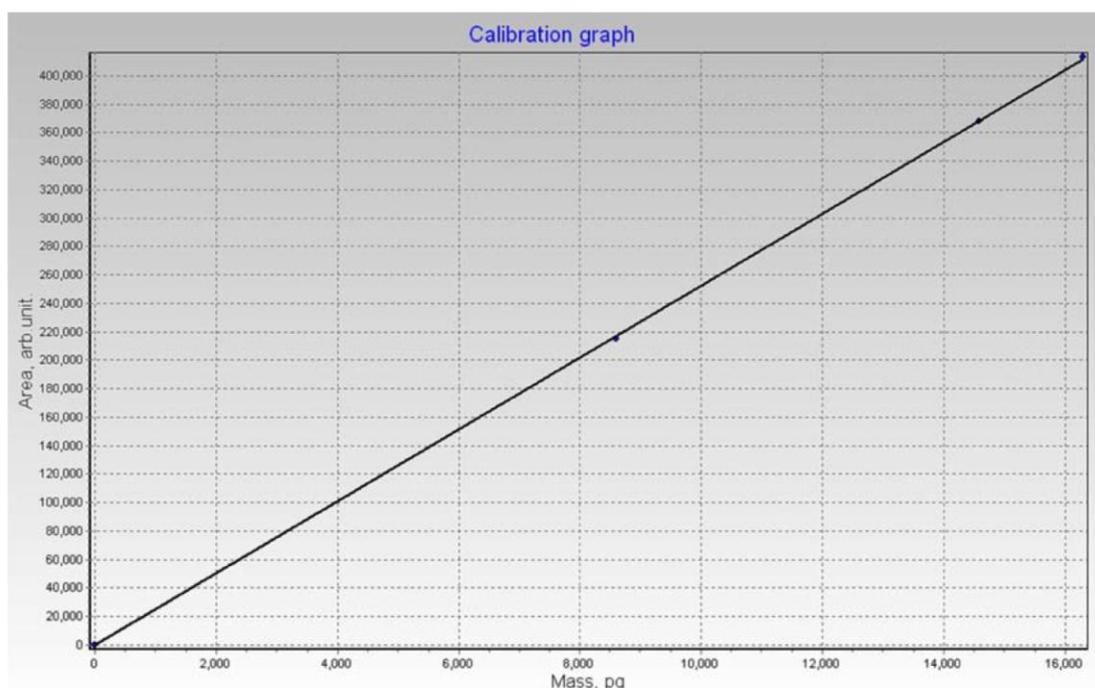


Figure 19 Calibration graph for CCFL powder analysis

The calibration graph enables the analysis software to calculate mercury concentrations of the sample. Figure 20 shows the mercury detection curves showing sharp rise in detected mercury vapour as the sample is thermally desorbed of mercury. The detection curves are numbered to correspond to the sample number shown in the concentration report (Figure 21).

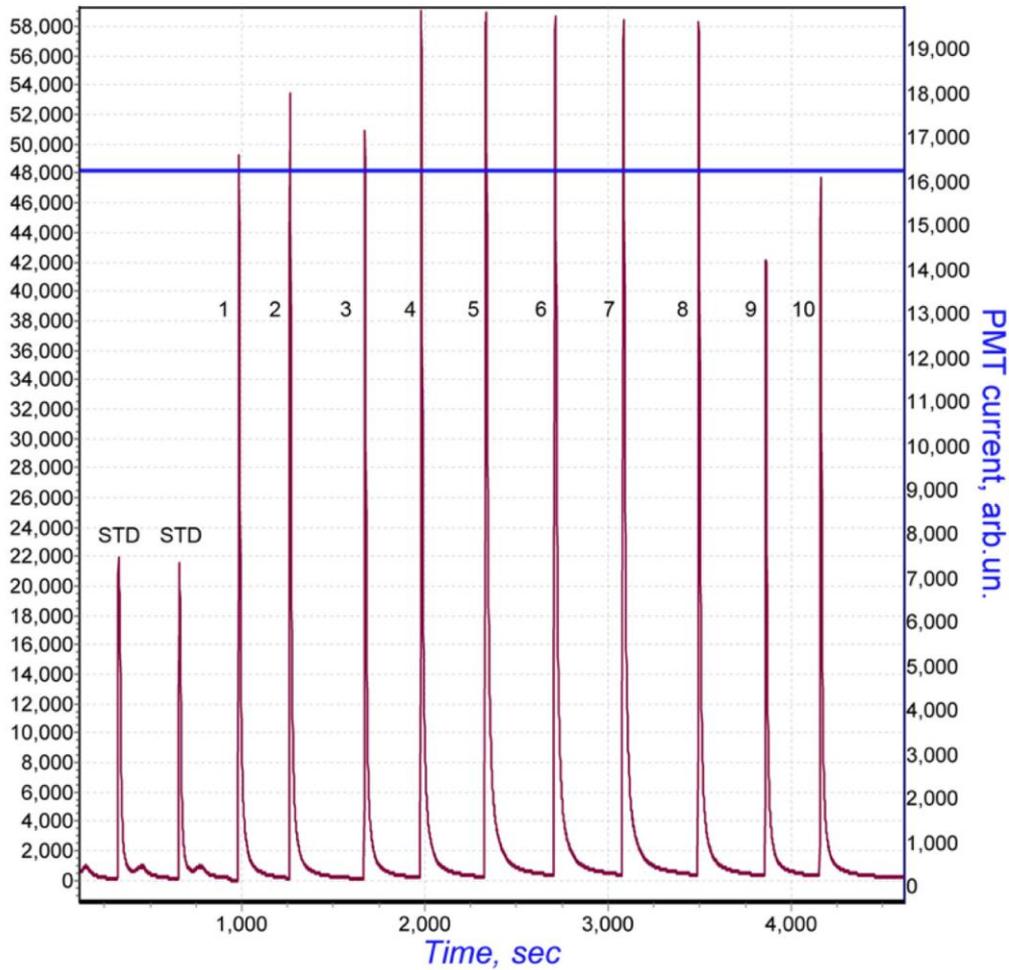


Figure 20 Mercury detection curves of CCFL fluorescent powder

The average sample weight introduced into the furnace was 15mg of material. Integration of the area inside the detection curve of the samples is related to the standard analysis to allow sample mercury concentrations to be calculated. The report shown in Figure 21 shows the concentration levels measured in parts per million (ppm). The first items marked standard are the calibration for the analysis equipment. Sample 1-10 are the analysis results of the lamp powder from the sample lamps. Two control samples were tested for mercury content. These were (a) fluorescent powder from a lamp not exposed to mercury, and (b) a sample of fluorescent powder from a sample lamp previously tested by TGA analysis. Both the control samples showed no significant mercury content.

RA-915+ testing fluorescent powder lamp244
 21-07-10 vs TGA (C:\Program
 Files\Lumex\RA915P\fluorescent
 powder 244 21_07_10\tube
 powder.db)

01/08/2010

N	Description	Concentration	Time
1	testing fluorecent powder lamp244 21-07-10 vs TGA		
2	BLANK	0.0	11:32:23
3	Std__1000, RL = -1%	990	11:37:28
4	Std__1000, RL = 0%	1000	11:42:07
5	Std__1000, RL = 0%	997	11:47:50
6	sample 1 powder 244	1990	11:59:12
7	sample 2 powder 244	2000	12:07:13
8	sample 3 powder 244	2560	12:13:55
9	sample 4 powder 244	2180	12:19:50
10	sample 5 powder 244	2260	12:26:40
11	sample 6 powder 244	2300	12:33:00
12	sample 7 powder 244	2940	12:39:56
13	sample 8 powder 244	2640	12:45:42
14	sample 9 powder 244	2110	12:50:48
15	sample10 powder 244	2300	12:55:51
16	control sample of virgin phosphor	-0.6	12:59:45
17	sample of powder 244 out of tga	-38.0	13:13:17

Analytical :Lumex RA915+ fitted with RP91C pyrolysis unit ; Analysis of fluorescent powder removed from lamp nos 244
 Detection limit: Short range HC cell fitted: 0.6 litre/min flowrate
 Accuracy: Calibration graph with 1000ppm mercury in HNO3 Spectrosol standard absorbed onto AC
 Analysts Tim McDonnell 21-07-10

Figure 21 Mercury concentration of standard and powder from CCFL in ppm

The mean concentration of the lamp powder is 2328 ppm.

C. XRD

No further detail.

D. SEM analysis of electrodes with EDS

To further investigate questions raised by observations drawn from initial analysis, a wider range of used lamps for SEM analysis was procured. The details of these lamps and their sources are shown in Figure 22 below.

Source	LCD Panel Maker	Date	Number of lamps	Length mm	Diameter mm	Electrode material	Reference number
15" Monitor	Chungwa	2002	2	310	2.2	Nickel	116
17" Monitor	AU Opto	2003	4	330	2.2	Nickel	85
26" Television	Chi-Mei	2007	12	590	3	Molybdenum	238
32" Television	Samsung	2007	16	720	3	Nickel	244

Figure 22 LCD equipment details of lamps for analysis

Initial analysis had raised the question of whether the mercury droplets attached to the electrode had been distributed during the breaking of the lamps. To reduce the mobility of the mercury droplets, the ends of the lamps were immersed in liquid nitrogen for five minutes to freeze the mercury prior to sectioning³. The lamps were sectioned by the method described in Appendix II. The electrodes were withdrawn following sectioning at point A and placed on the carbon adhesive pads of the SEM aluminium mounts. The electrodes were retained as pairs for comparative observation and EDS analysis inside the SEM.

E. TGA analysis of electrodes with MVI

The TGA equipment used was a Shimadzu TGA-50 Thermal Gravimetric Analyser supported with TA-501 Thermal analyser. The thermal desorption pans were aluminium construction and designed for nominal sample weights between 20 and 40mg. The desorption atmosphere in the TGA was nitrogen gas flow, set at the manufacturer's recommended flow rate of 50ml per minute. The temperature rise of the desorption chamber was set at 10°C rise per minute to achieved a final temperature of 550°C. A holding temperature of 550°C was set for 10 minutes after the final temperature had been achieved.

The weight of the sample was monitored during the experiments correlated to time and temperature. The analysis software produced graphs of weight loss versus time during the experiment. The experiments included testing control samples to verify equipment operation.

Control sample testing

Two grams of fine silica sand were introduced into a muffle furnace and the temperature raised to 550°C for a period of five hours to remove any traces of water and volatile compounds. The sample was cooled and sealed in Pyrex vial with a Teflon sealed screw top. The TGA was prepared for operation and a 20mg sample was introduced into the desorption pan. The sample was thermally treated over a 60-minute period. Figure 23 shows the weight change of the sample over the period.

³ The temperature of liquid nitrogen is 77K sufficient to lower the lamp end temperature to below the freezing point of mercury at 234K

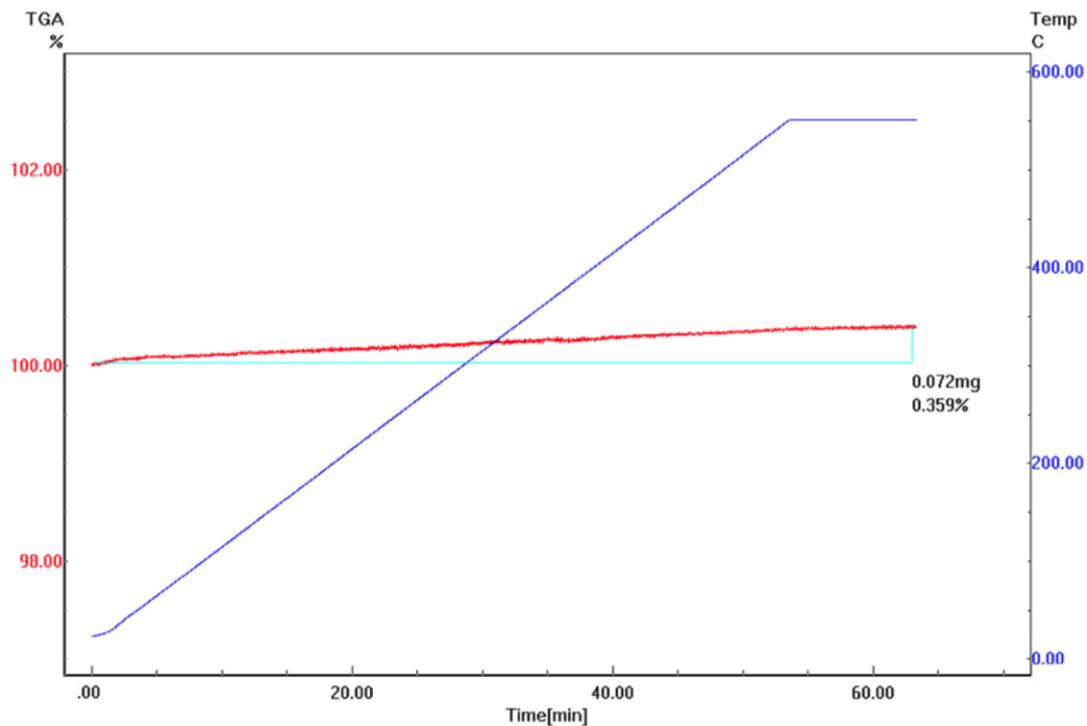


Figure 23 Weight change of silica sand versus temperature

The 20mg sample weight of the silica sand showed a weight gain change of 0.072 mg over the period indicating there was no desorption of components from within the sample.

Electrode testing

The recommended weight for sample analysis in the TGA was 20-40mg. It also had to fit into the desorption pan. The overall length of a typical electrode with the glass seal assembly was 10mm and too large to fit within the pan. It was necessary to section the electrode removing the wire end and glass seal. The electrode end was placed in the desorption pan as shown in Figure 24.

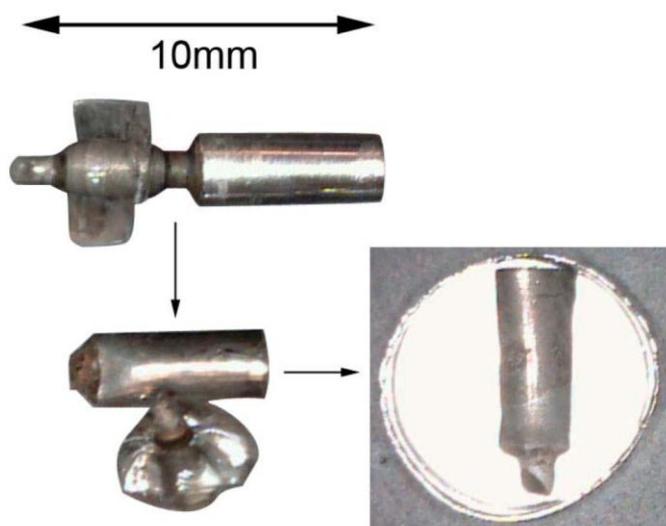


Figure 24 Electrode sample preparation to fit TGA desorption pan

A screening study on a sample electrode was performed. The operating parameters for the TGA equipment are shown in Figure 25.

Equipment	Shimadzu TGA-50 Thermogravimetric Analyser fitted with TA-50 Thermal Analyser
Max temperature setting	550°C
Temperature rise	10°C per minute with 10 minute hold at maximum temperature
Gas flow	Nitrogen
Gas flow rate	50ml per minute
Desorption pan	Aluminium
Sample	Nickel Electrode from spent CCFL
Sample weight	21.90mg

Figure 25 TGA operating parameters for nickel electrode screening study

The sample electrode was removed using the sectioning process described in Appendix II. The sample weight versus temperature rise is shown in Figure 26. In contrast to the thermal desorption of the fluorescent powder, the nickel electrode exhibited a significant weight loss in the temperature range from 70 to 198°C

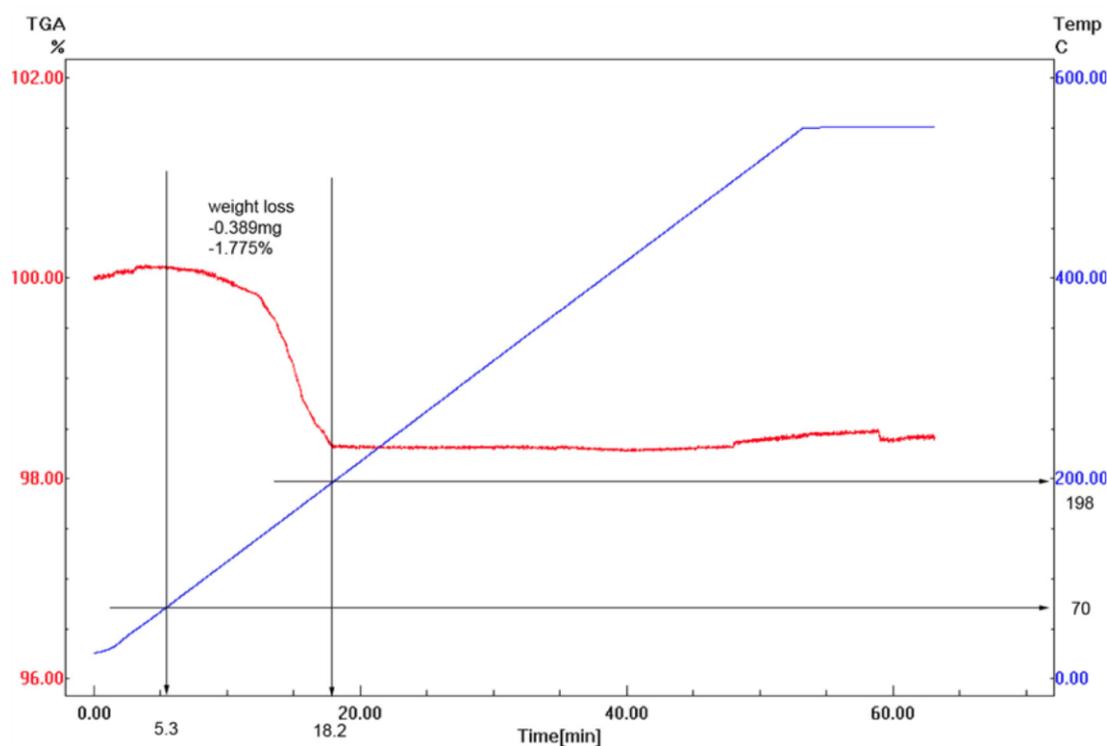


Figure 26 TGA of sample CCFL nickel electrode

It was clear that material was being desorbed from the electrode, but without analysis of the exhaust gas from the TGA, the existence of mercury vapour was not confirmed. If the loss of material was due to the vaporisation of mercury, then the concentration of mercury within the exhaust gas would be detectable. Assuming that all the 0.389mg was mercury that was vaporised into a total flow volume of 50ml/minute multiplied by the loss period of 13 minutes, then the concentration of mercury vapour would be a theoretical 598 mg/m³.

These large concentrations would have proved difficult to measure without contaminating any measuring equipment with mercury. In order to determine the presence of mercury vapour, the exhaust gas from the TGA needed to be expanded into a larger volume of air. The diluted exhaust gas could then be sampled using CVAAS techniques to determine the presence of mercury during TGA.

A Shawcity Mercury Vapour Indicator (MVI) was used to sample the exhaust gas during the TGA of electrode pairs from CCFLs. The experimental setup of the TGA equipment and the MVI is shown in Figure 27. The MVI is a constant monitoring mercury vapour indicator with LCD readout capable of detecting mercury concentrations up to 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The unit was fitted with a 0 – 2.5-volt analogue output suitable for data logging. The voltage output of the MVI was connected to a Picolog 1200 data logger. The exhaust gas was monitored during TGA operation for the four samples.

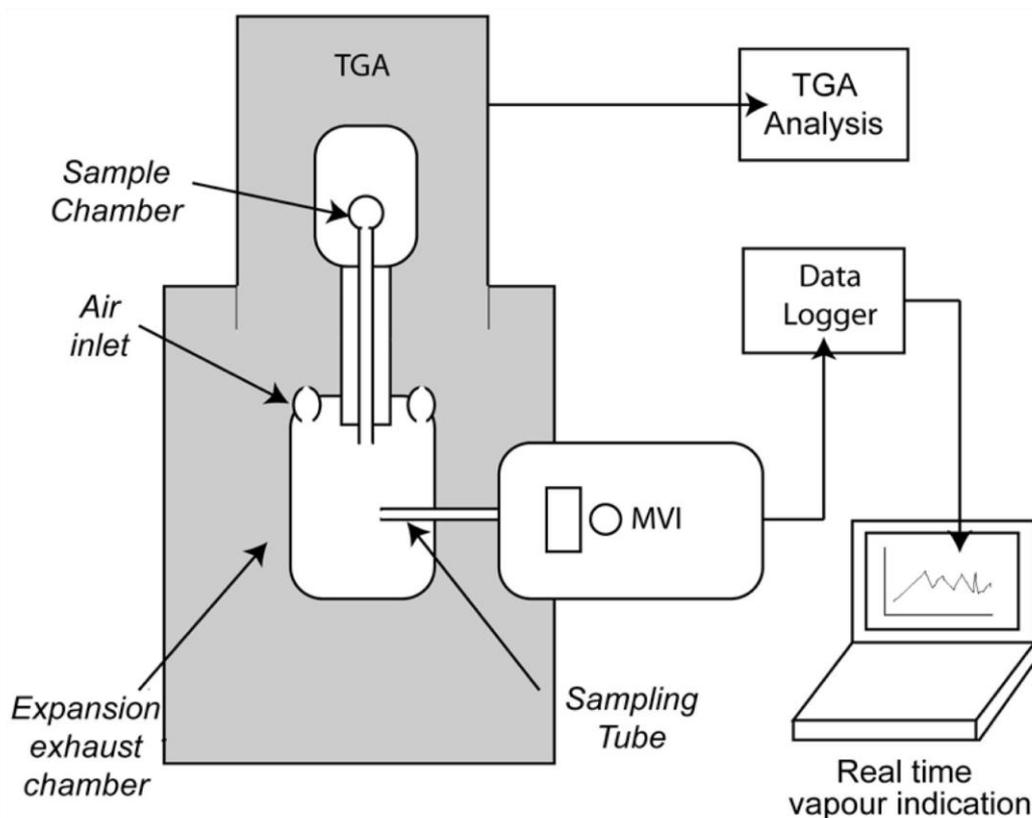


Figure 27 TGA mercury vapour monitoring schematic

The MVI was calibrated to work in the nitrogen atmosphere of the TGA. An offset reading of $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ was set on the MVI as a baseline reading display. A TGA analysis of the control sample was monitored for mercury release and temperature rise of the exhaust gas. The results of this analysis are shown in Figure 28. The nominal increase in temperature in the expansion exhaust gas chamber was 14°C over the TGA period of 60 minutes. The MVI mercury monitoring was set at $2\mu\text{g}$ reading as baseline. The MVI showed no appreciable mercury measurements from the control sample. The experimental setup was further used for monitoring samples of electrodes from CCFLs.

