



**AUDIT ENVIRONNEMENTAL
DES SITES AFFECTÉS PAR
LE DÉVERSEMENT DE
DÉCHETS TOXIQUES ISSUS
DU "PROBO KOALA"**

ONU 
environnement

Publié pour la première fois en 2018 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
© 2018 Programme des Nations Unies pour l'environnement

Programme des Nations Unies pour l'Environnement
P.O. Box 30552, Nairobi, KENYA
Tel : +254 (0)20 762 1234
Fax : +254 (0)20 762 3927
E-mail : uneppub@unep.org
Web : <http://web.unep.org/fr>


La présente publication peut être reproduite, en totalité ou en partie, sous n'importe quelle forme, à des fins éducatives ou non lucratives, sans l'autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur, à condition qu'il soit fait mention de la source. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication produite à partir des informations contenues dans le présent document. L'usage de la présente publication pour la vente ou toute autre initiative commerciale quelle qu'elle soit est interdite sans l'autorisation préalable écrite du Programme des Nations Unies pour l'Environnement. La terminologie géographique employée dans cette publication, de même que sa présentation, ne sont en aucune façon l'expression d'une opinion quelconque de la part de l'éditeur ou des organisations participantes à propos de la situation légale d'un pays, d'un territoire, d'une ville ou de son administration ou de la délimitation de ses frontières ou de ses limites.

Photographie: Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement

Mise en page : Pierluigi Rauco

Traduction : Clémence Berger

Cartographie et télédétection : Yves Barthélemy



L'ONU Environnement s'efforce de promouvoir des pratiques respectueuses de l'environnement dans le monde entier comme dans ses propres activités. La présente publication est imprimée sur du papier recyclé à 100%, avec des encres d'origine végétale. Notre politique en matière de distribution vise à réduire l'empreinte carbonique de l'ONU Environnement.

AUDIT ENVIRONNEMENTAL DES SITES AFFECTÉS PAR LE DÉVERSEMENT DE DÉCHETS TOXIQUES ISSUS DU “PROBO KOALA”

Acronymes, symboles et abréviations

Institutions

ALS	Australian Laboratory Services (société australienne de laboratoires)
BNEDT	Bureau National d'Études Techniques et de Développement, Côte d'Ivoire
CIAPOL	Centre Ivoirien Antipollution, Côte d'Ivoire
CE	Commission Européenne
MACA	Maison d'Arrêt et de Correction d'Abidjan
NFI	Netherlands Forensic Institute (Institut de police scientifique des Pays-Bas)
ONEP	Office National de l'Eau Potable, Côte d'Ivoire
PETROCI	Société Nationale d'Opérations Pétrolières de la Côte d'Ivoire
PNUE -DHI	Programme des Nations Unies pour l'Environnement – Danish Hydraulic Institute (Institut Hydraulique Danois)
TPH CWG	Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group (Groupe de travail américain sur les critères des hydrocarbures pétroliers totaux)
ONU Environnement	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
SIR	Société Ivoirienne de Raffinage
USEPA	United States Environmental Protection Agency (Agence de protection environnementale des États-Unis)

Substances chimiques

As	Arsenic
BTEX	Benzène, toluène, isomères du xylène
C	Carbone
Cd	Cadmium
Co	Cobalt
COV	Composés organiques volatiles
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
HCl	Acide chlorhydrique
Hg	Mercure
HNO3	Acide nitrique
NaOH	Hydroxyde de sodium ou soude caustique
Ni	Nickel
PAH	Hydrocarbures polyaromatiques
Pb	Plomb
PE	Polyéthylène
pH	Potentiel d'Hydrogène

PP	Polypropylène
Sr	Strontium
Se	Sélénium
TPH	Hydrocarbures pétroliers totaux
VPH	Hydrocarbures pétroliers volatiles
Zn	Zinc

Méthodes scientifiques

GC-FID	Chromatographie en phase gazeuse – par détecteur à ionisation de flamme
GC-MS	Chromatographie en phase gazeuse –spectrométrie de masse
HPLC	Chromatographie en phase liquide à haute performance
ICP-MS	Spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif
ICP-OES	Spectrométrie d'émission optique avec plasma à couplage inductif
SAA	Spectrométrie d'absorption atomique

Poids et mesures

°C	Degré Celsius
cm	Centimètre
g	Gramme
hddd°mm.mmm	Hemisphère, degrés, minutes, décimales des minutes
kg	Kilogramme
km	Kilomètre
l	Litre
m	Mètre
m ³	Mètre cube
mg	Milligramme
mm	Millimètre
ppm v/v	Partie par million en volume du volume
t	Tonne
µg	Microgramme

Autres

Env.	Environ
GPS	Geographical Positioning Systems (système de positionnement géographique)
NF	Norme française
WGS	World Geodetic System (système géodésique mondial)

Table des matières

Acronymes, symboles et abréviations	2
Synthèse	7
Chapitre 1. Contexte de l'audit	10
1.1 Situation géographique et environnementale	11
1.2 Le déversement de déchets toxiques de 2006	11
1.3 Opérations de dépollution	15
1.4 L'audit de l'ONU Environnement	16
Chapitre 2. Objectifs et méthodologie	18
2.1 Objectifs et champs d'application de l'audit environnemental	19
2.2 Travail de terrain	23
2.3 Analyses de laboratoire	30
2.4 Principales difficultés et contraintes	34
Chapitre 3. Évaluation des activités de dépollution	36
Site 1: Treichville	38
Site 2: Vridi Canal 1 (Cap Logistics)	40
Site 3: Vridi Canal 2 (Petroci)	42
Site 4: Koumassi (Zone industrielle)	44
Site 5: MACA 1	46
Site 6: MACA 2	48
Site 7: MACA 3	50
Site 8: Agboville	52
Site 9: Alépé 1	56
Site 10: Alépé 2	58
Site 11: Akouédo 1	60
Site 12: Akouédo 2	62
Site 13: Akouédo 3	64
Site 14: Coco-Service	66
Site 15: Abobo Sagbé	68
Site 16: Plateau Dokoui 1	70
Site 17: Plateau Dokoui 2	72
Mesure du pH dans le sol	75

Chapitre 4. Autres préoccupations environnementales	76
4.1 Qualité de l'air	78
4.2 Qualité de l'eau	83
4.3 Sédiments	90
4.4 Mollusques	91
4.5 Fruits et légumes	92
Chapitre 5. Conclusions et recommandations	94
5.1 Conclusions	95
5.2 Recommandations	95
Annexes	98
Annexe 1. Notes et références	99
Annexe 2. Liste complète des analytes	101
Annexe 3. Impacts du chrome sur la santé humaine et environnementale	105
Annexe 4. Liste des contributeurs	106

Synthèse

Contexte

Le 19 août 2006, le Probo Koala, un navire battant pavillon panaméen affrété par la société Trafigura, a déchargé 528 mètres cubes de déchets liquides dans le port d'Abidjan, en Côte d'Ivoire. Les déchets auraient été issus d'un processus industriel appelé «lavage à la soude caustique» du naphta de cokéfaction, un pétrole non raffiné contenant typiquement des taux importants de soufre. Le chargement a été transféré sur des camions-citernes opérés par un sous-traitant local, et déversé en douze endroits différents de la ville.

Dans les heures qui ont suivi, les riverains des sites de déversement, alertés par une puissante odeur, ont commencé à se plaindre de difficultés respiratoires, ainsi que d'irritations oculaires et dermatologiques. Pendant les semaines suivantes, plus de 100 000 personnes ont consulté pour ces symptômes, ainsi que pour des saignements de nez, des problèmes digestifs, des nausées et des vomissements, et d'autres problèmes.

Par précaution, le Gouvernement a ordonné la fermeture d'écoles dans les zones affectées, et la destruction de cultures de fruits et de légumes poussant à proximité des zones de déversement. Le bétail élevé à proximité de certains sites a été abattu, et la pêche a été interdite dans les baies de la lagune Ébrié. Par ailleurs, l'angoisse et la colère de la population face à cette situation ont engendré des protestations, des barricades et des manifestations violentes dans différentes parties de la ville.

Une première phase de dépollution – consistant à excaver les sites de déversement, puis à transporter en France les matériaux extraits et à les y incinérer – a été réalisée par l'entreprise française Trédi, sur mandat de l'État de Côte d'Ivoire, à partir de septembre 2006. Au cours des dix années qui ont suivi, plusieurs autres activités de dépollution ont été menées par divers acteurs, y compris le Gouvernement, qui effectuait encore au moment de la rédaction de ce rapport un suivi environnemental des sites. Malgré ces mesures, les communautés locales continuent d'émettre des préoccupations au sujet des possibles conséquences du déversement de déchets toxiques sur leur santé et leur environnement.

C'est dans ce contexte qu'en juin 2012, l'ONU Environnement a reçu une requête formelle de la part du Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour réaliser un audit environnemental scientifique indépendant des sites qui ont été affectés par le déversement de déchets toxiques issus du Probo Koala. Le Gouvernement souhaitait que l'ONU Environnement puisse déterminer si ces sites continuaient de poser des risques pour l'environnement ou pour la santé publique, et le cas échéant, émettre des recommandations sur des mesures correctives ou de dépollution complémentaire.

L'Audit de l'ONU Environnement

À la suite de plusieurs missions de cadrage visant à rassembler le plus d'informations contextuelles possibles et à définir les aspects pratiques de la mise en œuvre d'un tel audit, une équipe de l'ONU Environnement composée de quatre experts internationaux a été déployée à Abidjan en juillet 2016, afin de procéder au prélèvement d'échantillons de sol, d'eau, d'air, de sédiments, de mollusques et de fruits et légumes sur 18 sites considérés comme ayant été affectés par le déversement, ainsi que trois sites de contrôle.

Ces échantillons ont été méticuleusement conditionnés puis expédiés vers trois laboratoires européens, accrédités au plan international, pour y être analysés.

Une deuxième mission a été menée en janvier 2017, afin de procéder à des prélèvements complémentaires visant à combler certaines lacunes analytiques et à corroborer les résultats initiaux des analyses de laboratoire. Dans les deux cas, les experts ont été accompagnés sur le terrain par trois spécialistes du Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL), possédant des connaissances directes du déversement initial et des initiatives de dépollution et de surveillance environnementale qui ont suivi.

Sur la base des différentes analyses de la composition chimique des déchets réalisées en 2006, l'ONU Environnement a retenu les éléments suivants comme composés chimiques clé pour l'audit: (i) les hydrocarbures pétroliers; (ii) les composés soufrés; et (iii) les métaux lourds. De plus, l'impact de taux élevés d'hydroxyde de sodium a été mesuré à travers la valeur pH du sol.

Conclusions

Les résultats des analyses de laboratoire qui ont été effectuées sur les 130 échantillons de sol, d'eau, d'air, de sédiments, de mollusques, et de fruits et de légumes prélevés permettent de tirer les conclusions suivantes au sujet des différents types de sites affectés par les déchets toxiques issus du Probo Koala :

Sites de déversement des déchets toxiques

- Aucun des sites où les déchets issus du Probo Koala ont effectivement été déversés ne présente une contamination supérieure aux seuils établis par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Par conséquent, aucun de ces sites ne nécessite une intervention complémentaire, même au regard de normes internationales comme les valeurs d'intervention néerlandaises, qui sont parmi les directives les plus fréquemment utilisées à travers le monde pour la gestion et la dépollution des sites contaminés.

Sites de déversement présentant d'autres pollutions spécifiques

- Des taux élevés de polluants ont été relevés dans les échantillons d'air et d'eau souterraine prélevés au site 4, à Koumassi, ce qui reflète le manque de surveillance environnementale adéquate des nombreuses petites et moyennes industries de la zone industrielle environnante. Bien que les concentrations relevées ne dépassent pas les seuils requérant une intervention urgente, les résultats démontrent que Koumassi est en passe de devenir une «zone à risque» d'un point de vue environnemental, requérant l'attention du Gouvernement et des mesures de suivi.
- En comparaison aux sites de contrôle, la décharge municipale d'Akouédo présente, sans surprise, des taux élevés de nombreux polluants, dont des taux légèrement élevés de cadmium dans certains légumes cultivés sur le site 12 (Akouédo 2).

Autres sites d'intérêt

- Les silos du port autonome d'Abidjan, dans lesquels du maïs potentiellement contaminé a été stocké, sont exempts de polluants pouvant être liés aux déchets issus du Probo Koala.

- Les échantillons de sol prélevés au site 8 (Agboville), où le maïs potentiellement indirectement impacté par les déchets issus du Probo Koala a été composté, présentent des taux élevés de chrome. Ces taux sont supérieurs à la fois aux normes utilisées pour le suivi du processus de compostage, et aux valeurs d'intervention néerlandaises.

Recommandations

Les recommandations suivantes peuvent être faites au Gouvernement de la Côte d'Ivoire sur la base des conclusions qui précèdent:

- **Dépollution du site de compostage de maïs à Agboville:** Les deux séries d'échantillons prélevés indiquant que ce site présente des taux élevés de chrome et que du chrome percole dans le système de collecte du lixiviat, ce site doit être maintenu en observation. L'accès au site doit rester interdit, et des panneaux doivent être installés afin d'avertir les personnes de ne pas pénétrer sur le site, et de ne pas y récolter de l'herbe ou des légumes. Le lixiviat s'écoulant de ce site doit être éliminé de manière appropriée, dans une infrastructure dédiée, après avoir fait l'objet d'analyses chimiques complètes. En outre, le Gouvernement devra revoir le marché et examiner la situation avec le prestataire. Il sera notamment nécessaire de prélever d'autres échantillons et de mener une évaluation des risques d'après un modèle "source-voie d'exposition-récepteur" avant de pouvoir déterminer quelles interventions seront requises sur ce site.
- **Diligence raisonnable requise pour le démantèlement de la décharge municipale d'Akouédo:** Le Gouvernement a informé l'ONU Environnement que la fermeture de la décharge municipale d'Akouédo était envisagée depuis longtemps. Une fois que la date de fermeture sera fixée, un audit environnemental préalable complet devra être réalisé, comprenant la mise en place de systèmes de collecte du lixiviat et de contrôle des gaz de décharge. Il est possible que des restrictions d'utilisation, y compris pour l'agriculture sur le site, doivent également être instaurées.
- **Évaluation environnementale de la zone de Koumassi:** Étant donné les taux de pollution relevés dans les échantillons d'air et d'eau

souterraine prélevés au site 4, il est fortement recommandé que le Gouvernement: (i) s'assure que les ouvriers disposent d'un équipement de protection personnelle et d'une formation sur la santé au travail; (ii) établisse des directives relatives au contrôle des émissions et à la gestion des déchets pour les petites et moyennes industries; et (iii) entreprenne une évaluation environnementale complète de la zone de Koumassi, comprenant la qualité du sol, de l'eau et de l'air, qui servira de support à l'élaboration d'un plan d'action visant à atténuer les impacts sur la santé publique.

Plus généralement, et bien que l'audit environnemental ait conclu qu'aucun des sites où les déchets issus du Probo Koala ont effectivement été déversés ne présente de pollution dépassant les seuils établis par le Gouvernement ou les normes internationales admissibles, il est important de souligner les points suivants:

- Des dizaines de milliers de personnes ont été affectées par le déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006. Cette étude vise à déterminer si les sites de déversement continuent de poser un risque pour l'environnement et pour la santé des populations riveraines ou avoisinantes, et ses conclusions en la matière sont rassurantes. Celles-ci, toutefois, n'excluent pas que la santé des communautés soit encore affectée par leur exposition initiale aux déchets en 2006. Bien qu'elle ne puisse pas être traitée par une enquête environnementale, la question de savoir si ceux qui ont été affectés au moment du déversement continuent de souffrir de troubles physiologiques ou psychosomatiques est d'autant plus cruciale qu'un suivi systématique des populations affectées n'a pas eu lieu au cours de cette dernière décennie. Il est donc fortement recommandé que le Gouvernement de la Côte d'Ivoire entreprenne l'examen d'une sélection représentative de cas d'origine et se penche sur la nécessité de mettre en place un programme de suivi de la santé de ces communautés.
- Bien qu'un certain nombre de mesures aient été prises par le Gouvernement pour améliorer la surveillance et la gestion des déchets liquides provenant de navires dans les ports, les contrôles d'accès à la décharge municipale d'Akouédo, qui était à l'origine le lieu ciblé pour le déversement

de 2006, demeurent relativement faibles. Il est recommandé au Gouvernement de revoir ses procédures opérationnelles pour la gestion des déchets dangereux en détail et de s'assurer que les procédures de chaîne de surveillance adéquates soient bien mises en œuvre pour éviter que ce genre d'incident ne se reproduise.

- De plus, les systèmes de suivi environnemental qui ont été mis en place et les capacités qui ont été renforcées par l'ONU Environnement au sein du Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL) à la suite du déversement des déchets toxiques – comprenant la mise à disposition d'équipements de laboratoire de pointe – ont été perdus au cours des violences postélectorales de 2010-2011, qui ont dévasté l'institution. Par conséquent, le CIAPOL n'est plus en mesure d'exécuter pleinement son mandat. Un audit du CIAPOL a été réalisé en 2012 par le Centre PNUE-DHI pour l'Eau et l'Environnement. Le Gouvernement devrait s'appuyer sur les recommandations de cet audit pour restructurer le CIAPOL et lui fournir les moyens nécessaires pour lui permettre de mieux répondre aux défis environnementaux actuels.

Comme le démontre le cas de Koumassi, des "zones à risque environnemental" se développent à Abidjan en l'absence d'une surveillance efficace. Bien que ceux-ci n'aient pas encore d'impact critique sur l'environnement et la santé publique, les conséquences d'une telle pollution peuvent rapidement se faire sentir dans une métropole en pleine croissance comme Abidjan.

01

Contexte de l'audit



En juin 2012, le Gouvernement de la Côte d'Ivoire a déposé une requête formelle auprès de l'ONU Environnement, demandant à celui-ci d'entreprendre un audit environnemental scientifique indépendant des sites affectés par le déversement des déchets toxiques issus du navire Probo Koala en 2006. Ce chapitre apporte une vision globale du contexte de l'audit, comprenant la situation géographique, un compte-rendu du déversement lui-même et des efforts de dépollution entrepris depuis lors, ainsi qu'une explication du cadre et des contraintes du mandat de l'ONU Environnement.

1.1 Situation géographique et environnementale

La République de Côte d'Ivoire est située en Afrique de l'Ouest. Elle est frontalière du Libéria et de la Guinée à l'ouest, du Ghana à l'est, et du Mali et Burkina Faso au nord. Elle est bordée au sud par l'Océan Atlantique. Le pays s'étend sur 322 463 km² et comptait, en 2014, 22,7 million d'habitants.¹

La capitale du pays est Yamoussoukro. Cependant, Abidjan, située sur la côte sud-est, est la plus grande ville de Côte d'Ivoire et reste, de fait, la capitale administrative et économique du pays. La ville et sa périphérie immédiate sont regroupées en District Autonome d'Abidjan, comprenant dix municipalités (chacune ayant son propre maire et son conseil municipal) ainsi que les sous-préfectures d'Anyama, Songon et Bingerville.

Abidjan a un climat équatorial, avec deux saisons des pluies entrecoupées par deux saisons sèches. Le district présente une pluviométrie annuelle élevée, avec 1 600 mm de précipitations; juin et juillet sont les mois les plus pluvieux. Il affiche une température annuelle moyenne de 26°C. Géologiquement, Abidjan se trouve sur un bassin sédimentaire, composé d'argile, d'argile sableuse, de grès, de sable, de sable cimenté, de sable glauconieux, et de marne.²

La ville se déploie en bordure de la lagune Ébrié. D'une largeur d'environ 4 km et de 5 m de profondeur, celle-ci s'étend sur quelques 150 km d'est en ouest. La lagune est séparée du Golfe de Guinée sur presque toute sa longueur par une étroite bande de terre, principalement sableuse, et n'y est connectée que par le Canal de Vridi, un canal artificiel de 185 m de large. De l'eau douce s'écoule dans la lagune à partir de différents ruisseaux et rivières, dont la Comoé et la Mé à l'est, et l'Agnéby et l'Ira au centre.

La population d'Abidjan a très fortement augmenté dans la seconde partie du 20^{ème} siècle: alors que la ville comptait un peu moins de 50 000 personnes en 1948, la population avait atteint les 2,9 millions d'habitants en 1998.³ La période de conflits, qui a duré de 2002 à 2011, a intensifié de manière radicale le flux migratoire vers Abidjan des populations rurales et des villes du nord du pays recherchant la sécurité, et attirées par les opportunités économiques et l'accès aux services sociaux tels que l'éducation et la santé. Au cours du dernier recensement effectué en 2014, la population du district d'Abidjan s'élevait à 4,7 millions de personnes, représentant environ 20% de la population totale du pays.⁴

L'Évaluation environnementale post-conflit de la Côte d'Ivoire, publiée par l'ONU Environnement en 2015, a montré que cette croissance rapide et non planifiée – associée à une réduction des investissements dans les infrastructures urbaines au cours de la période de conflit – a drastiquement augmenté la pression sur les services et les infrastructures d'Abidjan. Cela a engendré une série de problèmes environnementaux à travers toute la ville, y compris des problèmes liés à la gestion des déchets municipaux dangereux, la pollution des eaux et une dégradation importante des terres.⁵

1.2 Le déversement de déchets toxiques de 2006

Le 19 août 2006, le Probo Koala, un navire battant pavillon panaméen affrété par la société Trafigura, a déchargé 528 mètres cubes de déchets liquides dans le port d'Abidjan. Le chargement a été transféré sur des camions-citernes opérés par un sous-traitant local, la Compagnie Tommy, et déversé en douze (12) endroits différents de la ville, dont la décharge municipale d'Akouédo, des caniveaux, des fossés et des terrains inoccupés. Le liquide s'est également écoulé depuis les sites de déversement ou depuis des camions stationnaires dans quatre (4) autres lieux. Le détail de ces sites est donné dans le tableau 1 ci-dessous.

D'après différents rapports,⁶ les déchets étaient issus d'un processus industriel appelé «lavage à la soude caustique» du naphta de cokéfaction, un pétrole non raffiné contenant typiquement des taux importants de soufre. Ce «lavage» avait été, du moins partiellement, réalisé à bord du Probo Koala entre les mois d'avril et de juin 2006. Le navire avait déjà essayé

Tableau 1. Sites de déversement des déchets du Probo Koala

N° du site ONU Env.	Nom du site ONU Env.	Comment le site a été affecté
2	Vridi Canal 1	Les déchets ont été déversés dans un caniveau et ont débordé sur le terrain avoisinant d'un site d'entrepôts
3	Vridi Canal 2	Les déchets déversés sur le site Canal de Vridi 1 se sont écoulés le long d'une conduite souterraine et sont ressortis dans un canal bétonné ouvert à cet endroit
4	Koumassi	Les déchets ont été déversés dans une conduite d'égout ouverte longeant des propriétés commerciales et à proximité d'un pont-bascule public
5	MACA 1	Les déchets se sont écoulés dans un fossé à partir d'un camion-citerne garé sur le bas-côté de la route pendant 3 jours
6	MACA 2	Les déchets ont été déversés sur le bas-côté de la route et se sont écoulés vers l'épaisse végétation en bordure de la Forêt nationale du Banco
7	MACA 3	Les déchets ont été déversés sur le bas-côté de la route dans l'épaisse végétation en bordure de la Forêt nationale du Banco
9	Alépé 1	Les déchets ont été déversés sur le bas-côté de la route, s'écoulant sur un champ
10	Alépé 2	Les déchets ont été déversés sur les pentes d'accotement de la route couvertes par une dense végétation ; les déchets se sont aussi écoulés vers des champs et un étang situés de l'autre côté de la route par un ponceau
11	Akouédo 1	Les déchets ont été déversés dans un fossé en bordure du chemin de terre traversant la décharge municipale
12	Akouédo 2	Les déchets se sont écoulés depuis un camion-citerne en stationnement sur une dalle de béton inclinée de la décharge municipale, et vers un fossé de drainage voisin
13	Akouédo 3	Les déchets déversés à Akouédo 1 se sont écoulés environ 200 m plus bas et se sont accumulés dans cette partie basse de la décharge municipale
14	Coco-Service	Les déchets ont été déversés dans un caniveau reliant une canalisation ouverte en béton qui se déverse dans un large fossé au fond duquel coule un ruisseau
15	Abobo Sagbé	Les déchets ont été déversés à même la terre dans une zone à ciel ouvert entourée d'ateliers de mécanique automobile
n/a	Abobo Plaque	Les déchets ont été déversés dans la citerne à gasoil d'une boulangerie ⁷
16	Plateau Dokoui 1	Les déchets ont été déversés dans un bassin de rétention d'eau recueillant les eaux de surface locales
17	Plateau Dokoui 2	Les déchets ont été déversés dans une station de dépotage d'eaux usées issues de fosses septiques. Lors du nettoyage de la station, de faibles quantités d'eaux usées ont débordé, et se sont répandues le long de la pente voisine en direction d'un caniveau en contrebas de la station

d'éliminer ces déchets dans différents ports d'Europe, notamment à Amsterdam, et en Afrique de l'Ouest.

La composition probable des déchets est examinée dans l'encadré 1 ci-dessous. En plus d'émettre une odeur nauséabonde, la combinaison de concentrations élevées d'hydroxyde de sodium et de composés soufrés odorants peut avoir différentes conséquences pour la santé. Dans les heures qui ont suivi le déversement, les riverains des sites de déversement, alertés par une puissante odeur, ont indiqué avoir souffert de divers symptômes, tels que des difficultés respiratoires et des irritations oculaires et dermatologiques. Pendant les semaines suivantes – le Gouvernement ayant ouvert les hôpitaux et offert des soins de santé gratuits aux résidents affectés – plus de 100 000 personnes ont consulté pour ces problèmes, ainsi que pour des saignements de nez, des problèmes digestifs, des nausées et des vomissements, et d'autres symptômes.⁸

Le manque d'information concernant la composition exacte des déchets et leurs effets potentiels a, aux premières heures de la crise, contribué à faire grandir l'inquiétude au sein de la population, y compris la crainte que la nourriture et l'eau pouvaient être contaminées. À la demande du Gouvernement, les cultures de fruits et de légumes qui poussaient sur ou à côté des zones de déversement, ainsi que le bétail élevé à proximité de certains sites, ont été détruits, et la pêche a été interdite dans les baies de la lagune Ébrié.⁹ Des représentants du Gouvernement ont aussi relaté des déplacements de population et la fermeture d'écoles dans les zones affectées. La

décharge municipale d'Akouédo, la seule décharge officielle d'Abidjan, où une partie des déchets a été déversée, a été fermée pendant deux mois.¹⁰

Le 6 septembre 2006, face à une situation de plus en plus tendue, le Premier Ministre, Charles Konan Banny, a annoncé sa démission du Cabinet.¹¹ Cependant, l'angoisse et la colère de la population au sujet de la gestion des événements a continué d'engendrer des protestations, des barricades et des manifestations violentes dans différentes parties de la ville au cours des semaines qui ont suivi.¹²

Suite à la formation d'un nouveau Gouvernement, le Premier Ministre a annoncé le 17 septembre la création d'une Commission Nationale d'Enquête, ainsi que le lancement des opérations de dépollution encadrées par une entité spéciale, la Cellule Opérationnelle de Coordination du Plan National de Lutte contre les Déchets Toxiques, qui était aussi chargée d'assurer une communication publique suivie concernant les mesures mises en œuvre pour répondre à cette crise.

Au cours des dix années qui ont suivi le déversement, un certain nombre d'activités de dépollution ont été menées par divers acteurs, y compris le Gouvernement de la Côte d'Ivoire, qui effectuait encore au moment de la rédaction de ce rapport un suivi environnemental des sites (voir ci-dessous). Malgré ces mesures, les communautés locales continuent d'émettre des préoccupations au sujet des possibles conséquences du déversement de déchets toxiques sur leur santé et leur environnement.



Encadré 1. Que contenaient les déchets du Probo Koala?

Bien que leur composition chimique exacte ne soit pas connue, l'odeur nauséabonde qui a déclenché la panique à travers Abidjan suite aux déversements d'août 2006 apporte un élément de certitude quant à la présence de sulfure d'hydrogène et mercaptans dans les déchets.

