

REPUBLIQUE
TOGOLAISE



ORGANISATION DES NATIONS
UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT
INDUSTRIEL



Rapport final

Projet GP /RAF/04/004



RÉDUCTION DES REJETS DES MINES DE PHOSPHATES DU TOGO DANS LE GCLME

Projet de démonstration du TOGO



NORTH-SOUTH ENVIRONMENT (NSE)

NORD-SUD ENVIRONNEMENT (NSE)

août 2007

RAPPORT FINAL

REDUCTION DES REJETS DES MINES DE PHOSPHATES DU TOGO DANS LE GCLME

DRAFT

© 2007, Publié par NORTH-SOUTH ENVIRONMENT
BP : 10167 Aviation Lomé TOGO, Tél : +228 251 28 37,
Email : northsouthenvironment@ub.tg

Table des matières

RAPPORT FINAL	I
REDUCTION DES REJETS DES MINES DE PHOSPHATES DU TOGO DANS LE GCLME	I
TABLE DES MATIERES	II
TABLE DES ILLUSTRATIONS	1
LISTE DES TABLEAUX	3
INTRODUCTION	6
CIRCONSTANCES NATIONALES	9
1. CIRCONSTANCES NATIONALES	10
1.1. ZONE D'ETUDE	11
<i>1.1.1. Cadre physique</i>	12
1.1.1.1. Géologie et géomorphologie	12
1.1.1.2. Sols	13
1.1.1.3. Océanographie côtière	14
1.1.1.4. Hydrographie	15
1.1.1.5. Climat	16
1.1.1.6. Flore et végétation	17
<i>1.1.2. Cadre humain</i>	20
1.1.2.1. Cadre géographique et administratif	20
1.1.2.2. Population	21
1.1.2.3. Ethnies, langues, religions et cultures	22
<i>1.1.3. Cadre économique</i>	22
1.1.3.1. Activités du secteur primaire	22
1.1.3.2. Activités du secteur secondaire	26
1.1.3.3. Les activités du secteur tertiaire	27
<i>1.1.4. Cadre réglementaire</i>	28
1.1.4.1. Cadre réglementaire de gestion de l'environnement au Togo	28
TACHE 1	33
DETERMINATION DE LA NATURE ET DES VOLUMES DE DECHETS ASSOCIES A L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES	33
2. DETERMINATION DE LA NATURE ET DES VOLUMES DES DECHETS ASSOCIES AUX MINES DE PHOSPHATES	34
2.1. EXPLOITATION DU GISEMENT	35
<i>2.1.1. Extraction du minerai brut</i>	35
<i>2.1.2. Traitement du minerai brut</i>	35
2.1.2.1. Traitement humide	35
2.1.2.2. Traitement à sec	35
2.1.2.3. Aperçu sur le traitement du phosphate à Kpémé	36
2.2. LES DECHETS DES REFUS AUX CRIBLES	37
2.3. LES BOUES PHOSPHATEES DE LAVAGE (SURVERSEES PRIMAIRES)	37

2.4. LES REJETS PAR LES CHEMINEES (POUSSIERES DE PHOSPHATES) ET ENVOLEMENTS PAR LES CONVOYEURS DE STOCKAGE ET CHARGEMENT	38
2.5. LES PRODUITS MAGNETIQUES (REJETS MAGNETIQUES).....	39
2.6. REPARTITION DES DIFFERENTS REJETS DU SITE INDUSTRIEL DE KPEME.....	40
3. ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE DES BOUES ET DECHETS LIQUIDES LIES A L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES DANS LE PERIMETRE AFFECTE. DELIMITATION DE LA ZONE AFFECTEE	41
3.1. COMPOSITION CHIMIQUE DES PHOSPHATES DU TOGO.....	41
3.1.1. <i>Les apatites</i>	41
3.1.2. <i>Composition chimique des phosphates du Togo</i>	42
3.2. LES BOUES DU TRAITEMENT	43
3.5. DELIMITATION DE LA ZONE AFFECTEE.....	45
4. ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE DES POUSSIERES ET DECHETS GAZEUX LIES A L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES DANS LE PERIMETRE AFFECTE. DELIMITATION DE LA ZONE AFFECTEE	47
4.1 LES POUSSIERES	47
4.1.1. <i>Sources de poussière</i>	49
4.1.2. <i>Voies et contaminants</i>	50
4.2. DELIMITATION DE LA ZONE AFFECTEE.....	50
TACHE 2.....	51
ETUDE BIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE LA FLORE ET DE LA FAUNE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN COTIER AFFECTE PAR L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES	51
5. ETUDE BIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE LA FLORE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN ET COTIER AFFECTE PAR L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES. DELIMITATION DE LA ZONE AFFECTEE	52
5.1. INVENTAIRE COMPLET DES PARAMETRES ECOLOGIQUES ET BIOLOGIQUES	52
5.1.1. <i>Modèle du paysage et structure du sol</i>	52
5.1.2. <i>Déchets liquides</i>	53
5.1.3. <i>Déchets solides</i>	54
5.1.4. <i>Nuisances acoustiques</i>	55
5.2. SOMMAIRE ET ANALYSE DES PARAMETRES	56
5.2. 1. <i>Couverture végétation et qualité du sol</i>	56
5.2.1.1. <i>Données du problème</i>	56
5.3. DELIMITATION DE LA ZONE.....	62
6. ETUDE BIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE LA FAUNE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN ET COTIER AFFECTE PAR L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES. DELIMITATION DE LA ZONE AFFECTEE	63
6.1. EVOLUTION DE LA FAUNE : RICHESSE SPECIFIQUE ANIMALE	63
6.2. DELIMITATION DE LA ZONE AFFECTEE.....	64
TACHE 3.....	65
EVALUATION DES IMPACTS SOCIOENVIRONNEMENTAUX DE L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES SUR LES RESSOURCES BIOLOGIQUES ET LES ECOSYSTEMES MARINS ET COTIERS DANS LA ZONE AFFECTEE	65

7. EVALUATION DES IMPACTS SOCIO-ENVIRONNEMENTAUX DES EFFLUENTS DE PHOSPHATES SUR LES RESSOURCES BIOLOGIQUES ET LES ECOSYSTEMES MARINS ET COTIERS DANS LA ZONE.....	66
7.1. INTRODUCTION.....	66
7.2. DESCRIPTION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE.....	67
7.2.1. Localisation et présentation de la zone d'étude.....	67
7.2.2. Activités économiques dans la zone.....	69
7.2.3. Régime foncier.....	70
7.2.4. Les paramètres socio environnementaux et leurs impacts sur la zone.....	71
7.2.4.1. La pollution des eaux.....	71
7.2.4.2. Pollution optique des eaux de mer.....	72
7.2.4.3. Modification des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer.....	72
7.2.4.4. Evaluation de la teneur des eaux en certains composants chimiques.....	74
7.3. PARAMETRES SOCIO ENVIRONNEMENTAUX SECONDAIRES ET IMPACTS.....	75
7.3.1. La dégradation des terres.....	75
7.3.2. Le rejet de la fumée.....	76
7.3.3. Le bruit.....	76
7.4. LES CONSEQUENCES SUR LA SANTE HUMAINE.....	78
7.4.1. Impact de la pollution chimique sur la santé humaine.....	78
7.4.1.1. Les effets du fluor.....	78
7.4.1.2. Les effets du cadmium.....	78
7.4.2. Pollution par les poussières.....	79
7.4.3. Pollution par les gaz.....	82
7.4.3.1. Les gaz.....	82
7.4.3.2. Impact de la pollution des gaz : Effet de serre.....	83
7.5. LES IMPACTS SUR LES ECOSYSTEMES.....	83
7.6. DECHETS LIQUIDES.....	86
7.6.1. Matières organiques.....	86
7.6.2. Modification des pêcheries.....	87
7.6.3. Eutrophisation.....	88
7.6.4. Contamination des sédiments côtiers marins (rejets de métaux lourds).....	88
7.6.5. Bioaccumulation des métaux lourds dans la chaîne trophique.....	89
7.6.6. Impacts généraux.....	90
7.6.6.1. Impact sur la faune.....	91
7.7. PRINCIPAUX RESULTATS.....	92
7.7.1. Impact de la pollution chimique sur la faune marine.....	94
7.7.1.1. Bioaccumulation du fluor par les poissons.....	94
7.7.1.2. Bioaccumulation du cadmium par les poissons.....	94
7.8. SYNTHESE ET PROPOSITION DE SOLUTIONS.....	97
7.9. CONCLUSION.....	98
TACHE 4.....	101
RECOMMANDATION DE MESURES BASEES SUR UNE TECHNOLOGIE SIMPLE ET A BAS COUT POUR LE CONTROLE DE LA POLLUTION ASSOCIEE A L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES AU TOGO.....	101
8. ANALYSES ET INTERPRETATION DES DOCUMENTS REMIS PAR IFG-TOGO.....	102
8.1. LE FLOW SHEET OU SCHEMA DE TRAITEMENT DE L'USINE DE KPHEME.....	102
8.2. ESSAIS DE SEDIMENTATION DES BOUES DE LAVAGE EN LABORATOIRE.....	103
8.3. ANALYSES COMPLETES DES BOUES ET BOUES TRAITEES (PRODUIT HIBOGAN).....	106
8.4. TESTS D'ATTAQUE PHOSPHORIQUE DU PRODUIT « HIBOGAN ».....	107
8.5. ANALYSES GRANULOMETRIQUES ET GRANULOCHEMIQUES.....	114
8.6. CONCLUSION.....	121

9. OPTIONS TECHNOLOGIQUES SIMPLES ET A BAS COUT POUR L'ELIMINATION DES REJETS DE L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES DANS LE GCLME.....	122
9.1. OPTION 1 : DEPLACEMENT DE LA CHAINE DE LAVAGE DE L'USINE A LA MINE.....	122
9.1.1. <i>Avantages</i>	123
9.1.2. <i>Inconvénients</i>	123
9.2. OPTION 2 : CONSTRUCTION DE BASSINS DE DECANTATION SUR LE SITE DE KPEME.....	125
9.2.1. <i>Avantages</i>	127
9.2.2. <i>Inconvénients</i>	127
9.3. CONCLUSION.....	130
CONCLUSION.....	131
BIBLIOGRAPHIE.....	134

DRAFT

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du Togo	11
Figure 2 : Carte géologique du sud Togo	13
Figure 3 : Carte des sols du sud Togo.....	14
Figure 4 : Nature des fonds marins du littoral togolais	14
Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du sud du Togo	16
Figure 6 : Courbes ombrothermiques	17
Figure 7 : Carte du Togo montrant les zones d'exploitation et de traitement du minerai brut	29
Source : Division Géographique du Ministère des Affaires Étrangères	30
Figure 8 : Carte du Togo avec les cinq régions économiques.	30
Figure 9 : Photo de déversement des boues de traitement des phosphates dans la mer à Goumou-Kopé (photo prise le 08/11/06).....	44
Figure 10 : Cheminée de l'usine de Kpémé dispersant des poussières de phosphates dans les villages environnants (Photo prise le 08/11/06)	48
Figure 11 : Aspect de la végétation couverte de poussières de phosphate dans la zone affectée (Photo prise le 08/11/06).....	49
Figure 12: Etat de la végétation en 1952	57
Figure 13 : Etat de la végétation en 2000	58
Figure 14 : Zone affectée	62
Figure 15 : Zone d'étude et localités affectées.....	68
Figure 16: Rejet de la boue dans la mer.....	73
Figure 17 : la marée jaune occasionnée par la boue.....	73
Figure 18 : Couleur de l'eau de mer : (a) à Agbédrafo à 5 km du lieu de traitement ; (b) à Kpémé (lieu du traitement. (Photos prises le 8 novembre 2006).....	73
Figure 19: dégradation des terres	75