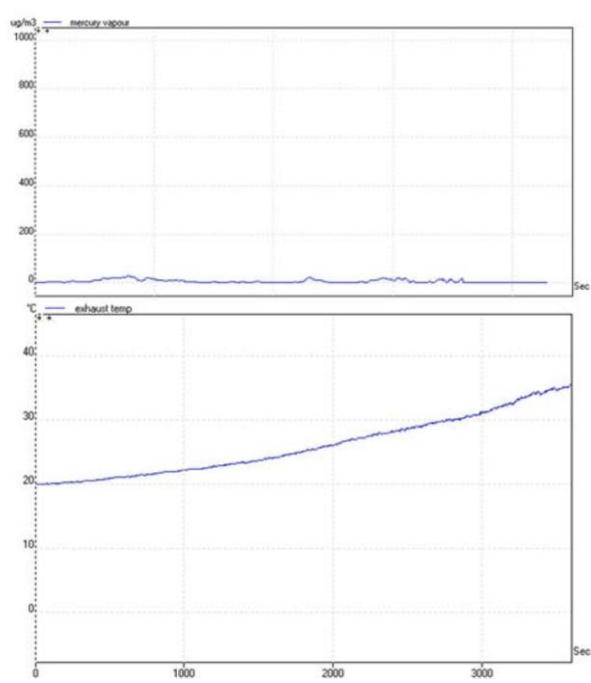


Figure 28 Control sample TGA exhaust gas mercury vapour monitoring and temperature rise over analysis period

References

- AEA Technology (2006) '*WEEE & Hazardous Waste Part 2: A Report Produced for DEFRA*', AEAT/ENV/R/2233, The Stationary Office, London, pp 19-23
- Apple Inc (2009) 'The Worlds greenest lineup of Notebooks', <http://www.apple.com/macbookair/environment.html>
- Aucott, M., McLinden, M., & Winka, M. (2004) 'Release of mercury from broken fluorescent bulbs', *Journal of Air & Waste Management Association*, 53, pp 143-151
- Bussi, J., Cabrera, M.N., Chiazzaro, J., Canel, C., Veiga, S., Florencio, C., Salchiele, E.A., & Belluzzi, M. (2009) 'The recovery and recycling of mercury from fluorescent lamps using photocatalytic techniques', *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 85, (4), pp 478-484
- Chang, T.C., Chen, C.M., Lee, Y.F., You, S.J. (2010) 'Mercury recovery from cold cathode fluorescent lamps using thermal desorption technology', *Waste Management and Research*, 28, pp 455-460
- Chang, T.C., You, S.J., Yu, B.S., Chen, C.M., & Chiu, Y.C. (2009) 'Treating high-mercury-containing lamps using full-scale thermal desorption technology', *Journal of Hazardous Materials*, 162, (2-3), pp 967-972
- Chang, T.C., You, S.J., Yu, B.S., & Kong, H.W. (2007) 'The fate and management of high mercury-containing lamps from high technology industry', *Journal of Hazardous Materials*, 141, (3), pp 784-792
- Clarkson, T.W. (1998) 'Human toxicology of Mercury', *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*, 11, (2-3), pp 303-317
- Clear, R. & Berman, S. (1994) 'Environmental and Health-Aspects of Lighting - Mercury', *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 23, (2), pp 138-152
- Corning Glass NY (2000) 'Product information :Eagle glass, a product for large area FPD televisions'. http://www.corning.com/displaytechnologies/discover_lcd/
- Cui, J. & Forssberg, E. (2003) 'Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review', *Journal of Hazardous Materials*, 99, (3), pp 243-263
- Dang, T.A., Frisk, T.A., & Grossman, M.W. (2002) 'Applications of surface analytical techniques for study of the interactions between mercury and fluorescent lamp materials', *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 373, (7), pp 560-570
- 86Dang, T.A., Frisk, T.A., Grossman, M.W., & Peters, C.H. (1999) 'Identification of mercury reaction sites in fluorescent lamps', *Journal of The Electrochemical Society*, 146, (10), pp 3896-3902
- DisplaySearch (2009a) '2010 LCD TV Shipment Outlook Increased to More than 170 Million Units', DisplaySearch.com. http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/091229_tv_demand_outlook_improves_revenues_resume_growth_in_2010.asp
- DisplaySearch (2009b) 'LED Backlight Shipments Skyrocket as CCFLs and EEFLs Lose Ground', DisplaySearch.com. http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/091117_led_backlight_shipments_skyrocket_as_ccfls_and_eefls_lose_ground.asp
- DIUS (2009) '*Collaborative Research and Development Project : REFLATED*', Department for Industry, Universities & Skills, Cm 7345, The Stationary Office Ltd., London., pp 34-35
- Dobrowolski, R. & Mierzwa, J. (1996) 'Determination of mercury in fluorescent lamp cullet by atomic absorption spectrometry', *Analyst*, 121, pp 897-900
- Doughty, D.A., Wilson, R.H., & Thaler, E.G. (1995) 'Mercury-Glass Interactions in Fluorescent Lamps', *Journal of The Electrochemical Society*, 142, (10), pp 3542-3550
- DSTC (2004) '*Determination of regulated elements in discarded laptop computers, LCD monitors, Plasma TVs and LCD TVs*', Hazardous Material Laboratory California Department of Toxic Substances Control, SB20, California, USA.

- Durao, W.A., de Castro, C.A., & Windmoller, C.C. (2008a) 'Mercury reduction studies to facilitate the thermal decontamination of phosphor powder residues from spent fluorescent lamps', *Waste Management*, 28, (11), pp 2311-2319
- Eastern Research Group Inc. (2007) '*Flat Panel Displays: End of Life Management Report*', King County Department of Natural Resources and Parks Solid Waste Division, King County, USA. www.metrokc.gov/dnrp/swd/takeitback/electronics/documents/FPDReport.pdf.
- Environment Agency (2010) 'Classification of electronic display devices', UK Environment Agency. http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/Flatscreen_Brief__Mar2010.pdf
- EPEAT (2009) 'Mercury contained in cold cathode fluorescent lamps in liquid crystal displays: manufacturer declaration', Green Electronics Council. Available at <http://www.epeat.net/>
- EU Commission (2003a) 'Directive 2002/95/EC of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment', *Official Journal of the European Union*, European Parliament, Strasbourg, L37, pp 19-23
- EU Commission (2003b) 'Directive 2002/96/EC of 27th January 2003 on waste electrical and electronic equipment', *Official Journal of the European Union*, European Parliament, Brussels, L37, pp 24-29
- EU Commission (2005) 'Communication from the Commission of 28 January 2005: "Community Strategy concerning Mercury" an', *Official Journal of the European Union*, Commission of the European Communities, Brussels, C52, pp 1-11
- EU Commission (2009a) 'DIRECTIVE 2009/161/EU of 17 December 2009 establishing a third list of indicative occupational exposure limit values in implementation of Council Directive 98/24/EC and amending Commission Directive 2000/39/EC', *Official Journal of the European Union*, L 338, pp 87- 89
- EU Commission (2009b) 'Proposal for a Directive of the European Parliament and of the council on waste electrical and electronic equipment (WEEE) re- cast', *Interinstitutional File of the Official Journal of the European Union*, Council of the European Union, Brussels, 2008/0241(COD), pp 1-31
- European Parliament (2009) 'DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS) (recast)', *Interinstitutional File of the Council of the European Union*, Council of the European Union, Brussels, 2008/0240 (COD), (17433/09 ADD 1), pp 1-40
- Euro Chlor (2008) '*Code of Practice Control of Worker Exposure to Mercury in the Chlor - Alkali Industry*', Euro Chlor Publication, Health 2 5th Edition November 2008, Brussels. Euro Chlor- Avenue E. VanNieuwenhuysse 4, Box 2- B-1160 Brussels
- Harison Toshiba Lighting Corporation (2008) 'Back light units', Available at http://www.islands.ne.jp/harison/english/p_pro_07.html.
- Holmes, P., James, K.A.F., & Levy, L.S. (2009) 'Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health?', *Science of The Total Environment*, 408, (2), pp 171-182
- HSE (2009) 'Storing hazardous wastes at household waste recycling centres', Health and Safety Executive, Sudbury, Suffolk, UK. www.hse.gov.uk/PUBNS/waste12.pdf
- Huisman, J., Kuehr, R., Magalini, F., Ogilvie, S., Maurer, C., Artim, C., Delgado, C., & Stevels, A. (2007) '*2008 Review of Directive 2002/96/EC on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)*', United Nations University, Final Report, Germany.
- Jang, M., Hong, S.M., & Park, J.K. (2005) 'Characterization and recovery of mercury from spent fluorescent lamps', *Waste Management*, 25, (1), pp 5-14
- Kahl, J. (1998) 'Understanding cold cathode fluorescent lamps: Lamp construction and physics', JKL Components Corporation. Available at <http://www.jkllamps.com/apnotes/ai007a.pdf>
- Kahl, J. (1999) '*CCFLs and Mercury Technical Brief*', JKL Lamps, TN-1007 rev. A, Pacoima, CA, USA. Available at <http://www.jkllamps.com/apnotes/tb-1007a.pdf>.
- Kim, H.J., Kernbaum, S., & Seliger, G. (2009) 'Emulation-based control of a disassembly system for LCD monitors', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40, (3-4), pp 383-392
- Kopacek, B. (2008) 'Re-LCD - Recycling and Re-use of LCD Panels', Electronics Goes Green 2008 Conference, H. Reichl et al., eds., Fraunhofer IRB Verlag, Berlin, Germany. 7 September, pp. 703-705.

- Krukenberg, N. (2010) 'Challenges and conditions in the collection, transport and treatment chain of LCD displays', 9th International Electronics Recycling Congress, Salzburg, Austria. 21 January.
- Laszlo, M. & Thomas, W.C. (2006) 'Overview of the clinical toxicity of mercury', *Annals of Clinical Biochemistry*, 43, (4), pp 257-268
- Li, J.H., Gao, S., Duan, H.B., & Liu, L.L. (2009) 'Recovery of valuable materials from waste liquid crystal display panel', *Waste Management*, 29, (7), pp 2033-2039
- Lim, S.R. & Schoenung, J.M. (2010) 'Human health and ecological toxicity potentials due to heavy metal content in waste electronic devices with flat panel displays 4', *Journal of Hazardous Materials*, 177, (1-3), pp 251-259
- Lucas, A. & Emery, R. (2006) 'Assessing occupational mercury exposures during the on-site processing of spent fluorescent lamps', *Journal of Environmental Health*, 68, (7), pp 30-34
- Matharu, A. & Wu, Y. (2009) 'Liquid Crystal Displays: from Devices to Recycling', Hester R.E. & Harrison R H, eds. *Issues in Environmental Science and Technology: Electronic Waste Management*, vol. 27, RSC Publishing, Cambridge, UK. pp. 201-209.
- McDonnell, T. J. & Williams, K. S. (2010a) 'Commercial recycling of LCD and its challenges: A UK perspective', 9th International Electronics Recycling Congress, Salzburg, Austria. 21 January.
- McDonnell, T. J. & Williams, K. S. (2010b) 'Liquid Crystal Displays: Environmental Management in Removal and Recycling of Mercury-containing Backlights', The 25th International Conference on Solid Waste Technology and Management, Philadelphia, PA ,USA: Philadelphia, USA. 14 March.
- Mercury Recycling Ltd 2007, *Lamp Treatment Process Flow Description* Manchester, UK. available at www.mercuryrecycling.co.uk
- Master, A., Fraunholz, N., van Schaik, A., & Reuter, M. A. (2005) 'Characterization of the Hazardous Components in End-of-Life Notebook Display', H. Kvande, ed. TMS(the Minerals, Metals and Materials Society), San Francisco. pp. 1213-1216.
- Morf, L.S., Tremp, J., Gloor, R., Schuppisser, F., Stengele, M., & Taverna, R. (2007) 'Metals, non-metals and PCB in electrical and electronic waste - Actual levels in Switzerland', *Waste Management*, 27, (10), pp 1306-1316
- Nema (2000) '*Environmental Impact Analysis: Spent Mercury-Containing Lamps*', National Electrical Manufacturers Association (US), Available at <http://www.nema.org/papers/enviimpact.doc>.
- Nema (2008) '*Limits on Mercury Content in Self-ballasted Compact Fluorescent Lamps*', National Electrical Manufacturers Association (US), NEMA Standards Publication LL 8-2008, Rosslyn, Virginia, USA. Available at <http://www.nema.org>.
- OSHA (2007) 'Mercury exposure limits', United States Department of Labor Occupational Health and Safety Administration. Available at http://www.osha.gov/SLTC/mercury/exposure_limits.html
- Rabah, M.A. (2008) 'Recyclables recovery of europium. and yttrium metals and some salts from spent fluorescent lamps', *Waste Management*, 28, (2), pp 318-325
- Raposo, C., Windmoller, C.C., & Junior, W.A.D. (2003) 'Mercury speciation in fluorescent lamps by thermal release analysis', *Waste Management*, 23, (10), pp 879-886
- Reilly, B. 2007, *Mercury Dose Weight Checks*, Procedure MIS-09-12, Sli Lighting, Charlestown, UK.
- Reisinger, D (2009) 'Sharp sees HDTV's future mapped out', Cnet News. http://news.cnet.com/8301-13506_3-10283255-17.html
- Rifer, W., Brody-Heine, P., Peters, A., & Linnell, J. (2009) '*Closing the loop: Electronics Design to Enhance Reuse/Recycling Value*', Green Electronics Council in collaboration with the National Centre for Electronics Recycling and Resource Recycling, Inc., Final Report, USA., pp 12-15 http://www.greenelectronicscouncil.org/documents/0000/0007/Design_for_End_of_Life_Final_Report_090208.pdf.
- Roozkrans, C. J. & Verharr, H. J. G. 1998, *Low-Pressure Mercury Vapour Discharge Lamp*, 5,753,999, U.S. Philips Corporation, New York N. Y., (patent).
- Sharp (2009) 'Flat-Panel TV Recycling Begins in Japan', Sharp Environmental and Social Report, Sharp Electronics Corporation, Japan. http://sharp-world.com/corporate/eco/csr_report

- Shrivastava, P., O'Connell, S., & Watson, M. (2009) 'Dell survey of Electronic Recyclers - Results and Analysis', IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology 2009, 18 May, pp. 1-4.
- Stahler, D., Ladner, S., & Jackson, H. (2008) '*Maine Compact Fluorescent Lamp Study*', Maine Department of Environmental Protection, Maine, USA. Available at <http://www.maine.gov/dep/rwm/homeowner/cflreport.htm>.
- Stevens, G. C. & Goosey, M. (2009) 'Materials Used in Manufacturing Electrical and Electronic Products', Hester R.E. & Harrison R H, eds. '*Issues in Environmental Science and Technology :Electronic Waste Management*', vol. 27, RSC Publishing, Cambridge, UK. pp. 40-73.
- Sugimura, T., Hata, H., Sugimura, H., Tamura, S., Takahashi, K., Yamagishi, K., & Nishikata, H. 2009, '*Electrode, method for producing electrode, and cold-cathode fluorescent lamp*', US20090218928, NEC Lighting Ltd., Tokyo, (patent).
- Thaler, E.G., Wilson, R.H., Doughty, D.A., & Beers, W.W. (1995) 'Measurement of Mercury Bound in the Glass Envelope During Operation of Fluorescent Lamps', *Journal of The Electrochemical Society*, 142, (6), pp 1968-1970
- Torii, H. (2009) 'LCD TV Outlook Improves; CRT Demand Plummetts', DisplaySearch.com. http://www.displaysearch.com/cps/rde/xchg/displaysearch/hs.xsl/090928_lcd_tv_outlook_improves_crt_demand_plummetts.asp
- Urnieszaita, I., Denafas, G., & Jankunaite, D. (2009) 'Characterization of residues from physiochemical treatment of waste fluorescent lamps', *Waste Management Research* pp 1-6
- WRAP (2010) '*Understanding Mercury Removal from LCD*', Waste Resources Action Program, Document MDD028, Banbury, Oxford.

**Waste & Resources
Action Programme**

The Old Academy
21 Horse Fair
Banbury, Oxon
OX16 0AH

Tel: 01295 819 900
Fax: 01295 819 911
E-mail: info@wrap.org.uk

Helpline freephone
0808 100 2040

www.wrap.org.uk/eproducts



Annexe II

Rapport d'étude n° CR 18 11191. Modélisation de la dispersion des rejets atmosphériques chroniques dans le cadre de l'étude de risque sanitaire. CNPP. Janvier 2019



GROUPE CNPP
Département Feu et Environnement
Route de la Chapelle Réanville
CD 64 - CS 22265
F 27950 SAINT MARCEL
Tél. 33 (0)2 32 53 64 33
Fax 33 (0)2 32 53 64 68

Prévention et maîtrise des risques

RAPPORT D'ETUDE N° CR 18 11191

**Modélisation de la dispersion des rejets atmosphériques chroniques dans le cadre
de l'étude de risque sanitaire
Société La boîte à papiers - site de Limoges (Haute-Vienne 87)**

DATE : 15 janvier 2019

DEMANDE PAR :

Département Audit et Conseil
Groupe CNPP
CS22265
F-27950 SAINT MARCEL

CLIENT :

La boîte à papiers
29 rue Ettore Bugatti
F-87280 LIMOGES

Le présent rapport comporte : 26 pages dont 14 pages d'Annexes.

Ce rapport ne peut être reproduit ou publié que dans sa forme intégrale. Le CNPP décline toute responsabilité en cas de reproduction ou de publication non conforme. Le CNPP se réserve le droit d'utiliser les enseignements qui résultent du présent document pour les inclure dans des travaux de synthèse ou d'intérêt général pouvant être publiés par ses soins.

www.cnpp.com

SOMMAIRE

1	CONTEXTE DE L'ETUDE.....	3
2	DONNEES RELATIVES AU SITE D'ETUDE	4
2.1	DOMAINE D'ETUDE.....	4
2.2	DONNEES METEOROLOGIQUES	4
2.3	DONNEES TOPOGRAPHIQUES.....	6
2.4	SOURCE D'EMISSIONS ET POLLUANTS	7
3	RESULTATS DE L'ETUDE DE DISPERSION	8
3.1	MISE EN ŒUVRE DE LA SIMULATION	8
3.1.1	<i>Hypothèses de calcul.....</i>	<i>8</i>
3.1.2	<i>Calcul des dépôts au sol</i>	<i>8</i>
3.2	PRESENTATION DES RESULTATS.....	9
3.2.1	<i>Cartographie des concentrations moyennes annuelles.....</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Tableau de concentrations au point de retombées maximales</i>	<i>10</i>
3.2.3	<i>Cartographie de flux moyen de dépôts par déposition sèche et humide</i>	<i>11</i>
3.2.4	<i>Tableau de flux de dépôts par déposition sèche et humide au point de retombées maximales.....</i>	<i>12</i>
4	ANNEXES	13
4.1	ANNEXE 1 – CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU MODELE DE DISPERSION ADMS5	13
4.1.1	<i>Aspects techniques : modélisation atmosphérique</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Modules intégrés au logiciel ADMS.....</i>	<i>17</i>
4.1.3	<i>Exploitation des résultats</i>	<i>18</i>
4.1.4	<i>Validations et références.....</i>	<i>19</i>
4.2	ANNEXE 2 : PHENOMENOLOGIE ET MODELISATION DES REJETS ATMOSPHERIQUES CHRONIQUES ...	20
4.2.1	<i>Problématique.....</i>	<i>20</i>
4.2.2	<i>Les principales conditions de dispersion des espèces dans l'atmosphère.....</i>	<i>20</i>

1 CONTEXTE DE L'ETUDE

La présente étude concerne le site industriel de La Boite à Papiers implanté à Limoges dans le département de la Haute-Vienne (87). Elle s'inscrit dans le cadre de l'évaluation par le Département Audit et Conseil des risques sanitaires dans le domaine de l'air pour le projet d'exploitation d'une ligne de traitement des écrans plats LCD, à la suite d'une demande de l'inspection des installations classées de la DREAL.

Cette étude porte sur la modélisation et la cartographie de la dispersion des rejets atmosphériques chroniques d'un polluant (mercure gazeux) émis par l'installation du site.

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.

Le recueil de données est réalisé par le département Audit et Conseil du CNPP.

2 DONNEES RELATIVES AU SITE D'ETUDE

2.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude utilisé pour modéliser la dispersion des rejets industriels de l'installation du site La Boîte à papiers est présenté sur la *Figure 1*. Il s'agit d'un carré de 3 km x 3 km de côté centré sur le site.

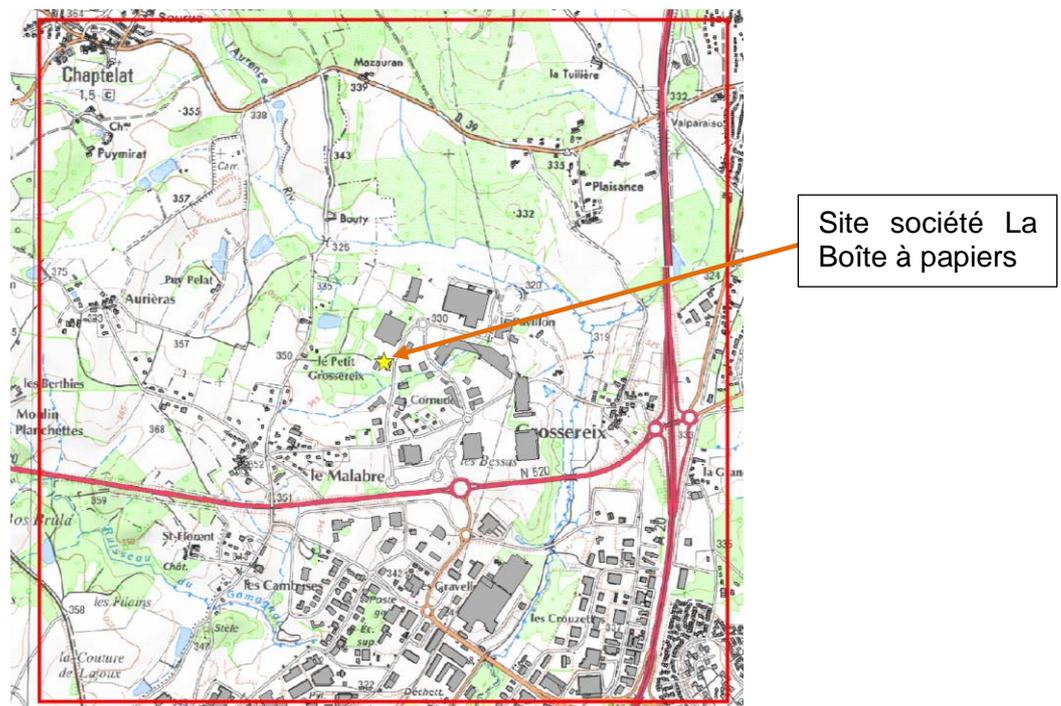


Figure 1 : vue sur le domaine d'étude (carré de 3 km x 3 km). Source IGN

2.2 Données météorologiques

La station météorologique identifiée, en collaboration avec Météo France comme la plus représentative du site est celle de Limoges-Bellegarde (numéro 87085006), car elle mesure l'ensemble des paramètres nécessaires au modèle de dispersion sur une très longue période.

