

Liège, le 13 décembre 2007

Division de la Police de l'Environnement

**Étude des HAP dans les rejets des CET
en Région wallonne
— Résultats des 8 campagnes de mesures —**

Rapport **02352/2007**

Ce rapport contient 69 pages et 4 annexes

**V. Lebrun, attaché
O. le Bussy, gradué
Cellule Déchets & SAR.**

**V. Salpéteur,
Responsable,
Cellule Déchets & SAR.**

Abréviations :

A.G.W.	Arrêté du Gouvernement Wallon.
A.M.	Arrêté Ministériel.
A.R.	Arrêté Royal.
BEA	CET de Champ de Beaumont.
BEL	CET de Belderbusch – Montzen.
B.E.P.	Bureau Économique Provincial (de Namur), exploitant de CET.
CAB	CET de Cour-au-Bois.
CEN	Le Comité européen de normalisation.
CET	Centre d'Enfouissement Technique.
CETB	Centre d'Enfouissement Technique du Beaumont, exploitant de CET.
CHA	CET de Happe-Chapois.
D.P.A.	Division de la Prévention et des Autorisations (Région wallonne).
D.P.E.	Division de la Police de l'Environnement (Région wallonne).
DSAR	Cellule Déchets et Sites à Risques (ISSeP).
FRO	CET de Froidchapelle.
HAB	CET de Habay.
HAL	CET de Hallembaye.
H.A.P.	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.
HPLC	High pressure liquid chromatography, méthode chromatographique.
IARC	International Agency for Research on Cancer.
INASeP	Intercommunale Namuroise de Services Publics, société coopérative à responsabilité limitée.
ISSeP	Institut Scientifique de Service Public.
JEM	Site et CET de Jemeppe-sur-Sambre (Solvay).
MAL	CET de Malvoisin.
MOR	CET de Morialmé.
MSG	CET de Mont-Saint-Guibert.
OSPAR	Commission internationale pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Ouest.
POP	Polluants organiques persistants.
SER	CET de Seraing – La Chatqueue (Arcelor S.A.).
STEP	Station d'épuration.
TEN	CET de Tenneville.
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe, commission économique des Nations unies pour l'Europe.
US EPA	U.S. Environmental Protection Agency, agence de protection de l'environnement des États-Unis.
VIR	Site et CET de Virton (Burgo Ardennes S.A.).

Étude des HAP dans les rejets des CET en Région wallonne - Résultats des 8 campagnes de mesures -	
Date	13/12/07
Maître d'ouvrage	Division de la Police de l'Environnement
Référence	02352/2007
Type :	Rapport
Auteurs	V. Lebrun, O. le Bussy, V. Salpéteur
Collaborateurs	C. Collart, A. Kheffi, T. Laloux

Table des matières

1	INTRODUCTION	7
1.1	Contexte de l'étude	7
1.2	Objectifs	7
2	LES HAP DANS LES EAUX	8
2.1	Cadre légal	8
2.1.1	Cadre international	8
	A. Les émissions de HAP	8
	B. Les valeurs à l'immission	8
2.1.2	Législation belge	9
2.1.3	Règlementation wallonne	9
	A. Pour les rejets émis	9
	B. Pour l'eau des ruisseaux encaissants	9
2.2	Cadre technique	10
2.2.1	Généralités	10
2.2.2	Émissions	10
	A. Émissions de HAP, généralités	10
	B. Émissions de naphthalène	11
2.2.3	Immissions	11
3	MÉTHODOLOGIE	12
3.1	Étude documentaire sur les CET	12
3.2	Sites retenus pour l'étude	13
3.3	Débitométrie	14
3.4	Concentrations	15
	3.4.1 Prélèvements	15
	3.4.2 Analyses	16
3.5	Exploitation et expression des résultats	17
	3.5.1 Références de comparaison	17
	3.5.2 Calculs des flux	18
4	PRÉSENTATION DES SITES ÉTUDIÉS	19
4.1	Les CET de classe 5	20
4.1.1	Virton, CET de Burgo – Cellulose des Ardennes	20

	<i>A. Présentation du site</i>	20
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	20
4.1.2	Seraing, terril de la Chatqueue, CET de Arcelor S.A.	22
	<i>A. Présentation du site</i>	22
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	22
4.1.3	Jemeppe-sur-Sambre –Bassins de décantation de l’usine Solvay S.A.	23
	<i>A. Présentation du site</i>	23
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	24
4.2	Les CET de classe 2 sans station d’épuration	25
4.2.1	Mont-Saint-Guibert	25
	<i>A. Présentation du site</i>	25
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	25
4.2.2	Malvoisin	26
	<i>A. Présentation du site</i>	26
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	26
4.2.3	Morialmé	27
	<i>A. Présentation du site</i>	27
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	27
4.3	Les CET de classe 2 équipés d’une station d’épuration	28
4.3.1	Belderbusch	28
	<i>A. Présentation du site</i>	28
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	28
	<i>C. Calculs de flux</i>	29
4.3.2	Cour-au-Bois	30
	<i>A. Présentation du site</i>	30
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	30
4.3.3	Froidchapelle	31
	<i>A. Présentation du site</i>	31
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	31
	<i>C. Rejet global et eaux de ruissellement</i>	32
4.3.4	Champ de Beaumont	33
	<i>A. Présentation du site</i>	33
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	33
4.3.5	Habay-la-Neuve	34
	<i>A. Présentation du site</i>	34
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	34
4.3.6	Tenneville	36
	<i>A. Présentation du site</i>	36
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	36
4.3.7	Happe-Chapois	37
	<i>A. Présentation du site</i>	37
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	37
4.3.8	Hallembaye 1	39
	<i>A. Présentation du site</i>	39
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	39
4.3.9	Hallembaye 2	40
	<i>A. Présentation du site</i>	40
	<i>B. Échantillonnages et mesures de débits</i>	40
5	RÉSULTATS	41
5.1	Débitométrie et volumes d’effluents	41
5.1.1	Échelles de valeurs des débits	41
5.1.2	Les débits des CET industriels	42

5.1.3	Variations des débits d'effluents des CET de classes 2 et 3	44
	<i>A. Morialmé et Malvoisin</i>	45
	<i>B. Belderbusch</i>	46
	<i>C. Champ de Beaumont</i>	46
	<i>D. Cour-au-Bois</i>	47
	<i>E. Happe-Chapois</i>	48
	<i>F. Hallembaye 1 et 2</i>	49
5.2	Compositions	50
5.2.1	Concentrations dans les percolats	50
5.2.2	Concentrations dans les rejets	53
5.2.3	Concentrations dans les eaux de ruissellement	56
5.2.4	Comparaisons entrées-sorties	56
5.2.5	Évolutions temporelles	57
5.2.6	Concentrations et débits	57
5.2.7	Comparaison aux références : percolats et valeurs repères	58
5.2.8	Comparaison aux références : rejets et objectifs de qualité	58
	<i>A. Le naphthalène</i>	58
	<i>B. Les 6 HAP de Borneff</i>	59
	<i>C. L'antracène</i>	61
5.3	Flux de HAP	62
5.3.1	Quantités de HAP par types d'exploitation	62
5.3.2	Variations temporelles des flux	63
	<i>A. Considérant les CET de classe 2 dotés d'une STEP</i>	63
	<i>B. Considérant les CET de classe 5.1</i>	64
6	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	65
6.1	Conclusions	65
6.1.1	Émissions des CET de classe 2	65
6.1.2	Émissions des CET de classe 5	67
6.1.3	Flux	67
6.2	Limitations	67
6.3	Perspectives : mesures de réductions	68
7	BIBLIOGRAPHIE	69
7.1	Références scientifiques	69
7.2	Rapports ISSEP / Réseau de contrôle des CET en Région wallonne	69

Annexes

Annexe 1	Débits mesurés	5 pp.
Annexe 2	Concentrations analytiques en H.A.P. Tableaux récapitulatifs	16 pp.
Annexe 3	Calculs de flux de H.A.P.	15 pp.
Annexe 4	Certificats d'analyse des campagnes 7 et 8	14 pp.

Tableaux

Tableau 1 : Limites de quantification des HAP	16
Tableau 2 : Références légales de qualité des eaux de surface	17
Tableau 3 : Références de comparaison pour la concentration des HAP dans les percolats	17
Tableau 4 : Présentation des sites étudiés	19
Tableau 5 : Présentation des sites étudiés : techniques d'épuration et volumes rejetés	41
Tableau 6 : Abattements moyens des STEP sur 8 campagnes	56
Tableau 7 : Flux et process d'épuration.....	62

Graphes

Graphe 1 : Sites industriels – Évolution des débits sur la durée de l'étude	42
Graphe 2 : Site de Jemeppe sur Sambre – Évolution des débits entrant et sortant.....	42
Graphe 3 : Site de Virton – Évolution des débits entrant et sortant.....	43
Graphe 4 : Débits mensuels des rejets de CET et pluviométrie	44
Graphe 5 : Morialmé et Malvoisin – débits et pluviométrie	45
Graphe 6 : Morialmé et Malvoisin – débits semestriels	45
Graphe 7 : Belderbusch – débits et pluviométrie.....	46
Graphe 8 : Champ de Beaumont – débits et pluviométrie.....	46
Graphe 9 : Cour-au-Bois – débits et pluviométrie.....	47
Graphe 10 : Cour-au-Bois – débits et pluviométrie.....	47
Graphe 11 : Happe-Chapois – débits et pluviométrie	48
Graphe 12 : Hallembaye – débits et pluviométrie.....	49
Graphe 13 : Hallembaye – débits et pluviométrie.....	49
Graphe 14 : Composition des percolats	50
Graphe 15 : SÉRIE 1 – Percolats des 12 CET de classe 2.....	51
Graphe 16 : SÉRIE 2 – Percolats des 3 CET de classe 5.....	52
Graphe 17 : Composition des rejets STEP	53
Graphe 18 : SÉRIE 3 – Rejets STEP des 9 CET de classe 2.....	54
Graphe 19 : SÉRIE 4 – Rejets STEP des 3 sites de classe 5.....	55
Graphe 20 : Concentration en fonction du débit	57
Graphe 21 : Naphtalène – Dépassements de l'objectif légal	58
Graphe 22 : Naphtalène – Évolution temporelle des concentrations.....	59
Graphe 23 : 6 HAP de Borneff – proportions des 6 molécules.....	60
Graphe 24 : 6 HAP de Borneff – Dépassements de l'objectif légal.....	60
Graphe 25 : Flux de HAP rejetés, par sources.....	62
Graphe 26 : Variations des flux semestriels des CET de classe 2	63

Figures

Figure 1 : Sites examinés dans le cadre de l'étude HAP	13
Figure 2 : Site de Virton – unités de traitement des eaux et mesures de débits.....	21
Figure 3 : Site de Seraing – la Chatqueue – points de prélèvements et mesure du débit	22
Figure 5 : Site de Jemeppe sur Sambre - traitement des effluents et points de prélèvement.....	24
Figure 6 : Mont-Saint-Guibert – traitement des effluents et points de prélèvement	25
Figure 7 : Malvoisin – traitement des effluents et points de prélèvement.....	26
Figure 8 : Morialmé – traitement des effluents et points de prélèvement.....	27
Figure 9 : Belderbusch – traitement des effluents et points de prélèvement	28
Figure 10 : Belderbusch - schéma explicatif des mesures de débits (source : Sita).....	29
Figure 11 : Cour-au-Bois – traitement des effluents et points de prélèvement	30
Figure 12 : Froidchapelle – traitement des effluents et points de prélèvement	31
Figure 13 : Champ de Beaumont – traitement des effluents et points de prélèvement	33
Figure 14 : Habay – traitement des effluents et points de prélèvement	34
Figure 15 : Happe-Chapois – Réseau de collecte des eaux de ruissellement.....	37
Figure 16 : Hallembaye – Points de prélèvement des percolats et rejets STEP	40

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte de l'étude

La protection des eaux de surface contre la pollution causée par certaines substances dangereuses a fait l'objet de plusieurs directives européennes consécutives à la directive 76/464/CEE. En Région wallonne leur mise en œuvre se traduit, notamment, par l'arrêté ministériel du 12 juillet 2002 établissant un programme de réduction de la pollution des eaux générées par certaines substances dangereuses - Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Ce texte légal arrête un programme de réduction des HAP et prescrit notamment :

- une étude de caractérisation du bilan des HAP en Région wallonne ;
- une recherche des mesures de réduction des HAP dans les eaux de surface ;
- la mise en place de campagnes d'analyses des HAP dans les principaux rejets d'eaux usées industrielles et domestiques.

En conséquence, la Division de l'Eau a entrepris un vaste programme d'étude des HAP dans les rejets d'eaux usées, structuré en trois secteurs d'activités :

- Le volet « industries » est mené par la Division de la Police de l'Environnement (DPE) ;
- Le volet « stations d'épuration urbaines » est confié au service prélèvement de l'ISSeP ;
- Le volet « Centres d'Enfouissement Techniques » (CET) est attribué en août 2003 au service « déchets et sites à risques » de l'ISSeP. Ce volet est l'objet du présent rapport, rédigé après quatre années d'étude.

1.2 Objectifs

Cette étude a pour but l'évaluation approximative des flux de HAP issus des CET et aboutissant dans les eaux de surface en Région wallonne. In fine, les résultats doivent servir de base à l'élaboration de mesures de réduction appropriées.

L'étude porte sur l'observation systématique, sur une durée de 4 années, d'une sélection de 14 sites d'enfouissement de déchets. Ces sites comprennent des CET de classe 2 (déchets ménagers et assimilés) à différents stades d'exploitation et des CET de classe 5 (déchets industriels).

Les éléments examinés sont non seulement les flux de HAP vers les eaux de surface, mais également leurs sources (les percolats) et les techniques utilisées pour leur épuration.

Des notes intermédiaires rédigées par l'ISSeP (0085/2004, 1811/2006, 3508/2006) présentent les résultats des campagnes successives. Un rapport intermédiaire (ISSeP/0236/2006) a été rédigé en février 2006, qui rendait compte de la situation à mi-étude. Le présent rapport reprend l'ensemble des observations et des résultats analytiques, et tente d'en dégager les tendances générales en prenant notamment en compte les facteurs climatiques et les techniques de gestion des CET et d'épuration de leurs effluents liquides.

2 LES HAP DANS LES EAUX

2.1 Cadre légal

2.1.1 Cadre international

Le terme générique « HAP » peut correspondre, suivant le contexte, à des composés différents. Le protocole sur les POP (polluants organiques persistants) de l'UNECE en regroupe quatre et l'US-EPA classe 16 HAP¹ comme substances prioritaires.

Le caractère cancérigène des HAP – par inhalation et par voie cutanée – est reconnu par l'Organisation Mondiale de la Santé, qui a édité des guides de qualité pour les HAP dans l'air, dans les eaux potables et dans les eaux de baignade. Les HAP sont inclus dans l'annexe 2 de la stratégie OSPAR concernant les substances dangereuses.

La décision européenne n° 2455/2001/CE regroupe six substances sous le terme « 6 HAP de Borneff » : le benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(ghi)pérylène, le benzo(k)-fluoranthène, le fluoranthène et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène. Ce groupe « Borneff 6 » sert de référence à l'OMS dans l'établissement d'inventaires d'émissions.

A. Les émissions de HAP

Les émissions de HAP sont contrôlées indirectement par :

- la Directive 96/61/CE : prévention et réduction intégrées de la pollution (directive IPPC) ;
- la Directive 2000/76/CE sur l'incinération des déchets, contrôle des rejets atmosphériques ;
- la Directive 1999/31/CE sur la mise en décharge.

Le protocole sur les polluants organiques persistants de l'UNECE requiert de ses signataires qu'ils réduisent leurs émissions de plusieurs HAP : le benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(k)-fluoranthène et l'indéno(1,2,3-c,d)pyrène.

Enfin, le Comité européen de normalisation (CEN) a établi des normes d'émission pour les installations domestiques de combustion de combustibles solides (poêles, cheminées inserts, etc.). Ces normes sont des standards volontaires depuis 2001.

B. Les valeurs à l'immission

Des valeurs limites dans l'eau potable ont été fixées dans la Directive 98/83/CE, pour le benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène et indéno(1,2,3,c,d)pyrène.

La Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 définit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Son annexe XV remplacée par la décision 2455/2001/CE, dresse la liste des substances prioritaires parmi lesquelles l'anthracène, le naphthalène, et les 6 HAP de Borneff. Le fluoranthène figure dans la liste en tant qu'indicateur de la présence d'autres HAP plus dangereux.

¹ Les 16 HAP de l'USEPA (Agence américaine de protection de l'environnement) : Acénaphthène, Acénaphthylène, Anthracène, Benzo(ghi)pérylène, Benz(a)anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Chrysène, Dibenz(a,h)anthracène, Fluoranthène, Fluorène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Naphthalène, Phénanthrène, Pyrène.

2.1.2 Législation belge

L'Arrêté Royal du 4 novembre 1987 (MB du 21/11/1987), fixant les normes de qualité de base pour les eaux du réseau hydrographique public, donne une valeur médiane de 100 ng/litre pour la somme des concentrations des 6 HAP de Borneff.

2.1.3 Règlements wallonne

A. Pour les rejets émis

L'AGW du 27 février 2003 fixe les conditions sectorielles d'exploitation des centres d'enfouissement technique. Ce texte fixe, entre autres choses, un programme minimum de contrôle de la qualité des rejets de station d'épuration (fréquence d'échantillonnage, paramètres à mesurer) ainsi que des valeurs maximales admissibles pour de nombreux contaminants. Il s'agit bien de seuils "à l'émission" c'est-à-dire pour des concentrations mesurées directement dans l'eau rejetée avant son mélange, "immission", dans les eaux de surface. Malheureusement, les HAP ne figurent dans la liste des paramètres à analyser, il n'y a donc, a fortiori, pas non plus de valeur maximale admissible pour ces composés.

Les permis d'exploitations fixent, en sus des conditions sectorielles, des exigences ou normes particulières que doivent respecter les rejets de stations d'épuration. Mais, là non plus, les permis actuels des différents sites n'incluent aucune prescription particulière pour les HAP.

A l'heure actuelle en Région wallonne, il n'existe donc aucun seuil légal auquel on peut comparer les concentrations **mesurées sur les rejets** dans le cadre de l'étude.

B. Pour l'eau des ruisseaux encaissants

L'Arrêté du Gouvernement wallon du 29 juin 2000 instaure un réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface, et trace les grandes lignes d'un programme de réduction de la pollution causée par les « substances dangereuses pertinentes en Région wallonne ». Son arrêté d'application, l'arrêté ministériel du 12 juillet 2002, établit un programme de réduction de la pollution des eaux générée par les 6 HAP de Borneff. Le texte reprend le même objectif que l'AR précité, à savoir 0,1 µg/L pour la somme des concentrations des 6 molécules.

L'Arrêté du Gouvernement wallon du 12 septembre 2002 (MB du 27/10/2002) vise à adapter la liste des substances pertinentes de l'arrêté précédent. Le texte définit des objectifs suivants :

- Naphtalène : 1 µg/L ;
- Anthracène : 0,1 µg/L ;
- 6 HAP de Borneff : 0,1 µg/L pour la somme des concentrations des 6 molécules.

Le Code de l'Eau, entré en vigueur le 12 avril 2005, inscrit ces HAP (naphtalène, anthracène et « 6 de Borneff ») dans la liste des substances prioritaires pour la qualité des eaux de surface. Il s'agit de valeurs à ne pas dépasser dans les eaux de surface (« cibles ») qui peuvent servir de critères de conformité pour la qualité des rejets (« sources »).

À noter, le libellé du tableau de l'annexe X du Code de l'Eau pourrait être interprété comme un objectif de qualité ne portant pas sur les 6 de Borneff mais sur le seul indéno(1,2,3-c,d)pyrène. Pour distinguer l'esprit de la loi, il faut se référer à l'annexe VII et aux arrêtés antérieurs.

Les valeurs à respecter à l'immission sont les seules disponibles. Elles servent donc, dans cette étude, de point de référence pour évaluer la charge en HAP des rejets mais **la comparaison est purement indicative et ne peut pas être utilisée pour conclure à un excès de HAP** dans un rejet ou pour estimer son impact réel sur la qualité du ruisseau encaissant.

2.2 Cadre technique

2.2.1 Généralités

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (ou HAP) sont des composés organiques hydrophobes présentant 2 à 7 cycles benzéniques. Leur masse moléculaire varie de 128 à 300 g/mol. Les composés les plus légers sont les plus solubles dans l'eau, donc les plus mobiles dans l'environnement. Leur point de fusion est supérieur à 100 °C et leur point d'ébullition est supérieur à 300 °C [Palayer et al., 1997^[12]]. Cette famille comprend de nombreux composés différents, dont 15 ont été étudiés dans le cadre de ce travail.

Les principales voies d'exposition humaine aux HAP sont l'alimentation et l'inhalation de particules. Les HAP peuvent s'accumuler dans une grande variété d'organismes. Des facteurs de bioconcentrations compris entre 4 et 7800 ont été signalés dans des algues unicellulaires [LCPE, 1994]^[10].

L'IARC^[5] indique que les HAP les plus potentiellement carcinogènes sont les benzofluoranthènes, le benzo(a)pyrène, le benzo(a)anthracène, le dibenzo(a,h)anthracène et l'indéno(1,2,3-c,d)pyrène.

2.2.2 Émissions

A. Émissions de HAP, généralités

Les HAP sont produits et utilisés dans un nombre limité de processus de production (coke, créosote, ...). Il est vraisemblable que les rejets de HAP liés à leur production et à leur utilisation directe soient marginaux par rapport à leurs rejets totaux [Holland et al., 2001^[4]].

Les HAP sont synthétisés lors de la formation des énergies fossiles (pétrole, charbon) ou lors de la combustion incomplète de matières organiques [Palayer et al., 1997^[12]]. Ils sont donc rejetés dans l'environnement, soit à partir de produits dérivés de combustibles fossiles, soit suite à des combustions incomplètes.

À l'origine, les rejets dans l'environnement sont principalement atmosphériques, mais ils se déposent sur les sols et à la surface des cours d'eau. Les principales sources de rejets dans l'air sont la combustion de combustibles solides (bois, charbon, ...) et de carburants automobiles, surtout le diesel.

D'après l'INERIS^[6], les sources principales de présence de HAP dans l'eau semblent être les suivantes :

- Les eaux de ruissellement en milieu urbain (sur des voiries contaminées par la circulation automobile) ;
- Les effluents urbains par temps sec (suite aux dépôts atmosphériques) ;
- Les huiles usagées (fuites, déversements) ;
- Les dépôts atmosphériques ;
- Les marées noires et dégazages.

B. Émissions de naphthalène

Formé d'un double cycle aromatique, le naphthalène est le plus simple et le plus léger des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Il présente des caractéristiques particulières à la fois en termes de toxicité, de concentration (parmi les HAP les plus fréquemment rencontrés) et de mobilité (volatilité, solubilité, perméation à travers des conduites et membranes).

Il s'agit d'un contaminant industriel et environnemental inscrit sur la première liste des substances prioritaires (Bureau Européen des substances Chimiques, 1994). Le naphthalène est cancérigène chez le rat (catégorie 3 de la classification européenne) ; il provoque des anémies hémolytiques chez l'homme et l'animal de laboratoire.

D'après Donohue^[2] (2003), les rejets de naphthalène dans l'environnement ont lieu à plus de 90 % vers l'atmosphère. Environ 5 % ont lieu vers l'eau et à peu près 2,7 % vers les sols.

Les concentrations de naphthalène dans l'eau, les sédiments et les sols ont tendance à être relativement faibles, sauf dans la proximité immédiate des sources ponctuelles de rejets, tels les sites de déchets chimiques [El-Masri et al., 2003^[3]] et les sites de stockage ou distribution de carburant.

Le naphthalène est éliminé des eaux de surface assez rapidement – essentiellement par volatilisation. Une petite proportion (moins de 10 %) est associée à de la matière organique et se fixe dans les sédiments. Sa demi-vie dans les eaux de surface est de l'ordre de 4,2 à 7,3 heures. Le naphthalène restant dans la colonne d'eau est dégradé par photolyse (demi-vie de 71 heures) et/ou par des procédés de biodégradation (demi-vie très variable dépendant de la concentration en naphthalène, de l'apport en nutriments et de la température de l'eau) [Donohue, 2003^[2]].

Les meilleures technologies disponibles pour éliminer les rejets de naphthalène sont l'oxydation par air humide et l'élimination biologique à l'azote [INERIS, 2006^[7]].

2.2.3 Immissions

Le devenir et la mobilité des HAP dans l'environnement sont principalement contrôlés par leurs propriétés chimiques. À l'exception du naphthalène, les solubilités des HAP dans l'eau sont modérées (30 mg/L) à très faibles (0,26 µg/L) pour les HAP lourds.

En raison de leur caractère hydrophobe, les HAP ont un fort potentiel d'adsorption sur les matières particulaires et sur la matière organique.

En Région wallonne, la qualité des eaux de surface est généralement bonne dans les zones peu densément peuplées mais elle est mauvaise dans les parties les plus habitées du territoire. Les causes de non conformité les plus fréquentes sont la présence excessive de HAP et de pesticides organochlorés (voir l'État de l'Environnement Wallon, 2000^[11]).

Toujours selon l'État de l'Environnement Wallon, concernant les HAP, les résultats non conformes sont élevés et globalement en augmentation depuis 1994. En 1998, 8 stations sur 38 montraient des résultats non conformes. Il s'agit de l'Escaut (Bléharies, Pottes), la Dendre (Lessines), la Haine (Hensies), la Meuse (Liège et Visé), et la Sambre (Pont de Loup, Namur). Cette pollution trouve son origine dans les activités industrielles ainsi que dans les dépôts atmosphériques de combustion.

3 MÉTHODOLOGIE

La méthodologie adoptée pour cette étude comporte une étude documentaire, des mesures de débits et de concentrations, les calculs des flux de HAP et l'exposé des résultats et perspectives.

L'étude porte sur les effluents susceptibles d'aboutir dans les eaux de surface c'est-à-dire, les rejets de station d'épuration. Pour certains CET, d'autres émissions potentielles ont été étudiées, principalement les eaux de ruissellement et les eaux de rabattement de nappe. Les percolats ont également été intégrés au domaine d'étude, bien que ceux-ci ne soient pas rejetés tels quels dans les eaux de surface. En effet, certains CET ne sont pas dotés de station d'épuration et font effectuer le traitement de leurs percolats hors site, en stations d'épuration urbaines (c'est le cas de Morialmé, Malvoisin et Mont-St-Guibert). L'analyse des percolats permet alors de déterminer, à titre indicatif, la charge en HAP qu'ont à traiter les centres ou stations d'épuration externes. Ce dosage des HAP dans les percolats permet aussi de comparer entre eux les différents sites en matière de production de HAP, et d'évaluer la performance des différents procédés d'épuration.

La surveillance des flux de HAP par l'ISSEP a débuté en octobre 2003 pour une durée de quatre ans, avec une périodicité de prélèvement d'échantillons de 6 mois. L'objet du présent rapport est d'établir un état des lieux après les 8 campagnes d'investigations analytiques menées dans les CET ciblés.

3.1 Étude documentaire sur les CET

L'étude documentaire se décline en une recherche d'informations sur les sites sélectionnés. Les informations techniques ont été collectées dans les études précédemment réalisées sur les sites (les dossiers techniques des CET du réseau, les études d'incidences environnementales et les permis divers). Des visites réalisées ainsi que des entretiens et contacts avec les exploitants des CET ont permis de compléter le set de données préalables à l'élaboration du protocole d'échantillonnage.

Le résultat de cette étude documentaire est une présentation sommaire des sites cibles sous forme de fiches descriptives indiquant :

- Une description de l'organisation et de l'exploitation du CET, de sa gestion et de sa post-gestion ;
- Une description technique de la station d'épuration et des points de rejet ;
- Une description des points et méthodes de prélèvement dans le cadre de l'étude des HAP.

La présentation des sites étudiés fait l'objet du chapitre 4 du présent rapport.

Pour les CET de classe 5, les renseignements techniques ont été récoltés dans le seul cadre de la présente étude. Les CET de classe 2 font, quant à eux, l'objet d'un réseau de surveillance abordant l'ensemble des impacts potentiels de ces sites sur l'environnement au sens large (l'air, l'eau, le sol, le paysage). Chacun des sites intégrés au réseau est décrit de manière plus exhaustive dans un dossier technique. Ces dossiers sont consultables à l'adresse Internet <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>.

3.2 Sites retenus pour l'étude

Les sites retenus pour cette étude sont :

- 3 CET industriels (de classe 5.1) : Virton – site de Burgo Ardennes ; Jemeppe-sur-Sambre – site de Solvay ; Seraing – terril de la Chatqueue, site d'Arcelor ;
- 11 CET de classes 2 et 3, à savoir : Belderbusch, Champ de Beaumont (Monceau), Cour-au-Bois, Froidchappelle, Habay-la-Neuve, Hallembaye, Happe-Chapois, Malvoisin, Mont-St-Guibert, Morialmé, Tenneville.

