

CONSORTIUM POUR L'ASSAINISSEMENT DE  
LA DECHARGE DE LA PILA  
SYNTHESEBERICHT

UNTERSUCHUNGEN PER MITTE 2011

Deutsche Übersetzung (massgebend ist ausschliesslich der französische Originaltext)

Freiburg, 29. Juni 2011  
FR2706.900

**CSD INGENIEURS SA**

Chantemerle 37 - Granges-Paccot

Case postale 384

CH-1701 Fribourg

t +41 26 460 74 74

f +41 26 460 74 79

e [fribourg@csd.ch](mailto:fribourg@csd.ch)

[www.csd.ch](http://www.csd.ch)

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1.</b>	<b>AUSGANGSLAGE UND RÜCKBLICK</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>5</b>
2.1	Historische Untersuchung	5
2.1.1	Arbeitsschritte	5
2.1.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie	5
2.2	Technische Untersuchung	5
2.2.1	Arbeitsschritte	5
2.2.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie	5
2.3	Detailuntersuchung	5
2.3.1	Arbeitsschritte	5
2.3.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie	6
2.4	Geostatistische Modellierung der Deponie-Kontamination	6
2.4.1	Arbeitsschritte	6
2.4.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie	6
2.5	Hydrogeologische und numerische Modellierung	7
2.5.1	Arbeitsschritte	7
2.5.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie	7
<b>3.</b>	<b>KENNTNISSE BEZÜGLICH DES STANDORTES</b>	<b>8</b>
3.1	Geologischer Kontext	8
3.1.1	Allgemeine Beschreibung	8
3.1.2	Merkmale des Standorts	8
3.2	Hydrogeologie	10
3.2.1	Allgemeine Beschreibung	10
3.2.2	Hydraulische Merkmale der Saane	10
3.2.3	Piezometrie	11
3.3	Die wichtigsten nachgewiesenen Schadstoffe	13
3.3.1	Schadstoffspektrum	13
3.3.2	Konzentrationen	14
3.4	Quantifizierung der Belastung und Verteilung auf dem Standort	14
3.4.1	Kategorien von PCB-Gehalten	14
3.4.2	Die wichtigsten ermittelten Belastungsherde	15
3.4.2.1	Verteilung auf dem Standort	15
3.4.2.2	Obere Zone der Deponie	17
3.4.2.3	Untere Zone der Deponie	18
3.4.2.4	Gerinne der Saane	18
3.5	Ursprung der PCB-Belastung	18
3.6	Mechanismen der Schadstoffverbreitung	19
3.6.1	Freisetzung und Grundwasserströme	19
3.6.1.1	Exfiltration der Schadstoffe durch das Grundwasser	20
3.6.1.2	Transport von partikelförmigem Material infolge der Deponie-Erosion	21

3.6.2	Geschiebetransport	21
<b>4.</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	<b>22</b>
4.1	Überwachung und Monitoring	22
4.2	Sofort- und vorbereitende Massnahmen für die Sanierung	22
4.2.1	Sofortmassnahmen	22
4.2.2	Vorbereitende Massnahmen für die Sanierung	23
4.3	Sanierungsprojekt gemäss AltIV	23

## LISTE DER TABELLEN

Tabelle 3-1	: Volumina der Deponie und der unteren Schichten – bestehende Materialien	9
Tabelle 3-2	: Wöchentliche Grundwasserströme, mit Hilfe des hydrogeologischen Modells berechnet	10
Tabelle 3-3	: Statistische Zusammenfassung der geschätzten Materialvolumina für jede der 6 Klassen mit PCB-Gehalten für eine Masche von 8 m <sup>3</sup>	15

## LISTE DER ABBILDUNGEN

Abbildung 3-1	: Schema des geologischen Profils	8
Abbildung 3-2	: Schwankung des Pegels der Saane oberhalb der Wasserkraftanlage von Hauterive	11
Abbildung 3-3	: Piezometrische Karte am Schluss eines Zeitraums mit Turbinierung	12
Abbildung 3-4	: Piezometrische Karte am Ende eines Wochenendes	13
Abbildung 3-5	: Graphische Verteilung der Materialien für die 6 Klassen mit PCB-Gehalten	15
Abbildung 3-6	: Lage der verschiedenen Sektoren	16
Abbildung 3-7	: Verteilung der PCB-Konzentrationen zwischen 569 und 573 m ü.M	17
Abbildung 3-8	: Beispiele von erkennbaren Abfällen aus Kondensatoren	19
Abbildung 3-9	: Mechanismen der Schadstoffverbreitung und der Grundwasserströme	20
Abbildung 3-10	: Grundwasserströme, welche aus dem numerischen Modell pro Sektor und für eine Standartwoche Turbinierung abgeleitet wurden und Ermittlung der PCB-Mengen, die über das Grundwasser exfiltrieren	21

## PRÄAMBEL

CSD bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes ermittelt wurden.

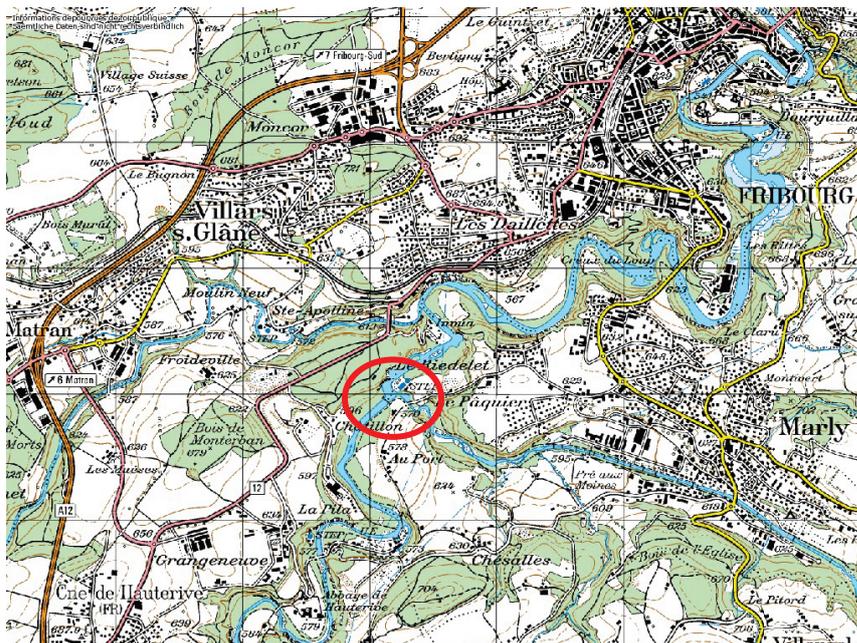
CSD geht davon aus, dass:

- ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden,
- von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird,
- die Arbeitsergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

Andernfalls lehnt CSD gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch CSD jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.

## 1. Ausgangslage und Rückblick



Der Standort La Pila, in der Gemeinde Hauterive im Südwesten der Stadt Freiburg, wurde in der Vergangenheit von der Gemeinde als Deponie für Hausmüll verwendet.

Infolge der Intervention vom 16. Dezember 2003 eines Generalrats der Stadt Freiburg wurden die ersten Abklärungen zu diesem Standort vorgenommen. Um die Art und Gefährlichkeit der in dieser ehemaligen Deponie gelagerten Abfälle und die möglichen

Sanierungsmassnahmen zu ermitteln, liess die Stadt Freiburg diesen belasteten Standort nach dem in der Bundesverordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (AltIV) vorgesehenen Verfahren in mehreren Etappen untersuchen.

Die Voruntersuchung, deren Ergebnisse im Bericht zur historischen Untersuchung (CSD/ 7.09.2004) und im Bericht zur technischen Untersuchung (CSD/ 27.01.2005) festgehalten wurden, ergab, dass dieser Standort sanierungsbedürftig ist. Die Detailuntersuchung, die in zwei Etappen durchgeführt wurde (Kampagne von 2006 und Bericht CSD/ 09.03.2007 sowie Kampagne 2008 und Bericht CSD/ 15.12.2008) zeigte das Ausmass der Belastung – namentlich durch PCB – des Standorts auf. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde im Frühjahr 2007 der Zustand der Kontamination der Fische in der Saane analysiert. Zudem beschloss der Oberamtmann per Beschluss vom 11. Dezember 2007, ein Zugangsverbot und Massnahmen zur Absperrung des Gebiets.

Weil die untersuchten Fische zu hohe cPCB-Werte<sup>1</sup> aufwiesen, verhängte der Staatsrat am 29. August 2007 ein Fischereiverbot für die Saane zwischen den Staumauern von Rossens und Schiffenen. Am 2. Oktober 2007 legte der Staatsrat in einem Beschluss die Organisation des Projekts zur Sanierung der ehemaligen Deponie La Pila fest.

Die Notwendigkeit die ehemalige Deponie La Pila zu sanieren wurde vom Amt für Umwelt in seinen Stellungnahmen vom 26. Januar 2009 und vom 3. März 2010 bestätigt. Dies basiert auf der detaillierten Untersuchung des gesamten Standorts (CSD, 15.12.2008) und den im 2009 geführten Studien und Untersuchungen.

Das Konsortium für die Sanierung La Pila, bestehend aus der Stadt Freiburg und dem Kanton Freiburg vertreten durch das Amt für Wald, Wild und Fischerei (Grundstückseigentümer), hat am 2. Juni 2010 dem Büro CSD INGENIEURS SA das Mandat zur Erstellung des Sanierungsprojekts gemäss AltIV erteilt.