L'acquisition de données météorologiques séquentielles trihoraires (1 mesure toutes les 3 heures) sur 3 années (du 01/01/2013 au 31/12/2015) a été effectuée auprès de Météo France¹.

¹ Le choix des années retenues se justifie après consultation de Météo France qui a indiqué que sur une période du 01/01/2016 au 09/12/2018, uniquement 4796 données étaient présentes sur 8592 données commandées pour le paramètre nébulosité.

Ces données intègrent les 5 paramètres suivants :

- ✓ Vitesse moyenne du vent à 10 m (m/s) ;
- ✓ Direction du vent à 10 m (°) ;
- ✓ Température de surface (°C) ;
- ✓ Précipitations (mm/h) ;
- ✓ Nébulosité (Octa).

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique et anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie).

La figure suivante réalisée à partir d'ADMS5.2 représente la rose des vents de la station de Limoges-Bellegarde sur 3 années de données météorologiques :

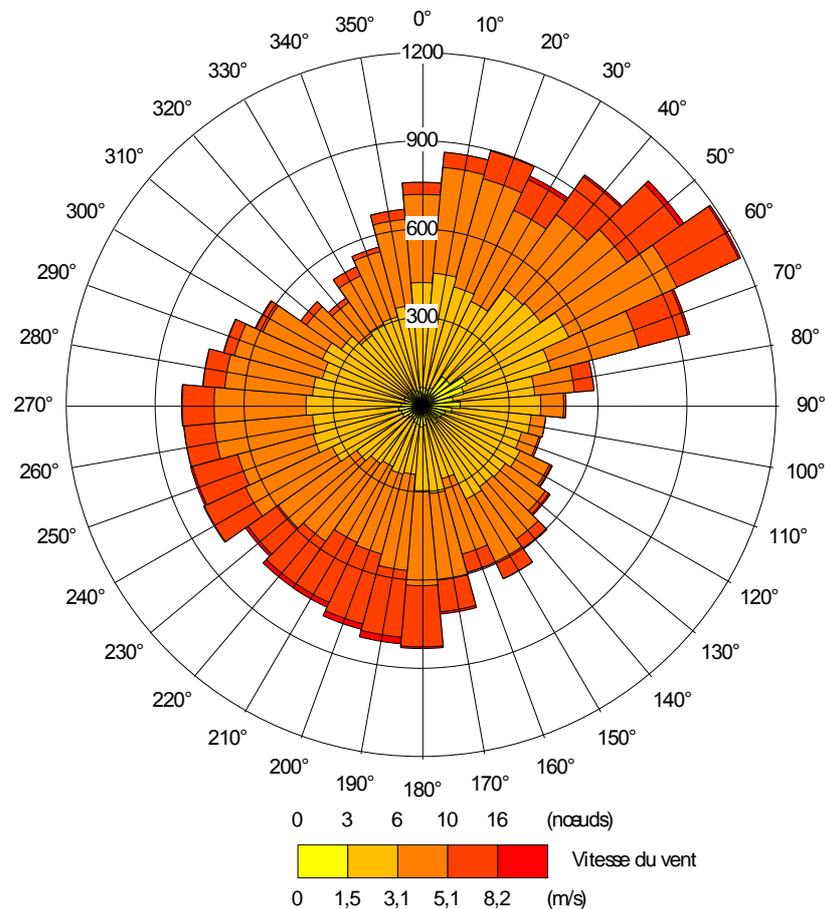


Figure 2 : Rose des vents station de Limoges-Bellegarde

Traitement par ADMS5.2 des données METEO FRANCE du 01/01/2013 au 31/12/2015

2.3 Données topographiques

La topographie est issue d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 75 m fournie par l'Institut Géographique National (IGN) pour le département de la Haute-Vienne (87).

La *Figure 3a* montre le modèle numérique de terrain utilisé pour le domaine d'étude considéré. Cette figure est le résultat du traitement des données IGN par le convertisseur de terrain intégré dans ADMS5.2. Ces contours de terrain peuvent ensuite être visualisés en 3D et superposés au fond de carte IGN du domaine d'étude (*Figure 3b*).

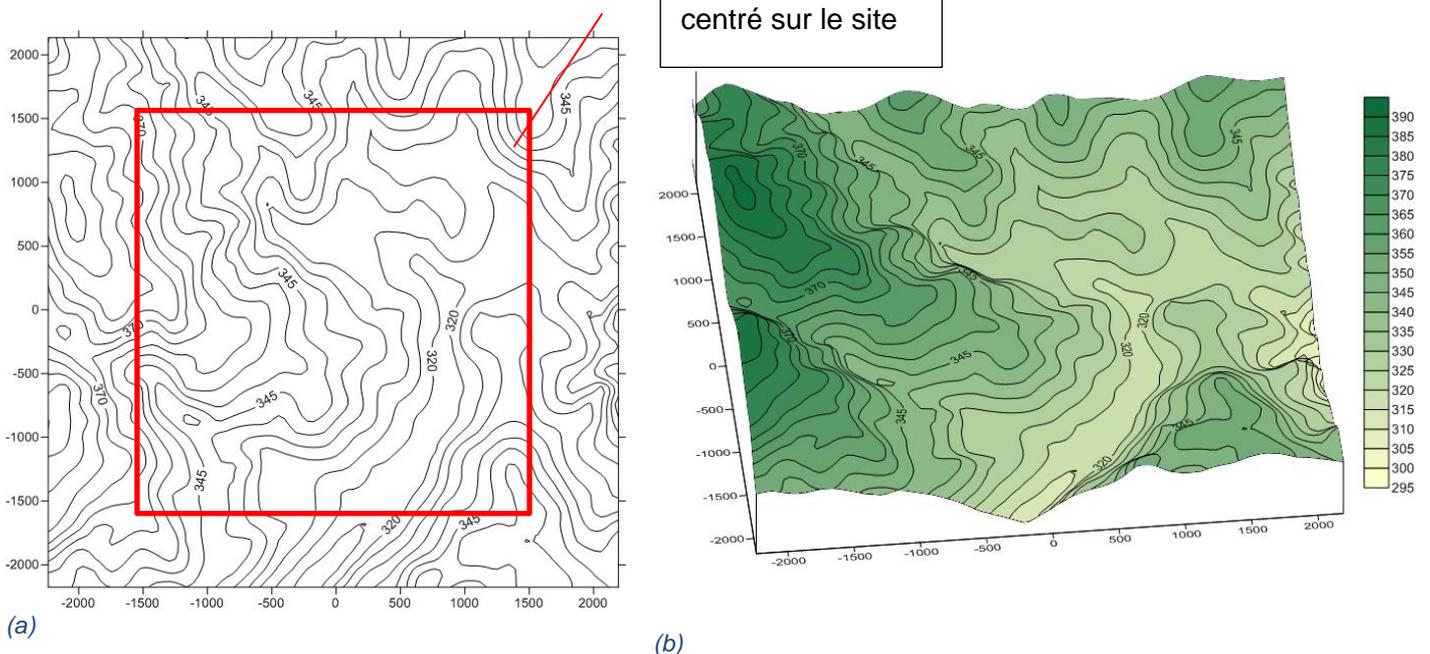


Figure 3 : Modèle Numérique de Terrain de type BD ALTI – Traitement ADMS5.2 des données IGN

Visualisation du relief en 3D du domaine d'étude – [Logiciel ADMS5.2/SURFER]

2.4 Source d'émissions et polluants

Les hypothèses considérées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont détaillées ci-après.

	Mercure
Flux	3.10 ⁻⁵ kg/h
Débit rejeté	1 500 m ³ /h
Concentration en sortie de filtre	0,020 mg/m ³
Température minimale du rejet	+2°C / t°C intérieure (16°C hiver, 25°C été)
Vitesse d'éjection	15-20 m/s
Hauteur du rejet	1 m
Diamètre au rejet	0,16 m
Taux de modulation des installations	52 semaines - 5 jours / semaine 7 h à 14 h par jour de novembre à avril (7 h par jour) 7 h à 17 h de mai à octobre (10 h par jour) Saturation du système de filtres à charbon : 2% de casse des ampoules de rétroéclairage

Coordonnées Lambert La Boîte à Papiers : X = 566 354 m – Y = 6 534 392 m (Lambert 93)
Coordonnées Lambert La Boîte à Papiers : X = 517 708,63 m – Y = 2 100 058,93 m (Lambert II étendu)

3 RESULTATS DE L'ETUDE DE DISPERSION

Dans cette étude, la modélisation de la dispersion est réalisée avec le **logiciel ADMS5.2** développé par la société Cambridge Environmental Research Consultants Ltd (CERC) et distribué en France par la société NUMTECH².

Ce logiciel dédié aux études de dispersion industrielle est un outil de référence pour les études d'impact et de santé. Il s'agit d'un modèle gaussien dit de seconde génération permettant notamment de prendre en compte l'orographie et la présence de bâtiments.

Une présentation succincte du logiciel est reportée en **Annexe 1**.

3.1 Mise en œuvre de la simulation

3.1.1 Hypothèses de calcul

La simulation ayant pour objectif de fournir des ordres de grandeur des concentrations et des dépôts de polluants au niveau du sol et de montrer l'influence de la climatologie du site sur la dispersion des polluants, le fonctionnement de l'installation est simulé pendant 3 ans.

Les hypothèses de calcul retenues pour l'étude de dispersion des rejets industriels du site La Boîte à papiers de Limoges sont les suivantes :

- ✓ Une prise en compte du relief ;
- ✓ Une rugosité moyenne correspondant à une zone de campagne composée de forêt et d'herbes ;
- ✓ Une prise en compte de la turbulence par un calcul analytique de la couche limite et une description continue de l'atmosphère ;
- ✓ Un calcul de la trajectoire du panache en sortie de cheminée par un modèle intégral ;
- ✓ La reconstitution des champs de vent et de température en fonction de l'altitude ;
- ✓ Les mailles du domaine d'étude utilisées pour l'étude de dispersion sont de 75 m.

3.1.2 Calcul des dépôts au sol

Concernant le calcul de dépôts au sol, les calculs prennent en compte les dépôts secs et humides sur le sol conduisant à un appauvrissement du panache. La méthode de calcul des concentrations et des dépôts au sol est présentée en **Annexe 1**.

3.1.2.1 Dépôts secs

Les particules très fines se déposent (les gaz se fixent) sur les surfaces par divers processus biologiques, chimiques et physiques. Il est donc nécessaire de connaître les vitesses de dépôt des différents polluants étudiés.

² <http://www.numtech.fr/index.html>

Le paramètre qui influence les dépôts secs est la vitesse de dépôt exprimée en m/s. Cette vitesse permet de tenir compte de la capacité du sol à retenir le polluant qui se dépose. Ces vitesses ont fait l'objet de plusieurs recherches et plusieurs références bibliographiques existent sur ces données. Il est nécessaire de connaître les vitesses de dépôt de chaque polluant étudié.

3.1.2.2 Dépôts humides

Les dépôts humides correspondent aux dépôts de polluant au sol entraînés par la pluie. Les calculs de dispersion qui intègrent le lessivage par la pluie prennent en compte un coefficient de lessivage exprimé en s^{-1} , correspondant à la proportion du polluant qui est entraîné par la pluie en 1 seconde. Ce coefficient varie de $0,4 \cdot 10^{-5}$ à $3 \cdot 10^{-3} s^{-1}$ selon la littérature.

3.1.2.3 Caractéristiques des espèces

Le tableau suivant résume les valeurs utilisées dans le cadre de cette étude pour le calcul des dépôts.

Polluant	Phase du polluant	Densité des particules (kg/m^3)	Diamètres de particules (μm)	Vitesse de dépôt (m/s)	Coefficient de lessivage (s^{-1})	Référence
Hg	Gaz	-	-	Non connue ³	A défaut de données précises sur le coefficient de lessivage des espèces étudiées, les paramètres a et b indiqués dans ADMS sont choisis par défaut : Paramètre a : 10^{-4} Paramètre b : 0,64	[1] ⁴

3.2 Présentation des résultats

L'objectif de ce paragraphe est de présenter les résultats de l'étude de dispersion pour l'impact global de l'installation sur 3 années de fonctionnement. Ces résultats sont présentés en 2 volets :

- ✓ Un traitement cartographique des résultats de calcul, pour les concentrations moyennes annuelles ainsi que les dépôts secs et humides en substances polluantes au niveau du sol en fonction de la distance aux sources (fournitures de cartes d'iso-concentration en polluants dans l'air) ;
- ✓ Un traitement local des résultats de calcul, sous forme de tableaux de concentrations déterminées précisément au niveau du point de retombées maximales.

³ Dans ce cas, l'utilisateur doit spécifier dans ADMS5.2 la nature du gaz. Le choix retenu pour le mercure est sa nature réactive, c'est-à-dire un gaz qui subit des réactions chimiques significatives à la surface du sol. ADMS5.2 utilise cette information pour calculer la résistance de surface.

⁴ [1] Guide Utilisateur ADMS5 Version 5.2 – Novembre 2016

3.2.1 Cartographie des concentrations moyennes annuelles

Les normes concernant les polluants atmosphériques sont fonction de la durée d'exposition : différents résultats doivent donc être obtenus afin de permettre une comparaison avec les normes actuelles. Ces résultats sont exprimés sous forme de cartographie de concentration moyenne annuelle.

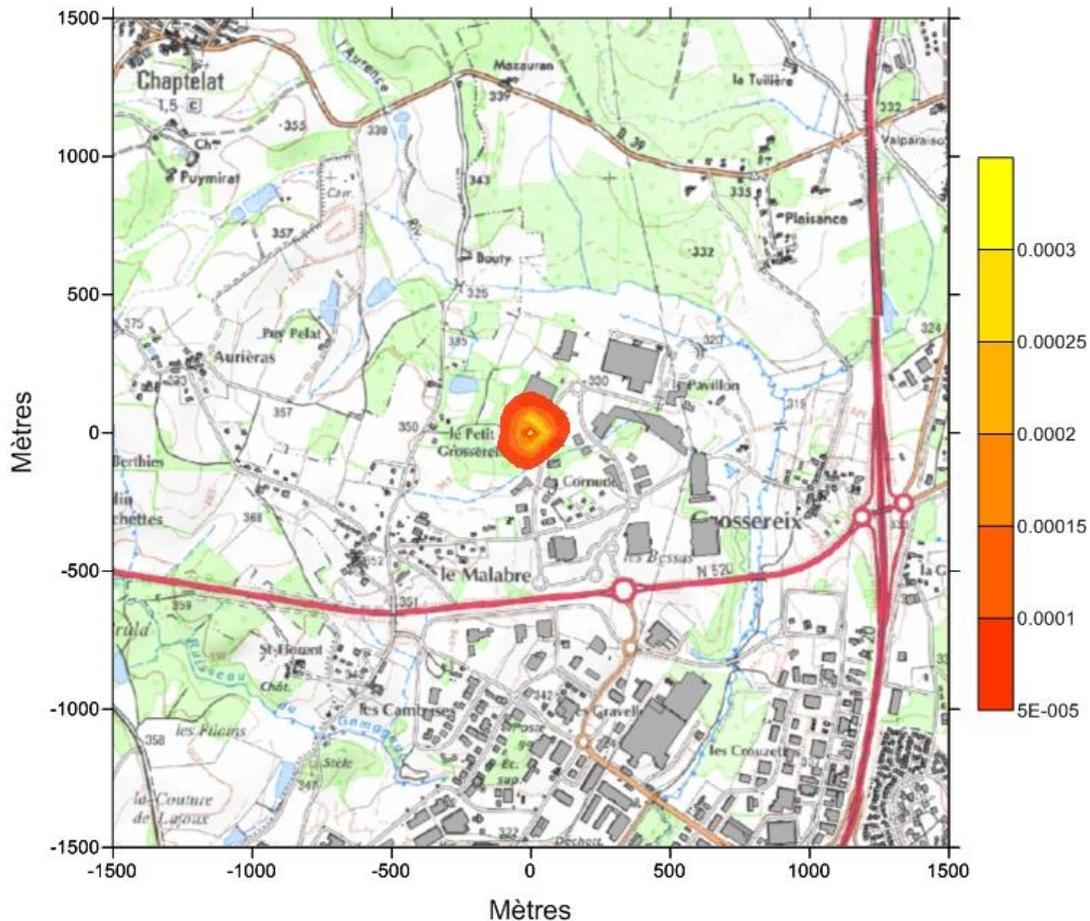


Figure 4 : carte d'iso-concentrations moyennes annuelles pour l'Hg (unité : $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.2.2 Tableau de concentrations au point de retombées maximales

Le tableau suivant indique le positionnement du point de retombée maximale et la concentration en Hg correspondante.

		Coordonnées du point de retombée maximale			Concentrations en substances polluantes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
		X (m)	Y (m)	Z (m)	
Point de retombée maximale	Pmax (Hg)	0	50	0	2,90E-04

Les coordonnées sont données par rapport au centre ($X_0=0, Y_0=0$) du domaine d'étude centré sur le site de La Boîte à Papiers.

3.2.3 Cartographie de flux moyen de dépôts par déposition sèche et humide

L'évaluation de la dispersion et des concentrations atmosphériques en substances polluantes est ici complétée par l'estimation des retombées au sol traitée par un module spécifique du logiciel ADMS5.2 (cf. **Annexe 1**) chargé de simuler le dépôt.

3.2.3.1 Flux moyen de dépôts par déposition sèche et humide pour le mercure (Hg)

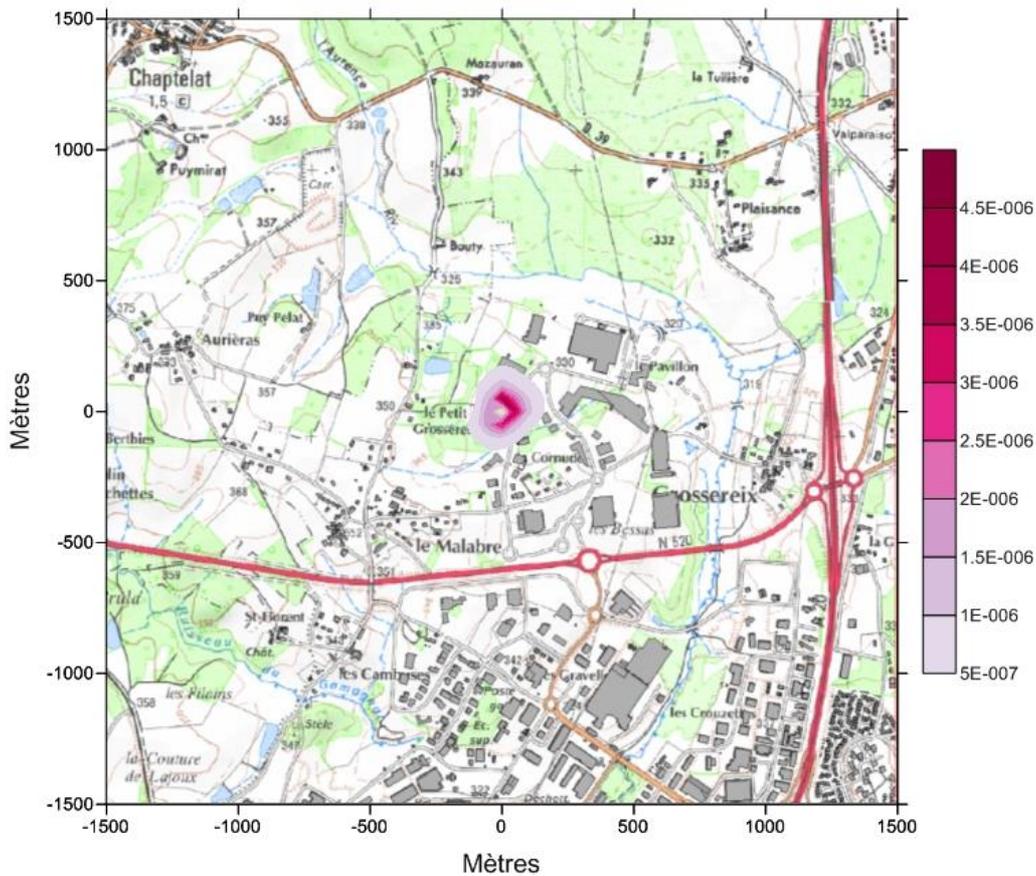


Figure 5 : carte de flux moyens annuels en dépôts secs d'Hg (unité : $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$).