Trois analyses mandatées par l'Etat de Côte d'Ivoire à différentes phases de la crise ont permis d'établir leurs caractéristiques chimiques générales. Des échantillons des déchets ont notamment été prélevés par le Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL) sur le Probo Koala dès le début de la crise, et ont été analysés par la Société Ivoirienne de Raffinage (SIR) en date du 24 août 2006. D'autres ont été prélevés sur les sites de déversement, dont ceux analysés par la Sécurité Civile Française venue appuyer le Gouvernement en septembre 2006, ou ceux examinés par le laboratoire européen Wessling, à la demande du Gouvernement, dont le rapport a été délivré en mars 2007.

Tableau 2. Caractérisation des déchets d'après l'analyse NFI (réalisée en juillet 2006)

PHASE AQUEUSE		
Composé chimique	Proportion des slops (%)	Proportion des slops (poids)
Hydroxyde de sodium (NaOH)	10 %	37,9 t
Soufre total (S)	6,8 %	25,7 t
Mercaptan (mercaptides éthyle et méthyle de sodium, S)	3,34 %	12,7 t
Thiophénols	0,16 %	0,6 t
Phénols, dont crésols	4,8 %	18,2 t
Soufre inorganique (sulfure et bisulfures, S)	0,5 %	1,9 t
Phtalocyanine de cobalt sulfonée	4 ppm ajoutées	1 516 g
Catalyseurs (Co)	1,3 ppm mesurées	492 g
Mercure (Hg)	0,91 ppm	345 g
Zinc (Zn)	2,7 ppm	1 023 g
Cuivre (Cu)	1,8 ppm	682 g
Strontium (Sr)	0,42 ppm	159 g
PHASE HYDROCARBONÉE		
Composé chimique	Proportion des slops (%)	Proportion des slops (poids)
Hydrocarbures C5 à C11	Env. 98 %	Env. 135 t
Hydrocarbures lourds C14 à C40 (estimation des analyses réalisées par Trédi)	0,45 %	0,62 t
Alcanes normaux	29,1 %	39,9 t
Alcanes ramifiés	17,2 %	23,6 t
Composés non saturés	36,2 %	49,6 t
Alcanes cycliques	10,9 %	14,9 t
Composés aromatiques, dont:	6,2 %	8,5 t
Alkylbenzènes C2	1,7 %	2,3 t
Alkylbenzènes C3	0,9 %	1,2 t
Alkylbenzènes C4	0,1 %	0,14 t
Soufre total principalement sous forme de disulfures de diéthyle, de méthyle et de propyle (S)	1,3 %	1,8 t
Soufre mercaptan (S)	0,095 %	0,13 t
Chlore organique (Main VII)	2 ppm	274 g

La caractérisation la plus complète de la composition chimique des déchets, toutefois, est celle qui résulte des analyses effectués en juillet 2006 par l'Institut de police scientifique des Pays-Bas (Netherlands Forensic Institute ou NFI), sur des échantillons pris lorsque le Probo Koala était amarré à Amsterdam, qui a décrit les déchets comme étant "un mélange de liquides huileux et d'eau, présentant de nombreuses impuretés."¹³ Elles ont servi de base au seul document fourni par Trafigura, en 2008, concernant la composition "probable" des déchets. La composition chimique, telle qu'acceptée par Trafigura, est reportée dans le tableau 2 ci-dessous.¹⁴ Les concentrations respectives de chaque produit chimique au moment du déversement des déchets à Abidjan ne sont toutefois pas connues.

1.3 Opérations de dépollution¹⁵

Plusieurs opérations de dépollution impliquant des acteurs tant nationaux qu'internationaux ont été menées au cours des années qui ont suivi le déversement des déchets. Les éléments clés de chaque opération sont résumés ci-dessous. Les détails spécifiques des travaux menés sur chaque site de déversement sont donnés au chapitre 3.

Une première phase de dépollution – consistant à excaver les sites de déversement, puis à transporter en France par bateau les matériaux extraits et à les y incinérer – a été réalisée par l'entreprise française Trédi à partir de septembre 2006. Le contrat avec Trédi avait pour objet initial le traitement de 2 500 tonnes de déchets et sols contaminés, mais au début de l'année 2007, l'entreprise avait déjà enlevé 9 000 tonnes supplémentaires.

En février 2007, un accord a été conclu entre le Gouvernement de la Côte d'Ivoire et Trafigura, dans lequel Trafigura s'engageait à couvrir les coûts de ces efforts de dépollution, ainsi qu'à prendre en charge l'identification et la dépollution complémentaire des sites pouvant encore être contaminés par les déchets issus du Probo Koala.

En mai 2007, Trafigura a conclu un contrat avec une autre entreprise française, Burgéap, pour réaliser un audit des travaux réalisés par Trédi et identifier les besoins restants en matière de dépollution. La première phase de l'audit de Burgéap a pris fin en novembre 2007.

Si des divergences survenues entre le Gouvernement et Burgéap au sujet de la méthodologie de cette dernière ont mis fin à cette collaboration, la partie Ivoirienne a tout de même identifié quatre sites nécessitant une dépollution complémentaire – Alépé 1, Alépé 2, Vridi Cap Logistics et MACA 2 bis. Trafigura a alors conclu un

contrat avec Biogénie, une entreprise canadienne, pour entamer la dépollution des sites d'Alépé.

En avril 2008, un avenant à l'accord avec Trafigura a transféré la gestion des opérations de dépollution à l'Etat de Côte d'Ivoire. Un projet a alors été créé sous les auspices du Ministère de l'Environnement pour encadrer la dépollution complémentaire et assurer le suivi environnemental des sites, dont la mise en œuvre a été confiée à l'expertise du Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL) et du Bureau National d'Études Techniques et de Développement (BNETD).

Un nouveau contrat a été conclu en 2009 entre le Gouvernement et Biogénie pour continuer les travaux de dépollution qui avaient débuté en 2007. L'excavation et le traitement biologique des terres contaminées sur les sites d'Alépé 1 et 2 a ainsi repris en mars 2010. Le site de MACA a aussi été excavé et les terres ont été transférées à Alépé 1 pour traitement. Le site de Vridi Cap-Logistics, lui, a fait l'objet d'un autre marché avec l'entreprise EMEB-CI, qui a procédé entre octobre 2010 et juin 2011 au remplacement du réseau d'assainissement interne du site, ainsi qu'à des travaux de nettoyage des regards et des conduites raccordées au réseau principal. Après quelques retards dus aux violences postélectorales de 2010-2011, le processus de dépollution par traitement biologique à Alépé a été complété fin 2014. Le sol traité a ensuite été redistribué à travers le site en 2015.

Le projet du Gouvernement comprenait également le traitement d'un stock de maïs sec destiné à la production d'aliments pour nourrissons, qu'on pensait potentiellement contaminé par voie atmosphérique alors qu'il était stocké dans un silo à proximité des sites de Vridi Canal 1 et 2 au moment du déversement des déchets toxiques. L'entreprise ivoirienne Envipur a obtenu en 2010 un marché visant le retrait, le transport et le traitement du maïs stocké.¹⁶ Supervisé par le BNETD, ces actions ont compris le compostage du

mais, à partir de 2012, sur un site prévu à cet effet et situé aux alentours d'Agboville, au nord d'Abidjan. Bien qu'un projet de rapport de clôture ait été présenté par Envipur, celui-ci n'a pas encore été validé par le Gouvernement. Le site est donc encore considéré comme étant en observation.

En parallèle à ces opérations de dépollution, le CIAPOL a mis en place, à partir de novembre 2012, un programme de suivi environnemental de tous les sites de déversement, impliquant une évaluation périodique de la qualité des sols, de l'air, des eaux souterraines et de surface, afin d'identifier tout problème persistant et d'émettre des recommandations pour y répondre.

Les différentes étapes des opérations de dépollution sont relativement bien documentées : plusieurs documents contractuels, rapports d'étape et rapports d'analyses de laboratoire ont été mis à la disposition de l'ONU Environnement pendant cet audit. Bien que ces documents fournissent des informations importantes et donnent des conclusions générales concernant les différentes opérations, ces rapports ne présentent pas de conclusions claires pour chacune des phases de dépollution, par exemple à travers une comparaison, dans un format simple, des valeurs atteintes par rapport aux limites fixées.

Étant donné l'insuffisance de communication claire sur les résultats des travaux de dépollution entrepris jusqu'ici, il n'est pas surprenant que les communautés vivant à proximité des sites de déversement restent préoccupées par la possibilité que leur santé et leur environnement continuent d'être affectés par les déchets toxiques déversés. En outre, la politique intérieure et les implications légales en matière d'indemnisation des victimes ont contribué à ce que l'affaire du Probo Koala demeure au-devant de la scène non seulement en Côte d'Ivoire, mais aussi au niveau international.

1.4 L'audit de l'ONU Environnement

L'ONU Environnement réalise des évaluations scientifiques indépendantes de l'impact environnemental des conflits, des catastrophes et des accidents industriels depuis près de vingt ans. En 2011, l'ONU Environnement a publié un rapport marquant sur la contamination environnementale de l'Ogoniland, au Nigeria. Cette étude a été demandée par le Gouvernement du Nigeria suite à des décennies de conflits entre les communautés locales et

l'industrie pétrolière, qui ont conduit à l'arrêt des activités d'exploration et de production pétrolière dans cette zone. Ce rapport a permis à la communauté Ogoni de travailler avec l'industrie pétrolière sur un processus de dépollution, et a ainsi retenu l'attention internationale.

C'est dans ce contexte qu'en juin 2012, l'ONU Environnement a reçu une requête formelle de la part du Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour réaliser un audit environnemental scientifique indépendant des sites qui ont été affectés par le déversement de déchets toxiques issus du Probo Koala. Selon la requête, le Gouvernement souhaitait que l'ONU Environnement puisse déterminer si ces sites continuaient de poser des risques pour l'environnement ou pour la santé publique, et le cas échéant, émettre des recommandations sur des mesures correctives ou de dépollution complémentaire.

En septembre 2012, l'ONU Environnement a ainsi entrepris une mission de cadrage en Côte d'Ivoire pour étudier cette demande, visiter les sites où le déversement avait eu lieu et rassembler les informations logistiques nécessaires à la réalisation d'un tel audit. Au cours de cette mission, l'équipe a mis en lumière les problématiques suivantes:

- A ce stade, six années s'étaient écoulées depuis le déversement des déchets toxiques, et diverses activités de dépollution avaient eu lieu pendant cette période intermédiaire. Cela signifiait que la probabilité qu'une contamination par le déversement initial soit détectée dans l'un ou l'autre des milieux environnementaux était très faible.
- Les sites de déversement étaient utilisés pour diverses activités de nature principalement industrielle ou semi-industrielle (ports, entrepôts, ateliers). Une fois les travaux de dépollution terminés, ces activités avaient repris et une majorité des sites étaient encore opérationnels.
- Les sites affectés par le déversement des déchets avaient également été impactés par diverses autres sources de pollution aussi bien avant le déversement qu'après les travaux de dépollution. Le cas le plus extrême était celui de la décharge municipale d'Akouédo, où des déchets en tous genres continuaient d'être déversés chaque jour. D'autres sites étaient pollués par une circulation

routière intense, par des ateliers, ou par la décharge sauvage de déchets ménagers, par exemple.

- De même la lagune Ébrié, dans laquelle une partie de la contamination liée aux déchets toxiques du Probo Koala se serait écoulée à travers des caniveaux et des rivières, recevait quotidiennement les eaux usées municipales et industrielles de toute la ville d'Abidjan, et était visiblement polluée.

Sur la base de ces constats, le Gouvernement et l'ONU Environnement se sont entendus sur le fait qu'il serait scientifiquement impossible d'attribuer toute contamination détectée à un événement spécifique s'étant produit en 2006. Cependant, il a été jugé important d'évaluer les risques pour la santé et pour l'environnement que posaient les sites affectés par le déversement de déchets toxiques, quelle que soit la cause de la pollution identifiée. Il a donc été décidé conjointement que l'audit environnemental, qui devait être financé par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire, aurait pour objectifs les points suivants:

1. Vérifier si les sites dépollués continuaient de poser des risques pour la santé publique ou l'environnement; et émettre le cas échéant des recommandations en vue de la réalisation d'opérations de dépollution complémentaire; et
2. Vérifier si les travaux de dépollution en cours permettraient d'aboutir à la réduction requise de la contamination environnementale et suggérer, si nécessaire, des mesures correctives.

De plus, le Gouvernement a demandé à ce que l'ONU Environnement, en parallèle à l'audit à proprement parler, passe en revue les études de santé publique menées à ce jour en Côte d'Ivoire et propose, si nécessaire, des études de suivi complémentaires.

Un protocole d'accord entre l'ONU Environnement et le Gouvernement de la Côte d'Ivoire a été rédigé à cet effet en 2014, et a été signé en février 2015.

02 Objectifs et méthodologie



2.1 Objectifs et champs d'application de l'audit environnemental

Bien qu'un accord formel entre l'ONU Environnement et le gouvernement de la Côte d'Ivoire ait été conclu en 2014, le travail de terrain de l'audit environnemental n'a débuté qu'en 2016 – dix ans après le déversement des déchets toxiques – en raison de divers facteurs, dont l'élection présidentielle de 2015. Le temps que le travail commence, toutes les activités de dépollution, excepté une, avaient été achevées. Par conséquent, les objectifs de l'audit ont été restreints à vérifier si les sites dépollués continuaient de poser des risques pour la santé publique ou l'environnement, et fournir, le cas échéant, des recommandations en vue de la réalisation d'opérations de dépollution complémentaire.

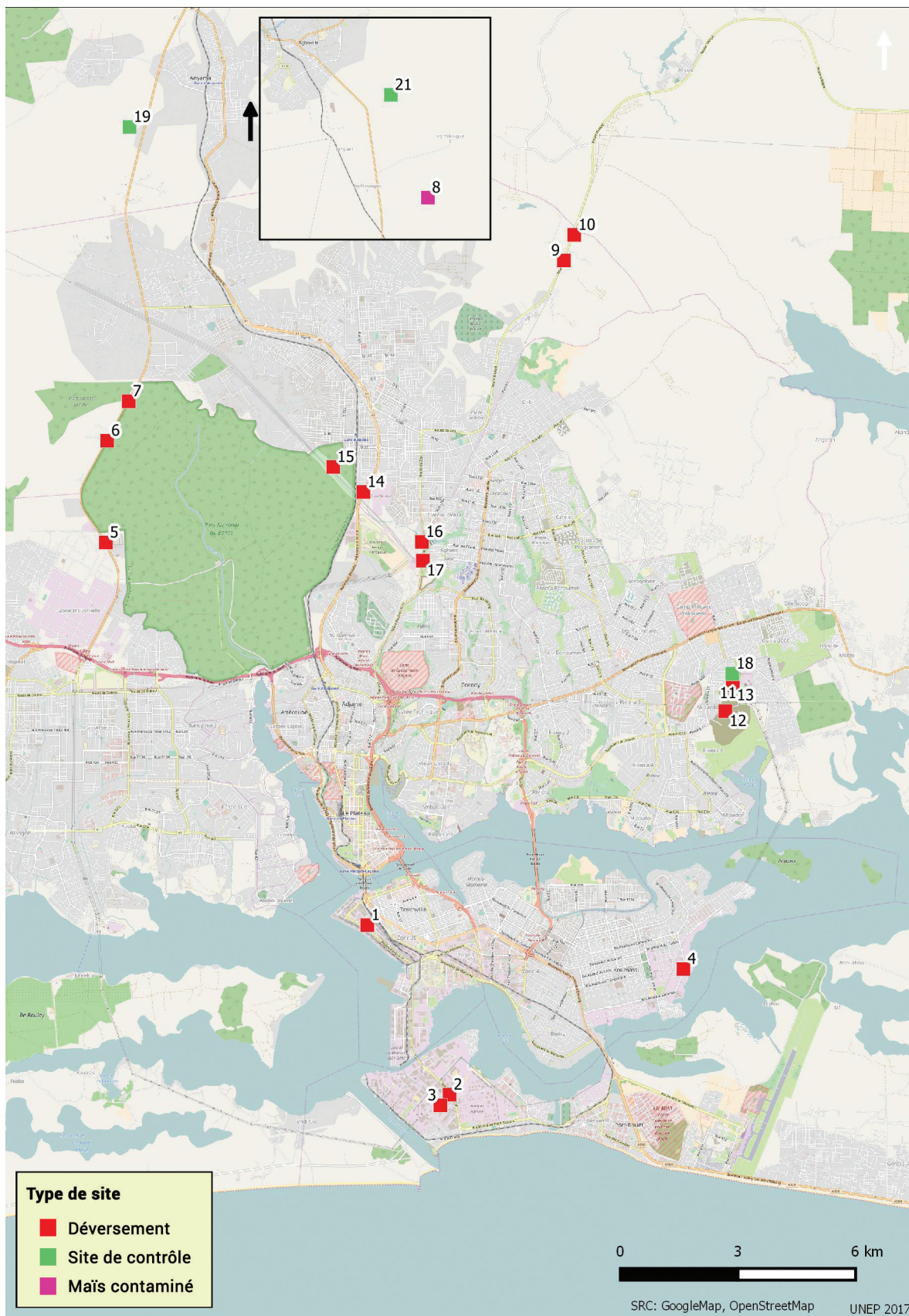
Il est important de souligner que l'objectif principal de l'audit n'était pas de déterminer si l'éventuelle contamination détectée pouvait être attribuée au déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala. En effet, pour les raisons expliquées au chapitre précédent, il n'aurait pas été scientifiquement possible d'attribuer de manière formelle une contamination

chimique donnée à un seul et unique événement s'étant produit dix ans avant l'audit, notamment parce que les sites n'avaient pas été sécurisés après le déversement des déchets toxiques et avaient été exposés à d'autres sources de pollution depuis lors. D'un point de vue environnemental et de santé publique, la question clé était de déterminer si l'un ou l'autre de ces sites présentait une contamination supérieure aux normes environnementales convenues – qu'elle qu'en soit la source – et de s'assurer que toute pollution détectée fasse l'objet d'un traitement adéquat et rapide.

Comme mentionné au chapitre 1, le Gouvernement a aussi demandé à l'ONU Environnement de passer en revue les études de santé publique liées au déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala, et de soutenir l'organisation d'une discussion sur les études complémentaires à réaliser en fonction des résultats de l'audit. Les résultats de l'analyse et les recommandations qui en émanent feront l'objet d'un dossier séparé, qui sera préparé à l'issue d'une table ronde à cet effet qui se tiendra à Abidjan en 2017.



Carte 1. District d'Abidjan et lagune Ébrié



Champ d'application de l'audit

Le champ d'application géographique de l'audit couvre vingt et un (21) sites au sein du District d'Abidjan (Côte d'Ivoire) et ses alentours, comprenant:

- Onze (11) sites de déversement effectif;¹⁷
- Quatre (4) sites où les déchets liquides se sont écoulés depuis les sites de déversement ou à partir des camions-citerne;
- Deux (2) sites où du maïs potentiellement contaminé a été stocké et traité;

- Trois (3) sites de contrôle qui n'ont pas été affectés par le déversement des déchets toxiques de 2006; et
- La lagune Ébrié, dans laquelle les ruissellements de divers sites de déversement avaient pu s'écouler.

La liste de ces sites, ainsi que leur usage actuel, sont donnés au tableau 3, tandis que leur situation géographique est représentée sur la carte 1 ci-dessus. Une description complète des caractéristiques et des propriétés physiques de chaque site, ainsi qu'un bref historique de la manière dont chaque site a été affecté

Tableau 3. Liste des sites d'échantillonnage

N° du site ONU Env.	Nom du site ONU Environnement	Type d'utilisation du sol aux alentours	Travaux de dépollution entrepris
1	Treichville (silos)	Industriel	Maïs potentiellement contaminé transporté depuis les silos de ce site sur le site 8 pour compostage
2	Vridi Canal 1 (Cap-Logistics)	Industriel	Canalisations en bord de route et sur le site de la société Cap-Logistics retirées et remplacées par de nouvelles structures; sol environnant excavé et traité ailleurs
3	Vridi Canal 2 (Petroci)	Industriel	Canal et alentours immédiats dépollués
4	Koumassi	Industriel	Canalisation retirée; sol environnant excavé et traité ailleurs
5	MACA 1	Bord de route; agricole	Sol excavé et traité ailleurs
6	MACA 2	Bord de route; forêt	Sol excavé et traité ailleurs
7	MACA 3	Bord de route; forêt	Sol excavé et traité ailleurs
8	Agboville	Agricole	Compostage du maïs (2012-2016) achevé; site encore en observation
9	Alépé 1	Agricole	Sol excavé, traité sur site par assainissement biologique (2010-2014) et réparti à nouveau sur le site
10	Alépé 2	Agricole	Sol excavé et traité à Alépé 1
11	Akouédo 1	Décharge	Sol excavé et traité ailleurs
12	Akouédo 2	Décharge	Sol et une partie de la structure bétonnée retirés et traités ailleurs
13	Akouédo 3	Décharge	Sol excavé et traité à même le site
14	Coco-Service	Bord de route; urbain	Sol excavé et traité ailleurs; canalisation dépolluée
15	Abobo Sagbé	Industriel	Sol excavé et traité ailleurs
16	Plateau Dokoui 1	Urbain; canalisation et bassin de rétention des eaux pluviales	Eaux contaminées pompées et excavation des sédiments
17	Plateau Dokoui 2	Bord de route; urbain	Nettoyage de la station de dépotage des eaux usées; excavation du sol attenant et traitement ailleurs
18	Site de contrôle à Akouédo	Décharge (dans une zone qui n'est plus en usage)	-
19	Site de contrôle à Anyama	Agricole	-
20	Lagune Ebrié	Lagune	-
21	Site de contrôle à Agboville	Agricole	-

par le déversement des déchets toxiques en 2006 et les activités de dépollution qui ont suivi, sont fournis au chapitre 3.

Il est à noter que le site de déversement d'Abobo Plaque (voir le tableau 1) n'a pas été pris en compte car la citerne à gasoil dans laquelle les déchets ont été déversés a été enlevée et traitée en France par l'entreprise Trédi peu après le déversement, et son emplacement a été recouvert de bitume. Il n'était donc plus possible d'y prélever des échantillons.

Polluants analysés

Sur la base des différentes analyses de la composition chimique des échantillons pris à bord du Probo Koala en 2006, ainsi que de celles réalisées sur les échantillons prélevés sur les sites de déversement (voir l'encadré 1), l'ONU Environnement a retenu les éléments suivants comme composés chimiques clés pour l'audit:

- les hydrocarbures pétroliers;
- les composés soufrés; et
- les métaux lourds.

La spéciation des polluants à analyser au sein de ces trois groupes a été principalement déterminée par ce que contenaient les déchets du Probo Koala ainsi que les normes environnementales établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. De plus, l'impact de taux élevés d'hydroxyde de sodium a été mesuré à travers la valeur pH du sol (voir le tableau 26). La liste complète des analytes est présentée à l'annexe 2.

Milieux environnementaux analysés

Cet audit s'est d'abord concentré sur le sol, en tant que milieu principal au sein duquel les déchets ont été déversés et les activités de dépollution ont été entreprises ; des échantillons d'air, d'eau, de sédiments, de mollusques, de fruits et légumes ont aussi été recueillis, d'après les critères suivants:

- **Sol:** Des échantillons de sol ont été prélevés sur tous les sites où les déchets toxiques ont été déversés et/ou des matériaux contaminés ont été entreposés ou traités, dans la mesure où de tels prélèvements étaient possibles.¹⁸

- **Eau souterraine:** L'objectif initial, qui consistait à prélever des échantillons d'eau souterraine sur tous les sites examinés n'a pas pu être atteint, car un changement de méthodologie de forage – suggéré par l'ONU Environnement – a occasionné un retard dans la réalisation des puits nécessaires, qui n'ont pu être forés à temps pour la campagne d'échantillonnage. Comme alternative, l'équipe de l'audit a utilisé les puits existants dans les environs des sites de déversement des déchets toxiques, y compris des puits d'eau potable privés et des puits de surveillance gérés par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP).
- **Eau de surface:** Des échantillons d'eau de surface ont été prélevés sur ou à proximité des sites examinés, là où il a été possible de trouver des plans d'eau adéquats. Ceux-ci ont compris des canalisations de bord de route, des étangs, des ruisseaux et ruisselets, ainsi que la lagune Ébrié.
- **Air:** Des échantillons d'air ont été prélevés sur ou à proximité des différents sites examinés. Dans certains cas, par exemple lorsque les sites étaient situés à proximité immédiate l'un de l'autre, un seul et unique échantillon d'air a été prélevé en tant que témoin de la qualité de l'air dans cette zone.
- **Matières végétales comestibles:** Des légumes et fruits cultivés sur ou autour des sites examinés ont été analysés afin de contrôler si leur consommation présentait un risque pour la santé publique. Des échantillons ont été prélevés de façon opportuniste, car tous les sites examinés n'étaient pas utilisés pour la culture.
- **Mollusques:** Les mollusques représentent un important "outil" de biosurveillance pour évaluer la santé d'un écosystème, car ils accumulent les polluants au fil du temps et peuvent de ce fait en mettre en évidence les plus infimes traces. Des échantillons de moules ont ainsi été recueillis près des lieux où les déchets issus du Probo Koala étaient susceptibles d'avoir migré vers la lagune.
- **Sédiments:** Des échantillons de sédiments ont été prélevés à partir des sites examinés, dans la mesure du possible, afin d'être utilisés comme témoins potentiels de contaminations préalables.

2.2 Travail de terrain

À la suite de plusieurs missions de cadrage visant à rassembler le plus d'informations contextuelles possibles et à définir les aspects pratiques de la mise en œuvre d'un tel audit, une équipe de l'ONU Environnement composée de quatre experts internationaux a été déployée à Abidjan du 1 au 16 juillet 2016, afin de procéder au prélèvement d'échantillons sur tous les sites susmentionnés. L'équipe comptait des experts spécialisés dans la gestion des déchets solides et dangereux, la contamination des sols, et les techniques d'échantillonnage environnemental et aquatique. De plus, deux spécialistes – respectivement experts en pollution atmosphérique et santé publique, et en pollution marine – ont apporté leur expertise à distance, donnant des conseils sur les techniques et

stratégies d'échantillonnage et analysant les résultats de laboratoire.

Une deuxième mission, impliquant deux experts internationaux, a été menée du 16 au 20 janvier 2017, afin d'identifier des sites de contrôle supplémentaires et à procéder à des prélèvements complémentaires visant à combler certaines lacunes analytiques et à corroborer les résultats initiaux des analyses de laboratoire.

Dans les deux cas, les experts ont été accompagnés sur le terrain par trois spécialistes du Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL), possédant des connaissances directes du déversement initial et des initiatives de dépollution et de surveillance environnementale qui ont suivi.