Figure 20: lac artificiel jaune due à l'extraction du phosphate.....	76
Figure 22 : Photos de dents de fluorose à divers stades de la maladie chez des enfants à l'école primaire publique de Séwatsricopé (Photos prises en octobre 2005)	79
Figure 23: rejet de poussière.....	81
Figure 24: nouveau site d'exploitation du phosphate	98
Figure 25 : ancien site d'exploitation du phosphate.....	99
Figure 26 : dégradation des terres cultivables	99
Figure 27: boue de phosphate sur la voie longeant la plage	99
Figure 28: la marée jaune	99
Figure 29: les hameaux de Assoukondji affectées	100
Figure 30 : Schéma de traitement de l'usine de Kpémé	105
Figure 31 : Test phosphorique du minerai marchand.....	113
Figure 32 : Test de sédimentation des boues de lavage 1.....	116
Figure 33:Test de sédimentation des boues de lavage 2.....	116
Figure 34 : Test de sédimentation des boues de lavage 3.....	117
Figure 35 : Test de sédimentation des boues de lavage 4.....	119
Figure 36: Test de sédimentation des boues de lavage 5.....	119
Figure 37 : Test de sédimentation des boues de lavage 6.....	121
Figure 38: Schéma complet correspondant à l'option 1.....	124
Figure 39: Exemples de Bassins de décantation et de rétention sur le site de Taïba (Sénégal).....	126
Figure 40 : Collecte et recyclage des eaux ; valorisation des boues ; développement de pisciculture	129

Liste des tableaux

Tableau 1 : Macroalgues du littoral togolais.....	20
Tableau 2 : Caractéristiques administratives et démographiques de la région maritime	21
Tableau 3 : Structure d'âge de la population du littoral.....	22
Tableau 4 : Evolution de la production du phosphate marchand (en tonnes) entre 1960 et 1970 et entre 1990 et 2000	36
Tableau 5 : Les rejets	40
Tableau 6 : Quantité approximative du cadmium dans les roches phosphatées commercialisées	42
Tableau 7 : Composition chimique du minerai brut et du phosphate marchand du Togo	44
Tableau 8 : Teneurs de quelques éléments chimiques dans les boues (en mg par litre de boue.....	45
Tableau 9 : La composition chimique de ces poussières.....	48
Tableau 10 : Superficies des forêts galeries, des fourrés et des savanes en 1952.....	56
Tableau 11 : Superficies des forêts galeries, des fourrés et des savanes en 1979.....	57
Tableau 12 : Résultats de l'analyse des sols	60
Tableau 13 : Caractère des sols avant l'extraction des phosphates	60
Tableau 14 : Les sols des remblais.....	61
Tableau 15 : Inventaire de la faune mammalienne terrestre de la zone d'exploitation des phosphates.....	64
Tableau 16 : Les localités concernées par l'exploitation du phosphate et leurs coordonnées GPS.....	67
Tableau 17 : Comparaison de quelques paramètres de l'eau entrant (eau de mer à 400 m) et de l'eau de mer sur la côte au lieu du rejet à Goumoukopé.	74

Tableau 18 : Concentrations du Calcium (Ca), du Fer (Fe) de l'Aluminium (Al) du Cadmium (Cd) dans les eaux de mer à Kpémé, Aného et Lomé (en ppm).....	75
Tableau 19 : Quantité de CO ₂ émis (en Gg) au Togo dans les années 90 avec la mise en évidence de la contribution du secteur industriel.....	82
Tableau 20: Dégradation du couvert végétal du secteur Hahotoé - Kpogamé.....	84
Tableau 21 : Données sur les mises à terre de la pêche maritime au Togo (en tonnes).....	88
Tableau 22 : Principales sources de contamination de métaux lourds dans les aliments	90
Tableau 23 : Résumé des conditions expérimentales pour la spectrométrie par absorption atomique	92
Tableau 24 : Contamination par le cadmium (Cd) et le plomb (Pb) dans les eaux marines togolaises (site de Goumou Kopé)	93
Tableau 25 : Contamination par le phosphore, le calcium, le fer et l'aluminium dans les eaux marines de Lomé, Kpémé et Aného (exprimées en µg/l par rapport au poids sec).....	93
Tableau 26 : Concentrations mesurées du fluor dans quelques espèces de poissons pêchés sur différents sites de la zone affectée	95
Tableau 27 : Teneurs en cadmium, plomb et mercure dans quelques espèces de poissons et de crustacés cultivées	95
Tableau 28 : Concentrations mesurées du cadmium dans quelques espèces de poissons pêchés sur différents sites de la zone affectée.	96
Tableau 29 : Synthèse et proposition de solutions.....	97
Tableau 30 : Analyses chimiques complètes des fines (boues) brutes (non-lavées) des fines lavées à l'eau douce du produit HIBOGAN des boues de lavage (tranche 180-25 µm.	106
Tableau 31 : Analyses granulochimiques des boues de lavage (Schlamm) rejetées en mer	107
Tableau 32 : Tests d'attaque phosphoriques du produit HIBOGAN (fines enrichies à l'usine HIBOGAN).....	108
Tableau 33 : Tests d'attaque phosphoriques du produit HIBOGAN (fines enrichies à l'usine HIBOGAN) Suite	109

Tableau 34 : Tests d'attaque phosphoriques du minerai marchand du navire M/V Poros du 11-02-2000 pour Richards Bay (Afrique du Sud)	110
Tableau 35 : Tests d'attaque phosphoriques du minerai marchand du navire M/V Poros du 11-02-2000 pour Richards Bay (Afrique du Sud) Suite.	111
Tableau 36 : Test phosphorique d'un phosphate	112
Tableau 37 : Analyses granulo-chimiques du minerai marchand de 1996 à 2001	114
Tableau 38 : Tests de sédimentation des boues de lavage (surverses primaires)	115
Tableau 39 : Tests de sédimentation des boues de lavage (surverses primaires)	118
Tableau 40 : Tests de sédimentation des boues de lavage (surverses primaires)	120

DRAFT

INTRODUCTION

DRAFT



NORTH-SOUTH ENVIRONMENT (NSE) ***NORD-SUD ENVIRONNEMENT***



Introduction

Le Projet Grand Ecosystème Marin du Courant de Guinée (GEM-CG) a un intérêt fondamental sur les problèmes et questions prioritaires identifiés qui ont abouti à des gestions non durables des produits de pêche et d'autres ressources marines, aussi bien que la dégradation des écosystèmes marins et côtiers par les activités humaines. Les buts de développement à long terme du Projet sont :

- 1) rétablir et soutenir les pêcheries épuisées,
- 2) restaurer les habitats dégradés,
- 3) réduire les pollutions liées aux activités terrestres et maritimes, par l'établissement d'un cadre de gestion régional pour une exploitation durable des ressources vivantes et non vivantes du Grand Ecosystème Marin du Courant de Guinée.

Les phosphates constituent la première ressource du Togo. Depuis des décennies son exploitation a généré des phénomènes de pollution tant pour les écosystèmes terrestres, aquatiques que marins. En effet, les émissions de poussières, et déchets gazeux dans l'atmosphère ont été souvent observées dans l'environnement des mines et les rejets des boues et déchets liquides dans la mer ont été l'objet de préoccupation des autorités.

Les mines de phosphates au Togo sont de très grandes sources de nutriments pour les eaux internationales du golfe de Guinée et au-delà.

Les évaluations préliminaires ont révélé un manque quasi total d'infrastructures de traitement ou de programmes pour le contrôle de la pollution. Les écoulements des mines se déversent librement dans la mer et accèdent ainsi au système lagunaire du Togo et aux milieux dulçaquicoles du littoral.

La présente étude sur l'environnement marin et côtier affecté par l'exploitation des mines de phosphates tire son origine des termes de référence du projet GP/RAF/04/004 "Réduction des rejets des mines de phosphates du Togo dans le GCLME".

L'objectif général de ce projet est de contrôler la pollution marine et côtière occasionnée par les activités d'exploitation des mines de phosphates qui rejettent des effluents non traités dans les eaux côtières du Togo. Il s'agit surtout de conserver la diversité biologique et d'améliorer la qualité des eaux dans le GCLME.

Le présent rapport provisoire rassemble les informations sur l'exploitation des mines de phosphates, les analyse, présente une interprétation des données et finalement propose des options technologiques pour réduire et ou éliminer les rejets de boues et déchets liquides en mer. Il se présente de la façon suivante :

- **Tâche 1** : « Détermination de la nature et des volumes de déchets associés à l'exploitation des mines de phosphates » comporte les chapitres 2, 3 et 4 respectivement sur la nature et les volumes des déchets, les paramètres physicochimiques des boues et déchets liquides, les paramètres physicochimiques des poussières et déchets gazeux liés à l'exploitation des mines de phosphates.
- **Tâche 2** : « Etude biologique et écologique de la flore et de la faune de l'environnement marin côtier affecté par l'exploitation des mines de phosphates » est traitée dans les chapitres 5 et 6 qui portent respectivement sur l'étude biologique et écologique de la flore et l'étude biologique et écologique de la faune.
- **Tâche 3** : « Evaluation des impacts socioenvironnementaux des effluents de phosphates sur les ressources biologiques et les écosystèmes marin et côtier dans la zone affectée » est présentée dans les chapitres 7 et 8.
- **Tâche 4** : « Recommandation de mesures basées sur une technologie simple et à bas coût pour le contrôle de la pollution associée à l'exploitation des mines de phosphates au Togo » est traitée dans les chapitres 9 et 10 qui portent respectivement sur l'analyse scientifique et l'interprétation des documents techniques remis par IFG-TG suivie de recommandation de mesures basées sur une technologie simple à bas coût.

Enfin, la conclusion lève le voile sur la technologie simple à bas coût proposée pour la réduction de la pollution et l'élimination complète des rejets des effluents liquides et solides dans le GCLME associés à l'exploitation des mines de phosphates au Togo.

CIRCONSTANCES NATIONALES

DRAFT



1. Circonstances nationales

Le Togo est situé au centre du géosystème marin et côtier animé par le courant de Guinée, avec une étroite ouverture de 50 km de long entre les frontières du Ghana à l'ouest et du Bénin à l'est (Figure 1). Son espace maritime s'étire jusqu'à la limite des 200 miles ; la partie littorale (terrestre), sous influence des masses d'air maritimes et de la marée, s'apparente à la Région Maritime.

Le milieu naturel avec ses différentes composantes biophysiques, subit une forte pression anthropique résultant surtout de l'urbanisation accélérée de la capitale et de ses environs, des activités industrielles, des infrastructures portuaires etc. La région maritime concentre plus de 90% des unités industrielles du pays. Les gisements de phosphate et de calcaire sont les plus importants gisements de la zone. Ces gisements se trouvent dans une stratigraphie du bassin sédimentaire côtier. L'exploitation de ces gisements respectivement par l'Office Togolais des Phosphates (OTP), devenu l'International Fertilizer Group-Togo (IFG-TG) et la West African Cement (WACEM) constitue l'essentiel des activités minières de la zone côtière qui sont à l'origine des bouleversements écologiques du littoral togolais avec l'apparition de grands problèmes environnementaux. Il s'agit essentiellement de la pollution de l'air, des sols, du réseau hydrographique et de l'océan Atlantique d'une part et de la destruction des écosystèmes terrestres d'autre part.