3.2.3.2 Flux moyen de dépôts par déposition humide pour le mercure (Hg)

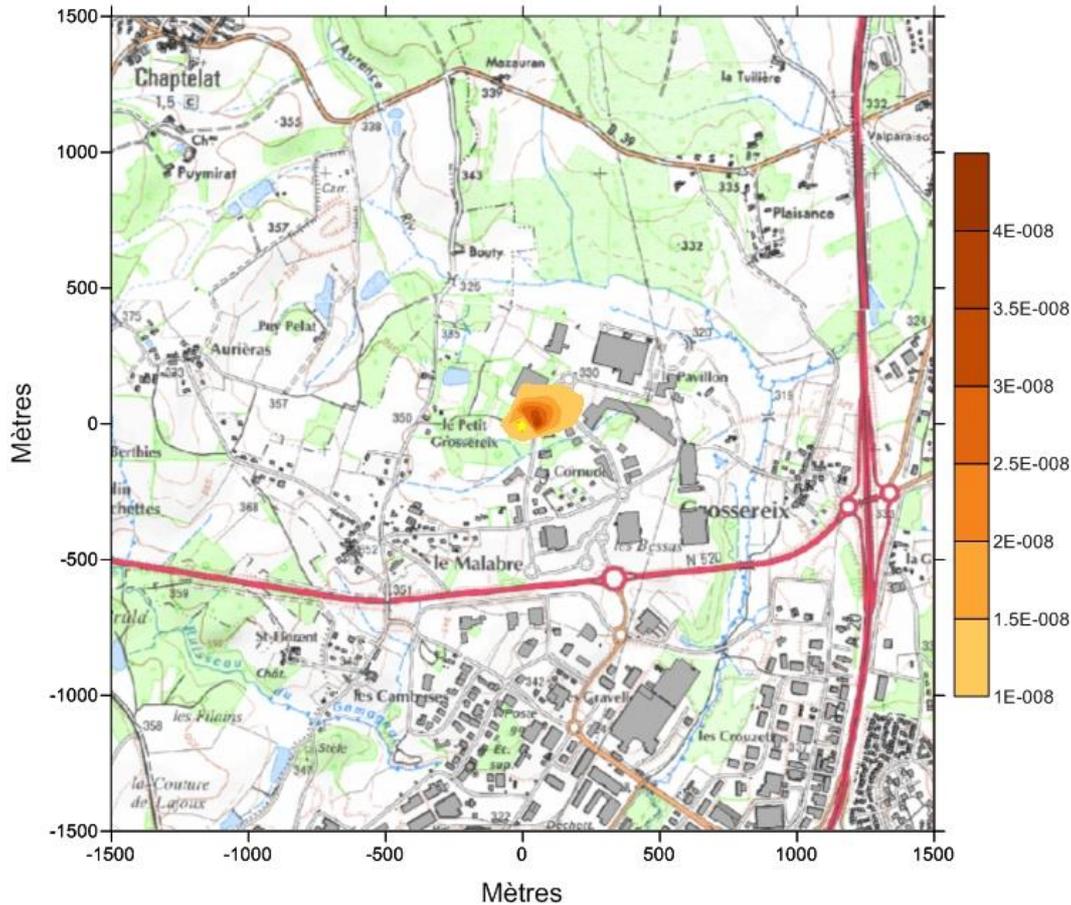


Figure 6 : carte de flux moyens annuels en dépôts humides d'Hg (unité : $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$).

3.2.4 Tableau de flux de dépôts par déposition sèche et humide au point de retombées maximales

Le tableau suivant indique le positionnement du point de retombée maximale (respectivement nommé Pmax (Ni), Pmax (As)) et les flux de dépôts secs et humides pour chaque substance polluante.

			Coordonnées du point de retombée maximale			Flux de dépôts en substances polluantes ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)
			X (m)	Y (m)	Z (m)	
Point de retombée maximale	Dépôts secs	Pmax (Hg)	0	50	0	4,20E-06
	Dépôts humides	Pmax (Hg)	50	0	0	3,97E-08

Les coordonnées sont données par rapport au centre ($X_0=0, Y_0=0$) du domaine d'étude centré sur le site de La Boîte à Papiers.

Groupe CNPP
 Département Feu et Environnement
 Direction R&D et Innovation
 Directrice

 Armelle MULLER
 Signature électronique

4 ANNEXES

4.1 ANNEXE 1 – caractéristiques techniques du modèle de dispersion ADMS5

4.1.1 Aspects techniques : modélisation atmosphérique

Le logiciel ADMS5 est développé par la société Cambridge Environmental Research Consultants Ltd (CERC) et fourni en France par la société NUMTECH. Ce logiciel dédié aux études de dispersion industrielle est un outil de référence pour les études d'impact et de santé.

Grâce à ses performances techniques, ADMS est considéré par l'INERIS⁵, l'InVS⁶ et l'US EPA comme la nouvelle génération (Advanced model) des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique. Ses principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

4.1.1.1 Description verticale de la couche atmosphérique (entre la surface et 2000 mètres d'altitude)

L'un des points forts d'ADMS est de ne plus décrire la stabilité de l'atmosphère grâce aux classes de Pasquill-Gifford (utilisées depuis les années 60), mais grâce à des paramètres physiques qui varient de façon continue (analyse d'échelle permettant notamment de caractériser le niveau de turbulence atmosphérique dans les 3 dimensions). Cette nouvelle approche présente deux avantages majeurs :

- ✓ Une description continue de l'atmosphère, et non plus sous forme de classes limitant le nombre de situations météorologiques ;
- ✓ Une description verticale de l'atmosphère, prenant en compte la turbulence atmosphérique générée par le frottement du vent au sol et le réchauffement de la surface par le rayonnement solaire. La couche atmosphérique n'est donc plus considérée comme une couche homogène et les paramètres de dispersion varient dans les 3 dimensions.

4.1.1.2 Préprocesseur météorologique

ADMS intègre par ailleurs un préprocesseur météorologique, qui recalcule les profils verticaux des paramètres météorologiques (vent, température, turbulence), à partir des données de surface fournies par Météo France et des paramètres du site (occupation des sols et topographie). Une fois les profils verticaux établis, ADMS peut simuler la dispersion des panaches.

4.1.1.3 ADMS travaille en mode séquentiel horaire

Beaucoup de modèles gaussiens « classiques » travaillent en mode statistique : à partir des données météorologiques horaires ou tri-horaires, ils regroupent les

⁵ Guide méthodologique « Evaluation des Risques Sanitaires dans les Etudes d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement », INERIS 2003

⁶ Rapport « INCINERATEURS ET SANTE, Exposition aux dioxines de la population »

situations météorologiques par classes, et effectuent le calcul de dispersion en attribuant un poids statistique à chacun des résultats. ADMS effectue un calcul de dispersion pour chaque donnée météorologique horaire (de façon automatique et transparente pour l'utilisateur), et cela sur du long-terme (jusqu'à 5 années).

De plus, le préprocesseur intégré à ADMS tient compte des conditions météorologiques passées, ce qui permet de prendre en compte l'évolution diurne de la couche atmosphérique (situation convective par exemple), ce qui n'est pas le cas des modèles gaussiens classiques.

4.1.1.4 *Prise en compte du relief*

ADMS intègre un modèle fluide diagnostique, FLOWSTAR, qui calcule au besoin les champs de vent et de turbulence en 3D (résolution horizontale de l'ordre de 100 mètres, sur 10 niveaux verticaux) sur tout le domaine d'étude, pour chaque situation météorologique horaire ou tri-horaire. Il utilise les données topographiques directement disponibles auprès de l'IGN. Les modèles gaussiens « classiques » ne prennent généralement en compte le relief que de façon très grossière, en réévaluant de façon approximative la hauteur des panaches par rapport au sol. Le vent reste néanmoins constant sur tout le domaine d'étude. La modification de la trajectoire d'un panache liée à la présence d'une colline n'est pas envisageable, contrairement à ce qui est calculé par ADMS (exemple de résultat ci-après) :

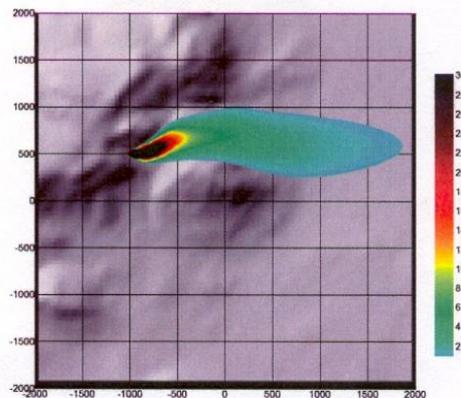


Figure A : Dispersion d'un panache par ADMS sur un relief complexe

FLOWSTAR est un module développé par le CERC, permettant de calculer les champs de vents et de turbulence dans la couche limite atmosphérique (0-2000 m) en trois dimensions (résolution horizontale de l'ordre de 100 m sur 10 niveaux verticaux) sur tout le domaine d'étude, pour chaque situation météorologique horaire ou tri-horaire. Ce module prend en compte l'impact du relief et l'occupation des sols. Il utilise les données topographiques directement disponibles auprès de l'IGN.

FLOWSTAR est utilisé dans le modèle ADMS développé par le CERC, pour calculer les trajectoires des panaches et la dispersion atmosphérique sur les terrains complexes. Mais ses applications sont plus larges, et concernent le calcul des champs de vent en général : potentiel éolien, etc.

En entrée, FLOWSTAR a besoin des données de relief du domaine concerné, de l'occupation des sols (rugosité), et de la météo générale du site. Il renvoie en sortie les données de vent et de turbulence sur une grille, aux niveaux d'altitudes spécifiés par l'utilisateur. Ces données peuvent être fournies pour chaque condition météo du fichier *.met* d'entrée, ou peuvent être moyennées.

L'approche utilisée dans FLOWSTAR est dérivée du travail théorique de Jackson⁷ et *al.* Il se base sur l'hypothèse que différents processus contrôlent les flux dynamiques en couches, à différents niveaux au-dessus du sol.

Des validations du modèle (Carruthers⁸ et *al.*), ont montré que FLOWSTAR modélisait bien les flux, notamment pour des pentes jusqu'à 1 pour 2 (pentes au vent et sommets de collines) et jusqu'à 1 pour 3 localement dans le sillage des reliefs.

Les échelles spatiales supportées par le modèle vont de quelques dizaines de mètres, à plusieurs kilomètres.

4.1.1.5 Un module de bâtiment

Un module de bâtiment (« Buildings Option ») permet de prendre en compte l'influence des bâtiments d'un site industriel sur la dispersion des panaches. A titre d'exemple, un exutoire situé en toiture d'un bâtiment industriel de 30 mètres, sera considéré comme une cheminée de 30 mètres de hauteur placée sur un terrain plat par les modèles gaussiens « classiques ». Au contraire, ADMS peut prendre en compte l'influence des bâtiments susceptibles de fortement perturber la dispersion, rabattement de panache, zones de recirculation, etc.).

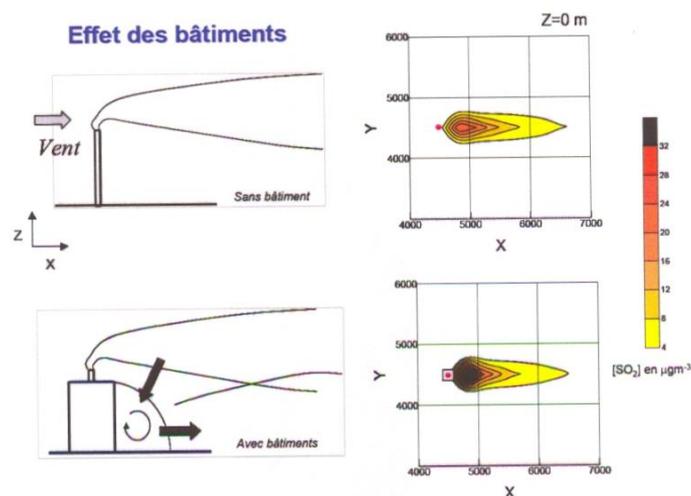


Figure B : Effet d'un bâtiment industriel sur la dispersion d'un panache

⁷ P.S. Jackson et J.C.R Hunt, 1975, Turbulent wind flow over a low hill

⁸ D.J. Carruthers, J.C.R Hunt et W. Weng, 1988 : Computational model of airflow over hills. FLOWSTAR I. Proc. Of Envirosoft. Computer Techniques in Environmental Studies, P. Zanetti, Ed., Springer Verlag.

4.1.1.6 Un modèle de déposition des particules intégré

Un module de calcul de dépôt intégré à ADMS permet de prendre en compte les phénomènes de dépôt sec (diffusion au sol des panaches et chute par gravité) et de dépôt humide (lessivage par les précipitations) pour les effluents particuliers. Pour le dépôt sec, le module utilise une formulation du type :

$$F_d = V_d \cdot C(x, y, 0)$$

Avec F_d : flux de décomposition en masse par unité de surface et par unité de temps
 V_d : vitesse de déposition
 $C(x, y, 0)$: concentration au sol au point de coordonnées (x,y) pour le polluant considéré

Contrairement aux modèles classiques qui utilisent une vitesse de déposition constante dans le temps et sur le domaine, le modèle de dépôt de ADMS calcule (pour chaque type de particule) les vitesses de déposition toutes les heures et pour chaque point de la grille de calcul. Ce calcul tient compte des conditions météorologiques (vents et stabilité), de la nature variable des sols (rugosité) et des propriétés des particules (granulométrie et densité). Le taux de lessivage intervenant dans le calcul du dépôt humide est quant à lui homogène sur le domaine, mais est cependant recalculé toutes les heures à partir des données horaires (ou à défaut tri-horaires) de précipitation (données Météo France). Le taux de lessivage appliqué au panache est calculé suivant la formulation suivante :

$$\Lambda = a \times P^b$$

Avec Λ : taux de lessivage (en s^{-1})
 P : taux de précipitation (en mm/h)
 a et b : deux constantes déterminées expérimentalement

4.1.1.7 Un modèle intégral de trajectoire de panache

Afin de tenir compte des effets de vitesse et de température en sortie de cheminée sur l'élévation des panaches, beaucoup de modèles utilisent une simple « sur-hauteur » estimée empiriquement (formules de Holland, Briggs, etc.). ADMS utilise un modèle intégral qui calcule précisément la trajectoire des panaches en sortie de cheminée, en fonction des paramètres d'émission (vitesse et température) et des conditions atmosphériques (profils de vent et de température). Ce modèle améliore nettement la précision des concentrations calculées. Il prend également en compte les effets de sillage des cheminées (turbulence), lorsque celles-ci ont un diamètre important.

Remarque : ce sont principalement ces phénomènes turbulents induits par les bâtiments, la turbulence en sortie de cheminée et les effets de sillage qui font que les modèles gaussiens « classiques » ne sont pas valides dans un rayon inférieur à 100 mètres de la source, ce qui n'est pas le cas d'ADMS dont le module bâtiments a par exemple été complètement validé par des tests en soufflerie.

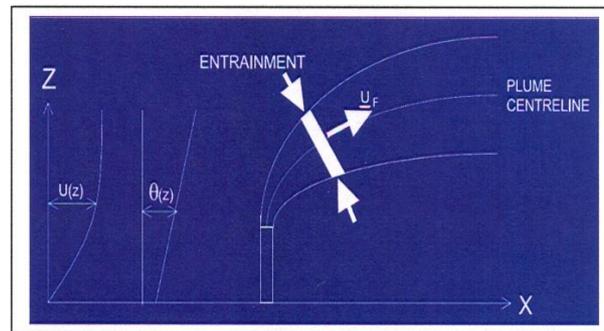


Figure C : Modèle intégral de trajectoire utilisé dans ADMS

4.1.2 Modules intégrés au logiciel ADMS

Outre ses avantages techniques, ADMS intègre dans sa version de base de nombreux modules permettant de faire des calculs spécifiques, qui ne sont souvent pas proposés par les autres modèles de sa catégorie.

- ✓ Un modèle de « bouffée » (« Puff »), qui permet d'étudier la dispersion d'émissions accidentelles en fonction du temps (régime non-stationnaire). Ce module permet de calculer des doses pour des points spécifiques ;
- ✓ Module chimique, permettant de calculer la répartition NO/NO₂ et la concentration en ozone : en général, les taux d'émissions concernent en effet les NO_x, et les valeurs réglementaires le NO₂. Un calcul photochimique est donc nécessaire ;
- ✓ Un module de côte, permettant de prendre en compte l'interface terre/mer lorsque les sites sont situés en bordure de mer ;
- ✓ Un module permettant d'entrer des profils temporaires d'émission (exemple : arrêt des installations la nuit ou le week-end), mais également des données horaires d'émission ;
- ✓ Un module permettant de modéliser les nuisances olfactives (résultats en unités odeurs et calcul statistique de nombre de dépassement de seuil annuel), et de prendre en compte les fluctuations turbulentes des concentrations à très court-terme (quelques secondes) ;
- ✓ Module permettant de calculer les nuisances visuelles des panaches (condensation des panaches en fonction des conditions météorologiques) ;
- ✓ Un module « Radioactivité », permettant de calculer la décroissance radioactive de polluants spécifiques et la décomposition des isotopes en éléments filles.

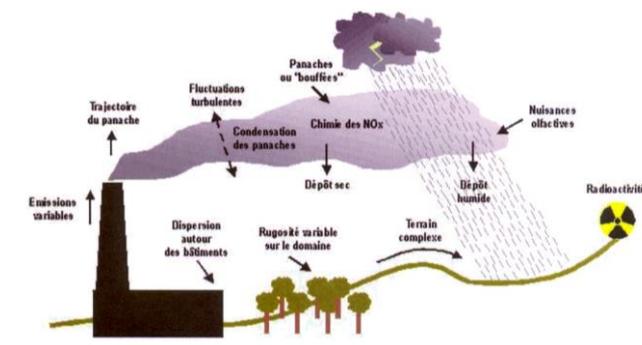


Figure D : Phénomènes et processus pris en compte pour ADMS

4.1.3 Exploitation des résultats

Bien que pouvant prendre en compte des phénomènes complexes, le logiciel ADMS reste l'un des plus conviviaux du marché des logiciels de dispersion :

- ✓ Interface Windows complet ;

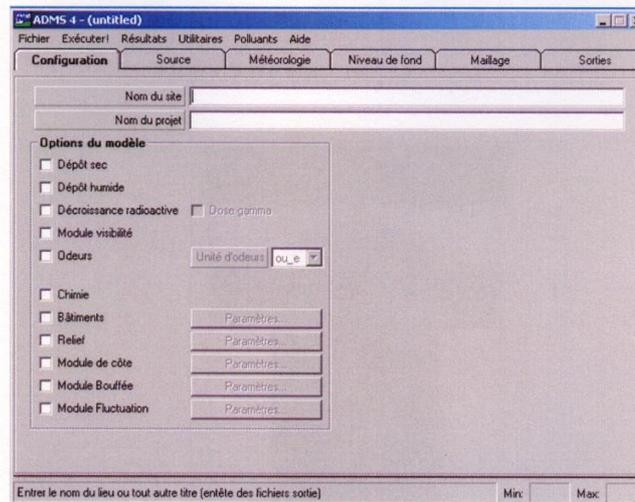


Figure E : Interface du logiciel ADMS

- ✓ Le logiciel intègre un convertisseur de données topographiques, qui permet d'entrer directement les données IGN dans ADMS. De même un convertisseur développé par NUMTECH permet d'intégrer directement les données Météo France ;
- ✓ ADMS sort les résultats sous format texte (grille, ou tableaux pour des points particuliers). Il possède d'autre part un lien direct avec le logiciel graphique SURFER, qui permet de tracer directement les résultats sous forme de cartographies couleurs ;

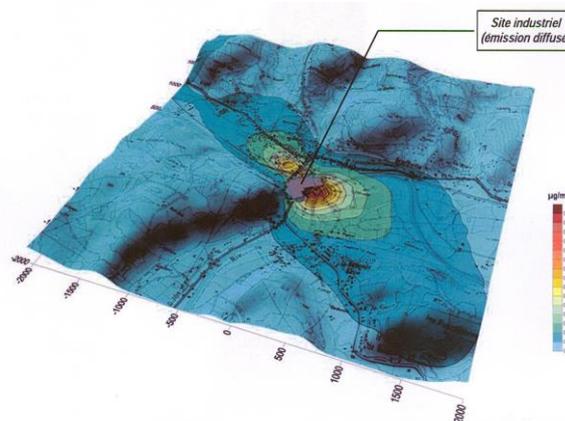


Figure F : Exemple de résultat obtenu grâce aux logiciels ADMS/SURFER (concentrations en effluent au niveau du sol)

- ✓ Un lien direct avec les SIG ArcView (version 3.x) et Mapinfo, permettant d'entrer directement des sources d'émissions à partir de cartes, mais aussi de visualiser directement les résultats au format SIG ;
- ✓ Les simulations ADMS peuvent d'autre part être lancées en procédure automatique « batch », c'est à dire les unes après les autres sans intervention de l'utilisateur.

4.1.4 Validations et références

- ✓ ADMS a été validé internationalement : comparaison modèle/mesures, publication dans des revues scientifiques internationales, présentation régulière aux Conférences internationales d'harmonisation, validation grâce à l'outil européen d'évaluation « Model Validation Kit », etc. ;
- ✓ A ce titre, ADMS est utilisé par de nombreuses références nationales et internationales : INERIS, AFSSET, DRASS Ile de France, IRSN, CEA Cadarache, Météo France, Ecole Centrale de Lyon, ASPA, AIRFOBEP, AIR Languedoc Roussillon, TOTAL, RHODIA, SOLVAY France, BP, Shell, Exxon, Texaco, Conoco, PowerGen, Nuclear Electric, Astra Zeneca, ainsi que de nombreuses sociétés d'ingénierie et bureaux d'étude (Rhoditech, SNPE, URS France, APAVE, SOGREAH, BURGEAP, etc.) ;
- ✓ ADMS est préconisé par l'INERIS dans le Guide Méthodologique de l'Evaluation des risques liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des ICPE, 2003. Il est considéré par l'InVS (rapport Incinérateur et santé, 2003) comme étant « à la pointe des dernières mises à jour scientifiques en matière de modèle gaussien ».

4.2 Annexe 2 : phénoménologie et modélisation des rejets atmosphériques chroniques

Le présent chapitre pose les bases de la dispersion dans l'atmosphère des rejets chroniques des installations industrielles.

4.2.1 Problématique

La dispersion atmosphérique désigne l'ensemble des mécanismes physiques de mélange (diffusion, transport) d'un ensemble de substances dans l'air (aérosols, gaz, poussières).

Dans le cadre de la réglementation en vigueur sur les émissions de polluants atmosphériques, les industriels sont amenés à réaliser des études d'impact qui nécessitent de déterminer le transport et la dispersion des matières rejetées. L'objectif de ces études consiste en particulier à démontrer que l'impact au niveau du sol des rejets considérés reste inférieur à des seuils de concentrations ou de doses des différents produits émis. Il faut alors déterminer l'impact du site sur l'environnement au moyen d'outils capables de prendre en compte le transport et la dispersion des polluants atmosphériques émis par le site industriel.

Les industriels sont également amenés à réaliser des études de transport et de dispersion pour répondre à des problématiques très spécifiques, soit techniques (dimensionnement des installations, efficacité de nouveaux procédés de réduction des émissions polluantes) ou bien relatives à des plaintes de riverains (problèmes d'odeurs) ou bien encore pour réaliser des prévisions en temps réel.

Toutes ces études nécessitent donc d'avoir recours à des outils de modélisation qui doivent être adaptés au problème à traiter (type de rejet, polluant, etc.) et de tenir compte des principales singularités des sites (complexité topographique, situation géographique, conditions météorologiques locales, etc.).