<sup>1</sup> Massgebend ist der Summengehalt von Dioxinen (PCDD), Furanen (PCDF) und dioxinähnlichen oder coplanaren PCB (cPCB); die Grenze liegt bei 8 Pikogramm TEQ (Toxizitätsäquivalente) pro Gramm Frischgewicht und entspricht dem seit dem 4. November 2006 in Europa geltenden zulässigen Höchstgehalt. Die in der Nähe der Deponie La Pila gefangenen Forellen wiesen Werte von bis zu 96 Pikogramm pro Gramm auf. Seit dem 1. Januar 2009 gilt der europäische Höchstgehalt in der Schweiz als Toleranzwert (Produkte, die diesen Wert überschreiten, dürfen nicht verkauft werden)

## 2. Durchgeführte Untersuchungen

### 2.1 Historische Untersuchung

#### 2.1.1 Arbeitsschritte

In dieser ersten Untersuchungsphase wurden archivierte Dokumente sowie Berichte von Untersuchungen analysiert, die in der Nähe der Deponie durchgeführt wurden oder die die Wasser- und Sedimentqualität der Saane zum Gegenstand hatten. Ausserdem wurden Luftaufnahmen (1968, 1974 und 1981) herangezogen.

#### 2.1.2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie

Die Stadt Freiburg nutzte den Standort La Pila zwischen 1952 und 1975 als Deponie für Hausmüll. Die Sedimentproben aus der Saane (unmittelbar unterhalb der ehemaligen Deponie), die im Rahmen von früheren Studien (2000 und 2001) für das Projekt der Verbrennungsanlage entnommen wurden, wiesen für bestimmte Schadstoffe wie die PCB vereinzelt hohe Werte auf.

Die historische Untersuchung zeigte die Verschmutzungsrisiken für Boden und Gewässer, die vom Standort ausgehen. So wurde im Bericht vom 6. September 2004 eine technische Untersuchung empfohlen, um das Ausmass der Verschmutzung zu ermitteln und die Notwendigkeit einer Überwachung oder Sanierung des Standorts festzulegen.

### 2.2 Technische Untersuchung

#### 2.2.1 Arbeitsschritte

Zwischen dem 20. und 25. Oktober 2004 wurden vier Sondierungsbohrungen mit Kernentnahme am Standort La Pila durchgeführt. Ziel war, den Untergrund zu analysieren und abzuklären, ob Grundwasser vorhanden ist oder nicht. Um die Belastungssituation festzulegen, wurden im Rahmen dieser Studie zwei Mischproben des Bodens, eine Probe des Alluviums und drei Wasserproben analysiert.

#### 2.2.2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie

Die technische Untersuchung zeigte, dass der Standort durch PCB und in geringerem Masse auch durch Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe belastet ist. Besonders das Eluat der Abfälle enthält PCB und Ammonium. Der Bericht vom 27. Januar 2005 kam zum Schluss, dass der Standort für den Schutz der Oberflächengewässer saniert werden müsse, da die Schadstoffe, die nachgewiesen werden konnten, aufgrund des ungenügenden Rückhalts oder Abbaus eine konkrete Gefahr darstellten.

Das genaue Ausmass der Verschmutzung sowie die Sanierungsziele und -dringlichkeit müssen in einer Detailuntersuchung bestimmt werden.

### 2.3 Detailuntersuchung

#### 2.3.1 Arbeitsschritte

Die Detailuntersuchung erfolgte in zwei Etappen: Aufgrund des Ausmasses der Belastung, das im Rahmen der ersten Etappe ermittelt wurde, wurden weitere Mittel für die Untersuchung eingesetzt, um

die Kontamination des Standorts und die daraus folgenden Umweltbelastungen präziser quantifizieren zu können.

**1. Etappe:** Zwischen dem 17. und 24. Februar 2006 wurden 3 Bohrungen und 29 Baggersondierungen realisiert, um 13 Bodenmischproben entnehmen und analysieren zu können. Am 8. Juli 2006 wurden 8 Wasserproben zur Analyse entnommen. Ausserdem wurden Druckaufnehmer zur Beobachtung des Wasserspiegels aufgestellt.

**2. Etappe:** Zwischen dem 15. April und dem 15. Juli 2008 wurden 39 Bohrungen durchgeführt; 3 davon fanden im Januar 2008 oberhalb der Deponie statt, um sicherzugehen, dass der nahegelegene Standort für Fahrende unverschmutzt ist. Es wurden 235 Feststoff-, 32 Wasser- und 10 Porenluftproben analysiert. Die Daten zur komplexen Hydrogeologie des Standorts wurden durch Pump- und Markerversuche sowie durch eine kontinuierliche Beobachtung des Grundwassers mittels automatischer Sonden ergänzt.

## 2.3.2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie

Die Detailuntersuchung hat das Ausmass der PCB-Kontamination aufgezeigt, welche mit den in der Deponie La Pila gelagerten Gewerbe- und Industrieabfällen (z.B. unterschiedliche Kondensatoren) in Verbindung steht. Diese Art von Abfällen findet sich in ganz bestimmten Zonen der Deponie in hoher Menge und Konzentration.

Gestützt auf die abgelagerten Abfallvolumen, den Verschmutzungsgrad und die Entsorgungsmöglichkeiten für die verschiedenen Materialien wurden die Abfallhauptgruppen definiert, die sich insbesondere in Bezug auf den PCB-Gehalt unterscheiden. Abfälle mit hohen PCB-Werten wurden an verschiedenen Stellen der Deponie – an der Oberfläche oder in der Tiefe – gefunden.

## 2.4 Geostatistische Modellierung der Deponie-Kontamination

### 2.4.1 Arbeitsschritte

Eine geostatistische Studie wurde aufgrund von Daten durchgeführt, welche anlässlich der technischen Untersuchungen im Deponiekörper und -saum erhoben wurden. Insgesamt wurden Analysen von mehr als 270 Materialproben ausgewertet um die räumliche Verteilung der Kontamination zu modellieren und daraus eine Klassierung von Stoffen pro Entsorgungsweg abzuleiten.

Die geostatistischen Methoden ermöglichen, ein Verteilungsmodell der Verschmutzung zu erstellen, welches die räumlichen Tendenzen auf den beobachteten Daten wiedergibt und die Unsicherheit zu quantifizieren, die dem Modell zugeordnet ist.

### 2.4.2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie

Ganz konkret soll die geostatistische Modellierung folgendes erbringen:

- Eine 3D-Kartographie der Klassierung von Stoffen pro Entsorgungsweg und eine Lokalisierung der Zonen wo die Fehlerrisiken der Klassierung erhöht sind. In diesen sogenannten „unsicheren“ Zonen, wird eine Sortierung der Stoffe gemäss einem entsprechenden Raster die Reduzierung der Stoffmengen ermöglichen, die aufgrund ihrer Belastung auf einen ungeeigneten Entsorgungsweg geschickt werden.
- Eine Schätzung der Volumina (oder Tonnage), welche jeder Stoffklasse (Entsorgungsweg) zugeordnet sind, versehen mit einer Quantifizierung der Genauigkeit.
- Empfehlungen über die Bedingungen der Stoffsortierung, je nach Belastung und Genauigkeitsstufe ihrer Klassierung.

## 2.5 Hydrogeologische und numerische Modellierung

### 2.5.1 Arbeitsschritte

Da die punktuellen Daten der piezometrischen Messungen nicht ausreichten um das hydrogeologische System bis in alle Einzelheiten zu verstehen, wurde im 2009 beschlossen, ein numerisches Abfluss- und Freisetzungsmodell der Schadstoffe des Mänders von La Pila zu realisieren.

Die Hauptziele dieser Modellierung waren folgende:

- die Grundwasserströme bis zur Gebietsgrenze zu ermitteln
- die hydrogeologischen Bedingungen zu präzisieren, welche wegen der Komplexität des Systems nicht intuitiv erfassbar sind
- die Schadstoffmengen zu ermitteln, welche in die Saane exfiltrieren

Die Software Feflow (V5.4), welche auf dem Finite-Elemente-Verfahren beruht, wurde zu diesem Zweck verwendet. Der ausgewählte Modelltyp ist ein Modell in zwei Dimensionen, transitorisch, horizontal und gesättigt. Die geologischen und hydrogeologischen Daten, welche im Rahmen der vorgängigen Untersuchungen eingeholt wurden dienten als Basis für diese Studie. Diese Daten wurden vor der Modellierungsphase präzisiert um so realitätsnah wie möglich zu sein.

Es wurden 4 Pumpversuche durchgeführt und ausgewertet um die Variationen der Durchlässigkeit und des Speicherkoeffizienten auf diesem Gebiet zu ermitteln. Ausserdem wurde die Modellierung der Wasserlinie der Saane präzisiert und angepasst, um eine bessere Kompatibilität und Genauigkeit der durch den Fluss dargestellten Grenzbedingung im Modell sicherzustellen. Schliesslich wurde mit den geometrischen Angaben des Flussbettes der Saane, welches grösstenteils auf der Molasse liegt, eine neue Interpretation des Oberflächenprofils der Molasseschicht durchgeführt.

### 2.5.2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie

Das hydrogeologische und numerische Modell von La Pila präzisiert die Fliessbedingungen des Grundwassers, die Austauschprozesse mit der Saane sowie das Zuströmen von Niederschlags- und Grundwasser ausserhalb des Standorts La Pila.

Die im Absatz 3.2 dargestellten hydrogeologischen Ergebnisse, erlauben es die eintretenden und austretenden Wasserströme des Systems während einer Woche, mit „Standard-Turbinierung“ und einer Woche mit „geringerer Turbinierung“ zu quantifizieren.