Le gisement de phosphates qui a la forme d'une bande presque rectiligne s'étire depuis Avéta au sud-ouest à 10 km de la côte jusqu'au-delà de Dagbati au nord-est sur une longueur de 36 km et une largeur maximale de 2,5 km. L'épaisseur de la couche exploitée varie entre 2 et 6 mètres recouverte par un sol argilo-sableux. La plus importante couche s'étend de Kpogamé à Hahotoé sur environ 6 km et correspond aux vallées de Haho et de ses affluents. L'exploitation se fait à ciel ouvert dans les secteurs de Hahotoé, Dagbati et Momé au nord (Phospharénite à 36 % de P_2O_5) et de Kpogamé, Kpomé et Animabi au centre (phosphates carbonatés) (MERF/ONUDI, 1999). La production de phosphate environ de 2,5 millions de tonnes en 2002 est la principale ressource minérale du Togo et participe pour environ à 40% des recettes d'exportation du pays. Par ailleurs, le Togo a produit environ 771.000 tonnes de déchets industrielles en 1995.

Les évaluations préliminaires ont révélé un manque quasi total d'infrastructures de traitement ou de programmes pour le contrôle de la pollution. Les écoulements des mines se déversent librement dans la mer et accèdent ainsi au système lagunaire du Togo et aux milieux dulçaquicoles du littoral.

La présente étude sur la faune et la flore de l'environnement marin et côtier affecté par l'exploitation des mines de phosphates tire son origine des termes de référence du projet GP /RAF/04/004 "Réduction des rejets des mines de phosphates du Togo dans le GCLME".

L'objectif général de ce projet est de contrôler la pollution marine et côtière occasionnée par les activités d'exploitation des mines de phosphates qui rejettent des effluents non traités dans les eaux côtières du Togo. Il s'agit surtout de conserver la diversité biologique et d'améliorer la qualité des eaux dans le GCLME.

L'approche méthodologique utilisée pour la collecte des informations repose sur la revue bibliographique centrée sur les rapports d'expertises, de mémoires et de thèses rédigés sur le littoral en matière de pollution de l'environnement et de gestion des ressources naturelles ainsi que sur nos propres observations du milieu et des enquêtes chez les populations riveraines des sites d'extraction et de traitement. Les paramètres biologiques et écologiques relevés ont également été analysés dans ce rapport.

1.1. Zone d'étude

Le littoral togolais s'étire sur une largeur d'ouest en est entre 50 et 140 km. Cette région concentre sur 11,2% (6395 km²) de la superficie totale près de 45% de la population du pays. Elle est comprise entre les latitudes 6° 01 et 6° 05 Nord et les longitudes 0° 70 et 1° 40 Est et fait partie de l'ensemble des régions les moins arrosées du Golfe de Guinée.

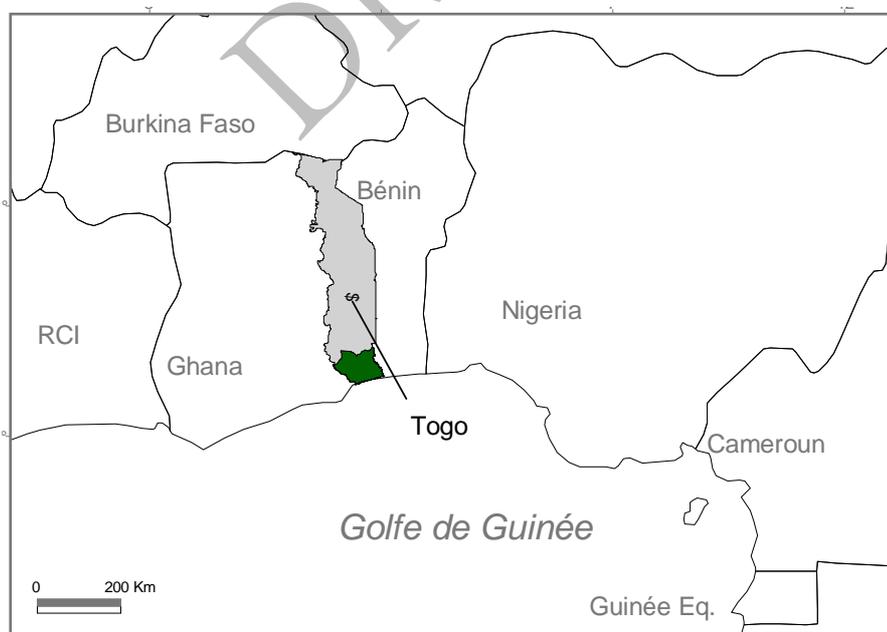


Figure 1 : Localisation du Togo

1.1.1. Cadre physique

1.1.1.1. Géologie et géomorphologie

Sur le plan géologique, le littoral togolais comprend une série de trois ensembles lithostratigraphiques qui reposent sur le socle cristallin. Il s'agit de :

- dépôts détritiques d'âge Maestrichtien constitués essentiellement par les sédiments sableux et argileux ; mais aussi des niveaux calcaires, des argilites feuilletées et attapulгите.
- complexe phosphatier de Hahotoé–Kpogamé d'âge Eocène inférieur qui est une alternance de calcaires, de phosphates, d'argile et de marnes.
- continental terminal : où se retrouvent deux unités discordantes d'âges différents une du Miocène inférieur et une du Mio–pliocène et qui affleure dans la région côtière sous forme de plateaux « terre de barre », se compose d'un complexe d'argiles kaoliniques, de grès, de sables argilo–silteux.

Sur le plan géomorphologique, on distingue :

- un plateau de terre de barre à altitude variable soumis à un processus d'érosion différentielle et mécanique. Il domine le cordon littoral et la pénéplaine granito - gneissique par des talus (15 à 30 m) et se présente comme un vaste plan incliné élaboré dans les formations sablo-argileuses (100 – 180 m à 10 – 20 m). Il s'y dessine de petites vallées sèches à fonds plats et des dépressions dont la plus importante est celle de la Lama.
- une pénéplaine qui correspond au socle précambrien formé essentiellement de roches métamorphiques (micaschistes, gneiss, quartzites et migmatites) constitue les formations du Dahomeyen.
- une zone littorale et lagunaire : d'altitude moyenne de 5 m est constituée par les formations littorales fluvio-lagunaires et marines.

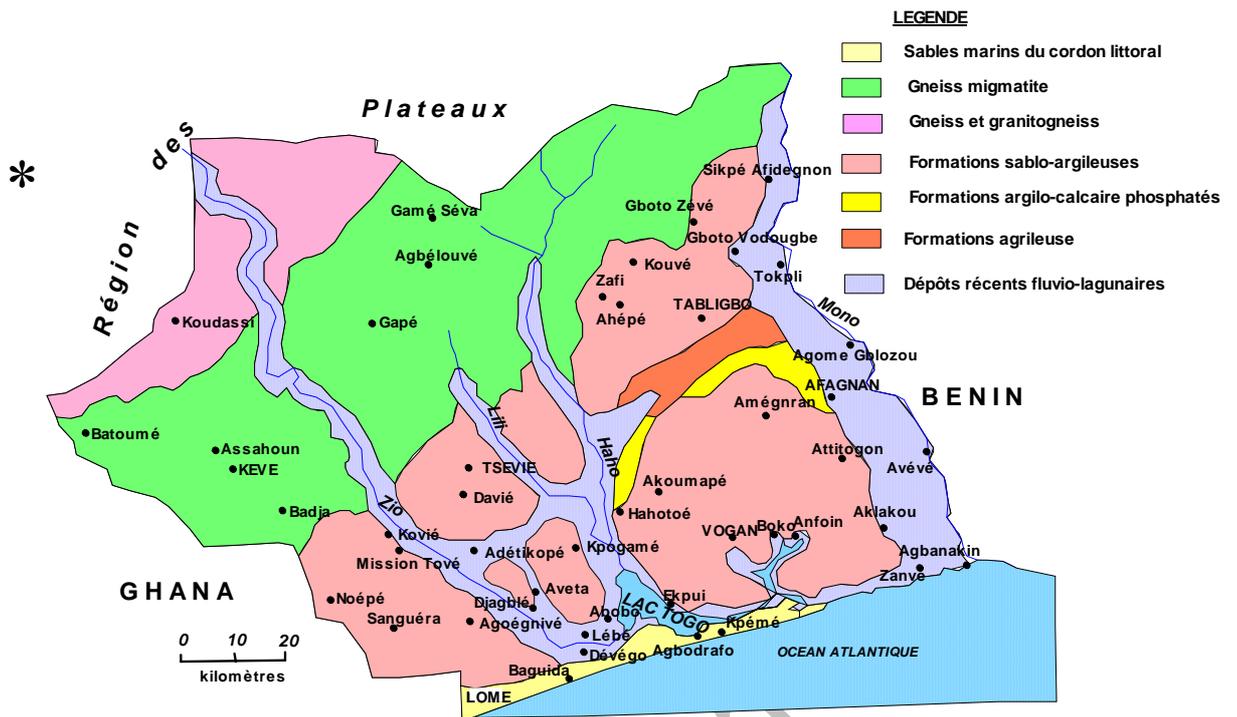


Figure 2 : Carte géologique du sud Togo

1.1.1.2. Sols

Les sols rencontrés le long du littoral présentent une grande diversité et peuvent être répartis en cinq classes (Lamouroux, 1969) :

- les sols peu évolués sur alluvions sableux de la côte ou sur alluvions ou colluvions récents de bas de pente ou de talwegs. Ils sont souvent hydromorphes en profondeur ;
- les sols halomorphes localisés en bordure du Lac Togo, des lagunes et du fleuve Mono ;
- les sols hydromorphes qui se retrouvent à l'embouchure du Haho, du Zio et de Mono ;
- les sols à sesquioxydes qui comprennent plusieurs variantes des sols ferrugineux tropicaux et des sols ferrallitiques ;
- les vertisols et paravertisols topomorphes ou lithotopomorphes qui représentent environ trois quarts des sols de la dépression de la Lama et quelques sols des bas de pente.

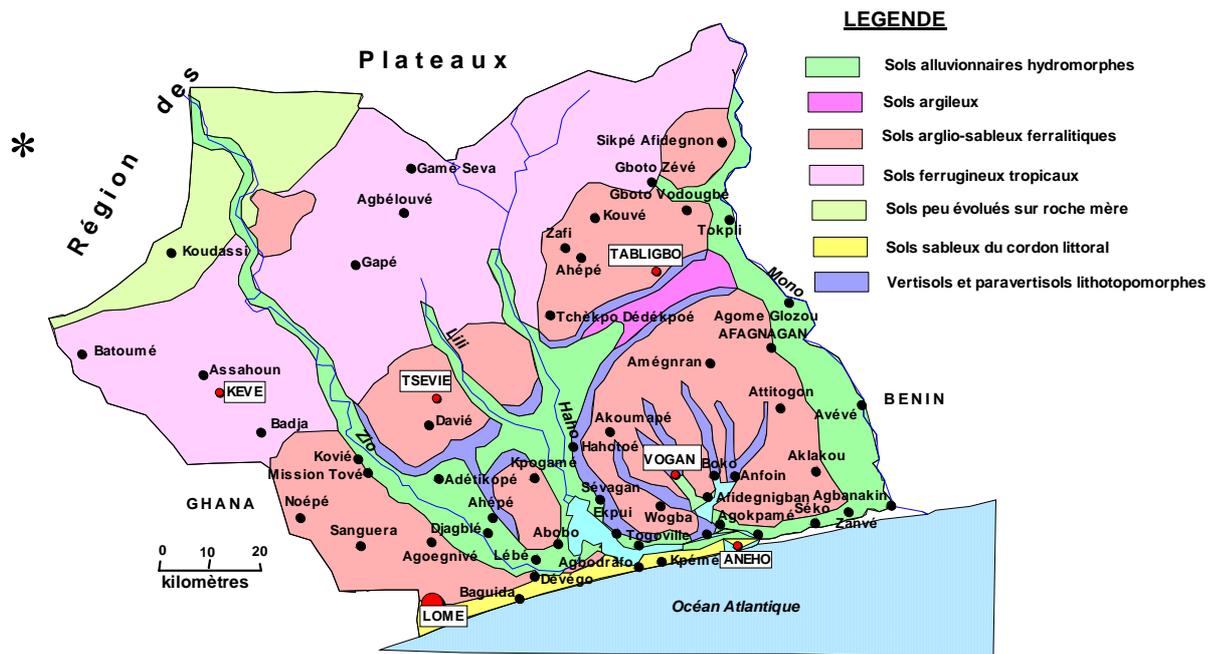


Figure 3 : Carte des sols du sud Togo

1.1.1.3. Océanographie côtière

Les fonds marins togolais sont constitués de sables, avec deux zones rocheuses. Le plateau continental fait 12 à 13 miles et sa chute qui se situe entre 85 et 110 mètres est très rapide. Sa limite correspond à l'isobathe 100 m. Six grands types de fonds océaniques se distinguent, tous chalutables.