Une présentation succincte du logiciel est mise en **Annexe 1**.

4.2.2 Les principales conditions de dispersion des espèces dans l'atmosphère

4.2.2.1 Les conditions de rejets

4.2.2.1.1 Le mode d'émission

L'émission d'un produit dans l'atmosphère peut être :

- ✓ Soit **chronique** avec des émissions à l'atmosphère plus ou moins continues ou périodiques dans le temps (concentrations faibles mais exposition quotidienne), émissions indésirables comme les gaz d'échappement des voitures, les fumées d'usine, de chauffages urbains, etc. ;
- ✓ Soit **accidentelle** avec des émissions à l'atmosphère ponctuelles dans le temps (fortes concentrations sur une courte durée) et non désirées comme la fuite d'une cuve de stockage, la brèche dans une canalisation ou un dégagement de fumée dû à un incendie.

4.2.2.1.2 Les types de source

Les sources habituellement rencontrées sont les suivantes :

- ✓ La source **ponctuelle** (source canalisée) adaptée pour modéliser une cheminée ou une chaudière. Une source ponctuelle est définie comme un rejet à une hauteur spécifiée, localisée en un point spécifique. Dans ADMS, le rejet est supposé horizontal et circulaire dans la section transversale avec un diamètre spécifié par l'utilisateur. Les sources de grand diamètre doivent être modélisées en tant que sources surfaciques.
- ✓ La source **jet** est définie comme un rejet dont la vitesse de sortie possède à la fois une composante horizontale et verticale ;
- ✓ La source **surfacique** (source diffuse) adaptée pour modéliser, par exemple, les rejets d'un bassin de décantation à ciel ouvert. Elle est définie comme un rejet à une hauteur spécifiées au-dessus d'un polygone convexe horizontal délimité par plusieurs sommets (jusqu'à 50) ;
- ✓ La source **volumique** (source diffuse) adaptée, dans ADMS, pour modéliser les émissions fugitives à partir d'un bâtiment (ateliers émetteurs) ou aire de stockage. Elle est définie comme un rejet d'une source surfacique ayant une épaisseur verticale, mais sans élévation du panache.
- ✓ La source **linéique** adaptée pour modéliser les émissions engendrées par le trafic automobile. Elle est définie comme un rejet émis uniformément le long d'une ligne droite joignant deux points, les deux étant à la hauteur de la source.

4.2.2.1.3 La nature des espèces rejetées

Les substances polluantes visées dans ce contexte sont essentiellement :

- ✓ Les oxydes d'azote (NO_x) rejetés la plupart du temps par les installations de combustion (cheminées, chaudières, incinérateurs, etc.) ;
- ✓ Le dioxyde de soufre (SO₂) émis par les systèmes de combustion et dans divers procédés industriels, et qui fait l'objet d'efforts constants de réduction des émissions depuis une vingtaine d'année ;
- ✓ Les gaz à effet de serre : CO₂, CH₄, N₂O, Composés Organiques Volatiles (COV), etc. ;
- ✓ Les dioxines et furannes, polluants particuliers rejetés par de nombreuses industries, et qui font l'objet d'une surveillance étroite ;
- ✓ Les métaux lourds (sous forme gazeuse ou particulaire) issues de catégories bien identifiées de procédés industriels, également surveillés du fait de leur grande nocivité (plomb, mercure, cadmium) ;
- ✓ Les polluants particuliers de type PM₁₀ ou PM₂₅
- ✓ Des produits spécifiques aux industries considérées si leur effet sur la santé humaine est non négligeable.

Dans ADMS, l'utilisateur peut définir jusqu'à 30 espèces rejetées : 12 polluants sont prédéfinis avec des valeurs par défaut à savoir **NO_x**, **NO₂**, **NO**, **O₃**, **COV**, **SO₂**, **CO**, **benzène**, **butadiène**, **HCl** ainsi que les particules **PM₁₀** et **PM_{2,5}**.

Pour chaque polluant supplémentaire, l'utilisateur doit définir un facteur de conversion ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ppb), le type du polluant (gaz ou particule), et peut ajouter des paramètres liés au processus de déposition humide (coefficients de lessivage, etc.) et des paramètres liés au processus de déposition sèche (vitesse de déposition, etc.).

4.2.2.1.4 Les taux d'émission

Les unités utilisées pour définir le taux d'émission dépendent du type de source. Dans le cas où la modélisation ne tient pas compte de la radioactivité ou des odeurs, les unités sont les suivantes :

- ✓ g/s pour une source ponctuelle ou un jet
- ✓ $\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ pour une source surfacique
- ✓ $\text{g}/\text{m}^3/\text{s}$ pour une source volumique
- ✓ $\text{g}/\text{m}/\text{s}$ pour une source linéique

Sauf indication contraire, le taux d'émission est supposé constant quelle que soit la période simulée. Cependant, il est possible avec ADMS de modéliser des taux d'émissions variant dans le temps en affectant des profils journaliers horaires et des profils mensuels de facteurs d'émission aux différentes sources modélisées.

4.2.2.2 Les conditions météorologiques

4.2.2.2.1 Structure verticale de l'atmosphère

Pour la majorité des risques de pollutions industrielles, les émissions de polluants ainsi que les phénomènes de dispersion s'effectuent dans les couches basses de la troposphère : la *Figure G* présente le profil vertical de température dans les différentes couches de l'atmosphère.

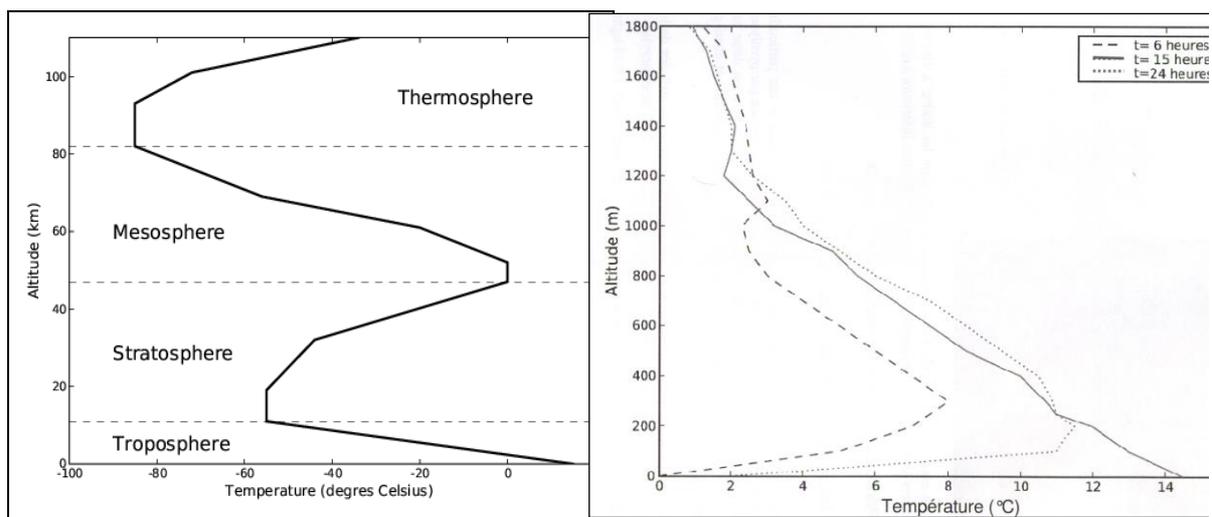


Figure G : Profil vertical de température dans les couches de l'atmosphère

Figure H : Profil de température au cours d'une journée dans la couche limite atmosphérique

La Couche Limite Atmosphérique (CLA) qui s'étend du sol jusqu'à 1 ou 2 km d'altitude est définie comme la couche de la troposphère qui interagit directement avec le sol. L'état de la couche limite atmosphérique, sans cesse agitée par des mouvements horizontaux et verticaux et fortement dépendante des conditions météorologiques, a un impact important sur la dispersion des panaches à l'intérieur de celle-ci.

4.2.2.2.2 Champ de température

Le gradient vertical de température détermine le mouvement ascendant ou descendant d'une masse d'air. La température de l'air diminue généralement avec l'altitude ce qui favorise la dispersion des polluants. La *Figure H* montre l'évolution typique du profil de température au cours d'une journée.

Les inversions thermiques sont des cas particuliers où l'atmosphère, au lieu de se refroidir avec l'altitude, se réchauffe jusqu'à un certain niveau. Ce niveau représente une discontinuité thermique qui bloque toute possibilité d'échange vertical. Les polluants sont alors bloqués dans les basses couches de l'atmosphère où ils s'accumulent. Les inversions peuvent être observées toute l'année par des nuits sans nuage avec un refroidissement fort du sol

La température de l'air modifie les conditions de dispersion des polluants. Le froid diminue la volatilité de certains gaz et limite donc leur dispersion tandis que la chaleur estivale et le rayonnement solaire favorise la formation de l'ozone.

4.2.2.2.3 Champ de vent

Le vent est un facteur essentiel dans la dispersion des émissions polluantes : il intervient à la fois par sa direction pour orienter les panaches de pollution et par sa vitesse pour diluer et entraîner les panaches de polluants. En effet, l'absence de vent favorise la concentration des polluants, alors que sa présence les disperse. Toutefois, un vent fort pourra provoquer des retombées « en panache » et une pollution localisée, en fonction de la température, de la densité et de la vitesse d'éjection de l'effluent.

La *Figure I* montre la perturbation du champ de vent à proximité du sol.

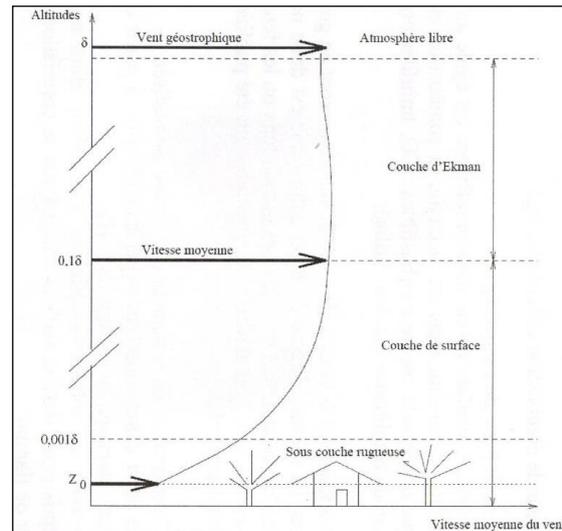


Figure 1 : Profil de vitesse du vent dans la couche limite atmosphérique

4.2.2.2.4 La turbulence atmosphérique

Dans la couche limite atmosphérique, la turbulence atmosphérique est un phénomène ayant deux origines distinctes :

- ✓ Turbulence mécanique, due au frottement du vent sur les obstacles au sol ;
- ✓ Turbulence thermique, due à la convection sous l'effet du rayonnement solaire.

Ce phénomène consiste en une irrégularité dans les mouvements du vent et provoque la dispersion des polluants dans l'air. Selon le rapport entre les effets mécaniques et thermiques, se distinguent trois états de la couche limite atmosphérique. L'atmosphère est dite instable, neutre ou stable selon que le mouvement d'une particule d'air soumise à une impulsion sur la verticale se voit amplifié ou amorti.

Dans ADMS, la turbulence dans la couche limite atmosphérique est appréhendée par une description continue de la turbulence suivant la théorie de similitude de Monin-Obukhov (1954).

4.2.2.2.5 Les données météorologiques dans ADMS

La météorologie locale est le paramètre déterminant pour la dispersion des polluants dans l'air. Le vent est le vecteur de la pollution et la turbulence atmosphérique est à l'origine du processus de diffusion. Les données minimales sont celles d'une station au sol. Pour l'impact sur la qualité de l'air des rejets chroniques des sites industriels, il est d'usage d'utiliser une climatologie horaire ou tri-horaire (une mesure toutes les trois heures) afin de mettre en évidence les comportements climatologiques du site.

Trois différents types de données météorologiques peuvent être utilisés dans ADMS :

- ✓ Une série de données météorologiques sans rapport les unes avec les autres ;

- ✓ Une série de données horaires séquentielles couvrant une certaine période. Les données séquentielles correspondent à des fichiers préparés par l'utilisateur, à partir de données d'une station météorologique proche du site d'étude. Cette station est généralement déterminée en collaboration avec Météo France. Les fichiers séquentiels horaires sont normalement fournis pour des périodes d'une année ou plus dans le cadre d'une étude d'impact chronique. Les fichiers séquentiels horaires peuvent être utilisés pour des calculs de concentration moyenne à long terme et de percentiles pour les comparer aux valeurs standards réglementaires ;
- ✓ Des données statistiques couvrant plusieurs années. Les fichiers de données statistiques tels que définis dans ADMS correspondant à des données météorologiques britanniques calculées pour une période de 10 ans et fournis par le UK Met Office⁹. L'objectif de l'utilisation de données statistiques analysées est de prendre en compte la variation des conditions météorologiques années par année.

Le convertisseur **ConvertMTO** intégré dans le logiciel ADMS a permis de convertir le fichier de données météorologiques issues de Météo France au format requis par le logiciel.

4.2.2.3 L'environnement

L'environnement influence également la dispersion des polluants dans l'atmosphère. On distingue des perturbations mécaniques liées à la nature des sols, la présence d'obstacles ou la topographie, des perturbations liées à de fortes discontinuités du sol conduisant à des effets thermiques (brise de mer, brise de pente, etc.).

4.2.2.3.1 Nature du sol

La rugosité de surface, exprimée en mètres, caractérise l'influence globale de la nature du sol (site urbain, rural, présence de forêts) sur le profil de vent. Cette rugosité est corrélée à la taille des obstacles au sol.

Dans ADMS, certaines valeurs de rugosité sont définies :

Type de terrain	Rugosité de surface z_0 (m)
Grandes agglomérations	1,5
Villes, Forêts	1
Parcs, banlieues dégagées	0,5
Cultures (par ex. maïs)	0,3
Cultures (par ex. blé)	0,2
Cultures maraichères	0,1
Prairies	0,02
Herbes rases	0,005
Désert, eau	0,001

⁹ Le UK Met Office est l'organisme de météorologie britannique

4.2.2.3.2 La topographie

Il existe de nombreux sites industriels localisés dans des endroits complexes où l'influence du relief sur la dispersion du panache doit être prise en compte. La géographie du site est très importante pour la dispersion des polluants car elle peut influencer la circulation des masses d'air. Cet effet peut entraîner une augmentation ou une diminution des concentrations au niveau du sol, ou une modification de la trajectoire du panache sans faire varier les maximums de concentration au sol.

Dans ADMS, il existe un modèle intégral appelé **FLOWSTAR**, qui calcule préalablement les changements du champ de vent dus à un terrain complexe, c'est-à-dire les modifications de la vitesse et de la direction du vent et des niveaux de turbulence. ADMS réalise alors les calculs de dispersion en utilisant ce nouveau champ de vent.

4.2.2.3.3 La présence d'obstacles

Les obstacles naturels ou les grandes constructions peuvent provoquer des tourbillons ou gêner la dispersion des polluants. L'agglomération constitue un îlot de chaleur qui subsiste à la tombée du jour. L'air chaud s'élevant, cela provoque une dépression qui va attirer l'air plus frais de la périphérie, entraînant du même coup les polluants qui peuvent s'y trouver.

Par exemple, sur de nombreux sites industriels, les cheminées de chaudières (ou autres) sont couramment en toiture ou accolées à un bâtiment. Le module « bâtiments » d'ADMS permet à l'utilisateur de rentrer jusqu'à 25 bâtiments. Les bâtiments peuvent avoir un effet non négligeable sur la dispersion des polluants. L'effet principal est d'entraîner les polluants dans une cavité (la région sous le vent juste à côté du bâtiment), qui est isolée du flux principal et où une recirculation du flux a lieu. Les bâtiments n'ont d'effet défavorable sur la dispersion du panache que si leurs dimensions sont importantes par rapport aux dimensions des émissaires ou s'ils détournent ou modifient le flux.

Annexe III

Présentation des hypothèses retenues et des incertitudes de la méthode d'évaluation de l'exposition par ingestion

1 PRESENTATION DES HYPOTHESES RETENUES ET INCERTITUDES DE LA METHODE

1.1 Hypothèses considérées pour une exposition par ingestion de sol

La détermination de la concentration des polluants dans les sols par le rejet atmosphérique du site La Boîte à Papiers considère deux modes d'exposition, pour une masse volumique moyenne des sols égale à 1 500 kg/m³ :

- ✓ Pour une exposition par ingestion directe de sol, le dépôt du polluant est considéré comme homogène sur une profondeur de 1 cm ;
- ✓ Pour une exposition par ingestion indirecte au travers de la chaîne alimentaire, le dépôt de polluant est considéré comme homogène sur une profondeur de 20 cm (en prenant pour hypothèse que le labour régulier des terres contribue au mélange de la fraction déposée avec une épaisseur plus importante de sol).

Les données concernant les quantités de sols ingérées sont celles utilisées dans le cadre du scénario dit « sensible » pour la définition des valeurs de constat d'impact lié aux sols pollués (INERIS, Bonnard, Hulot, Lévêque, Méthode de calcul des valeurs de constat d'impact dans les sols, DRC-01-25587/DESP-R01, Novembre 2001).

1.2 Hypothèses considérées pour une exposition par ingestion de végétaux

Les valeurs des paramètres de transfert utilisées correspondent à celles fournies par les publications suivantes :

- ✓ US-EPA, HHRAP. EPA530-R-05-006: Human Health Risk Assessment Protocol for hazardous waste combustion facilities, Rapport final. Septembre 2005 ;
- ✓ IRSN. Rapport n°DPRE/SERLAB/01-39, Beaugelin-Sellier, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs, Paramètres de transfert. 2001.

	Coefficient de biotransfert sol-plante (kg de sol/kg de plante)		
	Mercure	Chlorure de mercure HgCl ₂	Méthylmercure CH ₃ Hg ⁺
Herbe	ND	ND	ND
Légumes-feuilles	ND	1,45E-02	2,94E-02
Légumes-fruits	ND	1,45E-02	2,94E-02
Légumes-racines	ND	3,6E-02	9,9E-02
Fruits	ND	1,45E-02	2,94E-02
Céréales	ND	9,30E-03	1,90E-02

PRESENTATION DE L'EXPOSITION PAR INGESTION

Les données d'entrée exploitées pour la détermination de la concentration de polluant dans les végétaux sont reprises dans le tableau ci-après.

Type de végétaux consommés	Teneur en matière sèche du végétal	Rendement de la culture (kg/m ²)	Fraction interceptée du dépôt	Coefficient de réduction de la concentration déposée sur les végétaux par augmentation de la biomasse, érosion par le vent et lissage (an ⁻¹)	Durée d'exposition à la contamination pendant la saison de croissance (an)
Herbe	0,2	0,24	0,5	18	0,12
Légumes-feuilles	0,086	0,246	0,215	18	0,164
Légumes-fruits	0,063	10,52	0,996	18	0,164
Légumes-racines	0,2	NA	NA	NA	NA
Fruits	0,15	0,252	0,053	18	0,164
Céréales	0,882	NA	NA	NA	NA

NA : Non appliqué

1.3 Hypothèses considérées pour une exposition par ingestion d'animaux

Les valeurs des paramètres de transfert utilisées correspondent à celles fournies par les publications suivantes :

- ✓ US-EPA, HHRAP. EPA530-R-05-006 : Human Health Risk Assessment Protocol for hazardous waste combustion facilities, Rapport final. Septembre 2005 ;
- ✓ IRSN n°DPRE/SERLAB/01, Beaugelin-Sellier, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs, Paramètres de transfert.

	Facteur de biotransfert du polluant dans le produit (j / kg de MF)		
	Chlorure de mercure HgCl ₂	Mercure	Méthylmercure CH ₃ Hg ⁺
Bœuf	5,22E-03	ND	7,8E-04
Volaille	2,39E-02	ND	3,575E-03
Lait de vache	2,26E-03	ND	3,38E-04
Œuf	2,39E-02	ND	3,575E-03

Les données d'entrée exploitées pour la détermination de la concentration de polluant dans les produits animaux sont reprises dans le tableau ci-après.

Animal considéré	Type de végétaux consommés	Quantité de végétaux consommée quotidiennement (kg de plante/j)	Quantité de sol ingéré quotidiennement (kg de plante/j)
Bœuf	Herbe	60	0,5
Vache laitière	Herbe	80	0,64
Volaille	Céréales	0,2	0,02

1.4 Hypothèses considérées pour les consommations alimentaires

Les informations sur les habitudes alimentaires suivant la tranche d'âge proviennent de l'étude de l'INERIS « Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion. Partie 2 : exposition par voies indirectes ». A noter que pour la tranche d'âge « enfant », les quantités d'aliments consommés ont été moyennées en considérant les tranches d'âge correspondantes.

	Enfant (entre 1 an et 14 ans)	Adulte (> 14 ans)
Fréquence d'exposition (j/an)	365	365
Poids corporel (kg)	23	67,2
Quantité de sol ingérée (mg/j)	87,9	50
Quantité de légumes-feuilles ingérée (kg/j)	0,03	0,052
Quantité de légumes-fruits ingérée (kg/j)	0,023	0,04
Quantité de légumes-racines ingérée (kg/j)	0,077	0,093
Quantité de fruits ingérée (kg/j)	0,091	0,145
Quantité de viande ingérée (sauf volaille) (kg/j)	0,069	0,098
Quantité de viande de volaille ingérée (kg/j)	0,023	0,037
Quantité d'œuf ingérée (kg/j)	0,010	0,037
Quantité de produits laitiers ingérée (kg/j)	0,334	0,248
Quantité de lait maternelle (l/j)	0	0

Les données relatives à la quantité de produits alimentaires autoconsommés proviennent de l'enquête de consommation et de lieux d'achat des produits alimentaires en 1991 de l'INSEE (source : INSEE, Michèle BERTAND. Consommation et lieux d'achat des produits alimentaires en 1991, 1993).

**DELEGATION DEPARTEMENTALE
DE LA HAUTE-VIENNE**

**POLE SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENTALE
Département Santé Environnementale**

Dossier suivi par : Sandrine AUVINET/Catherine LINTZ
☎ : 05 55 11 54 79/28
Fax : 05 55 11 54 05
Courriel : ARS-DD87-SANTE-ENVIRONNEMENT@ars.sante.fr

Limoges, le 1er octobre 2019

Objet : Saisine avis ARS sur le porter à connaissance de la société La Boîte à papiers - ICPE
Zone Industrielle Nord commune de Limoges
Projet d'installation d'une ligne de traitement des écrans plats

**Monsieur le Directeur Régional de l'environnement,
de l'aménagement et du logement – région NA**

**Mission Evaluation Environnementale
Cité administrative
Rue Jules Ferry
CP 55
33090 BORDEAUX CEDEX**

Vous m'avez transmis pour avis le porter à connaissance de la société La Boîte à papiers relatif à l'installation d'une ligne de traitement des écrans plats.