Um die Schadstoffströme einschätzen zu können welche aus dem Standort exfiltrieren, wurde die Ausbreitung einer Bromidfahne simuliert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Exfiltration der belasteten Wässer mehrheitlich im Bereich stromabwärts der Deponie stattfindet, während der Bereich stromaufwärts scheinbar weitgehend von der Grundwasserneubildung der Saane beeinflusst wird.

Aufgrund der Verteilung der Schadstoffströme während einer Woche mit Standardturbinierung und sämtlicher Analysen, die in den 6 Piezometern des unteren Ufers durchgeführt wurden, wurden die PCB-Mengen welche durch das Grundwasser in die Saane fliessen, für den Zeitraum eines Jahres geschätzt und extrapoliert.

## 3. Kenntnisse bezüglich des Standortes

### 3.1 Geologischer Kontext

#### 3.1.1 Allgemeine Beschreibung

Die Deponie La Pila befindet sich in einem für die Saane typischen Mäander, in einem morphologischen Trogtal, das der Fluss in der Molasse geschaffen hat. Die aus Abfällen entstandenen Aufschüttungen liegen unmittelbar über den rezenten, kiesigen Flussablagerungen, oder an gewissen Stellen über dem Paläoboden. Der obere Teil der Deponie-Südflanke stützt sich gegen den Molassefelsen, der das Nebengestein bildet, sowie gegen den Kies, der Teil der sogenannten Bildung „La Tuffière,, ist.

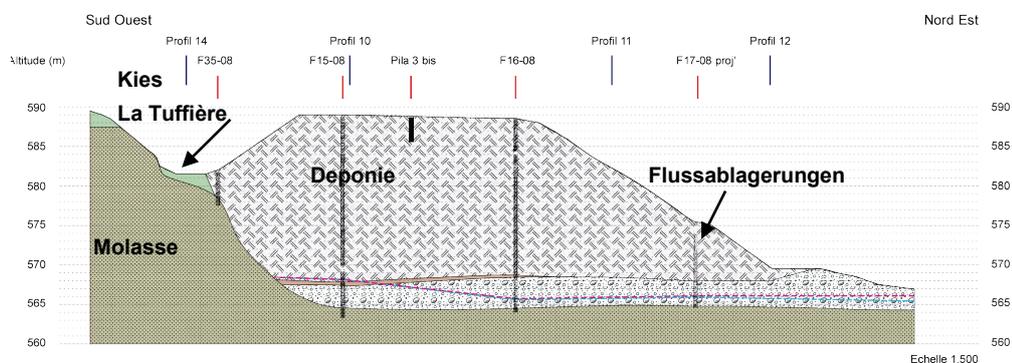


Abbildung 3-1: Schema des geologischen Profils

Die allgemeine Anordnung der geologischen Bildungen der Zone La Pila kann folgendermassen dargestellt werden (von den ältesten bis zu den neusten Terrains / Schichten):

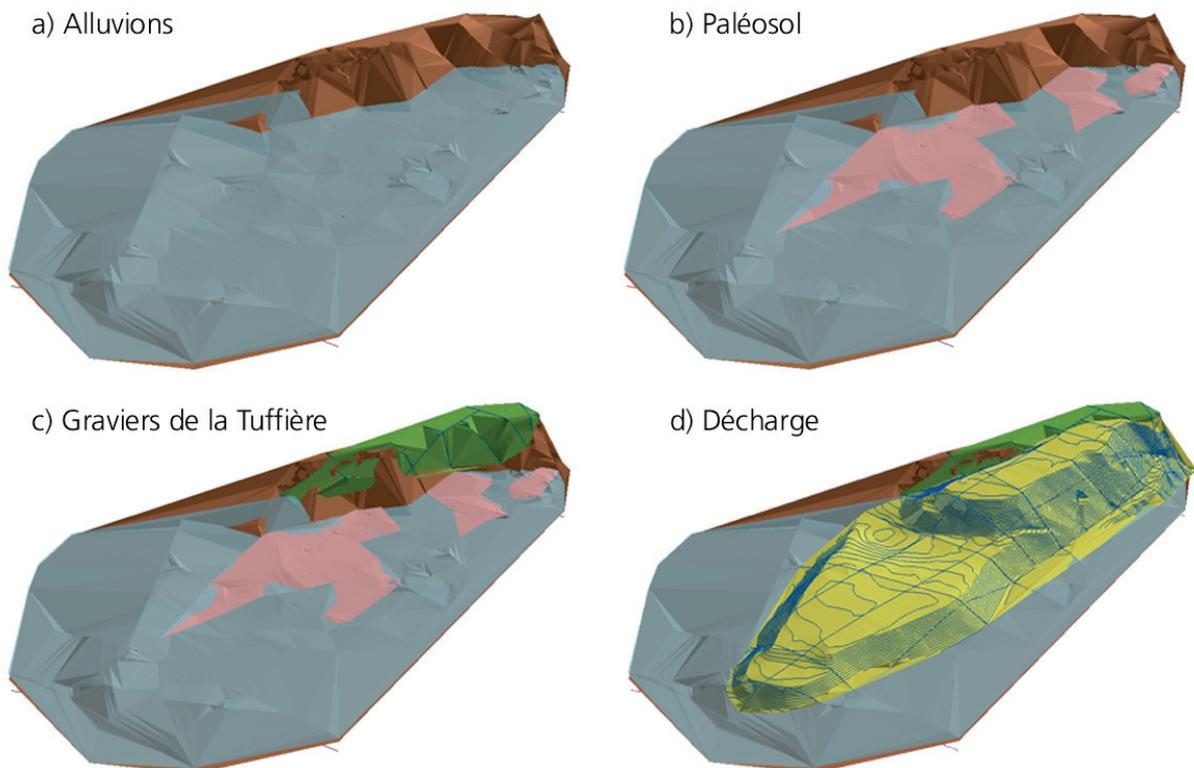
- Die Tertiär-Molasse (burdigalische Stufe) bildet das Felsgestein. Sie taucht einige Grade östlich ab.
- Glazifluvialer Kies liegt auf der Molasse dessen Oberfläche im Bereich zwischen 550 und 580 m ü. M liegt. Dieser Kies hat sich in Form von periodischen Ablagerungen anfangs der Würm-Kaltzeit gebildet. Zurzeit wird es in der Kiesgrube La Tuffière bewirtschaftet, was diesem Gebilde den lokalen Namen "Graviers de la Tuffière" gegeben hat.
- Während der Würm-Kaltzeit hat sich eine formlose Moränedecke auf den gesamten Bereich abgelagert, welche die vorgängigen Ablagerungen bedeckt. Sie ist das Resultat einer Auswaschung der kiesigen Moräne durch das Schmelzwasser.
- Am Ende der Kaltzeit haben sich glazifluviale und glazilimnische Ablagerungen im hinteren Teil der La Pila und auf dem Standort von Châtillon gebildet. Dieser Kies wurde durch die verschiedenen Kiesgruben von Châtillon bewirtschaftet.
- Die gegenwärtige Erosion hat das Gelände modelliert. Das Tal, in das sich die Saane ihren Lauf gebahnt hat, wurde eingeschnitten. Diese Erosion hat Flussablagerungen (Alluvium) an die Ufer ihres Bettes aus Molasse deponiert.

#### 3.1.2 Merkmale des Standorts

Wie es das geologische Profil zeigt, stützt sich die Deponie südwestlich zum Teil auf einen Molassefelsen. Dieser wird östlich durch den Kies von La Tuffière verlängert und verläuft durch eine Oberkante der

Molasse, welche sich von Ost bis West auf den gesamten südlichen Rand der Deponie erstreckt. Das Grundwasser, welches sich in den Flussablagerungen unterhalb der Deponie befindet, wird durch diese Oberkante der Molasse Richtung Süden abgegrenzt und somit von der Saane, oberhalb der Wasserkraftanlage von Hauterive isoliert. Das Flusswasser fliesst daher unter normalen Bedingungen nicht durch die Flussablagerungen, die sich unterhalb des Deponiekörpers befinden. Bei grossem Hochwasser steigt das Wasser der Saane über die Oberkante der Molasse hinaus und das fließende Grundwasser rinnt durch die Flussablagerungen.

Die in der Tabelle 3-1 dargestellten Volumina wurden auf Grund der topographischen und geologischen Angaben ermittelt, die im Rahmen der ausführlichen Untersuchung gesammelt wurden. Ein 3D-Modell des Standorts bestehend aus der Deponie, den Flussablagerungen, dem Kies und dem Paläoboden wurde erarbeitet. Die Volumina der Flussablagerungen und des Kieses, welche für die Berechnung berücksichtigt wurden, befinden sich ausschliesslich im Bereich der Deponie. Der Paläoboden bildet keinen dichten Boden; er dient nur zur Unterscheidung der Schichten auf den graphischen Darstellungen. Das gesamte Volumen beinhaltet nicht die Schicht der Molasse, welche möglicherweise durch die Verschmutzung beeinträchtigt wurde. Die maximale Oberfläche der Abfälle beträgt 22'000 m<sup>2</sup>.