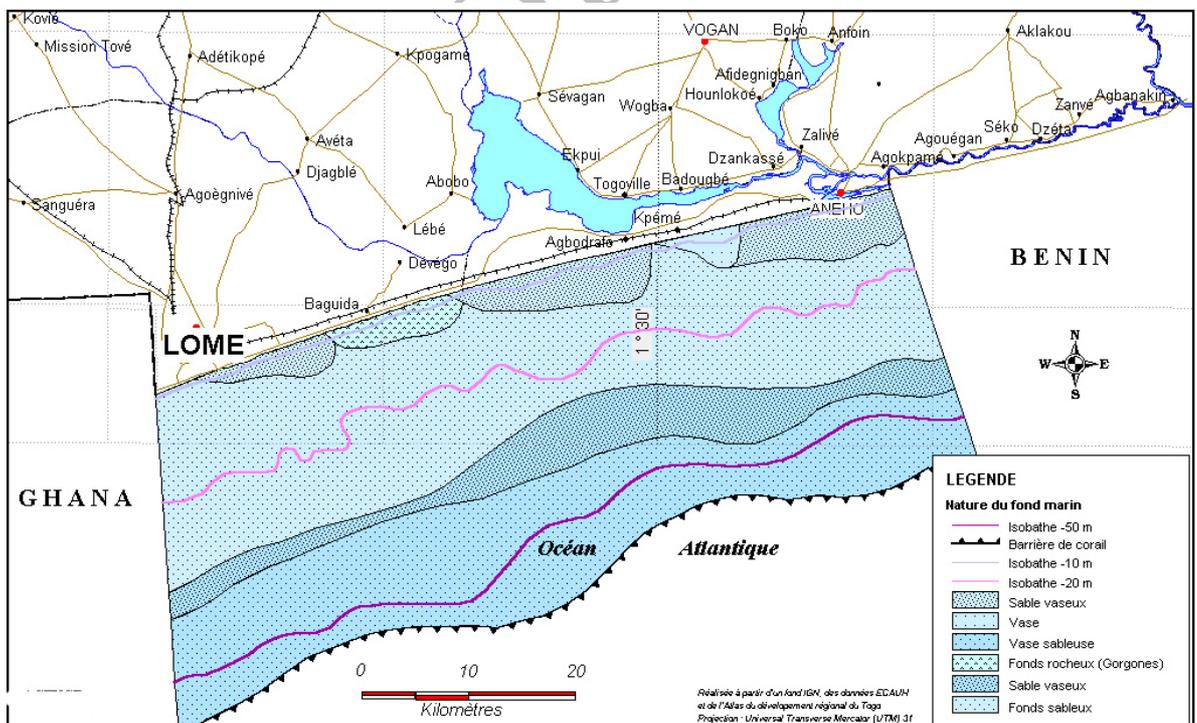


Figure 4 : Nature des fonds marins du littoral togolais

Les marées sont de type semi-diurne à amplitude de 1 mètre et un marnage atteignant 1 mètre. La houle dirigée sud-sud ouest, sous l'effet des vents de l'Atlantique Sud, est régulière et se distingue par une hauteur de 1 à -1,5 m. De juillet à septembre, elle varie de 2 à 3 m avec une période de 10 à 15 s. La période de fortes houles est août-septembre. Les vagues à la côte animent le mouvement sédimentaire sur le proche plateau continental interne et la plage aérienne avec une capacité d'énergie de modérée à élevée. Leur hauteur moyenne arrive à 1,25 m avec une période moyenne de 4 à 6 s (Emoe *et al.*, 1999).

La structure des eaux marines au large des côtes togolaises est semblable à celle rencontrée à différents endroits du Golfe de Guinée. Dans le sens vertical, de la surface vers le fond, elle se présente en saison chaude par :

- une couche d'eau chaude de surface (25 à 29°C) ;
- une couche de discontinuité entre 30 et 50 mètres, sur une épaisseur de 15 à 20 mètres ;
- une couche d'eaux froides (< 20°C) à des fonds supérieurs à 50 mètres qui peuvent arriver en surface et vers la côte en saison froide (phénomène d'*upwelling*).

Dans cette zone, deux types de courant sont présents :

- le courant guinéen, orienté d'ouest en est, lequel se manifeste au large par une vitesse moyenne de 1 mètre/seconde ;
- la dérive du littoral, dirigée ouest-est, avec une capacité de transport de 1,2 m³ par an. Cette dérive littorale est alimentée par les fleuves Volta et Mono. Cependant, on observe une rupture fréquente du cordon barrière due à la réduction des apports sédimentaires par les barrages d'Akossombo et de Nangbéto.

1.1.1.4. Hydrographie

Le réseau hydrographique du littoral togolais regroupe le système lagunaire et les parties sud des bassins du Zio, du Haho, de Boko, et du Mono.

Le système lagunaire est principalement constitué du Lac Togo (46,2 km²) avec un plan d'eau de longueur variant entre 6 km et 13 km et de largeur variant de 150 m à 900 m et de la lagune de Lomé (160 ha). Il est alimenté en eau douce par les rivières Zio, Haho et Boko et par le fleuve Mono avec lequel il est en communication permanente à travers le chenal de Gbaga.

Le bassin du Mono, long de 650 km, prend sa source dans les monts Alédjo au centre. Il s'étend sur un bassin versant de 21 300 km² et connaît une saison de hautes eaux au mois de septembre.

Le bassin du Haho avec un bassin versant de 3400 km², prend sa source dans une région aride et est caractérisé par l'intermittence saisonnière de son écoulement. La durée de la saison sans écoulement varie de 30 à 130 jours. Le débit interannuel

à l'embouchure est estimé à $5,8 \text{ m}^3 / \text{s}$ en année médiane. Avec 140 km de long, il développe une zone d'inondation en amont de Gati.

Le bassin du Zio de 176 km de long et un bassin versant de 2800 km^2 , est caractérisé par son débit et la permanence de son écoulement. Le débit moyen interannuel à l'embouchure est de $9,9 \text{ m}^3$. Il développe une zone d'inondation dont la largeur s'accroît jusqu'au lac Togo.

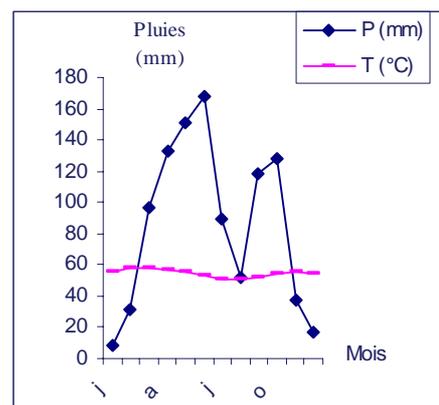
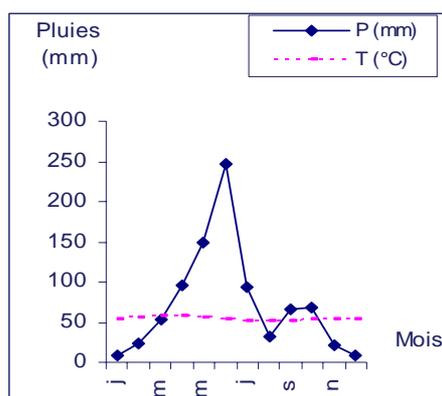


Figure 5 : Carte du réseau hydrographique du sud du Togo

1.1.1.5. Climat

Le littoral togolais bénéficie d'un climat de type subéquatorial ou guinéen à deux saisons de pluies : une grande saison de mars à juillet et une petite saison de septembre à novembre. Les courbes ombrothermiques de Lomé et de Tabligbo montrent qu'il existe d'importantes disparités à l'intérieur de la zone (Figure 6). En effet, les pluies varient de 800 à 1000 mm par an et les saisons sont très inégales. La région subit l'influence de deux types de vents ou alizés : l'harmattan (alizé de l'hémisphère boréal) qui est un vent chaud et sec de direction nord-est et un anticyclone austral (anticyclone de Sainte-Hélène) qui émet un flux d'air maritime humide et chaud de direction sud-est. La zone de contact entre ces deux masses d'air est appelée le Front Intertropical (FIT). La variation du FIT du Nord au Sud est à l'origine des saisons climatiques du Togo.

Dans la région, les températures augmentent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la côte et les maxima se situent en février à $32,0^\circ\text{C}$ à Lomé et à $35,1^\circ\text{C}$ à Tabligbo. Cependant, les températures minimales s'établissent autour de 26°C . L'amplitude thermique moyenne annuelle est écrasée (3° à 4°) et contenue dans les limites de 25° à 29°C .



Lomé aéroport (1961-1990) 864,16 mm

Tabligbo (1961-1998) 1029,19 mm

Source : Direction de la Météorologie

Figure 6 : Courbes ombrothermiques

1.1.1.6. Flore et végétation

Le littoral du Togo appartient à la zone écologique V (Ern, 1979) ou zone II de FAO/PNUE (1980) qui présente une diversité floristique pour les formations sur terre ferme que pour les écosystèmes marin et aquatique.

1.1.1.6.1. Formations végétales sur terre ferme

La végétation de la plaine côtière revêt un caractère mosaïque. Elle est caractérisée par :

- la pelouse maritime avec comme principales espèces, *Remirea maritima*, *Sporobolus virginicus*, *Canavalia roseus*, etc. ;
- les savanes herbeuses littorales dans lesquelles certaines espèces comme *Aristida sieberiana*, *Aristida adscensionis* forment, par endroits, des peuplements purs ;
- les buissons disséminés dans ces savanes littorales, caractérisés par une codominance des espèces à affinités guinéo-congolaises et des espèces subguinéennes, c'est-à-dire d'espèces à affinité forestière.

On y distingue également des jachères sous cocoteraies ou à la lisière d'îlots de forêt sacrée caractérisés par *Cleome viscosa*, *Phyllanthus amarus*, *Spermacoce radiata*, *Passiflora foetida*, *Portulaca oleracea*, *Andropogon gayanus*, *Indigofera arrecta*, *Indigofera pilosa*, etc.

A côté des formations typiques de bord de mer, il existe :

- des savanes arbustives à *Lonchocarpus sericeus* ;
- des fourrés dominés par *Carissa edulis*, *Grewia carpinifolia*, *Milletia thonningii*, *Hoslundia opposita* qui sont les espèces dominantes ;
- des forêts littorales dont les espèces les plus caractéristiques sont *Antiaris africana*, *Dialium guineensis*, *Drypetes spp.*, *Milletia thonningii*, etc. ;

- et des forêts semi-caducifoliées dont la strate arborescente est dominée par *Ceiba pentadra*, *Antiaris africana* et *Celtis zenkeri*.