Tableau 4. Méthode d'échantillonnage

Milieu	Détails
Sol	<ul style="list-style-type: none"> Les échantillons de sol ont été prélevés sur tous les sites où des déchets ont été déversés, entreposés ou traités, à l'exception du Site 1 (Treichville) et du Site 3 (Vridi Canal 2) où ceux-ci n'ont pas pu être obtenus du fait du revêtement en béton. Les échantillons ont été prélevés par forage manuel à une profondeur d'1 m en moyenne. Des échantillons de sol de surface ont aussi été prélevés à l'aide d'une petite tarière manuelle, afin de permettre une comparaison entre les niveaux de pollution en surface et ceux en sous-surface. Un total de 53 échantillons de sol a été prélevé à partir de 15 sites affectés et des 3 sites de contrôle.
Air	<ul style="list-style-type: none"> L'échantillonnage de l'air a été effectué à l'aide de bouteilles en acier inoxydable passivé. Un total de 16 échantillons d'air a été prélevé.
Eau souterraine	<ul style="list-style-type: none"> Des échantillons n'ont pu être prélevés que dans certains lieux, en fonction de la présence et des possibilités d'accès à des forages existants et des puits de surveillance de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP), ou à des puits superficiels creusés par les habitants. 12 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés au total sur 8 sites différents, dont 8 à partir des puits de l'ONEP et 4 à partir des puits privés locaux. Les échantillons d'eau de puits privés ont été prélevés de la même manière que les foyers accèdent normalement à leur eau potable, que ce soit par pompe mécanique ou manuelle, ou à l'aide de seaux. L'équipe a aussi utilisé des écopos comme outil de prélèvement, lorsque nécessaire.
Eau de surface	<ul style="list-style-type: none"> Les échantillons d'eau de surface ont été prélevés à partir des rivières, canalisations et canaux les plus pertinents. Au total, 21 échantillons d'eau de surface ont été prélevés à partir de 9 lieux différents, dont 8 sites affectés et diverses profondeurs dans la lagune Ébrié.
Matières végétales comestibles	<ul style="list-style-type: none"> Afin de contrôler toutes les voies de contamination possible, des matières végétales comestibles, tels que le manioc, le maïs, des patates douces et des fruits ont été prélevés lorsque c'était pertinent. Au total, 16 échantillons de matières végétales comestibles ont été prélevés, dont 15 à partir de sites affectés et 1 sur le site de contrôle d'Agboville.
Sédiments	<ul style="list-style-type: none"> Dans la mesure du possible, des sédiments ont été prélevés à partir de caniveaux, plans d'eau de surface et rivières. Au total, 8 échantillons de sédiments ont été prélevés, dont 3 échantillons à partir de sites affectés et 5 échantillons supplémentaires à partir de la lagune Ébrié.
Mollusques	<ul style="list-style-type: none"> Au total, 4 échantillons d'huîtres ont été prélevés sur les rives de la lagune Ébrié. Des prélèvements ont été tentés à d'autres endroits mais sans succès, pour un certain nombre de raisons, dont : l'absence d'huîtres, celles-ci ayant été ramassées localement ; de fortes marées ; l'impossibilité d'accès du fait de l'escarpement des berges ou du risque de chutes de pierres.

Prélèvement des échantillons

La méthode d'échantillonnage pour chaque milieu environnemental est détaillée dans le tableau 4 ci-dessus.

Le tableau 5 ci-dessous détaille les échantillons qu'il a été possible de prélever sur chacun des sites, en fonction de l'état général et des caractéristiques de chaque site.

Échantillons de contrôle

Étant donné que les sites où les déchets toxiques issus du Probo Koala ont été déversés sont aussi affectés par d'autres sources de pollution au quotidien, il était important de pouvoir évaluer le degré potentiel de contamination naturelle et anthropogénique dans ces zones, en dehors de tout contact avec les déchets provenant du Probo Koala. Comme l'indique le tableau 5 ci-dessous, trois sites de contrôle ont été sélectionnés à cet effet:

Tableau 5. Régime d'échantillonnage par site

N° du site ONU Env.	Nom du site ONU Environnement	Milieu environnemental						
		Sol	Sédiments	Eau de surface	Eau souterraine	Air	Matières végétales comestibles	Mollusques
1	Treichville	x	x	x	x	✓	x	x
2	Vridi Canal 1	✓	x	✓	x	✓	x	x
3	Vridi Canal 2	x	x	✓	✓	✓	x	x
4	Koumassi	✓	x	x	✓	✓	x	x
5	MACA 1	✓	x	x	✓	✓	✓	x
6	MACA 2	✓	x	x	x	x	x	x
7	MACA 3	✓	✓	x	✓	✓	✓	x
8	Agboville	✓	x	✓	✓	✓	✓	x
9	Alépé 1	✓	x	x	x	✓	✓	x
10	Alépé 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
11	Akouédo 1	✓	x	x	x	✓	✓	x
12	Akouédo 2	✓	x	✓	x	✓	✓	x
13	Akouédo 3	✓	x	✓	x	x	✓	x
14	Coco-Service	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
15	Abobo Sagbé	✓	x	x	x	✓	✓	x
16	Plateau Dokoui 1	✓	x	✓	x	✓	x	x
17	Plateau Dokoui 2	✓	x	x	x	✓	✓	x
18	Site de contrôle d'Akouédo	✓	x	x	x	x	x	x
19	Site de contrôle d'Anyama	✓	x	x	✓	x	x	x
20	Lagune Ebrié	x	✓	✓	x	x	x	✓
21	Site de contrôle d'Agboville	✓	x	x	x	✓	✓	x



Site 18: Site de contrôle d'Akouédo

- Site 18 – Site de contrôle d'Akouédo;** Ce site de contrôle se situe dans l'enceinte de la décharge municipale, près du portail d'entrée et du pont-bascule, dans une zone qui n'a pas été affectée par le déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006. Situé dans une zone de la décharge qui n'a pas reçu un volume important de déchets au cours des dernières années, ce lieu a été sélectionné comme site de contrôle illustrant

les conditions prédominantes d'un environnement fortement contaminé par le déversement sur le long terme de déchets urbains solides et industriels. Un échantillon de sol de surface (0-20 cm) a été prélevé sur ce site. Étant donné que le sol était encore essentiellement composé de déchets non dégradés, il n'a pas été possible de prélever un échantillon plus en profondeur.

Carte 2. Site 18: Site de contrôle d'Akouédo



Site 19: Site de contrôle d'Anyama

- **Site 19 – Site de contrôle d'Anyama:** Ce site de contrôle est situé près de la ville d'Anyama, à environ 15 km au nord d'Abidjan, dans une zone rurale de prairies, forêts et petits terrains agricoles. Il est accessible par véhicule et se trouve à quelques 320 m de l'autoroute d'Abobo en venant d'Abidjan. Considéré comme absolument non affecté par les déchets issus du Probo Koala, ce site a été sélectionné comme site de contrôle illustrant les conditions environnementales

prédominantes en milieu rural. Il était notamment présumé présenter des caractéristiques de sol similaires à celles d'Abidjan, mais sans l'impact des activités urbaines et du déversement de déchets solides et industriels. Un échantillon de sol de surface (0-20 cm) et un échantillon de sol à 1 m de profondeur, ainsi qu'un échantillon d'eau souterraine et un échantillon d'air, y ont été prélevés.

Carte 3. Site 19: Site de contrôle d'Anyama





- Site 21** – Site de contrôle d'Agboville: Ce site de contrôle est situé à environ 65 km d'Abidjan, près de la ville d'Agboville. Il se trouve dans une zone forestière entrecoupée de petits terrains cultivés, à environ un kilomètre de la route principale. Le site est accessible en véhicule par une voie non bitumée. Considéré comme absolument non affecté par les déchets issus du Probo Koala, ce site a été sélectionné comme site de contrôle illustrant les conditions environnementales prédominantes en milieu rural – avec une attention particulière sur la qualité de l'air, le site d'Anyama (site 19) étant assez proche d'Abidjan pour être potentiellement affecté par les polluants atmosphériques de la ville et de la grande route toute proche. Ce site pouvait aussi

servir de site de contrôle pour les caractéristiques du sol dans la zone d'Agboville, ce qui était important car les analyses chimiques – portant sur les métaux lourds en particulier – peuvent varier considérablement entre différents types de sol. Étant donné que l'audit devait analyser la concentration en métaux lourds du Site 8, également situé proche d'Agboville, il était important de s'assurer que les résultats soient comparés à des données de référence fiables. En plus d'un échantillon d'air, un échantillon de sol de surface (0-20 cm) et un échantillon de matière végétale comestible ont donc été prélevés sur ce site de contrôle. Il n'a pas été possible de prélever d'échantillon à 1 m de profondeur, en raison de la qualité dure et caillouteuse du sol.

Carte 4. Site 21: Site de contrôle d'Agboville



Tableau 6. Résultats des analyses des échantillons prélevés sur les sites de contrôle

Sol	Site 18	Site 19	Site 21	
	Akouédo	Anyama	Agboville	
	0-20 cm	0-20 cm	1 m	0-20 cm
Paramètres (mg/kg)				
Hy C5-C44 total	215	7,16	0,829	11,4
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Éthylbenzène	< 0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,004
Toluène	< 0,007	< 0,002	< 0,002	< 0,007
Xylène	< 0,02	< 0,009	< 0,009	< 0,02
Soufre total (%)	0,0287	0,0248	< 0,02	0,0456
Pb	339	5,5	5,9	8,09
Cd	2,22	< 0,1	< 0,1	0,072
As	11,3	1,3	1,5	2,38
Cr	45,7	19	21	38,7
Ni	23,6	2,7	3	2,25
Co	5,47	0,5	0,53	0,268
Hg	< 0,14	0,03	0,02	< 0,14
Cu	130	4,3	4,5	1,74
Zn	1 880	7,5	6,8	6,14

Air		Site 21
Paramètres/unités		Agboville
Sulfure de diméthyle	ppm v/v	< 0,1
Éthyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1
Sulfure de méthyle éthyle	ppm v/v	< 0,1
Sulfure de carbonyle	ppm v/v	< 0,1
Tertio-butyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1
Sulfure d'hydrogène	ppm v/v	< 0,1
Méthyle tertio-butyle éther	µg/m3	ND
Benzène	µg/m3	ND
Toluène	µg/m3	ND
Éthylbenzène	µg/m3	ND
Xylène	µg/m3	ND
Naphtalène	µg/m3	ND
Toluène-d8	µg/m3	486
TPH (C4-C6)	µg/m3	10
TPH (C6-C8)	µg/m3	20
TPH (C8-C10)	µg/m3	35
TPH (C10-C12)	µg/m3	53
TPH (C4-C12)	µg/m3	120
Composé aliphatique (C4-C6)	µg/m3	ND
Composé aliphatique (C6-C8)	µg/m3	17

Air		Site 21
Paramètres/unités		Agboville
Composé aliphatique (C10-C12)	µg/m3	53
Composé aromatique (EC5-EC7)	µg/m3	ND
Composé aromatique (EC7-EC8)	µg/m3	ND
Composé aromatique (EC8-EC10)	µg/m3	ND
Composé aromatique (EC10-EC12)	µg/m3	ND

Matières végétales comestibles		Site 21
Paramètres (mg/kg)		Agboville
		Grenade
Hy C5-44 total		270
Benzène		< 0,009
Éthylbenzène		< 0,004
Toluène		< 0,007
Xylène		< 0,02
Soufre total (%)		0,0547
Pb		< 0,7
Cd		< 0,02
As		< 0,6
Cr		1,62
Ni		0,82
Co		0,149
Hg		< 0,14
Cu		3,85
Zn		22,9

Eau souterraine		Site 19
Paramètres (µg/l)		Anyama
		Forage
Hy C5-35 total		< 10
Benzène		< 7
Éthylbenzène		< 5
Toluène		< 4
Xylène		< 11
Soufre libre		< 50
Pb		< 0,25
Cd		< 0,25
As		< 0,25
Cr		0,41
Ni		1,5
Co		1,4
Hg		< 0,25
Cu		1,8
Zn		5,4

Les résultats des analyses de laboratoire pour les trois sites de contrôle, qui sont présentés dans le tableau 6, confirment les prévisions pour les différents polluants analysés. Le site 18 (site de contrôle d'Akouédo) présente des taux élevés d'hydrocarbures dans le sol comparé au site 19 (site de contrôle d'Anyama), tandis que la concentration en polluants des deux sites de contrôle non contaminés (sites 19 et 21) est semblable. Les niveaux de pollution atmosphérique (pour les hydrocarbures) du site 18 ne sont que légèrement plus élevés que ceux du site 21.

Dans les chapitres suivants, les concentrations en polluants dépassant les normes stipulées par le Gouvernement ou les directives internationales sont comparées avec les taux des sites de contrôle, pour vérifier si ces polluants étaient également présents en arrière-fond.

Équipement de terrain

Echantillonnage du sol

Des tarières manuelles ont été utilisées pour prélever les échantillons de sol à une profondeur moyenne d'1 m, ainsi que des échantillons de sol de surface jusqu'à 20 cm.

Echantillonnage de l'air

Des bouteilles en acier inoxydable passivé avec un enduit intérieur en silonite de niveau GC, assurant un milieu de prélèvement extrêmement stable et inerte, ont été utilisées pour l'échantillonnage de l'air.

Echantillonnage de l'eau

Une sonde multi-paramètres de modèle Hach Lange HQ40d a été utilisée pour mesurer la qualité de l'eau. Les capteurs fixes de la sonde ont permis de mesurer la température, la conductivité électrique et le pH.

Système de positionnement géographique

Afin de corroborer les données recueillies pendant les missions de cadrage et obtenir les coordonnées exactes des différents points d'échantillonnage, l'équipe de terrain a utilisé des appareils de positionnement géographique (GPS) manuels (modèle GARMIN etrex 30 ; format de positionnement: hddd mm.mmm'; WGS 84).

Gestion des échantillons

Manipulation des échantillons et des récipients

Les laboratoires sélectionnés pour mener les analyses ont fourni un éventail de récipients en verre et en plastique pour le stockage et le transport des échantillons de sol, de sédiments, d'eau, de matières végétales comestibles et de mollusques. Chaque récipient a été rempli au maximum de sa capacité et fermé hermétiquement à l'aide de capuchons à vis afin de limiter au maximum la perte de composés volatiles.

Dans le cas des échantillons d'eau, les bouteilles ont été remplies avec un soin tout particulier, de manière lente et régulière afin de limiter les interactions avec la phase gazeuse, et de minimiser l'agitation de l'échantillon lors du transport. Cela a notamment été le cas pour les flacons de volatiles – à partir desquels les analyses BTEX et des hydrocarbures de pétrole volatile (VPH) pour l'analyse TPH CWG ont été faites – qui ont été remplies jusqu'à ce qu'un ménisque se forme, puis délicatement fermées avec un capuchon. Les flacons ont ensuite été retournés pour contrôler qu'aucune bulle d'air ne se soit formée au cours du processus d'échantillonnage, ce qui aurait laissé supposer le risque que les composés volatiles aient migré dans l'espace de tête.

Chaque échantillon a ensuite été emballé individuellement pour éviter tout contact avec les autres. Les échantillons présentant des signes visibles ou olfactifs de contamination ont été emballés séparément dans leur propre boîte isotherme, et identifiés comme tels dans la chaîne de contrôle communiquée directement au laboratoire. Des gants jetables ont été utilisés et changés entre chaque site d'échantillonnage afin d'éviter au maximum toute contamination croisée au moment de la manipulation des différents ensembles de bouteilles.

Stockage et transport des échantillons

Les récipients d'échantillonnage ont été transportés à la base de l'ONU Environnement après chaque visite de site, emballés avec soin et clairement étiquetés afin d'éviter tout problème lié à une mauvaise manipulation lors du transport. Du papier bulle supplémentaire a été inséré pour empêcher tout mouvement ou contact des récipients fragiles.

Tous les récipients ont été réfrigérés à leur réception à la base de l'ONU Environnement, afin de maintenir leur composition et leurs propriétés intactes, et de minimiser les altérations biologiques et chimiques. Les composés photosensibles ont été entreposés dans le noir, dans des récipients teintés: des récipients en verre coloré sombre ont été utilisés pour stocker les échantillons de sol destinés à une analyse des paramètres organiques, tandis que du verre coloré vert a été utilisé pour éviter la photodégradation des échantillons d'eau.

Les échantillons destinés aux analyses portant sur les métaux ont été stockés dans des bouteilles appropriées – en PE pour les solides et en PP (Nalgene®) pour les échantillons d'eau – ce qui a garanti qu'aucun analyte ne soit absorbé par les récipients. Les échantillons liquides ont été stabilisés avec de l'acide nitrique, de l'acide citrique et de l'or, assurant ainsi la stabilité de tous les métaux (y compris le mercure), pendant leur stockage dans un environnement réfrigéré et leur transport.

Les échantillons ont ensuite été expédiés aux laboratoires dans des boîtes isothermes remplies de blocs réfrigérants.

2.3 Analyses de laboratoire

Paramètres et techniques d'analyse

L'ONU Environnement a distribué les échantillons pour analyse auprès de trois laboratoires européens accrédités au niveau international : le Laboratoire de Spiez en Suisse, le Laboratoire ALS (anciennement Alcontrol) au Royaume-Uni, et le Laboratoire ALS Scandinavia en Suède. Les analyses spécialisées effectuées par chaque laboratoire sont détaillées dans le tableau 7 ci-dessous.

Critères d'évaluation

Comme mentionné précédemment, cet audit s'est concentré majoritairement sur le sol, en tant que milieu principal au sein duquel les déchets ont été déversés et les activités de dépollution ont été entreprises. Les résultats des analyses des échantillons de sol ont par conséquent été examinés à travers trois cadres analytiques différents (voir tableau 8):

1. Conformément aux pratiques scientifiques habituelles, les résultats ont d'abord été comparés avec les normes nationales existantes. Dans le cas présent, les résultats d'analyse du sol de tous les

Tableau 7. Synthèse des analyses de laboratoire effectuées

Laboratoire	Analyses effectuées	Méthodologie
Laboratoire de Spiez (Suisse)	Solides (sol, sédiments, matières végétales comestibles)	
	<ul style="list-style-type: none"> • Vanadium, chrome, manganèse, cobalt, nickel, cuivre, zinc, arsenic, molybdène, cadmium, antimoine, thallium, plomb, thorium, uranium 	Lixiviation, conformément à la méthode 3051 (HNO ₃ + HCl) de l'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA), spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) conformément à la méthode 200.8 de l'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA)
	<ul style="list-style-type: none"> • Mercure 	Conformément à la méthode 7473 de l'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA): Mercure dans les solides par décomposition thermique, fusion et absorption atomique (AAS)
	<ul style="list-style-type: none"> • pH 	Testeur pH

Laboratoire	Analyses effectuées	Méthodologie
	Eau	
	<ul style="list-style-type: none"> Vanadium, chrome, manganèse, cobalt, nickel, cuivre, zinc, arsenic, molybdène, cadmium, antimoine, thallium, plomb, mercure, thorium, uranium 	Lixiviation, conformément à la méthode 3015 (HNO ₃) de l'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA), spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) conformément à la méthode 200.8 de l'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA)
	<ul style="list-style-type: none"> pH 	Testeur pH
Laboratoire ALS (Royaume-Uni)	Solides (sol, sédiments, matières végétales comestibles) et eau	
	<ul style="list-style-type: none"> BTEX 	Chromatographie en phase gazeuse par détecteur à ionisation de flamme (GC-FID)
	<ul style="list-style-type: none"> Hydrocarbures polyaromatiques (HPA) 	Chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie de masse (GC-MS)
	<ul style="list-style-type: none"> Soufre élémentaire 	Chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie de masse (GC-MS) et détection sélective d'ions
	<ul style="list-style-type: none"> Soufre dissous 	Chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC)
	<ul style="list-style-type: none"> Soufre total 	Spectrométrie d'émission optique avec plasma à couplage inductif (ICP-OES)
	<ul style="list-style-type: none"> Phénols 	Chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) et Chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie de masse (GC-MS)
	Air	
	<ul style="list-style-type: none"> Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) 	GC à l'aide d'un détecteur sélectif de masse
	<ul style="list-style-type: none"> Composés organiques volatiles (VOC) 	GC à l'aide d'un détecteur sélectif de masse
	<ul style="list-style-type: none"> Composés odorants 	Détecteur photométrique à flamme pulsée
ALS Scandinavia, Suède	Mollusques	
	<ul style="list-style-type: none"> HPA dans le milieu biotique 	Extraction par solvant et chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse (GC-MS)
	<ul style="list-style-type: none"> BTEX dans le milieu biotique 	Méthode headspace (espace de tête) et chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse (GC-MS)

- sites de déversement qui ont fait l'objet d'une dépollution ont été comparés avec les normes environnementales établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour les opérations de dépollution menées par Biogénie à Alépé.¹⁹ Si les valeurs trouvées étaient inférieures aux limites établies par le Gouvernement, l'ONU Environnement a considéré qu'aucune action de dépollution complémentaire n'était nécessaire sur le site.
2. Dans le cas du site 8 (Agboville), où le maïs potentiellement contaminé par les déchets issus du Probo Koala a été composté, et pour lequel le Gouvernement n'a pas fourni de normes de dépollution, les résultats de laboratoire ont été comparés avec la norme française NF U 44-095 sur les éléments traces de métaux dans les produits compostés utilisés comme engrais, que l'opérateur, Envipur, utilise pour évaluer l'état de la pile de maïs.²⁰
 3. Si, pour un paramètre donné, les résultats de laboratoire présentaient des valeurs supérieures aux normes de dépollution établies par le Gouvernement ou l'opérateur, les résultats ont alors été comparés avec les normes néerlandaises de dépollution du sol (valeurs d'intervention), reconnues au niveau international, afin de déterminer si une action complémentaire immédiate était nécessaire d'un point de vue environnemental. Les normes néerlandaises existent depuis plus de 30 ans et sont utilisées comme référence pour l'évaluation et la dépollution de sites contaminés dans de nombreuses parties du monde, en l'absence de normes locales. Pour la plupart des paramètres analysés, cependant, les normes établies par le Gouvernement étaient plus strictes que les valeurs néerlandaises.

Tableau 8. Normes de dépollution utilisées dans ce rapport

Paramètre	Normes gouvernementales pour la dépollution sur le site d'Alépé (2009)	Normes française NF U 44-095 utilisée par Envipur sur le site d'Agboville ²¹	Valeurs d'intervention néerlandaises pour le sol (2013) ²²	Valeurs d'intervention néerlandaises pour l'eau souterraine (2013)
Concentration	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/l
Soufre (matière organique extractible)	10			
Soufre total	10			
Hydrocarbures totaux	1 000		5 000	600 000
Benzène	1		1,1	30
Éthylbenzène	25		110	1 000
Toluène	5		32	150
Xylène	5		17	70
Co	240		190	100
Cu	190	300	190	75
Hg	7	2	36	0,3
Pb	400	180	530	75
Zn	9 000		720	800
Cd	20	3	13	6
As	37	18	76	60
Cr	130	120	180	30
Ni	140	60	100	75

4. Les résultats ont aussi été comparés avec les sites de contrôle afin de déterminer si la pollution observée y était également présente.

Il est à noter que le Gouvernement a inclus dans son marché de 2009 avec Biogénie une norme à atteindre en matière de soufre,²³ vraisemblablement en raison du fait que les déchets issus du Probo Koala comprenaient des composés soufrés (majoritairement volatiles). Le soufre est présent dans le sol à partir de sources naturelles et n'est pas en lui-même considéré comme polluant. En effet, le soufre étant couramment ajouté comme conditionneur au sol, sa présence n'est en soi pas inquiétante. En 2013, après que les analyses initiales d'échantillons prélevés sur le site de dépollution d'Alépé ont montré des taux de soufre plus élevés que la limite établie, le Gouvernement a adapté la norme pour prendre en compte la présence naturelle de soufre dans les échantillons prélevés sur des sites de contrôle,²⁴ avant de finalement exclure le

soufre des analyses menant à la conclusion des opérations de dépollution de Biogénie à Alépé.²⁵ Comme les analyses des échantillons de contrôle de l'ONU Environnement ont confirmé des taux de soufre nettement au-dessus de la première limite fixée, la décision du Gouvernement d'exclure le soufre est parfaitement appropriée.

Le premier milieu de réception des déchets ayant été le sol, le Gouvernement de la Côte d'Ivoire n'a pas mené d'opérations de dépollution des eaux souterraines ou des sédiments. Par conséquent, aucune norme de dépollution n'a été établie par le Gouvernement pour ces milieux environnementaux. Les normes de dépollution des sols sont souvent utilisées pour les sédiments, bien que la décision d'entamer une dépollution si les normes sont dépassées se base généralement sur plusieurs critères additionnels. Dans le cas de l'eau souterraine, les valeurs trouvées ont été comparées aux valeurs d'intervention néerlandaises pour l'eau souterraine

Encadré 2. Contamination des sols et normes de dépollution

La contamination des sols par des produits chimiques est un problème majeur à travers le monde, posant des risques considérables pour la santé humaine et les écosystèmes. La contamination des sols peut être gérée en limitant l'utilisation de la zone contaminée, et/ou en éliminant de manière ciblée le polluant préoccupant. Dans les deux cas, il est crucial de définir de manière spécifique et quantitative la concentration dudit produit chimique au-dessus de laquelle une intervention – qu'il s'agisse de dépollution ou de restriction d'utilisation – est nécessaire. Cela peut être fait par le biais d'une directive (recommandation) ou d'une norme (établie par la loi).

Il est toutefois scientifiquement complexe d'établir des normes. D'un côté, les dommages qu'un produit chimique donné peut causer à la santé humaine dépendent de nombreux facteurs (dont la toxicité, la dose, la durée d'exposition, le milieu d'absorption, et les mécanismes de défense et d'élimination du corps), qui s'ajoutent à l'âge et à l'état de santé des individus. D'un autre côté, la manière dont certains produits chimiques donnés migrent du sol au corps humain varie aussi largement en fonction de la nature du produit chimique, du lieu, et de facteurs environnementaux et climatiques.

Au niveau international, de nombreux pays ont établis des normes de dépollution des sols. Bien que le processus chimique fondamental qui sous-tend la manière dont un produit chimique peut nuire à un être humain est universelle, les normes de dépollution, elles, ne le sont pas. Cela est dû au fait qu'au-delà de la science, la définition des normes doit ainsi prendre en compte des facteurs sociaux et économiques. Le gouvernement néerlandais a été l'un des premiers acteurs à établir un ensemble complet de normes de dépollution des sols. Étant donné que la masse terrestre aux Pays-Bas est très restreinte et presque entièrement utilisée, le gouvernement a aussi une expérience considérable de surveillance de la qualité des sols et de la dépollution. Ainsi, les normes néerlandaises ont été utilisées comme référence pour un certain nombre d'autres normes de dépollution des sols adoptées depuis, dont celles de l'Union Européenne, du Royaume-Uni et des États-Unis d'Amérique.

Les normes néerlandaises de dépollution des sols établissent deux limites, la Valeur d'intervention et la Valeur cible. La Valeur d'intervention indique le seuil à partir duquel les propriétés fonctionnelles du sol nécessaires à la vie humaine, animale et végétale sont sérieusement dégradées ou menacées. Elle est représentative du niveau de pollution au-dessus duquel le cas de contamination du sol est jugé sérieux. La Valeur cible indique le niveau auquel le sol est de qualité

durable, et constitue, en d'autres termes, une référence pour la qualité environnementale à long terme dans l'hypothèse de risques minimales pour l'écosystème.

D'un point de vue pratique, si la concentration d'un produit chimique dépasse la Valeur d'intervention, il est évident que le site doit être dépollué. Inversement, si les taux de concentration sont inférieurs à la Valeur cible, aucune action supplémentaire n'est nécessaire pour garantir la santé environnementale de la zone et aucune restriction d'utilisation n'est requise. Dans le cas où la contamination est inférieure à la Valeur d'intervention mais supérieure à la Valeur cible, une évaluation des risques est nécessaire pour identifier les restrictions d'utilisation et les mesures de dépollution à mettre en place en vue de résoudre le problème identifié.²⁶

(voir tableau 8) afin de déterminer si le niveau de pollution justifiait une action complémentaire. Dans le cas de l'air, les taux de concentration observés ont été comparés aux valeurs des sites de contrôle. Étant donné qu'aucune norme locale n'existait pour ce type de pollution, et qu'aucune norme internationale comparable ne pouvait s'appliquer, aucune autre comparaison n'a été effectuée. Enfin, les échantillons de fruits et légumes ont été comparés aux valeurs des sites de contrôle et, pour certains paramètres pour lesquels des valeurs étaient disponibles, à la Directive No. 1881/2006 de la Commission Européenne, qui définit les seuils de certains contaminants pour les denrées alimentaires, dont certains métaux lourds et hydrocarbures. Les prélèvements de mollusques ont été comparés à la même Directive de la Commission Européenne pour les paramètres figurant dans ladite directive, étant donné qu'aucun échantillon de contrôle n'a pu être obtenu pour les mollusques.