Typ	Bestehendes Volumen [m3]
a) Flussablagerungen	67'000
b) Paläoboden	3'000
c) Kies	7'000
d) Deponievolumen	195'000
<b>Gesamtvolumen</b>	<b>272'000</b>

Tabelle 3-1 : Volumina der Deponie und der unteren Schichten – bestehende Materialien

## 3.2 Hydrogeologie

### 3.2.1 Allgemeine Beschreibung

Das Grundwasser unter dem Deponiekörper fliesst in der darunterliegenden Flussablagerung. Dieser Grundwasserleiter wird von mehreren Wasserzuströmen gespeisen und beeinflusst:

- **Saane:** Der Anstieg des Saanepegels im Zusammenhang mit der Turbinierung hat aufgrund des höheren Drucks einen Anstieg des Grundwasserspiegels im Einflussbereich eines Teils der Deponie zur Folge.
- **Kies:** Die Niederschläge, die im Kies oberhalb der Deponie versickern, fliessen an der Schnittstelle mit der Molasse ab und können den Deponiekörper sowie die darunterliegende Flussablagerung erreichen. Das Resultat dieser Wasserzufuhr ist das von Tuffstein geprägte Feuchtgebiet im nordwestlichsten Teil des Standorts. Dies kann jedoch auch in einem anderen Bereich der Deponie, beim Kontakt mit dem Kies und dem Abfallkörper vorkommen.
- **Niederschlagwasser:** welches im Deponiekörper versickert.

Das numerische Modell ermittelt folgende Grundwasserströme für die Woche vom 2. – 9. Juni 2008, welche eine repräsentative Woche mit Turbinierung darstellt. Eine Ausnahme ist der Grundwasserstrom flussaufwärts, welcher aufgrund von starken Niederschlägen während der vorgängigen Wochen erhöht ist.

In die Saane einströmendes Wasser	3380 m <sup>3</sup> /Woche	66%
Grundwasserstrom flussaufwärts	1240 m <sup>3</sup> /Woche	24%
Effektive Versickerung	490 m <sup>3</sup> /Woche	10%
<hr/>		
Total einströmendes Wasser	5'110 m <sup>3</sup> /Woche	100%
Von der Saane ausströmendes Wasser	5'110 m <sup>3</sup> /Woche	100%

Tabelle 3-2: Wöchentliche Grundwasserströme, mit Hilfe des hydrogeologischen Modells berechnet

### 3.2.2 Hydraulische Merkmale der Saane

Die hydraulischen Merkmale der Saane rechts von der Deponie sind stark mit den Betriebsbedingungen der Wasserkraftanlagen der Groupe E (Anlage in Hauterive, Staudamm von Rossens) verbunden.

Während eines Tages variieren die Durchflussmengen erheblich. Meistens beobachtet man Perioden mit Turbinierung im Zeitraum von 8 bis 22 Uhr und Niedrigwasserperioden in der Nacht und am Wochenende. Die Fluktuationen zwischen ca. 5 m<sup>3</sup>/s und 90 m<sup>3</sup>/s während den Niedrigwasserperioden und der Turbinierung haben Pegelschwankungen von über einem Meter zur Folge.

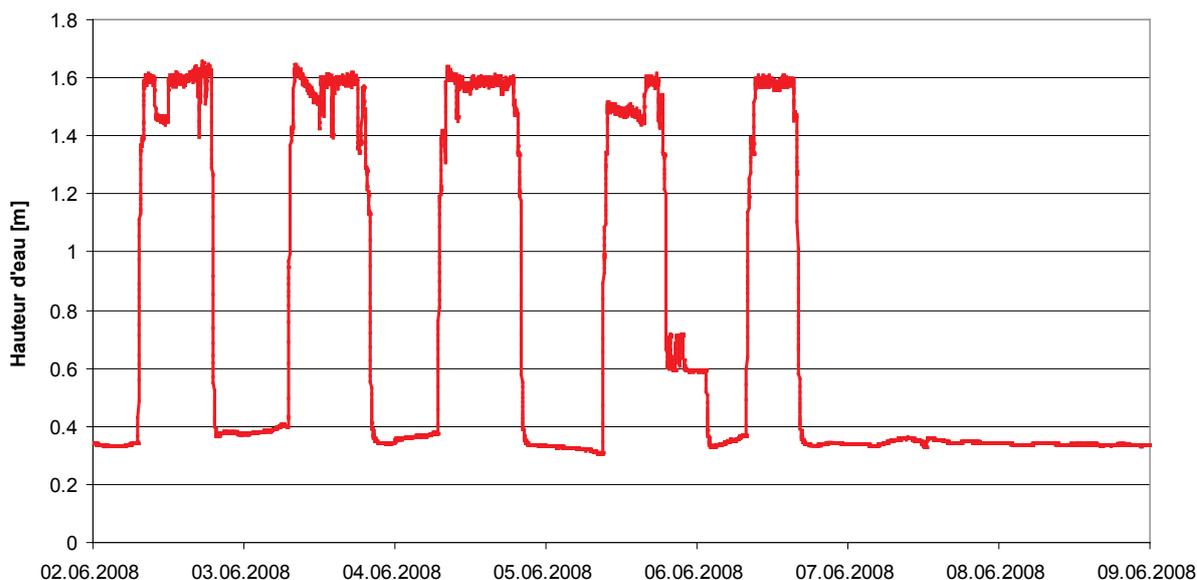


Abbildung 3-2: Schwankung des Pegels der Saane oberhalb der Wasserkraftanlage von Hauterive

Oberhalb der Wasserkraftanlage hängt der Durchfluss hauptsächlich von der Wassermenge ab, welche beim Staudamm von Rossens freigegeben wird. Ausserhalb der Hochwasserzeit lässt die Groupe E eine beinahe konstante Dotierwassermenge ab von  $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$  vom 20. Mai bis 30. September und von  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$  für den Rest des Jahres. Während der Hochwasserzeit stehen die Durchflussmengen mit dem Wasserpegel im Greizersee in Zusammenhang.

### Hochwasser

In den letzten Jahren wurden aussergewöhnlich grosse Hochwasser am 23. August 2005 und am 9. August 2007 beobachtet.

Beim Hochwasser in 2005 stieg der Durchfluss in Rossens bis auf  $650 \text{ m}^3/\text{s}$ , was einer Wiederkehrperiode von ungefähr 100 Jahren entspricht. Die Wasserkraftanlage in Hauterive wurde überschwemmt und musste abgestellt werden. Gemäss Informationen der Groupe E stieg der Wasserpegel in der Anlage oberhalb La Pila, bis auf  $570.1 \text{ m ü. M.}$

Beim Hochwasser in 2007 stieg der Durchfluss der Saane, auf der Höhe La Pila, bis auf  $430 \text{ m}^3/\text{s}$  und entspricht einer Wiederkehrperiode von etwa 40 Jahren. Dieser Durchfluss beinhaltet die maximale Turbinierung der Wasserkraftanlage von Hauterive ( $85 \text{ m}^3/\text{s}$ ), welche in Betrieb war. Die Pegel des Hochwassers wurden durch CSD an verschiedenen Stellen nahe der Deponie gemessen. Entlang des Ufers unterhalb der Deponie, beim Zufluss der kleinen Saane und den Unterwasserkanälen betrug der Pegel ungefähr  $569 \text{ m ü. M}$  und  $568 \text{ m.ü.M}$  zwischen der Einleitung der SAIDEF und dem Piezometer F1. Diese Messungen zeigen bei Hochwasser eine Wasserspiegeldifferenz von etwa einem Meter entlang des Ufers unterhalb der Deponie. Diese Differenz lässt sich durch das Gefälle des Flussbetts der Saane und das Vorkommen von Schwellen auf der Molasse erklären.

### 3.2.3 Piezometrie

Zwei hydrogeologische Zustände wurden aus der numerischen Simulation entnommen um das Verhalten des Grundwassers deutlicher hervorzuheben. Die Woche vom 2. Juni 2008, welche einen normalen Wasserhaushalt in der Saane aufwies, wurde aufgrund ihres repräsentativen Charakters auf das ganze Jahr übertragen. Mehr als 40 von 52 Wochen entsprechen einer ähnlichen Turbinierung. Folgende Zustände wurden simuliert:

- **Piezometrie am Schluss der Turbinierung:**



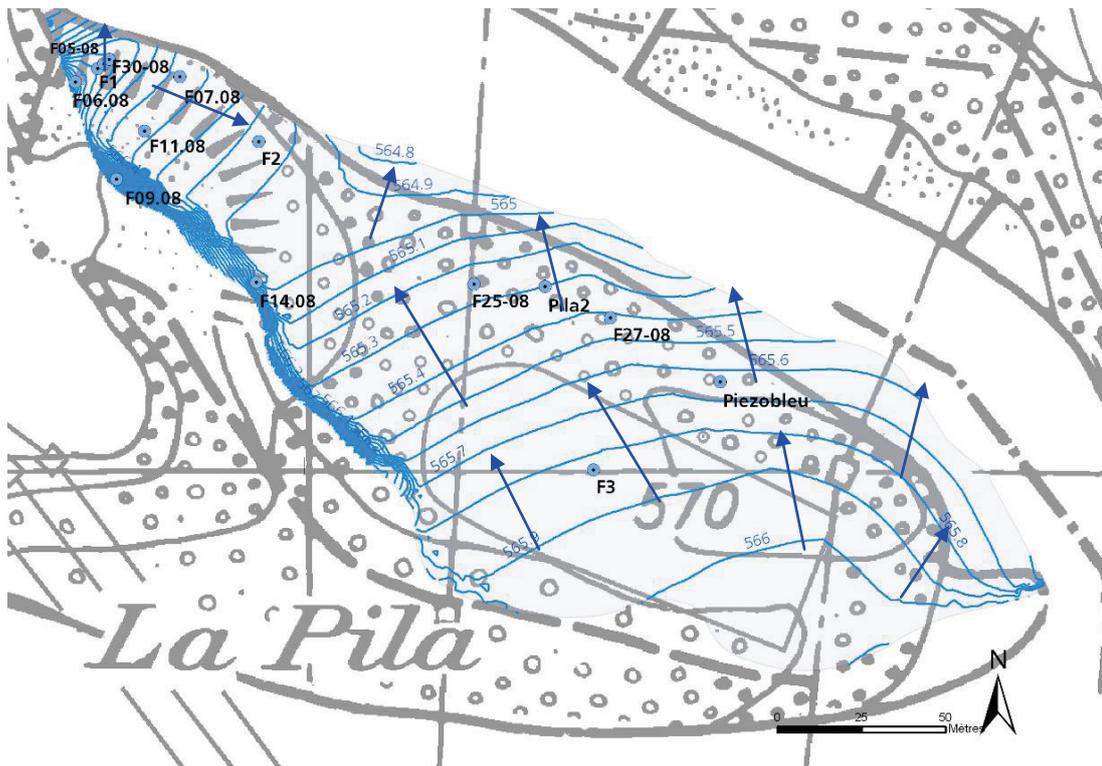


Abbildung 3-4: Piezometrische Karte am Ende eines Wochenendes

Insgesamt und unter Berücksichtigung der aufeinanderfolgenden Zyklen der Turbinierung zeigt das Modell eine Grundwasserneubildung mehrheitlich durch den oberen Teil von La Pila (vom äußersten östlichen Ende bis nördlich von Pila 2). Das gespeicherte Wasser wird wie folgt abgeleitet:

- 1) In nord-westliche Richtung des Modells
- 2) Teilweise Exfiltration in die Saane

### 3.3 Die wichtigsten nachgewiesenen Schadstoffe

#### 3.3.1 Schadstoffspektrum

Die **Hauptschadstoffe**, die in der Deponie La Pila nachgewiesen werden konnten, sind nach Abfallart aufgeschlüsselt:

- Hausmüll: Ammonium, Nitrite, aliphatische Kohlenwasserstoffe, Metalle (Arsen, Barium, Kupfer, Blei, Quecksilber und Zink).
- Gewerbe- und Industrieabfall: PCB, chlorhaltige Lösungsmittel (Vinylchlorid).

Der Hausmüll enthält ebenfalls PCB in beschränktem Ausmass.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind chemische Produkte, die nicht natürlich vorkommen. Es handelt sich um organische Chlorverbindungen mit einem Biphenyl-Grundgerüst (zwei über eine Einfachbindung verknüpfte Benzolringe), bei denen Chlor an eine oder mehrere der 10 Positionen gebunden ist. In Abhängigkeit von der Position und der Anzahl der Chloratome gibt es theoretisch 209 mögliche Kongenere, von denen aber lediglich 130 in kommerziellen chemischen Formulierungen gefunden wurden.

Diese verschiedenen Kongeneren haben gemeinsam besondere physikalische Eigenschaften. Sie sind thermisch äusserst stabil, schwer entflammbar und sehr viskos. Aufgrund dieser Eigenschaften wurden PCB zwischen 1940 und 1960 vielfältig eingesetzt – namentlich in Elektrogeräten wie Kondensatoren.

Erst nach einem massiven und mehrere Jahrzehnte dauernden Einsatz haben toxikologische Untersuchungen dazu geführt, dass nicht nur die Herstellung und Verwendung von PCB verboten, sondern auch deren Entsorgung reglementiert wurde. Da diese chlorierten Derivate jedoch während beinahe fünfzig Jahren massiv und ohne besondere Vorkehrungen eingesetzt und entsorgt wurden, schufen sie eine diffuse Belastung von Boden und Gewässer.

### 3.3.2 Konzentrationen

In den Feststoffproben, die an mehreren Orten der Deponie entnommen wurden, wurden PCB-Gehalte von teilweise über 1'000 mg/kg gemessen. Bei den Kondensatoren überschritt dieser Wert 20'000 mg/kg.

Der Gesamtgehalt an aliphatischen Kohlenwasserstoffen C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> erreichte in den Feststoffproben bis zu 2'200 mg/kg; der Medianwert<sup>2</sup> beträgt 280 mg/kg.

Für die Schwermetalle wurden folgende Maximalgehalte gemessen: Blei 7'300 mg/kg, Zink 8'800 mg/kg, Kupfer 3'200 mg/kg, Chrom VI 2 mg/kg und Quecksilber 11 mg/kg. Die Medianwerte lauten wie folgt: Blei 220 mg/kg, Zink 350 mg/kg, Kupfer 115 mg/kg.

Die Analyse des Eluats der Abfälle<sup>3</sup> gemäss Technischer Verordnung über Abfälle (TVA) ergab folgende Werte: Ammonium 33.5 mg/l, Nitrite 1.1 mg/l, Arsen 0.18 mg/l und Barium 0.92 mg/l.

## 3.4 Quantifizierung der Belastung und Verteilung auf dem Standort

### 3.4.1 Kategorien von PCB-Gehalten

Die geostatistische Studie ermöglichte eine räumliche Darstellung der PCB-Konzentrationen in einem dreidimensionalen Modell. Dieses besteht aus Maschen von 8 m<sup>3</sup> und basiert auf der Studie der Variogramme und Verteilung der PCB-Konzentrationen. Die Modellierung von 500 gleichwahrscheinlichen PCB-Verteilungen bedingt, dass die gewonnenen Ergebnisse mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind.

Nachstehende Tabelle fasst das statistische Ergebnis der Klassierung der PCB-Konzentrationen zusammen, welche in 6 Kategorien unterteilt sind und deren Schwellenwerte auf den Werten der TVA und der ADR basieren.

Kategorie	PCB (mg/kg ms)	Q0.025	Durchschnitt m <sup>3</sup>	Q0.975	Durchschnitt %	Relativer Fehler (über Mittelwert)
1	$x < 0.1$	42'210	50'284	58'888	18%	17%
2	$0.1 < x < 1$	55'515	60'869	66'299	22%	9%
3	$1 < x < 10$	87'118	93'493	99'951	34%	7%
4	$10 < x < 50$	42'865	48'462	53'894	17%	11%
5	$50 < x < 1000$	16'124	20'578	25'562	7%	23%
6	$1000 < x$	2'447	4'373	7'148	2%	54%

<sup>2</sup> Bezeichnet die Grenze zwischen der oberen und der unteren Hälfte der beobachteten Analysenergebnisse.

<sup>3</sup> Mit dieser Analyse kann getestet und beurteilt werden, welche Schadstoffmenge theoretisch über die Auswaschung eines verschmutzten Bodens ins Wasser gelangen kann.

Tabelle 3-3: Statistische Zusammenfassung der geschätzten Materialvolumina für jede der 6 Klassen mit PCB-Gehalten für eine Masche von 8 m<sup>3</sup>

Folgende Abbildung zeigt die durchschnittliche Verteilung zwischen den verschiedenen Kategorien.

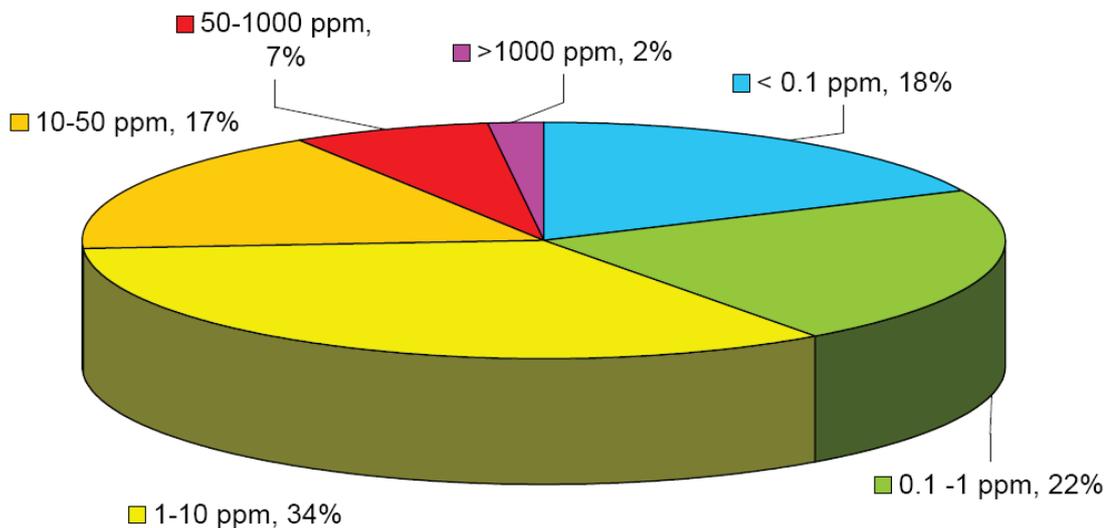


Abbildung 3-5 : Graphische Verteilung der Materialien für die 6 Klassen mit PCB-Gehalten

### 3.4.2 Die wichtigsten ermittelten Belastungsherde

#### 3.4.2.1 Verteilung auf dem Standort

Bezüglich der Verteilung der Abfallvolumina und Schadstoffe, kann der Bereich der ehemaligen Deponie La Pila in zwei Sektoren unterteilt werden. Es sind dies die obere und die untere Zone auf beiden Seiten des Profils 5 (siehe nachstehende Abbildung 3-6).

Diese zwei Zonen zeichnen sich aus durch:

- ihre Hydrogeologie; der Strom flussaufwärts hat keinen Einfluss auf den unteren Teil und der wöchentliche Unterschied zwischen dem einströmenden und ausströmenden Wasser in die Saane steht nur in Verbindung mit dem Versickern der Niederschläge.
- den Stofffluss der in die Saane verbreiteten Schadstoffe; gemäss des numerischen Modells, werden nahezu 98% der PCB über die Abschnitte 1 bis 3 verbreitet.
- die direkte oder indirekte Nähe zur Saane.
- den Verschmutzungsgrad der Abfälle und der darunterliegenden Flussablagerungen.