Huit de ces CET étaient intégrés, dès le début de l'étude, au réseau de contrôle géré par la cellule « Déchets et Sites à Risques » (DSAR) de l'ISSEP. Les trois autres ont rejoint le réseau de contrôle entre 2004 et 2006.

Dans le cadre de cette étude, les exploitations de Hallembaye 1 et Hallembaye 2 sont considérées comme deux CET distincts.

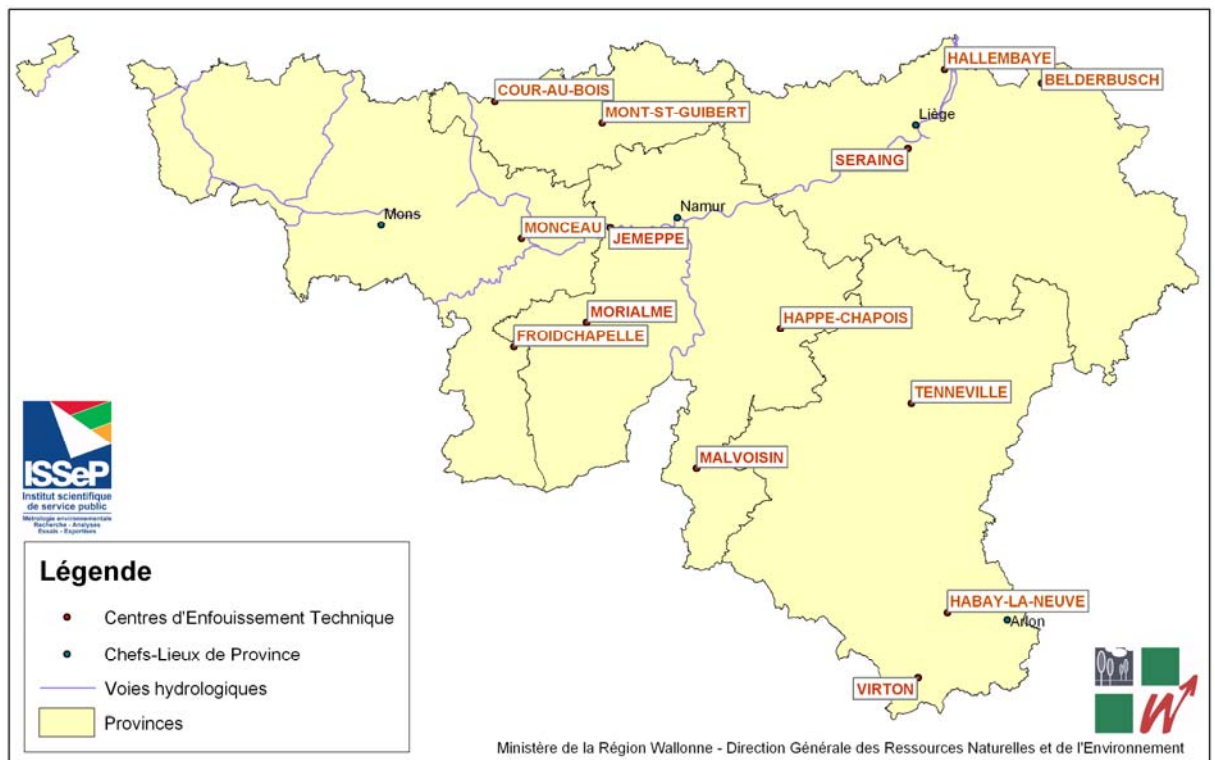


Figure 1 : Sites examinés dans le cadre de l'étude HAP

3.3 Débitmétrie

Les mesures de débits collectées permettent, en regard des concentrations analytiques mesurées aux mêmes points, de calculer des quantités de matières en circulation (flux).

Les débits sont enregistrés et communiqués par les exploitants. En pratique, ils sont mesurés in situ à l'aide d'appareillages variant d'un site à l'autre et dont la précision et l'état de fonctionnement ne sont pas équivalents.

Certains systèmes de mesure permettent d'obtenir un volume 'exact' : les débitmètres à diaphragme ou à détecteurs électromagnétiques, les venturis. D'autres types de mesure du volume ont une précision ou une fiabilité moindre, par exemple :

- Mesures ponctuelles, plus ou moins espacées, considérées comme égales à un débit constant pendant la durée séparant deux mesures ;
- Estimation via le nombre d'heures de fonctionnement de pompes en connaissant leurs débits nominaux ;
- Calcul d'une quantité sur base d'une somme de volumes de citernes évacuées ;
- Calcul de la somme de 'batches' entrants (volumes pompés ponctuellement pour entrer dans la step) ;
- Approximation que les volumes entrants (non mesurés) sont égaux aux débits sortants mesurés, ou inversement. Ce procédé ne prend pas en compte les éventuels influents ou effluents tels que les infiltrations, précipitations, ruissellements, évaporations, etc.

En résumé, les systèmes de mesure des débits en fonctionnement sur les CET ne sont pas tout à fait équivalents en performance. La comparaison des flux de HAP entre les différents sites, en termes quantitatifs, est donc hasardeuse.

3.4 Concentrations

3.4.1 Prélèvements

Les échantillons sont prélevés dans les règles de l'art et conservés en bacs réfrigérés jusqu'à leur arrivée aux laboratoires de l'ISSEP.

Lorsque les installations le permettent, les prélèvements de percolats sont effectués directement à l'embouchure de la conduite principale qui mène aux installations d'épuration. Dans le cas contraire (cas de Morialmé, Malvoisin, Habay, Tenneville, Chapois, Mont-Saint-Guibert, Jemeppe, Champ de Beaumont, Virton) l'échantillon est prélevé dans le bassin situé en amont de la STEP. Les points de prélèvement dans ces bassins sont choisis en fonction de l'homogénéité du percolat en prenant en compte l'accessibilité du point.

Les analyses des rejets épurés sont réalisées sur des échantillons moyens sur 24 heures, excepté lorsque les eaux sont accumulées et homogénéisées en tank avant d'être rejetées (p.ex. : CET de Cour-au-Bois). Ces prélèvements sont réalisés au moyen d'échantillonneurs automatiques réglés pour prélever 200 ml toutes les 60 minutes, de manière à constituer en 24 heures un échantillon de 4800 ml.



Photos : Prélèvements de rejets STEP à Froidchappelle et à Virton (Burgo Ardennes)

3.4.2 Analyses

Tous les échantillons ont été analysés par l'ISSEP, laboratoire de référence de la Région wallonne et accrédité ISO 17025. Le dosage suit la norme française **NFT90-115** (procédure interne ISSEP n° **Me1/025/V05 – NBN EN ISO 17993^[8] : 2004**), par chromatographie HPLC. La méthode d'analyse retenue permet de doser 15 HAP parmi la liste des 16 molécules de l'US EPA. L'acénaphthylène, qui n'est pas détectable en fluorimétrie, n'a pas été analysé.

Le protocole de dosage figure en annexe 4. Les limites de quantification des HAP dosés par la méthode Me1/025 (versions 3 à 5) sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Composant	Unité	Limites de quantifications – par campagne								
		Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3	Camp. 4	Camp. 5	Camp. 6	Camp. 7	Camp. 8	
Naphtalène	ng/l	40		50	30			45	40	
Acénaphène	ng/l	30	15	10						
Fluorène	ng/l	10	5							
Phénanthrène	ng/l	15								
Anthracène	ng/l	1					2			
Fluoranthène	ng/l	5								
Pyrène	ng/l	5								
Benzoanthracène	ng/l	2				3		5		
Chrysène	ng/l	2				3		5		
Benzo(b)fluoranthène	ng/l	2				3		5		
Benzo(k)fluoranthène	ng/l	1	2			3		5		
Benzo(a)pyrène	ng/l	1	2			3				
Dibenzoanthracène	ng/l	5								
Benzo(g,h,i)pérylène	ng/l	5								
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	ng/l	5								

Tableau 1 : Limites de quantification des HAP

Les valeurs de concentrations obtenues sont donc le résultat d'une analyse unique réalisée sur un échantillon ponctuel ou en continu pendant 24h et non des valeurs médianes annuelles (avec 5 prises par an) tel que le recommande l'A.R. du 4 novembre 1987 fixant des normes de qualité de base pour les eaux du réseau hydrographique public.

En raison de la large incertitude sur les mesures de volumes, les mesures de concentrations analytiques (données en nanogrammes par litre par le laboratoire) sont exprimées dans ce rapport en microgrammes par litre avec une décimale. Dans les calculs de flux, les valeurs inférieures au seuil de détection ont été considérées comme nulles.

Les rapports d'essais ne sont pas annexés en raison de leur volume important. Ils peuvent néanmoins être consultés sur simple demande à l'adresse mentionnée en page 1 du présent document.

3.5 Exploitation et expression des résultats

Les résultats sont examinés d'une part en termes de concentrations, et d'autre part en flux (quantités) de HAP aux différents points de mesures.

- L'examen des **concentrations** permettra de comparer les comportements des HAP dans les percolats et les rejets des différents sites étudiés, autorisant une évaluation comparative des techniques d'épuration. Ces concentrations seront également comparées aux références et normes légales.
- Les **flux** sont obtenus en pondérant les concentrations mesurées en fonction des débits d'effluents à ces mêmes points de prélèvements. Leur expression permet d'évaluer quantitativement les masses de HAP collectées, épurées, et celles rejetées dans les eaux de surface.

3.5.1 Références de comparaison

En l'absence de normes sectorielles, les concentrations moyennes dans les rejets sont comparées aux seules valeurs maximales admissibles (VMA) à notre disposition. Il s'agit des valeurs imposées dans les arrêtés relatifs à la « directive cadre eaux », qui concerne les cibles (eaux de surface) et non les sources (rejets). Les percolats sont, quant à eux, comparés aux gammes de concentrations observées dans d'autres études.

- **Normes à l'immission en eaux de surface** : voir tableau 2

Paramètres	Valeurs	Référence	Détails
Anthracène	0,1 µg/L	A.G.W. du 12/09/2002 Code de l'eau, 12/04/2005	Objectifs de qualité des eaux de surface : valeurs maximales de concentration à l'immission à respecter en médiane sur 13 mesures effectuées au même endroit dans l'année.
Naphtalène	1 µg/L	A.G.W. du 12/09/2002 Code de l'eau, 12/04/2005	
6 HAP de Borneff	0,1 µg/L pour la somme des 6 concentrations	A.R. du 4/11/1987 A.M. du 12/07/2002 A.G.W. du 12/09/2002 Code de l'eau, 12/04/2005	

Tableau 2 : Références légales de qualité des eaux de surface

- **Repères de concentrations dans les percolats** : voir tableau 3
Il n'existe pas de norme définissant une teneur en HAP dans les percolats de décharges de classe 2. Nous allons néanmoins nous baser sur une étude de Andreottola et al [1997] qui donne une gamme de concentration de certains HAP dans les percolats de décharges d'ordures ménagères et assimilés.

Paramètres	Gammes de concentration	Conc. médiane	Référence
Acénaphthène	13,9 – 21,3 µg/L	17,6 µg/L	Shridharan et Didier ^[13] (1988) repris par Andreottola ^[1] (1997) : Gammes de concentrations dans les percolats de décharges.
Fluoranthène	9,56 – 723 µg/L	39,1 µg/L	
Fluorène	21 – 32,6 µg/L	26,8 µg/L	
Naphtalène	4,6 – 186 µg/L	33,75 µg/L	
Phénanthrène	8,1 – 1220 µg/L	50,7 µg/L	

Tableau 3 : Références de comparaison pour la concentration des HAP dans les percolats

3.5.2 Calculs des flux

Dans le cadre de cette étude, on appelle « flux de HAP » le produit de la concentration ponctuelle en HAP (mesurée à une date proche du milieu du semestre), par la quantité totale d'eau traitée ou rejetée durant l'entièreté de ce semestre. Cette approximation consistant à considérer la concentration comme constante au cours d'un semestre, rend extrêmement imprécise la valeur de flux obtenue.

À cela s'ajoute la variabilité des systèmes de mesure de débit introduisant un biais méthodologique entre les CET (voir 3.3).

En d'autres termes, il existe une très forte incertitude sur les valeurs de flux calculées, et ce malgré la grande précision des mesures de concentrations ponctuelles. Faute de pouvoir mettre en œuvre des mesures plus précises des débits instantanés et des prélèvements plus fréquents, il faut considérer les valeurs de flux calculées comme des estimations grossières et non comme des paramètres précis.

4 PRÉSENTATION DES SITES ÉTUDIÉS

L'étude a porté sur 15 sites parmi lesquels se trouvent des CET industriels ainsi que des CET de déchets ménagers à différents stades de leur exploitation (voir tableau 4).

CET	Exploitant	Classe du CET	Année de mise en service	Superficie (ha)	Capacité (milliers de m ³ de déchets)	Stade de l'exploitation	Rejets liquides (Débit mensuel moyen en m ³)
Hallembaye 1	INTRADEL	Cl. 2	1989	10 ha	1650	CET réhabilité, postgestion en cours.	930
Hallembaye 2	INTRADEL	Cl. 2	1999	20 ha	4600	2 phases en exploitation, mâchefers et déchets organiques.	2.200
Happe-Chapois	BEPN	Cl. 2 et 3	1986	8,2 ha	1265	Phases I et II. I réhabilitées, phase II en exploitation.	2.560
Habay	IDELux	Cl. 2	1979	15,5 ha	2100	1 phase réhabilitée, 1 phase en exploitation.	5.770
Tenneville	IDELux	Cl. 2 et 3	1980	14 ha	2000	2006 : fin d'exploitation du casier 2, mise en service du casier A.	6.180
Belderbusch	Soneville	Cl. 2 et 3	1992	14 ha	500	CET réhabilité, postgestion en cours.	1.480
Champ de Beaumont	CETB	Cl. 2	1990	18,4 ha	2950	4 secteurs provisoirement réhabilités, un secteur en exploitation.	1.700
Froidchapelle	Intersud	Cl. 2 et 3	1979	12,75 ha	1136	En activité depuis 1979.	700
Cour-au-Bois	Veolia	Cl. 2 et 3	1989	35,6 ha	6500	Casiers 1 à 5 réhabilités, casier 6 en exploitation.	2.240
Mont-Saint-Guibert	CETEM	Cl. 2	1958	26,5 ha	5300	3,2 ha réhabilités, 23 ha en exploitation.	6.200
Malvoisin	BEPN	Cl. 2 et 3	1992	1,2 ha	63	1 phase réhabilitée provisoirement, 1 phase en exploitation depuis 2000.	580
Morialmé	BEPN	Cl. 2 et 3	1993	2 ha	270	Fin d'exploitation en 2006.	775
Seraing	Arcelor	Cl. 5.1	1989	37 ha	2000	CET en exploitation.	13.520
Jemeppe sur Sambre	Solvay	Cl. 5.1	1975	2,4 ha (bassins)	1400	Activité industrielle continue.	307.700
Virton	Burgo	Cl. 5.1	1995	6 ha (CET)	174-215	Activité industrielle continue.	1.964.000

Tableau 4 : Présentation des sites étudiés

Un descriptif détaillé des sites a été fourni dans le rapport à mi-campagne (ISSeP/236/2006). Seul un résumé est repris dans le présent chapitre, sous forme télégraphique.

4.1 Les CET de classe 5

Les centres d'enfouissement technique de classe 5.1 sont destinés à des déchets industriels dangereux et non toxiques provenant d'un producteur donné ou de ses filiales. Trois de ces sites ont été sélectionnés par la DPE pour faire partie du domaine d'étude.

4.1.1 Virton, CET de Burgo – Cellulose des Ardennes

A. Présentation du site

Situé au lieu-dit « Les Sonelles », le CET de Virton est exploité par la S.A. Burgo Ardennes. Le volume moyen des effluents du site est d'environ 1.964.000 m³/mois.

Le CET ne dispose pas d'une station d'épuration individuelle. L'ensemble des eaux du CET (percolats, ruissellement, eaux souterraines et météoriques) sont recueillies dans la chambre de refoulement et ensuite pompées vers l'unité de traitement conçue pour le traitement des effluents de l'usine de fabrication de la pâte (à papier). L'épuration des effluents liquides comprend un dégraissage et une phase d'aération (épuration biologique).

Une deuxième station d'épuration permet le traitement des effluents de l'usine de fabrication de papier (produit fini). Afin d'évaluer de manière opportune le flux des HAP sur le site de Virton, les percolats papier et pâte à papier ont été échantillonnés à partir de la 3^{ème} campagne de prélèvement.

Le volume des effluents venant du CET est mesuré en fonction du taux de marche des pompes d'envoi. Entre 2003 et 2007, le débit moyen calculé est de 807 m³ par jour, ce qui correspond seulement à 1,47 % du volume traité par la STEP pâte.

L'exutoire final du rejet de la STEP pâte est le Ton, à hauteur du déversoir n°2, après mélange avec le rejet STEP papier.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Six points de prélèvement ont été définis. Quatre sont situés sur le trajet des effluents du CET, les deux autres permettent d'évaluer les flux de HAP issus de la production du papier. Ces points permettent de distinguer les contributions respectives des unités de production et du CET proprement dit, au flux global de HAP mesuré au rejet global. Les points de prélèvement – indiqués dans la figure 2 – sont donc :

- La chambre de refoulement des **percolats** du CET ;
- La cuve de mélange des percolats pâte et CET (« **lixiviat pâte** ») avant l'envoi vers la station d'épuration pâte à papier ;
- La sortie de la station d'épuration fabrication pâte à papier (« **rejet pâte** ») contenant donc les rejets du CET ;
- Les effluents de l'unité de production de papier (« **lixiviat papier** ») ;
- La sortie de la station d'épuration fabrication papier (« **rejet papier** ») ;
- Le **rejet global** prélevé dans le canal de déversement des eaux globales vers l'exutoire final du rejet qui est le Ton, à hauteur du déversoir n° 2 tel que défini par l'arrêté ministériel du 5 novembre 1997.

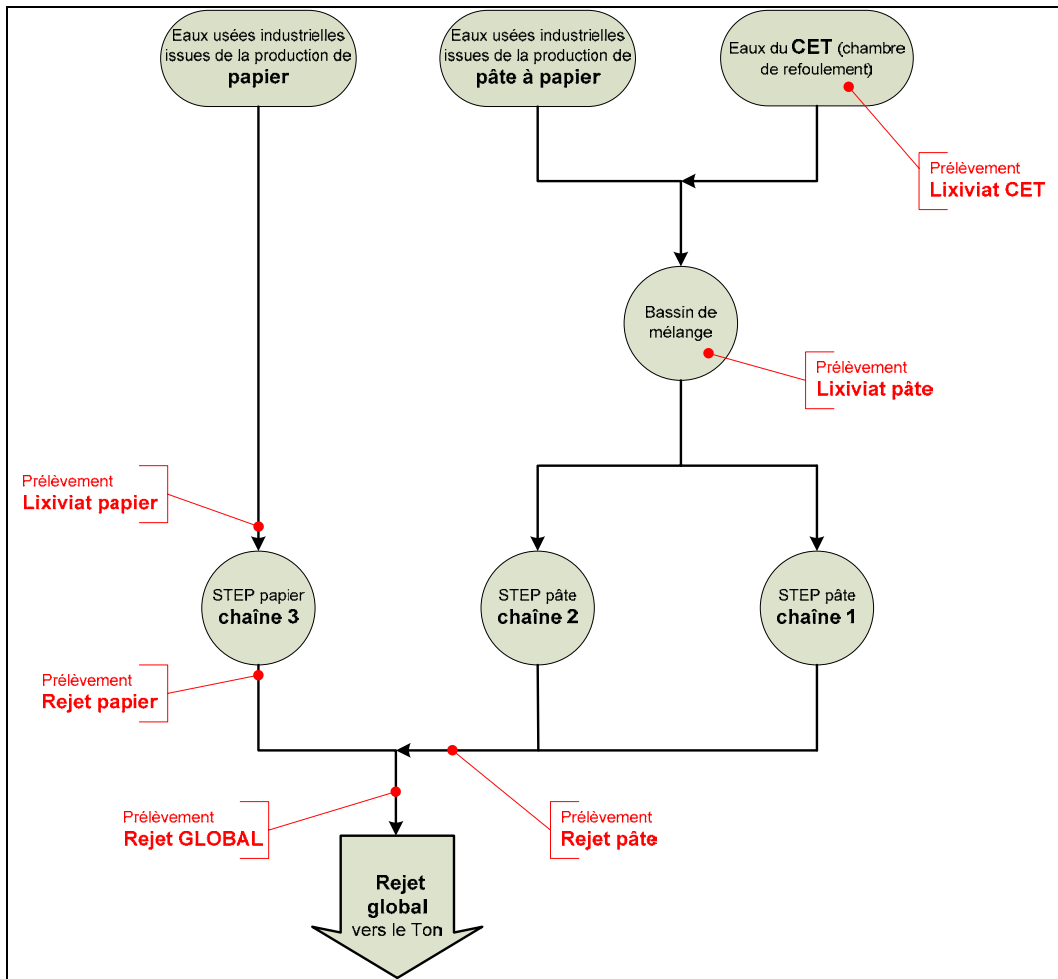


Figure 2 : Site de Virton – unités de traitement des eaux et mesures de débits

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats/rejet 'papier'** : mesure automatique continue (Venturi) ⇒ volume 'exact' connu ;
- **Débits percolats/rejet 'pâte'** : mesure automatique continue (Venturi) ⇒ volume 'exact' connu ;
- **Débits percolats CET** : déduction via nombre d'heures de fonctionnement de la pompe de relevage ⇒ volume 'approximatif' connu ;
- **Débits sortie rejet global** : mesure automatique en continu (Venturi) ⇒ volume 'exact' connu.

4.1.2 Seraing, terril de la Chatqueue, CET de Arcelor S.A.

A. Présentation du site

Le CET de Seraing est exploité par la S.A. Arcelor. Le volume moyen des effluents du site est d'environ 13.520 m³/mois. L'épuration des effluents liquides comprend une phase de dégraissage et une phase de décantation en bassin.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Le point de prélèvement des percolats est localisé à l'entrée du processus d'épuration, au niveau du robinet d'échantillonnage de la cuve de mélange.

Compte tenu de la configuration du site, un seul point de prélèvement des rejets s'est révélé pertinent. Il s'agit du point de déversement des eaux épurées dans la Meuse. Le point d'échantillonnage se situe à l'endroit de passage des eaux épurées dans le local dit « local Ministère ». L'échantillonnage a été réalisé de manière ponctuelle lors des quatre premières campagnes, ensuite il a été effectué à l'aide d'un échantillonneur automatique sur une durée de 24 heures.

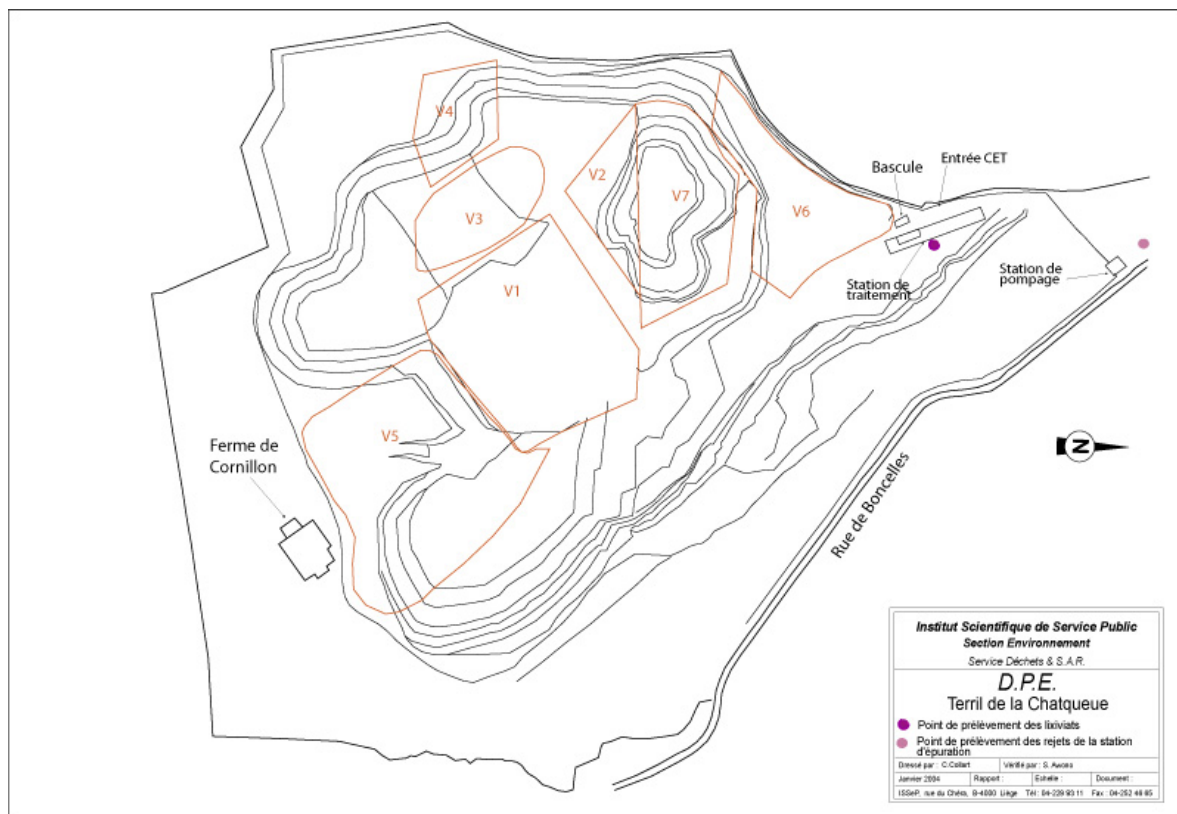


Figure 3 : Site de Seraing – la Chatqueue – points de prélèvements et mesure du débit

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : pas de mesures ; on suppose un débit égal au débit de rejet ;
- **Débits rejet STEP** : débitmètre par venturi en continu ⇒ volume 'exact' connu.

4.1.3 Jemeppe-sur-Sambre – Bassins de décantation de l'usine Solvay S.A.

A. Présentation du site

Le site de Jemeppe sur Sambre est exploité par la S.A. Solvay. Le volume moyen des effluents liquides est d'environ 307.700 m³/mois. Ces effluents sont rejetés après un simple traitement physique : une décantation en bassin.

Les deux points de prélèvement sont indiqués sur la figure 4.

Les effluents industriels (au nombre de 7), chargés de matières en suspension, aboutissent aux bassins de décantation après passage dans le bassin d'homogénéisation RS411 (94 % du volume traité). D'autres déchets issus de l'usine et transportés par camions, sont déversés directement dans les bassins (6 % du volume traité).

Les 3 bassins sont assimilés à des unités de traitement des effluents industriels, ayant pour but la séparation des matières en suspension et leur dépôt dans les bassins (séparation solide-liquide).

Ils sont utilisés en alternance afin de permettre une exploitation continue du site : lorsque le niveau d'un bassin a atteint par remplissage (phase d'alimentation) la hauteur limite pour ses talus (après 21 à 24 mois de remplissage), il est mis en séchage (phase de repos) pendant 43 à 48 mois. La rehausse du talus d'un bassin est entamée environ 8 mois avant sa mise en service.

Chaque bassin est pourvu de deux tuyaux d'évacuation (système de moine) permettant la sortie des eaux claires de surface ou surnageantes. Les sorties (moines) rejoignent le fossé périphérique de récolte qui fait le tour complet des trois bassins pour emmener les eaux à l'exutoire et les déverser dans la Sambre au point déversoir n°4 par une canalisation spécifique (Rejet « Digues »).

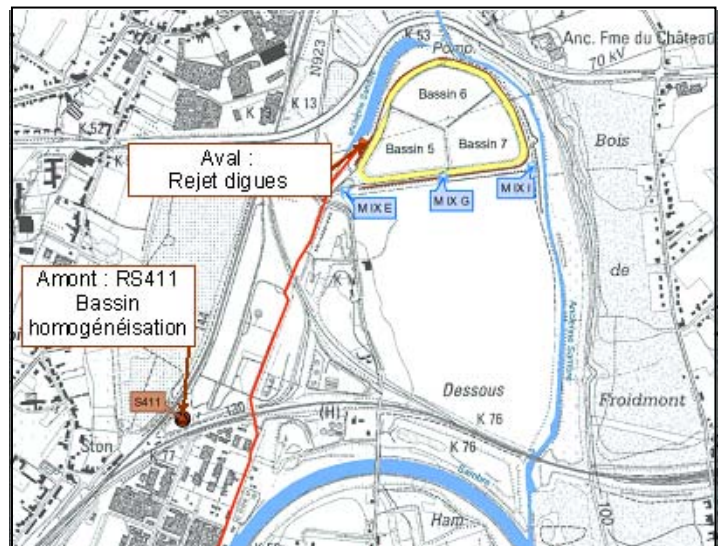


Figure 4 : Site de Jemeppe sur Sambre - points de prélèvement

Vu le système de traitement des effluents, on ne peut établir de corrélation entre la composition du percolat et celle du rejet digues. En effet, on peut considérer qu'il s'écoule entre 64 et 72 mois entre l'injection des eaux usées dans un bassin et leur rejet après décantation. Cela explique notamment que l'on observe, lors de certaines campagnes, une concentration en HAP dans le rejet digues supérieure à celle trouvée dans les eaux en amont des bassins.