2.4 Principales difficultés et contraintes

Certaines difficultés sont inévitables dans un projet de cette envergure et d'une telle complexité. Les principales difficultés rencontrées au cours de cet audit sont reportées ci-dessous:

1. La principale préoccupation des communautés au moment du déversement des déchets toxiques en 2006 était la forte pollution de l'air résultant de la présence de substances odorantes, dont les mercaptans et le sulfure d'hydrogène. Cependant, non seulement la pollution de l'air résultant d'un événement unique est-elle par sa nature même très éphémère, mais les substances préoccupantes dans le cas présent sont aussi très volatiles. Par conséquent, même si une partie d'entre elles s'était dissoute dans la phase aqueuse, elle aurait été libérée depuis longtemps. Ainsi, il aurait été scientifiquement impossible, dix ans après les faits, de détecter une contamination de l'air datant du déversement de 2006. Dans le cadre de cet audit, les niveaux de pollution de l'air ont donc été relevés pour évaluer la qualité environnementale générale plutôt que pour détecter d'éventuels restes des événements de 2006.
2. Le Gouvernement et l'ONU Environnement s'étaient initialement mis d'accord pour que le Gouvernement procède au forage de puits de surveillance des eaux souterraines pour chaque site impacté, sur la base de spécifications fournies par l'ONU Environnement. Pour diverses raisons, toutefois, le Gouvernement n'a pas été en mesure de mener à bien le forage des puits dans le temps imparti au projet. Par conséquent, il a été convenu que les échantillons d'eau souterraine seraient prélevés à partir de puits existants aux alentours des sites impactés, là où y en avait. Bien que cela ne puisse pas apporter de garantie sur le fait qu'une éventuelle contamination résultant du déversement des déchets toxiques de 2006 ne se soit pas répandue aux eaux souterraines, cette alternative a permis de déterminer si les sources d'eau existantes utilisées par les communautés étaient contaminées. Il convient de garder à l'esprit cette importante distinction.
3. Certains déchets ont été déversés dans des caniveaux en bord de route et se sont finalement écoulés jusqu'à la lagune Ébrié. Toutefois, non seulement la lagune est-elle fortement polluée par des déchets domestiques et industriels issus des activités humaines autour de la lagune

(dont la ville d'Abidjan), mais elle est aussi drainée chaque jour par la marée à travers le Canal de Vridi. Il n'aurait donc pas été possible d'attribuer une pollution de la lagune au déversement de 2006.

4. Les échantillons de matières végétales comestibles (légumes et fruits divers) ont été prélevés sur différents sites d'échantillonnage, de manière opportuniste. Abidjan étant une ville bondée avec peu d'espace disponible pour l'agriculture formelle, les communautés font pousser des légumes de manière informelle dans tous les endroits possibles, dont la décharge d'Akouédo. Les échantillons prélevés pour cette étude visaient à obtenir une indication globale de la présence de polluants dans les végétaux cultivés en zone urbaine, puisque qu'il n'aurait pas été possible de l'attribuer spécifiquement à un seul cas de déversement.
5. Afin de mieux appréhender l'étendue des opérations de dépollution qui ont été entreprises, et d'être en mesure d'interpréter les résultats aussi précisément que possible, l'ONU Environnement a demandé au Gouvernement de la Côte d'Ivoire de lui transmettre les informations suivantes:
 - Les copies des contrats originaux conclus entre le Gouvernement et les différents opérateurs, comprenant le détail des objectifs des projets de dépollution et les normes environnementales à atteindre;
 - Les concentrations de référence des différents paramètres au démarrage des divers projets de dépollution;
 - Les rapports intermédiaires montrant l'évolution de la concentration de ces paramètres au fil du temps;
 - Les rapports finaux de clôture indiquant comment les objectifs ont été atteints; et
 - Tout rapport d'échantillonnage ou d'analyse entrepris par le Gouvernement en vue d'accéder à la demande de clôture du site et au paiement final des opérateurs.

Bien qu'un certain nombre de documents ait été mis à disposition, des lacunes demeurent, dont notamment les rapports présentant les résultats des travaux de dépollution effectués par Trédi, ou encore les normes environnementales établies par le Gouvernement pour la dépollution du maïs suspecté d'avoir été contaminé au site 8 (Agboville).

03

Évaluation des activités de dépollution



Ce chapitre présente les résultats de l'audit de l'ONU Environnement portant sur les activités de dépollution entreprises entre 2006 et 2016 sur les sites affectés par le déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala, visant à déterminer si ces efforts avaient permis aux différents sites de répondre aux normes de qualité environnementales établies par le Gouvernement. Dans ce chapitre, chaque site²⁷ est traité individuellement, en commençant par une description physique et l'historique du déversement et des travaux de dépollution du site, suivi par une présentation de la méthode d'échantillonnage et des résultats de laboratoire.

Comme mentionné au chapitre 2, cet audit s'est concentré majoritairement sur le sol, en tant que milieu principal au sein duquel les déchets ont été déversés et les activités de dépollution ont été entreprises. Afin de vérifier si les sites continuaient de poser des risques pour la santé publique et l'environnement, les résultats de laboratoire ont été analysés d'après la méthode suivante:

1. Conformément aux pratiques scientifiques habituelles, les résultats ont d'abord été comparés avec les normes nationales existantes. Dans le cas présent, les résultats d'analyse du sol de tous les sites de déversement qui ont fait l'objet d'une dépollution ont été comparés avec les normes environnementales établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour les opérations de dépollution menées par Biogénie à Alépé.²⁸ Si les valeurs trouvées étaient inférieures aux limites établies par le Gouvernement, l'ONU Environnement a considéré qu'aucune action de dépollution complémentaire n'était nécessaire sur le site.
2. Dans le cas du site 8 (Agboville), où le maïs potentiellement contaminé par les déchets issus du Probo Koala a été composté, et pour lequel le Gouvernement n'a pas fourni de normes de dépollution, les résultats de laboratoire ont été comparés avec la norme française NF U 44-095 sur les éléments traces de métaux dans les produits compostés utilisés comme engrais, que l'opérateur, Envipur, utilise pour évaluer l'état de la pile de maïs.²⁹
3. Si, pour un paramètre donné, les résultats de laboratoire présentaient des valeurs supérieures aux normes de dépollution établies par le Gouvernement ou l'opérateur, les résultats ont alors été comparés avec les normes néerlandaises de dépollution du sol (valeurs d'intervention), reconnues au niveau international, afin de déterminer si une action complémentaire immédiate était nécessaire d'un point de vue environnemental.
4. Les résultats ont aussi été comparés avec les sites de contrôle afin de vérifier si la pollution observée y était également présente. Les valeurs trouvées dans les échantillons des sites de contrôle ont été utilisées comme référence pour déterminer si les concentrations relevées sur les sites ayant fait l'objet de travaux de dépollution étaient caractéristiques de l'environnement donné.

Site 1: Treichville



Historique du déversement

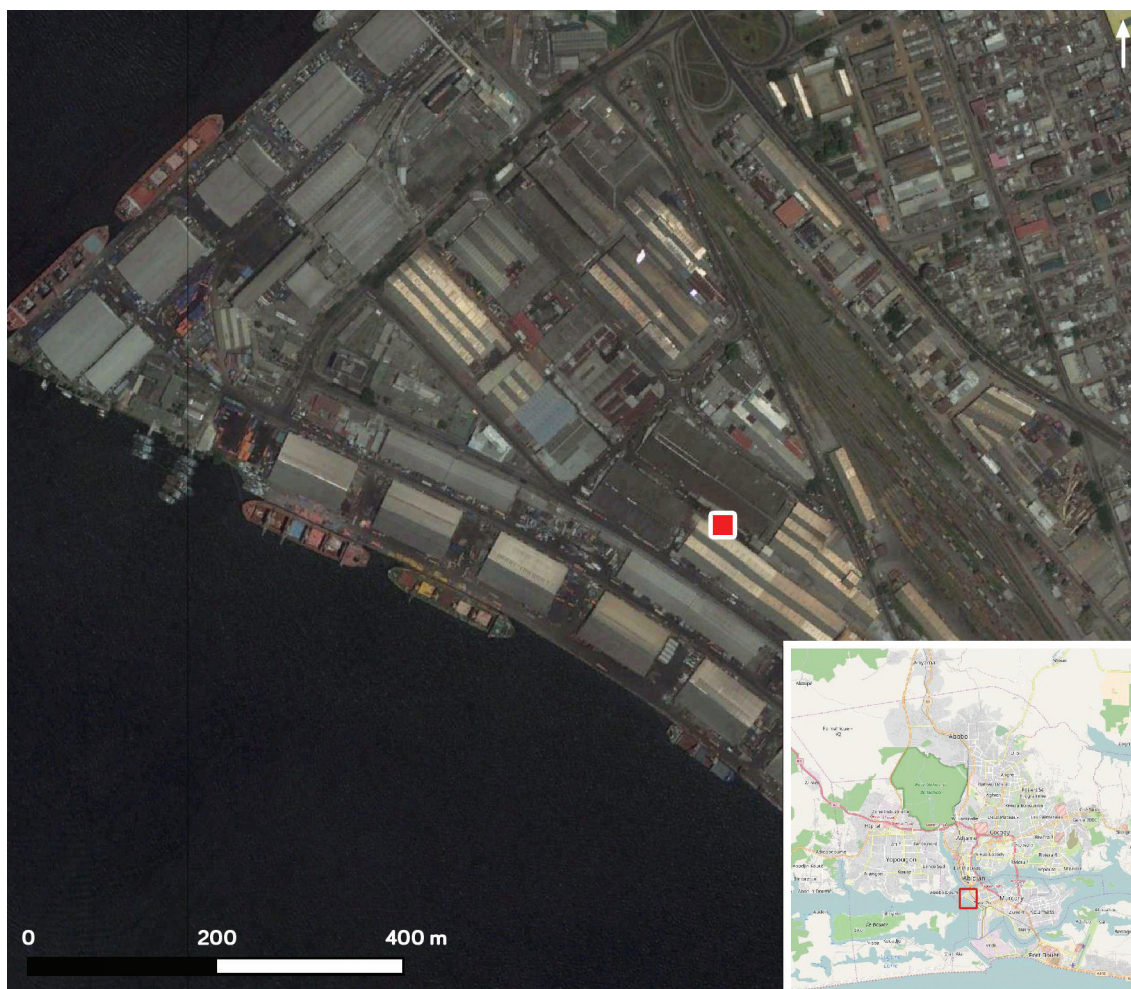
Ce site industriel bétonné se situe dans le port autonome d'Abidjan, dans le quartier de Treichville.

Aucun déchet n'a été déversé à cet endroit. L'intérêt s'est plutôt porté sur quatre silos, appartenant à la société PKL, qui ont été utilisés entre 2006 et 2012 pour stocker du maïs initialement destiné à la production d'aliments pour nourrissons. Ce maïs, qui a été transporté sur ce site après le déversement,

était considéré comme ayant été potentiellement contaminé par voie atmosphérique alors qu'il se trouvait dans un silo à proximité des sites de Vridi Canal 1 et 2 au moment du déversement.

En 2012, le maïs, sous forme de grains secs, a été transporté vers un site à proximité d'Agboville (voir site 8) pour élimination par compostage. Les silos ont ensuite été nettoyés par Envipur, mais la mauvaise réputation des déchets issus du Probo Koala était si forte qu'ils sont restés vides pendant des années.

Carte 5. Site 1: Treichville



L'objectif des analyses de l'ONU Environnement était de vérifier si une quelconque contamination pouvait être détectée dans les silos. Il est important de préciser qu'en plus du fait que les silos aient été nettoyés, il était très peu probable que les polluants recherchés soient détectés, ceux-ci étant par nature très éphémères.

Méthode

Un échantillon d'air a été prélevé dans l'un des silos, à l'aide d'une bouteille en acier inoxydable passivé placée dans le regard de l'un des silos métalliques de stockage.

Résultats

Le tableau 9 présente les résultats des analyses de laboratoire pour l'échantillon d'air prélevé sur ce site. Les valeurs relatives à la qualité de l'air du site 17 (Plateau

Dokoui 2), sélectionné du fait de sa situation urbaine centrale, ont été incluses à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire ne démontrent aucune présence de sulfure d'hydrogène ou de mercaptans dans le silo. Un certain nombre d'hydrocarbures peuvent être relevés dans l'échantillon d'air, mais leur concentration est comparable à celle observée dans d'autres zones urbaines de la ville, dont le site 17, qui est un site urbain comparable. Du fait des multiples sources possibles de pollution de l'air présentes (émissions fugitives du port, circulation urbaine en général, pétroliers dans le port, et infrastructures de raffinage et de stockage), il n'est pas possible de discerner une source spécifique ou de suggérer des mesures correctives spécifiques.

Tableau 9. Résultats des analyses de la pollution de l'air au site 1 (Treichville)

Paramètres/unités		Site 1 Treichville	Site 17 Plateau Dokoui 2
Sulfure de diméthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1
Éthyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1
Sulfure de méthyle éthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1
Sulfure de carbonyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1
Tertio-butyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1
Sulfure d'hydrogène	ppm v/v	< 0,1	< 0,1
Méthyle tertio-butyle éther	µg/m3	ND	ND
Benzène	µg/m3	ND	ND
Toluène	µg/m3	10	4
Éthylbenzène	µg/m3	ND	ND
Xylène	µg/m3	ND	ND
Naphtalène	µg/m3	ND	ND
TPH (C4-C6)	µg/m3	18	27
TPH (C6-C8)	µg/m3	59	34
TPH (C8-C10)	µg/m3	35	29
TPH (C10-C12)	µg/m3	23	ND
TPH (C4-C12)	µg/m3	130	100
Composé aliphatique (C4-C6)	µg/m3	18	27
Composé aliphatique (C6-C8)	µg/m3	47	28
Composé aliphatique (C8-C10)	µg/m3	26	19
Composé aliphatique (C10-C12)	µg/m3	22	ND
Composé aromatique (EC5-EC7)	µg/m3	ND	ND
Composé aromatique (EC7-EC8)	µg/m3	10	4
Composé aromatique (EC8-EC10)	µg/m3	ND	ND
Composé aromatique (EC10-EC12)	µg/m3	ND	ND



Site 2: Vridi Canal 1 (Cap Logistics)

Historique du déversement

Ce site se situe le long de l'enceinte d'un complexe d'entrepôts, au sein d'une grande zone industrielle en bordure du Canal de Vridi. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés dans une canalisation partiellement ouverte en bord de route, causant un débordement de la même canalisation sur le sol à quelques mètres de distance. De plus, des fuites se seraient produites lors de l'écoulement des déchets liquides à travers la canalisation, étant donné que celle-ci n'était pas complètement étanche. Les travaux de dépollution

entrepris par Trédi en 2006-2007 ont compris le remplacement de toute la canalisation, et l'excavation du sol avoisinant. Le site a ensuite fait l'objet d'une dépollution complémentaire réalisée par l'entreprise EMEB-CI, qui a procédé entre octobre 2010 et juin 2011 au remplacement du réseau d'assainissement interne du site, ainsi qu'à des travaux de nettoyage des regards et des conduites raccordées au réseau principal. Un haut mur en ciment se dresse aujourd'hui le long de la route, séparant le lieu où les déchets ont débordé du point où ils ont été déversés.

Carte 6. Site 2: Vridi Canal 1 (Cap Logistics)



Méthode

Trois échantillons de sol ont été prélevés sur ce site : l'un dans la canalisation existante et deux au point de débordement sur le terrain des entrepôts, dont un échantillon de surface (0-20 cm) et un échantillon à 1 m de profondeur.

Résultats

Le tableau 10 présente les résultats des analyses des échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés sont également incluses à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 10. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 2 (Vridi Canal 1 – Cap Logistics)

Paramètres (mg/kg)	Site 2 Vridi Canal 1			Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	0-20 cm	
Hy C5-C44 total	233	1,89	301	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	0,00205	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,00908	5
Soufre total (%)	< 0,02	< 0,02	0,0395	10
Pb	40	4,6	150	400
Cd	0,17	< 0,1	0,21	20
As	20	2,4	7,6	37
Cr	76	11	59	130
Ni	24	3,3	23	140
Co	9,6	1,2	5,1	240
Hg	0,032	0,007	0,024	7
Cu	27	3	42	190
Zn	46	6	190	9 000

Site 3: Vridi Canal 2 (Petroci)



Historique du déversement

Ce site se trouve le long de la même route que le site 2, au sein de la zone industrielle du Canal de Vridi, sur un terrain appartenant à la Société nationale d'opérations pétrolières de Côte d'Ivoire, Petroci. Le site en question représente l'endroit où la canalisation connectée au caniveau dans lequel les déchets issus du Probo Koala ont été déversés au site 2 rejoint une conduite en ciment qui va jusqu'à la lagune. La canalisation et la conduite auraient été dépollués par Trédi en 2006-2007, et constituent encore aujourd'hui un système de drainage vers la lagune.

Méthode

La canalisation et la conduite étant bétonnées, aucun échantillon de sol n'a été prélevé à cet endroit. Les résultats des échantillons d'eau souterraine et d'eau de surface prélevés sur ce site sont traités au chapitre 4.

Résultats

Voir chapitre 4.

Carte 7. Site 3: Vridi Canal 2 (Petroci)



Conclusions

Étant donné que la conduite est bétonnée, aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Site 4: Koumassi (Zone industrielle)



Historique du déversement

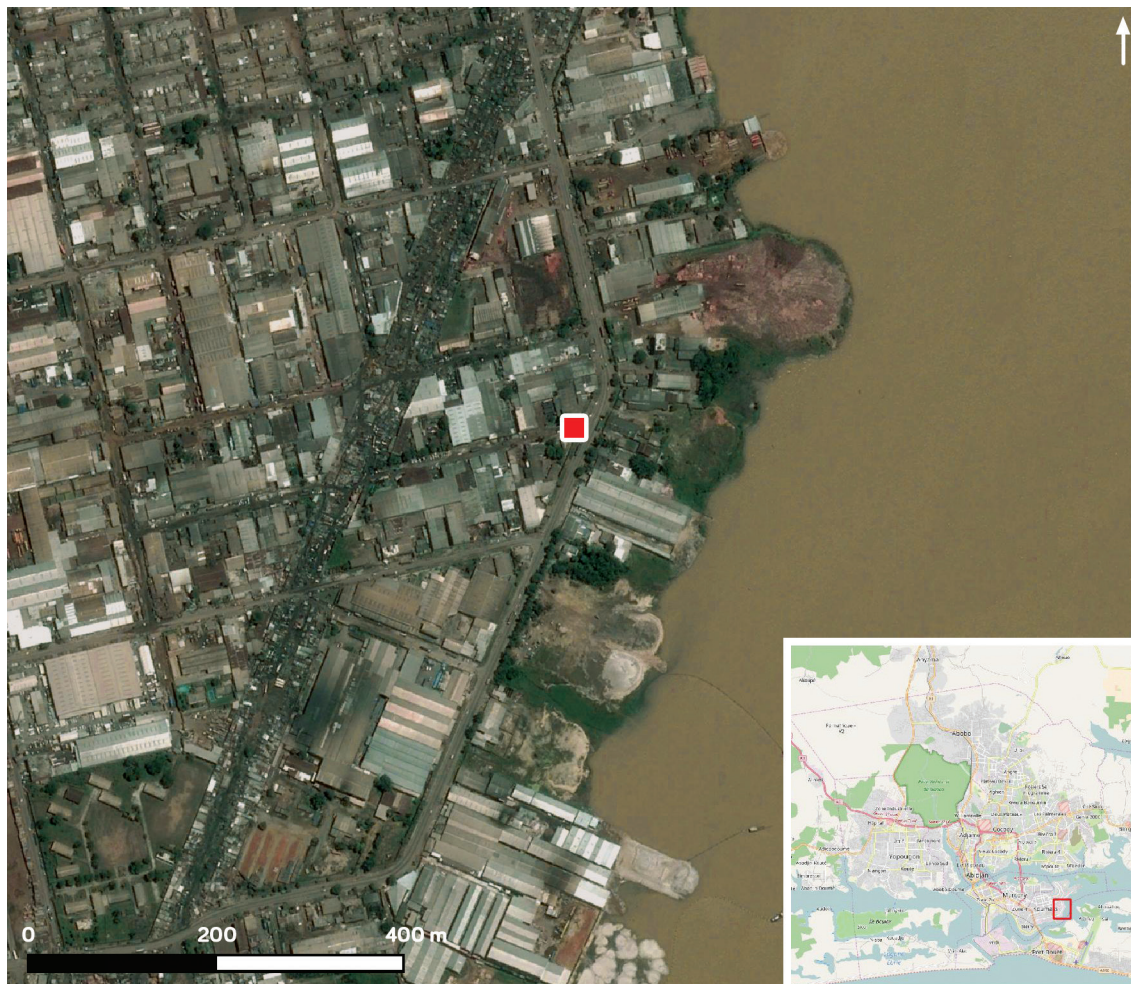
Ce site se trouve dans la zone industrielle de Koumassi, au sud d'Abidjan. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés dans une canalisation ouverte en bord de route, le long de bâtiments utilisés à des fins commerciales. Les travaux de dépollution entrepris par Trédi en 2006-2007 ont compris l'élimination de la canalisation bétonnée d'origine et l'excavation du sol environnant, ainsi que le remblaiement du vide laissé par ces opérations avec des matériaux excavés ailleurs. La canalisation d'origine a été remplacée par un tuyau d'évacuation enterré. Enfin, le revêtement du site a été

refait au moment où le pont-bascule obsolète, qui avait servi à cet endroit pendant de nombreuses années, a été retiré. Au moment de l'échantillonnage, ce site servait de décharge informelle pour des déchets municipaux et ménagers.

Méthode

Un échantillon de surface (0-20 cm) a été prélevé à l'endroit même du déversement, à côté d'un bâtiment commercial au croisement de rues. Avant que l'échantillon de sol ne soit prélevé, les déchets jonchant le sol ont dû être retirés à la main.

Carte 8. Site 4: Koumassi (Zone industrielle)



Résultats

Le tableau 11 présente les résultats des analyses de l'échantillon de sol de surface prélevé sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés sont également incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 11. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 4 (Koumassi)

Paramètres (mg/kg)	Site 4 Koumassi	Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	
Hy C5-C44 total	197	1 000
Benzène	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	25
Toluène	0,00319	5
Xylène	< 0,009	5
Soufre total (%)	0,0642	10
Pb	92	400
Cd	1,7	20
As	1,5	37
Cr	19	130
Ni	8,4	140
Co	1,6	240
Hg	0,022	7
Cu	61	190
Zn	95	9 000



Historique du déversement

L'endroit où le déversement a eu lieu se situe le long d'une route très fréquentée dans la zone industrielle de Yopougon, en face de la Maison d'Arrêt et de Correction d'Abidjan (MACA). Un camion contenant des déchets issus du Probo Koala serait resté garé sur le bas-côté de la route pendant trois jours, pendant lesquels les déchets auraient coulé du véhicule et se seraient déversés dans le fossé adossé. Au cours des travaux de dépollution entrepris par Trédi en 2006-2007, la terre du fossé et alentours a été excavée et transportée hors du site pour traitement. Les terres

contigües au fossé sont aujourd'hui cultivées de manière informelle, principalement pour la production de bananes et de manioc.

Méthode

Quatre échantillons de sol ont été prélevés sur ce site, comme suit:

- Un échantillon composite de sol de surface (0-20 cm) a été prélevé à côté de la route là où le déversement a été signalé;

Carte 9. Site 5: MACA 1



- Un échantillon à 1 m de profondeur a été prélevé environ 2 m à l'est de l'endroit où l'échantillon composite de sol de surface a été prélevé;
- Un deuxième échantillon à 1 m de profondeur a été prélevé à la base d'un fossé ouvert qui avait été creusé pour le positionnement d'un câble; et
- Un troisième échantillon à 1 m de profondeur a été prélevé environ 10 m au nord des autres échantillons de sol.

Résultats

Le tableau 12 présente les résultats des analyses des quatre échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés sont également inclus, à des fins de comparaison.

Tableau 12. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 5 (MACA 1)

Paramètres (mg/kg)	Site 5 MACA 1				Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	1 m	1 m	
Hy C5-C44 total	21,4	3,62	0,397	1,59	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	10
Pb	55	22	12	12	400
Cd	0,21	0,2	0,2	0,12	20
As	4,4	4,4	5,4	3,7	37
Cr	66	68	84	59	130
Ni	5,4	5,4	6,1	3,7	140
Co	0,95	0,85	0,96	0,66	240
Hg	0,049	0,054	0,103	0,052	7
Cu	7,1	5,5	5,3	4,2	190
Zn	33	18	12	11	9 000

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.



Site 6: MACA 2

Historique du déversement

Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés en bord de route sur ce site, situé à environ 3 km du site 5 (MACA 1), le long de la route très fréquentée reliant Yopougon à Agboville. Les déchets liquides se seraient écoulés à travers l'épaisse végétation du talus vers la Forêt du Banco, un parc national. Partiellement dépollué par Trédi à la suite du déversement, ce site était inclus dans la liste des sites devant faire l'objet de mesures de dépollution complémentaires entreprises par Biogénie à partir de 2010. Au cours de ces diverses

phases de travaux, les matériaux contaminés ont été excavés et transportés hors du site pour traitement, et le vide résultant des travaux a été comblé par de la terre propre.

Méthode

Quatre échantillons de sol ont été prélevés sur ce site de petite taille, dont deux échantillons composites de sol de surface (0-20 cm); et deux échantillons à 1 m de surface.

Carte 10. Site 6: MACA 2



Résultats

Le tableau 13 présente les résultats des analyses des quatre échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés sont également incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 13. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 6 (MACA 2)

Paramètres (mg/kg)	Site 6 MACA 2				Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	0-20 cm	1 m	1 m	
Hy C5-C44 total	32,5	34,4	0,783	0,254	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	< 0,02	0,0235	< 0,02	< 0,02	10
Pb	11	12	8,6	8,9	400
Cd	0,15	0,11	0,17	0,16	20
As	3,7	3,2	3,9	3,8	37
Cr	52	41	53	54	130
Ni	3,9	3,3	3,9	3,8	140
Co	0,8	0,79	0,84	0,75	240
Hg	0,059	0,053	0,068	0,073	7
Cu	5,8	4,8	5,5	5,1	190
Zn	27	23	12	11	9 000

Site 7: MACA 3



Historique du déversement

Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés en bord de route sur ce site, situé à environ 1 km du site 6 (MACA 2), le long de la route très fréquentée reliant Yopougon à Agboville. Les déchets liquides se seraient écoulés à travers l'épaisse végétation du talus vers la Forêt du Banco, un parc national. Au cours des travaux de dépollution entrepris par Trédi en 2006-2007, les matériaux contaminés ont été excavés et transportés hors du site pour traitement, et le vide laissé par ces opérations a été comblé par de la terre propre.

Méthode

Quatre échantillons de sol ont été prélevés dans un fossé en bordure de route, où les déchets déversés se seraient écoulés, passant sous la route à travers un ponceau. Les échantillons suivants ont été recueillis:

- Un échantillon d'1 m de profondeur prélevé à proximité immédiate de l'issue du ponceau;
- Un deuxième échantillon d'1 m de profondeur prélevé à environ 10 m de distance du ponceau; et

Carte 11. Site 7: MACA 3



- Deux échantillons composites de surface (0-20 cm).

Conclusions

Résultats

Le tableau 14 présente les résultats des analyses des quatre échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés sont également incluses, à des fins de comparaison.

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 14. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 7 (MACA 3)

Paramètres (mg/kg)	Site 7 MACA 3				Normes gouvernementales (mg/kg)
	1 m	1 m	0-20 cm	0-20 cm	
Hy C5-C44 total	30,1	15,2	75,3	77,7	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	10
Pb	11	7,1	9,4	11	400
Cd	0,19	0,14	0,13	0,12	20
As	4	2,9	2,3	3,8	37
Cr	48	37	31	56	130
Ni	4,9	3,2	2,9	5,7	140
Co	2	0,61	0,94	2	240
Hg	0,059	0,036	0,040	0,064	7
Cu	9,1	4,5	7,9	8,4	190
Zn	140	10	24	130	9 000

Site 8: Agboville



Historique du déversement

Ce site, qui se situe dans la municipalité d'Agboville, à quelques 61 km au nord d'Abidjan, n'est pas un site de déversement. Le Site 8 est plutôt utilisé pour traiter un stock de maïs sec qui est suspecté avoir été contaminé par voie aérienne dans la zone de Vridi lors du déversement de 2006. Ce maïs a été transporté ici en 2012 depuis les silos de Treichville où il avait été stocké pendant plusieurs années après le déversement (voir site 1).