Ein dritter Sektor wurde im Gerinne der Saane identifiziert. Er beinhaltet belastete Materialien die infolge von Erdbeben ins Flussbett der Saane eingetragen worden sind. Diese wurden zum Teil im 2009 nach der Durchführung von Sofortmassnahmen ausgehoben.

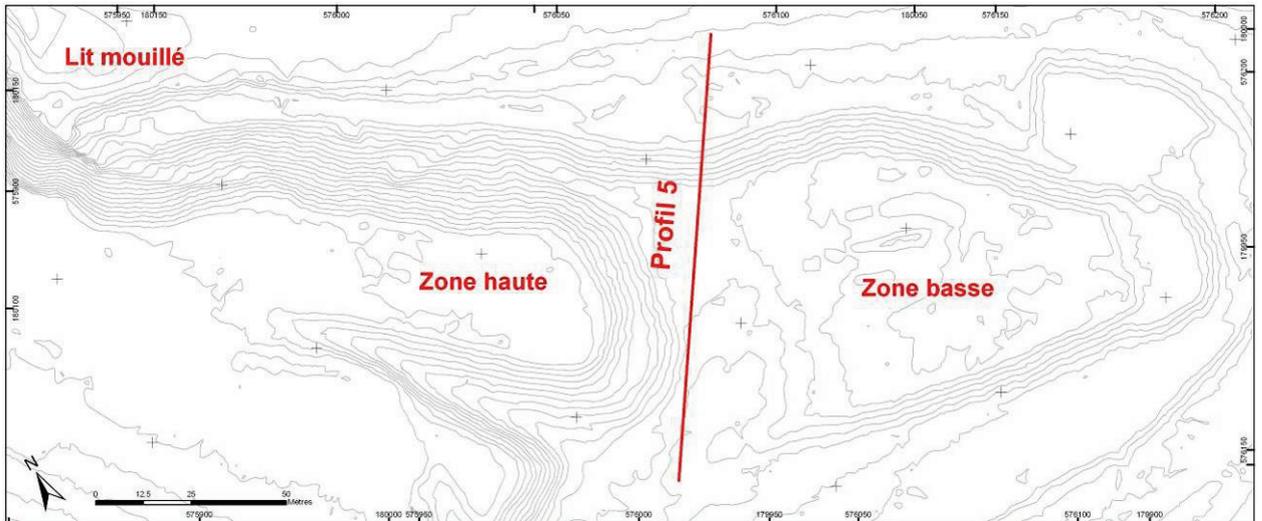


Abbildung 3-6: Lage der verschiedenen Sektoren

Die geostatistische Studie hat eine starke Heterogenität der Kontaminierung auf horizontaler Ebene aufgezeigt. Man kann im Besonderen beträchtliche Schwankungen der PCB-Gehalte auf kurzen Distanzen beobachten (Klumpeneffekt).

PCB-Gehalte über 50 ppm wurden grossflächig in den angrenzenden Schichten um 570 m ü. M nachgewiesen (siehe nachstehende Abbildung).

Diese stark belasteten Bereiche befinden sich an der Deponiebasis sowie in den darunterliegenden Flussablagerungen.

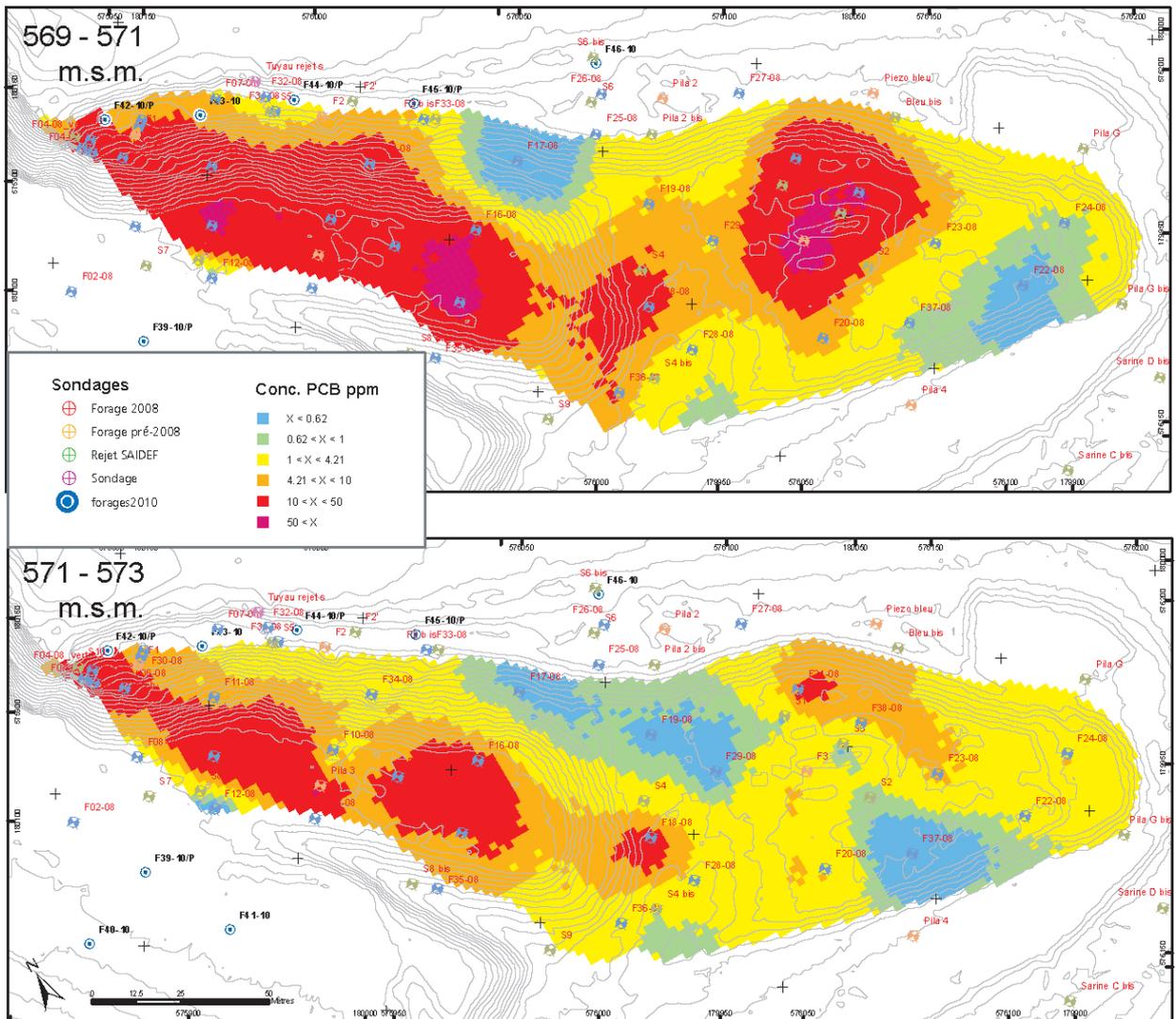


Abbildung 3-7: Verteilung der PCB-Konzentrationen zwischen 569 und 573 m ü.M

### 3.4.2.2 Obere Zone der Deponie

Die obere Zone der Deponie enthält stark belastete Bereiche. 11% der Materialien weisen PCB-Konzentrationen höher als 50 ppm auf. Diese befinden sich sowohl in grösseren Tiefen der Deponie als auch in den Flussablagerungen.

Mehr als 40 % der Materialien sind in der Lage Eluate zu produzieren, welche das Zehnfache des Grenzwertes für PCB gemäss AltIV erreichen.

Durch den direkten Kontakt mit der Saane stellt die obere Zone der Deponie einen Bereich dar, aus dem auf verschiedene Art ein Transport von PCB in die Saane stattfindet. Dies geschieht diffus über das Grundwasser, konzentriert über Exfiltration oder auch durch Erosion der Ufer und des Deponiekörpers.

Aufgrund der grossräumigen PCB-Belastungen des Standortes und deren stetige Auswaschung aus den Abfällen und den Flussablagerungen, ist langfristig keine Senkung der PCB-Gehalte des in die Saane fliessenden Grundwassers zu erwarten.

### 3.4.2.3 Untere Zone der Deponie

Generell enthält die untere Zone der Deponie weniger Bereiche mit hohen PCB-Konzentrationen als die obere Zone. Die Volumina, welche Eluate mit dem Zehnfachen des Grenzwertes für PCB gemäss AltIV produzieren könnten (Konzentrationen > 4.21 ppm in den Abfällen und > 0.62 ppm in den Flussablagerungen) stellen ungefähr 24% der in diesem Sektor vorhandenen Abfälle und 33% der Flussablagerungen dar. In der oberen Zone sind dies gegen 42% der Abfälle und 47% der Flussablagerungen.

In höheren Schichten als 571 m ü. M, sind die PCB-Konzentration gering. Eine Ausnahme bildet hier ein Bereich in der Nähe von F38-08.

Unter einer Höhe von 571 m ü. M findet man einen ausgedehnten Bereich mit Konzentrationen von 10 bis teilweise 50 ppm PCB. Diese Konzentrationen befinden sich stellenweise in den Flussablagerungen nahe der Sondierung F38-08 und reichen bis in die Molasse.

Die aus der unteren Zone freigesetzten Grundwasserströme können durchschnittliche PCB-Konzentrationen enthalten, welche den AltIV-Wert mit einer wöchentlichen Häufigkeit überschreiben. Sie stellen 5% der gesamten Grundwasserströme dar.

### 3.4.2.4 Gerinne der Saane

Zusätzliche Untersuchungen im Juni 2010 ermöglichten es, die Ausbreitung der Abfälle im Gerinne der Saane zu präzisieren.