Le procédé d'épuration (séparation solide-liquide), ne permet pas de traiter spécifiquement les HAP présents dans les percolats.

De plus, la contribution des effluents amenés par camion est variable et ne peut être quantifiée par des prélèvements ponctuels tels que ceux envisagés pour cette étude.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Les points de prélèvements d'eaux sont représentés sur la figure 4. La figure 5 illustre les trajets des différentes eaux de process (eaux usées) avant leur rejet en Sambre.

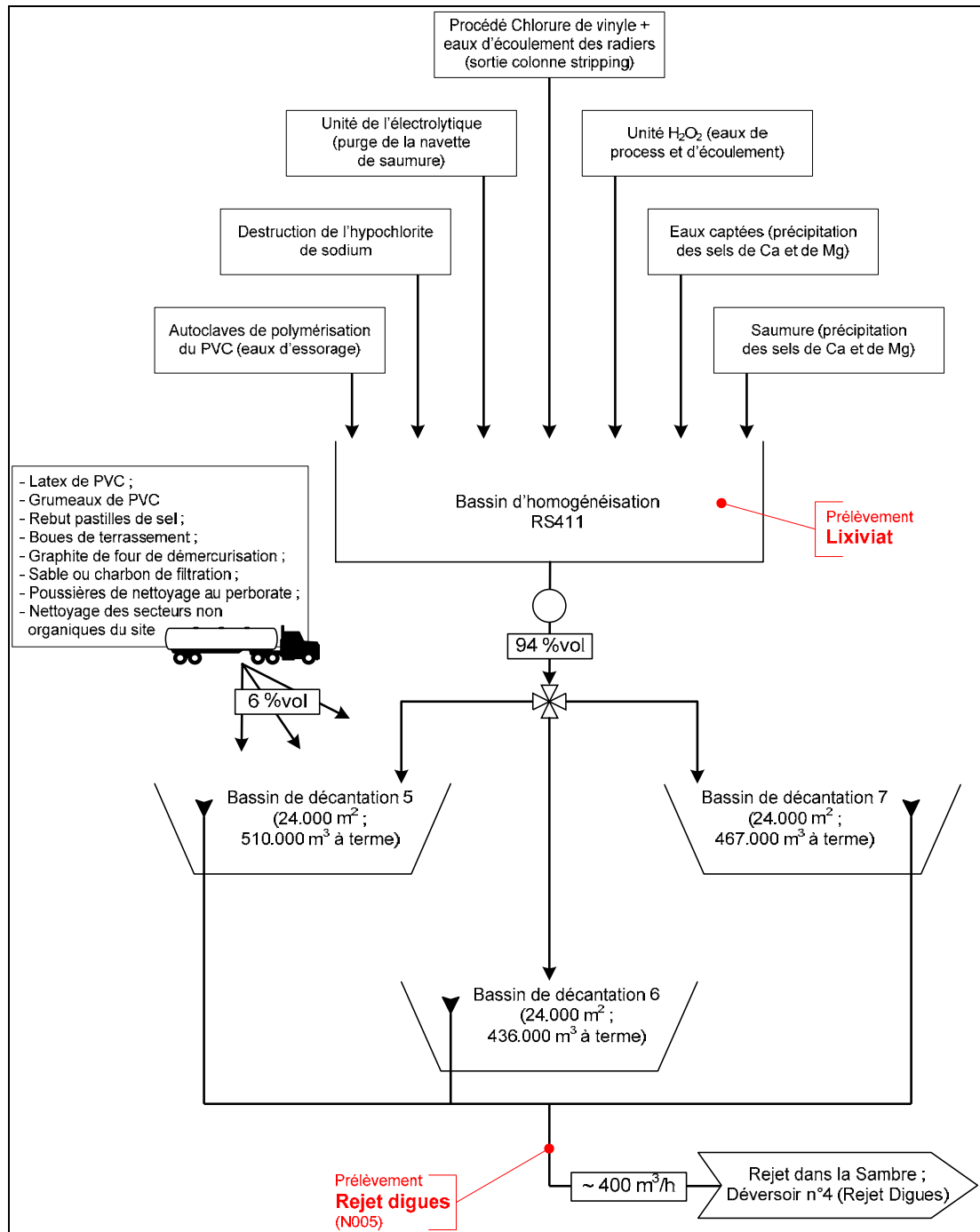


Figure 5 : Site de Jemeppe sur Sambre - traitement des effluents et points de prélèvement

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits eaux usées** : Débitmètre électromagnétique avec mesure en continu ⇒ volume 'exact' connu ;
- **Débits rejet STEP** : Débitmètre 'à diaphragme' ⇒ volume 'exact' connu.

4.2 Les CET de classe 2 sans station d'épuration

4.2.1 Mont-Saint-Guibert

A. Présentation du site

Le lieu-dit « Trois Burettes » à Mont-Saint-Guibert est exploité depuis 1958 pour l'enfouissement de déchets. Le CET couvre 26,5 hectares. L'exploitant actuel est la S.A. Shanks (CETEM).

Une station d'épuration est implantée sur le site. Cependant le processus d'épuration n'est pas complet, il s'agit en fait d'une simple aération du percolat. Les effluents de cette station (d'un volume moyen d'environ 6.200 m³/mois) sont envoyés dans le réseau d'égouttage public sans traitement supplémentaire, pour atteindre la STEP urbaine de la zone Basse-Wavre gérée par l'Intercommunale du Brabant Wallon.

Pour notre étude, nous considérerons donc que ce CET ne comporte pas de STEP.

B. Échantillonnages et mesures de débits

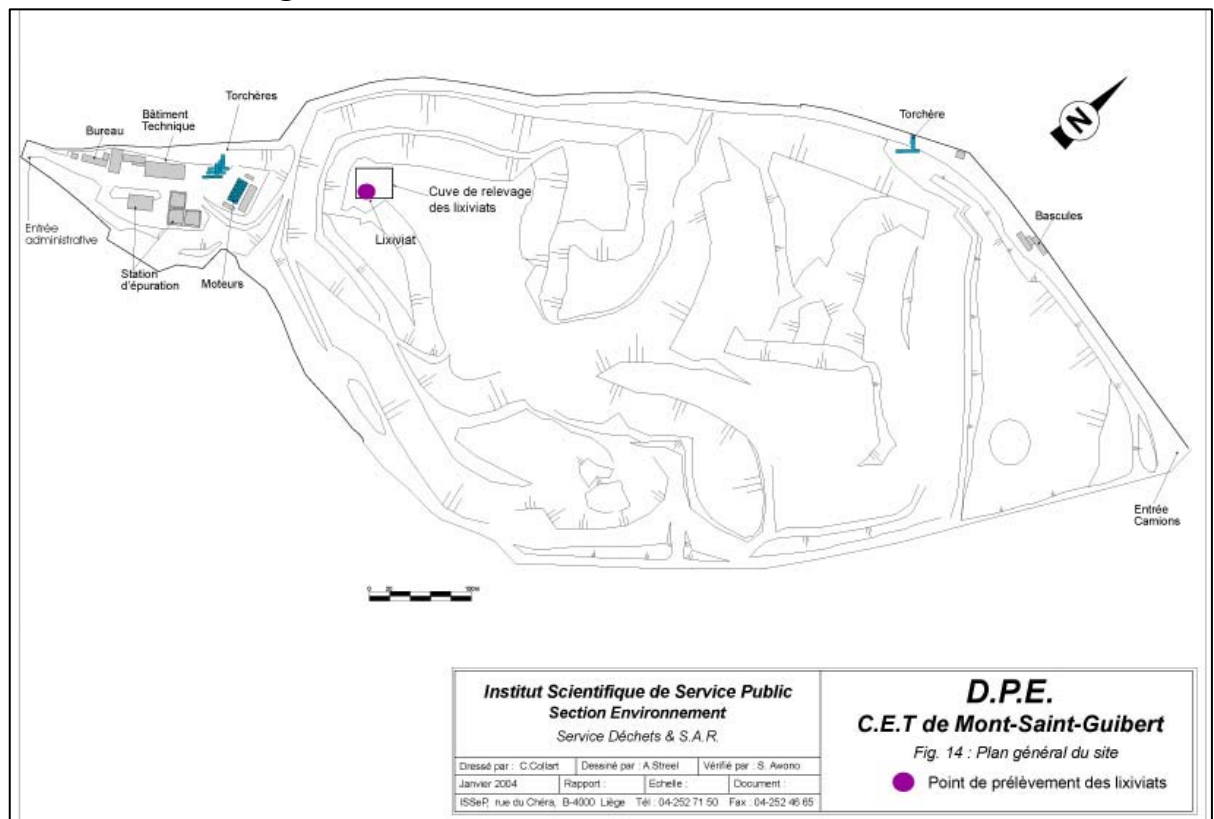


Figure 6 : Mont-Saint-Guibert – traitement des effluents et points de prélèvement

Les **percolats** sont prélevés dans la cuve de relevage.

Le **ruissellement** n'a pas fait l'objet d'analyse lors de cette étude.

En ce qui concerne les débits, les volumes présentés correspondent aux volumes de percolat relevés par l'exploitant (méthode non fournie).

4.2.2 Malvoisin

A. Présentation du site

Le CET de Malvoisin, situé au lieu-dit « Bois de Gerhenne », est exploité par l'Intercommunale BEPN. Il contient des déchets de classes 2 et 3.

Les percolats sont acheminés vers un bassin de collecte, d'où ils sont pompés par un collecteur agréé pour être traités dans les stations d'épuration urbaine de Ciney et de Rochefort. Leur volume mensuel moyen est d'environ 580 m³/mois.

B. Échantillonnages et mesures de débits

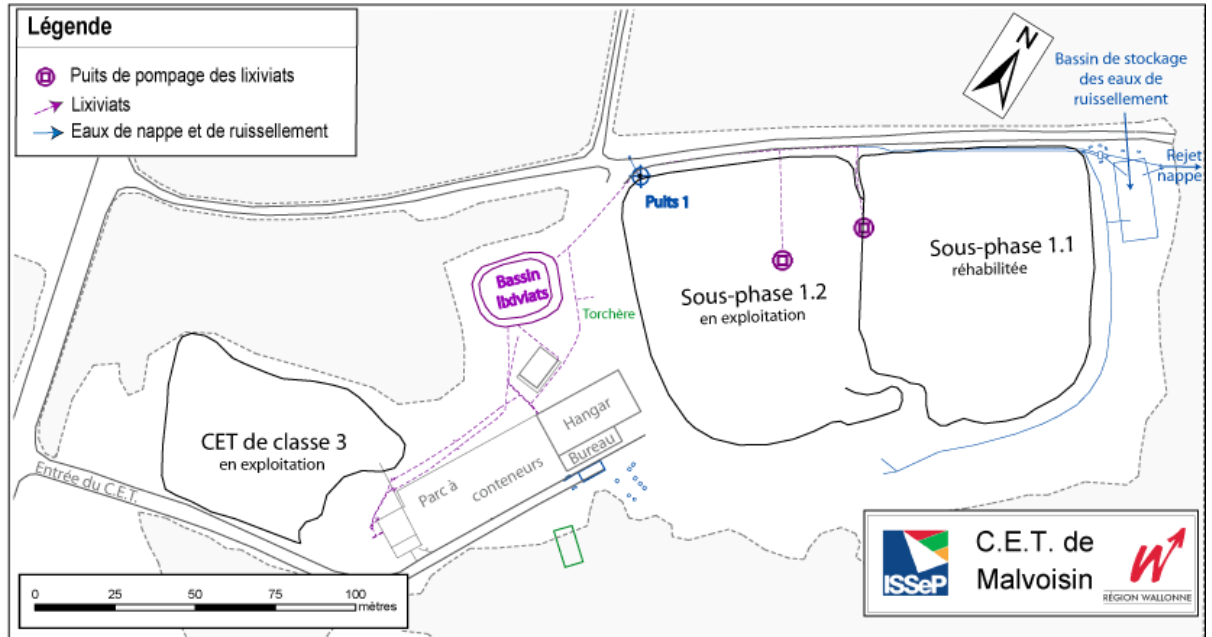


Figure 7 : Malvoisin – traitement des effluents et points de prélèvement

Les percolats ont été prélevés dans le bassin de collecte.

Les eaux de pompage de la nappe ont été prélevées au point de pompage (puits d'exhaure) lors des deux premières campagnes. En avril 2007, ces eaux ont été prélevées à l'exutoire dans le bassin de collecte situé en contrebas des zones d'enfouissement.

Lors des campagnes 6 et 7, un échantillon d'eaux de ruissellement a été prélevé dans le bassin de collecte situé en contrebas des zones d'enfouissement. Les débits n'étant pas mesurés, les calculs de flux rejetés sont irréalisables. Depuis 2006, ces ruissellements sont envoyés en STEP urbaine avec les percolats.

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : somme des volumes des citernes évacuées ;
- **Débits rejet STEP** : pas de rejet STEP vu que le percolat est traité off-site.

4.2.3 Morialmé

A. Présentation du site

Le CET de Morialmé, situé dans l'ancienne carrière du Fayat, est exploité par l'Intercommunale BEPN. Il contient des déchets de classes 2 et 3.

Les percolats sont acheminés vers un bassin de collecte, évacués par une conduite menant à la station d'épuration urbaine de Florennes (gérée par l'INASEP) pour y être traités. Leur volume mensuel moyen est d'environ 775 m³/mois.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Les points de prélèvement du CET de Morialmé sont représentés sur la figure 8 :

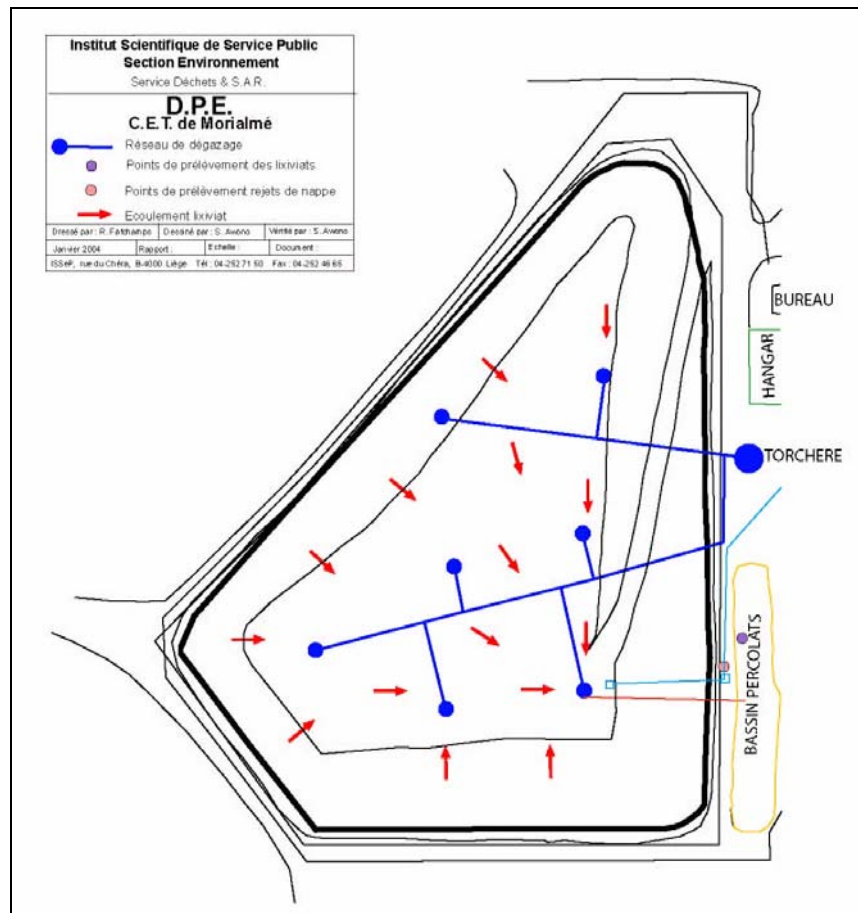


Figure 8 : Morialmé – traitement des effluents et points de prélèvement

Les percolats sont prélevés dans le bassin de collecte. Les eaux de pompage de la nappe sont prélevées au point d'exhaure situé sur le flanc de la zone d'enfouissement, lorsque les pompes d'exhaure sont en fonctionnement. Les débits n'étant pas mesurés, les calculs de flux rejetés sont irréalisables.

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : mesurés par un débitmètre électromagnétique asservi à la pompe de transfert sur la conduite d'évacuation vers la STEP de Florennes ;
- **Débits rejet STEP** : pas de rejet STEP vu que le percolat est traité hors site.

4.3 Les CET de classe 2 équipés d'une station d'épuration

4.3.1 Belderbusch

A. Présentation du site

Le CET de Belderbusch, exploité par la S.A. Soneville, contient des déchets de classes 2 et 3.

Les percolats sont stockés dans deux cuves différentes en fonction de leur âge :

- **Les percolats jeunes** sont d'abord envoyés vers une station d'épuration érigée près de l'entrée du CET, traités selon un processus biologique (Zénon) puis passés sur charbon actif, et sont renvoyés ensuite dans une lagune d'aération.
- **Les percolats vieux**, quant à eux, suivent un processus de traitement allégé. Ils sont simplement déversés dans la lagune d'aération où ils séjournent avec un temps de séjour élevé (> 90 jours). Dans cette lagune, les percolats vieux sont mélangés aux rejets de la station d'épuration des percolats jeunes.

Le volume moyen des effluents liquides est d'environ 1.480 m³/mois.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Les points de prélèvement d'eaux du CET de Belderbusch sont représentés sur la figure 9 :

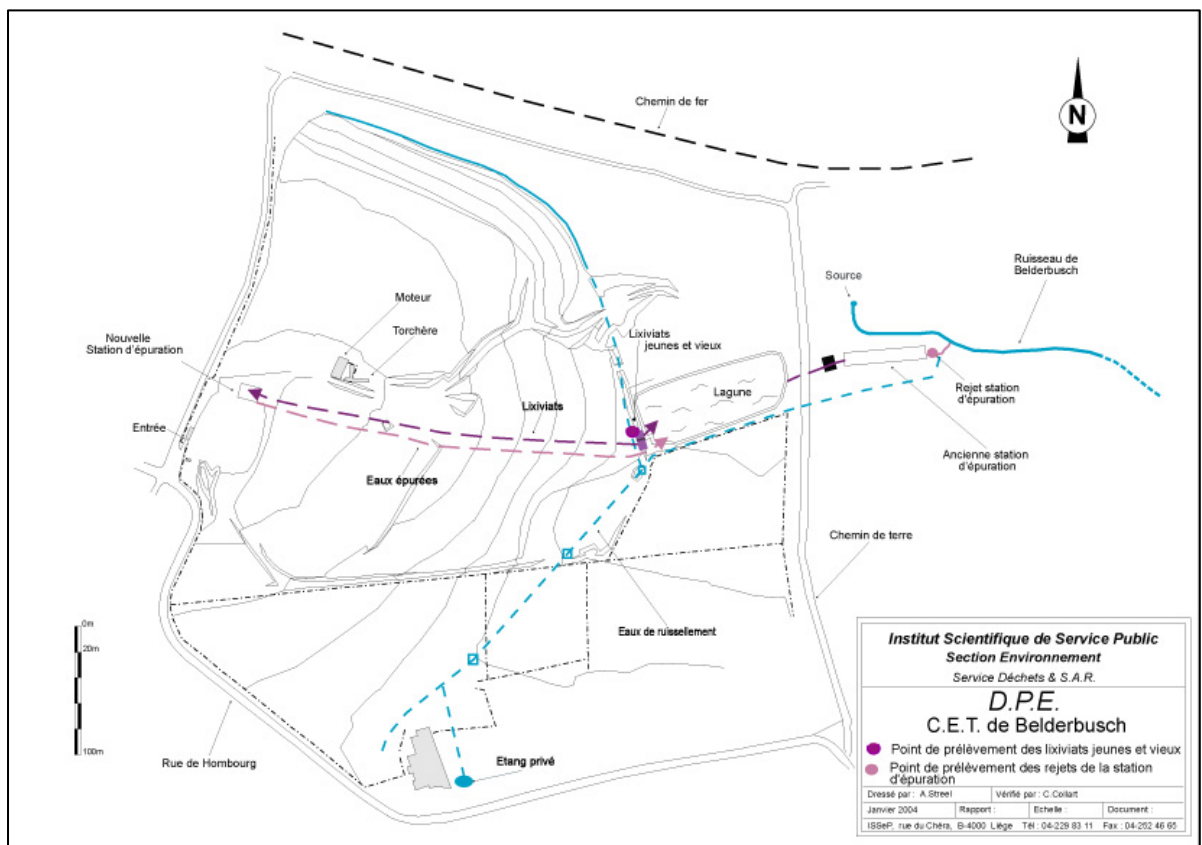


Figure 9 : Belderbusch – traitement des effluents et points de prélèvement

Trois points de prélèvement ont été définis (voir figure 9). Ces trois points de prélèvement sont :

- L'entrée station d'épuration pour les **percolats jeunes** ;
- L'entrée lagune pour les **percolats vieux** ;
- L'ensemble des **rejets** des eaux épurées (Rejet STEP ou rejet lagune) ;

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : mesures automatiques en continu (Électromagnétiques) sur chacun des deux percolats \Rightarrow volumes 'exacts' connus ;
- **Débits rejet STEP** : somme des débits percolats avec une incertitude ('perte') lorsque le charbon actif est indisponible ;
- Selon les informations données par l'exploitant, les volumes effectivement mesurés sont les volumes de percolat (jeune et vieux) et le rejet global. Le volume de rejet STEP est la somme des volumes de percolat. Le volume de ruissellement est déduit de la différence entre rejet global et rejet STEP.

C. Calculs de flux

Depuis la sixième campagne de mesures, le mode des calculs de flux a été révisé. Le flux de HAP sortant est calculé en multipliant les concentrations mesurées au rejet (en aval de la lagune) par le « débit lagune » (ou « débit FIQ officiel ») et non par le « débit STEP ». La correction du calcul de flux a été intégrée dans les tableaux de résultats en annexe, et ce pour l'ensemble des campagnes. (voir rapport 1811/2006 ; chap.2.3.)

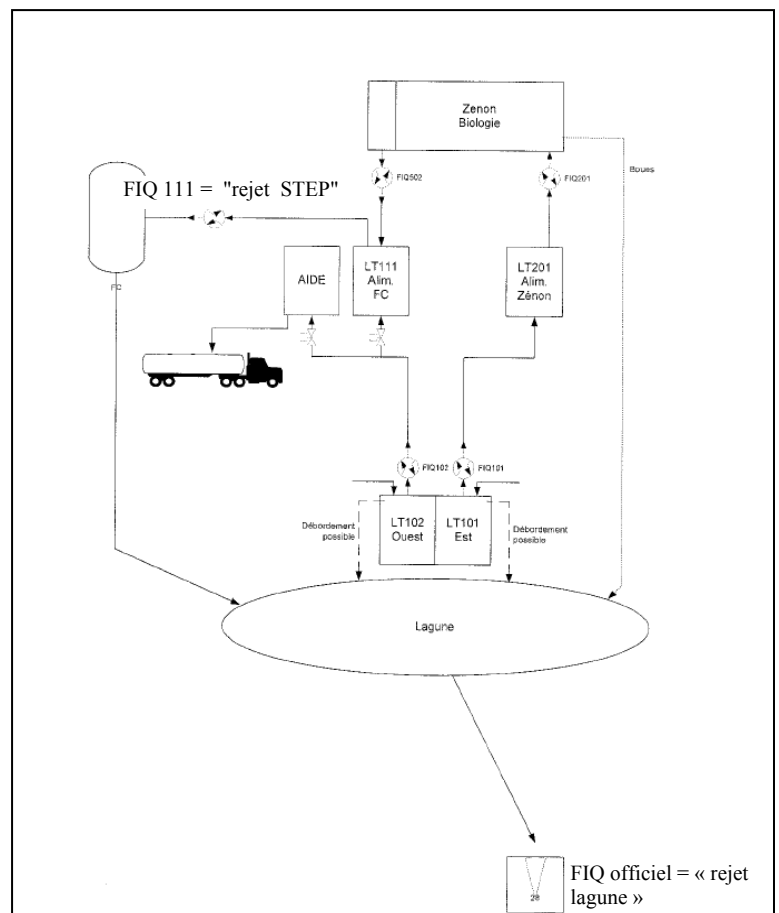


Figure 10 : Belderbusch - schéma explicatif des mesures de débits (source : Sita)

4.3.2 Cour-au-Bois

A. Présentation du site

Le CET de Cour-au-Bois, situé au lieu-dit « Bois Marchant » et exploité par la S.A. Veolia (anc. Biffa Waste Service s.a.) est un CET de classes 2 et 3.

Le volume moyen des effluents liquides est d'environ 2.240 m³/mois. Ces effluents sont traités par une épuration biologique suivie d'une filtration sur membrane et d'un passage sur charbon actif.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Deux points de prélèvement ont été retenus. Il s'agit des percolats et des eaux de rejet de la station d'épuration, représentés dans la figure ci-dessous.

Les eaux de ruissellement ont été prélevées lorsqu'un écoulement était constaté le jour des campagnes. En pratique, cela ne s'est produit que lors des campagnes n°2 et 4.

Les calculs de flux rejetés dans les eaux de surface ne tiennent pas compte de la contribution du ruissellement. Cette approximation semble acceptable dans la mesure où le débit du ruissellement est faible et discontinu.

Les points de prélèvement du CET de Cour-au-Bois sont représentés sur la figure 11 :

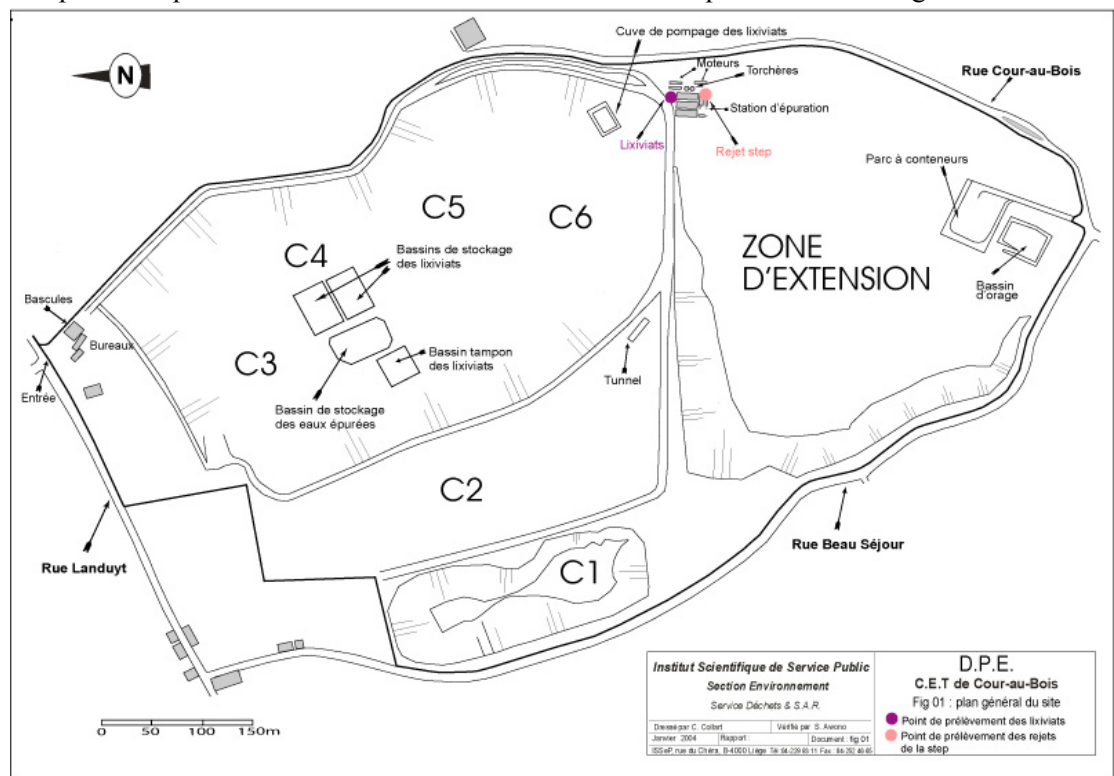


Figure 11 : Cour-au-Bois – traitement des effluents et points de prélèvement

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : mesure automatique en continu (électromagnétique)
⇒ volume 'exact' connu ;
- **Débits rejet STEP** : mesure automatique en continu (électromagnétique)
⇒ volume 'exact' connu.

4.3.3 Froidchapelle

A. Présentation du site

Le CET de Froidchapelle, situé au lieu-dit « Champ des 7 ânes » et exploité par l'Intercommunale Intersud est un CET de classes 2 et 3.