Un marché visant l'enlèvement, le transport et le traitement du maïs a été signé entre le Gouvernement et une entreprise appelée Envipur en novembre 2010, et les opérations ont commencé en janvier 2012. Le site 8 était à l'origine un site reculé et inoccupé, sélectionné et acquis par Envipur en raison de sa distance considérable d'Abidjan. Le maïs a été placé dans un casier unique construit sur ce site, dont la base a été recouverte d'une géomembrane. Le liquide de drainage s'écoulant du casier de traitement est collecté dans des réservoirs en béton, d'où il est régulièrement pompé et stocké dans des cuves en plastique, puis transporté à Abidjan pour traitement.

Carte 12. Site 8: Agboville



Dans le cadre de ses services, Envipur a effectué des analyses régulières, prélevant des échantillons de la pile de maïs même, du lixiviat s'écoulant de la pile, ainsi que du ruisseau en aval du site de traitement.

Lorsque le compostage du maïs a été jugé suffisamment avancé, la pile a été recouverte d'une couche de terre d'environ 1 m d'épaisseur, prise aux alentours du casier de traitement. A la fin 2016, le traitement a été déclaré quasiment terminé, et au moment de la rédaction de ce rapport, un rapport provisoire de clôture avait été présenté par Envipur,³⁰ et était en attente de validation par le Gouvernement.

Pendant toute la durée du traitement et encore lors de la dernière visite de l'ONU Environnement en janvier 2017, ce site était clôturé et gardienné, limitant par là-même son accès au public et aux animaux de pâture.

Méthode

L'ONU Environnement a réalisé deux séries de prélèvements sur ce site, la première en juillet 2016 et la seconde en janvier 2017. Les échantillons suivants de sol/maïs composté ont été prélevés durant la phase initiale en juillet 2016:

- Un échantillon composite de sol de surface (0-20 cm) et un échantillon à 1 m de profondeur ont été prélevés sur le sommet de la pile de maïs composté, qui avait été recouverte d'environ 1 m de terre;
- Deux autres échantillons de sol ont été prélevés – l'un de surface (0-20 cm) et l'autre à 1 m de profondeur – au niveau le plus bas du site, à environ 100 m de la pile de maïs composté.

Étant donné que les analyses effectuées sur les échantillons de juillet 2016 présentaient au moins un résultat supérieur aux normes utilisées par Envipur pour la contamination aux métaux lourds, une deuxième série a été prélevée en janvier 2017, comprenant les échantillons suivants:

- Un échantillon de sol à 1 m de profondeur prélevé au centre du casier de compostage;
- Un échantillon composite de sol de surface (0-20 cm) prélevé sur la surface du casier de compostage; et

- Un échantillon composite de sol de surface (0-20 cm) prélevé dans le bas de la pente située à côté de la cabane du garde du site.

Résultats

Le tableau 15 présente les résultats des analyses de tous les échantillons de sol prélevés sur ce site. La norme française sur laquelle Envipur s'est basé pour statuer sur l'état de la pile de maïs au moment de la clôture du projet (NF U 44-095 pour les éléments traces de métaux dans les produits compostés utilisés comme engrais), et les valeurs d'intervention néerlandaises, ont également été incluses dans la tableau à des fins de comparaison. Il est à noter que comme le Gouvernement n'a pas inclus les hydrocarbures dans les paramètres de suivi du processus de compostage du maïs, aucune comparaison n'a été faite entre les valeurs d'hydrocarbures obtenues et les normes établies au niveau local ou les directives internationales.

Les résultats des deux séries d'échantillons démontrent des taux de chrome supérieurs aux normes utilisées par Envipur. Dépendant de son état d'oxydation, le chrome peut s'avérer très toxique (voir l'annexe 3 pour plus de détails sur les effets du chrome sur la santé et l'environnement). Les taux de chrome dans la pile de maïs excèdent aussi systématiquement les valeurs d'intervention néerlandaises. De plus, des taux plus élevés de chrome ont été détectés dans des échantillons prélevés plus loin, en aval de la pile de compostage.

Au vu de ces résultats, il était important de déterminer si du chrome pouvait également être détecté dans le lixiviat émanant de la pile de compostage du maïs, ainsi que dans les eaux avoisinantes. Lors des deux phases d'échantillonnage, des échantillons d'eau ont été prélevés dans un regard relié aux réservoirs en béton recueillant le lixiviat s'écoulant de la pile de compostage du maïs. Lors de la première phase, un échantillon supplémentaire d'eau a également été prélevé dans le ruisseau en aval, étant donné qu'il n'y avait pas de source d'eau souterraine à proximité.

Le tableau 16 présente les résultats des analyses des échantillons d'eau prélevés sur ce site. Les valeurs d'intervention néerlandaises pour la qualité de l'eau sont également incluses, à des fins de comparaison.

Les concentrations en chrome sont supérieures aux valeurs d'intervention dans les échantillons d'eau

Tableau 15. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 8 (Agboville)

2016 Paramètres (mg/kg)	Site 8 Agboville				Norme française NF U 44-095 (mg/kg)	Valeurs d'intervention néerlandaises (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	0-20 cm	1 m		
Hy C5-C44 total	10,3	1 440	4,41	2,01		5 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		1,1
Éthylbenzène	< 0,003	0,41	< 0,003	< 0,003		110
Toluène	< 0,002	1,61	< 0,002	< 0,002		32
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009		17
Soufre total (%)	< 0,02	0,027	< 0,02	0,0786		-
Pb	13	11	11	15	180	530
Cd	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3	13
As	3,4	2,5	1,8	2,8	18	76
Cr	340	270	150	100	120	180
Ni	6,6	7,2	5,4	11	60	100
Co	1,3	1,1	1,1	2		190
Hg	0,054	0,052	0,040	0,071	2	36
Cu	12	11	7,7	6,5	300	190
Zn	28	35	13	26	600	720

2017 Paramètres (mg/ kg)	Site 8 Agboville			Norme française NF U 44-095 (mg/kg)	Valeurs d' intervention néerlandaises (mg/kg)
	1 m	0-20 cm	0-20 cm		
Hy C5-C44 total	2 230	3,83	13,4		5 000
Benzène	< 0,09	< 0,009	< 0,009		1,1
Éthylbenzène	< 0,04	< 0,004	< 0,004		110
Toluène	2,6	< 0,007	< 0,007		32
Xylène	< 0,2	< 0,02	< 0,02		17
Soufre total (%)	0,119	0,054	0,0641		-
Pb	9,98	13	12,5	180	530
Cd	< 0,02	0,514	< 0,02	3	13
As	2,82	< 6	3,56	18	76
Cr	237	243	254	120	180
Ni	5,31	5,47	5	60	100
Co	0,605	< 1	0,222		190
Hg	< 0,14	< 1,4	< 0,14	2	36
Cu	6,66	< 14	8,05	300	190
Zn	16,9	< 19	5,39	600	720

recueillis, aussi bien en 2016 qu'en 2017, dans le regard relié à la pile de compostage. Le taux de toluène est également légèrement supérieur aux valeurs d'intervention, mais étant donné que les concentrations totales en hydrocarbures sont bien en deçà, ce résultat seul ne peut pas être considéré comme méritant une intervention.

Conclusions

La présence du chrome au sein de la pile de compostage à des taux excédant la norme utilisée par Envipur, aussi bien que les valeurs d'intervention néerlandaises, est inquiétante. Comme le processus de compostage ne mènera pas à une réduction de la concentration en chrome, la continuation du compostage n'est pas une solution à ce problème. Comme le site est actuellement sous la garde d'Envipur et sous surveillance par le Gouvernement, une évaluation plus poussée des risques devra être

effectuée selon une méthode « source-voie d'exposition-récepteur » pour identifier les actions complémentaires qui devront être menées avant que le site ne puisse être clos.

Étant donné que les échantillons de lixiviat démontrent également des taux élevés de chrome tant en 2016 qu'en 2017, ainsi que des taux élevés de toluène en 2017, le lixiviat émanant du site devra continuer à être éliminé dans des installations spécialisées, dont on s'assurera qu'elles ont les capacités techniques nécessaires pour gérer ce type de pollution.

Tableau 16. Résultats des analyses de la pollution des eaux au site 8 (Agboville)

Paramètres (mg/kg)	Site 8 Agboville	Site 8 Agboville	Valeurs d'intervention néerlandaises (µg/l)
	2016	2017	
Hy C5-C35 total	4 470	355	600 000
Benzène	< 7	< 7	30
Éthylbenzène	192	< 5	1 000
Toluène	113	210	150
Xylène	< 11	< 11	70
Soufre libre	< 50	< 50	-
Pb	4,5	0,597	75
Cd	< 0,25	0,135	6
As	12	6,96	60
Cr	130	88,1	30
Ni	42	24,5	75
Co	10	5,62	100
Hg	5	< 0,01	0,3
Cu	5,6	3,41	75
Zn	150	35,4	800

Site 9: Alépé 1



Historique du déversement

Ce site est une large zone ouverte en bordure de la route principale reliant Abobo à Alépé. Il se trouve non loin du village de Djibi. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés le long d'un talus, et se seraient ensuite écoulés à travers le site en contrebas.

Alépé 1 a été au cœur de multiples opérations de dépollution (voir le chapitre 1), à commencer par l'excavation partielle réalisée par Trédi dans les mois qui ont suivi le déversement. D'autres excavations

ont été entreprises entre septembre 2007 et mars 2008 par Biogénie, alors sous-traitant direct de Trafigura; les matériaux contaminés ayant été entreposés dans des «big bags» à même le site. À partir de 2010, le Gouvernement a conclu un marché avec Biogénie pour des opérations de dépollution complémentaires, comprenant la finalisation de l'excavation et du traitement des terres contaminées – d'Alépé 1 et 2, ainsi que certains autres sites – par activation biologique. Il a été indiqué que le site avait été excavé à une profondeur de 14 m à certains endroits, et que quelques 16 000 tonnes de terre avaient été traitées sur ce site. Après quelques

Carte 13. Site 9: Alépé 1



retards engendrés par les violences postélectorales de 2010-2011, le processus d'assainissement biologique à Alépé a été considéré comme achevé fin 2014. Les terres traitées ont été réparties à travers le site en 2015.

Méthode

Les cinq échantillons suivants ont été prélevés sur la partie sud-ouest du site, à proximité immédiate de la route adjacente, où les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés:

- Deux échantillons composites de sol de surface (0-20 cm); et
- Trois échantillons de sol à 1 m de profondeur, dont un prélevé à environ 50 m au nord des deux autres.

Résultats

Le tableau 17 présente les résultats des analyses des cinq échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés sont également incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 17. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 9 (Alépé 1)

Paramètres (mg/kg)	Site 9 Alépé 1					Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	0-20 cm	1 m	1 m	
Hy C5-C44 total	1,02	1,64	< 0,1	4,33	< 0,1	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	< 0,02	0,157	< 0,02	< 0,02	0,0218	10
Pb	3,7	5,7	2,4	7,2	11	400
Cd	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	20
As	1,4	1,8	0,95	2,5	4	37
Cr	18	22	13	32	51	130
Ni	1,8	2,2	0,89	3	4,4	140
Co	0,37	0,47	0,18	0,55	0,81	240
Hg	0,022	0,038	0,009	0,045	0,043	7
Cu	1,8	2,3	0,93	2,2	2,5	190
Zn	6,1	7,5	3,2	8,2	10	9 000

Site 10: Alépé 2



Historique du déversement

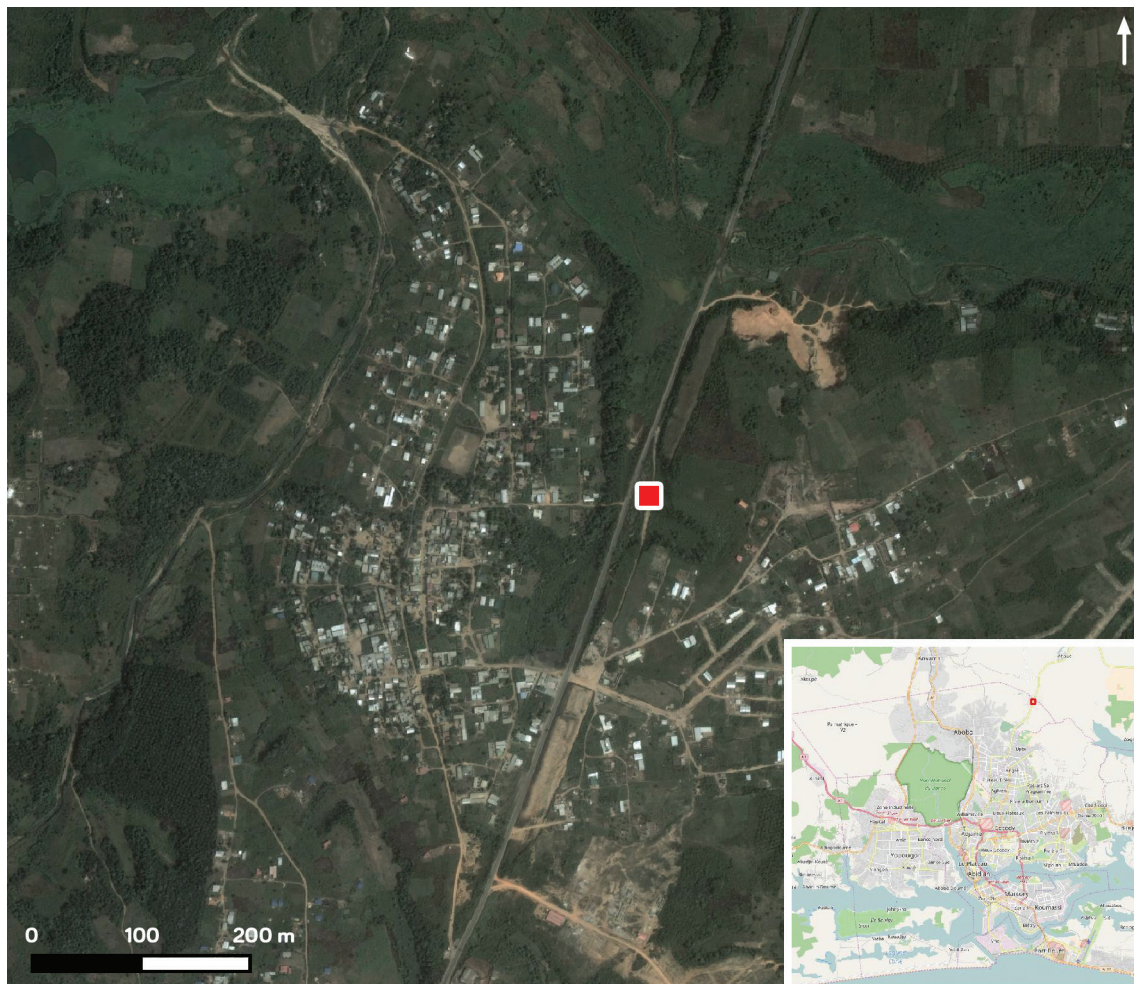
Ce site se situe en contrebas d'un talus escarpé recouvert d'une dense végétation bordant la route principale reliant Abobo à Alépé, à environ 1 km du site 9. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés à partir de deux camions-citerne le long de ce talus, et se seraient ensuite écoulés dans le lit du ruisseau en contrebas, passant finalement sous la route jusqu'à un petit étang qui serait utilisé pour la pisciculture.

Comme dans le cas du site 9, la dépollution par excavation de ce site a été commencée par Trédi et continuée par Biogénie. Les terres contaminées ont été excavées à une profondeur moyenne de 4 m de chaque côté de la route, puis traitées par activation biologique à Alépé 1. Le vide laissé par les travaux a été comblé par de la terre propre.

Méthode

Ce site a été divisé en deux sections : le côté est de la route, où le déversement a eu lieu; et le côté ouest

Carte 14. Site 10: Alépé 2



de la route, où les déchets se seraient écoulés. Les échantillons suivants ont été prélevés:

- Sur le côté est de la route, un échantillon de sol de surface (0-20 cm) et un échantillon à 1 m de profondeur ont été prélevés à côté du ruisseau; et
- Sur le côté ouest du site, un échantillon composite de sol de surface (0-20 cm) a été prélevé à côté du petit étang et un échantillon de sol à 1 m de profondeur a été prélevé dans une zone cultivée attenante à la route.

Résultats

Le tableau 18 présente les résultats des analyses des quatre échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Tableau 18. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 10 (Alépe 2)

Paramètres (mg/kg)	Site 10 Alépe 2				Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	0-20 cm	1 m	
Hy C5-C44 total	7,33	1,4	0,648	13,9	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	< 0,02	0,0461	< 0,02	0,0825	10
Pb	5,9	1,7	2	6,3	400
Cd	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	20
As	1,5	0,77	0,78	2,7	37
Cr	17	8,9	10	25	130
Ni	2,1	0,53	0,47	3,1	140
Co	0,42	0,1	< 0,1	0,53	240
Hg	0,027	0,008	0,005	0,041	7
Cu	3,4	0,81	0,63	2,5	190
Zn	24	6,2	4,5	6,7	9 000

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Site 11: Akouédo 1

Historique du déversement

Ce site de déversement se trouve au sein de la décharge municipale d'Abidjan à Akouédo, dans une zone qui n'est aujourd'hui plus activement utilisée. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés dans un fossé qui longe la voie non bitumée qui traverse la vaste décharge. Lors des opérations de dépollution menées par Trédi en 2006-2007, les matériaux contaminés ont été excavés et transportés hors du site pour traitement, et le vide résultant a été comblé par de la terre propre. Au moment de l'échantillonnage, des plantations informelles de

cultures alimentaires, telles que des bananes, du maïs, de la papaye et du gombo, pouvaient être aperçues de chaque côté de la voie.

Méthode

Un échantillon composite de sol de surface (0-20 cm) a été prélevé à environ 5 m de la voie, du côté le plus éloigné du fossé, où le sol était recouvert d'une couche d'ordures.

Carte 15. Site 11: Akouédo 1



Résultats

Le tableau 19 présente les résultats de l'analyse de l'échantillon de sol de surface prélevé sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 19. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 11 (Akouédo 1)

Paramètres (mg/kg)	Site 11 Akouédo 1	Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	
Hy C5-C44 total	180	1 000
Benzène	0,0102	1
Éthylbenzène	< 0,003	25
Toluène	0,00224	5
Xylène	< 0,00936	5
Soufre total (%)	0,0388	10
Pb	220	400
Cd	1,9	20
As	7,9	37
Cr	61	130
Ni	30	140
Co	4	240
Hg	0,27	7
Cu	97	190
Zn	390	9 000

Site 12: Akouédo 2



Historique du déversement

Ce site de déversement est le second situé au sein de la décharge municipale d'Abidjan, à Akouédo. Il est composé d'un socle de béton incliné sur lequel des camions-citerne stationnent régulièrement pour déverser des boues d'épuration. Les déchets issus du Probo Koala auraient été amenés sur ce site par un camion-citerne qui se serait garé sur ce socle. Les déchets liquides se seraient écoulés du camion sur le béton, puis dans le fossé d'évacuation adjacent. Les travaux de dépollution entrepris par Trédi en 2006-2007 ont compris le morçèlement et l'évacuation

d'une partie de la structure en béton, ainsi que l'excavation de la terre contaminée du fossé, qui a été transportée hors du site pour traitement. Au moment de l'échantillonnage, de nombreuses plantations ont été observées à proximité immédiate du site, dont du maïs, de la papaye et du manioc.

Méthode

Un échantillon composite de sol de surface (0-20 cm) a été prélevé à la base du socle en béton. Une couche d'ordures a dû être retirée pour pouvoir accéder au sol.

Carte 16. Site 12: Akouédo 2



Résultats

Le tableau 20 présente les résultats de l'analyse de l'échantillon de sol de surface prélevé sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Ce site montre des taux légèrement élevés d'hydrocarbures par rapport aux normes de dépollution établies par le Gouvernement. Toutefois, tous les autres paramètres sont inférieurs aux valeurs limites établies.

Conclusions

Étant donné que le site est resté opérationnel en tant que décharge pendant les dix années qui ont suivi la dépollution après le déversement des déchets issus du Probo Koala, et qu'il s'agit d'un site où des véhicules lourds stationnent de manière régulière, il n'est pas surprenant que les résultats montrent des niveaux élevés d'hydrocarbures. Dans un tel contexte, il n'est pas possible d'attribuer cette pollution à un incident spécifique.

En outre, les concentrations dans ce cas sont bien inférieures aux valeurs d'intervention néerlandaises (5 000 mg/kg). Aucune mesure immédiate n'est donc recommandée. Cependant, il est recommandé qu'au moment de la fermeture de la décharge, une évaluation environnementale complète soit réalisée et que le site soit démantelé conformément aux bonnes pratiques du secteur.

Tableau 20. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 12 (Akouédo 2)

Paramètres (mg/kg)	Site 12 Akouédo 2	Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	
Hy C5-C44 total	1 020	1 000
Benzène	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	25
Toluène	0,0149	5
Xylène	< 0,01096	5
Soufre total (%)	0,0275	10
Pb	23	400
Cd	0,2	20
As	7,1	37
Cr	64	130
Ni	30	140
Co	4	240
Hg	0,092	7
Cu	12	190
Zn	50	9 000

Site 13: Akouédo 3



Historique du déversement

Ce site de déversement est le troisième situé dans la décharge municipale d'Abidjan, à Akouédo. Il se trouve dans une partie basse de la décharge, à proximité du mur d'enceinte est. Aucun déchet du Probo Koala n'a été déversé à cet endroit, mais ceux déversés sur le site 11, situé à environ 200 m à l'ouest, se seraient écoulés jusqu'ici. Lors des opérations de dépollution menées par Trédi en 2006-2007, les matériaux contaminés ont été excavés et, selon divers rapports, traités à même le site.

Méthode

Deux échantillons de sol de surface (0-20 cm) ont été prélevés à proximité du mur d'enceinte en béton, là où les déchets déversés se sont écoulés à partir du site 11 à l'ouest.

Carte 17. Site 13: Akouédo 3



Résultats

Le tableau 21 présente les résultats des analyses des deux échantillons de sol de surface prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 21. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 13 (Akouédo 3)

Paramètres (mg/kg)	Site 13 Akouédo 3		Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	0-20 cm	
Hy C5-C44 total	12,2	41,3	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	< 0,02	0,0211	10
Pb	20	230	400
Cd	0,16	2	20
As	31	7,1	37
Cr	85	54	130
Ni	7,5	29	140
Co	1,5	5,9	240
Hg	0,074	0,54	7
Cu	5,2	120	190
Zn	36	810	9 000

Site 14: Coco-Service



Historique du déversement

Ce site se trouve le long de la voie express reliant Adjamé à Abobo, une route importante comptant plusieurs voies de circulation, qui est bordée sur plusieurs kilomètres par de petites entreprises informelles, principalement des ferrailleurs qui démontent des véhicules et revendent des pièces détachées. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés dans une canalisation ouverte bétonnée au bord de la route, qui s'écoule dans un canal à ciel ouvert, également bétonné, qui lui-même se déverse dans un petit ruisseau.

Les travaux de dépollution entrepris par Trédi en 2006-2007 ont compris le retrait et le remplacement du système de canalisation, et l'excavation du sol environnant, qui a été traité en dehors du site. Au moment du prélèvement d'échantillons, le site était utilisé comme décharge pour des ordures ménagères, et comme lieu d'incinération de pneus usagés et d'autres déchets. Une petite plantation de bananes poussait sur une zone plane en contrebas la route, et au-dessus du ruisseau.

Carte 18. Site 14: Coco-Service



Méthode

Deux échantillons de sol de surface (0-20 cm) ont été prélevés : l'un au sommet de la côte, au niveau de la route, et l'autre tout en bas de la côte, à proximité du ruisseau.

Résultats

Le tableau 22 présente les résultats des analyses des deux échantillons de sol de surface prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution, sauf pour le cuivre. Étant donné que les taux de tous les autres métaux lourds sont inférieures à la norme, ce résultat n'est pas considéré à lui seul comme méritant une action de suivi. Aucune action complémentaire n'est donc nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 22. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 14 (Coco-Service)

Paramètres (mg/kg)	Site 14 Coco-Service		Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	0-20 cm	
Hy C5-C44 total	439	322	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	0,0392	0,032	10
Pb	170	39	400
Cd	0,47	0,46	20
As	4,7	6,1	37
Cr	62	89	130
Ni	12	8,4	140
Co	3,7	24	240
Hg	0,082	0,041	7
Cu	51	500	190
Zn	300	1 500	9 000

Site 15: Abobo Sagbé

Historique du déversement

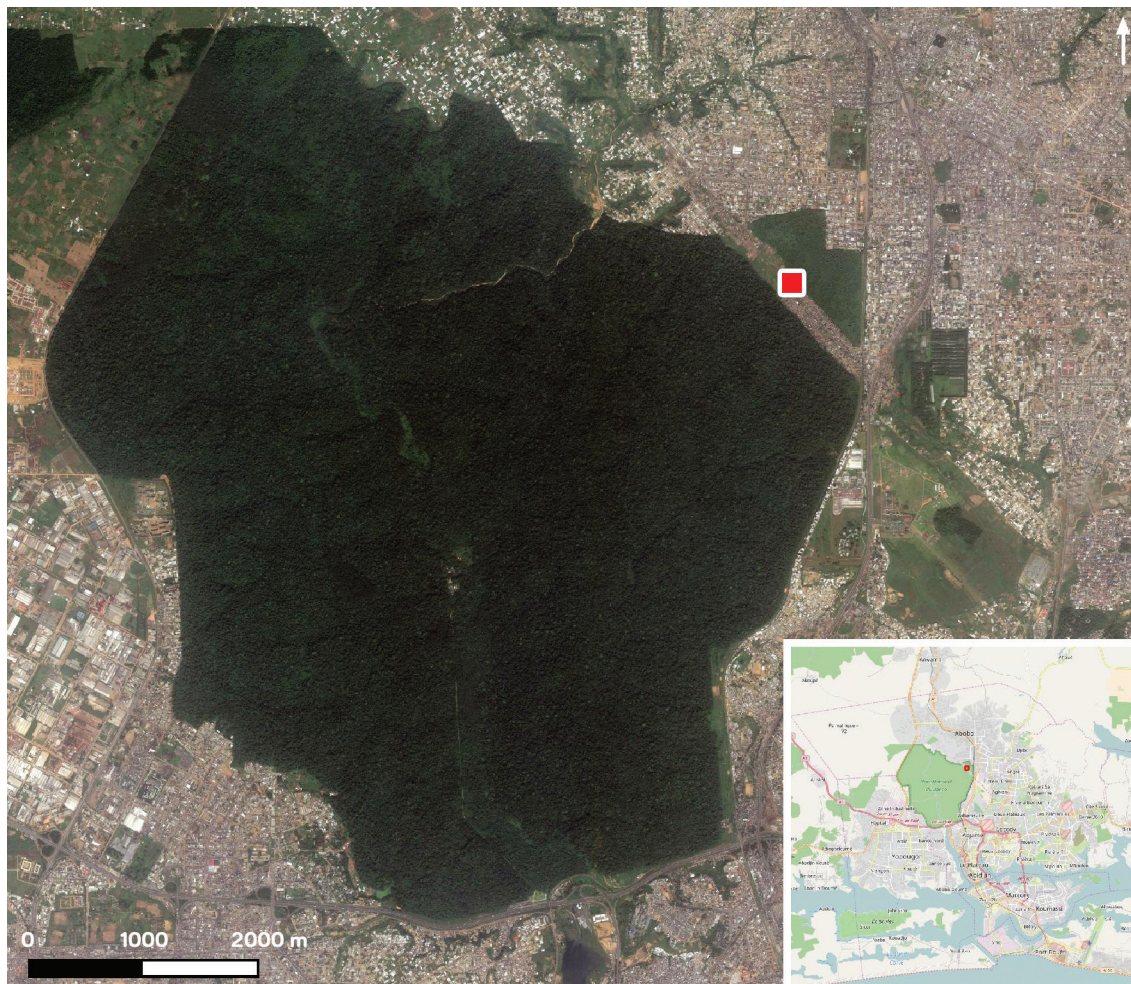
Ce site de déversement est situé dans le quartier d'Abobo, au sein d'une zone de petites entreprises informelles et non réglementées – dont des ateliers de mécanique, des revendeurs de pièces détachées, des carrosseries et d'autres ateliers liés aux automobiles – en bordure du parc national du Banco. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés ici sur un terrain ouvert, qui à l'époque se trouvait éloigné des ateliers, mais qui est aujourd'hui entouré d'entreprises en tous genres. Les travaux de dépollution entrepris par Trédi en 2006-2007 ont compris l'excavation des

terres, qui ont été transportées hors du site pour traitement, et le remblaiement du vide ainsi créé par de la terre propre.