1.1.1.6.2. Flores des écosystèmes aquatique et marin

1.1.1.6.2.1. Ecosystèmes aquatiques

a. La mangrove

Les mangroves togolaises sont localisées dans l'extrême sud-est du pays autour du chenal de Gbaga et ses rivières affluentes. Elles couvrent aujourd'hui moins de 1000 ha et ne comportent que deux espèces de palétuviers : *Rhizophora racemosa* et *Avicennia germinans*. Des contraintes climatiques (déficit hydriques : moins de 1000 mm de pluies/an), hydro-chimiques (salinisation saisonnière et non quotidienne) et anthropiques (surexploitation des ressources) menacent la survie de cet écosystème pourtant hautement productif et à usages multiples.

b. Galeries forestières

Ce sont des reliques de forêts riveraines très dégradées dont les espèces caractéristiques sont *Cynomtra megalophylla*, *Uapaca bendelotii*, *Cola laurifolia* et *Berlinia grandiflora*. Ces fragments de forêts sont souvent retrouvés sur les berges des cours d'eau notamment celles du Zio, du Haho et du Mono. Sur certaines berges, elles ont complètement disparu et sont remplacées par des fourrés relictuels et des palmeraies.

c. Savanes inondables et végétations hydrophytiques associées

Ce sont des savanes à *Mitragyna inermis* et *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus*, les prairies à *Echinochloa pyramidalis* liées aux mares permanentes, les végétations des banquettes des mares, régulièrement envahies par l'eau des crues, les prairies d'hydrophytes à *Cyperus* spp. qui se développent dans des mares temporaires formées d'accumulation d'eau de pluies dans de petites dépressions et sur un sol de texture limono-sablo-argileux.

d. Au niveau des carrières

Les formations végétales de la zone sont essentiellement les fourrés et les savanes anthropisées. Selon Trochain (1956), un fourré est un type de végétation arbustif, fermé, sempervirent ou décidu, généralement peu pénétrable, souvent morcelé, à tapis graminéen absent ou discontinu ; tandis qu'une savane est une formation herbeuse comportant une strate herbacée supérieure continue d'au moins 80 cm de hauteur, qui influence une strate inférieure, graminées à feuilles planes, basilaires et caulinaires, ordinairement brûlées annuellement, plantes ligneuses ordinairement présentes. Elle peut être d'origine édaphique ou anthropique.

Les espèces les plus fréquemment rencontrées dans ces fourrés sont : *Grewia carpinifolia*, *Griffonia simplicifolia*, *Xanthoxylum xanthoxylodes*. Sur le site des carrières

étudié, les savanes rencontrées sont le plus souvent d'origine anthropique et sont dominées par deux espèces de graminées : *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum* et des espèces de ligneux essentiellement exotiques. Il s'agit de *Azadirachta indica*, *Acacia auriculiformis*.

1.1.1.6.2.2. Ecosystème marin

La flore sous-marine est très mal connue à l'exception des algues dont quelques peuplements ont fait l'objet d'inventaires sommaires (Colocoloff, 1980 ; Bandje, 2004 ; etc). Les eaux marines togolaises sont caractérisées par une flore algale très diversifiée. Les études sur les algues ne sont qu'à leur début. Leur importance numérique est devenue manifeste depuis la mise à nu du « beach roch » par l'érosion côtière. En terme de répartition, on constate que :

- très peu d'algues colonisent le supralittoral. On y trouve des Cyanophycées et des Diatomées ;
- au niveau de l'infralittoral supérieur, s'observent *Sargassum vulgare*, *Sargassum ramifolium* et *Chnoospora minima* ;
- dans le médiolittoral supérieur, s'observent essentiellement *Chladophora albida*, *Chladophora vagabunda*, *Chaetomorpha linum*, *Ulva fasciata*, *Ulva rigida*, *Codium sp.*, *Enteromorpha flexuosa*, *Enteromorpha clathrata* et *Raflesia sp.* ;
- le médiolittoral inférieur est dominé par *Chnoospora minima*, les Mélobésiées, *Caulerpa sp.*, *Bryopsis plumosa*, *Bryopsis pennata*, *Ceramium sp.*, *Jania rubens* et *Coralliana mediterranea*.

Au niveau du bord de mer

D'après les travaux réalisés sur le cordon littoral (Batawila, 1997 ; Kokou 1998, exercice d'application de cours sur les méthodes d'étude de la végétation, DEA promotion 2001-2002), la flore de cette partie du Togo peut être estimée à 265 taxons regroupés en 74 familles d'Angiospermes.

Les familles les plus représentées sont :

Asclepiadaceae	10
Caesalpiaceae	10
Sapindaceae	11
Malvaceae	13
Euphorbiaceae	20
Cyperaceae	24
Rubiaceae	32
Poaceae	39
Fabaceae	41

Au niveau de la flore marine

La liste des espèces d'algues marines des côtes togolaises permet de compter 170 espèces (Colocoloff, 1980) qui se répartissent en 37 familles. Les genres les plus représentés sont *Gracilaria* (12 espèces), *Ceramium* (8 espèces), *Gelidiopsis*

(7 espèces), *Hypnea* (7 espèces), *Laurencia* (7 espèces), *Caulerpa* (4 espèces), *Chaetomorpha* (4 espèces), *Cladophora* (4 espèces), *Codium* (5 espèces), *Gracilariopsis* (4 espèces). Il faut noter que cette richesse spécifique en algues du littoral a été récemment enrichie par les travaux de Bandje (2004). Cette flore algale se répartit en deux grands groupes (Bandje, 2004). Il s'agit des macroalgues et des microalgues.

Les macroalgues identifiées dans les eaux marines du Togo, se répartissent en trois principaux embranchements. Il s'agit des Chlorophytes qui sont des Algues vertes, des Phéophytes (Algues brunes) et les Rhodophytes qui sont les Algues rouges. Le genre *Sargassum* est très abondant sur tout le littoral togolais.

La répartition de ces algues sur les fonds océaniques se fait en fonction des paramètres physico-chimiques (température de l'eau, pH de l'eau, salinité, etc...) et de la répartition des éléments nutritifs présents dans l'eau de mer.

Tableau 1 : Macroalgues du littoral togolais

Embranchements	Genre – Espèces
Chlorophytes (Algues vertes)	<i>Chaetomorpha antehennina</i> , <i>Enteromorpha sp.</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Caulerpa racemosa</i>
Phéophytes (Algues brunes)	<i>Colpomenia sinuosa</i> , <i>Padina sp.</i> , <i>Sargassum sp.1</i> , <i>Laurencia obtusa</i> , <i>Sargassum sp.2</i>
Rhodophytes (Algues rouges)	<i>Amphiroa dilatata</i> , <i>Corallina mediterranea</i> , <i>Hypnea musciformis</i> , <i>Caulananthus ustulatus</i> , <i>Porphyra sp.</i> (Nori)

Les microalgues présentent une importante variabilité pour la distribution des espèces sur les fonds océaniques et pour leur apparition en fonction des saisons. En effet, certaines algues microscopiques n'apparaissent qu'en certaines périodes de l'année et en certaines zones de la côte. Parmi celles-ci, on rencontre les genres *Amphidinium*, *Closterium*, *Diatoma*, *Fragilaria*.

1.1.2. Cadre humain

1.1.2.1. Cadre géographique et administratif

La zone littorale a ses limites confondues avec celles de la région maritime. Elle s'étend sur environ 320 km (équivalent de 200 miles) dans l'océan et au delà de 50 km dans le continent. La superficie est d'environ 6395 km² soit 11,2% du territoire national. Le littoral concentre environ 45% de la population du Togo et 63% de la population urbaine. La concentration des services centraux et des activités économiques, industrielles (plus de 90% des industries) et commerciales à Lomé, fait de la zone littorale un pôle d'attraction des mouvements migratoires. Elle est subdivisée en six (6) préfectures et une (1) sous-préfecture et est constituée de 50 cantons, 1322 villages, totalisant 1.967.000 habitants soit 308 hbts/km².

Par rapport aux autres régions, la zone littorale offre la particularité de servir de point d'ouverture de l'ensemble du pays sur l'océan Atlantique.

Tableau 2 : Caractéristiques administratives et démographiques de la région maritime

Préfectures	Superficies	Cantons	Villages autonomes	Villages	Population urbaine	Population rurale	Population totale
Golfe + Lomé	345	7		136	995 000	45 000	1 090 000
Lacs	713	9		97	23 000	190 000	213 000
Yoto	1250	8		136	15 000	127 000	142 000
Vo	750	7	4	405	18 000	187 000	205 000
Zio	2192	13	14	354	40 000	195 000	235 000
Avé	1145	6	1	175	4 000	78 000	82 000
Total	6395	50	19	1303	1 085 000	822 000	1 967 000

Source : Direction de la Statistique / Etude ECAUH

1.1.2.2. Population

La préfecture du Golfe y compris Lomé, concentre plus de 50% de la population sur à peine 5% de la superficie totale de la zone du littoral. Les préfectures de Vo et de l'Avé rassemblent environ 18% de la population sur 53% de la superficie.

Il existe des disparités dans la répartition spatiale de la population qui font distinguer des densités très variables. La densité moyenne de la zone du littoral est de 163 hbts/km² contre une moyenne nationale de 48 hbts/km². On observe dans les zones de Vo et des Lacs des densités 200 hbts/km². Yoto, Zio et Avé ont respectivement 113,6, 107,2 et 72 hbts/km² (estimations en 2000).

La région maritime présente une importante croissance urbaine et une population rurale dans ses parties sud. Le taux d'accroissement annuel moyen de la population est de 3,3%. Il est de 4,4% dans les zones urbaines et de 2,4% dans les zones rurales. La croissance de Lomé est de 6,6% par an. Ainsi en dehors de la préfecture du Golfe, la proportion de la population urbaine des autres préfectures (Lacs, Vo, Yoto, Zio et Avé) est très faible. Plus de 90% de la population de ces préfectures sont des ruraux. Cette évolution fait distinguer trois zones de croissance :

- la zone de croissance faible ou négative dans le sud – est (préfectures de Vo et Lacs à l'exception de Glidji et Aného), dans la zone autour de Tsévié (sauf la commune) et dans l'extrême nord – est, canton de Gboti et de Tomety – kondji ;
- la zone de croissance moyenne comprend Tabligbo, Kouvé Dzafi, Tchèkpo, le secteur d'Assahoun, Kévé, Mission Tové ;
- la zone de croissance forte localisée dans la préfecture du Golfe (Lomé et Agoènyivé) avec une croissance très forte dans la ville de Tsévié ainsi qu'à l'extrême nord de la région d'Agbélouvé, de Gapé et de Yoto kopé.

La répartition par tranche d'âge de la population montre que la zone est dominée par la tranche d'âge de 15 à 54 ans. La tranche d'âge de 55 ans et plus est faiblement représentée (Tableau 3).

Tableau 3 : Structure d'âge de la population du littoral

Groupe d'âge	Pourcentage
0 – 4 ans	20,00
5 - 14 ans	29,95
15 - 54 ans	43,29
55 ans et plus	6,78

1.1.2.3. Ethnies, langues, religions et cultures

Les groupes majoritaires qui peuplent la zone du littoral sont formés des Adja, Ewé, Ouatchi et Mina (95% de la population). La zone offre une palette multi-ethnique composée de l'ensemble des ethnies du pays et de la sous-région.