Le volume moyen des effluents liquides est d'environ 700 m³/mois. Ces effluents sont traités par boues activées puis par coagulation-floculation-décantation et par adsorption sur charbon actif.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Les points de prélèvement du CET de Froidchapelle sont représentés sur la figure 12 :

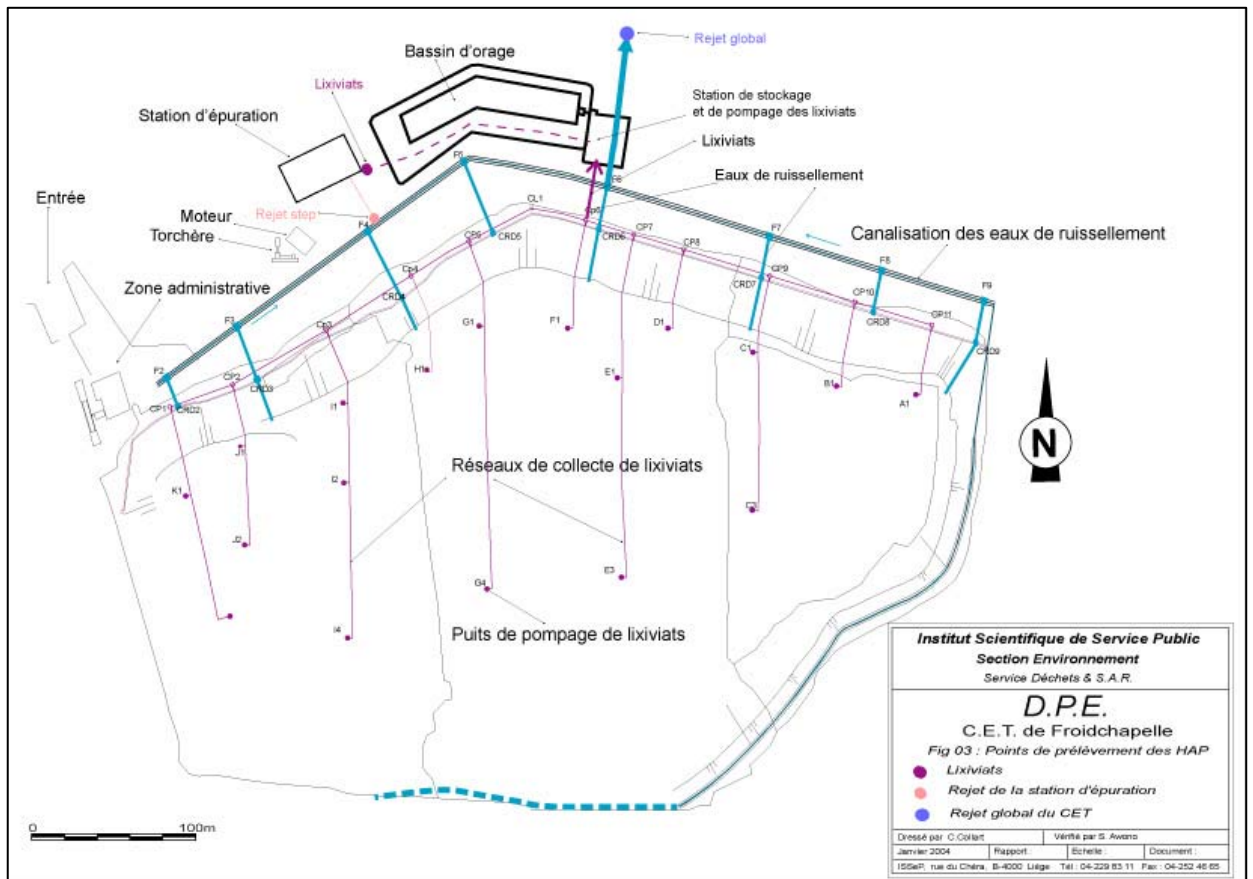


Figure 12 : Froidchapelle – traitement des effluents et points de prélèvement

Comme le montre la figure ci-dessus, trois points de prélèvement ont été retenus :

- un point en amont de la station d'épuration pour recueillir le **percolat** brut ;
- un point en aval de celle-ci pour recueillir le **rejet de la station d'épuration** ;
- et un point au niveau de l'évacuation vers le réseau hydrographique local (**rejet global**). Les eaux prélevées ici sont un mélange des eaux de ruissellement et des rejets épurés.

Les prélèvements du rejet global n'ont été effectués que pour quelques campagnes, pour des raisons expliquées ci-dessous.

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débites percolats** : débit d'entrée "considéré comme égal" au débit sortie ;
- **Débites rejet STEP** : débitmètre à déversoir triangulaire avec mesure en continu \Rightarrow volume 'exact' connu.

C. Rejet global et eaux de ruissellement

Le CET de Froidchapelle dispose d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement, dont l'exutoire se trouve à l'extrême nord du site et envoie les eaux vers un fossé ouvert à travers les champs pour in fine aboutir au ruisseau du Coupia. La station d'épuration rejette ses eaux épurées dans ce réseau d'eaux de pluie. Le rejet global est donc un mélange d'eaux de pluies et d'eaux épurées (voir rapport de contrôle ISSeP référence 130/2004).

Le débit du rejet STEP et celui du rejet global sont similaires, excepté en période de forte pluie. Le débit du ruissellement, difficilement mesurable, est faible en comparaison du débit du rejet STEP.

Les concentrations en HAP mesurées lors des deux premières campagnes dans les eaux de rejet global sont très faibles. L'apport des eaux de ruissellement du site n'entraîne pas une augmentation des concentrations en HAP.

Ces observations expliquent l'absence de prélèvement du rejet global lors des campagnes 3, 4, 5. Ce caractère négligeable de la partie ruissellement par rapport au rejet STEP a été contrôlé à nouveau lors des campagnes 6 et 7. En conséquence, dans les calculs de flux rejetés, le rejet STEP a été assimilé au rejet total dans les eaux de surface.

4.3.4 Champ de Beaumont

A. Présentation du site

Le CET de Champ de Beaumont couvre une superficie de 18,4 ha. Ce CET de classe 2 est exploité par la S.A. CETB ; l'enfouissement des déchets a débuté en 1990.

Les percolats sont traités dans un réacteur biologique à membrane puis par microfiltration et traitement physico-chimique, et enfin un passage sur charbon actif. Le volume moyen des rejets est d'environ 1.700 m³/mois.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Les points de prélèvement du CET de Champ de Beaumont sont représentés sur la figure 13 :

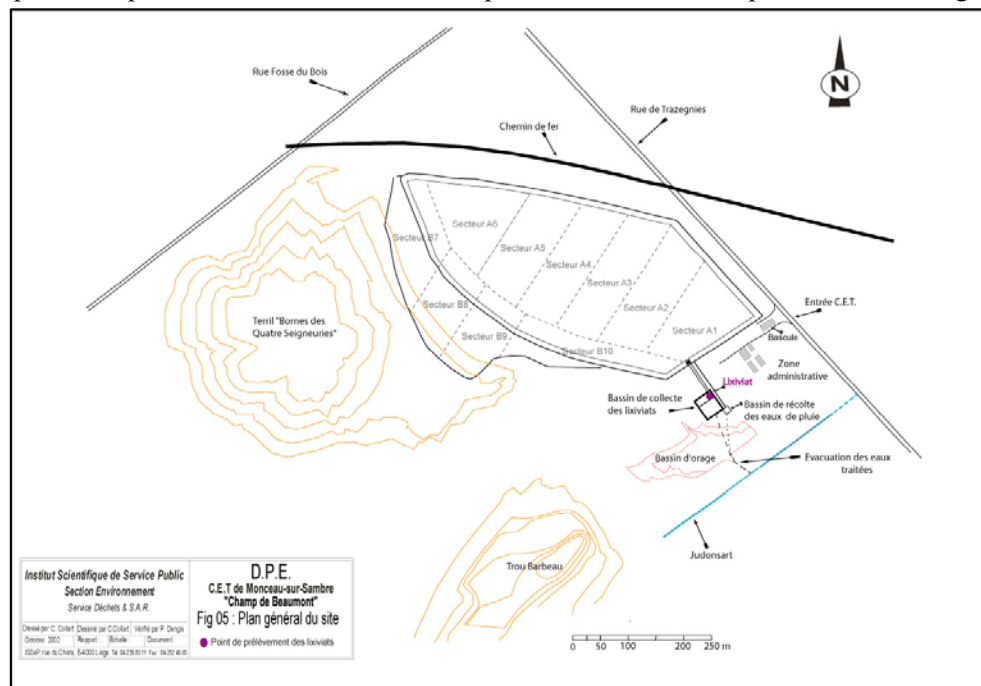


Figure 13 : Champ de Beaumont – traitement des effluents et points de prélèvement

Durant les trois premières campagnes de mesures, le CET de Champ de Beaumont n'était pas équipé d'une station d'épuration. Les effluents étaient traités hors site. Seul le percolat était prélevé (dans le bassin de récolte de percolats).

La station d'épuration de Champ de Beaumont a été mise en fonctionnement le 15 octobre 2004 et la période de réglage a duré jusqu'au 3 mars 2005. Le rejet STEP du CET a été prélevé à partir de la quatrième campagne ; l'échantillon de rejet STEP de mars 2005 a été analysé à titre indicatif car la station était encore en phase de réglage.

Le débit des ruissellements issus du site de Champ de Beaumont est très faible. Lors des premières campagnes il était même nul. La charge en HAP du ruissellement n'a pas été évaluée.

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : débit connu vu le système de STEP "par Batch" (volumes pompés ponctuellement pour entrer dans la bio) ;
- **Débits rejet STEP** : mesure en continu.

4.3.5 Habay-la-Neuve

A. Présentation du site

Le CET de Habay – CET de classe 2 situé au lieu-dit « les Coeuvin » – couvre une superficie de 15,5 ha. Il est exploité depuis 1979 par l'Intercommunale IDELUX.

Les percolats sont rassemblés dans une lagune, sont traités par des opérations de coagulation – neutralisation – floculation – flottation puis par dénitrification biologique (BIOFOR), passage sur un filtre à sable et par adsorption sur charbon actif. Une lagune a été ajoutée en aval de la STEP, après les campagnes de prélèvement HAP. Le volume moyen des effluents sur la durée de l'étude est d'environ 5.770 m³/mois.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Les points de prélèvements du CET de Habay sont représentés sur la figure 14 :

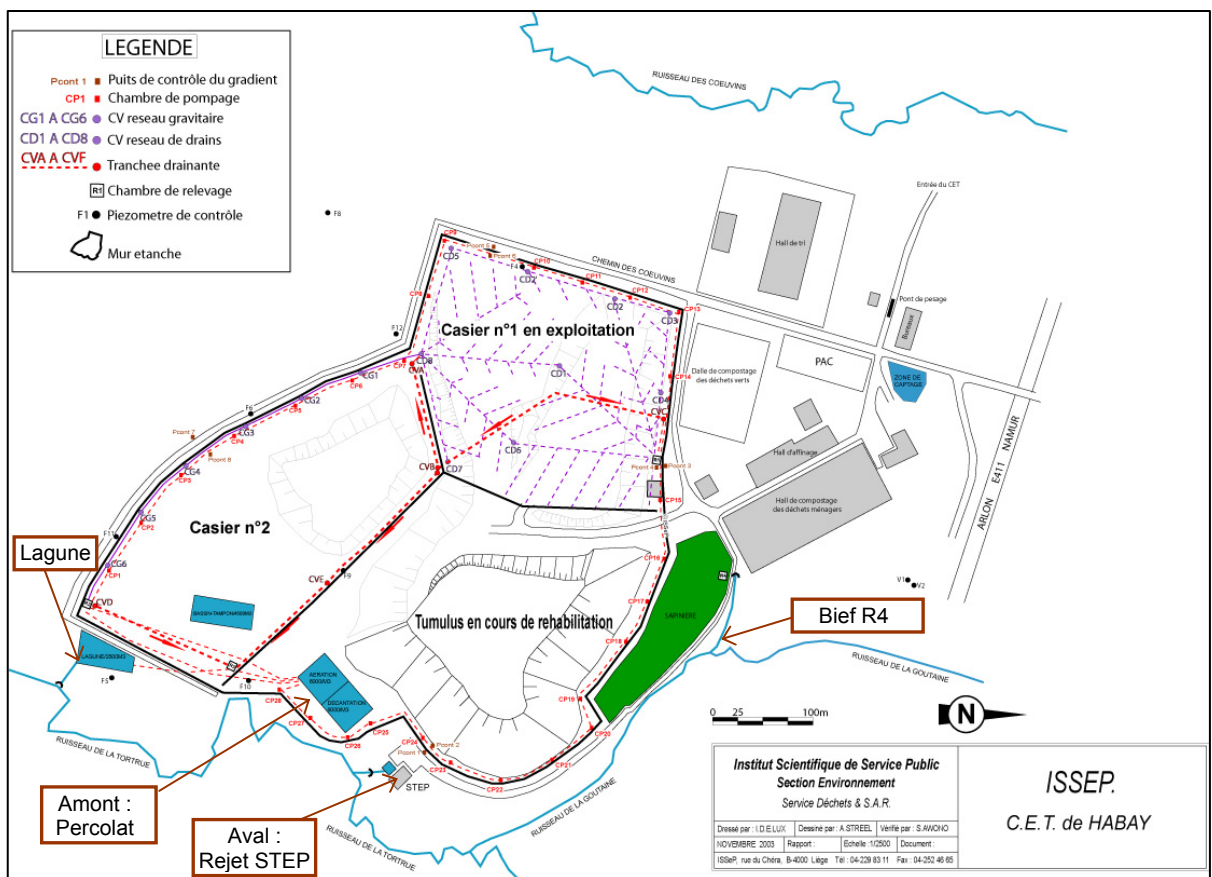


Figure 14 : Habay – traitement des effluents et points de prélèvement

Quatre points de prélèvement ont été retenus, correspondant à l'entrée STEP ainsi qu'aux trois points de déversement en eaux de surface :

- **Le percolat** a été prélevé dans la lagune avant l'entrée dans la station d'épuration. Afin de calculer le flux des HAP, le volume des percolats a été assimilé au volume du rejet STEP.
- **Le rejet de la station d'épuration** vers la Tortrue, quant à lui, a été prélevé à la sortie de la station d'épuration. L'échantillonnage était manuel et ponctuel lors des 4 premières campagnes ; ensuite le prélèvement a été effectué sur 24 heures à l'aide d'un échantillonneur automatique.

- **L'eau d'exhaure** a été prélevée à la sortie de la lagune de récupération située à l'extrémité sud du site (« lagune 2500 m³ »), avant le rejet dans le ruisseau de la Tortrue. Les eaux entrant dans le bassin ont pour origine le réseau CP (eaux de rabattement de la nappe supérieure) et la tranchée drainante via R3.
- **Le bief R4**, canalisant un ruissellement sporadique (lors de fortes pluies), a été échantillonné un mètre avant son confluent avec le ruisseau de la Goutaine (affluent de la Tortrue). Accidentellement, ces eaux ont été chargées par du percolat de compost. Jusqu'en septembre 2004, ce bief récoltait également les eaux d'une zone de travail qui ont été ensuite déviées vers un autre réseau aboutissant à la STEP. Actuellement, ne doivent aboutir dans le bief que des eaux de ruissellement.

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débts percolats** : mesure automatique en continu (électromagnétique) ⇒ volume 'exact' connu;
- **Débts bassin 2.500 m³** : déduction via nombre d'heures de fonctionnement des pompes en connaissant leur débit nominal ⇒ volume 'approximatif' connu ;
- **Débts sortie STEP** : mesure automatique continue (Venturi) ⇒ volume 'exact' connu.

Les estimations des rejets globaux dans les eaux de surface ne tiennent pas compte de la contribution du bief R4.

4.3.6 Tenneville

A. Présentation du site

Le CET de Tenneville est exploité depuis 1980 par l'Intercommunale IDELux. Il couvre une superficie de 14 ha et accueillera à terme 2 millions de mètres cubes de déchets de classes 2 et 3.

Les effluents liquides, aérés en bassin, sont traités par coagulation – neutralisation – floculation – flottation puis par dénitrification biologique (BIOFOR), passage sur un filtre à sable et adsorption sur charbon actif. Le volume moyen des rejets est d'environ 6.180 m³/mois.

B. Échantillonnages et mesures de débits

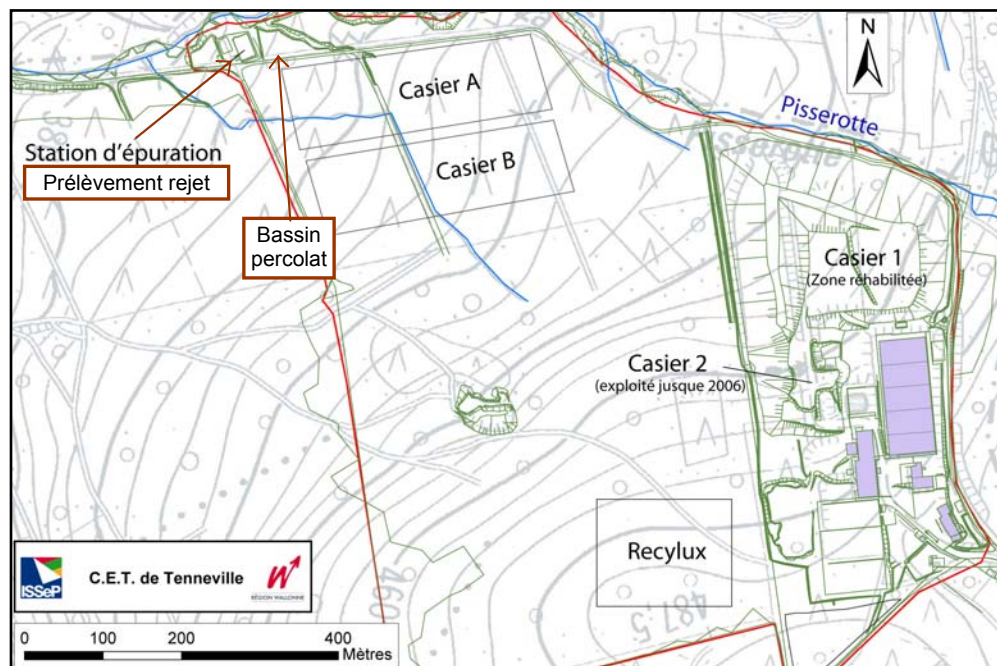
Trois points de prélèvement ont été retenus sur le CET de Tenneville :

- **Le percolat** a été prélevé dans la lagune avant l'entrée dans la station d'épuration. Afin de calculer le flux des HAP, le volume des percolats a été assimilé au volume du rejet STEP.
- **Le rejet STEP** a été prélevé en sortie de la station, avant son rejet dans le ruisseau de la Pisserotte.
- **Le ruissellement** a été prélevé, lors des trois premières campagnes, avant son rejet dans le ruisseau de la Pisserotte. Ensuite le réseau de collecte des eaux propres a été dévié vers la STEP et son prélèvement n'était plus utile à l'étude des flux de HAP.

Pour les trois premières campagnes, les rejets globaux dans les eaux de surface ne tiennent pas compte de la contribution du ruissellement. Le calcul ne devrait pas en souffrir dans la mesure où son débit est faible et sporadique (en cas de forte pluie).

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- Débits percolats : mesure automatique continue (électromagnétique)
⇒ volume 'exact' connu ;
- Sortie STEP : mesure automatique continue (Venturi) ⇒ volume 'exact' connu.



4.3.7 Happe-Chapois

A. Présentation du site

Le CET de Chapois est exploité depuis 1986 par la SIAEE FCHM puis par l'Intercommunale BEPN. Ce CET de classes 2 et 3 couvre une superficie de 8,2 ha.

Depuis 1999, les percolats sont traités par aération puis par décarbonatation et passage dans un bioréacteur membranaire (épuration biologique et filtration).

Durant la première partie de l'étude HAP, l'épuration était complétée par une oxydation forcée par ozonation ; en 2006 l'ozonation a été remplacée par une adsorption sur charbon actif.

Le volume moyen des rejets est d'environ 2.560 m³/mois

B. Échantillonnages et mesures de débits

Les points de prélèvements du CET de Chapois sont représentés sur la figure 15 :

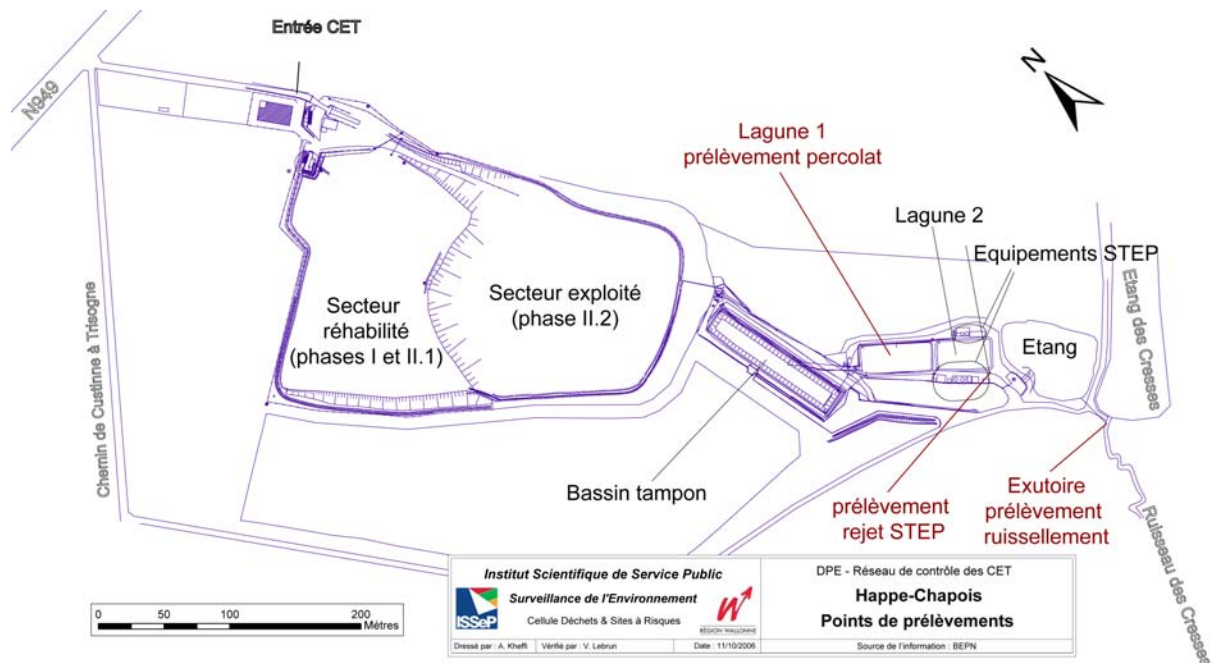


Figure 15 : Happe-Chapois – Réseau de collecte des eaux de ruissellement

Trois points de prélèvement ont été retenus sur le CET de Chapois :

- **Le percolat** a été prélevé dans la lagune avant l'entrée dans la station d'épuration. En l'absence de mesure de débit, le volume des percolats a été assimilé au volume du rejet STEP pour les calculs de flux.
- **Le rejet de la station d'épuration** a, quant à lui, été prélevé au point de déversement défini suivant l'arrêté ministériel du 27 juillet 1992. Le prélèvement a été exécuté sur le mode manuel et ponctuel lors des 4 premières campagnes, puis à l'aide d'un échantillonneur automatique.
- **L'eau de ruissellement** a été prélevée au point de déversement dans le ruisseau des Cresses situé à l'extrême sud du site.

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : un débitmètre à déversoir triangulaire avec mesure tous les $\frac{1}{4}$ d'heure est installé mais jusqu'à présent, les mesures cumulées de volume entrant n'ont pas été communiquées à l'ISSEP ;
- **Débits rejet STEP** : débitmètre à déversoir triangulaire avec mesure tous les $\frac{1}{4}$ d'heure \Leftrightarrow bonne approximation du volume rejeté.

Les rejets globaux dans les eaux de surface ne tiennent pas compte de la contribution du ruissellement.

4.3.8 Hallembaye 1

A. Présentation du site

Le CET de Hallembaye (de classe 2), implanté dans l'ancienne carrière CPL en 1990, est exploité par l'Intercommunale Intradel. Il est divisé en deux zones d'enfouissement : Hallembaye 1 et Hallembaye 2. L'exploitation de la zone d'enfouissement de Hallembaye 1 est terminée depuis 1999, cette partie du CET (10 ha) est en phase de postgestion. Le CET de Hallembaye 2 est présenté à la page suivante.

Les percolats de Hallembaye 1 sont traités par osmose inverse (filtration forcée sur membranes semi-perméables). Le volume moyen du rejet STEP est d'environ 930 m³/mois.

Depuis 1997, l'unité de prétraitement par épuration biologique (boues activées), avant osmose inverse, n'est plus en fonctionnement. Celle-ci a été remplacée par un prétraitement du percolat par :

- acidification, par addition de H₂SO₄, jusqu'à un pH compris entre 6 et 7 ;
- dilution par l'eau de source.

Ces opérations sont destinées à réduire la conductivité du percolat à +/- 20.000 µS/cm, valeur d'absorption maximale fixée par le constructeur.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Deux points de prélèvement ont été retenus pour l'échantillonnage de Hallembaye 1 (voir figure 16) :

- **Les percolats** de Hallembaye 1 sont prélevés en sortie de la cuve tampon, avant injection dans le système d'épuration.
Le débit maximal admissible à l'entrée du procédé d'épuration est de 2 m³/h. Le percolat excédentaire est envoyé vers Hallembaye 2 pour traitement. Afin de calculer le flux des HAP, le volume des percolats a été assimilé au volume du rejet STEP de Hallembaye 1.
- **Le rejet STEP** est constitué des perméats issus de l'épuration par osmose inverse. Cet effluent est prélevé en aval de la station d'épuration, avant le rejet au point de déversement n° 5. Les eaux transitent ensuite par le point de rejet final (n° 14) avant d'être rejetées dans le réseau d'égout public.

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : volume calculé comme la somme des volumes des « batchs » traité par la step. Certaines valeurs mensuelles ont été déduites d'une valeur annuelle fournie (2003, 2e semestre 2004) autrement dit, la valeur semestrielle calculée n'est qu'une approximation grossière de la valeur réelle.
- **Débits rejet STEP** : idem.

Les rejets globaux dans les eaux de surface ne tiennent pas compte de la contribution des eaux de ruissellement et des eaux d'exhaure, dont les débits n'ont pas été étudiés.

Le procédé d'épuration génère des concentrats. Ceux-ci sont envoyés dans la STEP de Hallembaye 2 pour poursuite du traitement.

4.3.9 Hallembaye 2

A. Présentation du site

Le CET de Hallembaye 2 est exploité depuis 1999, il couvre une superficie de 20 hectares. Les percolats de Hallembaye 2 sont traités par osmose inverse (filtration forcée sur membranes semi-perméables). Leur volume moyen est d'environ 2.200 m³/mois.

B. Échantillonnages et mesures de débits

Deux points de prélèvement ont été échantillonnés à Hallembaye 2 (voir figure 16) :

- **Les percolats** traités par la STEP de Hallembaye 2 ont trois origines : organique, mâchefer, et concentrats en provenance de Hallembaye 1. Ils sont introduits en proportions variables dans une cuve de mélange avant traitement par la STEP, qui fonctionne en mode « batch » plutôt qu'en continu. L'échantillonnage du percolat est réalisé dans cette cuve de mélange. Le débit est obtenu par la somme des différents volumes entrant dans la cuve.
- **Le rejet STEP** est constitué des perméats issus de l'épuration par osmose inverse. Cet effluent est prélevé en aval de la station d'épuration, avant le rejet au point de déversement n° 8. Les eaux transitent ensuite par le point de rejet final (n° 14) avant d'être rejetées dans le réseau d'égout public.

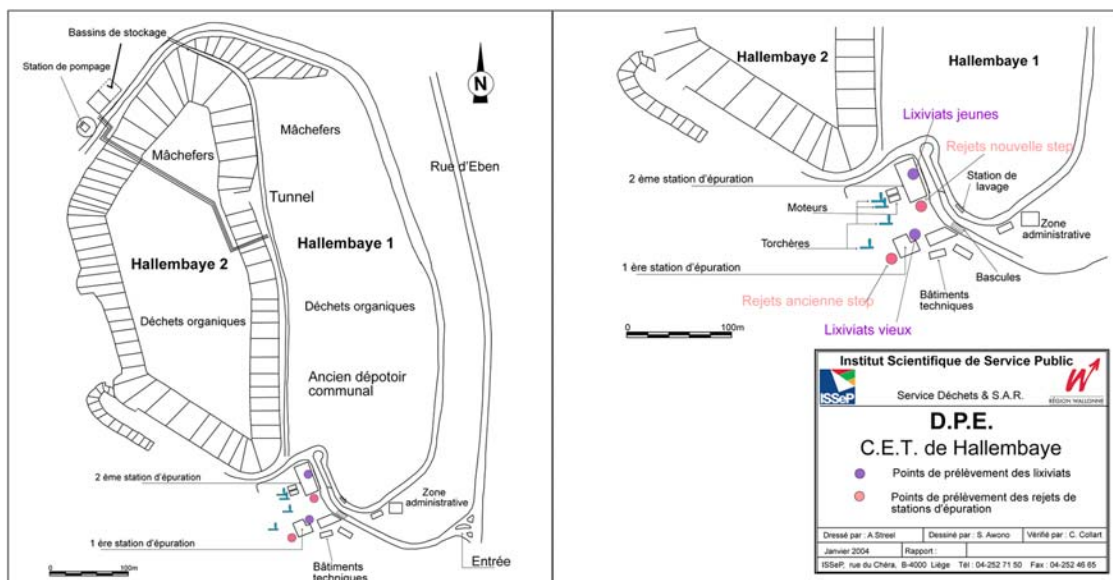


Figure 16 : Hallembaye – Points de prélèvement des percolats et rejets STEP

Les mesures de débit suivantes sont actives sur le site :

- **Débits percolats** : Somme des volumes des 'batchs' traités par la STEP ;
- **Débit rejet STEP** : Volume calculé comme la somme des 'batchs' traités par la STEP moins le volume des concentrats traités hors site.