Méthode

Deux échantillons de sol de surface (0-20 cm) et deux échantillons de sol à 1 m de profondeur ont été prélevés sur ce site de déversement.

Carte 19. Site 15: Abobo Sagbé



Résultats

Le tableau 23 présente les résultats des analyses des quatre échantillons prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 23. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 15 (Abobo Sagbé)

Paramètres (mg/kg)	Site 15 Abobo Sagbé				Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	0-20 cm	1 m	
Hy C5-C44 total	12	1,42	658	1,76	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	0,0287	0,0756	0,0247	0,02	10
Pb	11	11	13	10	400
Cd	< 0,1	0,1	0,11	< 0,1	20
As	2,4	3,6	2,6	3,7	37
Cr	37	60	41	57	130
Ni	3	5,1	3,3	4,7	140
Co	0,76	0,84	0,63	0,8	240
Hg	0,03	0,05	0,03	0,047	7
Cu	4	4,5	4,7	3,9	190
Zn	15	13	19	9,7	9 000

Site 16: Plateau Dokoui 1



Historique du déversement

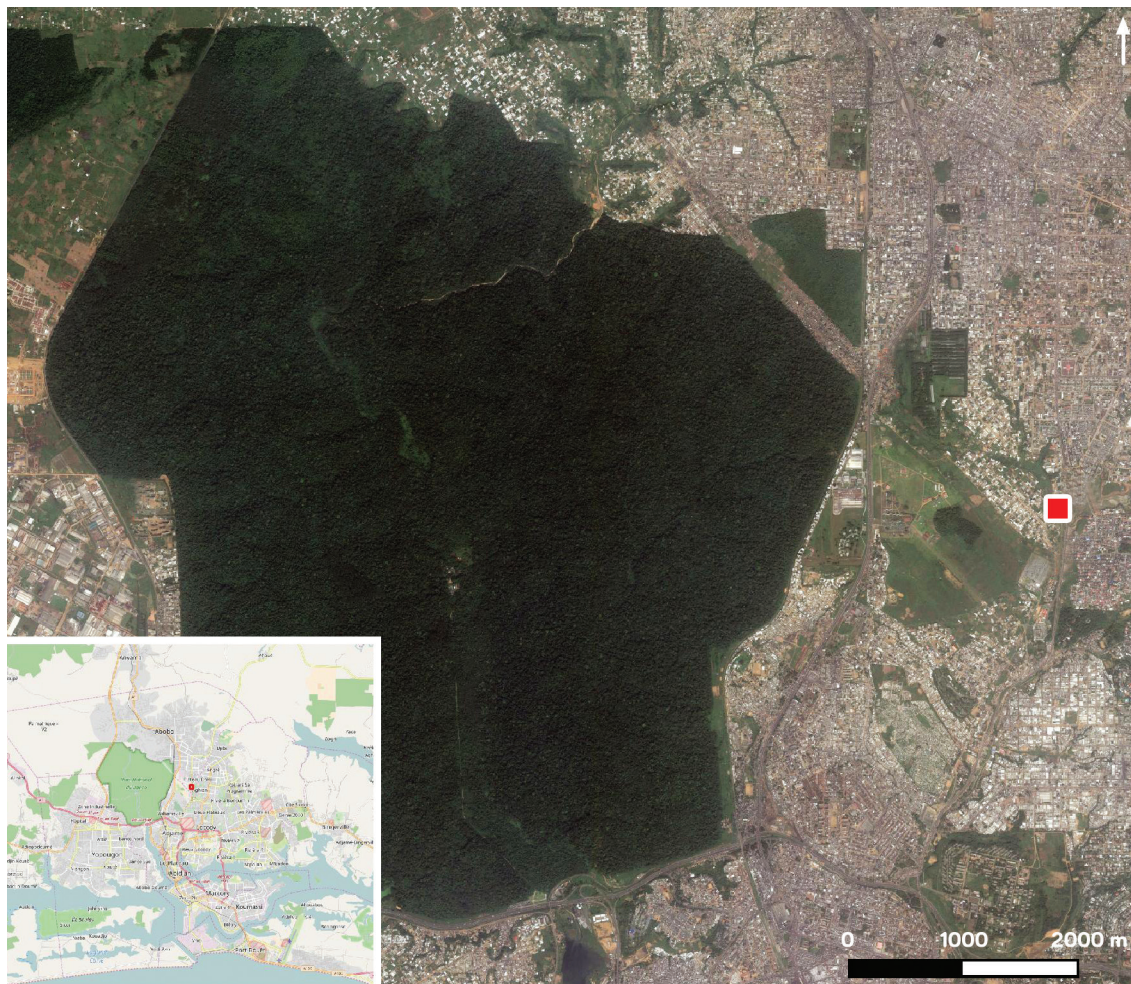
Ce site de déversement se trouve en bordure de la voie express reliant Adjamé à Abobo. Il consiste en un bassin de rétention des eaux de pluie qui a été entièrement restructuré depuis le déversement, et a récemment été complété par un barrage et des canaux d'évacuation en béton. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés directement dans le bassin. Les travaux de dépollution menés par Trédi en 2006-2007 ont compris le pompage de l'eau contaminée et l'excavation des sédiments du bassin, qui ont été traités hors du site. Au moment du

prélèvement des échantillons, l'eau du bassin était presque entièrement recouverte d'une épaisse couche d'ordures majoritairement plastiques, principalement composée de bouteilles de boissons sucrées et de sacs en plastique.

Méthode

Trois paires d'échantillons, comprenant chacune un échantillon de sol de surface (0-20 cm) et un échantillon à 1 m de profondeur (6 échantillons au total), ont été prélevées autour du bassin:

Carte 20. Site 16: Plateau Dokoui 1



- La première a été prélevée sur le côté est du bassin, en direction du nord;
- La seconde a été prélevée du côté sud-est du bassin; et
- La troisième a été prélevée de l'autre côté du barrage.

Résultats

Le tableau 24 présente les résultats des analyses des six échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 24. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 16 (Plateau Dokoui 1)

Paramètres (mg/kg)	Site 16 Plateau Dokoui 1						Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	0-20 cm	1 m	0-20 cm	1 m	
Hy C5-C44 total	305	3,55	324	7,63	36,2	6,12	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	0,0023	< 0,002	0,00488	< 0,002	< 0,002	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	0,0278	0,0587	0,0925	0,0747	< 0,02	< 0,02	10
Pb	62	11	47	12	18	15	400
Cd	0,33	0,14	0,27	0,11	0,14	0,14	20
As	7,6	4,4	6,4	4,5	4	5,3	37
Cr	120	59	93	60	51	60	130
Ni	14	5,8	11	5,6	4,9	5,3	140
Co	3,1	0,94	2,4	1	0,87	0,89	240
Hg	0,21	0,069	0,16	0,065	0,044	0,056	7
Cu	28	5,5	21	5,7	6,3	5,6	190
Zn	180	13	140	23	19	15	9 000



Site 17: Plateau Dokoui 2

Historique du déversement

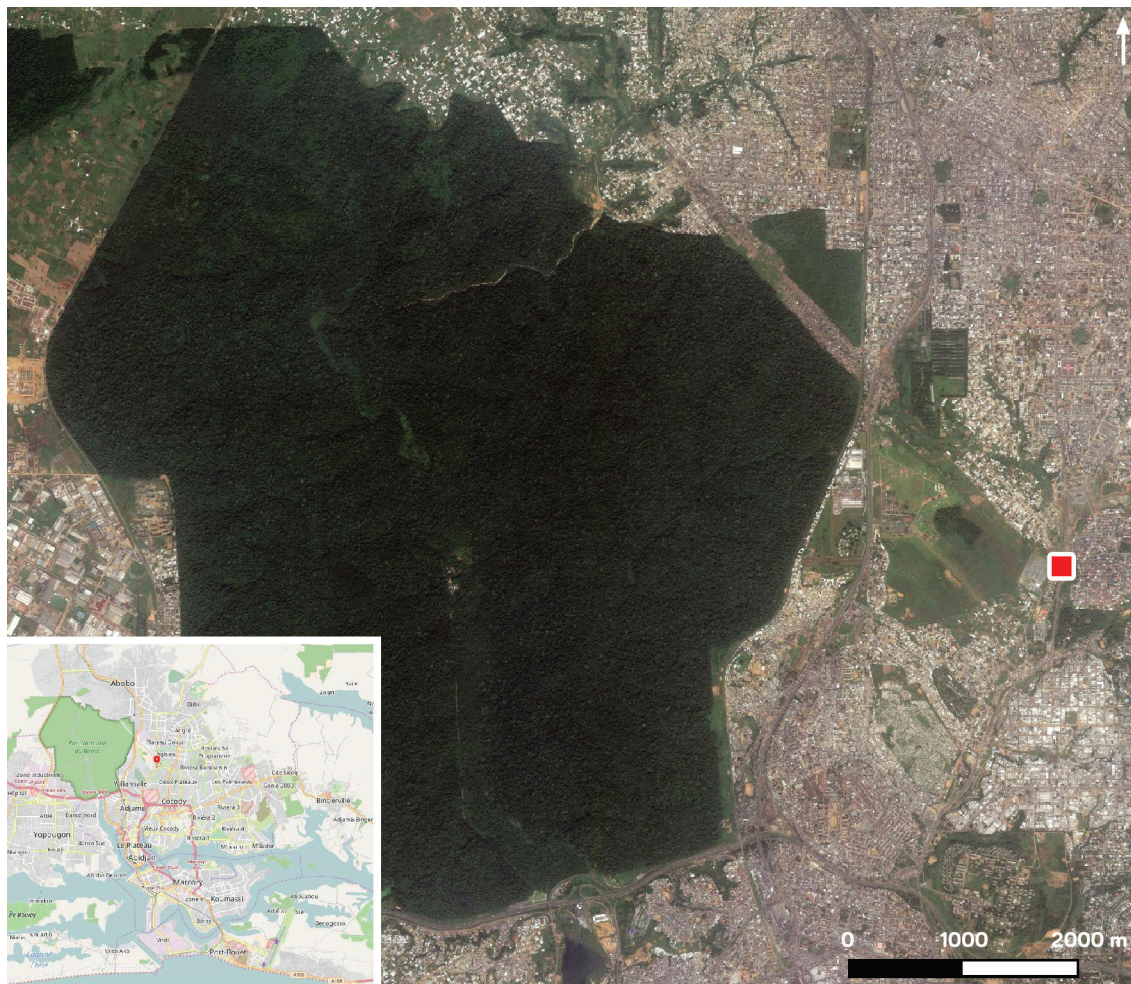
Ce site, qui est attenant à la voie express Adjamé-Abobo, consiste en une station de dépotage d'eaux usées issues de fosses septiques, qui est encore utilisée aujourd'hui. Les déchets issus du Probo Koala auraient été déversés dans la cuve de la station. Lors des opérations de dépollution menées par Trédi en 2006-2007, la structure de la cuve en béton a été vidée et nettoyée. C'est au moment du nettoyage que de faibles quantités d'eaux usées auraient débordé, et se seraient répandues le long de la pente voisine en direction d'un caniveau en

contrebas de la station. Le sol contaminé a alors été excavé et retiré pour traitement hors du site. Au moment du prélèvement des échantillons, des activités agricoles et industrielles informelles pouvaient être aperçues entre le bord de route et le fossé d'évacuation.

Méthode

Deux paires d'échantillons, comprenant chacune un échantillon de sol de surface (0-20 cm) et un échantillon à 1 m de profondeur (4 échantillons au total), ont été prélevées:

Carte 21. Site 17: Plateau Dokoui 2



- La première au sommet de la pente, à côté de la cuve de stockage des eaux usées; et
- La deuxième en bas de la pente.

Résultats

Le tableau 25 présente les résultats des analyses des quatre échantillons de sol prélevés sur ce site. Les normes établies par le Gouvernement dans son marché avec Biogénie pour la dépollution des matériaux contaminés ont également été incluses, à des fins de comparaison.

Conclusions

Les résultats de laboratoire démontrent que les concentrations actuelles des polluants analysés dans le sol sont toutes inférieures aux normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Aucune action complémentaire n'est nécessaire sur ce site pour remédier à l'impact du déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006.

Tableau 25. Résultats des analyses de la pollution du sol au site 17 (Plateau Dokoui 2)

Paramètres (mg/kg)	Site 17 Plateau Dokoui 2				Normes gouvernementales (mg/kg)
	0-20 cm	1 m	0-20 cm	1 m	
Hy C5-C44 total	156	279	1,1	0,104	1 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	25
Toluène	0,00522	< 0,002	0,00215	< 0,002	5
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	5
Soufre total (%)	0,0629	0,0394	0,0201	0,0278	10
Pb	18	42	14	7,7	400
Cd	0,19	0,21	< 0,1	< 0,1	20
As	1,5	1,7	3,4	3,7	37
Cr	17	35	47	54	130
Ni	3,8	14	4,1	3,7	140
Co	0,97	1,3	0,82	0,61	240
Hg	1,2	0,79	0,11	0,025	7
Cu	19	38	6,5	3,5	190
Zn	100	190	33	8,9	9 000



Mesure du pH dans le sol

Etant donné que l'hydroxyde de sodium était l'un des composés majeurs des déchets issus du Probo Koala, le déversement de ces déchets pouvait avoir conduit à un changement de la valeur pH du sol. En effet, l'hydroxyde de sodium est une substance hautement caustique qui peut augmenter la valeur pH du sol bien au-delà de l'intervalle neutre, affectant même la fertilité des terres.

La valeur pH de tous les échantillons prélevés a été analysée et les résultats sont présentés dans le tableau 26 ci-dessous. Ceux-ci révèlent que les valeurs pH ne sont pas dans l'intervalle caustique (9 et au-delà), démontrant que l'impact du déversement de substances caustiques ne peut plus être détecté.

Cela est vraisemblablement dû à leur élimination par les diverses activités de dépollution, ou au ruissèlement des eaux de pluie, une combinaison des deux options étant la plus probable.

Tableau 26. Résultats des analyses de la valeur pH du sol

Site	Échantillon	Valeur pH
Site 2 (Vridi Canal 1)	0-20 cm	7,57
	1 m	7,3
	0-20 cm	7,03
Site 4 (Koumassi)	0-20 cm	7,61
Site 5 (MACA 1)	0-20 cm	6,6
	1 m	5,28
	1 m	4,18
	1 m	4,37
Site 6 (MACA 2)	0-20 cm	4,26
	0-20 cm	3,64
	1 m	4,01
	1 m	3,95
Site 7 (MACA 3)	1 m	4,54
	1 m	4,15
	0-20 cm	6,7
	0-20 cm	4,38
Site 8 (Agboville)*	0-20 cm	4,38
	1 m	4,58
	0-20 cm	4,72
	1 m	3,83
Site 9 (Alépé 1)	0-20 cm	5,01
	1 m	5,68
	0-20 cm	5,76
	1 m	5,27
	1 m	4,11
Site 10 (Alépé 2)	0-20 cm	7,16
	1 m	6,6
	0-20 cm	6,58
	1 m	4,16
Site 11 (Akouédo 1)	0-20 cm	7,34
Site 12 (Akouédo 2)	0-20 cm	7,67
Site 13 (Akouédo 3)	0-20 cm	5,63
	0-20 cm	7,52
Site 14 (Coco-Service)	0-20 cm	7,67
	0-20 cm	6,27
Site 15 (Abobo Sagbé)	0-20 cm	4,14
	1 m	4,08
	0-20 cm	4,07
	1 m	4,07
Site 16 (Plateau Dokoui 1)	0-20 cm	6,61
	1 m	4,89
	0-20 cm	7,12
	1 m	5,75
	0-20 cm	6,08
	1 m	5,56
Site 17 (Plateau Dokoui 2)	0-20 cm	7,28
	1 m	7,1
	0-20 cm	5,8
	1 m	4,55
Site 19 (Anyama)	0-20 cm	3,97
	1 m	4,09

* Échantillons 2016

04

Autres préoccupations environnementales



L'objectif principal de cet audit environnemental était de vérifier si les sites affectés par le déversement de déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006 continuaient de poser un quelconque risque pour l'environnement et pour la santé des communautés riveraines. Les résultats présentés au chapitre 3 démontrent que les polluants associés aux déchets issus du Probo Koala ne sont actuellement pas présents dans le sol à des taux de concentration dépassant les normes établies par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire.

Cependant, au cours des travaux préparatoires réalisés en vue de cet audit, le Gouvernement a relevé que les communautés étaient préoccupées par le fait que bien que les terres contaminées ait été dépolluées, la contamination avait pu s'étendre à d'autres milieux, comme l'eau, et atteindre la chaîne alimentaire via les produits comestibles. L'audit de l'ONU Environnement a donc été conçu de façon à inclure une évaluation des eaux souterraines, ainsi que des analyses des fruits et légumes cultivés sur les sites où les déchets issus du Probo Koala ont été déversés.

Bien qu'on ne puisse s'attendre à ce que des polluants aériens issus du déversement de 2006 continuent de subsister dans la zone tant années après les événements, une évaluation de la qualité de l'air a également été ajoutée aux analyses par souci d'exhaustivité et dans l'hypothèse purement théorique que des polluants restés dans le sol puissent continuer à être libérés dans l'air.

Enfin, le Gouvernement a également demandé à ce que des échantillons de sédiments et de mollusques – souvent utilisés comme indicateurs de pollution car ils accumulent les polluants au fil du temps – soient analysés.

Ce chapitre donne un aperçu des résultats agrégés des analyses des échantillons d'air, d'eau, de sédiments, de fruits, de légumes et de mollusques prélevés pendant l'audit.



4.1 Qualité de l'air

Étant donné que l'étude de l'ONU Environnement s'est concentrée sur la pollution liée aux déchets toxiques issus du Probo Koala, les paramètres d'analyse de la qualité de l'air ont été sélectionnés d'après la composition la plus probable de ces déchets, tel que décrite au chapitre 1. Il n'existe aucune norme nationale en Côte d'Ivoire pour ces éléments. L'audit a donc adopté la méthode suivante:

comparer les résultats relatifs à la qualité de l'air des sites affectés par le déversement de 2006 avec ceux du site 21, site de contrôle situé à environ 69 km d'Abidjan près d'Agboville, où il était présumé que la pollution urbaine n'aurait pas d'impact.

Les analyses de la qualité de l'air pour tous les sites où des prélèvements ont été réalisés, y compris le site de contrôle, sont présentés dans le tableau 27 ci-dessous.

Tableau 27. Résultats des analyses de la pollution de l'air

Paramètres/unités		Site 1 Treichville	Site 2 Vridi Canal 1	Site 3 Vridi Canal 2	Site 4 Koumassi	Site de contrôle 21 Agboville
Sulfure de diméthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Éthyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de méthyle éthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de carbonyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tertio-butyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure d'hydrogène	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Méthyle tertio-butyle éther	µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND
Benzène	µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND
Toluène	µg/m ³	10	54	110	2 500	ND
Éthylbenzène	µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-Xylène	µg/m ³	ND	9,4	ND	ND	ND
o-Xylène	µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND
Naphtalène	µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND
TPH (C4-C6)	µg/m ³	18	12	22	76	10
TPH (C6-C8)	µg/m ³	59	100	180	3 800	20
TPH (C8-C10)	µg/m ³	35	45	60	380	35
TPH (C10-C12)	µg/m ³	23	75	37	ND	53
TPH (C4-C12)	µg/m ³	130	240	300	4 300	120
Composé aliphatique (C4-C6)	µg/m ³	18	ND	22	76	ND
Composé aliphatique (C6-C8)	µg/m ³	47	45	72	1 300	17
Composé aliphatique (C8-C10)	µg/m ³	26	ND	28	290	31
Composé aliphatique (C10-C12)	µg/m ³	22	73	35	ND	53
Composé aromatique (EC5-EC7)	µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND
Composé aromatique (EC7-EC8)	µg/m ³	10	54	110	2 500	ND
Composé aromatique (EC8-EC10)	µg/m ³	ND	43	33	87	ND
Composé aromatique (EC10-EC12)	µg/m ³	ND	ND	ND	ND	ND

Paramètres/unités		Site 5 MACA 1	Site 7 MACA 3	Site 8 Agboville	Site 9 Alépé 1	Site de contrôle 21 Agboville
Sulfure de diméthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Éthyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de méthyle éthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de carbonyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tertio-butyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure d'hydrogène	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Méthyle tertio-butyle éther	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Benzène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Toluène	µg/m3	54	ND	ND	11	ND
Éthylbenzène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-Xylène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
o-Xylène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Naphtalène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
TPH (C4-C6)	µg/m3	13	31	11	20	10
TPH (C6-C8)	µg/m3	120	35	23	53	20
TPH (C8-C10)	µg/m3	39	31	41	42	35
TPH (C10-C12)	µg/m3	24	16	33	39	53
TPH (C4-C12)	µg/m3	200	110	110	150	120
Composé aliphatique (C4-C6)	µg/m3	ND	31	ND	20	ND
Composé aliphatique (C6-C8)	µg/m3	66	30	21	40	17
Composé aliphatique (C8-C10)	µg/m3	ND	21	21	31	31
Composé aliphatique (C10-C12)	µg/m3	23	ND	32	37	53
Composé aromatique (EC5-EC7)	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Composé aromatique (EC7-EC8)	µg/m3	54	ND	ND	11	ND
Composé aromatique (EC8-EC10)	µg/m3	30	ND	21	ND	ND
Composé aromatique (EC10-EC12)	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND

Paramètres/unités		Site 10 Alépé 2	Site 11 Akouédo 1	Site 12 Akouédo 2	Site 14 Coco-Service	Site de contrôle 21 Agboville
Sulfure de diméthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Éthyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de méthyle éthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de carbonyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tertio-butyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure d'hydrogène	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Méthyle tertio-butyle éther	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Benzène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Toluène	µg/m3	7,7	ND	12	10	ND
Éthylbenzène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
m,p-Xylène	µg/m3	12	ND	ND	ND	ND
o-Xylène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Naphtalène	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
TPH (C4-C6)	µg/m3	20	40	37	12	10
TPH (C6-C8)	µg/m3	110	31	59	40	20
TPH (C8-C10)	µg/m3	64	66	51	48	35
TPH (C10-C12)	µg/m3	24	63	29	58	53
TPH (C4-C12)	µg/m3	220	200	180	160	120
Composé aliphatique (C4-C6)	µg/m3	20	40	37	ND	ND
Composé aliphatique (C6-C8)	µg/m3	100	27	46	27	17
Composé aliphatique (C8-C10)	µg/m3	ND	57	26	ND	31
Composé aliphatique (C10-C12)	µg/m3	23	62	28	56	53
Composé aromatique (EC5-EC7)	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
Composé aromatique (EC7-EC8)	µg/m3	7,7	ND	12	10	ND
Composé aromatique (EC8-EC10)	µg/m3	51	ND	25	36	ND
Composé aromatique (EC10-EC12)	µg/m3	ND	ND	ND	ND	ND

Paramètres/unités		Site 15 Abobo Sagbé	Site 16 Plateau Dokoui 1	Site 17 Plateau Dokoui 2	Site de contrôle 21 Agboville
Sulfure de diméthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Éthyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de méthyle éthyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure de carbonyle	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tertio-butyle mercaptan	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfure d'hydrogène	ppm v/v	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Méthyle tertio-butyle éther	µg/m3	ND	ND	ND	ND
Benzène	µg/m3	4,6	ND	ND	ND
Toluène	µg/m3	16	7,5	4	ND
Éthylbenzène	µg/m3	ND	15	ND	ND
m,p-Xylène	µg/m3	11	ND	ND	ND
o-Xylène	µg/m3	ND	ND	ND	ND
Naphtalène	µg/m3	ND	4,4	ND	ND
TPH (C4-C6)	µg/m3	29	21	27	10
TPH (C6-C8)	µg/m3	90	52	34	20
TPH (C8-C10)	µg/m3	79	56	29	35
TPH (C10-C12)	µg/m3	41	ND	ND	53
TPH (C4-C12)	µg/m3	240	130	100	120
Composé aliphatique (C4-C6)	µg/m3	29	21	27	ND
Composé aliphatique (C6-C8)	µg/m3	70	41	28	17
Composé aliphatique (C8-C10)	µg/m3	23	ND	19	31
Composé aliphatique (C10-C12)	µg/m3	39	ND	ND	53
Composé aromatique (EC5-EC7)	µg/m3	4,6	ND	ND	ND
Composé aromatique (EC7-EC8)	µg/m3	16	7,5	4	ND
Composé aromatique (EC8-EC10)	µg/m3	57	67	ND	ND
Composé aromatique (EC10-EC12)	µg/m3	ND	ND	ND	ND

Les résultats de ces analyses peuvent être résumés comme suit:

1. Aucun mercaptan, sulfure d'hydrogène ou élément associé n'a été détecté sur les sites étudiés, y compris le site de contrôle. C'est un constat important dans la mesure où les composés odorants dans les déchets issus du Probo Koala étaient très probablement le sulfure d'hydrogène et les mercaptans.
2. Les concentrations des divers analytes relevées sur les sites affectés sont dans l'ensemble comparables aux concentrations relevées sur le site de contrôle.

Le site 4 (Koumassi) présente cependant des niveaux particulièrement élevés d'hydrocarbures par rapport au site de contrôle. Étant donné l'emplacement du site, il n'est pas surprenant que les niveaux d'hydrocarbures soient élevés. En effet, la zone industrielle de Koumassi est parsemée de petites usines, opérant particulièrement dans les secteurs de l'automobile et de la métallurgie. Au cours des diverses visites de l'ONU Environnement sur ce site, d'épaisses

émissions de fumée émanant des nombreuses cheminées de la zone ont été observées. Les structures des cheminées étaient anciennes et manquaient clairement de technologies de contrôle des émissions de fumée.

Bien qu'ils ne soient pas liés au déversement des déchets issus du Probo Koala, les impacts d'une si mauvaise qualité de l'air au niveau local peuvent être conséquents. La présence de taux importants de toluène, et d'autres composés aromatiques, est un aspect particulièrement préoccupant. L'exposition quotidienne à cette pollution aura sans aucun doute des effets néfastes sur la santé des milliers de travailleurs et résidents de ce quartier.

Ainsi qu'expliqué en détail dans l'encadré 3, de nombreuses mesures peuvent être prises à court et à moyen terme pour réduire l'exposition des personnes à la pollution et améliorer la qualité de l'air dans cette zone. De manière plus générale, le Gouvernement devrait envisager d'établir des normes nationales pour la qualité de l'air, ainsi qu'un programme régulier de surveillance de la qualité de l'air.



4.2 Qualité de l'eau

Eau souterraine

Comme il a été expliqué au chapitre 2, le Gouvernement avait initialement accepté de forer des puits de surveillance des eaux souterraines sur chaque site impacté, sur la base de spécifications fournies par l'ONU Environnement. Pour diverses raisons, toutefois, le Gouvernement n'a pas été en mesure de mener à bien le forage des puits dans le temps imparti au projet. Par conséquent, il a été convenu que les échantillons d'eau souterraine seraient prélevés dans les puits existants aux alentours des sites impactés, y compris dans des puits privés et dans les forages entretenus par l'Office National de l'Eau Potable (ONEP).

Trois ensembles de paramètres ont été analysés pour les échantillons d'eau souterraine, constituant conjointement une « empreinte » théorique des déchets issus du Probo Koala: (i) soufre; (ii) phénols; et (iii) hydrocarbures. De plus, un certain nombre de métaux lourds, qui avaient été inclus dans le marché de dépollution du sol conclu par le Gouvernement, ont aussi été analysés.

Les résultats relatifs à la qualité de l'eau souterraine sont présentés dans le tableau 28 ci-dessous, en parallèle avec les valeurs d'un forage situé à proximité d'un site de contrôle (site 19). En l'absence de normes nationales pour la qualité de l'eau, les valeurs d'intervention néerlandaises ont aussi été incluses, à des fins de comparaison.