- Le dossier transmis comprend une évaluation quantitative des risques sanitaires conduite selon le guide INERIS, qui a retenu comme traceur de risque le mercure. Les résultats de la caractérisation du risque sanitaire, pour les voies inhalation et ingestion à seuil, sont acceptables avec des quotients de danger très inférieurs à 1.
- Concernant les rejets (émissions atmosphériques), seules les vapeurs de mercure ont été retenues alors que dans le listing (page 8 du document « 201807-la boîte à papiers »), d'autres substances dangereuses contenues dans les écrans plats sont mentionnées, notamment le plomb présent au niveau des soudures des cartes électroniques et du verre des écrans.
Lors de la découpe des écrans, des poussières de plomb pourraient a priori être émises. Ces dernières n'étant pas mentionnées dans l'évaluation des risques sanitaires, la justification de cette absence aurait dû être fournie.
- Concernant l'installation de traitement des rejets issus de la machine FPP16, une description et une visualisation plus précise du système de traitement des rejets canalisés auraient été pertinentes (filtre à poussières, filtre charbon actif, positionnement du rejet, hauteur de cheminée/toit etc.).

J'ai bien noté que ce système de traitement de l'air fera l'objet (page 17 de l'ERS) :

- d'un entretien,
- d'une maintenance préventive,
- de contrôles annuels conformes aux recommandations du fournisseur,
- une analyse annuelle au point de rejet par un organisme agréé.

Dans ce contexte, cette analyse des rejets issus de la cheminée de l'installation de traitement des rejets de la machine FPP16 devra inclure les paramètres plomb et mercure pour s'assurer :

- de l'absence de poussières de plomb au niveau du rejet canalisé,
- que la concentration maximum en mercure en sortie de cheminée, garantie par le constructeur de $0,020 \text{ mg/m}^3$ (hypothèse retenue pour la modélisation atmosphérique) est bien tenue et que les résultats de la modélisation sont corrects.

P/Le Directeur de la Délégation départementale,
Le responsable du Pôle Santé publique
et Environnementale



Florian BESSE

ZI Nord n°3 –LIMOGES (87)

ANNEXE 12 : REDACTEUR DE L'ETUDE D'IMPACT

Curriculum Vitae Marie-Line CONDAT, bureau d'étude Eco SAVE,

Limoges (87)

CONDAT Marie-Line

SOCIETE Eco SAVE, Parc d'Ester – Immeuble Antarès
22, rue Atlantis - BP 56 959 – 87069 Limoges cedex
Tél. : 05 55 35 01 38 - mail : ecosave@orange.fr
www.ecosave.fr

Formation universitaire

2006 – D.U. (Diplôme Universitaire) – « **Expertise judiciaire** » - Faculté de Droit et des Sciences Economiques de Limoges

1998 - D.E.S.S. (Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées) « **Management Environnemental et Qualité des Eaux.** » - Faculté des Sciences de Limoges.

1997 - D.E.A (Diplôme d'Etudes Approfondies) « **Chimie et Microbiologie, option chimie de l'eau** » - Université de Poitiers.

Autres compétences

2015 - STAGE DE FORMATION PROFESSIONNELLE : AFQP LIMOUSIN

- Evolutions du référentiel ISO 9001 version 2015 (1 jour)
- Evolutions du référentiel ISO 14 001 version 2015 (1 jour)

2013 – FORMATION REFERENTIEL ISO 29 990 : AFQP LIMOUSIN « Services de formation » - 2 jours

2012 – FORMATION AUDIT PROCEDURE C.A.L. : AFQP LIMOUSIN « Formation au club des auditeurs internes » - 2 jours

2011 – STAGE DE FORMATION PROFESSIONNELLE : CENTRE NATIONAL DE PREVENTION ET DE PROTECTION (CNPP) « FLUMILOG - logiciel de modélisation des flux thermiques en cas d'incendie » - 1 jour

2003 - STAGE DE FORMATION PROFESSIONNELLE : SOCOTEC Formation : « audit environnemental » - 5 jours

2002 - STAGE DE FORMATION PROFESSIONNELLE : Association Française de Normalisation (AFNOR) : « Construire son système de management environnemental » - 3 jours

1997 -STAGES DE FORMATION PROFESSIONNELLE : Office International de l'Eau (O.I.E.) dans le domaine de l'assainissement (zonage, diagnostic, filières)

Fonctions actuelles

Co-gérante et chargée d'études dans la SARL ECO SAVE, bureau d'études et cabinet d'audit juridique spécialisé en environnement. En charge :

- De la réalisation de dossiers au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)
- De l'accompagnement jusqu'à la certification dans le cadre de la mise en place d'un Système de Management Environnemental selon le référentiel ISO 14 001.

Poste d'enseignant associé à mi-temps au sein de la spécialité Génie de l'Eau et Environnement de l'ENSIL – ENSCI. En charge des enseignements :

- Travaux Pratiques d'Analyses chimiques – caractérisation et traitement des eaux
- Cours : management environnemental, Qualité-Sécurité-Environnement, ICPE, gestion des déchets industriels
- Suivi des stages des élèves ingénieurs dans le domaine du management (QSE) et des bureaux d'études.

Responsable stage de la spécialité Génie de l'Eau et Environnement

Responsable de la mise en place d'un système de management de la qualité au sein de l'école (certification ISO9001 : 2015 en juillet 2020) - Auditeur interne au sein de l'Université et du Club des Auditeurs Nouvelle Aquitaine (CANAA).

Années d'expériences professionnelles : 23 ans

Ancienneté chez l'employeur actuel

SARL Eco SAVE : 23 ans

ENSIL – ENSCI : 20 ans

Principales compétences

ICPE / Management Qualité-Sécurité-Environnement / Chimiste spécialisée en traitement des eaux et des déchets.

Rapport d'activité au sein du bureau d'études Eco SAVE

ICPE – dossier de demande d'autorisation d'exploiter – dossier de porter à connaissance

SPE SDL (87), Elringklinger (87), Scieries du Limousin (87), CEAPL (87), Reviplast (87), Teil (15), Lallemand (15), VEOLIA Propreté Limousin (87), SIRMET (24, 16), HSC (87), MAQPRINT Groupe (87), Eurocup (87), HENAULT (87), La Boîte à Papiers (87)

ISO 14 001 – accompagnement/audit SME

TEMAPLAST/TEMACO (87), PUSTERLA 1880 France SAS (87, 72), Teil (15), MAXIMUM (87), HENAULT (87), SULZER SOREVI (87), COQUET (87), GROUPE PACKETIS (16), Centre de recyclage de Limoges Métropole (87)

Formations

INISUP (19) - 3il (87)- CNPP (27) - ESSEL Limoges (87) - Office International Eau (87) – CNAM Nouvelle Aquitaine

Audits internes croisés dans le cadre Club des Auditeurs internes Nouvelle Aquitaine (CANA) – Période 2020 - 2022

PHOTONIS, Brive (ISO 9001, ISO 14001) - ORANO MINING, Bessines (ISO 9001) - ELERCO, Limoges (ISO 9001) - PATISSERIE FABIE, St Julien au Bois (ISO 14001) -SORECFER, Brive (ISO 9001, ISO 14001)



La boîte à papiers

29, rue Ettore Bugatti – ZI Nord n°3

87 280 LIMOGES

Tél. : 05 55 37 74 20 / Fax : 05 55 37 74 21

Mail : contact@laboiteapapiers.fr

Site internet : www.laboiteapapiers.fr

DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

La boîte à papiers

PJ n°4 : Résumé non technique de l'étude d'impact

Site ZI Nord n°3 – LIMOGES (87)

Date : mai 2023



**ECO
SAVE**

BUREAU D'ÉTUDES
CABINET D'AUDIT JURIDIQUE

**Société d'Action et
de Veille Environnementale**

ESTER Technopole
Immeuble Antarès - BP 56 959
22 rue Atlantis - 87 069 Limoges Cedex

T. +33 (0)5 55 35 01 38
E. ecosave@orange.fr

www.ecosave.fr

PJ n°4 : Résumé non technique de l'étude d'impact

Site ZI Nord n°3 – LIMOGES (87)

SOMMAIRE

I.	PREAMBULE.....	1
II.	CONTEXTE DE LA DEMANDE	2
III.	DESCRIPTION DE LA LOCALISATION DU PROJET	3
III.1	ENVIRONNEMENT PROCHE – RAYON 100 M.....	4
III.2	ENVIRONNEMENT – RAYON 500 M	6
III.3	CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET FONCIER	1
IV.	DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU PROJET	2
V.	DESCRIPTION DES PRINCIPALES PHASES OPERATIONNELLES	4
VI.	ESTIMATION DES TYPES ET DES QUANTITES DE RESIDUS ET EMISSIONS ATTENDUS	9
VII.	EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES.....	13
VIII.	CONDITIONS DE REMISE EN ETAT DU SITE D'EXPLOITATION	13

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Tableaux

Tableau 1 : synthèse du classement dans la nomenclature ICPE	2
Tableau 2 : Synthèse du descriptif de l'environnement proche du site – rayon de 100 m.....	4
Tableau 3 : Synthèse du descriptif de l'environnement autour du site – rayon 500 m.....	6
Tableau 4 : aménagement du site - surfaces	2
Tableau 5 : bâtiments – surface de plancher	3
Tableau 6 : Flux entrants - déchets admis – provenance (source : La boîte à papiers)	4
Tableau 7 : procédés, équipements mis en œuvre.....	6
Tableau 8 : rejets et nuisances – évaluation de l'impact résiduel et des évolutions liées au projet.....	9

Figures

Figure 1 : localisation du site de La boîte à papiers et du projet	3
Figure 2 : descriptif de l'environnement proche du site (rayon de 100 m)	5
Figure 3 : descriptif de l'environnement autour du site (rayon 500 m)	7
Figure 4 : PLU Limoges – zonage (source : geoportail-urbanisme.gouv.fr)	1
Figure 5 : aménagement du site.....	2
Figure 6 : bâtiments – vue plan	3
Figure 7 : nature des activités, origine des déchets admis sur le site et filières utilisées.....	5
Figure 8 : projet – nouvelle organisation de l'activité – échelle site	7
Figure 9 : projet – nouvelle organisation de l'activité – échelle bâtiment	8

LISTE DES SIGLES

A : Autorisation

DC : Déclaration avec Contrôle

DEEE ou D3E : Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques

DIB : Déchets Industriels Banals

E : Enregistrement

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IED : Industrial Emissions Directive

LCD : Ecrans plats de type Liquid Cristal Display

PLU : Plan Local d'Urbanisme

TRC : Ecrans à tube cathodique

WEEELABEX : Waste Electronic and Electrical Equipment LABEL of EXcellence

ZI : Zone Industrielle

ZNIEFF : Zone naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

I. PREAMBULE

Le présent document a pour objectif d'exposer d'une manière simplifiée l'étude d'impact fournie dans le cadre de la demande d'autorisation environnementale au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) déposée par la société La boîte à papiers pour son activité sur le site d'exploitation rue Ettore Bugatti, ZI Nord n°3 à Limoges (87).

L'étude d'impact doit permettre pour chacun des grands types de nuisances (pollution de l'eau, pollution de l'air, nuisances sonores ...) de définir les mesures permettant d'atténuer les effets de l'installation en fonctionnement normal, et ainsi de déterminer le niveau d'émission résiduel. Elle présente donc l'impact du site sur l'environnement dans son fonctionnement normal.

Article R.122-5 du code de l'environnement

« Le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, installations, ouvrages, ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine ».

Afin de rendre accessible et clair le contenu de cette étude, ce résumé non technique présente :

- Le contexte de la demande d'autorisation ;
- La description de la localisation du projet ;
- Le projet avec ses caractéristiques physiques et son fonctionnement ;
- La conclusion de l'évaluation du niveau résiduel d'impact et des risques sanitaires ;
- Les conditions de remises en état du site.

Précisions : le dossier de demande d'autorisation environnementale au titre des ICPE comporte également :

- Une note de présentation non technique du projet (PJ n°7) ;
- Un résumé non technique de l'étude des dangers (PJ n°49), autre pièce essentielle du dossier. L'étude des dangers doit permettre à l'exploitant de définir les mesures en cas d'accidents permettant de réduire le niveau de risque résiduel aussi bas que possible compte tenu de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. Elle présente donc l'impact du site en mode accidentel.

II. CONTEXTE DE LA DEMANDE

Créée en 1990, La boîte à papiers :

- a pour objet la collecte et le traitement de déchets pour le compte de clients, professionnels ou collectivités locales. Cette entreprise régionale a également un objectif social à travers le statut d'entreprise d'insertion professionnelle ;
- est autorisée depuis 2008 à exploiter un centre de transit et de tri de déchets dangereux et non dangereux sur le site objet du présent dossier, rue Ettore Bugatti, ZI Nord n°3 à Limoges (87).

La présente demande d'autorisation environnementale concerne l'augmentation d'activité et la nouvelle organisation du site d'exploitation rue Ettore Bugatti situé ZI Nord n°3 à Limoges (87) :

- L'objectif est de centrer l'activité sur les écrans, les piles et tubes fluorescents dans le cadre des contrats avec les éco organismes ;
- La réorganisation de l'activité sur le site intègre une redéfinition des zones de stockage, et l'ajout d'une deuxième ligne de traitement des écrans plats dans l'atelier ;
- L'évolution du classement ICPE avec ce projet constitue une modification substantielle qui nécessite le dépôt d'une nouvelle demande d'autorisation environnementale.

TABLEAU 1 : SYNTHESE DU CLASSEMENT DANS LA NOMENCLATURE ICPE

Activité	Rubrique	Régime	Impact du projet
Traitement des écrans	IED 3510 : valorisation de déchets dangereux	A	Augmentation des quantités traitées – nouvelle rubrique
	ICPE 2790 : Traitement de déchets dangereux	A	Augmentation des quantités traitées - activité existante en 2011 englobée dans la préparation des DEEE (rub. 2711)
Stockage temporaire de piles, écrans, éléments issus du démontage écrans	IED 3550 : stockage temporaire de déchets dangereux	A	Augmentation des quantités sur site – nouvelle rubrique
	ICPE 2718-1 : Transit, regroupement de déchets dangereux	A	Augmentation
Transit, regroupement d'écrans	ICPE 2711-1 : Transit, regroupement, tri, préparation DEEE	E	Pas de modification
Déchetage plastique	ICPE 2791-2 : Traitement de déchets non dangereux	DC	Augmentation
Transit huiles alimentaires usagées	ICPE 2716-1 : Transit, regroupement, tri, préparation déchets non dangereux, non inertes	DC	Augmentation

IED : Industrial Emissions Directive ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

A : AutorisationE : Enregistrement.....DC : Déclaration Contrôlée

III. DESCRIPTION DE LA LOCALISATION DU PROJET

Le site est implanté sur la commune de Limoges (87), au sein de la Zone Industrielle (ZI) Nord n°3, à environ 7 km au Nord du centre-ville de Limoges, dans le département de la Haute-Vienne (87). Il occupe une superficie de 10 000 m² correspondant à la parcelle n°165 de la Feuille 000 MT 01 du cadastre de la ville de Limoges.

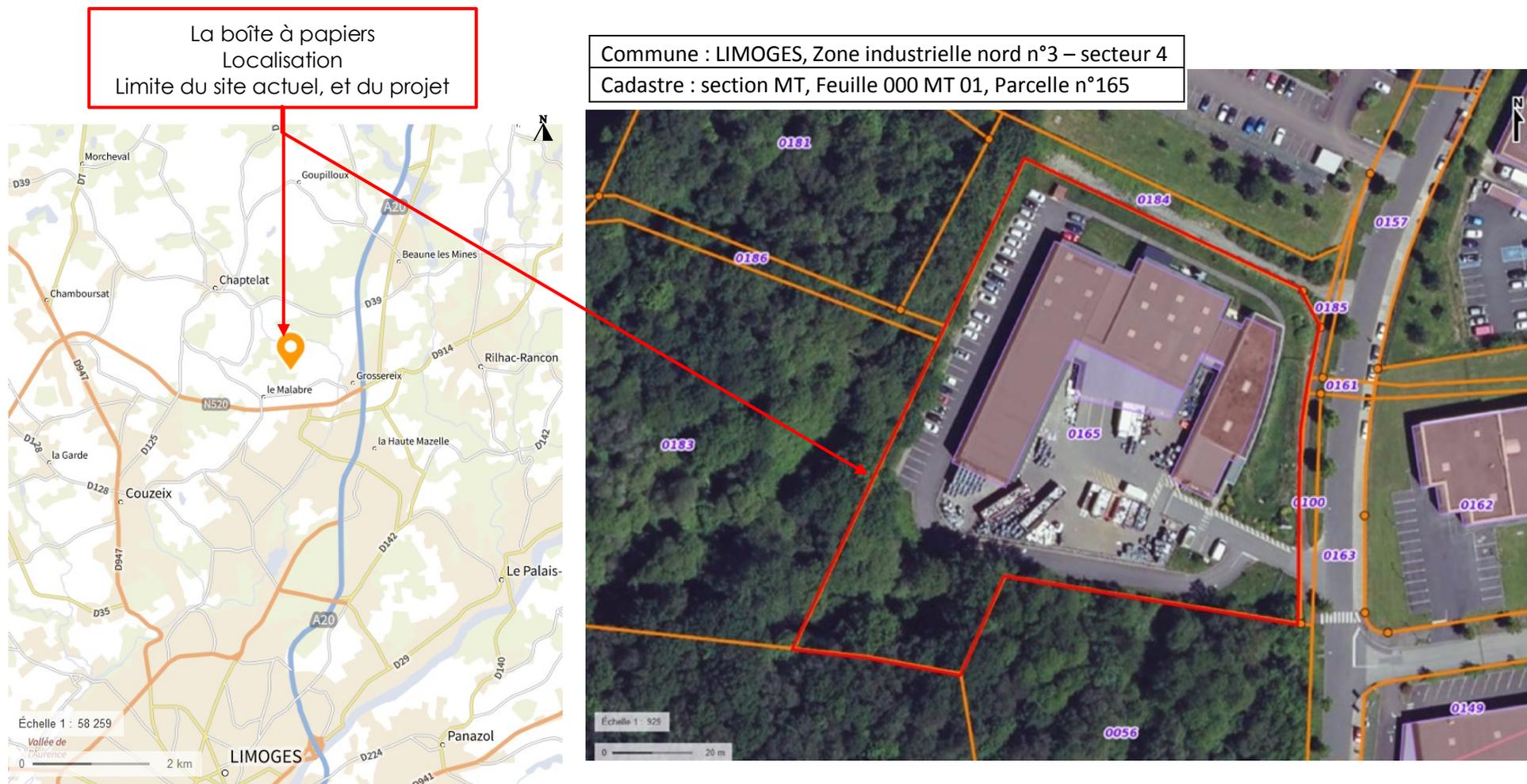


FIGURE 1 : LOCALISATION DU SITE DE LA BOITE A PAPIERS ET DU PROJET

III.1 Environnement proche – rayon 100 m

Les principales caractéristiques de l'environnement proche du site, c'est-à-dire dans un rayon de 100 m, sont illustrées sur la figure page suivante :

TABLEAU 2 : SYNTHESE DU DESCRIPTIF DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DU SITE – RAYON DE 100 M

Domaine	Situation de la zone d'étude																					
Agriculture	Aucune exploitation agricole n'est présente sur la ZI Nord n°3, ni en sa périphérie La zone, à vocation généraliste, commerciale, artisanale, industrielle et logistique regroupe une vingtaine d'entreprises et une trentaine d'enseignes commerciales. Les établissements présents dans le rayon des 100 m autour du site sont :																					
Commerces et industries	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Entreprises</th> <th>Domaine activité</th> <th>Distance en m batiment à batiment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MAQPRINT GROUPE</td> <td>Imprimerie</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>JACKY PERRENOT</td> <td>Transporteur</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>TECHNI MUR 87</td> <td>Restauration bâtiment</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>DAFY MOTO</td> <td>Concessionnaire moto</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>PUYBARRET</td> <td>Spécialiste salle de bains</td> <td>122</td> </tr> <tr> <td>CHRONOPOST</td> <td>Service expédition livraison</td> <td>215</td> </tr> </tbody> </table>	Entreprises	Domaine activité	Distance en m batiment à batiment	MAQPRINT GROUPE	Imprimerie	65	JACKY PERRENOT	Transporteur	72	TECHNI MUR 87	Restauration bâtiment	38	DAFY MOTO	Concessionnaire moto	73	PUYBARRET	Spécialiste salle de bains	122	CHRONOPOST	Service expédition livraison	215
Entreprises	Domaine activité	Distance en m batiment à batiment																				
MAQPRINT GROUPE	Imprimerie	65																				
JACKY PERRENOT	Transporteur	72																				
TECHNI MUR 87	Restauration bâtiment	38																				
DAFY MOTO	Concessionnaire moto	73																				
PUYBARRET	Spécialiste salle de bains	122																				
CHRONOPOST	Service expédition livraison	215																				
Loisirs	Aucune activité touristique ou sportive à proximité du site d'étude																					
Equipements collectifs	<p>Sur le parc d'activité :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas d'établissement sensible tels que les crèches, les écoles, les maisons de retraites ... • Pas d'équipement collectif 																					
Habitats	<p>Les 2 zones d'habitation les plus proches sont situées :</p> <ul style="list-style-type: none"> • au lieudit « Petit Grossereix » à l'ouest du site d'étude : <ul style="list-style-type: none"> ○ la zone urbaine est à environ 160 m des limites du site ; ○ la première habitation est à 250 m des limites du site. • au lieudit « La Cornude » au sud-est du site d'étude : <ul style="list-style-type: none"> ○ la zone urbaine est à environ 190 m des limites du site ; ○ la première habitation est à 215 m des limites du site. 																					
Usages de l'eau	Pas de captage d'eau sur la zone d'activité																					
Milieu naturel	<p>Une zone humide de l'ordre de 1,7 ha est localisée en limite ouest et sud du site d'étude, au niveau de la zone boisée</p> <p>Un ruisseau s'écoule en limite sud du site d'étude, traversant l'extrémité sud de la zone humide.</p> <p>Une zone boisée s'étend depuis les limites sud et est du site d'étude.</p>																					