Le procédé d'épuration génère des **concentrats** qui sont traités hors site.

Les rejets globaux dans les eaux de surface ne tiennent pas compte de la contribution des eaux de ruissellement et des eaux d'exhaure, dont les débits n'ont pas été étudiés.

5 RÉSULTATS

L'intégralité des résultats figure en annexes 2 (débits), 3 (concentrations) et 4 (calculs de flux).

5.1 Débitimétrie et volumes d'effluents

La finalité de ce rapport étant l'établissement d'un inventaire des flux de HAP dans les eaux de surface, l'observation des débits rejetés n'a que peu d'intérêt en elle-même. Elle prendra tout son sens dans les calculs des flux de HAP (cfr. chapitre 5.3).

Plus de 1200 débits mensuels ont été calculés, incluant tous les rejets de STEP en eaux de surface, des mesures de percolats et des eaux de ruissellement ou d'exhaure.

La précision de ces calculs est tributaire des installations de mesure en place dans les CET Leur fiabilité et leur précision varient selon le point considéré. Les quantités de percolats qui n'ont pu être mesurées directement, ont été estimées le plus souvent comme étant égales aux débits de sortie de STEP. Souvent les débits d'eaux de ruissellement n'ont pu être mesurés faute d'installation adéquate et ont été déterminés par différence entre le rejet STEP et le rejet global.

Les points de mesures de débits de chaque CET ont été précisés dans le chapitre 4. Les méthodes de mesurages sont développées dans le premier rapport de campagne ainsi que dans le rapport intermédiaire à mi-étude et ont été résumées dans le chapitre 4.

5.1.1 Échelles de valeurs des débits

Les sites étudiés se distinguent les uns des autres, entre autres, par l'ordre de grandeur de leurs débits d'effluents. Parmi les sites étudiés, on distingue deux catégories (voir tableau 5) :

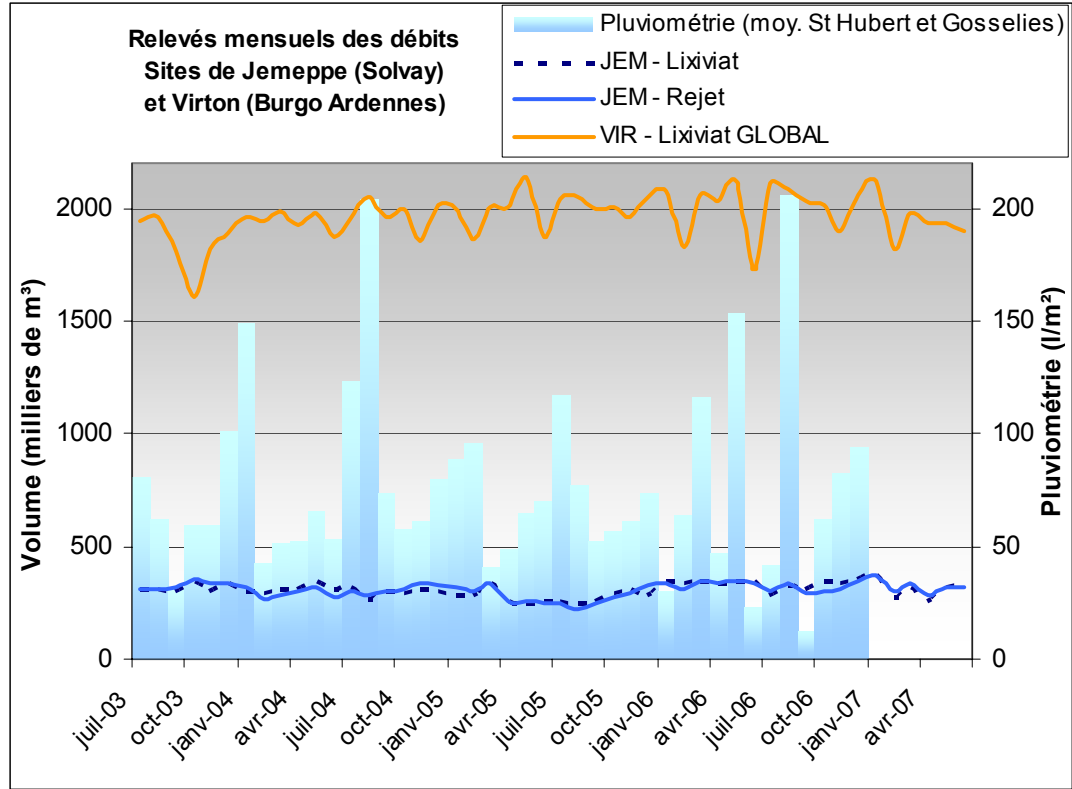
- les CET de classe 2 contenant des déchets ménagers, dont les débits (de 580 à 6200 m³ par mois) sont au moins partiellement influencés par la pluviométrie.
- les CET de classe 5.1 contenant des déchets industriels, dont le débit mensuel (de 13000 à 2x10⁶ m³) est lié à un processus de production.

Site	Exploitant	Classe du CET	Techniques d'épuration spécifiques	Rejets liquides Débit mensuel moyen
Malvoisin	BEPN	Classes 2 et 3	Évacuation en STEP urbaine.	580 m ³
Froidchapelle	Intersud	Classes 2 et 3	Boues activées ; dénitrification biologique adsorption sur charbon actif.	700 m ³
Morialmé	BEPN	Classes 2 et 3	Évacuation en STEP urbaine	775 m ³
Hallembaye 1	INTRADEL	Classe 2	Osmose inverse.	930 m ³
Belderbusch	Soneville	Classes 2 et 3	Épuration biologique (Zenon) ; adsorption sur charbon actif.	1.480 m ³
Champ de Beaumont	CETB	Classe 2	Depuis 2005 : Bioréacteur membranaire ; microfiltration ; adsorption sur charbon actif.	1.700 m ³
Hallembaye 2	INTRADEL	Classe 2	Osmose inverse.	2.200 m ³
Cour-au-Bois	Veolia	Classes 2 et 3	Épuration biologique ; filtration sur membrane; adsorption sur charbon actif.	2.240 m ³
Happe-Chapois	BEPN	Classes 2 et 3	Bioréacteur membranaire ; ozonation (de 1999 à 2006) ; adsorption sur charbon actif.	2.560 m ³
Habay	IDELux	Classe 2	Dénitrification biologique (BIOFOR) ; adsorption sur charbon actif.	5.770 m ³
Tenneville	IDELux	Classes 2 et 3	Épuration biologique (BIOFOR) ^o ; adsorption sur charbon actif.	6.180 m ³
Mont-Saint-Guibert	CETEM	Classe 2	Évacuation en STEP urbaine.	6.200 m ³
Seraing - Arcelor	Arcelor S.A.	Classe 5	Dégraissage ; décantation.	13.520 m ³
Jemeppe sur Sambre	Solvay S.A.	Classe 5	Traitement physique (décantation).	307.700 m ³
Virton - Burgo Ardennes	Burgo S.A.	Classe 5	Dégraissage ; aération (épuration biologique) ; épuration physico-chimique.	1.964.000 m ³

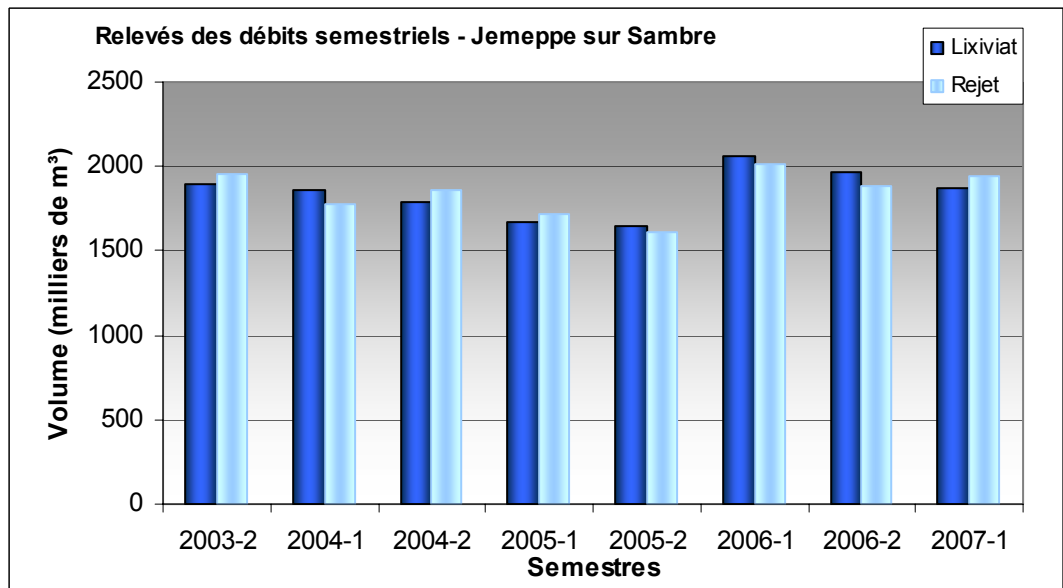
Tableau 5 : Présentation des sites étudiés : techniques d'épuration et volumes rejetés

5.1.2 Les débits des CET industriels

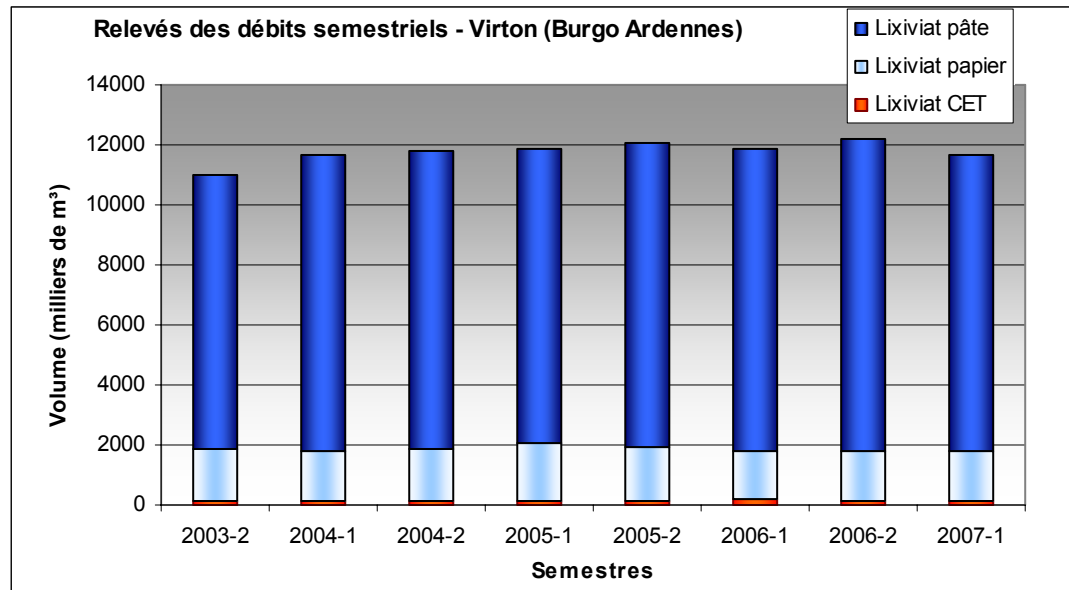
Sur ces sites, le stockage de déchets est une activité annexe. Les débits d'effluents sont asservis à la production, ils peuvent atteindre des valeurs très importantes et sont, en général, assez stables dans le temps (voir graphes 1 à 3).



Graphe 1 : Sites industriels – Évolution des débits sur la durée de l'étude



Graphe 2 : Site de Jemeppe sur Sambre – Évolution des débits entrant et sortant



Graph 3 : Site de Virton – Évolution des débits entrant et sortant

Les graphes 1 à 3 présentent les fluctuations des différents débits sur les sites de Virton et Jemeppe. On y remarque que :

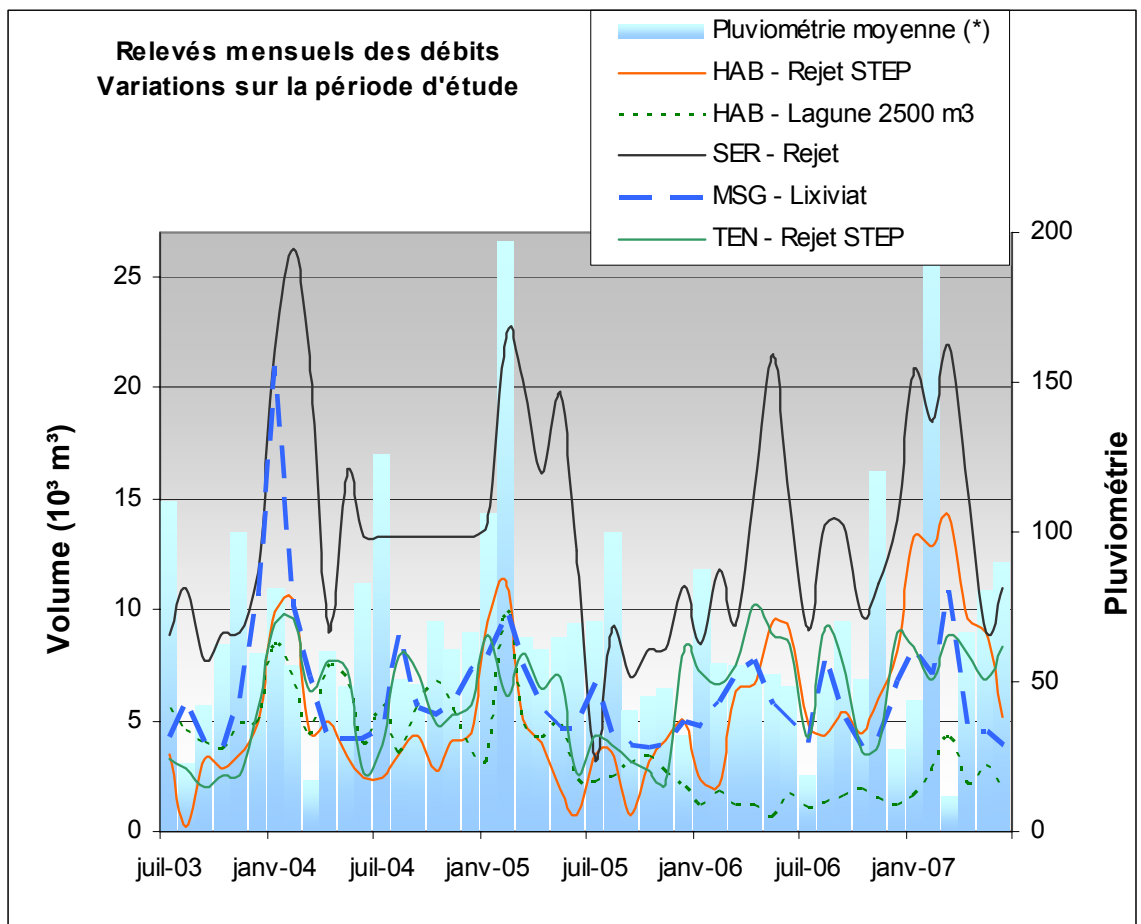
- Les consommations et rejets de Jemeppe sur Sambre ont augmenté au premier semestre de 2006.
- Les volumes rejetés peuvent cependant être qualifiés de stables au cours de la période étudiée, les fluctuations ne dépassant pas 25 % à Jemeppe et 11% à Virton.
- Le graphe 3 met en évidence le caractère négligeable du rejet CET à Virton par rapport aux rejets du process.

5.1.3 Variations des débits d'effluents des CET de classes 2 et 3

Au cours des huit campagnes de mesures, les quantités d'effluents liquides entrant en STEP (et ensuite rejetés en eaux de surface) sont influencés par :

- la surface en exploitation, non couverte ;
- les perméabilités des couvertures des différentes zones ;
- l'utilisation éventuelle de procédé de recirculation des percolats ;
- la pluviométrie (dont l'influence est illustrée au graphe 4).

Pour chaque CET, ces paramètres peuvent évoluer au cours des campagnes de mesures successives par la mise en service d'un casier d'enfouissement, par la mise en œuvre des travaux de réhabilitation ou par une modification de process.

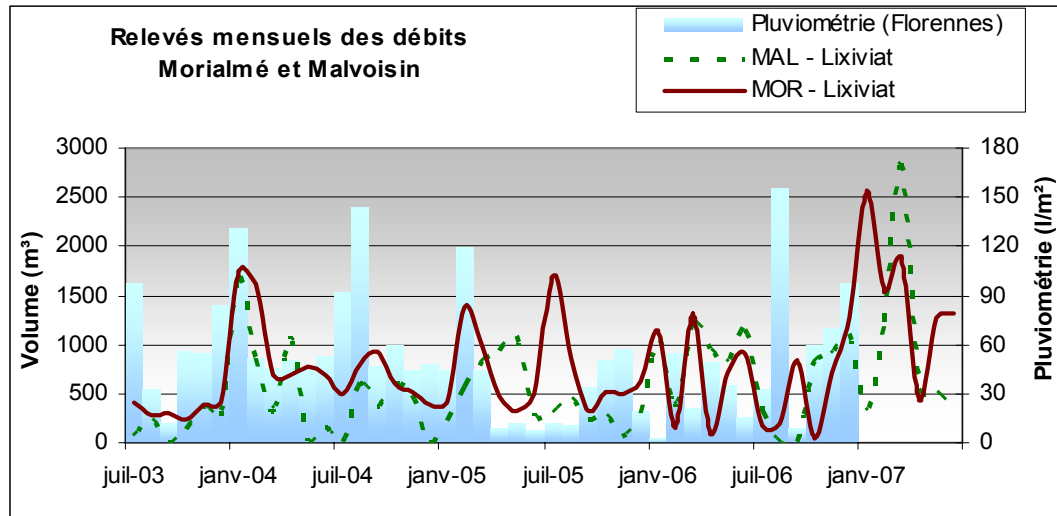


Graphe 4 : Débits mensuels des rejets de CET et pluviométrie

(*) La pluviométrie ici représentée est une moyenne des pluviométries mesurées aux stations météo de Bierset, Florennes, et St-Hubert.

A. Morialmé et Malvoisin

Les volumes de percolats évacués mensuellement de ces CET sont présentés au graphe 5 ; l'évolution par semestre est illustrée au graphe 6.

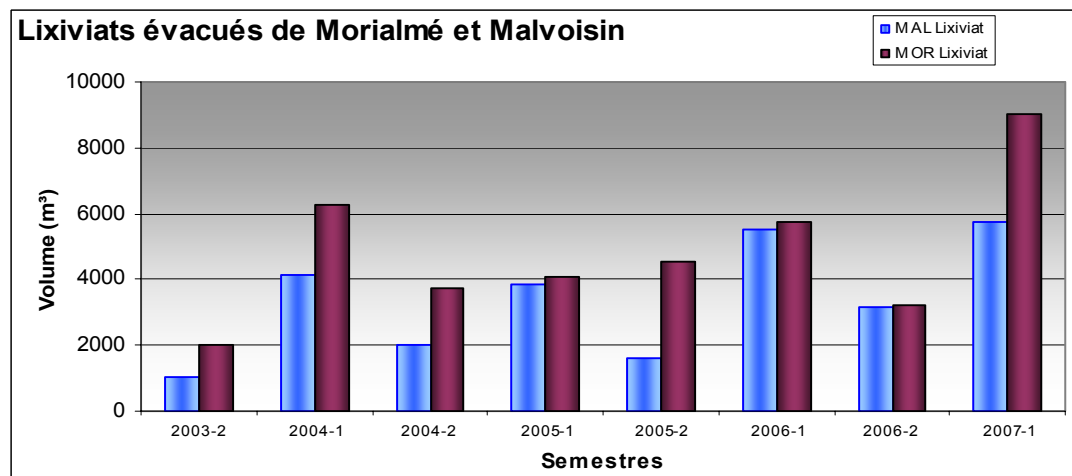


Graphe 5 : Morialmé et Malvoisin – débits et pluviométrie

Globalement, les volumes suivent la pluviométrie. Cependant :

- De mars à août 2005, durant une période de faible pluviométrie, les deux CET évacuent des quantités élevées de percolats ;
- À Malvoisin on assiste à des épisodes de rejets très faibles pendant des périodes pluvieuses : de mai à juillet 2004, en décembre 2004, en août et septembre 2006 ;
- Le décalage entre les maxima évacués à Morialmé et les pics de pluviométrie est faible ; à Malvoisin ce décalage est proche d'un mois.

Les capacités des bassins tampons sont de 1500 m³ (Malvoisin) et environ 1300 m³ (Morialmé).



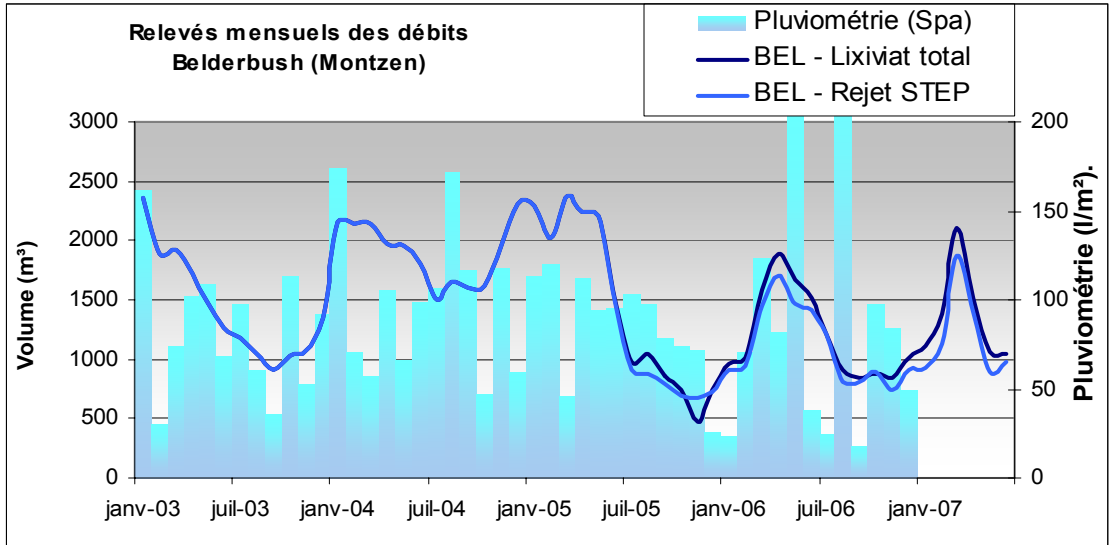
Graphe 6 : Morialmé et Malvoisin – débits semestriels

Morialmé : La phase 2 est en exploitation jusqu'en 2006, année de la mise en œuvre des travaux de couverture.

En 2007, les débits d'effluents des deux CET augmentent nettement.

B. Belderbusch

Les volumes de percolats et de rejet du CET sont présentés au graphe 7. Les données pluviométriques proviennent de la station de mesures de Spa.



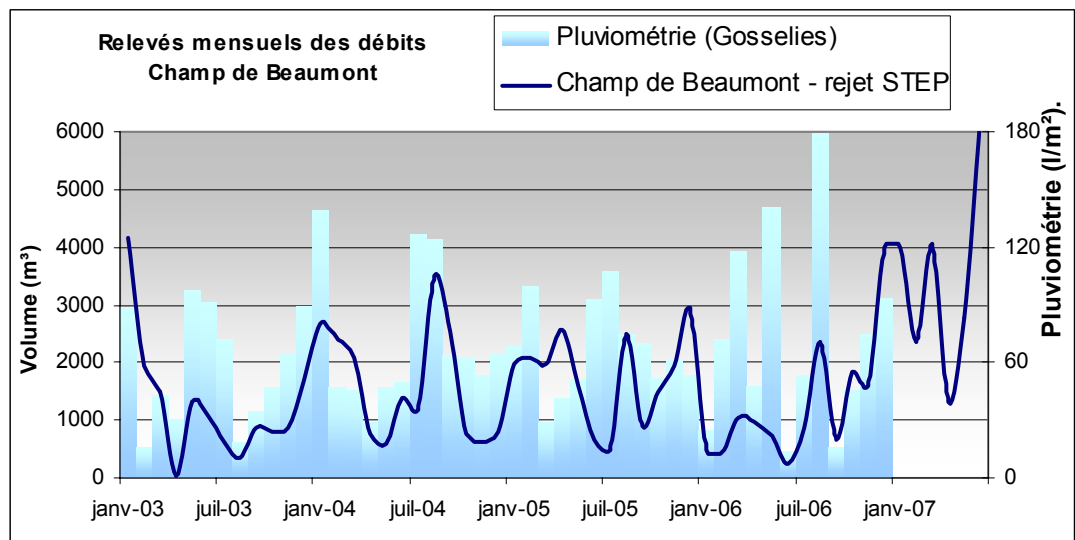
Graphe 7 : Belderbusch – débits et pluviométrie

Avant juin 2005, la quantité du rejet STEP était obtenue par somme des rejets de percolats. À partir de cette date, un compteur (FIQ111) indique les débits alimentant l'unité d'adsorption sur charbon actif, les courbes se différencient.

La courbe des rejets est fortement lissée par rapport à celle de la pluviométrie. Cela met en évidence un effet retard important dû au séjour des eaux dans les zones d'enfouissement et la lagune d'aération.

C. Champ de Beaumont

Les volumes rejetés mensuellement par le CET sont présentés au graphe 8.

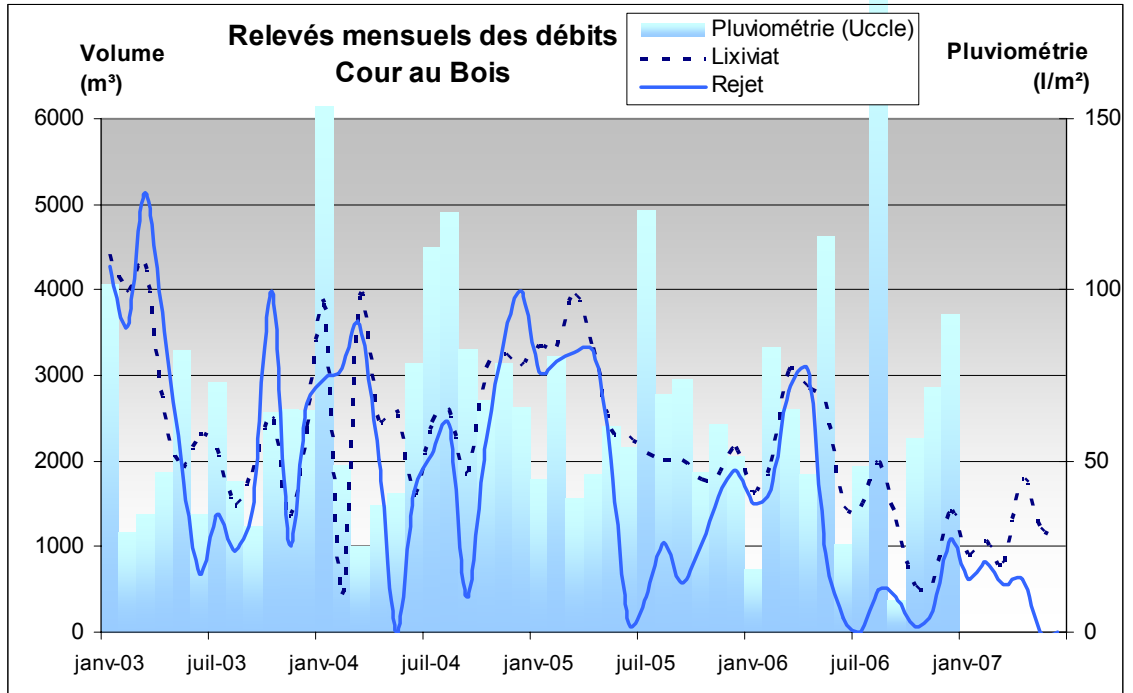


Graphe 8 : Champ de Beaumont – débits et pluviométrie

La corrélation entre la pluviométrie et les débits rejetés est élevée ; le temps de réponse est faible. Cela s'explique probablement par l'absence de caping et la faible épaisseur de déchets, surtout au début de l'étude.