Tableau 28. Résultats des analyses de la pollution de l'eau souterraine

Paramètres (µg/l)	Site 3 Vridi Canal 2	Site 4 Koumassi		Site 5 MACA 1		Site 7 MACA 3	Site de contrôle 19 Anyama	Valeurs d'intervention néerlandaises (µg/l)
	Puits 3 m	Zone de métallurgie	Puits	Zone d'usine	Zone d'usine	Puits 20 m	Forage	
Hy C5-C35 total	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	600 000
Benzène	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	30
Éthylbenzène	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	1 000
Toluène	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	150
Xylène	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	70
Soufre libre	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	-
Pb	1,3	1,1	35	0,64	< 0,25	9,9	< 0,25	75
Cd	< 0,25	< 0,25	0,67	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	6
As	3,3	0,46	0,78	< 0,25	< 0,25	3,8	< 0,25	60
Cr	7	0,48	1,8	< 0,25	< 0,25	36	0,41	30
Ni	13	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	4,5	1,5	75
Co	1,5	0,43	1,1	< 0,25	< 0,25	0,89	1,4	100
Hg	0,41	< 0,25	2,1	0,41	0,41	< 0,25	< 0,25	0,3
Cu	6,8	3,1	13	9,1	1,9	6,3	1,8	75
Zn	78	3,8	610	4,5	3,1	62	5,4	800

Paramètres (µg/l)	Site 8 Agboville	Site 10 Alépé 2		Site 14 Coco-Service		Site de contrôle 19 Anyama	Valeurs d'intervention néerlandaises (µg/l)
	Regard	Puits	Puits	Forage	Forage	Forage	
Hy C5-C35 total	4 470	< 10	< 10	16	82	< 10	600 000
Benzène	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	30
Éthylbenzène	192	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	1 000
Toluène	113	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	150
Xylène	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	70
Soufre libre	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	-
Pb	4,5	25	< 0,25	5,4	< 0,25	< 0,25	75
Cd	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	6
As	12	< 0,25	0,48	< 0,25	0,33	< 0,25	60
Cr	130	0,53	< 0,25	< 0,25	190	0,41	30
Ni	42	230	2,7	260	12	1,5	75
Co	10	440	5	1,3	1,2	1,4	100
Hg	5	< 0,25	< 0,25	0,85	< 0,25	< 0,25	0,3
Cu	5,6	200	2,3	27	2,5	1,8	75
Zn	150	320	0,56	230	9,1	5,4	800

Deux observations générales peuvent être faites concernant la qualité de l'eau souterraine, en rapport avec le déversement des déchets issus du Probo Koala:

1. Aucun des puits ne démontre la présence conjointe de soufre et d'hydrocarbures qui aurait pu être considérée comme révélatrice d'une contamination par ruissèlement à partir des sites affectés par les déchets issus du Probo Koala.
2. Pour certains sites, les concentrations en métaux lourds, dont le mercure et le chrome, dépassent les valeurs d'intervention néerlandaises et sont bien au-delà des taux détectés pour le site de contrôle. Étant donné que les systèmes conventionnels de traitement de l'eau potable n'éliminent pas les métaux lourds, leurs concentrations dans l'eau potable doit être surveillée de manière

régulière. Si des métaux lourds sont détectés dans l'eau potable fournie à la ville, un traitement supplémentaire, par filtration par charbon actif par exemple, doit être introduit.

Une comparaison avec les concentrations en polluants du puits de contrôle indique que l'échantillon prélevé dans le puits à proximité du site 4 (Koumassi) contient des niveaux élevés de plomb, de zinc et de mercure. Étant donné le caractère industriel de la zone, et le fait que les résultats en question sont encore inférieurs aux valeurs d'intervention néerlandaises, sauf pour le mercure, aucune action immédiate n'est nécessaire. Cependant, si l'on associe ces résultats à ceux relatifs à la pollution de l'air, Koumassi peut être définie comme une zone à risque émergente à laquelle le Gouvernement doit prêter attention (voir l'encadré 3).



Encadré 3. Remédier aux problèmes environnementaux de Koumassi

Située au sud d'Abidjan et entourée sur trois côtés par les eaux de la lagune Ébrié, Koumassi est l'une des dix municipalités urbaines qui forment le district d'Abidjan. Sa zone industrielle est caractérisée par une forte densité de petites industries occupant le plus souvent des bâtiments vieillissants, voire délabrés, et d'habitations informelles de personnes à faible revenu, dont certaines dans des unités industrielles désaffectées. Au cours de ses visites de terrain, l'ONU Environnement a pu observer une forte incidence des petites fonderies et d'usines métallurgiques. Il semblait ne pas y avoir de contrôle des émissions des multiples cheminées de ce quartier, qui rejetaient régulièrement d'épaisses volutes de fumée noire, dont les particules se déposaient dans l'environnement immédiat.

Bien que les unités industrielles de Koumassi soient de petite taille, leurs émissions cumulées sont suffisantes pour provoquer une augmentation sensible des taux d'hydrocarbures dans l'air. Une telle situation n'est pas inhabituelle: de nombreux pays n'ont pas de systèmes environnementaux pour les petites et moyennes industries, ou ne les soumettent pas aux procédures de conformité aux normes environnementales. Même lorsque des seuils ont été établis, ils le sont généralement pour les industries individuelles et l'impact collectif n'est pas surveillé ou contrôlé.

Cependant, étant donné que les résultats de l'audit mené par l'ONU Environnement montrent, pour ce site, des taux importants d'hydrocarbures dans l'air, ainsi que de concentrations plus élevées de certains métaux lourds dans l'eau souterraine, les mesures suivantes sont recommandées:

1. Avant toute chose, il est important de pallier les risques auxquels les ouvriers de ces usines et ateliers sont exposés, étant directement touchés par la pollution. Les petites et moyennes industries ont en général peu de contrôles de santé au travail et les employés sont typiquement moins informés sur l'impact que l'exposition aux polluants atmosphériques peut avoir sur leur santé. La priorité absolue devrait donc être de former les employés sur la santé au travail et de leur procurer un équipement de protection personnelle.
2. Même si les petites industries ne sont pas réglementées, la création d'une simple directive sur le contrôle des émissions et la gestion des déchets, apportant des conseils sur des questions telles que la hauteur minimum des cheminées, le stockage et l'élimination des produits chimiques et des déchets solides, ou encore la mise en place d'un simple collecteur de graisses avant l'évacuation des effluents, et d'autres mesures similaires, serait vraiment bénéfique. Une telle directive devrait être mise à disposition de toutes les industries de la zone.
3. Une enquête complète devrait être menée, conjointement avec toutes les industries de la zone, afin de rassembler toutes les informations sur les différents types d'industrie, de cheminées et de contrôle des émissions, les effluents, les systèmes d'évacuation des effluents, et la santé au travail. Les résultats de cette enquête devraient ensuite servir de base à la mise en place d'un système de traitement des effluents, si nécessaire, ainsi que des mesures spécifiques pour une meilleure gestion environnementale de la zone. Un tel audit devrait aussi apporter des informations sur les communautés riveraines, et émettre des suggestions en matière de restrictions de zonage visant à limiter l'exposition des populations les plus vulnérables (enfants, personnes âgées, personnes malades).

Eau de surface

Des échantillons d'eau de surface ont été prélevés à partir de caniveaux, d'étangs, de ruisseaux et de ruisselets, sur ou à proximité des sites examinés, dans les cas où il y avait des points d'eau à échantillonner. Les plans d'eau de surface – en particulier les caniveaux et ruisseaux – sont transitoires de nature, et reçoivent au quotidien des polluants issus de l'environnement urbain. Il n'était par conséquent pas raisonnable de s'attendre à ce que des polluants liés à un événement donné s'étant produit dix ans plus tôt

soient toujours décelables. Cependant, la qualité de l'eau de ces diverses sources pouvait servir d'indicateur des conditions environnementales générales dans la zone du site donné.

Les résultats des analyses de la qualité de l'eau de surface sont présentés dans le tableau 29 ci-dessous. En l'absence de normes nationales pour la qualité de l'eau de surface en Côte d'Ivoire, et étant donné qu'aucun prélèvement d'eau de surface n'a été fait sur les sites de contrôle, il n'a pas été possible de comparer ces résultats.

Tableau 29. Résultats des analyses de la qualité de l'eau de surface

Paramètres (µg/l)	Site 2 Vridi Canal 1	Site 3 Vridi Canal 2	Site 8 Agboville	Site 10 Alépé 2		
	Canalisation	Canalisation	Ruisseau	Rivière en aval	Étang	Source
Hy C5-C35 total	23 700	75 100	21	33	17	19
Benzène	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7
Éthylbenzène	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Toluène	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Xylène	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11
Soufre libre	77,3	< 150	< 50	< 50	< 50	< 50
Pb	1 000	21	0,36	1,7	0,85	0,33
Cd	32,2	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
As	40	7	0,39	1,2	1,7	< 0,25
Cr	240	15	3,3	2,7	1,2	< 0,25
Ni	82	51	3	0,49	< 0,25	< 0,25
Co	17	2	3,9	< 0,25	0,63	< 0,25
Hg	2,3	2,3	0,62	< 0,25	0,83	< 0,25
Cu	280	46	1,1	1,6	3,2	0,48
Zn	1 800	470	3,4	9,6	18	2,6

Paramètres (µg/l)	Site 12 Akouédo 2	Site 13 Akouédo 3		Site 14 Coco-Service	Site 16 Plateau Dokoui 1	
	Fossé d'évacuation des eaux	Étang	Étang	Ruisseau	Bassin	Bassin
Hy C5-C35 total	187	< 10	130	2 580	422	
Benzène	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7
Éthylbenzène	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Toluène	< 4	< 4	< 4	< 4	211	480
Xylène	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11
Soufre libre	< 50	< 50	< 50	711	216	
Pb	4	100	0,69	8,4	7	3
Cd	0,39	2,7	< 0,25	< 0,25	< 0,25	0,33
As	4,6	4,3	1,2	1,4	4,7	3,8
Cr	7,8	17	0,94	5,8	9,2	6,7
Ni	13	28	10	2,7	1,7	< 0,25
Co	6,6	7,6	3	1,4	1,2	1,9
Hg	6,6	4	< 0,25	2,2	0,52	5,4
Cu	7,3	130	13	37	12	5,3
Zn	20	660	16	72	49	29

Deux observations principales peuvent être faites par rapport à la qualité de l'eau de surface:

1. Les échantillons prélevés sur les sites 2 et 3 (Vridi Canal 1 et 2) montrent des taux élevés d'hydrocarbures, révélateurs d'une pollution industrielle locale.
2. Une pollution aux métaux lourds peut également être observée dans les échantillons d'eau de surface des sites 2 et 3 (Vridi Canal 1 et 2) et des sites d'Akouédo, ce qui était prévisible dans de telles zones urbaines industrielles et de décharge municipale.

Les recommandations suivantes peuvent être faites pour pallier ces problèmes:

1. Un plan de surveillance du lixiviat devrait être mis en place pour la décharge municipale d'Akouédo, couvrant tout son cycle de vie opérationnel, y compris son démantèlement.
2. Le Gouvernement devrait mettre en place un système de suivi environnemental pour la zone industrielle de Vridi, se basant sur des normes environnementales solides, afin de s'assurer que la pollution ne se propage pas à la lagune Ébrié.

Lagune Ébrié

Des échantillons d'eau ont également été prélevés à diverses profondeurs dans la lagune Ébrié. Les résultats sont présentés dans le tableau 30 ci-dessous.

La lagune Ébrié reçoit toutes les eaux de surface qui s'écoulent depuis la métropole d'Abidjan, ainsi que les effluents des eaux usées et industrielles. Une partie de ce large plan d'eau a aussi été dénaturé par un remblayage, à des fins de construction, parfois avec des matériaux de rebut inadaptés, ainsi que par le déversement direct de déchets solides.

L'eau de la lagune est cependant régulièrement drainée par l'eau de mer selon les cycles de marées, ce qui explique l'absence d'accumulation d'hydrocarbures et d'autres polluants dans la lagune. La lagune Ébrié est toutefois confrontée à des problèmes environnementaux majeurs, qui sont bien documentés, y compris dans l'Évaluation environnementale post-conflit de la Côte d'Ivoire réalisée par l'ONU Environnement (2015), qui traite notamment du besoin de contrôler les différents flux de déchets affectant la lagune.



Tableau 30. Résultats des analyses de la pollution de l'eau de la lagune Ébrié

Paramètres (µg/l)	Site 20 Lagune Ébrié								
	Eau de surface	3,7 m	Eau de surface du canal 16 m	Eau de surface	6 m	Eau de surface	4 m	Eau de surface	2,5 m
Hy C5-C35 total	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Benzène	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7	< 7
Éthylbenzène	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Toluène	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4
Xylène	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11	< 11
Soufre libre	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Pb	0,63	< 0,25	0,43	0,53	< 0,25	2	1,1	0,38	2
Cd	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
As	2,3	1,7	1,5	1,6	3	1,9	2	1,7	3,6
Cr	0,97	1,3	1,4	1,3	1,2	1,9	2	2	6,5
Ni	1,2	1,3	1,1	2,2	2	1,9	2	1,1	13
Co	0,42	< 0,25	< 0,25	0,35	0,7	< 0,25	0,47	0,39	2,6
Hg	< 0,25	2,1	0,3	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Cu	0,66	1,4	1,2	1,5	2,1	1,8	1,2	1	13
Zn	2,9	2,7	8,1	7,3	5,5	6,1	3,8	2,8	15



4.3 Sédiments

Les sédiments peuvent accumuler les polluants des plans d'eau sous lesquels ils se trouvent, et peuvent ainsi servir d'archives de la pollution à travers le temps. Des échantillons de sédiments ont été collectés à partir des sites examinés, dans la mesure du possible. Des prélèvements ont également été réalisés dans le fond de la lagune Ébrié, ce qui s'est avéré ardu car celui-ci est recouvert d'une grande quantité de débris plastiques. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau 31 ci-dessous, avec les valeurs d'intervention néerlandaises qui s'appliquent, à des fins de comparaison.

Les résultats indiquent que les taux d'hydrocarbures relevés dans les échantillons analysés sont bien inférieurs aux valeurs d'intervention néerlandaises. Cependant, trois échantillons de sédiments prélevés au fond de la lagune et un échantillon prélevé sur le site 14 (Coco-Service) présentent des taux plus élevés de certains métaux lourds – chrome, cuivre, zinc et plomb – qui sont légèrement supérieurs aux valeurs d'intervention néerlandaises, soulignant encore une fois l'importance d'une meilleure gestion des écoulements vers la lagune, en particulier ceux issus des installations industrielles et des eaux usées non traitées. La gestion des sédiments pollués est très complexe, et toute décision à ce sujet devra faire partie de la planification générale de la

Tableau 31. Résultats des analyses de la pollution des sédiments

Paramètres (µg/l)	Site 7 MACA 3	Site 10 Alépé 2	Site 14 Coco- Service	Site 20 Lagune					Valeurs d'intervention néerlandaises (mg/kg)
	Canalisation		Ruisseau	4,4 m	11,2 m	4 m	3 m	Berge à Koumassi	
Hy C5-C44 total	4,92	3,88	420	3440	375	156	449	198	5 000
Benzène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	1,1
Éthylbenzène	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,0093	110
Toluène	< 0,002	0,022	0,00833	< 0,002	0,0224	0,0072	< 0,002	< 0,002	32
Xylène	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,09	< 0,009	< 0,009	< 0,009	17
Soufre total (%)	< 0,02	0,0295	0,0881	3,32	2,56	1,17	1,83	4,37	-
Pb	9,5	17	444 - 1700*	55	190	45	39	9,4	530
Cd	< 0,1	0,16	< 0,1	0,8	1,6	0,39	0,5	0,16	13
As	2,4	4,3	5,7	11	8,7	11	9,4	5,4	76
Cr	30	47	70	200	100	140	120	45	180
Ni	2,8	7,1	15	49	29	42	49	21	100
Co	0,73	1,4	1,5	16	6,4	12	15	11	190
Hg	0,03	0,099	0,1	0,5	2	0,46	0,72	0,12	36
Cu	7,8	10	21	63	210	53	84	15	190
Zn	17	69	50	280	890	190	190	44	720

* Fortes inhomogénéités dues à des particules de plomb non homogénéisables

dépollution de la lagune Ébrié.

4.4 Mollusques

Les mollusques représentent un important “outil” de biosurveillance permettant d’évaluer la santé d’un écosystème, car ils accumulent les polluants au fil du temps et peuvent de ce fait en mettre en évidence les plus infimes traces. Quatre échantillons d’huîtres ont été recueillis à proximité des lieux où les déchets issus du Probo Koala auraient pu migrer en direction de la lagune.

Les résultats des analyses des mollusques sont présentés dans le tableau 32 ci-dessous. En l’absence de normes nationales en matière de qualité alimentaire, les teneurs maximales fixées par la Commission Européenne (CE) pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (directive CE 1881/2006) ont été utilisées à des fins de comparaison.

Comme le démontre le tableau 32, les concentrations de benzo(a)pyrène et de mercure, respectivement, sont au-dessus de la norme pour deux des échantillons

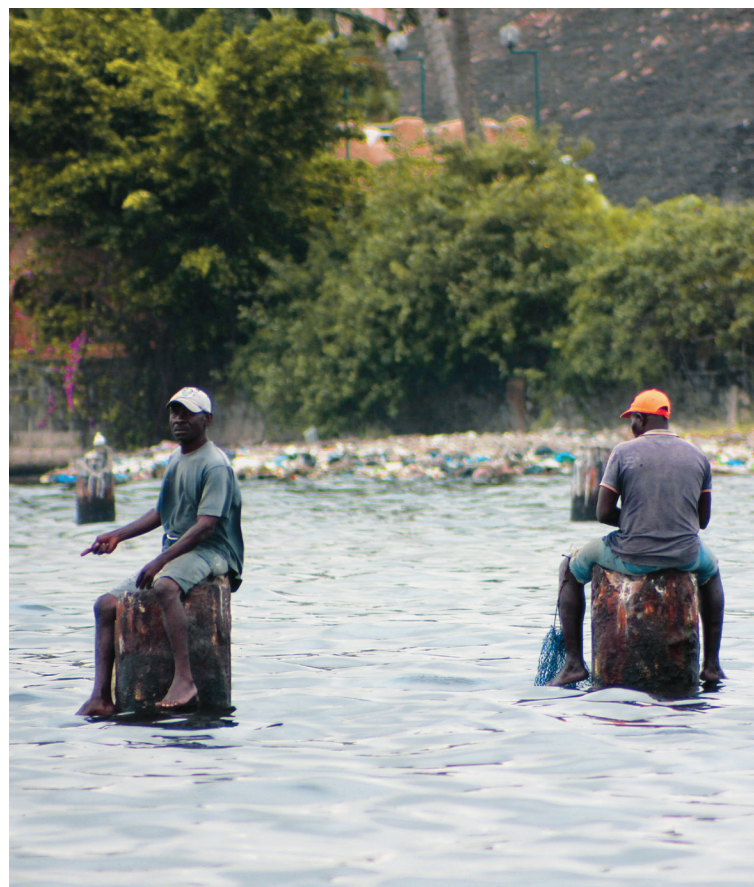


Tableau 32. Résultats des analyses de la pollution des mollusques

Paramètres (mg/kg)	Site 20 Lagune Ébrié				Directive CE (mg/kg)
	Dem'Badon	Blackouss	Canal de Vridi	Koumassi	
Benzène	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Toluène	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Éthylbenzène	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Benzo(a)pyrène	0,012	0,0019	0,0012	< 0,001	0,01
Xylène	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	
Soufre total	770	1 300	1 700	1 800	
PAH	0,156	0,0635	0,0556		
Pb	< 0,01	< 0,01	< 0,01		1,5
Cd	0,093	0,16	0,14		1
As	0,13	0,38	1,6		
Cr	< 0,01	< 0,01	< 0,01		
Ni	< 0,01	0,081	0,033		
Co	0,039	0,21	0,13		
Hg	0,1	0,7	0,1		0,5
Cu	6,3	25	19		
Zn	240	1 700	500		

d'huîtres analysés. Ces résultats sont comparables à ceux d'un nombre plus important d'échantillons de poisson et d'organismes aquatiques analysés par l'ONU Environnement dans le cadre de l'Évaluation environnementale post-conflit, soulignant la pollution bien documentée de la lagune Ébrié. Le fait que la pollution s'accumule dans la chaîne alimentaire – ce qui peut avoir un impact sur la santé humaine – indique qu'il est nécessaire d'améliorer la qualité de l'eau de la lagune, et d'assurer une surveillance plus régulière du milieu biotique.

4.5 Fruits et légumes

Comme indiqué dans l'introduction de ce chapitre, l'une des inquiétudes particulières des communautés riveraines des sites affectés par le déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala portait sur la possibilité que des polluants liés à ces déchets se soient accumulés dans les produits alimentaires cultivés localement. Par conséquent, des échantillons de fruits et légumes ont été collectés, dans la mesure du possible, sur les sites examinés. Ces échantillons de produits comestibles comprenaient du manioc, de

Tableau 33. Résultats des analyses de la pollution des fruits et légumes

Paramètres (mg/kg)	Site 5 MACA 1		Site 7 MACA 3	Site 8 Agboville		Site 9 Alépé 1	Directive CE (mg/kg)
	Manioc	Manioc	Patate douce	Manioc	Manioc	Manioc	
Soufre total (%)	0,0862	< 0,02	0,0943	< 0,02	0,0408	< 0,02	
PAH	< 0,118	0,261	< 0,118	< 0,118	< 0,118	< 0,118	
Pb	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	0,1
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,1
As	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	
Cr	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	< 0,9	
Ni	< 0,2	< 0,2	0,234	1,65	0,406	< 0,2	
Co	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Hg	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	
Cu	2,01	2,57	2,67	3,04	2,07	1,9	
Zn	24,6	22,2	11,4	6,98	12,4	17,6	

Paramètres (mg/kg)	Site 10 Alépé 2		Site 11 Akouédo 1	Site 12 Akouédo 2	Site 13 Akouédo 3	Directive CE (mg/kg)
	Banane	Manioc	Melon	Patate douce	Gombo/Okra	
Soufre total (%)	0,0767	< 0,02	0,0612	0,0341	0,0583	
PAH	< 0,118	< 0,118	< 0,118	< 0,118	< 0,118	
Pb	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	0,1
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,106	0,0825	0,1
As	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	
Cr	< 0,9	< 0,9	3,55	< 0,9	2,41	
Ni	0,341	< 0,2	4,43	< 0,2	0,797	
Co	< 0,1	< 0,1	0,307	< 0,1	0,143	
Hg	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	
Cu	9,85	< 1,4	13,7	10,3	8,88	
Zn	44,7	14,2	52,9	17,4	76,5	

Paramètres (mg/kg)	Site 14 Coco-Service	Site 15 Abobo Sagbé		Site 17 Plateau Dokoui 2	Site de contrôle Site 21 Agboville	Directive CE (mg/kg)
	Banane	Papaye	Goyave	Patate douce	Grenade	
Soufre total (%)	< 0,02	0,0944	0,067	< 0,02	0,0547	
PAH	< 0,118	< 0,118	< 0,118	< 0,118	< 0,118	
Pb	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	0,1
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,1
As	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,6	
Cr	< 0,9	1,25	< 0,9	< 0,9	1,62	
Ni	< 0,2	0,854	< 0,2	< 0,2	0,82	
Co	< 0,1	0,322	< 0,1	< 0,1	0,149	
Hg	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,14	
Cu	2,97	8,18	3,76	8,59	3,85	
Zn	6,93	23,1	23	23,7	22,9	

la patate douce, de l'aubergine, du gombo, de la banane, de la papaye, de la goyave et de la grenade.

Les analyses des échantillons de fruits et légumes ont été basées sur des protocoles similaires à ceux utilisés pour l'analyse des échantillons de sol et d'eau. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau 33 ci-dessous. En l'absence de normes nationales en matière de qualité alimentaire, les teneurs maximales fixées par la Commission Européenne (CE) pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (directive CE 1881/2006) ont été utilisées à des fins de comparaison. Étant donné que des interférences entre des substances naturellement présentes dans les végétaux et les analyses d'hydrocarbures ont été constatées, les résultats des analyses relatives aux hydrocarbures ont été écartés.

D'après les résultats obtenus, les observations suivantes peuvent être faites:

1. Divers analytes, dont des métaux lourds, sont présents dans tous les échantillons, y compris l'échantillon de grenade prélevé sur le site de contrôle 21 à Agboville. Les fruits et légumes accumulent naturellement les métaux lourds à partir du sol. Les métaux lourds étant essentiels en petites quantités pour la santé humaine, leur absorption à travers la consommation de fruits et de légumes n'est pas considérée comme représentant un risque.

2. La concentration en cadmium dans l'échantillon de patate douce prélevé sur le site 12, qui se trouve au sein de la décharge municipale d'Akouédo, est légèrement supérieure aux directives de la CE. La présence de taux légèrement élevés de métaux lourds dans les légumes cultivés sur les sites de décharge est bien documentée. Bien que les résultats d'un seul échantillon ne soient pas suffisants pour émettre un avis de sécurité, il serait approprié – par diligence raisonnable – d'effectuer des prélèvements supplémentaires sur ce site. En outre, comme mentionné précédemment, un plan de démantèlement adéquat doit être mis en place pour la décharge dans son ensemble, comprenant la surveillance du lixiviat, un dispositif de captage des gaz de décharge et des restrictions d'utilisation du sol dans l'enceinte de la décharge.

3. La norme de la CE pour le plomb est inférieure à la limite de détection des analyses de laboratoire. Toutefois, étant donné que tous les échantillons, y compris les échantillons de contrôle, démontrent des valeurs comparables pour les métaux lourds, les résultats ne sont pas considérés comme méritant une action de suivi.

05

Conclusions et recommandations

L'objectif principal de cet audit environnemental, d'après la requête du Gouvernement de la Côte d'Ivoire, était de mener un audit environnemental scientifique indépendant des sites qui avaient été affectés par le déversement de déchets toxiques issus du Probo Koala, afin de vérifier si ces sites continuaient de présenter des risques pour l'environnement ou la santé publique. Ce chapitre présente les principales conclusions et recommandations de l'ONU Environnement.

5.1 Conclusions

Les résultats des analyses de laboratoire qui ont été effectuées sur les 130 échantillons de sol, d'eau, d'air, de sédiments, de mollusques, et de fruits et de légumes prélevés sur les sites affectés, qui sont présentés aux chapitres 3 et 4 de ce rapport, permettent de tirer les conclusions suivantes au sujet des différents types de sites affectés par les déchets toxiques issus du Probo Koala:

Sites de déversement des déchets toxiques

- Aucun des sites où les déchets issus du Probo Koala ont effectivement été déversés ne présente une contamination supérieure aux seuils établis par le Gouvernement de la Côte d'Ivoire pour la dépollution. Par conséquent, aucun de ces sites ne nécessite une intervention complémentaire, même au regard des valeurs d'intervention néerlandaises, qui sont parmi les directives les plus fréquemment utilisées à travers le monde pour la gestion et la dépollution des sites contaminés.

Sites de déversement présentant d'autres pollutions spécifiques

- Des taux élevés de polluants ont été relevés dans les échantillons d'air et d'eau souterraine prélevés au site 4 à Koumassi, en comparaison aux sites de contrôle, ce qui reflète le manque de surveillance environnementale adéquate des nombreuses petites et moyennes industries de la zone industrielle environnante. Bien que les concentrations relevées ne dépassent pas les seuils requérant une intervention urgente, les résultats démontrent que Koumassi est en passe de devenir une «zone à risque» d'un point de vue environnemental, requérant l'attention du Gouvernement et des mesures de suivi.

- En comparaison aux sites de contrôle, la décharge municipale d'Akouédo présente, sans surprise, des taux élevés de nombreux analytes dont des taux légèrement élevés de cadmium dans certains légumes cultivés sur le site 12 (Akouédo 2).

Autres sites d'intérêt

- Les silos du port autonome d'Abidjan, dans lesquels du maïs potentiellement contaminé a été stocké, sont également exempts de polluants pouvant être liés aux déchets issus du Probo Koala.
- Les échantillons de sol prélevés au site 8 (Agboville), où le maïs potentiellement indirectement impacté par les déchets issus du Probo Koala a été composté, présentent des taux élevés de chrome. Ces taux, qui sont présents aussi bien dans ceux prélevés au sein même de la pile de maïs traité, que dans ceux prélevés plus loin, en aval du site, sont supérieurs à la fois aux normes utilisées par Envipur pour le suivi du processus de compostage, et aux valeurs d'intervention néerlandaises. En outre, des taux élevés de chrome ont aussi été relevés dans les échantillons d'eau prélevés dans les réservoirs en béton recueillant le lixiviat s'écoulant du casier de traitement.