Les langues locales dominantes sont l'éwé et le mina. Cependant, le système éducatif et l'ouverture de la zone sur le monde en font la zone multi-linguistique du pays. Il est alors parlées et écrites toutes les langues du pays, notamment à Lomé, qui de part son caractère de capitale politique et économique, concentre la plupart des échanges et brassages de civilisations et de cultures.

Les religions dominantes sont l'animisme (religion traditionnelle), le christianisme (catholicisme, protestantisme etc..) et l'islam. Les religions monothéistes, chrétiennes et l'islam construisent souvent des édifices pour leurs lieux de culte. Les pratiques de l'animisme amènent les adeptes à construire des couvents qui sont aménagés en places de cérémonies, en statuettes et considèrent selon les cas, les éléments de la nature comme des objets sacrés (rochers, arbres, forêts, eaux etc...).

1.1.3. Cadre économique

L'économie de la région maritime est essentiellement basée sur les activités de production de biens et de services des secteurs primaires (agriculture, élevage, pêche, exploitation et chasse), secondaires (industrie extractive, industrie manufacturière, etc...) et tertiaires (transports, services, commerces, banques...). La zone du littoral constitue pour le pays, la région de prédilection des activités des secteurs secondaires et tertiaires.

1.1.3.1. Activités du secteur primaire

Le secteur primaire assure à la région la production des biens de consommation liés à l'alimentation, à l'énergie et aux besoins de construction.

1.1.3.1.1. Agriculture

L'agriculture, ressource très importante dans l'économie du pays, occupe environ 60% de la population. Dans la zone littorale, la population agricole représente 18% et travaille sur de petites parcelles (de 0,5 à 1 ha). Les données de 1996 – 1997 indiquent 128.912 exploitants parmi lesquelles travaillent 329.090 actifs sur une population agricole de 808.996. Les zones de production restent caractérisées par des cultures en fonction de la qualité du sol. On distingue deux grands types de culture : les cultures vivrières et de rente.

a. Cultures vivrières

Le système de culture se caractérise par une grande diversité. On distingue plusieurs types de culture : pur, principal, secondaire et en association. Ces différentes cultures dépendent de plusieurs paramètres : la diversité, l'adaptation aux conditions micro-locales, les situations particulières des exploitants etc.. Les zones de cultures vivrières sont disséminées dans toute la région. Les données de production varient chaque année en fonction des conditions climatiques et des moyens mis en œuvre. Les résultats agricoles permettent de distinguer différentes zones de production vivrières : céréales (maïs, le riz), tubercules (igname, manioc), légumineuses (haricot, arachide) et fruits (production très faible).

La préfecture du golfe se distingue particulièrement par les zones de cultures de maraîchage qui s'étendent le long de la plage. La bande côtière est aussi le lieu d'une agriculture urbaine qui produit des légumes.

b. Cultures de rente

Les principales cultures de rente dans la zone littorale sont : le palmier à huile, le ricin, le cocotier, le coton, etc. Dans cette zone les vallées des fleuves sont des lieux de cultures irriguées, de maraîchage et de production de canne à sucre.

c. Maraîchage sur le bord de la mer

Le littoral togolais est caractérisé par les cultures maraîchères qui occupent plus de 80% de la zone côtière. Elles comprennent entre autres *Daucus carota* (carotte), *Allium cepa* (oignon), *Ocimum basilicum* (basilic), *Capsicum annum* (poivron) et *Solanum macrocarpum* (épinard) qui sont les cultures dominantes. Cette association herbacée artificielle est comparable à celle décrite par de Foucault *et al.* (2000) sur le littoral sableux togolais sur substrats salés.

1.1.3.1.2. Elevage

L'élevage, la deuxième activité du secteur primaire, est de type traditionnel extensif en dehors de quelques fermes avicoles modernes et est destiné au marché local. Le système agro-pastoral utilisé dans l'élevage comporte plusieurs variantes dont :

- l'élevage traditionnel associé à la culture pluviale qui concerne la presque totalité des espèces élevées : bovins, ovins, caprins et animaux de basse-cour. Les pâturages naturels et les jachères sont utilisés pour leur alimentation ;
- l'élevage traditionnel du type transhumance est peu courant dans la région en raison de déficit en fourrages en saison sèche ;
- l'élevage sous palmeraies et sous cocotiers est courant dans la zone, avec les bovins et les petits ruminants. Le bétail bénéficie du tapis herbacé pour son alimentation et assure en retour le désherbage et la fumure organique. Ce système est de moins en moins pratiqué.

En zone périurbaine, l'élevage de petites espèces (porc et volaille) est de type semi-intensif pour l'approvisionnement des populations en viande et œufs.

1.1.3.1.3. Pêche

La zone maritime est caractérisée par un potentiel halieutique peu important en raison de l'étroitesse de la côte et du plateau continental (environ 1500 km² de la côte jusqu'à l'isobathe 200 m) et de la faiblesse de l'influence de l'upwelling ivoiro-ghanéen sur les eaux togolaises. Les ressources pélagiques exploitables sont estimées à environ 19000 tonnes/an. Le littoral fournit plus de 85% de la production piscicole annuelle du Togo estimée à environ 23.000 tonnes en 1999. Les besoins du marché intérieur sont estimés à 61000 tonnes sur la base d'une consommation *per capita* de 13 kg par habitant et par an. Le taux de couverture globale est à peine supérieur à 37% et le reste des besoins est couvert par des importations du Ghana, du Bénin et de la Mauritanie.

Dans la zone, on distingue deux types de pêche : la pêche artisanale et la pêche industrielle.

a. Pêche artisanale en mer

La pêche artisanale côtière occupe en haute saison environ 10 700 personnes dont 40% originaires du Ghana, et assure l'essentiel de l'approvisionnement du Togo en poissons. Le recueil de statistique de la pêche artisanale maritime non mis à jour ne permet pas d'estimer les fluctuations de la production sur une trentaine d'années.

La pêche en mer s'effectue avec des pirogues en bois de 8 à 18 mètres avec des sennes tournantes, des filets « Ali » à très petites mailles et des filets maillants dormants (« Toga »). En 1983 les services de pêche avaient dénombrés 450 pirogues pour 5250 pêcheurs en haute saison, et 290 pirogues pour 3000 pêcheurs en basse saison. Le nombre de campements de pêche (et en même temps lieux de débarquement des captures) est de 19 pour l'ensemble de la côte, y compris le port de Lomé. La pêche pratiquée est une pêche collective de pêcheurs organisés en compagnies d'importance variable selon les engins utilisés.

La pêche du port de Lomé est essentiellement saisonnière. Elle suit les apports importants de poissons entre juillet et décembre lors de la période d'eaux froides dues à l'upwelling. La basse saison de pêche s'étale de janvier à juin. En haute saison, plus de 60% des pirogues (à 68% motorisées) sont cantonnées au port pour 40% en basse saison. Le reste des pirogues est réparti de façon irrégulière sur la façade maritime avec quelques points majeurs : Kodjoviakopé, Ablogamé, Agbodrafo, Aglomé, Aveme, Togbekondji, Nlessi.

La pêche à la ligne avec une dizaine d'hameçons est également pratiquée. Les pêcheurs à la ligne sont surtout actifs entre janvier et septembre.

Les bancs de poissons sont repérés avec les vols d'oiseaux au-dessus ou par les sauts hors de l'eau. La durée de chaque sortie en mer varie d'une seule nuit à 3-4 jours. L'embarcation comporte une glacière pour la conservation des prises. Ces dernières sont surtout composées de capitaines (*Galeoides decadactylus*), de bars (*Pseudolithus senegalensis*), de rasoirs (*Ilisha africana*), de soles (*Cynoglossus sp.*), mais aussi de mérus (*Epinephelus sp.*, *Myeteroptera rubra*), de lutjanides (*Lutjanus sp.*), d'anchois (*Anchoa guineensis*), de sardinelles (*Sardinella aurita*), de grogneurs et de barracudas (*Sphyraena sp.*) (Faggianelli & Faggianelli, 1984 ; FAO, 1989).

b) Pêche industrielle

Le Togo dispose d'un faible potentiel concernant la pêche industrielle en mer en raison de la faible superficie de son plateau continental.

La pêche maritime industrielle a peu évolué depuis le milieu des années 70. Environ 225 tonnes/an jusqu'en 1975. Plusieurs chalutiers ont pêché dans les eaux togolaises jusqu'en 1985 différents poissons (mérus, daurades, soles), seiches et crevettes et fonctionné jusqu'en 1990. Plusieurs sociétés privées dont CRUSTAFRIQUE ont utilisé des crevettiers. Actuellement aucun chalutier n'est en service.

Les exportations sont actuellement négligeables. Il existe une pêche ghanéenne à la senne et au chalut dans les eaux togolaises dont une partie des captures est vendue à Lomé.

1.1.3.1.4. Exploitation forestière et chasse

La chasse est une activité très marginale dans la zone du littoral où elle demeure rurale et traditionnelle d'appoint. Le recule du couvert végétal, la diminution de la faune et les réglementations des conditions de chasse au niveau des aires protégées en ont fait une activité presque négligeable.

Les besoins de consommation en bois de chauffage et d'œuvre entraînent l'exploitation forestière qui n'épargne pas les forêts classées de Togodo, d'Eto et de Lilicopé étant donné que la principale source d'énergie utilisée est constituée des combustibles ligneux. Depuis 1990, l'insuffisance des ressources forestières a entraîné l'exploitation des mangroves. Ainsi, la quasi-totalité du bois de chauffe et d'œuvre utilisée dans la zone sud du littoral provient de la production du nord du littoral (Zio et Yoto) et des autres régions du pays.

1.1.3.2. Activités du secteur secondaire

La zone du littoral (région maritime) concentre plus de 90% des unités industrielles de transformation du pays (industrie extractive, manufacturière..). Ceci s'explique par ses atouts géographiques. En effet, par son ouverture sur l'océan avec le port en eau profonde de Lomé, elle constitue une porte de communication avec le reste le monde.

a. Industrie extractive

La zone littorale abrite deux grandes industries minières dont l'activité est basée sur l'extraction des matières du sous-sol et leur transformation sous forme de produits minéraux commercialisables.

Le minerai de phosphate est extrait des carrières de Hahotoé et de Kpogamé et acheminé à Kpémé en vue de son traitement et de sa commercialisation.

Le minerai de calcaire extrait dans les carrières de Sika-Condji et destiné à fabrication de clinker et de ciment à Tabligbo (WACEM) et à Lomé (CIMTOGO).

Les activités de l'industrie extractive génèrent des ressources financières importantes au pays, mais se trouvent aussi être l'une des premières causes de dégradation et de perturbation des milieux écologiques dans la zone. En effet, l'exploitation du phosphate a engendré le déplacement de plusieurs centres de peuplement et la suppression d'importantes zones de culture.

Dans la région, il existe d'autres formes d'industries extractives, de taille plus petite et de forme semi-industrielle ou artisanale, liées au secteur du bâtiment et des travaux publics. Il s'agit des carrières de terres argileuses, de sable silteux et de graviers.

Au Togo, l'aventure des phosphates a commencé avec l'organisation par le service géologique du comptoir des phosphates de l'Afrique du Nord, d'une campagne de prospection sur les côtes occidentales du continent au début des années cinquante. C'est ainsi qu'en 1952, des sondages ont permis de recueillir des échantillons jugés intéressants. Une exploration beaucoup plus approfondie permis de mettre à jour un important gisement sédimentaire de qualité exceptionnelle et dont les réserves sont estimées à 100 millions de tonnes de phosphates marchands. Les autorités coloniales créèrent la Société des Mines du Bénin (S.M.B.) qui, en collaboration avec le comptoir des phosphates élaborera un projet d'exploitation et d'enrichissement industriels du minerai brut. Des essais semi-industriels sont alors réalisés dans le cadre de ce projet par une usine pilote.