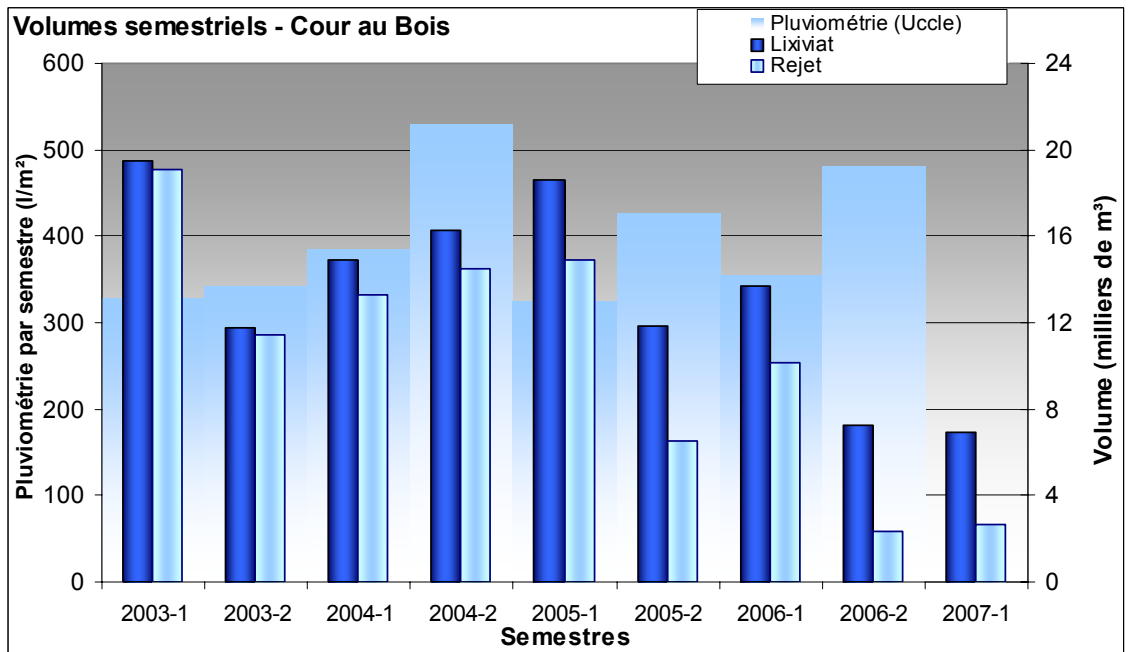
D. Cour-au-Bois

Les volumes de percolats et de rejets mensuels du CET sont présentés au graphe 9. L'évolution par semestre est illustrée au graphe 10.



Graphe 9 : Cour-au-Bois – débits et pluviométrie

En mai - juin, l'eau traitée est conservée sur le site afin de pouvoir lutter contre les poussières et les incendies si nécessaire. Ceci explique les passages par "0" de la "courbe rejets".

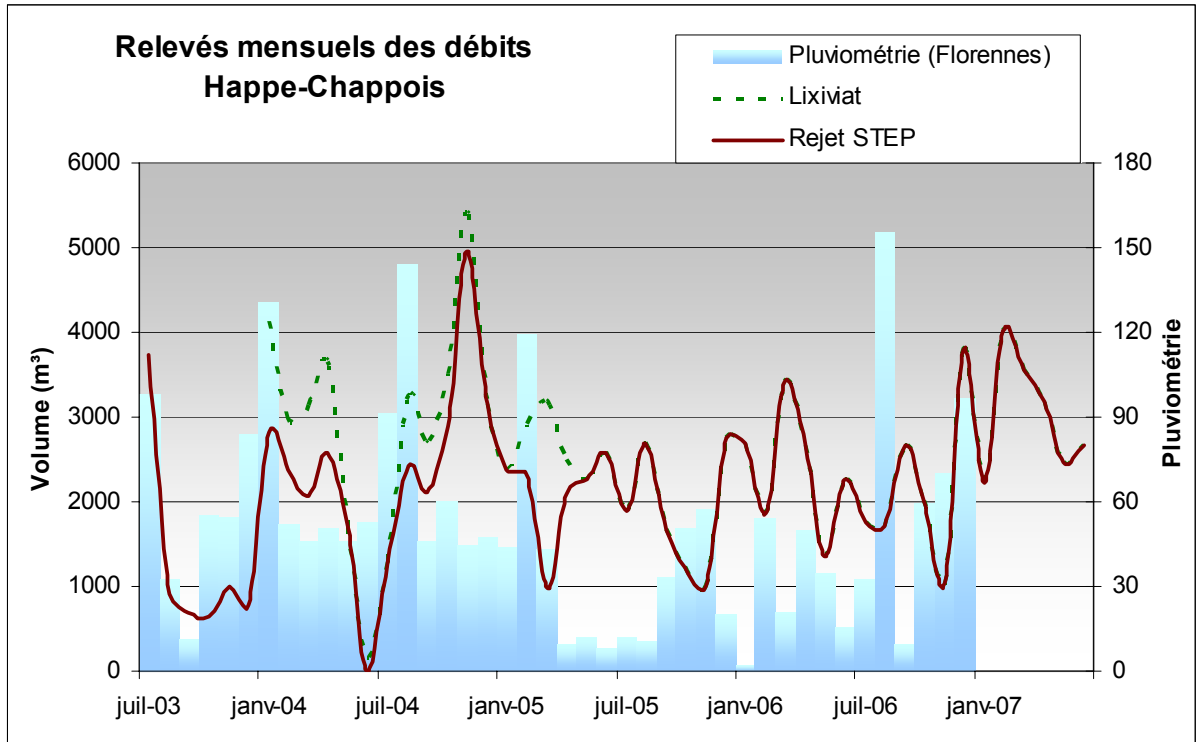


Graphe 10 : Cour-au-Bois – débits et pluviométrie

La différence de volume entre l'entrée et la sortie STEP (différence plus importante depuis 2005, 92 600 m³ au total) peut s'expliquer par l'incorporation d'une partie des lixiviats au système d'injection, en test depuis 2005.

E. Happe-Chapois

Le graphe suivant représente les volumes issus du CET de Happe-Chapois, ainsi que la pluviométrie mesurée à Florennes durant la période de l'étude.

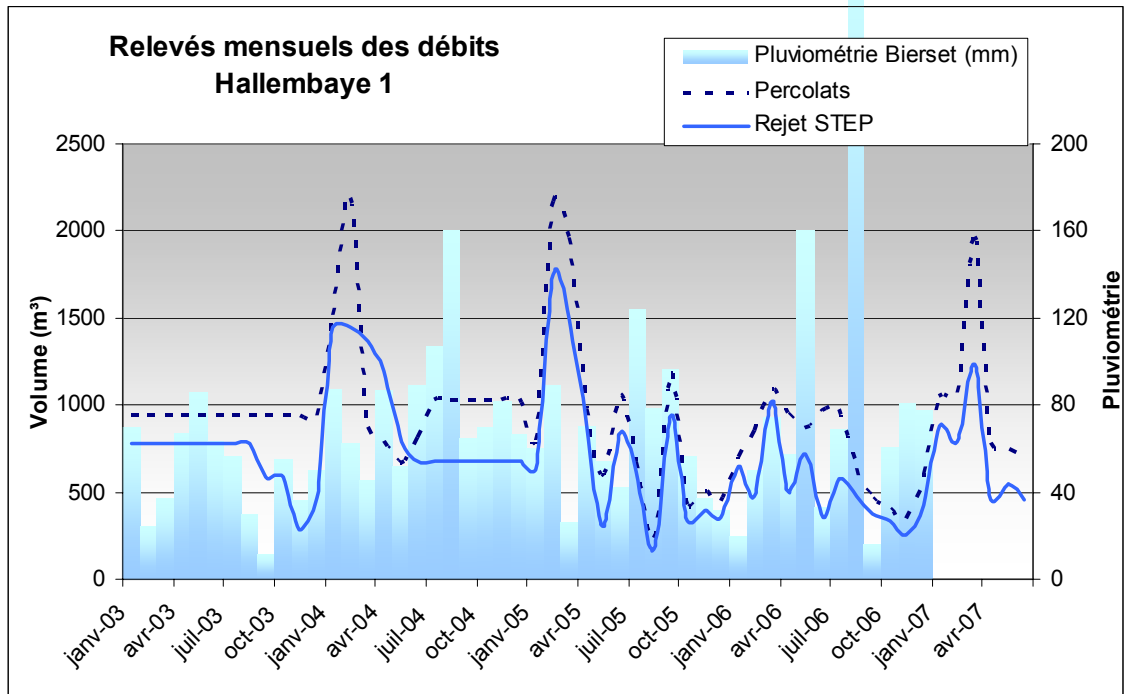


Graphe 11 : Happe-Chapois – débits et pluviométrie

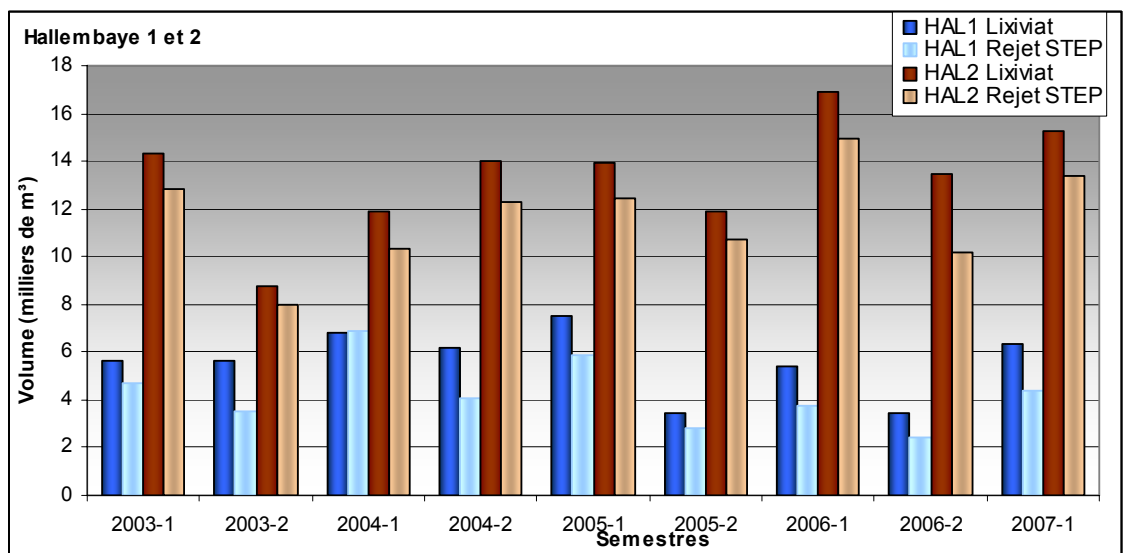
Le volume important des lagunes tampon (2700 m³) permet à la STEP de fonctionner avec une certaine flexibilité par rapport à la production de percolats par le CET. Cela explique probablement la moins grande corrélation entre pluviométrie et rejet, par rapport à d'autres sites.

F. Hallembaye 1 et 2

Les volumes de percolats et de rejets mensuels du CET sont présentés au graphe 12. L'évolution des débits semestriels de Hallembaye 1 et 2 est illustrée au graphe 13.



Graphe 12 : Hallembaye – débits et pluviométrie



Graphe 13 : Hallembaye – débits et pluviométrie

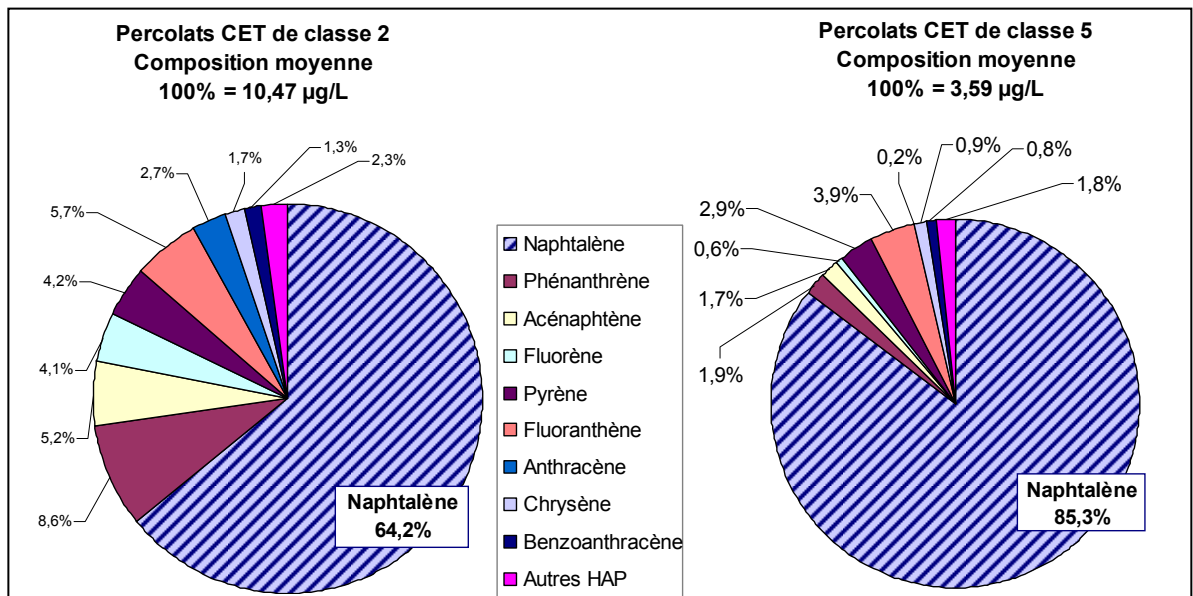
La différence marquée entre les quantités de percolats entrant à Hallembaye 1 et les quantités d'effluents rejetés s'explique par le fait que les concentrats et une part des percolats de Hallembaye 1 sont envoyés dans la STEP de Hallembaye 2 pour y être traités.

5.2 Compositions

5.2.1 Concentrations dans les percolats

Aux pages 50 et 51 sont présentés des « histogrammes » montrant, pour chaque HAP, les pourcentages de dépassements de « bornes » (ordres de grandeurs) de concentrations.

- Dans les percolats, les 15 composés recherchés sont généralement présents en concentrations supérieures aux limites de détection, à l'exception du dibenzoanthracène.
- Dans tous les **percolats des CET de classe 2**, au moins un des 15 HAP étudié est présent en concentration supérieure au seuil de détection. La somme des concentrations des 15 HAP dépasse 1 µg/L dans la majorité des échantillons, et 5 µg/L dans un échantillon sur deux. Parmi ces 15 composés, 5 sortent du lot en termes de concentration et de fréquence. Par ordre décroissant d'importance, il s'agit :
 - du naphthalène (>1 µg/L dans 50,5 % des échantillons) ;
 - du phénanthrène (>1 µg/l dans 30,5 % des échantillons) ;
 - de l'acénaphène (>1 µg/l dans 19 % des échantillons) ;
 - du fluoranthène (>1 µg/l dans 15,8 % des échantillons) ;
 - du fluorène (>1 µg/l dans 13,7 % des échantillons).
- **Dans les percolats des CET de classe 5**, les échantillons à faible concentration sont les plus fréquents. Le naphthalène dépasse la concentration de 1 µg/L dans 29,2 % des échantillons ; le fluoranthène dépasse ce seuil dans un seul des prélèvements ; les autres HAP ne sont présents qu'à de faibles concentrations.

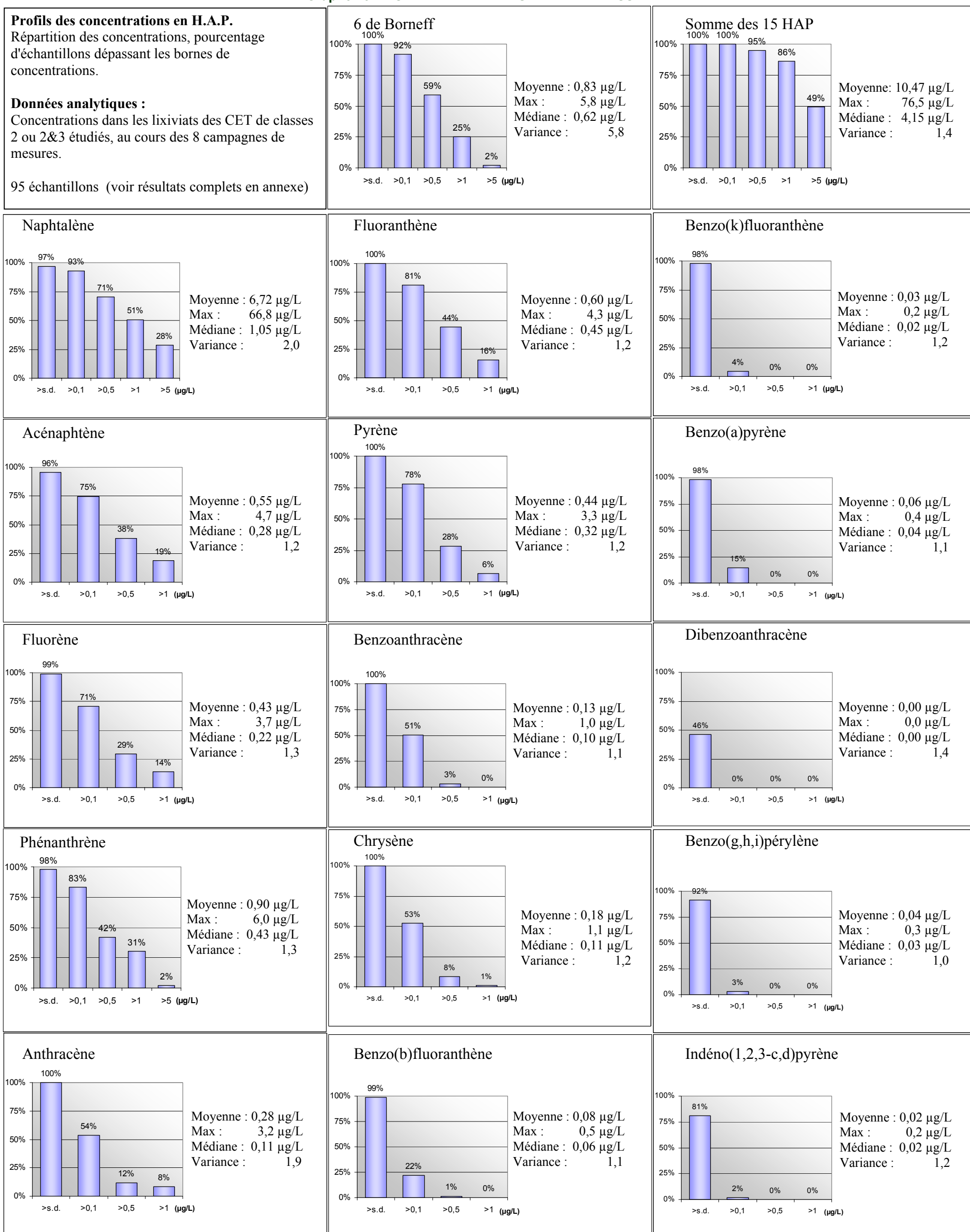


Graph 14 : Composition des percolats

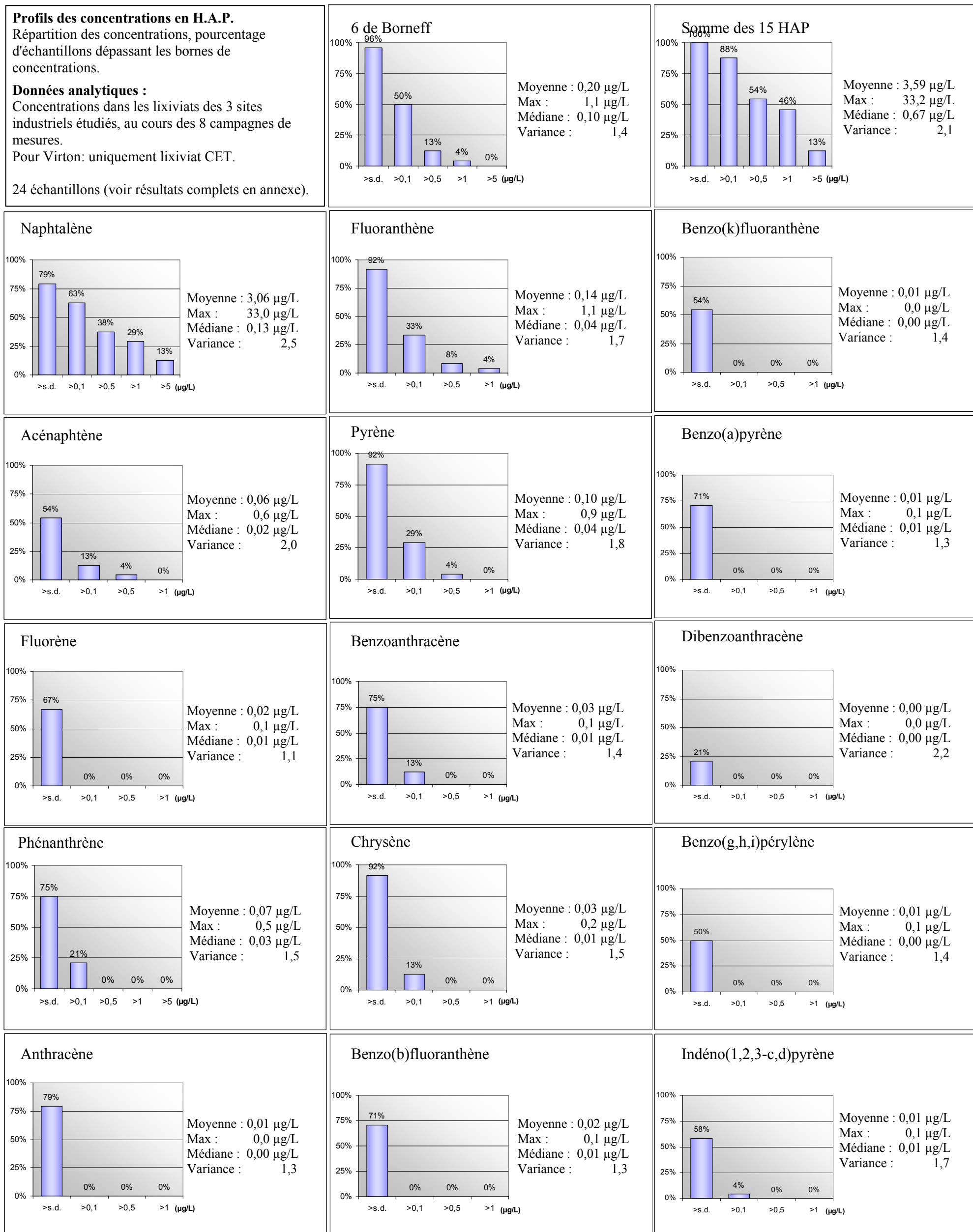
Les compositions moyennes des percolats sont présentées au graph 12 qui révèle :

- une prédominance évidente du naphthalène, encore plus marquée dans les CET de classe 5 ;
- une présence, dans les CET de classe 2, de plus de 5 % de phénanthrène, acénaphène et fluoranthène moins marquée pour les CET de classe 5, (seul le fluoranthène dépasse le seuil de 3 %).

Graphe 15 — SÉRIE 1 : LIXIVIATS – 12 CET CLASSE 2 —



Graphe 16 — SÉRIE 2 : LIXIVIATS – 3 CET CLASSE 5 — JEMEPPE, SERAING, VIRTON (LIXIVIAT CET)



5.2.2 Concentrations dans les rejets

Aux pages 53 et 54 sont présentés des histogrammes montrant les pourcentages de dépassements de bornes (ordres de grandeurs) de concentrations dans les rejets de STEP.

Plusieurs HAP ne sont que rarement détectés et à des concentrations toujours extrêmement faibles : l'anthracène ; le chrysène ; les benzo(b)- et benzo(k)fluoranthène, le benzo(a)pyrène ; le dibenzoanthracène ; le benzo(g,h,i)pérylène et l'indéno(1,2,3-c,d)pyrène.

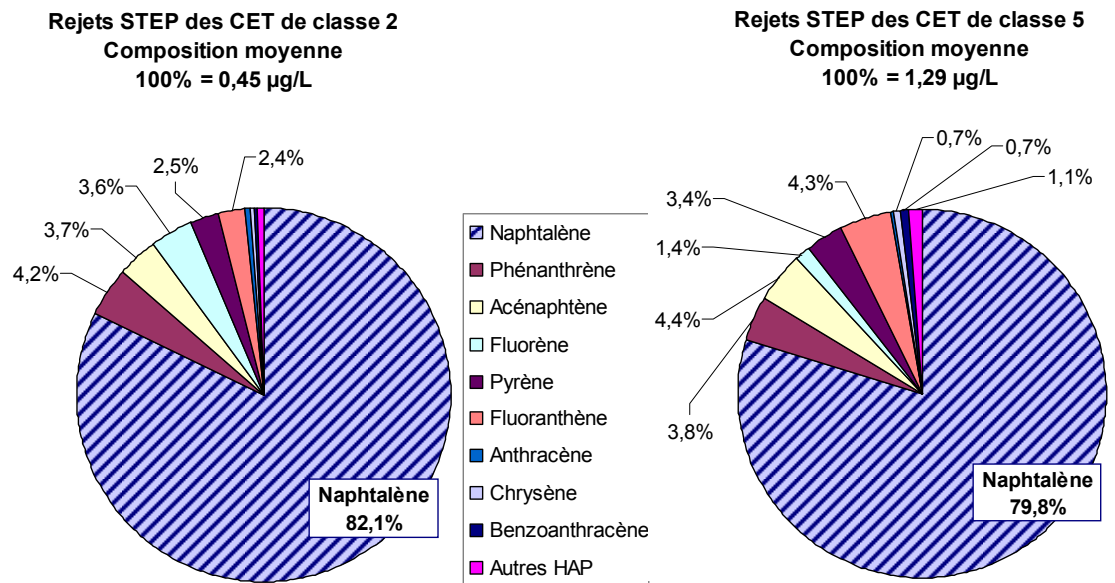
Tous sites confondus, seuls deux composés dépassent la concentration de 0,5 µg/L : le phénanthrène dans un échantillon (rejet global Virton) et le naphthalène dans 18 échantillons. La somme des concentrations des 15 HAP dépasse cette limite dans 26 % des échantillons et celle des 6 de Borneff dans 1 % des échantillons.

- **Dans les rejets STEP des CET de classe 2**, le principal polluant détecté est le naphthalène. Dans un quart des échantillons, sa concentration dépasse 0,1 µg/L ; il s'agit du seul HAP dont la concentration dépasse parfois le microgramme par litre (dans 13 % des échantillons).

Outre le naphthalène, cinq HAP sont épisodiquement présents à des concentrations dépassant le dixième de microgramme : le fluorène (6,6 %) ; le phénanthrène (6,6 %) ; le fluoranthène (4,9 %) ; l'acénaphthène (3,3 %) et le pyrène (1,6 %).

- **Dans les rejets des CET de classe 5**, sept composés dépassent au moins une fois la concentration de 0,1 µg/L. Ces dépassements sont peu fréquents pour le fluoranthène (16,7 %) ; le phénanthrène (12,5 %) ; le pyrène (12,5 %) ; l'acénaphthène (8,3 %) ; le benzoanthracène (4,2 %) et le chrysène (4,2 %). Le cas du naphthalène est plus préoccupant puisqu'il dépasse cette limite dans la majeure partie des échantillons (70,8 %), avec une concentration moyenne dépassant le microgramme par litre. Sa concentration atteint 9,4 µg/L au site de Jemeppe en septembre 2004.