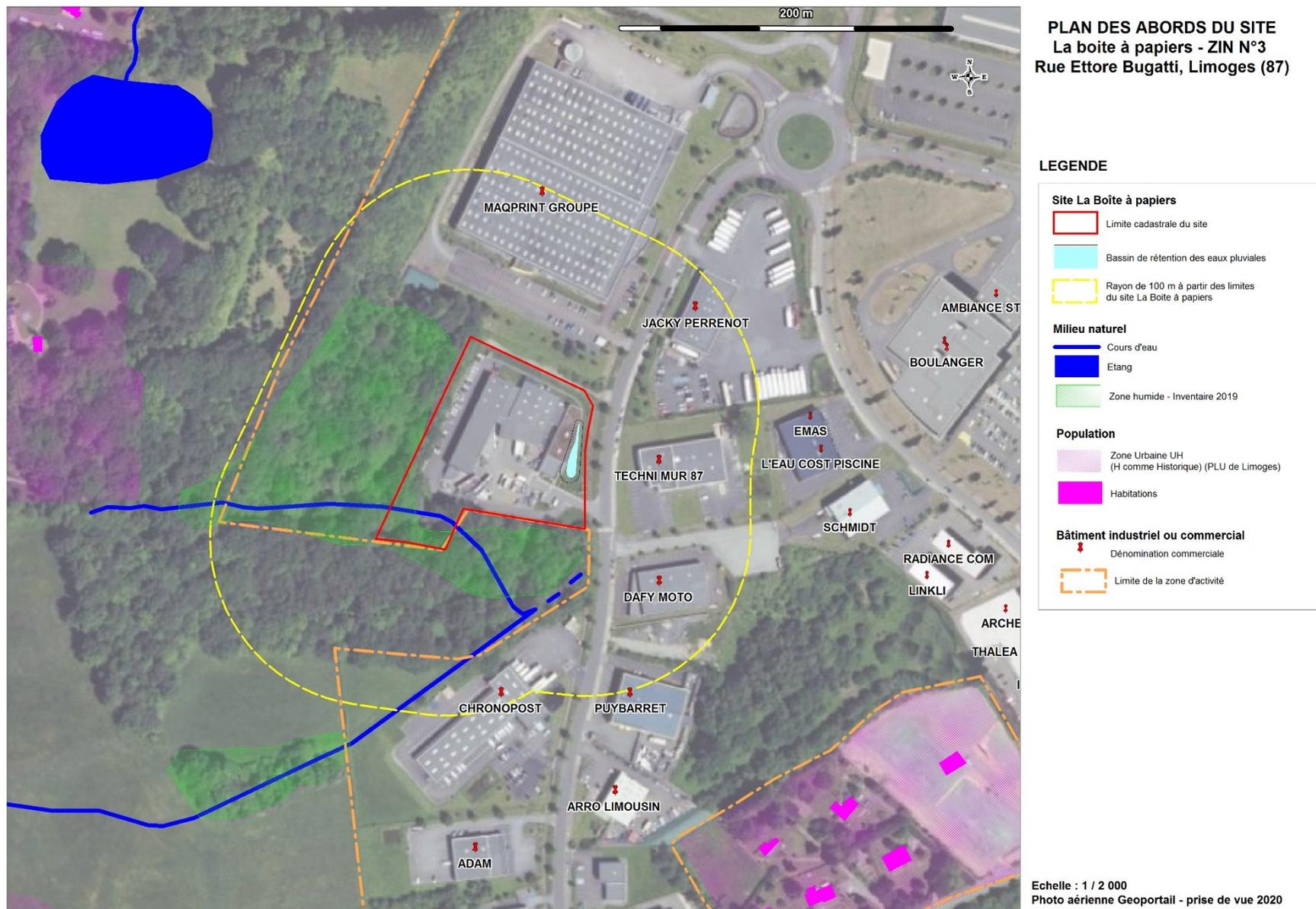


FIGURE 2 : DESCRIPTIF DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DU SITE (RAYON DE 100 M)

III.2 Environnement – rayon 500 m

Les principales caractéristiques de l'environnement autour du site, c'est-à-dire dans un rayon de 500 m, sont illustrées sur la figure page suivante :

TABLEAU 3 : SYNTHÈSE DU DESCRIPTIF DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU SITE – RAYON 500 M

Domaine	Situation de la zone d'étude																																	
ZNIEFF	La ZNIEFF (Zone naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) la plus proche est située à 230 m au nord du site, et à environ 700 m à l'est : ZONES HUMIDES DE GROSSEREIX ET TOURBIÈRE DE BOUTY (Identifiant national : 740120214) (ZNIEFF Continentale de type 1) Un seul site Natura 2000 est localisé dans rayon de 10 km autour du site (Nord Est).																																	
Site Natura 2000	Site « FR7401141 – Mine de Chabannes et souterrains des Monts d'Ambazac ». Les enjeux de protection associés à cette zone Natura 2000 sont liés à la préservation des habitats de chasse de certaines espèces de chauves-souris (milieux forestier, milieux semi ouvert, bocage).																																	
Cours d'eau	La masse d'eau « L'AURENCE ET SES AFFLUENTS DEPUIS LA SOURCE JUSQU'À LA CONFLUENCE AVEC LA VIENNE (FRGR0380) » longe les limites Nord et Est de la zone d'activité. Elle traverse la ZNIEFF de type 1.																																	
Infrastructure de transport	La zone d'activité se trouve à la confluence de 2 axes routiers importants : <ul style="list-style-type: none"> à environ 1,2 km à l'est du site : l'autoroute A20 ; à environ 500 m au sud du site : la RN520, voie de contournement Nord de Limoges, qui relie l'A20 à la RN 147 (axe Limoges Poitiers) et à la RN141 (axe Limoges Angoulême) 																																	
Commerces et industries	Les établissements présents hors rayon des 100 m sont : <table border="1" data-bbox="770 1034 1554 1356"> <thead> <tr> <th>Entreprises</th> <th>Domaine activité</th> <th>Distance en m bâtiment à bâtiment</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>STEF</td> <td>Transporteur</td> <td>265</td> </tr> <tr> <td>RENAULT TRUCKS</td> <td>Usine automobile</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>OZMO'Z</td> <td>Salle de sport</td> <td>470</td> </tr> <tr> <td>LEROY MERLIN</td> <td>Magasin de bricolage</td> <td>610</td> </tr> <tr> <td>ALINEA</td> <td>Magasin d'ameublement et de décoration</td> <td>460</td> </tr> <tr> <td>DECATHLON</td> <td>Magasin articles de sport</td> <td>350</td> </tr> <tr> <td>ALEGRIA MERCADO PORTUG</td> <td>Restaurant</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>BRILLANCE AUTOMOBILE</td> <td>Service automobile</td> <td>285</td> </tr> <tr> <td>EXPERTISE AUTOMOBILE</td> <td>Service automobile</td> <td>245</td> </tr> <tr> <td>FAMILY VILLAGE</td> <td>Centre commercial</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Entreprises	Domaine activité	Distance en m bâtiment à bâtiment	STEF	Transporteur	265	RENAULT TRUCKS	Usine automobile	320	OZMO'Z	Salle de sport	470	LEROY MERLIN	Magasin de bricolage	610	ALINEA	Magasin d'ameublement et de décoration	460	DECATHLON	Magasin articles de sport	350	ALEGRIA MERCADO PORTUG	Restaurant	260	BRILLANCE AUTOMOBILE	Service automobile	285	EXPERTISE AUTOMOBILE	Service automobile	245	FAMILY VILLAGE	Centre commercial	
Entreprises	Domaine activité	Distance en m bâtiment à bâtiment																																
STEF	Transporteur	265																																
RENAULT TRUCKS	Usine automobile	320																																
OZMO'Z	Salle de sport	470																																
LEROY MERLIN	Magasin de bricolage	610																																
ALINEA	Magasin d'ameublement et de décoration	460																																
DECATHLON	Magasin articles de sport	350																																
ALEGRIA MERCADO PORTUG	Restaurant	260																																
BRILLANCE AUTOMOBILE	Service automobile	285																																
EXPERTISE AUTOMOBILE	Service automobile	245																																
FAMILY VILLAGE	Centre commercial																																	

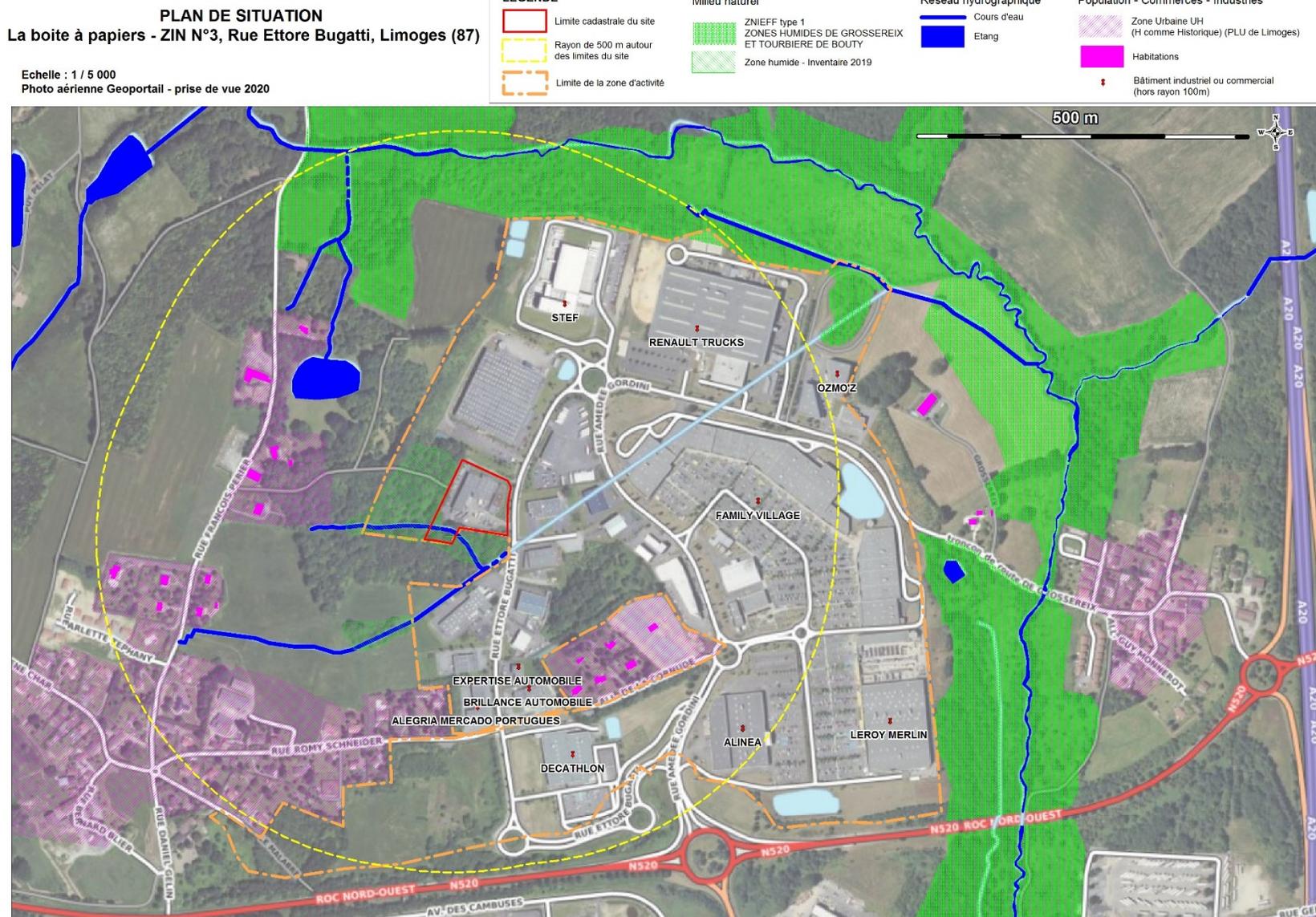


FIGURE 3 : DESCRIPTIF DE L'ENVIRONNEMENT AUTOUR DU SITE (RAYON 500 M)

III.3 Contexte réglementaire et foncier

Le propriétaire du terrain concerné d'emprise est La boîte à papiers SA.

La commune de LIMOGES dispose d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) dont la dernière procédure a été approuvée le 14/12/2022.

Le site est localisé en zone UE1 du PLU : zones d'activités industrielles.

Le site n'est concerné pas aucune servitude d'utilité publique annexée au PLU de Limoges (Servitudes d'Utilité Publique – commune de Limoges – état du 07-10-2014).

La zone d'activité et la parcelle sont bordées par des espaces naturels constitués par :

- une zone naturelle (N) avec un espace boisé classé.
- une zone agricole (A).

On identifie ensuite une zone urbaine (UB), et plus précisément le secteur UB 2 (les hameaux : secteurs pavillonnaire diffus) qui correspond au lieu-dit le Malabre.

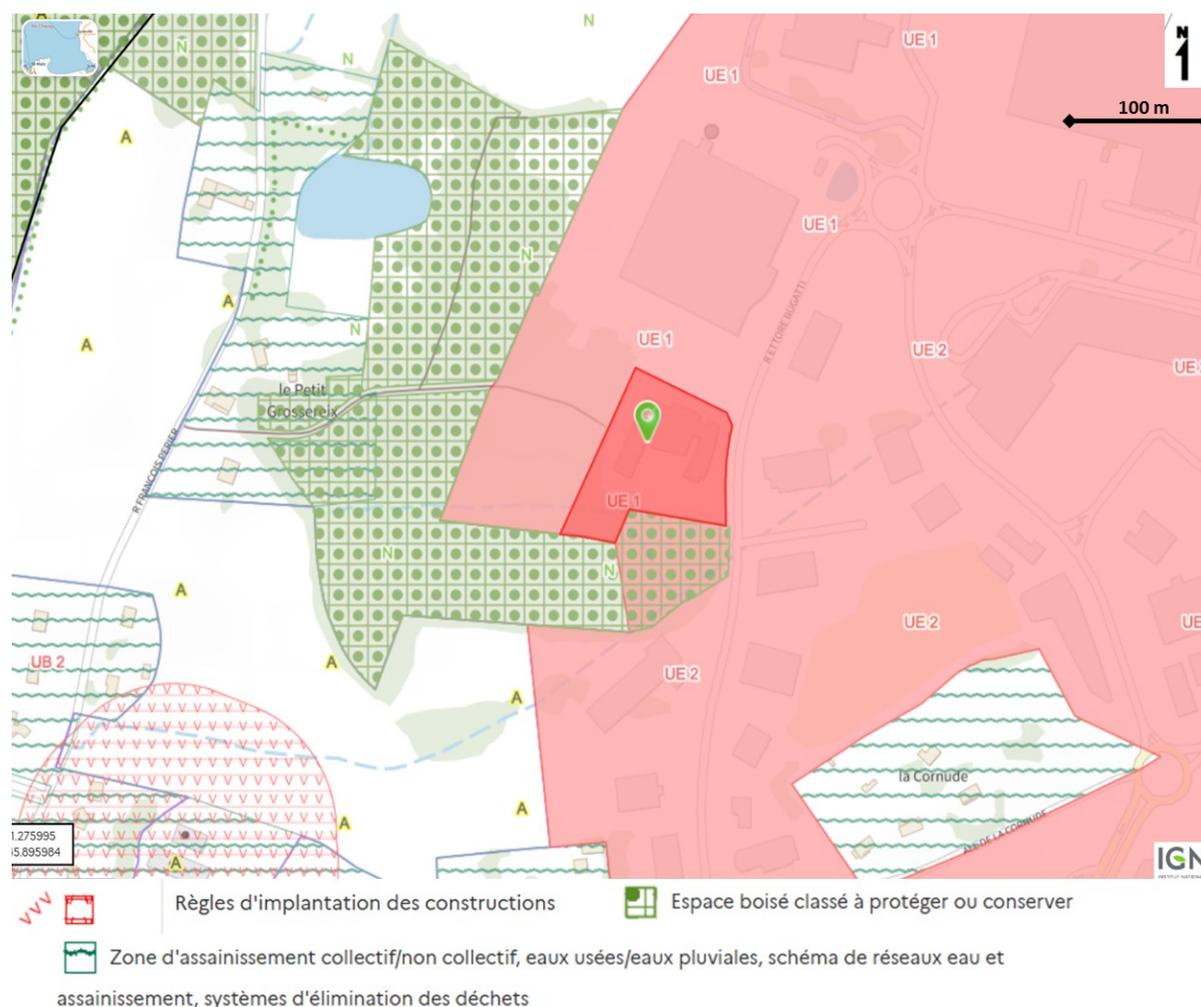


FIGURE 4 : PLU LIMOGES – ZONAGE (SOURCE : GEOPORTAIL-URBANISME.GOUV.FR)

IV. DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU PROJET

Le projet présenté par La boîte à papiers consiste en une réorganisation du site actuellement autorisé sans extension géographique, ni nouvel aménagement sur le périmètre actuel (ni démolition, ni construction, ni aménagement, ni modification des bâtiments).

La partie Sud-ouest de la parcelle n'est pas exploitée, les espaces verts représentent plus de 35% de sa surface, avec la présence d'un bassin de rétention des eaux pluviales en limite Est.

TABLEAU 4 : AMENAGEMENT DU SITE - SURFACES

	surface en m ²	
Bâtiment avec auvent	2487	25%
Surface imperméabilisée	3713	38%
<i>dont voirie et parking</i>	2728	
<i>dont aire stockage extérieure</i>	985	
Espaces verts	3693	37%
<i>dont bassin d'orage</i>	325	
Total	9893	

Le projet ne prévoit pas d'aménagement de la parcelle : les zones d'activités et les espaces verts restent identiques.



FIGURE 5 : AMENAGEMENT DU SITE

Le bâtiment d'activité est composé de 3 corps de bâtiment (administration - atelier – stockage) qui s'articulent autour d'une zone centrale de livraison (quai de chargement/déchargement). **Le projet ne prévoit ni construction, ni modification des bâtiments existants.**



TABLEAU 5 : BATIMENTS – SURFACE DE PLANCHER

	Surface en m ²
Administration	477
Atelier	516
Locaux techniques	81
Bâtiment stockage	394
et mezzanine 1	209
Hall stockage	590
et mezzanine 2	222
Auvent	429
Total surface de plancher	2918

FIGURE 6 : BATIMENTS – VUE PLAN

Par conséquent, le projet ne nécessite pas d'intervention dans le milieu naturel.

Il ne conduit à aucun rejet direct au milieu naturel (eaux domestiques et eaux pluviales rejetées dans le réseau séparatif de la collectivité).

V. DESCRIPTION DES PRINCIPALES PHASES OPERATIONNELLES

TABLEAU 6 : FLUX ENTRANTS - DECHETS ADMIS – PROVENANCE (SOURCE : LA BOITE A PAPIERS)

Le projet de réorganisation a pour objectif de centrer l'activité sur les écrans, les piles et tubes fluorescents dans le cadre des contrats avec les éco organismes.

Déchets admis	Provenance	
DEEE Ecrans pour le compte d'ECOLOGIC et ECOSYSTEME	Collecte auprès des collectivités, administrations, entreprises	Départements : 16, 17, 19
Tubes fluorescents, néons, lampes pour le compte de RECYLUM		23 33, 36
Piles et accumulateurs pour le compte de COREPILE et SCRELEC		53 72, 79
Huiles alimentaires usagées		85, 86, 87

Comme illustré page suivante, les opérations menées sur les déchets admis peuvent être selon la typologie :

- uniquement du transit, avec ou sans regroupement ;
- du tri puis reconditionnement ;
- du traitement par démontage/démantèlement.

Les opérations de démantèlement permettent d'extraire les éléments polluants, de séparer les matières valorisables pour les expédier ensuite pour traitement, recyclage ou valorisation dans les filières appropriées :

- les éléments recyclables métalliques sont utilisés dans l'industrie métallurgique après broyage ;
- les éléments recyclables non métalliques (plastiques, verre, ..) sont notamment valorisés pour la fabrication de nouvelles matières ;
- les éléments non recyclables sont soit valorisés en énergie par incinération, soit en dernier recours envoyé en centre d'enfouissement réglementé classe 1.

Dans tous les cas, l'objectif est de trouver le devenir le plus adapté ayant le moins d'impact possible sur l'environnement.

Les huiles alimentaires usagées collectées sont envoyées dans un centre de prétraitement par filtration pour être ensuite transformées en biodiesel.

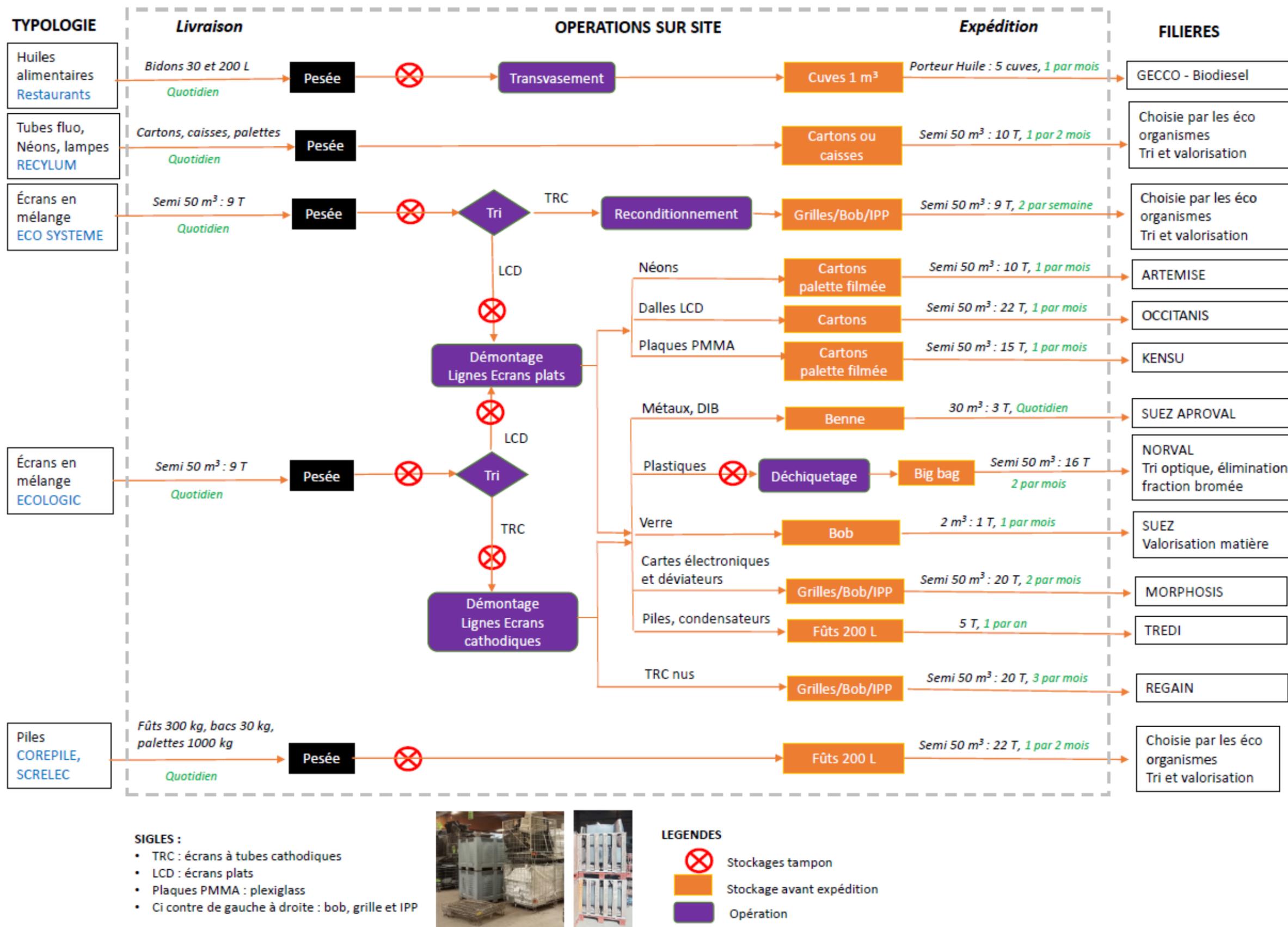


FIGURE 7 : NATURE DES ACTIVITES, ORIGINE DES DECHETS ADMIS SUR LE SITE ET FILIERES UTILISEES

Les équipements présents sur le site sont associés au traitement des écrans avec :

- une ligne de démontage des écrans plats actuellement en fonctionnement, et une deuxième identique en projet ;
- une ligne de démontage des écrans cathodiques actuellement en fonctionnement ;
- un déchiqueteur pour les plastiques issus du démontage ;
- les dispositifs d'aspiration et de traitement de l'air des lignes de démontage.