En 1957, la Société Minière du Bénin signa avec le gouvernement de la République Autonome du Togo, une convention définissant les modalités de la mise en exploitation du gisement. Une nouvelle société d'économie mixte avec la participation au capital du Togo fût créé sous le nom de Compagnie Togolaise des Mines du Bénin (C.T.M.B.) en vue de l'exploitation du gisement. Le premier

Septembre 1961 le premier bateau chargé du phosphate togolais quitte les côtes Togolaise. En 1974 la CTMB fût transformée en une société nationale du nom de l'Office Togolais des Phosphate (O.T.P.) avec comme missions, la recherche, l'extraction, l'enrichissement et la commercialisation des phosphates du Togo. La société est de nouveau partiellement privatisée vers la fin des années quatre-vingts dix et pris le nom d'International Fertilizers Group Togo (I.F.G.-Togo) qui exploite, traite et commercialise actuellement les phosphates du Togo.

Le gisement appartient à une formation tertiaire sédimentaire du bassin côtier du Togo. Il s'étend sur une bande orientée sud-ouest – nord-est allant de Aveta (à 10 kilomètres de la côte) jusqu'au-delà de Dagbati sur une longueur de 35 à 36 kilomètres et une largeur maximale de 2,5 km. L'enrichissement du minerai est réalisé sur le site industriel de Kpémé situé sur le littoral à 35 kilomètres à l'est de Lomé (Capitale du Togo).

b. Industrie manufacturière

L'industrie manufacturière va de l'agro-alimentaire, la métallurgie, le bois à la transformation minière. La contribution de cette activité de production à l'économie nationale est très importante. Elle s'est renforcée par la création d'une zone franche industrielle en 1989 dont les produits à 80%, sont destinés à l'exportation. Dans l'économie industrielle, il existe deux types d'installation : hors zone franche (HZF) et sous zone franche (SZF). Cependant, les activités et les impacts environnementaux restent très dépendants de la nature et du poids de l'industrie installée.

Dans la zone du littoral, on trouve également dans le secteur secondaire, la production de l'eau potable pour la population et d'eau douce pour les besoins du traitement du minerai de phosphate (3,5 millions de m³/an) par pompage des nappes phréatiques et de l'électricité à partir des groupes thermiques et des barrages d'hydroélectricité. Le secteur secondaire concerne aussi le bâtiment et des travaux publics.

1.1.3.3. Les activités du secteur tertiaire

Les activités du secteur tertiaire constituent environ 46% du PIB. Le commerce représente, presque 53% de ce PIB et occupe une proportion de plus en plus importante de la population active, surtout les femmes. Le secteur informel y joue un rôle de premier plan. Les activités échappent pour la plupart aux statistiques douanières et mettent à disposition des habitants de la zone du littoral toutes les formes de produits manufacturiers d'origine différentes (Afrique, Asie, Europe etc....).

En dehors des grandes sociétés commerciales, les marchés sont des lieux d'intenses échanges commerciaux aussi bien de produits alimentaires que manufacturiers. Les produits pétroliers consommés au Togo et dans toute la zone littorale sont importés par les sociétés qui assurent dans la quasi-totalité leur distribution (Shell, Texaco, Total, etc....). D'autres commerçants assurent la

distribution de certains produits à partir d'un approvisionnement sur les marchés du Bénin, du Nigeria et du Ghana.

La fonction centralisatrice de Lomé, qui est à peine à une heure des autres centres du littoral, lui confère un rôle de place de banque et des sociétés d'assurance. Le secteur des banques et assurances intervient très peu sur les questions de risques liés à l'environnement. La prise en compte des risques de pollution n'est pas dans les pratiques en vigueur au Togo.

Le transport occupe une place importante dans l'économie de la zone du littoral tant pour le trafic passager, marchandise que minier. On distingue trois types de transports : le transport par voies d'eau (maritime, fluvial et lagunaire), le transport aérien et le transport terrestre (routier et ferroviaire).

1.1.4. Cadre réglementaire

Le plan d'action ne saurait être proposé que dans un cadre réglementaire de gestion de l'environnement. Ce cadre est ici analysé à travers les principaux décrets, ordonnances, arrêtés pris par le Togo au plan national et accords internationaux auxquels le pays a adhéré.

1.1.4.1. Cadre réglementaire de gestion de l'environnement au Togo

1.1.4.1.1. Textes législatifs et accords internationaux

a) Au niveau national

Le paysage législatif est marqué par des textes ci-après :

- l'article 41 de la constitution de la IV^{ème} République Togolaise qui consacre le droit du citoyen à jouir d'un environnement sain et l'obligation pour l'Etat de veiller à la protection de l'environnement ;
- le code minier promulgué en février 1996 ;
- le code de l'eau en cours de préparation ;
- le code de l'environnement promulgué le 3 novembre 1988 qui constitue le cadre légal de gestion de l'environnement. Toutefois, si l'on excepte le décret n° 96/161/PR instituant la Commission Interministérielle de l'Environnement et l'Arrêté n° 008/MERF créant le Comité National de l'Environnement, qui sont de surcroît peu opérationnels, faute de moyens, le code demeure en général une loi sans aucune mesure de mise en œuvre.

Notons qu'un projet de Loi-cadre est préparé pour remplacer ce code de l'environnement, mais le document reste jusqu'ici préliminaire et non validé pour être adopté.

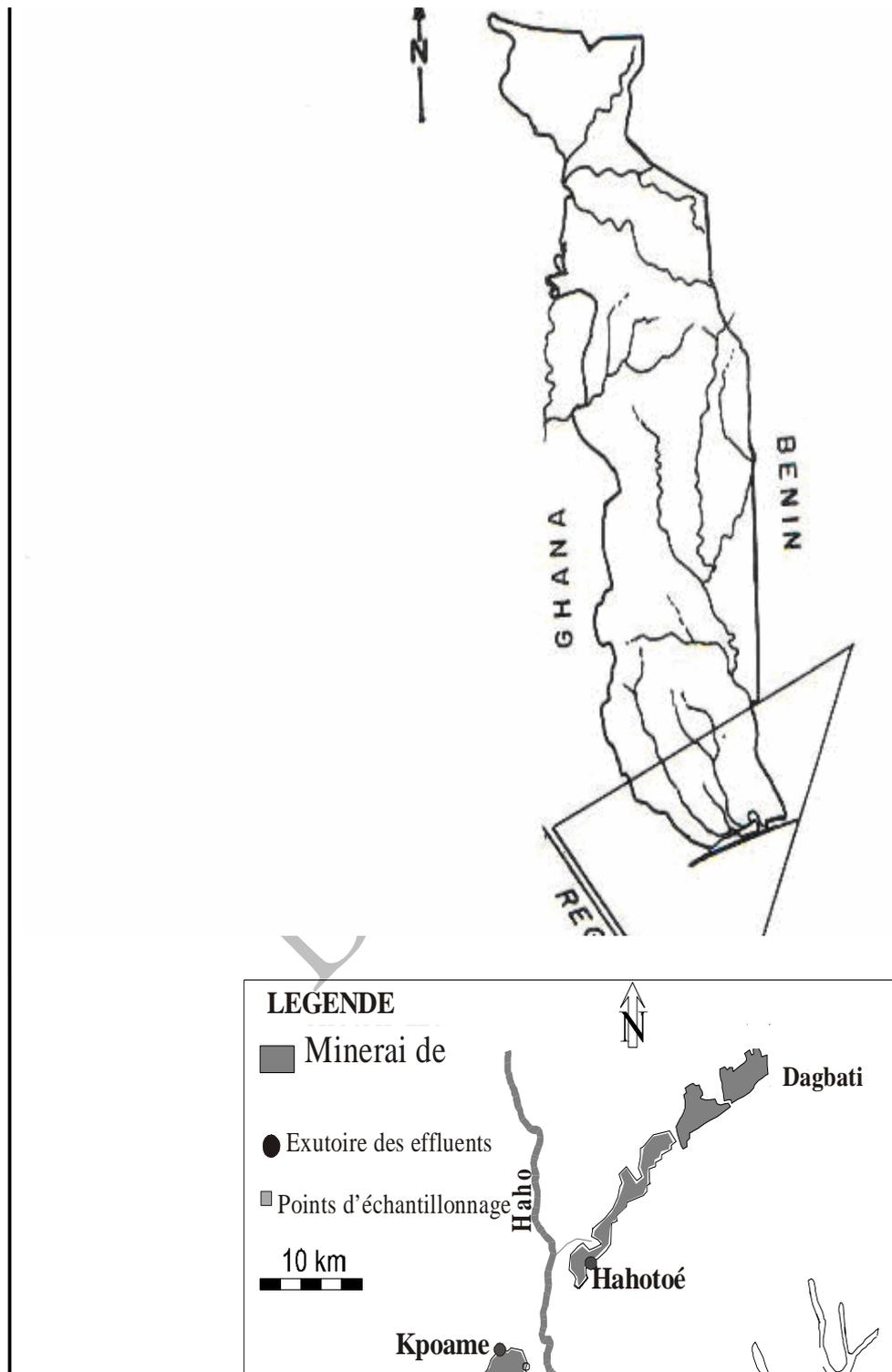
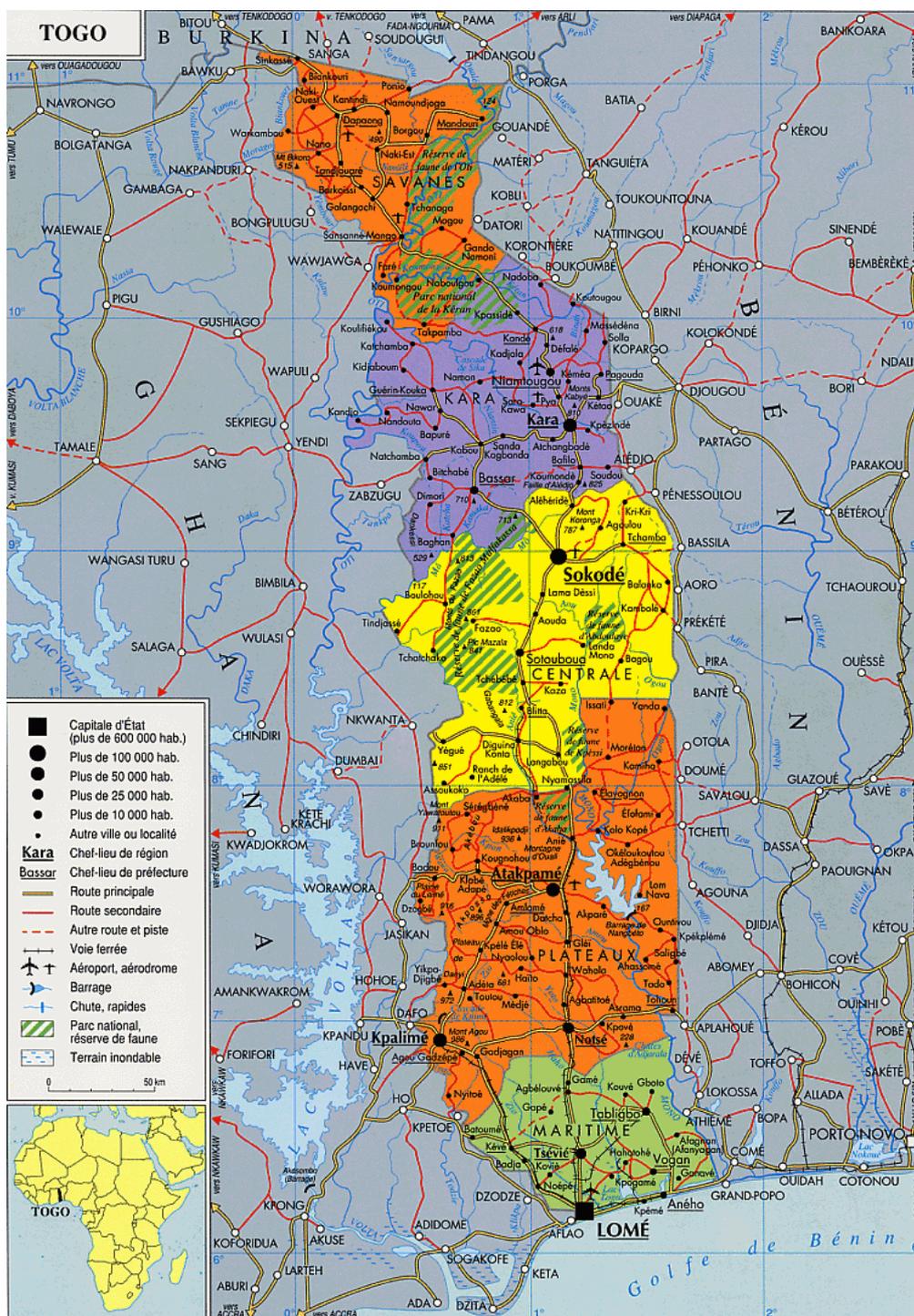