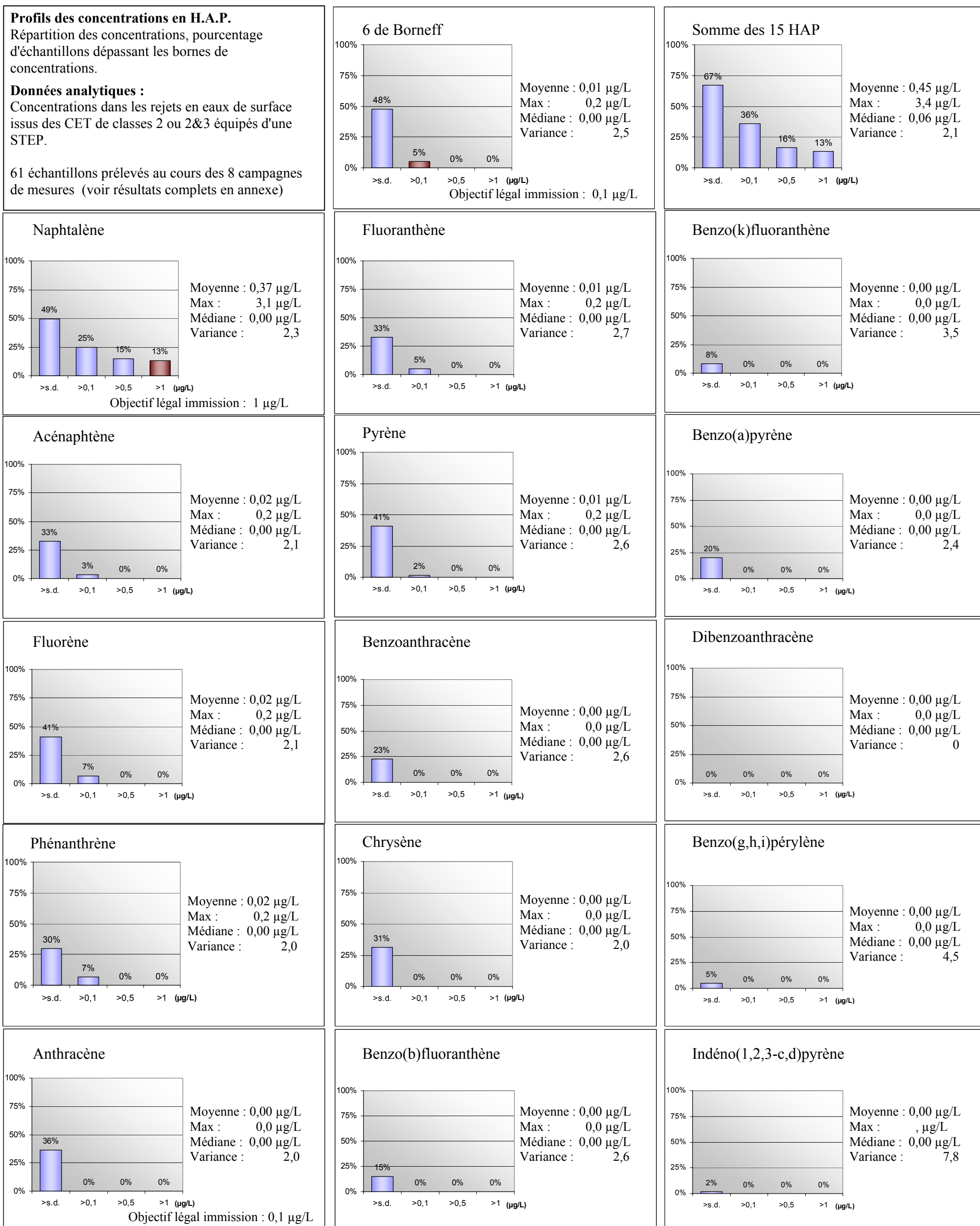
Les compositions moyennes des différents rejets sont présentées dans les graphes ci-dessous.



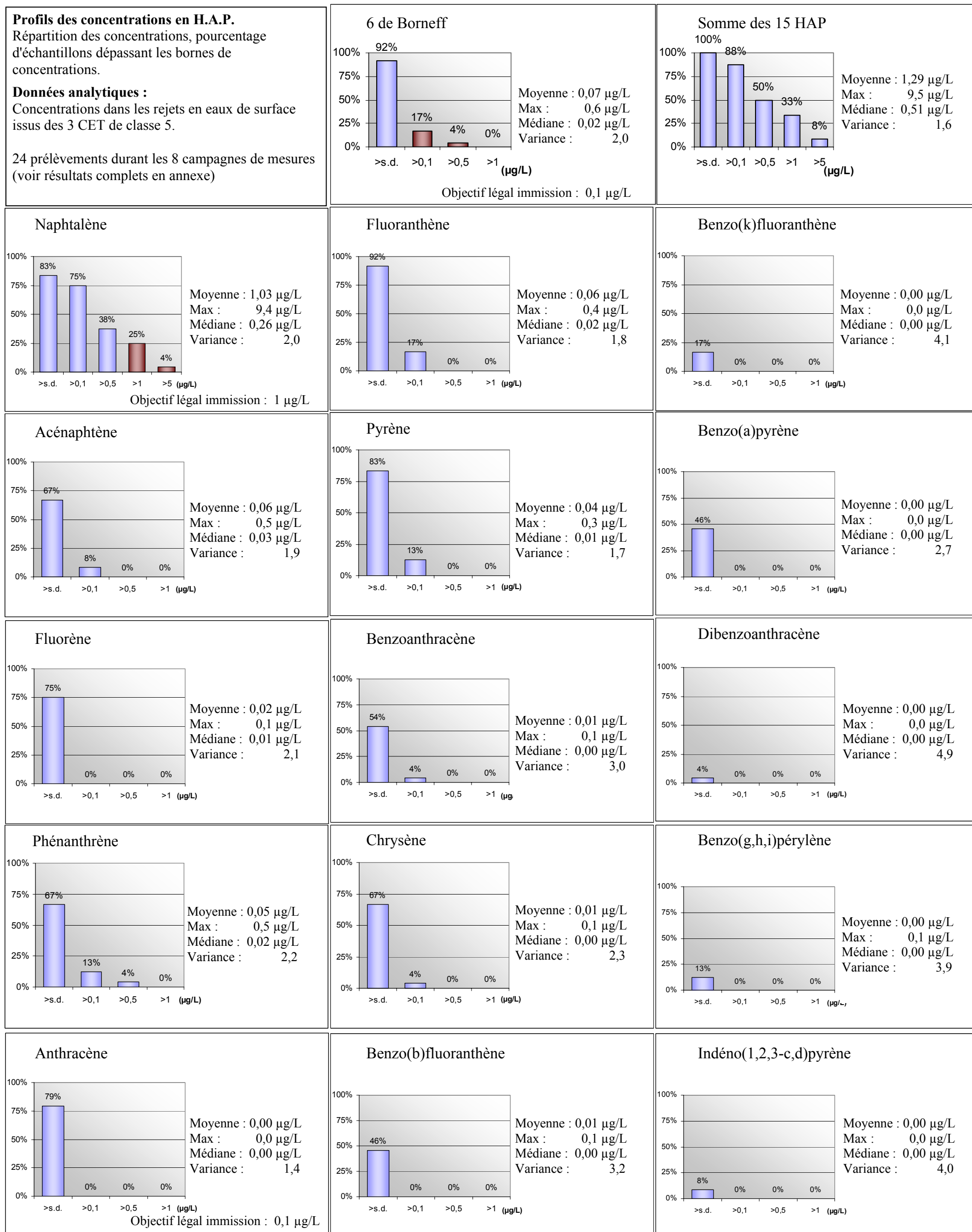
Graph 17 : Composition des rejets STEP

Les STEP ont pour effet une harmonisation des compositions : Dans les CET de classe 2, les STEP abattent proportionnellement moins bien les HAP les plus légers, ce qui a tendance à ramener la prédominance du naphthalène à un niveau proche de celui des CET de classe 5.

Grappe 17 — SÉRIE 3 : REJETS STEP DES 9 CET DE CLASSE 2 —



Grphe 18 — SÉRIE 4 : REJETS STEP DES 3 SITES DE CLASSE 5 — JEMEPPE, SERAING, VIRTON (REJET GLOBAL)



5.2.3 Concentrations dans les eaux de ruissellement

Des eaux de ruissellement ont été prélevées sporadiquement sur les sites de Cour-au-Bois, Belderbusch, Habay, Chapois et Malvoisin. Ces ruissellements étant intermittents et de faibles débits, aucun n'a été prélevé lors des huit campagnes. Sur ces cinq points de prélèvements, vingt échantillons ont été prélevés au total sur la durée de l'étude.

Les ruissellements ciblés étant erratiques et les prélèvements trop peu nombreux, les résultats ne permettent pas de déduire des tendances générales concernant les flux de HAP liés à ces écoulements.

Un prélèvement, effectué en avril 2004 à Habay, a révélé des quantités élevées de tous les HAP et des dépassements d'objectif légal pour le naphthalène, le phénanthrène et cinq des six HAP de Borneff.

Outre ce prélèvement, les 6 HAP de Borneff, peu présents dans les rejets des stations d'épuration, sont rencontrés en concentrations importantes dans les ruissellements de Belderbusch, Cour-au-Bois, Habay et Malvoisin. Onze des vingt échantillons dépassent l'objectif de qualité de 0,1 µg/L.

5.2.4 Comparaisons entrées-sorties

Huit HAP sont régulièrement présents dans les rejets, le plus souvent en traces :

- dans tous les CET : le naphthalène ; le fluoranthène ; le phénanthrène ; l'acénaphthène ; le pyrène ;
- dans les CET de classe 5 : le benzoanthracène et le chrysène ;
- dans les CET de classe 2 : le fluorène.

Le tableau suivant indique pour ces huit HAP les taux d'abattement calculés.

Abattements : pourcentage des polluants entrants, qui sont éliminés lors de l'épuration									
CET	Naphta-lène	Fluor-anthène	Phénan-thrène	Acénaph-tène	Pyrène	Benzoan-thracène	Chrysène	Fluorène	Moy. par site
Hallembaye 1	46%	97%	74%	86%	97%	100%	99%	67%	83%
Hallembaye 2	90%	95%	93%	84%	94%	97%	97%	84%	92%
C.de Beaumont	98%	96%	92%	96%	95%	91%	94%	94%	94%
Habay	89%	100%	100%	96%	100%	100%	100%	96%	98%
Chapois	96%	96%	99%	97%	96%	98%	99%	99%	98%
Cour-au-Bois	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%
Froidchapelle	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tenneville	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	99%	100%
Moyenne CET classe 2	96%	98%	98%	96%	97%	98%	99%	96%	95%
Seraing	19%	61%	75%	33%	61%	64%	68%	53%	54%
Jemeppe	75%	34%	49%	30%	60%	85%	91%	60%	60%
Virton	98%	41%	98%	71%	86%	61%	90%	23%	71%
Moyenne CET classe 5	64%	46%	74%	45%	69%	70%	83%	45%	62%

Abattements calculés par: $1 - (\text{conc.moyenne des rejets} / \text{conc.moyenne des percolats})$
 Pour Virton, l'abattement est celui de la station pâte+CET.

Tableau 6 : Abattements moyens des STEP sur 8 campagnes

Dans les installations d'épuration, les HAP sont abattus :

- par les réacteurs biologiques (à boues activées), où les molécules précipitent avec les matières en suspension (en milieu aqueux, les HAP présentent une très forte affinité pour les MES) ;
- par l'adsorption sur charbon actif ;
- par la microfiltration, qui semble efficace également sur la plupart des HAP, à l'exception du naphthalène qui semble moins bien retenu par les membranes osmotiques, probablement en raison de ses propriétés chimiques (diffusion moléculaire).

Parmi les CET de classe 2, il est à noter que l'épuration du CET de Hallembaye, bien que moins efficace pour l'épuration du naphthalène, est par ailleurs de loin la plus performante pour l'abattement de nombreux autres polluants organiques et minéraux. Elle est notamment la seule qui permette de diminuer la concentration en chlorures de manière significative.

Les systèmes d'épuration des 3 sites industriels étudiés présentent une efficacité moindre que ceux des CET de classe 2. D'une manière générale, les percolats de ces sites sont peu chargés en matières organiques. Leurs systèmes d'épuration sont principalement basés sur des procédés physico-chimiques. Ils n'ont pas recours à l'épuration biologique ou à l'adsorption sur charbon actif.

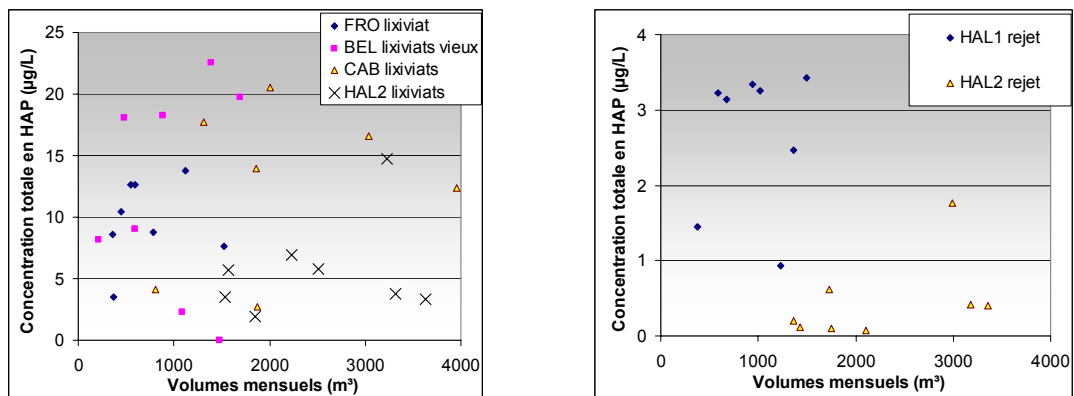
5.2.5 Évolutions temporelles

Bien que les concentrations et les compositions des échantillons varient pour un même site, dans une série de prélèvements espacés d'un semestre, les variations observées sont erratiques. Aucune tendance à la hausse ou à la baisse de la concentration totale ou évolution de la composition (proportions relatives des différents HAP), n'a été constatée.

5.2.6 Concentrations et débits

Il serait vraisemblable qu'une relation existe entre la concentration en HAP et le débit sortant du CET ou de la STEP. En d'autres mots, que le percolat soit plus chargé lors des périodes de faibles débits, ou que l'efficacité de la STEP soit fonction de son débit. Une telle corrélation permettrait d'affiner les calculs de flux, où on fait l'approximation que la concentration est constante durant le semestre.

En comparant, dans les percolats et dans les rejets, les concentrations aux débits mensuels des mois de prélèvements (voir graphe 20), aucune corrélation de ce type n'est observée. Ce genre de relation pourrait peut-être apparaître plus clairement en comparant les concentrations ponctuelles aux débits instantanés mesurés les jours des prélèvements.



Graphe 20 : Concentration en fonction du débit

5.2.7 Comparaison aux références : percolats et valeurs repères

Les références de comparaison sont exposées au chapitre 3.5.2. Les concentrations des percolats sont comparées aux gammes de concentration présentées dans la littérature (gammes de Shridharan et Didier^[12]) :

- Pour l'acénaphène, le fluoranthène, le fluorène et le phénanthrène, toutes les concentrations sont plus basses que la borne inférieure de la gamme correspondante ;
- Dans le cas du naphtalène, 17,6 % des valeurs sont comprises dans l'intervalle de concentrations ; 75 % des concentrations sont inférieures à la gamme, 7,6 % des valeurs sont plus élevées.

De manière générale, les valeurs de concentrations des percolats en Région wallonne semblent largement inférieures à celles citées dans les études portant sur la composition des percolats de décharge.

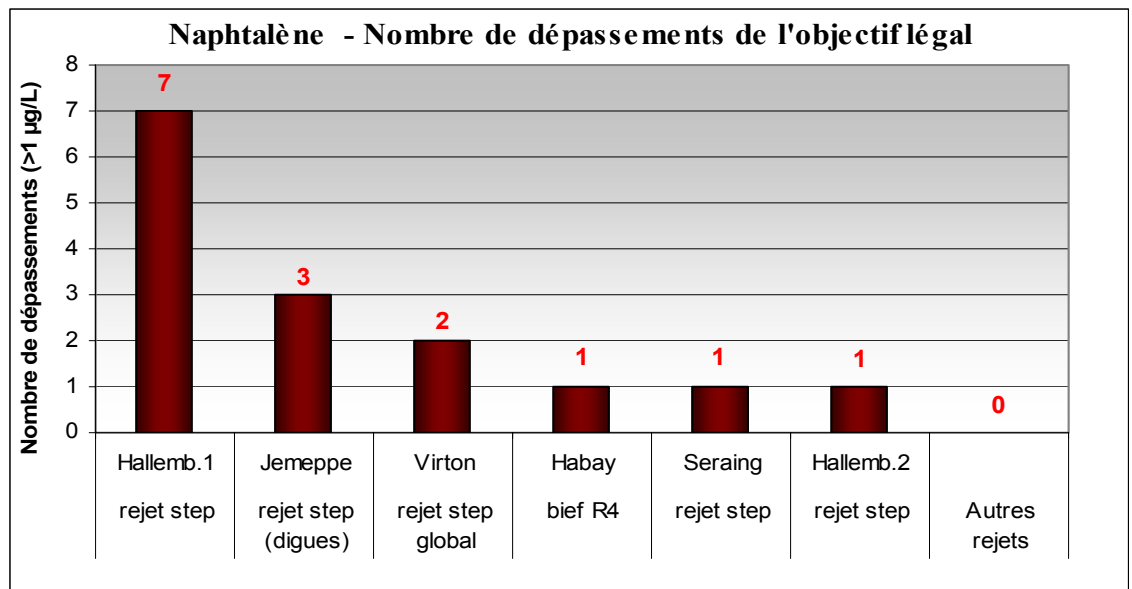
5.2.8 Comparaison aux références : rejets et objectifs de qualité

Pour les composés dotés de ces normes (l'anthracène, le naphtalène et les 6 de Borneff) les résultats de concentration des rejets sont comparés aux objectifs légaux (valeurs de qualité à l'immission).

A. Le naphtalène

Comme montré dans les sections précédentes, le naphtalène est le HAP majeur émis par les CET. Dans les installations d'épuration, il est bien abattu par les réacteurs biologiques (à boues activées) et par l'adsorption sur charbon actif. Il semble moins bien retenu par les membranes osmotiques, en raison de ses propriétés physico-chimiques.

L'objectif fixé par la directive cadre est de 1 µg/L. Le graphe 21 représente le nombre de dépassements de cet objectif.

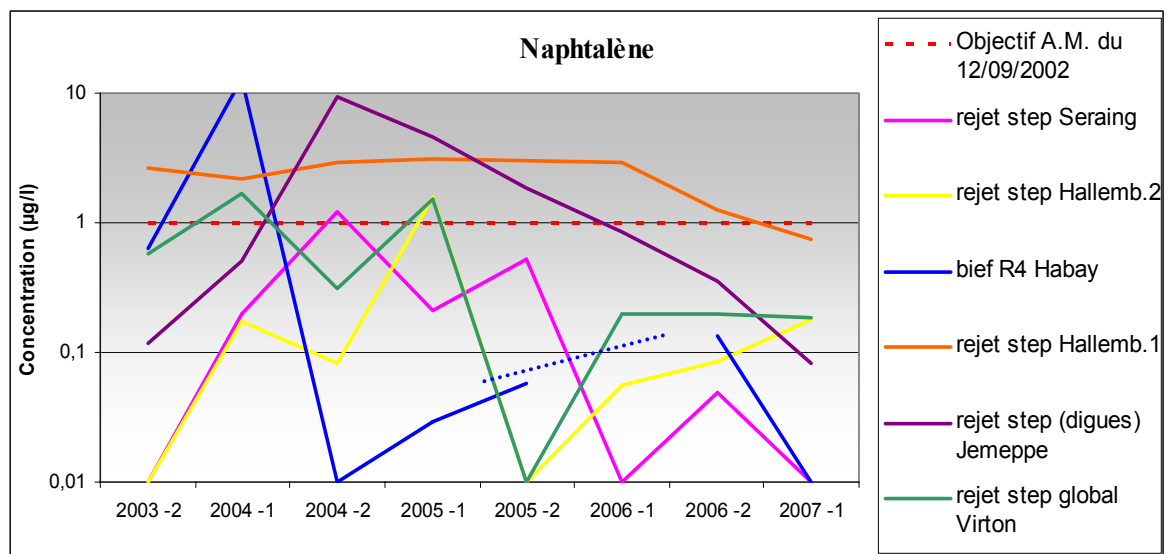


Graphe 21 : Naphtalène – Dépassements de l'objectif légal

Parmi les résultats analytiques des rejets, on constate quinze dépassements de cet objectif réparti comme suit :

- **Le rejet STEP de Hallembaye 1** montre des dépassements lors des sept premières campagnes. Cette lacune du système d'épuration s'explique probablement par la moins bonne efficacité des membranes osmotiques pour les molécules apolaires de faibles dimensions. Toutefois la concentration en HAP – et particulièrement en naphtalène – est en diminution depuis mars 2005 dans ce rejet ; la dernière campagne de prélèvements n'a plus montré de dépassement.
- **Le rejet STEP de Jemeppe-sur-Sambre** dépasse l'objectif de qualité de septembre 2004 à septembre 2005.
- **Le rejet global de Virton** dépasse l'objectif en mars 2004 et mars 2005.
- **Le bief R4 (Habay)** dépasse l'objectif en mars 2004.
- **Le rejet STEP de Seraing** dépasse en septembre 2004.
- **Le rejet de Hallembaye 2** dépasse en mars 2005.

Le graphe 22 représente, sur une échelle logarithmique, l'évolution des concentrations en naphtalène pour ces CET.



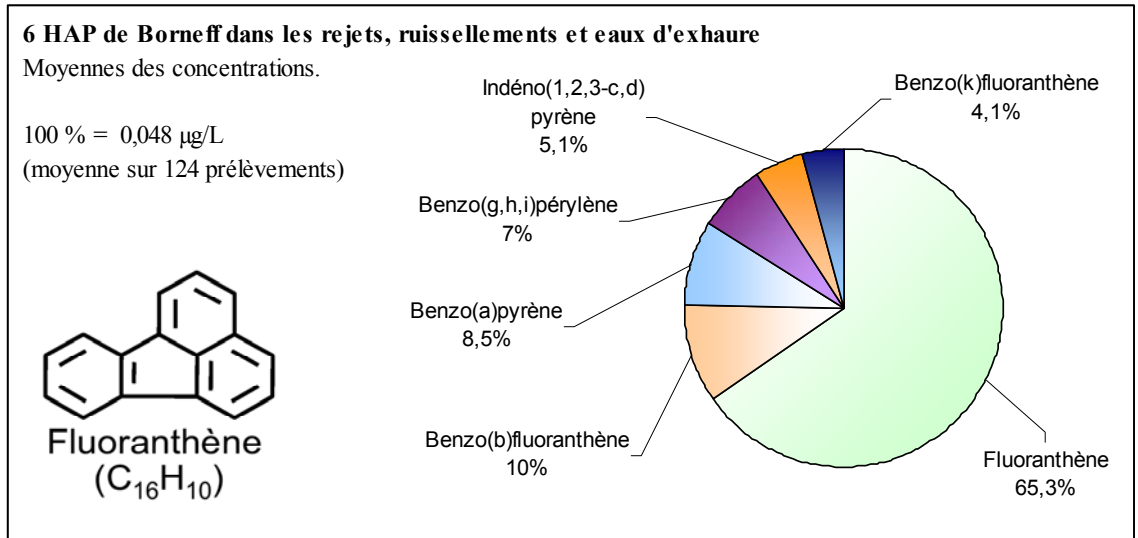
Graphe 22 : Naphtalène – Évolution temporelle des concentrations

Il n'y a, en tous cas, pas de tendance générale à la hausse. Jemeppe, Seraing, Virton et Hallembaye 1 semblent plutôt montrer une diminution des concentrations.

B. Les 6 HAP de Borneff

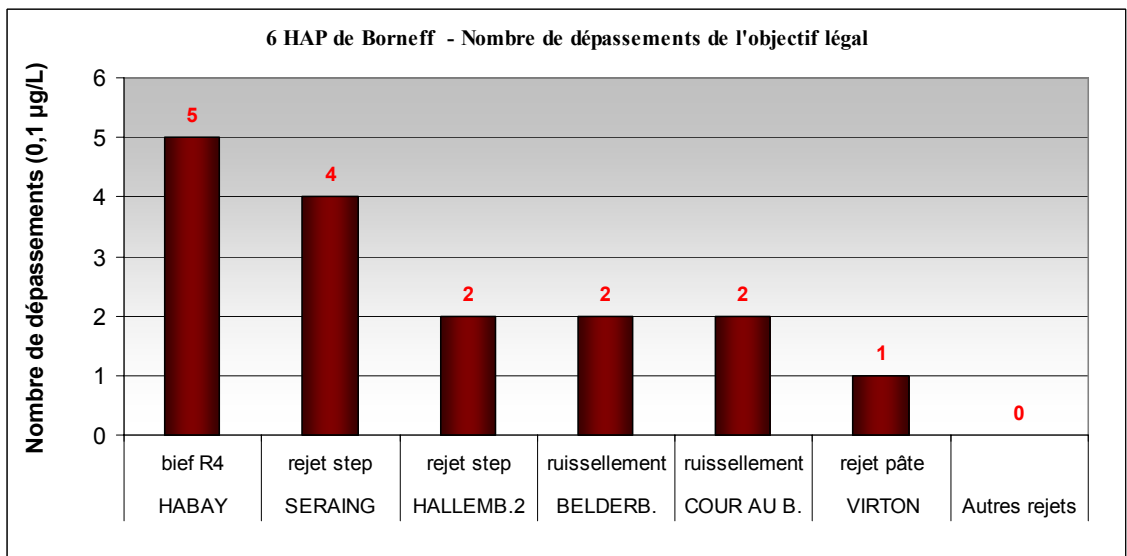
L'arrêté ministériel du 12 juillet 2002 définit un programme de réduction des émissions des 6 HAP de Borneff. Ce programme de réduction est assorti d'un objectif de qualité des eaux de surface, fixé à 0,1 microgramme par litre (0,1 µg/L) pour la somme de ces 6 HAP.

Au sein du groupe de Borneff, le fluoranthène est largement majoritaire. Il est, par ailleurs, le composé qui contribue au plus grand nombre de dépassements (voir graphe 23).



Graph 23 : 6 HAP de Borneff – proportions des 6 molécules

L'objectif fixé par la directive cadre est de 0,1 µg/L. Le graph 24 représente le nombre de dépassements de cet objectif durant la période d'étude.



Graph 24 : 6 HAP de Borneff – Dépassements de l'objectif légal

Seize dépassements de cet objectif ont été enregistrés, dont neuf dans les ruissellements, sept dans les rejets et un dans une eau de nappe. Ces dépassements sont répartis comme suit :

Le bief R4 (Habay) est un ruissellement intermittent de très faible débit qui rejoint le ruisseau de la Goutaine. Sur sept prélèvements au long de l'étude, les concentrations de cinq échantillons dépassent l'objectif prescrit. Faute d'installation de mesure adéquate, le débit du bief n'a pas été mesuré avant 2007. Il est à noter que l'exploitant s'est inscrit dans un processus d'amélioration continue concernant la gestion de cet effluent et reste, de ce fait, attentif à cette problématique (contrôle régulier de la qualité des eaux du bief - analyses DCO, NH₄). Le débit du bief est mesuré régulièrement depuis juin 2007.

Le rejet du CET de la Chatqueue (Seraing) a dépassé l'objectif de qualité pour quatre échantillons consécutifs, prélevés entre septembre 2004 et avril 2006. Depuis lors, les concentrations sont redescendues sous la norme.

Les analyses du **rejet STEP de Hallembaye 2** ont révélé deux dépassements de l'objectif, respectivement en octobre 2003 et en avril 2006.

Le ruissellement du CET de Belderbusch a dépassé l'objectif légal lors des deux prélèvements effectués en 2006. Ce ruissellement recueille des eaux pluviales ne venant pas du CET, il rejoint le rejet global avant le point de rejet dans le ruisseau de Belderbusch.

Le ruissellement du CET de Cour-au-Bois, présent lors de fortes pluies, n'a été prélevé qu'à deux reprises (mars 2004 et mars 2005). Lors de ces deux campagnes, la concentration des 6 HAP de Borneff dépassait la norme de 0,1 µg/L.

L'eau de nappe de Happe-Chapois a été échantillonnée à deux reprises lors de la seconde campagne de prélèvements, en avril et juillet 2004. Le premier échantillon présentait de fortes quantités de fluoranthène (0,4 µg/L) ; le second échantillon de cette eau n'a révélé la présence d'aucun des 6 HAP de Borneff. Le caractère contradictoire de ces deux analyses ne nous permet pas de conclure à une pollution.

Le rejet de la STEP pâte de Virton n'est pas un rejet en eaux de surface. Il est mélangé au rejet de la STEP papier avant déversement. Aucun dépassement de concentration n'a été observé dans ce rejet global.

Remarque : **L'eau de ruissellement de Malvoisin** a dépassé l'objectif légal en mars et septembre 2006. Cependant depuis 2005 ces eaux sont envoyées en STEP urbaine. Ces concentrations n'étant plus rejetées en eaux de surfaces, la comparaison aux normes n'est plus pertinente.