In der unteren Zone, oberhalb der stehenden Big Bags und im Einflussbereich des Kraftwerkes, wurden im Uferbereich Proben unterhalb des Niedrigwasserniveaus entnommen. Die Ergebnisse der Analysen bestätigen erhebliche PCB-Konzentrationen. Überreste von Kondensatoren oder unterschiedlichen Abfällen wurden ebenfalls in den Materialien identifiziert, aus denen diese Proben stammen.

Die Dekontamination im Gerinne der Saane in unmittelbarer Nähe der Deponie, ist im Rahmen der Realisierung der vorbereitenden Massnahmen für die Sanierung vorgesehen. Die öffentliche Auflage erfolgte im Mai 2011. Entsprechend den Entscheiden der Behörden werden diese Materialien vor der eigentlichen Sanierung der Deponie entfernt.

## 3.5 Ursprung der PCB-Belastung

Verschiedene Apparaturen wurden in der Deponie La Pila gefunden, die mit den PCB in Verbindung gebracht werden können. Es handelt sich insbesondere um folgende:

1. Kleine Kondensatoren in verschiedenen Bauweisen (Glimmer-, Papier- und andere Kondensatoren) und von unterschiedlicher Grösse. Da diese Kondensatoren an bestimmten Stellen der Deponie gehäuft vorkommen, kann vermutet werden, dass es sich um ehemalige Abladeplätze für Produktions- oder Industrieabfälle handelt.
2. Grössere Kondensatoren und andere Ausrüstungsteile die im Zusammenhang mit Kondensatoren auf verschiedene Art zur Anwendung kamen oder die beispielsweise nach Abbruch von Gebäuden (Schaltanlagen) oder Elektroräumen (Isolatoren) auf der Deponie abgelagert wurden.

Auf dem Standort gefundene Überreste von Kondensatoren oder ganze Kondensatoren werden in den folgenden Abbildungen präsentiert. Die erhöhten PCB-Konzentrationen sind jedoch nicht immer mit dem Vorkommen von Abfällen in Verbindung zu bringen, die visuell erkennbar sind.



**Abfälle aus kleinen Kondensatoren (Papier)**



**Ganze, kleine Kondensatoren**

Abbildung 3-8: Beispiele von erkennbaren Abfällen aus Kondensatoren

Mehrere Kondensatoren auf der Deponie wurden auf 18 PCB-Kongenerere hin untersucht. Die Analysen bestätigten, dass die Kondensatoren zwischen 20'000 und 92'000 ppm PCB enthalten und dass die vorhandenen Kongenerere drei typischen kommerziellen Mischungen entsprechen.

## 3.6 Mechanismen der Schadstoffverbreitung

### 3.6.1 Freisetzung und Grundwasserströme

Die Prozesse, die zu einer Verbreitung der von der Deponie La Pila stammenden Schadstoffe führen, sind zahlreich und komplex. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht dies schematisch.

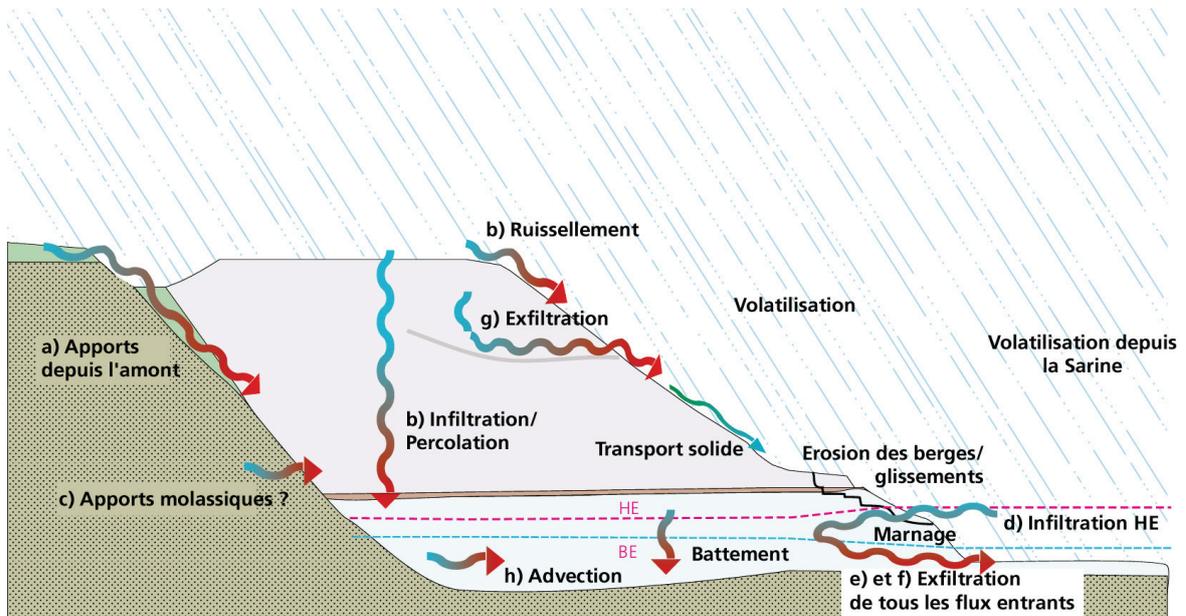


Abbildung 3-9: Mechanismen der Schadstoffverbreitung und der Grundwasserströme

Für die PCB wurden zwei Hauptwirkungspfade identifiziert:

- Die unterirdischen Wasserströme
- Der Transport von partikelförmigem Material infolge der Oberflächenabflüsse und Erosionen in den steilen Sektoren der Deponie

### 3.6.1.1 Exfiltration der Schadstoffe durch das Grundwasser

Bedingt durch Wasserspiegelschwankungen kommt es zum Austausch zwischen dem Grundwasser und der Saane. Bei hohen Wasserspiegeln in der Saane infiltriert Flusswasser in die Deponie, und bei tiefen Wasserspiegeln exfiltriert PCB-belastetes Grundwasser aus der Deponie in die Saane. Der Eintrag von PCB durch diesen Grundwasserstrom wird verstärkt durch Infiltration von Niederschlagswasser durch die Deponie selbst und durch einen Zufluss von Oberflächenwasser zwischen Molasse und Deponie. Die Gesamtheit dieses Austauschs wurde dank der numerischen Modellierung des Grundwassers ermittelt.

Die gesamte jährliche PCB-Fracht bedingt durch Grundwasserströme wurde auf 116 Gramm geschätzt.

Die Grundwasserströme sind jedoch nicht gleichmässig in der Deponie verteilt. Der untere Teil, bestehend aus den Abschnitten 1 bis 3 (siehe Abbildung 3-10), vereint die Mehrheit der Ströme (95%).

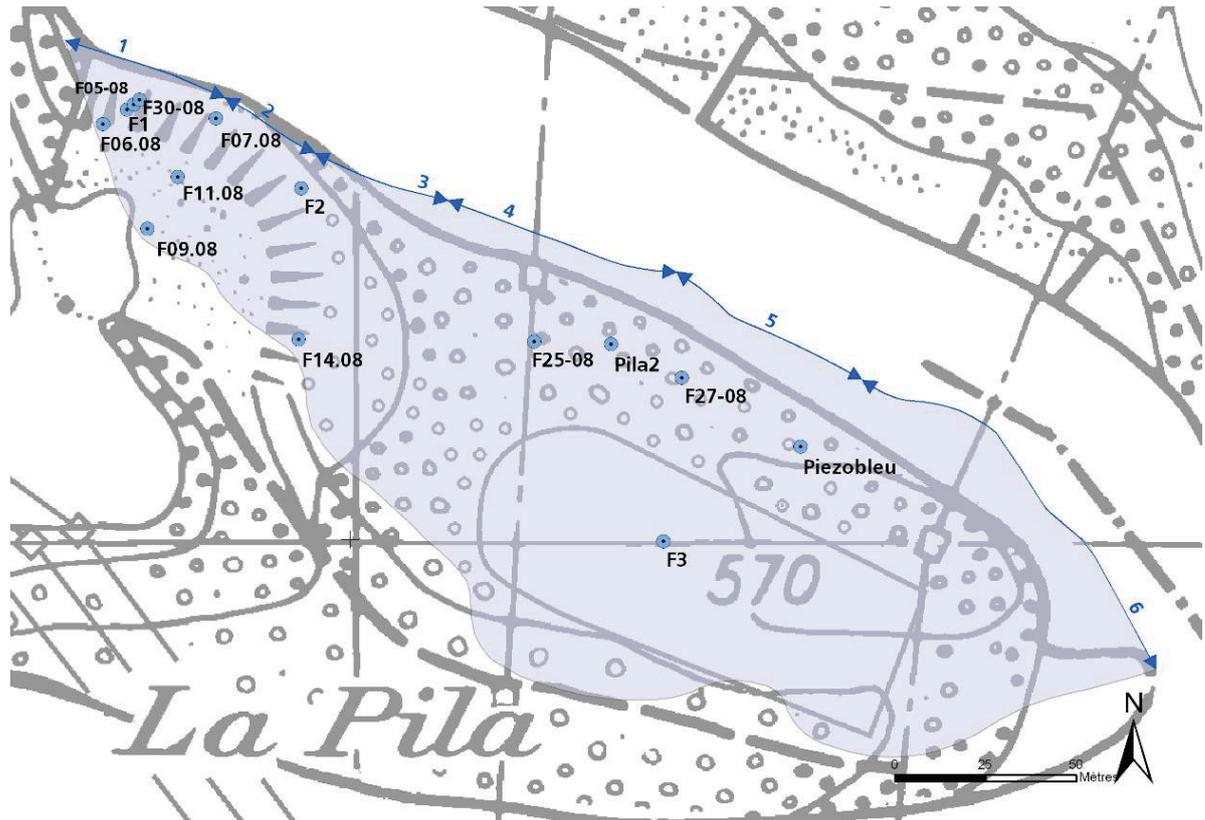


Abbildung 3-10: Grundwasserströme, welche aus dem numerischen Modell pro Sektor und für eine Standardwoche Turbinierung abgeleitet wurden und Ermittlung der PCB-Mengen, die über das Grundwasser exfiltrieren

### 3.6.1.2 Transport von partikelförmigem Material infolge der Deponie-Erosion

Eine erste Einschätzung ergibt einen Bodenabtrag durch Erosion zwischen 5 und 15 t/ha/Jahr, was einem jährlichen Bodenabtrag von 0.3 bis 1 mm entspricht (Mermoud A., 2007: EPFL, Section Science et Ingénierie de l'environnement, Cours "Aménagements et équipements du territoire", *Éléments de conservation des eaux et du sol*).