L'unité de traitement des écrans plats est une machine polyvalente capable de découper automatiquement une gamme importante d'écrans plats. Elle fonctionne dans un caisson ventilé, sans présence d'opérateur.

En sortie, l'écran plat à bords découpés peut ainsi être facilement démonté par un opérateur avec :

- l'extraction en toute sécurité des tubes fluorescents (éléments à présent accessibles) ;
- la séparation des différentes fractions : plastiques, films, cartes électroniques et métaux.

Le projet a pour objectif la réorganisation de l'activité sur le site avec :

- **une redéfinition des zones de stockage ;**
- **l'ajout d'une deuxième ligne de traitement des écrans plats dans l'atelier.**

TABLEAU 7 : PROCÉDES, EQUIPEMENTS MIS EN ŒUVRE

Activité	Equipement	
Déchetage /broyage plastique	Déchiqueteur plastique	
Démontage des Ecrans	Ligne Ecrans plats actuelle (2 tables et machine) Ligne identique Ecrans plats en projet (2 tables et machine)	
	Ligne écran cathodique	
Traitement de l'air	Ventilation double flux (atelier) Dépoussier (atelier) Traitement émission machine écrans plats	

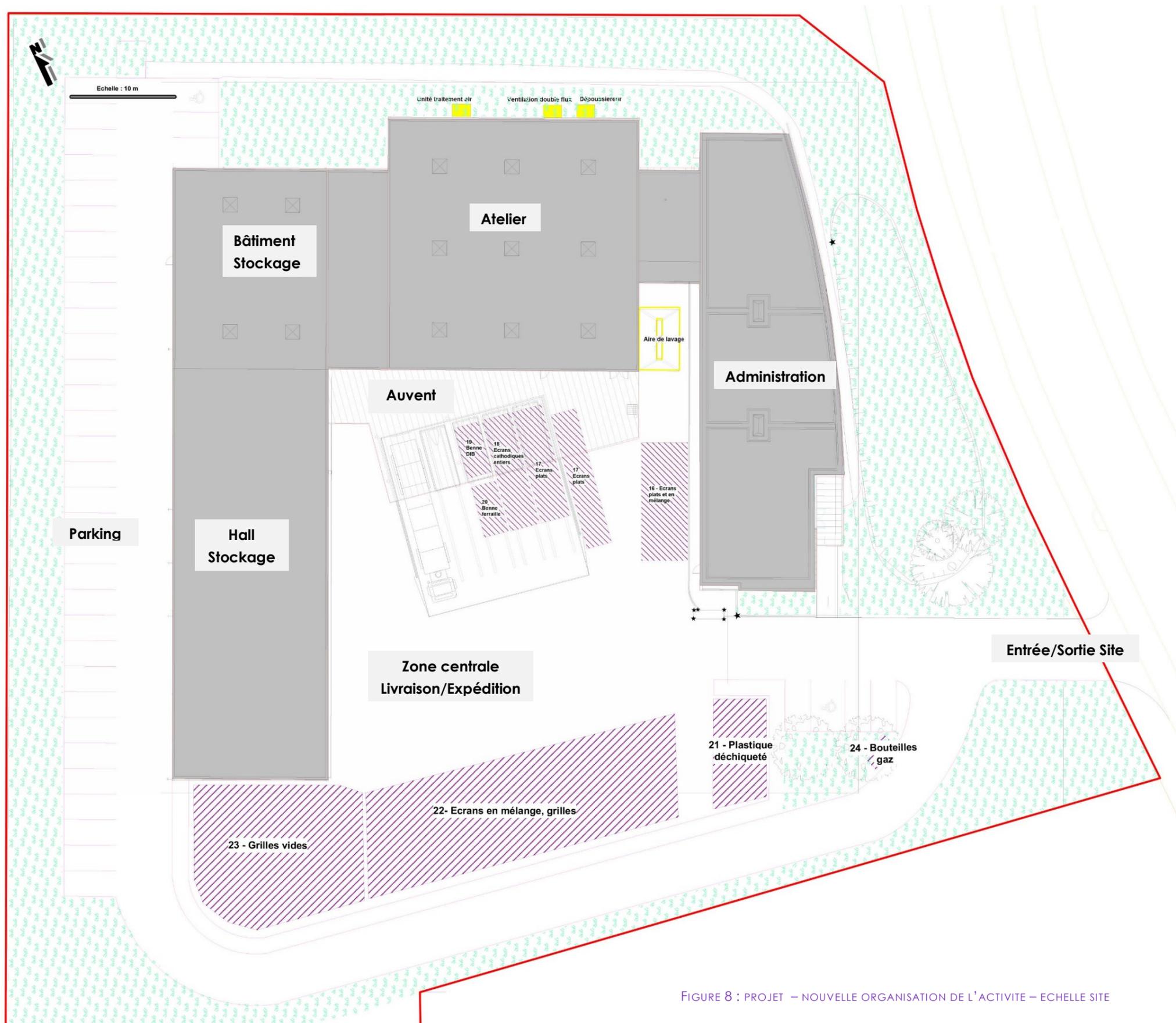


FIGURE 8 : PROJET – NOUVELLE ORGANISATION DE L'ACTIVITE – ECHELLE SITE

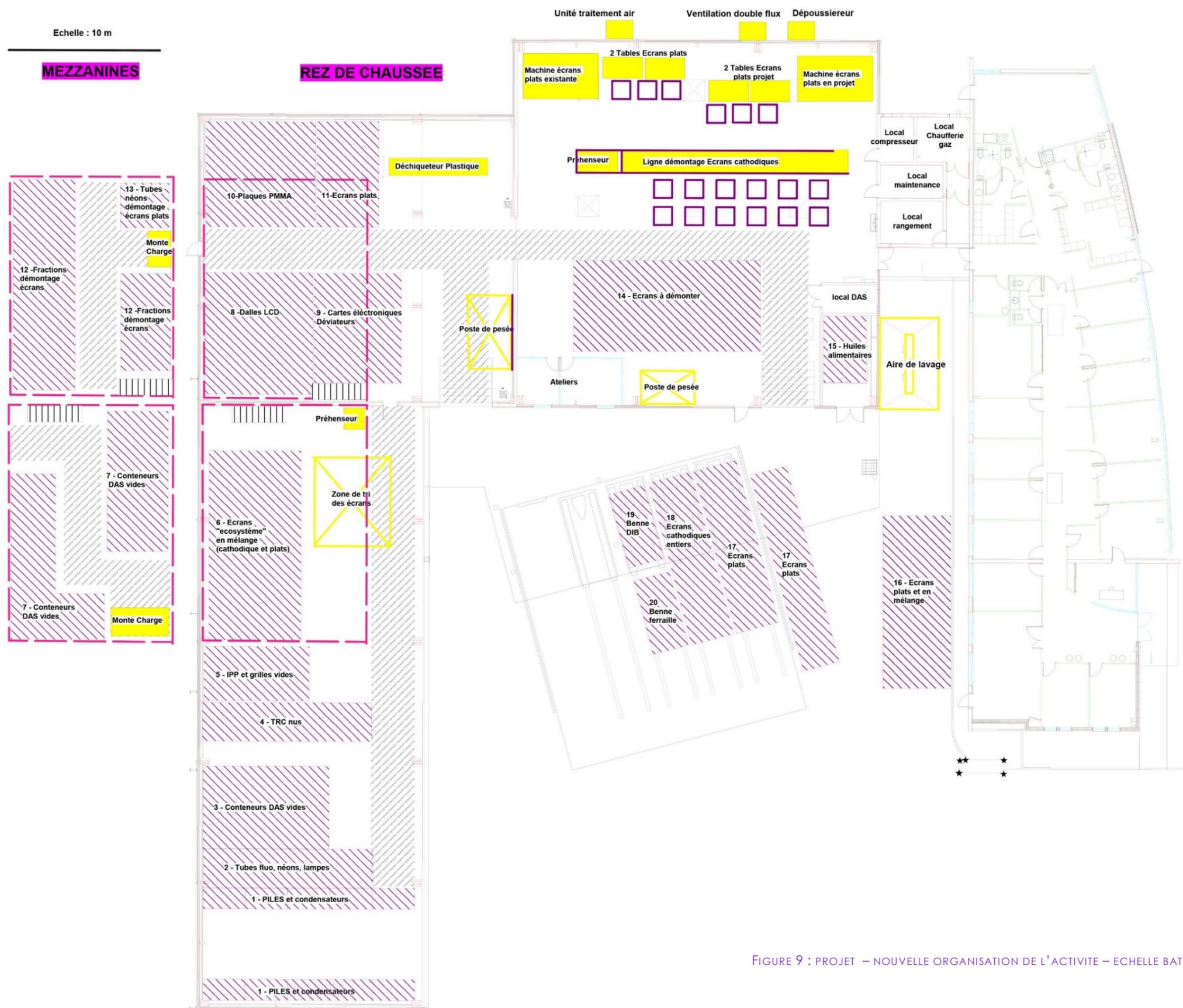


FIGURE 9 : PROJET – NOUVELLE ORGANISATION DE L'ACTIVITE – ECHELLE BATIMENT

VI. ESTIMATION DES TYPES ET DES QUANTITES DE RESIDUS ET EMISSIONS ATTENDUS

L'augmentation d'activité conduit à une organisation en deux équipes avec les horaires de fonctionnement suivants :

- activité sur les 5 jours ouvrés de la semaine avec un fonctionnement possible le samedi selon les pointes de production ;
- plage horaire maximale de travail sur site entre 6h00 et 20h00 ;
- accueil des poids lourds entre 7h00 et 17h00, hors week end.

Le trafic généré par l'activité de La boîte à papiers est lié :

- à la venue du personnel sur le site soit de l'ordre de 30 véhicules légers par jour ;
- à la venue de visiteurs sur le site soit de l'ordre de 2 véhicules légers par jour ;
- à la livraison et l'expédition des déchets acceptés sur le site de l'ordre de 7 camions par jour dont 3 semi-remorques.

Le tableau suivant reprend les éléments de l'étude d'impact avec l'évaluation du niveau résiduel d'impact, c'est-à-dire avec prise en compte des mesures prises par La boîte à papiers.

TABLEAU 8 : REJETS ET NUISANCES – EVALUATION DE L'IMPACT RESIDUEL ET DES EVOLUTIONS LIEES AU PROJET

Domaine concerné	Impacts « bruts » de l'installation sur l'environnement <i>Evolution liée au projet</i>	Mesures prises pour éviter, réduire les inconvénients	Effets résiduels de l'installation	Niveau de nuisances attendu
Ressources	<p>Consommation d'eau : Sanitaire, entretien des locaux et lavage des fûts huiles alimentaires usagées - 206 m³ en 2022 Impact négligeable sur l'adduction en eau potable de la ville de Limoges. <i>Pas de modification apportée par le projet</i></p> <p>Consommation d'énergie : - Electricité : éclairage, équipements et machines atelier - 140 MW en 2022 - Gaz : chauffage bureau - 69 MWh en 2022 Impact négligeable sur les réseaux de fournitures d'énergie <i>Ajout d'une ligne de traitement des écrans plats sans augmentation significative sur la consommation d'électricité</i></p>	<p>Système de management environnemental certifié ISO 14001 permettant un suivi et une maîtrise des consommations</p> <p>Chauffage uniquement des bureaux</p> <p>Réglage de l'éclairage du site la nuit (coupure et détecteurs de présence)</p>	<p>→ faibles consommations</p> <p>→ pas de prélèvement directement dans le milieu naturel</p>	<p>Impact sur les ressources Négligeable</p> <p>Remarque : l'activité même de la boîte à papiers et le projet répondent aux enjeux de recyclage des déchets pour limiter l'épuisement des ressources naturelles</p>

Domaine concerné	Impacts « bruts » de l'installation sur l'environnement <i>Evolution liée au projet</i>	Mesures prises pour éviter, réduire les inconvénients	Effets résiduels de l'installation	Niveau de nuisances attendu
Sol Sous sol Eaux souterraines	Aménagement de la parcelle en 2008 lors de l'implantation de l'activité Pas de pollution des sols, ni des eaux souterraines après 13 ans d'exploitation <i>Pas de modification apportée par le projet qui ne prévoit aucune extension, aucun aménagement, ni aucun bâtiment</i>	Imperméabilisation des zones d'activité Conservation d'une zone végétalisée importante (plus de 35%) : imperméabilisation limitée au pourtour du bâtiment utilisé pour l'activité Aucun rejet directement au milieu naturel	→ aucune contamination liée à l'exploitation du site → pas d'effets sur l'alimentation de la zone humide → aucune contamination du sol lié à un rejet	<u>Impact sur le sol</u> Faible <u>Impact sur les eaux souterraines</u> Faible
Eaux superficielles	<u>Rejet des eaux pluviales</u> double impact sur le cours d'eau l'Aurence : <ul style="list-style-type: none"> ▪ impact quantitatif lors d'événements pluvieux - surface active de 6 320 m² ▪ impact qualitatif : le lessivage des voiries et des stockages extérieurs - rejets chargés en matières en suspension, hydrocarbures et éléments traces métalliques. <u>Rejet des eaux vannes et des eaux de l'aire de lavage</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Quantité équivalente à la consommation d'eau potable - 206 m³ en 2022 ▪ Caractéristiques équivalentes à des eaux usées domestiques Impact négligeable des rejets sur l'assainissement de la Ville de Limoges <i>Pas de modification apportée par le projet</i>	Réseau séparatif eaux de voirie/ eaux de toiture/ eaux usées/ eaux industrielles Traitement des eaux de voirie par un déshuileur/déboureur avant rejet dans le réseau « pluvial » de la ZI Pré-traitement des eaux issues de l'aire de lavage par un déboureur-dégraiseur avant rejet dans le réseau « Eaux usées » de la ZI Mise en place d'une toiture végétalisée sur le corps « administration » du bâtiment Conservation d'une zone végétalisée importante (plus de 35%) Aménagement d'un bassin de rétention des eaux pluviales de 187 m ³	→ pas de mélange d'eaux polluées/non polluées/ ou aux pollutions différentes → limitation de la pollution du milieu récepteur → limitation de la pollution rejetée au réseau et vers la STEP de Limoges → limitation de la quantité d'eaux de ruissellement → Protection hydraulique du réseau et du cours d'eau l'Aurence	<u>Impact sur le cours d'eau l'Aurence</u> Faible <u>Impact sur la STEP de Limoges</u> Négligeable

Domaine concerné	Impacts « bruts » de l'installation sur l'environnement <i>Evolution liée au projet</i>	Mesures prises pour éviter, réduire les inconvénients	Effets résiduels de l'installation	Niveau de nuisances attendu
Déchets	<p>Activité elle-même participant à la gestion des déchets sur le territoire et plus particulièrement filière locale de gestion des DEEE.</p> <p>Très peu de déchets d'activité produits sur le site</p> <p><i>Pas de modification apportée par le projet</i></p>	<p>Tri en interne des déchets</p> <p>Valorisation des déchets de papiers, cartons, plastiques</p> <p>Evacuation régulière des déchets</p> <p>Prise en charge par des entreprises spécialisées et agréées</p> <p>Orientation vers des filières réglementaires</p>	<p>→ gestion conforme à la réglementation</p> <p>→ pas de contamination du milieu environnant par le stockage des déchets</p> <p>→ fort pourcentage de déchets valorisés</p>	<p>Impact</p> <p>Négligeable</p>
Air - voisinage	<p>Aucune installation, aucun procédé, aucune substance ni aucun déchet liés à l'activité de La boîte à papiers n'est générateur d'odeurs.</p> <p>Les sources d'émissions dans l'air sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'opération de démantèlement des écrans cathodiques dans l'atelier - la découpe des écrans LCD dans une machine fermée dans l'atelier - la chaudière au gaz - le trafic de véhicule <p>Les polluants susceptibles d'être émis sont les poussières, les sous-produits de combustion et le risque de vapeur de mercure en cas de casse dans la machine</p> <p><i>Le projet prévoit l'implantation d'une deuxième machine de découpe des écrans LCD</i></p>	<p>Opération uniquement de déchetage des plastiques et non de broyage fin</p> <p>Traitement de l'air extrait de l'atelier par un dépoussiéreur avant rejet</p> <p>Traitement de l'air extrait de la machine de découpe par une unité de filtration à charbon actif avant rejet. Raccordement prévu de la deuxième machine</p> <p>Procédure pour éviter la casse des ampoules dans la machine</p> <p>Entretien de la chaudière</p> <p>Diminution du trafic par l'opération de déchetage du plastique</p> <p>Entretien régulier du parc de véhicules de La boîte à papiers par une entreprise spécialisée</p>	<p>→ limitation d'émission de poussières</p> <p>→ respect des valeurs limites d'émission</p> <p>→ Garantie sortie du filtre: 0,020 mg/m³ de mercure</p> <p>→ limitation des sous-produits de combustion</p>	<p>Incommodité du voisinage</p> <p>Faible</p> <p>Risque pour la santé</p> <p>Négligeable</p>

Domaine concerné	Impacts « bruts » de l'installation sur l'environnement <i>Evolution liée au projet</i>	Mesures prises pour éviter, réduire les inconvénients	Effets résiduels de l'installation	Niveau de nuisances attendu
Commodité du voisinage	<p>Les sources de bruit ayant un impact sur l'environnement sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'extracteur de poussière des ateliers contre la paroi Nord du bâtiment ; - Le transit de véhicules sur le site ; - Les manipulations de déchets en extérieur. <p><i>Le projet prévoit un fonctionnement avec :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>une plage horaire maximale de travail sur site entre 6h00 et 20h00 ;</i> - <i>accueil des poids lourds entre 7h00 et 17h00, hors week end.</i> <p><i>Le projet ne modifie pas le niveau de trafic sur le site</i></p>	Positionnement du bâtiment et des accès opposé au voisinage		
		Hauteur du bâtiment n'excédant pas 7,5 mètres	→ limitation de l'impact visuel	<u>Impact visuel</u> Faible
		Maintien d'une barrière végétale importante autour du site		
		Regroupement des activités bruyantes au centre des corps du bâtiment	→ limitation des nuisances sonores	
		Les équipements bruyants sont dans le bâtiment	→ respect des valeurs limites réglementaires	<u>Incommodité du voisinage</u> Faible
		Activité entre 6h et 7h, considérée en période nocturne, menée dans le bâtiment		<u>Risque pour la santé</u>
Coupure de l'éclairage extérieur sur la zone exploitation de 20h30 à 5h30 Détection de luminosité en dehors de cette plage horaire ; Détection de présence sur la partie parking et chemin piétons	→ limitation des nuisances lumineuses	Négligeable		

VII. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Dans le cadre du « porter à connaissance » déposé le 20/07/2018 pour le projet d'implantation de la ligne de traitement des écrans plats actuellement en fonctionnement, une évaluation des risques sanitaires pour une exposition chronique de la population aux rejets atmosphériques lié à cet équipement a été réalisée.

La quantification des effets sanitaires a été effectuée sur la base de concentration de 0,02 mg/m³ de mercure dans le rejet de la cheminée du système de traitement d'air (garantie constructeur). Il s'avère que le risque sanitaire est acceptable à l'encontre des populations environnantes pour des effets chroniques au point de retombées maximales, en prenant en compte les modes d'exposition par inhalation et par ingestion.

A noter que les mesures effectuées sur le rejet en sortie de l'unité de traitement de l'air de la machine de découpe des écrans plats permettent :

- de constater que la garantie du constructeur est bien tenue, avec une teneur mesurée en mercure inférieure à 0,001 mg/m³ (donc très inférieure à l'engagement sur 0,020 mg/m³) ;
- de considérer cette évaluation des risques sanitaires toujours valable car majorante dans l'hypothèse retenue, y compris avec le raccordement d'une deuxième machine de découpe.

VIII. CONDITIONS DE REMISE EN ETAT DU SITE D'EXPLOITATION

Le projet ne prévoit pas d'extension géographique au périmètre de l'ICPE actuellement autorisée par arrêté préfectoral du 19/11/2008 modifié et complété par l'arrêté préfectoral du 21 mars 2011. Il ne s'agit donc pas d'un site « nouveau ».

Ce dernier arrêté préfectoral mentionne dans son article 1.6.5. relatif à la cessation d'activité :

- l'état du site doit permettre un usage industriel ;
- les mesures de mise en sécurité portent sur les points suivants :
 - évacuation ou élimination des produits dangereux et des déchets présents sur le site ;
 - l'interdiction ou la limitation d'accès au site ;
 - la suppression des risques d'incendie et d'explosion ;
 - la surveillance des effets de l'installation sur l'environnement