C. L'anthracène

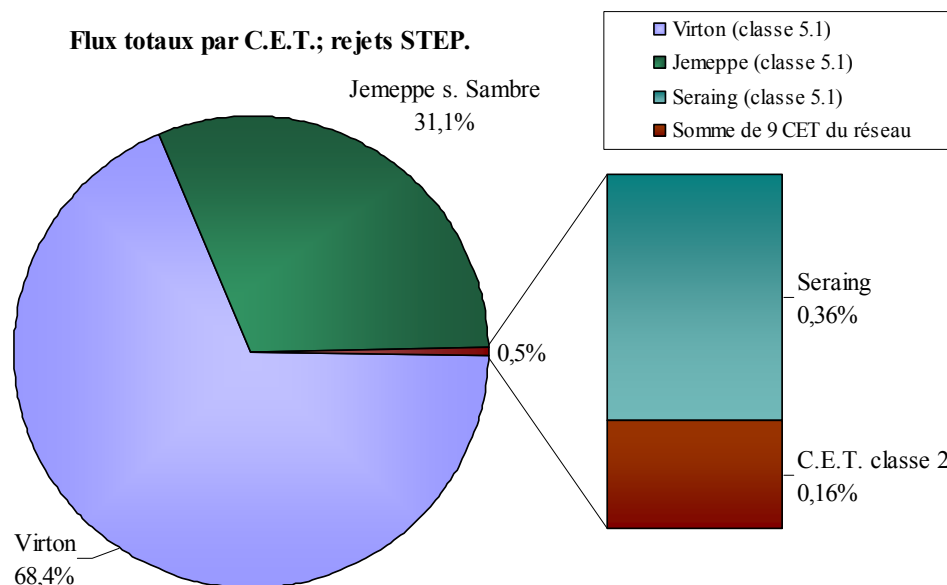
L'A.G.W. du 12/09/2002 et le Code de l'eau (entré en vigueur le 12/04/2005) ont inclus l'anthracène dans la liste des substances prioritaires pour la qualité des eaux de surface. La norme est fixée à 0,1 µg/l. Il s'agit d'une valeur à ne pas dépasser dans les eaux de surface (« cible ») qui peut servir de point de repère pour la qualité des rejets (« sources »).

Aucun dépassement de cette norme n'a été constaté dans les rejets des sites étudiés. Seuls deux échantillons montrent une concentration atteignant la moitié de la valeur autorisée.

5.3 Flux de HAP

5.3.1 Quantités de HAP par types d'exploitation

Les flux de HAP rejetés par les différents CET sont représentés en proportions au Graphe 25. Ce dernier prend en compte tous les CET à l'exception de ceux qui font traiter leurs percolats hors-site (MSG, MOR, MAL). Pour les sites de Virton et Jemeppe les rejets épurés incluent les eaux de process en plus des rejets de l'activité CET proprement dite.



Graphe 25 : Flux de HAP rejetés, par sources

Dans les quantités de HAP rejetées, la contribution des CET de déchets ménagers relève d'un ordre de grandeur inférieur à la contribution des CET industriels. Deux facteurs au moins concourent à ce résultat :

- **Les débits** des sites industriels sont nettement plus élevés ; ainsi, à concentrations comparables dans les effluents, les quantités rejetées sont beaucoup plus grandes.
- **Les procédés d'épuration** spécifiques de l'abattement des matières organiques (épuration biologique, charbon actif), mis en œuvre dans les CET de classe 2, montrent une grande efficacité dans l'abattement des HAP. Par contre, les STEP des sites industriels étudiés ne sont pas équipées de ces installations spécifiques ; leur efficacité est moindre.

Le tableau 7 reprend les flux relatifs de HAP dans les percolats pour les différents systèmes d'épuration des sites étudiés, ainsi que les proportions des flux de HAP rejetés.

Traitements des flux :	PERCOLATS	REJETS
Pas d'épuration spécifique (cl.5.1)	97,2 %	99,88 %
Osmose	0,3 %	0,10 %
Adsorption sur charbon actif	1,9 %	0,02 %
Effluents traités en STEP urbaines	0,6 %	—
	100 %	100 %

Tableau 7 : Flux et process d'épuration

Parmi les CET de classe 2, la plus grande part du percolat est traité par des STEP munies de charbon actif ; elles laissent passer très peu de HAP.

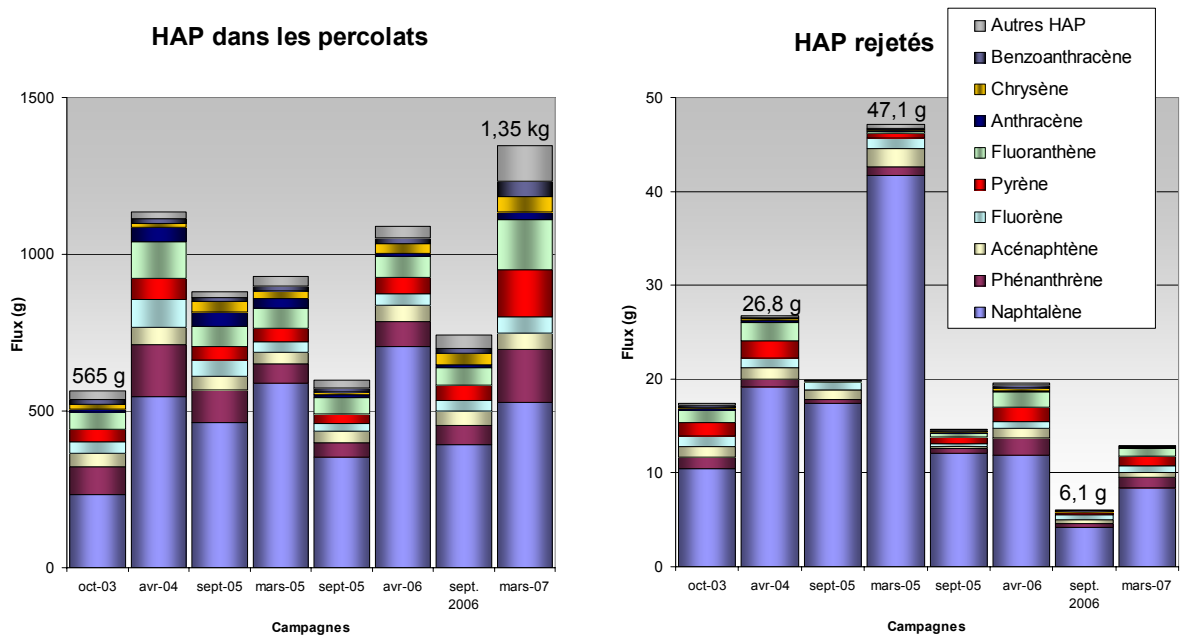
5.3.2 Variations temporelles des flux

Dans le domaine d'étude, les observations permettent de distinguer les CET de classes 2 et 5 dans la plupart des paramètres étudiés. Dans l'examen des flux, ces deux types de sources doivent être observés séparément.

A. Considérant les CET de classe 2 dotés d'une STEP

Les variations, au cours de la période d'étude, de ces flux pour les CET de classe 2 sont représentées au graphe 26. Pour la réalisation de ce graphique :

- le CET de Champ de Beaumont, dont la STEP n'était pas opérationnelle avant 2005, est absent pour les 3 premières campagnes, tant pour les percolats que pour les rejets ;
- les concentrations dans le percolat vieux de Belderbusch lors de la seconde campagne (échantillon non prélevé) ont été remplacées par une estimation (moyenne des 7 autres valeurs) ;
- les volumes de Cour-au-Bois pour la première campagne, non mesurés, ont été remplacés par une moyenne des volumes des 3 campagnes suivantes.



Graphe 26 : Variations des flux semestriels des CET de classe 2

- Les flux de HAP entrant dans les STEP (percolats) varient entre 565 g et 1350 g par semestre.
- Les flux de rejets épurés varient entre 6 g et 30 g par semestre, à l'exception de la 4^e campagne (avril 2005, suite à une forte augmentation dans les rejets de Hallembaye) où 47g de HAP sont rejetés dont 88,6 % de naphtalène.

Dans les percolats, on ne remarque pas de tendance globale à la hausse ou à la baisse au cours de l'étude. Par contre, on observe une alternance saisonnière : fortes concentrations au printemps et concentrations moindres en automne.

Cette alternance est également observable sur les rejets, avec une apparente diminution des flux mesurés dans la seconde moitié de l'étude par rapport à la première. Ceci pourrait être le résultat d'une amélioration de l'efficacité des STEP, et en particulier du rejet d'Hallembaye 1 dont la qualité s'est fortement améliorée depuis 4 campagnes.

B. Considérant les CET de classe 5.1

Les digues du site de **Jemeppe** rejettent un débit très constant et très élevé d'eaux "épurées". Pour des raisons inexplicables, les concentrations, par contre, fluctuent de plusieurs ordres de grandeurs (de 0,14 à 9,5 µg/l). Des fluctuations de compositions tout aussi fortes sont observées sur les eaux entrant dans les bassins, mais elles ne correspondent pas toujours à celles des rejets. Il est donc hasardeux de tirer des conclusions en termes d'évolution temporelle des flux sur ce site, la fréquence d'échantillonnage n'est manifestement pas adaptée pour appréhender une composition aussi fluctuante. Malgré tout, cette étude permet d'affirmer que les digues de Jemeppe génèrent à tout moment, un flux de HAP relativement beaucoup plus grand que les CET classiques.

A **Virton**, le débit du rejet global est également stable et élevé. Par contre, les concentrations en HAP fluctuent fortement (de 0,01 à 0,70 µg/L pour le percolat CET et de 0,06 à 1,84 µg/L dans les rejets). A l'examen des valeurs de rejet global, il semble que le flux total ait diminué de manière significative depuis 2005 (facteur 10 environ). Cette apparente amélioration est principalement due à une diminution de l'apport "process" (rejet global de débit similaire mais moins chargé en HAP) lors des quatre dernières. La contribution purement CET ne montre, quant à elle, pas d'autre tendance que les variations saisonnière observée sur les CET de classe 2.

Comme à Jemeppe, il est difficile d'interpréter les variations temporelles de flux de manière plus spécifique. Si l'on dispose des concentrations dans les différents liquides "à épurer", on ne possède qu'un point de rejet épuré après mélange (CET + pâte). Les deux composants varient, en débit et en concentration, de manière indépendante : le premier avec les précipitations, le second en fonction de la production. La variation globale en sortie est donc le résultat combiné de deux variations en entrée, parfois antagonistes, et de variations d'efficacité d'épuration.

A **Seraing-Chatqueue**, le débit rejeté varie, comme ceux des zones d'enfouissement de classe 2, avec la pluviométrie locale. Les volumes rejetés sont plus élevés que pour ces derniers mais c'est probablement dû à la grande superficie du terri de la Chatqueue (37 ha). Les concentrations dans les percolats ont montré une tendance nette à la hausse pendant les 7 premières campagnes pour chuter brusquement au dernier prélèvement. Les concentrations dans les rejets n'ont pas suivi la même évolution, le pic de concentration est observé lors de la troisième campagne, et une nette tendance à la baisse est constatée depuis lors. Cela tend à montrer que la station d'épuration, bien que non équipée d'une unité spécifiquement active pour les hydrocarbures, a un effet significativement bénéfique sur la qualité du rejet. Il est possible que l'amélioration amorcée en mars 2005 soit le résultat d'une bonne gestion de la STEP (maintenance).

6 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

6.1 Conclusions

L'Arrêté Ministériel wallon du 12 juillet 2002 établit un programme de réduction de la pollution des eaux générée par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). En application de cet arrêté, la Division de l'Eau a entrepris un vaste programme d'étude des HAP dans les rejets d'eaux usées, structuré en trois volets dont l'un est consacré aux centres d'enfouissement technique (CET).

Dans le cadre de cette étude, deux types de CET ont été approchés. Ils se distinguent par un ensemble de caractéristiques légales et techniques. Cette variabilité conduit à la production d'effluents de différentes origines, de différentes natures et, in fine du point de vue des HAP, de compositions différentes :

- **Les CET de classes 2**, où sont enfouis des déchets ménagers, sont des entités (une quinzaine en Wallonie) répondant à des impositions légales et à des modes de gestion relativement cohérents. La majeure partie de ces CET sont intégrés à cette étude.
- **Les CET de classe 5.1**, où sont enfouis des déchets industriels dangereux non toxiques, à usage exclusif d'un producteur identifié, sont des centres d'enfouissement annexes à un processus industriel dont ils héritent les qualités et les quantités de leurs flux entrants.

Les trois CET de classe 5.1 en activité en Région wallonne ont été inclus au domaine d'étude. Les rejets de deux de ces CET (Jemeppe et Virton) sont, exclusivement pour le premier et majoritairement pour le second, des eaux usées par le process industriel. Cela conduit à les exclure d'un inventaire de flux spécifique au secteur industriel d'enfouissement des déchets.

Cette étude n'englobe pas les autres catégories de CET :

- Les centres d'enfouissement technique de classe 5.2 (déchets industriels non dangereux) ;
- les CET dédiés exclusivement aux déchets inertes (classes 3 et 5.3), supposés exempts de matières organiques ;
- les CET de classe 4 contenant les matières enlevées du lit et des berges des cours et plans d'eau du fait de travaux de dragage ou de curage.

Il n'existe actuellement aucun CET de classe 1 en Région wallonne.

6.1.1 Émissions des CET de classe 2

La composition des **percolats produits en classe 2** est inconstante. Les CET examinés diffèrent par leurs aménagements, la nature et la provenance des déchets entrants, leur âge et leurs méthodes d'exploitation. L'hétérogénéité des résultats qui en résulte ne permet pas de comparer les sites entre eux. Les compositions des percolats récoltés dans cette étude sont comparées aux références citées dans la littérature ^{[1],[13]}.

Le profil des percolats produits en Région wallonne par les CET de classe 2 montre, pour 14 des 15 HAP étudiés, des concentrations très faibles par rapport aux percolats étudiés par Shridharan & Didier ou Andreottola. Seul le naphtalène atteint des concentrations comparables à celles mesurées par ces auteurs. Étonnamment, nos recherches bibliographiques n'ont pas permis de trouver d'autres publications internationales donnant ce type d'information.

La plupart des HAP sont très bien abattus par les **installations d'épuration** des CET de classe 2. De 95 % à 100 % des quantités entrantes sont éliminées par fixation dans les boues, par

digestion biologique, par adsorption sur charbon actif ou par rétention dans les concentrats de filtration. Néanmoins, le naphthalène ainsi que, dans une moindre mesure, le fluorène et le phénanthrène ne sont pas toujours aussi efficacement éliminés, sauf en présence d'une unité d'adsorption sur charbon actif en fin de chaîne d'épuration.

A l'heure actuelle, en Région wallonne, il n'existe aucun seuil que doivent respecter les concentrations en HAP mesurées sur **les rejets de station d'épuration (rejets STEP) des CET**. L'Arrêté du Gouvernement wallon du 12 septembre 2002 (MB du 27/10/2002) définit, quant à lui, des objectifs pour les eaux de surface, et donc aussi les cours d'eau auxquels se mélangent les rejets :

- Naphtalène : 1 µg/L ;
- Anthracène : 0,1 µg/L ;
- 6 HAP de Borneff : 0,1 µg/L pour la somme des concentrations des 6 molécules.

Ces valeurs ne doivent être respectées que "à l'immission", soit après mélange du rejet avec l'eau du cours d'eau encaissant. Elles ne sont donc pas directement applicables aux eaux rejetées. Elles sont cependant **les seules disponibles**. Elles servent donc, dans cette étude, de point de référence pour évaluer la charge en HAP des rejets, mais **la comparaison est purement indicative et ne peut pas être utilisée pour conclure à un excès de HAP** dans un rejet ou pour estimer son impact réel sur la qualité du ruisseau encaissant.

Sur les 15 HAP étudiés, seuls 6 sont régulièrement présents dans les **rejets STEP des CET de classe 2** : le naphthalène, le fluoranthène, le phénanthrène, le fluorène, l'acénaphthène et le pyrène.

Le naphthalène est le principal HAP produit et le moins complètement épuré. Il est léger, soluble, volatil franchit les membranes de filtration. En somme, il est le plus problématique. Il a d'ailleurs quelquefois dépassé, sur un seul site et de manière non constante, le seuil légal à l'immission.

Les 6 HAP de Borneff^(*) sont parfois détectés en concentrations non négligeables. Ils ont sporadiquement, sur un seul (autre) site et de manière non constante, dépassé le seuil légal à l'immission. En moyenne, la somme de leurs concentrations reste inférieure à 0,05 µg/L, soit à la moitié du seuil légal à l'immission. Parmi les 6 molécules, le fluoranthène est majoritaire.

En résumé, ces deux paramètres ont montré sporadiquement, sur certains sites uniquement et pas de manière constante, des concentrations que l'on peut qualifier de significatives. L'étude a permis de montrer qu'en moyenne, les concentrations mesurées dans les rejets épurés de CET de classe 2 sont très faibles (<0,1 µg/l), voire négligeables (inférieures au seuil de détection du laboratoire).

La qualité des rejets durant les 4 années d'étude n'a, en tous cas, pas montré de dégradation. Sur certains sites, on remarque même une tendance à la diminution des teneurs.

(*) Les 6 HAP de Borneff : Benzo(a)pyrène ; Benzo(b)fluoranthène ; Benzo(g,h,i)pérylène ; Benzo(k)fluoranthène ; Fluoranthène ; Indeno(1,2,3-c,d)pyrène.

6.1.2 Émissions des CET de classe 5

Les CET industriels produisent des eaux usées dont le débit et la charge en HAP dépendent des quantités de déchets stockés et, surtout, des procédés de production utilisés.

Dans les 3 CET étudiés, la concentration moyenne en HAP dans les **eaux avant traitement** est du même ordre de grandeur que celle observée dans les percolats de CET de classe 2. Le naphthalène y est, également, fortement prédominant (85 % de la masse des HAP). C'est en termes de volumes rejetés que la différence se marque. A eux seuls, Virton et Jemeppe produisent mensuellement 2.270.000 m³ d'eau, pour seulement 30.000 m³ en provenance de l'ensemble des CET de classe 2, soit un rapport de 70 pour 1.

En moyenne, les CET industriels étudiés présentent un rendement légèrement inférieur. Le taux d'épuration moyen varie de 45 % à 83 % selon le HAP considéré ; pour chaque HAP ce taux est inférieur à celui des CET de classe 2.

Sur les 15 HAP étudiés, seuls 7 sont régulièrement présents dans les **rejets** : le naphthalène, le fluoranthène, le phénanthrène, l'acénaphthène, le pyrène, le benzoanthracène et le chrysène.

Comme dans le cas des CET de classe 2, le naphthalène est le principal HAP produit et le moins épuré. Les 6 HAP de Borneff sont présents en concentrations non négligeables ; parmi eux, le fluoranthène est largement prédominant.

6.1.3 Flux

En termes de flux, les seuls deux sites de classe 5 avec rejets d'eau de process (Virton et Jemeppe) rejettent en moyenne entre 25 et 30 kg de HAP par an dans les eaux de surface. En comparaison, le flux total rejeté par l'ensemble des CET de classe 2 équipés d'une STEP peut être considéré comme négligeable (moins de 50 grammes par an pour la somme des 9 sites).

6.2 Limitations

Il est important de rappeler, au stade des conclusions, le **caractère très approximatif de la méthode employée pour le de calcul des flux** dans cette étude. Idéalement, il aurait fallu calculer des sommes et des moyennes temporelles de flux mesurés en continu. Cette méthodologie de travail aurait nécessité de connaître les valeurs de concentration en continu, ou au minimum à des intervalles de temps rapproché. Vu qu'il n'existe pas de sonde permettant une mesure précise en continu et vu les coûts exorbitants d'analyses régulières en laboratoire l'ISSeP ne dispose pas de ces concentrations. Dans cette étude, on a donc appelé « flux » le produit des débits semestriels (quantité totale d'eau rejetée durant un semestre) par des concentrations ponctuelles mesurées une seule fois par semestre. Étant donné les variations, supposées significatives, de concentrations à une échelle de temps plus petite, cette méthode ne peut donner qu'une estimation très grossière du flux réel.

Comme expliqué au chapitre 3.5.1, il n'existe pas de norme à l'émission pour les rejets de CET. Le seul point de comparaison concerne des valeurs fixées pour les eaux de surface, à l'immission donc. **L'estimation de l'impact réel sur l'environnement aquatique implique une prise en compte du rapport entre le flux rejeté et les débits des cours d'eau encaissants.** Dans le cadre plus général du réseau de contrôle, des mesures de concentrations à l'immission, en amont et en aval des points de rejet sont réalisées régulièrement, mais uniquement pour les CET de classe 2. Les résultats de ces contrôles sont publiés sur le site internet du réseau. Depuis le début de la surveillance, en ce qui concerne les HAP, aucun impact significatif d'un CET sur la qualité d'un cours d'eau encaissant n'a pu être mis en évidence.

Cette étude ne prend en compte que les flux de HAP entrant directement dans les eaux de surface via les rejets épurés des STEP. Ces dernières ne dégradent pas, ou très peu, les HAP :

elles ne font que les retenir. Les molécules polycycliques se retrouvent majoritairement soit adsorbées sur les charbons actifs ou à des panicules de boue soit en solution dans les concentrats de filtration. Le devenir ultérieur de ces HAP retenus par les STEP ne fait pas l'objet de ce rapport, il est possible qu'une partie de ces derniers retournent vers les eaux de surface en fonction de la filière que vont suivre les déchets solides, liquides ou boueux sortant des STEP « par l'autre côté ».

Enfin, les rejets finaux des CET non équipés d'une STEP industrielle, sont envoyés en STEP urbaines et ne sont pas chiffrés dans ce rapport. Ils relèvent du volet « stations d'épuration urbaines » de l'étude HAP, volet qui a été confié à d'autres services compétents en la matière.

6.3 Perspectives : mesures de réductions

L'Arrêté Ministériel du 12 juillet 2002 instaurant cette étude, préconise « la rédaction d'un projet de liste des mesures concrètes à prendre pour réduire les émissions de HAP et les modalités de mise en œuvre ».

L'application des « meilleures technologies disponibles » à l'épuration des percolats de CET de classe 2 pourrait, probablement, dans certains cas particuliers, amener une réduction supplémentaire des quantités de HAP arrivant en eau de surface. Cependant, la portée de toute mesure concrète qui pourrait être imaginée, n'aura probablement qu'un effet négligeable sur la qualité des eaux de surface :

- Négligeable parce que, déjà à l'heure actuelle, l'impact des rejets sur la qualité de l'eau des ruisseaux encaissants est trop faible pour être mesurable ;
- Et négligeable parce que d'autres secteurs industriels rejettent des quantités de HAP tellement plus élevées que l'élimination, même totale, des flux provenant du secteur de l'enfouissement des déchets reviendrait à soustraire une proportion infime du rejet industriel global.

Quant à une diminution des flux provenant des CET de classe 5.1, il est possible qu'elle puisse être obtenue par des mesures concrètes au niveau du traitement des eaux. Mais, étant donné que la majorité du flux est générée par les process eux-mêmes et non par l'enfouissement de déchets, ces mesures relèvent plutôt du secteur de l'industrie productive. Les éventuelles décisions devraient donc être prises à ce niveau.

En ce qui concerne les deux secteurs industriels ayant fait l'objet d'un contrôle dans cette étude (production de papier et industrie plastique), les actions que l'on pourrait prendre sur le traitement des eaux en fin de chaînes seraient probablement très onéreuses. Il s'agit en effet d'épurer de grandes quantités d'eau peu chargées. A priori, il semblerait judicieux, avant toute action au niveau du traitement, d'étudier des solutions visant à réduire soit le volume d'eau utilisée dans le process, soit la quantité de HAP émise par le process dans les eaux.

Au final, il faut également tenir compte, dans le cas de sites industriels, de la spécificité de chaque activité, voire de chaque unité de production. Il est peu probable que des mesures identiques puissent s'appliquer à tous les secteurs. Il semble plus adéquat d'étudier au cas par cas chaque situation particulière.

7 BIBLIOGRAPHIE

7.1 Références scientifiques

- [1] **Andreottola G. and Cannas P. (1997)** *Chemical and biological characteristics of landfill leachate. in Landfilling of waste : leachate.* pp 65-88 ; edited by Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R. (1997) ; Ed. : Chapman & Hall, London ; 520 p ; ISBN 0 419 161406
- [2] **Donohue, J.M. (2003).** *Health Effects Support Document for Naphthalene*, EPA.
- [3] **El-Masri, H., Mumtaz, M., Todd, G.D., McClure, P., Singh, M. (2003).** Draft *Toxicological Profile for Naphthalene, 1-Methylnaphthalene, and 2-Methylnaphthalene*, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR).
- [4] **Holland, M.R., Jones, H.H., Berdowski, J., Bleeker, A., Visschedijk, A.J.H. (2001).** Economic Evaluation of Air Quality Targets for PAHs. AEA Technology/TNO, Final report for European Commission DG Environment.
- [5] **IARC (International Agency for Research on Cancer),** Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Polynuclear Aromatic Compounds. Lyon. Part 1, volume 32. (1983).
- [6] **INERIS, Les substances dangereuses prioritaires de la directive cadre sur l'eau, rapport final, 2004.**
- [7] **INERIS, Données technico-économiques sur les substances chimiques en France – Naphtalène, 2006.**
- [8] **ISO 17993 (2002)** Norme internationale relative à la *qualité de l'eau - Dosage de 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau par HPLC avec détection par fluorescence après extraction liquide-liquide*
- [9] **JRC (Joint Research Centre) 2003,** European Chemicals Bureau, *European Union Risk Assessment Report: naphthalene.* 1st Priority List, Volume 33, 2003.
- [10] **LCPE : Loi Canadienne sur la Protection de l'Environnement, Liste des substances d'intérêt prioritaire-Rapport d'évaluation-Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (1994),** 69p.
- [11] **Ministère de la Région wallonne, DGRNE (2000) – État de l'environnement wallon –** <http://environnement.wallonie.be/eew2000/eau/eaue7.htm>
- [12] **Palayer, J., Degardin, P., Lohest, P., Mourey, V., Pereira-Ramos, L. (1997).** *Le point sur les Hydrocarbures aromatiques polycycliques*, Agence de l'eau Seine-Normandie, Direction de la recherche et des études sur l'agriculture et les milieux, service environnement.
- [13] **Shridharan, L. & Didier, P. (1988).** *Leachate quality from containment landfills in Winsconsin.* ISWA 88 Proceedings, ed. L. Andersen & J. Moller, Vol. 2. Academic Press, London.

7.2 Rapports ISSeP / Réseau de contrôle des CET en Région wallonne

- [14] **Collart C., Dengis P. (2002) — CET de Mont-Saint-Guibert, deuxième campagne de contrôle** — septembre - octobre 2001, rapport ISSeP n° 462/2002.
- [15] **Collart C., Dengis P. (2002) — CET de Hallembaye, deuxième campagne de contrôle** — février - avril 2002, Rapport ISSeP n° 930/2002.
- [16] **Collart C., Dengis P. (2002) — CET de Cour-au-Bois, deuxième campagne de contrôle** — octobre 2002 – juin 2003, Rapport ISSeP n° 956/2003.
- [17] **Collart C., Dengis P. (2002) — CET de Champ de Beaumont, première campagne de contrôle** — juin - juillet 2002, Rapport ISSeP n° 40/2003.

- [18] **Collart C., Dengis P. (2003)** — *CET de Cronfestu, rapport de contrôle, phase de réhabilitation : état de lieu des travaux* — avril 2003, rapport ISSeP n° 390/2003.
- [19] **Collart C., Dengis P. (2004)** — *CET de Froidchapelle, deuxième campagne de contrôle* — mars - juin 2003 Rapport ISSeP n° 130/2004.
- [20] **Collart C., Dengis P. (2004)** — *CET de Belderbusch, deuxième campagne de contrôle* — mai 2003 - janvier 2004, rapport ISSeP n° 01294.
- [21] **Collart C., Kheffi A., Lebrun V., Dengis P.** — *CET de Mont-Saint-Guibert, troisième campagne de contrôle* — Septembre 2005 - Rapport ISSeP n° 895/2006.
- [22] **Collart C., Lebrun V., Kheffi A., Maquinay J.Cl.** — *CET de Hallembaye, troisième campagne de contrôle* — Rapport ISSeP n° 0837/2007.
- [23] **Collart C., Kheffi A., Dengis P.** — *CET de Champ de Beaumont, deuxième campagne de contrôle* — Mars-juin 2004 Rapport ISSeP n° 01525.
- [24] **Lebrun V., Kheffi A., Collart C., Dengis P.** — *CET de Chapois, première campagne de contrôle* — Rapport ISSeP n° 0897/2006.
- [25] **Kheffi A., Collart C., Lebrun V., Maquinay J.Cl.** — *CET de Tenneville, première campagne de contrôle* — Rapport ISSeP n° 918/2006.
- [26] **Lebrun V., Kheffi A., Collart C., Dengis P.** — *CET de Habay, première campagne de contrôle* — Rapport ISSeP n° 1480/2006.
- [27] **Lebrun V., Kheffi A., Collart C., Maquinay J.Cl.** — *CET de Malvoisin, première campagne de contrôle* — Rapport ISSeP n° 279/2007.
- [28] **Lebrun V., Kheffi A., Collart C., Maquinay J.Cl.** — *CET de Morialmé, première campagne de contrôle* — Rapport ISSeP n° 0274/2007.
- [29] **Ministère de la Région wallonne, DGRNE**, site internet du réseau de contrôle des centres d'enfouissement technique - <http://environnement.wallonie.be/data/dechets/cet/>.

Rapport rédigé par :

V. Lebrun

Attaché,

Cellule Déchets & SAR

O. le Bussy

Gradué,

Cellule Déchets & SAR

V. Salpéteur

Responsable,

Cellule Déchets & SAR

Avec la collaboration technique et scientifique de :

C. Collart

Attachée,

Cellule Déchets & SAR

A. Kheffi

Attaché,

Cellule Déchets & SAR

Th. Laloux

Attaché,

Cellule Déchets & SAR