Auf einem grossen Teil der Deponie wurde die Erosion als belanglos betrachtet, denn der Standort wird von flachen Zonen gesäumt auf denen sich Partikel erneut ablagern können. Daher beschränkt sich der Bodenverlust auf einen Bereich von 0,5 ha mit starkem Gefälle, welcher den unteren Sektor säumt.

Wird die durchschnittliche Konzentration der Proben die zwischen 0 und 2 Metern Tiefe entnommen wurden auf diese Fläche angewendet, kann die PCB-Menge welche infolge Erosion in Richtung Saane abfliesst auf 350 bis 1'050 g/Jahr geschätzt werden.

### 3.6.2 Geschiebetransport

Die Deponie La Pila enthält PCB-haltiges Material in grossem Umfang. Die gesamte PCB-Menge wird aufgrund von Detailuntersuchungen auf 20 Tonnen geschätzt. Ehemals auf der Deponie abgelagertes Material (Abfälle und sonstige Schadstoffe) wurde mit dem Geschiebetransport in der Saane auch ausserhalb des Standorts verfrachtet.

Durch die Verbreitung der Schadstoffe im Laufe der Zeit, wurden auch die Sedimente der Saane mit PCB kontaminiert. Diese sind so zu einem sekundären PCB-Reservoir mit einer nicht quantifizierbaren PCB-Menge geworden.

Um die Flusszonen abzugrenzen, die durch PCB kontaminiertes Feinsediment enthalten könnten, wurde der Geschiebetransport von der Deponie bis zum Péroilles-See modelliert. Auf dieser Grundlage wurden 8 Sektoren identifiziert, wobei sich derjenige mit der grössten Menge an abgelagertem Geschiebe im Staubereich des Péroilles-Sees befindet.

Die Sedimentanalysen der Saane, welche bis heute durchgeführt wurden, weisen keine bedeutende Kontamination durch PCB im unteren Bereich des Standorts La Pila auf. Obwohl das punktuelle Vorkommen von erhöhten Gehalten nicht ausgeschlossen werden kann, gibt es in diesem Bereich bezüglich des Standorts der ehemaligen Deponie keine nachgewiesene Kontinuität.

Diese Überlegungen haben dazu geführt den Perimeter des Sanierungsprojekts auf den Standort der ehemaligen Deponie La Pila und auf das Gerinne der Saane, in unmittelbarer Nähe zur Deponie zu beschränken, in welchem sich aus der ehemaligen Deponie stammende Abfälle befinden.

Ein Monitoring-Programm in der Saane ist vorgesehen, welches die Wirksamkeit der für den Standort La Pila getroffenen Massnahmen kontrollieren wird.

## 4. Weiteres Vorgehen

### 4.1 Überwachung und Monitoring

Der Standort La Pila wird in regelmässigen Intervallen untersucht, indem Wasserproben aus dem bestehenden Piezometer-Messnetz entnommen und analysiert werden. Mit dieser Überwachung können die Veränderungen der Belastung über die Zeit verfolgt werden.

Unterhalb der Deponie muss ein Monitoringsystem für die Saane eingerichtet werden, um aktuelle Daten zu den Auswirkungen der Schadstoffströme auf den Fluss zu erhalten und um die Wirkung der Sanierungsmassnahmen und den Sanierungserfolg kontrollieren zu können.

### 4.2 Sofort- und vorbereitende Massnahmen für die Sanierung

#### 4.2.1 Sofortmassnahmen

Die Sofortmassnahmen aus dem Jahr 2009 hatten zum Zweck, die sofortigen und massiven Schadstoffverbreitungen zu verhindern, welche sich in der Zone unterhalb des Hotspots der Deponie ereignen konnten. Dort befand sich eine Ansammlung von Materialien und Abfällen, die instabil und direkt durch das Hochwasser der Saane bedroht war.

Dieses Ziel wurde durch die Entsorgung der Materialien und Abfälle erreicht, welche sich an einer stützenden, relativ steilen Molasseschicht im Uferbereich hätten lösen können. Dazu wurde das zu entsorgende Material vom Molassefelsen abgetragen und im Uferbereich durch installierte Verbauungen zurückgehalten. Eine Verdriftung durch den Fluss konnte somit verhindert werden.

Das gesamte entfernte Material war stark PCB belastet. In der instabilen Zone wurden insgesamt 324 m<sup>3</sup> Material abgetragen mit einer Gesamtmasse von 1.2 Tonnen PCB. Die ausgehobenen Materialien werden in Mieten gelagert und entsprechend ihren PCB-Gehalten in 3 Kategorien aufgeteilt. Ihre Entsorgung ist im Sommer 2011 vorgesehen.

## 4.2.2 Vorbereitende Massnahmen für die Sanierung

In seiner Stellungnahme vom 26. Januar 2009 verlangte das AfU, dass vorbereitende Massnahmen zur Beschränkung der Schadstoffverbreitung parallel zur Erstellung des Sanierungsprojekts im Sinne des Art. 17 AltIV, studiert und durchgeführt werden sollen.

Das Hauptziel der vorbereitenden Massnahmen ist es, die Freisetzung von Schadstoffen aus der Deponie La Pila in die Saane, zu reduzieren.

Diese Massnahmen müssen ebenfalls der künftigen Sanierung des Standorts dienen. Ihre Umsetzung muss ebenfalls nachträgliche Sanierungsvorgänge des Standorts ermöglichen.

Die gewählten Massnahmen sollen auf folgende, ausschlaggebende Prozesse der Schadstoffverbreitung in der Saane wirken:

1. Den Austausch mit der Saane beschränken, durch Sicherungsmassnahmen oder eine Perimeterdämmung in der Austauschzone
2. Den Grundwasserzustrom aus dem oberen Sektor verringern
3. Das belastete Wasser im Sicherungsbereich abzupumpen und zu behandeln, unter Kontrolle des Pegels

Die Sicherungsmassnahmen, welche die Austauschprozesse zwischen Deponie und Saane beschränken sollen, betreffen zum einen PCB-kontaminierte Ufersektoren die mit der Grenze der Deponie verschmelzen und ein Volumen von belasteten Flussablagerungen welches im Rahmen der Durchführung der Sofortmassnahmen nachgewiesen wurde. Dieses befindet sich im Gerinne der Saane, in einem Sektor unmittelbar unterhalb der Zone auf welcher die vorbereiteten Massnahmen für die Sanierung durchgeführt wurden.

Die Uferzonen der Saane, welche sich unterhalb der installierten Spundwand befinden, werden gleichzeitig mit der Durchführung dieser Massnahmen saniert.

Das Projekt der vorbereitenden Massnahmen wurde im Mai 2011 öffentlich aufgelegt. Die ersten Arbeiten sollten im Verlaufe des Sommers 2011 beginnen und auf Ende 2012 abgeschlossen werden.

## 4.3 Sanierungsprojekt gemäss AltIV

Ein im April 2010 erstelltes und durch das Amt für Umwelt mit seiner Stellungnahme vom 27. Mai 2010 genehmigtes Pflichtenheft bildet die Grundlage zur Erarbeitung des Sanierungsprojekts gemäss AltIV. Dieses wurde bei den zuständigen Behörden Ende Dezember 2010 eingereicht.

Ziel der Sanierung ist die Beseitigung der Einwirkungen, die zur Sanierungsbedürftigkeit des Standorts geführt haben (Art.15 Abs. 1 AltIV).

Die gewählten Sanierungsziele am Standort la Pila sind eine Beschränkung der Emissionen in Oberflächengewässer für Stoffe die vom Standort stammen und das Zehnfache eines Konzentrationswertes gemäss Anhang 1 der AltIV überschreiten sowie eine nachhaltige Entsorgung der aktiven PCB-Belastungsschwerpunkte.

Langfristig muss das Sanierungsziel ermöglichen die PCB-Emissionen und weitere Schadstoffe des Standorts La Pila in den verschiedenen Umweltkompartimenten zu reduzieren, so dass diese die Null-Grenze erreichen. Diese Ziele sind ebenfalls in der Stellungnahme vom AfU vom 3. März 2010 aufgeführt.

Basierend auf den bisher durchgeführten Studien und in Anbetracht der Persistenz von PCB, werden der Aushub und die thermische Behandlung der belasteten Materialien die Hauptmassnahmen zur nachhaltigen Sanierung darstellen.

**CSD INGENIEURS SA**

Olga Darazs

pp. Sébastien Paratte

Freiburg, 29. Juni 2011

D:\Temporary Internet Files\OLK2459\11-09-D-synthèse 2011 - CSD Ingenieurs (3corrigé).doc