5.2 Recommandations

Les recommandations suivantes peuvent être faites au Gouvernement de la Côte d'Ivoire sur la base des conclusions qui précèdent:

- **Dépollution du site de compostage de maïs à Agboville:** Les deux séries d'échantillons prélevés indiquant que ce site présente des taux élevés de chrome et que du chrome percole dans le système de collecte du lixiviat, ce site doit être maintenu en observation. L'accès au site doit rester interdit, et des panneaux doivent être installés afin d'avertir les personnes de ne pas pénétrer sur le site, et de ne pas y récolter de l'herbe ou des légumes. Le lixiviat s'écoulant de ce site doit être éliminé de manière appropriée, dans une infrastructure dédiée, après avoir fait l'objet d'analyses chimiques complètes. En outre, le Gouvernement devra revoir le marché et

examiner la situation avec Envipur. Il sera notamment nécessaire de prélever d'autres échantillons et de mener une évaluation des risques d'après un modèle "source-voie d'exposition-récepteur" avant de pouvoir déterminer quelles interventions seront requises sur ce site.

- **Diligence raisonnable requise pour le démantèlement de la décharge municipale d'Akouédo:** Le Gouvernement a informé l'ONU Environnement que la fermeture de la décharge municipale d'Akouédo était envisagée depuis longtemps. Une fois que la date de fermeture sera fixée, un audit environnemental préalable complet devra être réalisé, comprenant la mise en place de systèmes de collecte du lixiviat et de contrôle des gaz de décharge. Il est possible que des restrictions d'utilisation, y compris pour l'agriculture sur le site, doivent également être instaurées.
- **Évaluation environnementale de la zone de Koumassi:** Étant donné les taux de pollution relevés dans les échantillons d'air et d'eau souterraine prélevés au site 4, il est fortement recommandé que le Gouvernement: (i) s'assure que les ouvriers disposent d'un équipement de protection personnelle et d'une formation sur la santé au travail; (ii) établisse des directives relatives au contrôle des émissions et à la gestion des déchets pour les petites et moyennes industries; et (iii) entreprenne une évaluation environnementale complète de la zone de Koumassi, comprenant la qualité du sol, de l'eau et de l'air, qui servira de support à l'élaboration d'un plan d'action visant à atténuer les impacts sur la santé publique.

Plus généralement, et bien que l'audit environnemental ait conclu qu'aucun des sites où les déchets issus du Probo Koala ont effectivement été déversés ne présente de pollution dépassant les seuils établis par le Gouvernement ou les normes internationales admissibles, il est important de souligner les points suivants:

- Des dizaines de milliers de personnes ont été affectées par le déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala en 2006. Cette étude vise à déterminer si les sites de déversement continuent de poser un risque pour

l'environnement et pour la santé des populations riveraines ou avoisinantes, et ses conclusions en la matière sont rassurantes. Celles-ci, toutefois, n'excluent pas que la santé des communautés soit encore affectée par leur exposition initiale aux déchets en 2006. Bien qu'elle ne puisse pas être traitée par une enquête environnementale, la question de savoir si ceux qui ont été affectés au moment du déversement continuent de souffrir de troubles physiologiques ou psychosomatiques est d'autant plus cruciale qu'un suivi systématique des populations affectées n'a pas eu lieu au cours de cette dernière décennie. Il est donc fortement recommandé que le Gouvernement de la Côte d'Ivoire entreprenne l'examen d'une sélection représentative de cas d'origine et se penche sur la nécessité de mettre en place un programme de suivi de la santé de ces communautés.

- Bien qu'un certain nombre de mesures aient été prises par le Gouvernement pour améliorer la surveillance et la gestion des déchets liquides provenant de navires dans les ports, les contrôles d'accès à la décharge municipale d'Akouédo, qui était à l'origine le lieu ciblé pour le déversement de 2006, demeurent relativement faibles. Il est recommandé au Gouvernement de revoir ses procédures opérationnelles pour la gestion des déchets dangereux en détail et de s'assurer que les procédures de chaîne de surveillance adéquates soient bien mises en œuvre pour éviter que ce genre d'incident ne se reproduise.
- De plus, les systèmes de suivi environnemental qui ont été mis en place et les capacités qui ont été renforcées par l'ONU Environnement au sein du CIAPOL à la suite du déversement des déchets toxiques – comprenant la mise à disposition d'équipements de laboratoire de pointe – ont été perdus au cours des violences postélectorales de 2010-2011, qui ont dévasté l'institution. Par conséquent, le CIAPOL n'est plus en mesure d'exécuter pleinement son mandat. Un audit du CIAPOL a été réalisé en 2012 par le Centre PNUE-DHI pour l'Eau et l'Environnement.³¹ Le Gouvernement devrait s'appuyer sur les recommandations de cet audit pour restructurer le CIAPOL et lui fournir les moyens nécessaires pour lui permettre de mieux répondre aux défis environnementaux actuels.

Comme le démontre le cas de Koumassi, des «zones à risque environnemental» se développent à Abidjan en l'absence d'une surveillance efficace. Bien que ceux-ci n'aient pas encore d'impact critique sur l'environnement et la santé publique, les conséquences d'une telle pollution peuvent rapidement se faire sentir dans une métropole en pleine croissance comme Abidjan.

Annexes



Annexe 1. Notes et références

1. Gouvernement de la Côte d'Ivoire. Institut National de la Statistique (2014). Recensement général de la population et de l'habitat, 2014.
2. Jourda, Jean Patrice (1987). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région du grand Abidjan (Côte d'Ivoire). Université Scientifique et Médicale de Grenoble.
3. Gouvernement de la Côte d'Ivoire. Institut National de la Statistique (1998). Recensement général de la population et de l'habitat, 1998.
4. Gouvernement de la Côte d'Ivoire. Institut National de la Statistique (2014). Recensement général de la population et de l'habitat, 2014.
5. ONU Environnement (2015). Côte d'Ivoire : Évaluation environnementale post-conflit, p. 9
6. Voir par exemple : Assemblée Générale de l'ONU (2009). Rapport du Rapporteur spécial sur les conséquences néfastes des mouvements et déversements de produits et déchets toxiques et nocifs pour la jouissance des droits de l'homme (A/HRC/12/26/Add.2); ou : Amnesty International et Greenpeace (2012). Une Vérité Toxique.
7. Comme il est noté à la page 24, la citerne a été enlevée peu après le déversement et a été traitée en France par l'entreprise Trédi. Ce site ne figure donc pas sur la liste officielle des sites de déversement des déchets toxiques issus du Probo Koala.
8. Gouvernement de la Côte d'Ivoire. Institut National d'Hygiène Publique (2008). Synthèse des études cliniques et épidémiologiques réalisées sur l'intoxication aux déchets toxiques déversés à Abidjan en août 2006, p. 8.
9. Voir par exemple : Gouvernement de la Côte d'Ivoire. Cellule opérationnelle de coordination du Plan national de lutte contre les déchets toxiques. Note aux rédactions no. 005-/27-09/06-CICG (27 septembre 2006); ou Gouvernement de la Côte d'Ivoire. Cellule opérationnelle de coordination du Plan national de lutte contre les déchets toxiques. Note aux élus et maires du District d'Abidjan no. 002-/13-10/06-CICG (13 octobre 2006).
10. Rapport du Gouvernement de la Côte d'Ivoire à la 8ème Conférence des Parties à la Convention de Basel concernant le déversement de déchets toxiques à Abidjan, Côte d'Ivoire, section VI
11. Voir par exemple : http://www.lemonde.fr/afrique/article/2006/09/07/demission-du-gouvernement-ivoirien-apres-une-pollution-mortelle-de-dechets-toxiques_810339_3212.html
12. Rapport du Gouvernement de la Côte d'Ivoire à la 8ème Conférence des Parties à la Convention de Basel concernant le déversement de déchets toxiques à Abidjan, Côte d'Ivoire, section VI. Voir aussi: Voice of America. Protesters Block Streets in Ivory Coast over Toxic Waste Scandal (6 September 2006), <http://www.voanews.com/a/a-13-2006-09-06-voa48/328215.html> [en anglais]
13. Tel que cité par Amnesty International et Greenpeace, Une vérité toxique (2012), p. 207.
14. Tel que publié par Amnesty International et Greenpeace, Une vérité toxique (2012), p. 208.
15. Gouvernement de la Côte d'Ivoire, Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL) (2013). Projet de dépollution complémentaire des sites de déversement des déchets toxiques dans le district d'Abidjan : Rapport no. 1 de contrôle des travaux de Biogénie et suivi environnemental des sites impactés par les déchets toxiques, période de 2010 à 2013.
16. Gouvernement de la Côte d'Ivoire, Ministère de l'Environnement, des Eaux et des Forêts (2010). Marché Envipur : Enlèvement, transport et traitement du maïs avarié et nettoyage des silos de la société PKL.
17. Comme indiqué au chapitre 1, il y a eu 12 sites de déversement effectif. Cependant, l'un de ces sites (Abobo Plaque) a été recouvert d'une chape de ciment suite à la première dépollution de 2006, ce qui implique qu'aucun échantillon n'aurait pu être prélevé. L'ONU Environnement et le Gouvernement de la Côte d'Ivoire se sont mis d'accord pour ne pas inclure ce site de déversement dans le champ d'application de l'évaluation.
18. Certains lieux, tel que les infrastructures portuaires de Treichville, avaient une surface en bitume, tandis que d'autres, comme Koumassi, manquaient de couverture de sol et étaient couverts de déchets ménagers.
19. Les normes à atteindre pour les opérations de dépollution ont été établies par le gouvernement de la Côte d'Ivoire dans son contrat de 2009 avec Biogénie pour le traitement des sols et matériaux contaminés par les déchets issus Probo Koala. Voir : Gouvernement de la Côte d'Ivoire, Ministère de l'Environnement, des Eaux et des Forêts (2009). Contrat de prestation de services: Excavation, transport et traitement biologique de terres et matières polluées par les déchets du Probo Koala ; Annexe 3.
20. D'après la norme française NF U 44-095 relative aux composts contenant des matières d'intérêt organique issues du traitement des eaux.

21. Voir : Envipur SA (2017). Rapport d'activité 2010-2017 : Enlèvement, transport et traitement du maïs avarié et nettoyage des silos de la société PKL.
22. <https://rwsenvironment.eu/subjects/soil/legislation-and/soil-remediation/>
23. Gouvernement de la Côte d'Ivoire, Ministère de l'Environnement, de l'Eau et des Forêts (2009). Contrat de prestation de services: Excavation, transport et traitement biologique de terres et matières polluées par les déchets du Probo Koala ; Annexe 3.
24. Voir : Gouvernement de la Côte d'Ivoire, Ministère de l'Environnement, de l'Eau et des Forêts (2013). Avenant no. 1 au Contrat de prestation de services: Excavation, transport et traitement biologique de terres et matières polluées par les déchets du Probo Koala ; Article VIII
25. Voir : Gouvernement de la Côte d'Ivoire, Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL) (2015). Projet de dépollution complémentaire des sites de déversement des déchets toxiques dans le District d'Abidjan : Rapport no. 9 de contrôle des travaux de Biogénie et suivi environnemental des sites impactés par les déchets toxiques , période de novembre 2014 à janvier 2015, p. 6.
26. Voir : http://rwsenvironment.eu/publish/pages/97218/soil_remediation_circular_2013_july_2013.pdf [en anglais]
27. Le Site 20 – la lagune Ébrié – n'est pas inclus ici car il ne s'agit pas d'un site qui été dépollué. Les résultats obtenus à partir des échantillons d'eau, de mollusques et de sédiments prélevés dans la lagune sont traités au chapitre 4.
28. Les normes à atteindre pour les opérations de dépollution ont été établies par le gouvernement de la Côte d'Ivoire dans son contrat de 2009 avec Biogénie pour le traitement des sols et matériaux contaminés par les déchets issus Probo Koala. Voir : Gouvernement de la Côte d'Ivoire, Ministère de l'Environnement, des Eaux et des Forêts (2009). Contrat de prestation de services: Excavation, transport et traitement biologique de terres et matières polluées par les déchets du Probo Koala ; Annexe 3.
29. Voir : Envipur SA (2017). Rapport d'activité 2010-2017 : Enlèvement, transport et traitement du maïs avarié et nettoyage des silos de la société PKL.
30. Voir : Envipur SA (2017). Rapport d'activité 2010-2017 : Enlèvement, transport et traitement du maïs avarié et nettoyage des silos de la société PKL.
31. Centre PNUE-DHI pour l'Eau et l'Environnement (2012). Rapport de la Mission chargée de l'Audit Scientifique, Technique et Organisationnel du Centre Ivoirien Antipollution (CIAPOL).
32. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/cr.htm#ixzz4cMUXURGm> [en anglais]
33. Rowbotham, A.L., L.S. Levy, and L.K. Shuker (2000). Chromium in the Environment: An evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health: Part B* 3: 145-178 [en anglais]
34. Cefalu, W.T. and F.B. Hu (2004). Role of Chromium in Human Health and in Diabetes. *Diabetes Care*: 27.11: 2741-2751 [en anglais]
35. Rowbotham, A.L., L.S. Levy, and L.K. Shuker (2000). Chromium in the Environment: An evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health: Part B* 3: 145-178 [en anglais]
36. Pellerin, C. and S.M. Booker (2000). Reflections on hexavalent chromium: Health hazards of an industrial heavyweight. *Environmental Health Perspectives*: 108.9: A402 [en anglais]
37. Rowbotham, A.L., L.S. Levy, and L.K. Shuker (2000). Chromium in the Environment: An evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health: Part B* 3: 145-178 [en anglais]
38. Rowbotham, A.L., L.S. Levy, and L.K. Shuker (2000). Chromium in the Environment: An evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health: Part B* 3: 145-178 [en anglais]
39. Mishra, A.K. and B. Mohanty (2008). Acute toxicity impacts of hexavalent chromium behaviour and histopathology of gill, kidney and liver of the freshwater fish, *Channapunctatus*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26: 136-141 [en anglais]

Annexe 2. Liste complète des analytes

Dérivés minéraux	Sol et sédiments	Eau	Air	Matière végétales comestibles	Mollusques
Soufre, élémentaire	✓	✗	✗	✓	✗
Soufre, total	✓	✗	✗	✓	✓
Soufre, libre	✗	✓	✗	✗	✗
Soufre, dissous	✗	✓	✗	✗	✗
Métaux					
Arsenic (As)	✓	✓	✗	✓	✓
Cadmium (Cd)	✓	✓	✗	✓	✓
Chrome (Cr)	✓	✓	✗	✓	✓
Cobalt (Co)	✓	✓	✗	✓	✓
Cuivre (Cu)	✓	✓	✗	✓	✓
Plomb (Pb)	✓	✓	✗	✓	✓
Mercure (Hg)	✓	✓	✗	✓	✓
Nickel (Ni)	✓	✓	✗	✓	✓
Sélénium (Se)	✓	✓	✗	✓	✗
Zinc (Zn)	✓	✓	✗	✓	✓
Vanadium (V)	✓	✓	✗	✗	✓
Manganèse (Mn)	✓	✓	✗	✗	✓
Molybdène (Mo)	✓	✓	✗	✗	✓
Antimoine (Sb)	✓	✓	✗	✗	✓
Thallium (Tl)	✓	✓	✗	✗	✓
Thorium (Th)	✓	✓	✗	✗	✓
Uranium (U)	✓	✓	✗	✗	✓
Phénols					
Phénol	✓	✓	✗	✓	✗
Crésols	✓	✓	✗	✓	✗
Xylénols	✓	✓	✗	✓	✗
Phénols, monohydrique total détecté	✓	✓	✗	✓	✗

Groupe de travail sur les critères des hydrocarbures pétroliers totaux (TPH CWG)	Sol et sédiments	Eau	Air	Matière végétale comestibles	Mollusques
Substance organique de type essence (GRO) Substitut % recouvrement	✓	✓	✗	✓	✗
Substance organique de type essence (GRO) temps de transmission (TOT) (humidité corrigée)	✓	✗	✗	✓	✗
Substance organique de type essence (GRO) >C5-C12	✗	✓	✗	✗	✗
Méthyle tertio-butyle éther (MTBE)	✓	✓	✓	✓	✗
Benzène	✓	✓	✓	✓	✓
Toluène	✓	✓	✓	✓	✓
Éthylbenzène	✓	✓	✓	✓	✓
m,p-Xylène	✓	✓	✓	✓	✗
o-Xylène	✓	✓	✗	✓	✗
Somme de m,p,o-xylène détecté	✓	✓	✗	✓	✓
Somme de benzène, toluène, ethylbenzène et total d'isomères du xylène (BTEX)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aliphatiques (C4-C6)	✗	✗	✓	✗	✗
Composés aliphatiques (C5-C6)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aliphatiques (C6-C8)	✓	✓	✓	✓	✗
Composés aliphatiques (C8-C10)	✓	✓	✓	✓	✗
Composés aliphatiques (C10-C12)	✓	✓	✓	✓	✗
Composés aliphatiques (C12-C16)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aliphatiques (C16-C21)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aliphatiques (C21-C35)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aliphatiques (C35-C44)	✓	✗	✗	✓	✗
Composés aliphatiques totaux >C12-C35 (aq)	✗	✓	✗	✗	✗
Composés aliphatiques totaux >C12-C44	✓	✗	✗	✓	✗
Composés aromatiques (EC5-EC7)	✓	✓	✓	✓	✗

Groupe de travail sur les critères des hydrocarbures pétroliers totaux (TPH CWG)	Sol et sédiments	Eau	Air	Matière végétale comestibles	Mollusques
Composés aromatiques (EC7-EC8)	✓	✓	✓	✓	✗
Composés aromatiques (EC8-EC10)	✓	✓	✓	✓	✗
Composés aromatiques (EC10-EC12)	✓	✓	✓	✓	✗
Composés aromatiques (EC12-EC16)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aromatiques (EC16-EC21)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aromatiques (EC21-EC35)	✓	✓	✗	✓	✗
Composés aromatiques (EC35-EC44)	✓	✗	✗	✓	✗
Composés aromatiques (EC40-EC44)	✓	✗	✗	✓	✗
Composés aromatiques totaux >EC12-EC35 (aq)	✗	✓	✗	✗	✗
Composés aromatiques totaux >C5-35 (aq)	✗	✓	✗	✗	✗
Composés aromatiques totaux >EC12-EC44	✓	✗	✗	✓	✗
Composés aliphatiques et aromatiques totaux >C5-C44	✓	✗	✗	✓	✗
Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) (C4-C6)	✗	✗	✓	✗	✗
Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) (C6-C8)	✗	✗	✓	✗	✗
Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) (C8-C10)	✗	✗	✓	✗	✗
Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) (C10-C12)	✗	✗	✓	✗	✗
Hydrocarbures pétroliers totaux (TPH) (C4-C12)	✗	✗	✓	✗	✗
Hydrocarbures polyaromatiques (HPA)					
Naphtalène-d8 % recouvrement	✓	✗	✗	✓	✗
Acénaphthène-d10 % recouvrement	✓	✗	✗	✓	✗
Phénanthrène-d10 % recouvrement	✓	✗	✗	✓	✗
Chrysène-d12 % recouvrement	✓	✗	✗	✓	✗
Pérylène-d12 % recouvrement	✓	✗	✗	✓	✗
Naphtalène	✓	✓	✓	✓	✓
Anthracène	✓	✓	✗	✓	✓

Hydrocarbures polyaromatiques (HPA)	Sol et sédiments	Eau	Air	Matière végétale comestibles	Mollusques
Acénaphthylène	✓	✓	✗	✓	✓
Acénaphthène	✓	✓	✗	✓	✓
Benz(a)anthracène	✓	✓	✗	✓	✓
Benzo(b)fluoranthène	✓	✓	✗	✓	✓
Benzo(k)fluoranthène	✓	✓	✗	✓	✓
Benzo(a)pyrène	✓	✓	✗	✓	✓
Benzo(g,h,i)pérylène	✓	✓	✗	✓	✓
Chrysène	✓	✓	✗	✓	✓
Dibenz(a,h)anthracène	✓	✓	✗	✓	✓
Fluoranthène	✓	✓	✗	✓	✓
Fluorène	✓	✓	✗	✓	✓
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	✓	✓	✗	✓	✓
Phénanthrène	✓	✓	✗	✓	✓
Pyrène	✓	✓	✗	✓	✓
Hydrocarbures polyaromatiques(HPA), total détecté Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis (USEPA) 16	✓	✓	✗	✓	✓
Composés organiques volatiles (VOCs)					
Toluène-d8	✓	✓	✓	✓	✗
Méthyle tertio-butyle éther (MTBE)	✓	✓	✗	✓	✗
Benzène	✓	✓	✗	✓	✗
Toluène	✓	✓	✗	✓	✗
Éthylbenzène	✓	✓	✗	✓	✗
m,p-Xylène	✓	✓	✗	✓	✗
o-Xylène	✓	✓	✗	✓	✗
Somme de benzène, toluène, ethylbenzène et total d'isomères du xylène (BTEX)	✓	✓	✗	✓	✗
Sulfure de diméthyle	✗	✗	✓	✗	✗
Éthyle mercaptan	✗	✗	✓	✗	✗
Sulfure de méthyle éthyle	✗	✗	✓	✗	✗
Sulfure de carbonyle	✗	✗	✓	✗	✗
Tertio-butyle mercaptan	✗	✗	✓	✗	✗
Sulfure d'hydrogène	✗	✗	✓	✗	✗

Annexe 3. Impacts du chrome sur la santé humaine et environnementale

Le chrome (Cr) est un métal dur gris-argenté, brillant et cassant, extrait sous forme de chromite (FeCr_2O_4). Il est principalement utilisé pour les alliages comme l'acier inoxydable, les revêtements en chrome et le céramo-métal, auxquels il apporte sa résistance à la corrosion ainsi qu'une finition brillante. Le chrome est aussi utilisé dans les teintures et peintures, comme catalyseur pour la teinture et le tannage du cuir, ainsi que pour la fabrication de moules destinés à la cuisson des briques, entre autres usages.³²

Impact de l'exposition au chrome sur la santé humaine

Les populations sont généralement exposées au chrome à travers la nourriture, l'eau, le sol et l'air ; le contact avec certains produits de consommation contenant du chrome est aussi une source d'exposition, cependant mineure.³³

Les risques pour la santé humaine associés à l'exposition au chrome dépendent de son état d'oxydation. Les deux principaux stades d'oxydation du chrome sont le chrome trivalent – Cr(III) – qui est considéré comme un nutriment essentiel aux êtres humains, et le chrome hexavalent – Cr(VI) – qui est fortement toxique et reconnu comme étant un agent carcinogène.

L'ingestion de nourriture contenant du Cr(III) est la principale voie d'absorption chez les êtres humains, le Cr(III) étant naturellement présent dans de nombreux légumes, fruits, viandes, jaunes d'œufs, levures et céréales.³⁴ Certaines méthodes de préparation et de stockage des aliments peuvent également altérer leur teneur en chrome. Le Cr(III) étant un nutriment essentiel, sa carence peut provoquer des problèmes cardiaques, des troubles métaboliques et du diabète, bien que des taux excessifs de Cr(III) puissent également avoir des conséquences néfastes sur la santé, telles que des éruptions cutanées.

Le Cr (VI) est connu pour avoir de graves conséquences sur la santé. Ses effets varient en fonction de la dose absorbée, allant d'irritations sévères des yeux, du nez et de la peau, aux ulcères gastriques et aux hémorragies gastro-intestinales, problèmes respiratoires, affaiblissement du système

immunitaire, lésions du foie et des reins, altération du matériel génétique, diverses formes de cancer et pour finir à la mort.^{35, 36} Les personnes travaillant dans les industries métallurgiques et textiles sont généralement les plus touchées. Les fumeurs de tabac ont aussi un plus grand risque d'exposition au Cr(VI), ce qui pourrait contribuer au risque global de cancer du poumon associé au tabagisme.³⁷

Impact environnemental du chrome

Le chrome pénètre dans l'air, l'eau et le sol par des voies naturelles aussi bien qu'anthropogéniques, dont la combustion du charbon et le rejet de déchets industriels solides et liquides issus de la manufacture de l'acier, de produits chimiques, du cuir et d'autres usages industriels.

La présence de chrome dans l'air est principalement associée à la phase particulaire. Sous cette forme, le chrome se maintiendrait dans l'atmosphère pendant environ 14 jours, retombant ensuite sur le sol, les eaux de surface, les cultures et la végétation.³⁸ Le chrome s'attache fermement aux particules du sol et par conséquent ne se propage pas aux eaux souterraines. Dans l'eau, le chrome est généralement absorbé par les sédiments et devient ainsi immobile, seule une petite partie se dissolvant à travers le temps.

Les plantes n'absorbent normalement que le Cr(III), et les cultures possèdent un mécanisme qui gère l'absorption de chrome de façon à le maintenir à un niveau assez faible pour ne poser aucun risque. Toutefois, l'augmentation du taux de chrome dans le sol peut mener à des concentrations plus élevées dans les cultures. L'acidification du sol peut également influencer l'absorption du chrome par les cultures.

De fortes concentrations en chrome, liées au rejet de produits métalliques dans les eaux de surface, portent également atteinte aux poissons, avec des altérations dégénératives marquées des tissus branchiaux, rénaux et hépatiques.³⁹ Chez les animaux, le chrome peut provoquer des problèmes respiratoires, une plus faible capacité à lutter contre les maladies, des anomalies congénitales, l'infertilité et l'apparition de tumeurs.

Annexe 4. Liste des contributeurs

Coordination ONU Environnement

Silja Halle

Coordinatrice du projet

Muralee Thummarukudy

Conseiller scientifique

Équipe de terrain

Équipe internationale

Michael Cowing

Coordinateur technique

Mario Burger

Laboratoire de Spiez

Marc Stauffer

Laboratoire de Spiez

Jasmin Ossola

Laboratoire de Spiez

Geraint Williams

Laboratoire ALS

Équipe nationale

Sébastien Koffi Ouffoué

CIAPOL

Marcellin Pouymon Flan

CIAPOL

Hubert Gbare Gbika

CIAPOL

Sylvestre Bai

CIAPOL

ONU Environnement (Côte d'Ivoire)

Angèle Luh

Chef, Bureau Sous-Régional pour l'Afrique de l'Ouest

Abou Bamba

Coordinateur Régional, Secrétariat de la Convention d'Abidjan

Binta Touré

Programme Assistant, Secrétariat de la Convention d'Abidjan

Marie-Yolande Koffi

Programme Assistant, Bureau Sous-Régional pour l'Afrique de l'Ouest

Ariel Médrid

ICT Analyst, Secrétariat de la Convention d'Abidjan

Vanessa Ahouadjir

Programme Assistant, Secrétariat de la Convention d'Abidjan

Serge Logossou

Financial Management Officer, Secrétariat de la Convention d'Abidjan

Gouvernement de la Côte d'Ivoire

L'ONU Environnement exprime sa plus sincère reconnaissance au Ministère de la Salubrité, de l'Environnement et du Développement Durable (MINSEDD) de la Côte d'Ivoire, et ses remerciements particuliers pour leur soutien tout au long du projet à :

Georges Kouamé Kouadio

Ancien Directeur-Général de l'Environnement

Nasséré Kaba

Directeur de Cabinet Adjoint

Dibi Niagne Martin

Directeur-Général, CIAPOL

Experts et pairs

Joe Attwood

Guéladio Cissé

Joppe Cramwinkel

Olof Linden

B.R. Ravishankar

Fred Stroud

Donna Vorhees

Autres contributeurs

Yves Barthélemy

Hannoa Guillaume

Laura Huxley

Jenna Keller

Antonia Mendes



ONU 
environnement

Programme des Nations Unies
pour l'environnement

P.O. Box 30552, Nairobi, KENYA

Tel : +254 (0)20 762 1234

Fax : +254 (0)20 762 3927

E-mail : unepub@unep.org

Web : <http://web.unep.org/fr>