Figure 7 : Carte du Togo montrant les zones d'exploitation et de traitement du minerai brut



Source : Division Géographique du Ministère des Affaires Étrangères

Figure 8 : Carte du Togo avec les cinq régions économiques.

b) Au plan sous-régional

Le Togo a ratifié la Convention relative à la coopération en matière de protection de l'environnement marin et de mise en valeur du milieu marin et des zones côtières de la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre (WACAF) le 23 mars 1981 à Abidjan (Loi N° 83-17 du 20 juin 1984).

c) Au plan international

Le Togo a adhéré et ratifié plusieurs traités et accords internationaux notamment :

- la Convention sur la diversité biologique entrée en vigueur, le 29 décembre 1993 ;
- les Conventions sur la protection des eaux internationales, notamment la Conférence des Nations Unies sur l'eau, organisée à Del Mar Del Plata (Argentine) en 1977, et la Conférence Internationale de Dublin (Irlande) sur l'eau et l'Environnement tenue en 1992 ;
- les Conventions des Nations Unies sur le droit de la mer à Montego Bay, le 10 Décembre 1982 ratifiée par Ordonnance N°85-4 du 29 avril 1985.

Dans l'ensemble, beaucoup de textes promulgués au niveau national, ne disposent pas de textes d'application, ce qui se traduit par une difficulté de mise en œuvre sur le terrain. Dans tous les cas, malgré l'existence de ce cadre réglementaire assez satisfaisant, il est malheureux de constater qu'il existe un grand décalage entre les engagements politiques et la réalité sur le terrain.

1.1.4.1.2. Dispositions réglementaires

Au titre 3 du document préliminaire de la Loi-Cadre ci-dessus mentionnée, la Section 3 du 2^e chapitre dispose :

Article 66 : Il est interdit de faire un dépôt d'immondices, ordures ménagères, pierres, graviers, bois, déchets industriels dans le lit ou sur les bords des cours d'eau, lacs, étangs ou lagunes et canaux du domaine public. De même, il est interdit d'y laisser écouler les eaux usées.

Le déversement dans les cours d'eau, lacs et étangs des eaux usées provenant des usines et établissements sanitaires ou scientifiques est soumis à l'autorisation préalable des ministres chargés de l'environnement, de l'hydraulique, des mines et de la santé.

Ces eaux usées doivent, dans tous les cas, être traitées à leur sortie des établissements concernés de façon à être débarrassées de toute substance toxique ou nocive à la santé publique, à la faune ou à la flore.

De même, la Section 4 du même chapitre dispose en son Article 77 :

Sans préjudice des dispositions des accords internationaux signés ou ratifiés par le Togo et portant sur la protection de la mer et des océans, sont interdits le déversement,

l'immersion, l'introduction directe ou indirecte, l'incinération en mer de matières de nature à :

- porter atteinte à la santé publique et aux ressources biologiques ;
- entraver les activités maritimes, y compris la navigation maritime et la pêche ;
- altérer la qualité de l'eau de mer ;
- dégrader les valeurs d'agrément et le potentiel touristique de la mer.

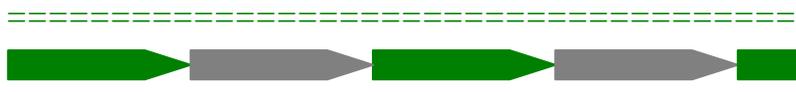
Insuffisance du cadre réglementaire

Par contre, la qualité de l'air ou du sol ne fait pas l'objet de règlements particuliers (le document des normes environnementales préparé n'est pas encore validé pour être adopté) en ce qui concerne les paramètres tels que les radionucléides et les métaux. Par conséquent, d'autres normes utilisées couramment, à savoir, les normes canadiennes des terres industrielles (CCME industrielle) et des terres agricoles (CCME agricole) sont considérées. S'agissant de la radioactivité, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), a établi des normes de protection contre le rayonnement reconnues à l'échelle internationale. Les normes de Janvier 1995 ont été considérées dans le cas de ce travail.

Dans tous les cas, il ressort des deux articles cités que pour décharger des eaux usées dans un milieu récepteur, elles doivent être traitées à leur sortie des établissements concernés de façon à être débarrassées de toute substance toxique ou nocive à la santé publique, à la faune ou à la flore. Malheureusement, il n'en est pas ainsi dans le cas présent ; il est donc opportun de proposer un plan d'action permettant de réduire les impacts des activités de l'IFG-TG sur l'environnement marin et côtier.

TACHE 1

DETERMINATION DE LA NATURE ET DES VOLUMES DE DECHETS ASSOCIES A L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES



2. Détermination de la nature et des volumes des déchets associés aux mines de phosphates

International Fertilizers Group-TOGO (IFG-TG) exploite une mine de phosphates à ciel ouvert située à 35 km du littoral togolais. Son usine de traitement (Laverie) est située en bordure de mer à Kpémé localité à 40 km Est de Lomé. Sur les sites miniers, les stériles ou déblais des découvertures sont utilisés pour remblayer les zones d'extraction à l'arrière-front avec réhabilitation par plantation des espèces à croissance rapide comme eucalyptus. Sur le site industriel de Kpémé, le traitement (à l'eau de mer) de ce phosphate à gangue essentiellement argileuse, génère des déchets (boues de lavage) qui sont directement déversés dans la mer et qui représentent 90 % des rejets industriels de Kpémé.

Le phosphate togolais est l'un des gisements naturels les plus riches en phosphate tricalcique. Il est donc très utilisé dans la fabrication d'engrais à haute teneur en anhydride phosphorique. Il est aussi apprécié dans le domaine de la production de l'acide phosphorique. En effet, les conditions de sa transformation le situent parmi les phosphates les intéressants aussi bien sur le plan industriel que sur le plan économique. Ainsi :

- sa granulométrie très fine autorise une utilisation sans broyage préalable lors de l'attaque acide ;
- grâce à sa composition chimique, la consommation de l'acide lors des attaques est modérée ;
- sa faible teneur en anhydride carbonique et matière organique entraîne la non-utilisation d'antimousses.

2.1. Exploitation du gisement

2.1.1. Extraction du minerai brut

L'extraction du minerai brut est réalisée simultanément sur les sites de Hahotoé ouvert en 1959 et de Kpogamé ouvert en 1973. Elle s'effectue à ciel ouvert après enlèvement d'une couche épaisse de terres mortes composées de terre barre, et de sables argileux et dont l'épaisseur varie de 7 à 45 mètres.

2.1.2. Traitement du minerai brut

Comme nous l'avons signalé à l'issue de la caractérisation chimique du minerai brut, le matériau venant de la carrière extractive est composé de deux parties à savoir la matière phosphatée qui est la partie ayant une valeur marchande et la matière non essentielle ou déchet (désignée dans le milieu industriel sous le nom de gangue). Elle est constituée en grande partie d'argiles.

Le traitement a pour objectif de séparer la matière phosphatée des impuretés. Ce traitement se fait par des procédés purement hydromécaniques en plusieurs étapes.

2.1.2.1. Traitement humide

Le phosphate brut est transformé dans un premier temps en pulpe par addition d'eau de mer, dans de gros cylindres (débourbeurs) animés de mouvements rotatifs. La pulpe subit deux coupures :

- une première coupure dite haute par criblage afin d'éliminer toutes les grosses particules.
- une seconde coupure dite basse par hydroclonage de manière à éliminer les particules fines non essentielles et constituées d'argile.

Le produit débarrassé de la fraction argileuse est ensuite introduit dans une essoreuse où il est centrifugé pour éliminer l'eau de mer et rincé à l'eau douce pour éliminer le chlore venant de l'eau de mer.

2.1.2.2. Traitement à sec

Le phosphate essoré est séché dans des fours portés à 800°C. Le matériau passe ensuite sur une bande magnétique pour éliminer les traces d'oxydes métalliques. Le traitement ci-dessus décrit n'utilise pas de produits chimiques. Il s'agit essentiellement d'un « lavage » avec de l'eau.

Les eaux de ce lavage sont prélevées dans la mer à 400 mètres de la côte (soit 77% des besoins en eau) et les eaux douces de rinçage sont pompées dans la nappe

phréatique (23% des besoins en eau). On évalue entre 11 et 12 millions de m³ par an les besoins en eau.

La quantité de phosphate marchand produite varie d'une année à l'autre. Mais elle a rapidement franchi le cap du million de tonnes seulement après cinq années d'exploitation (Tableau 4). Cette production représente 60% en masse du minerai brut. Actuellement on note une baisse de la production à cause des problèmes techniques dus essentiellement au vieillissement des machines.

2.1.2.3. Aperçu sur le traitement du phosphate à Kpémé

IFG-TG dispose de Cinq (5) lignes de traitement aux caractéristiques identiques qui dans les conditions optimales peuvent produire 3 à 3,5 millions de tonnes de produit marchand à haute teneur en phosphate tricalcique (ou Bone phosphate of Lime = BPL).

Le traitement ou lavage du phosphate brut à gangue argileuse (35% argile), utilise l'eau de mer pompée à 400 m du rivage par 3 pompes de marque BERGERON de 1200 m³/h chacune.

Tableau 4 : Evolution de la production du phosphate marchand (en tonnes) entre 1960 et 1970 et entre 1990 et 2000

Année	Quantité en tonnes	Année	Quantité en tonnes
1961	119 501	1991	2 964 642
1962	199 448	1992	2 075 078
1963	476 065	1993	1 794 305
1964	778 247	1994	2 181 489
1965	981 767	1995	2 569 103
1966	1 111 313	1996	2 703 715
1967	1 123 281	1997	2 631 353
1968	1 356 702		
1969	1 463 881		
1970	1 517 159		

Ce qui correspond à un débit global d'alimentation des cinq chaînes de 3000 m³/h avec une perte de charge de 20 % (accumulation de coquillages dans les tuyaux, vieillissement des pompes.....).

Ce lavage de phosphate (débouage, criblage, cyclonage) suivi de l'essorage – rinçage à l'eau douce puis séchage et éventuellement démagnétisation, génère quatre (4) types de rejets :

- rejets des refus aux cribles (= coupure haute à 2 ou 3 mm)
- rejets de cyclonage primaire (= coupure basse à 45 microns). Ces boues d'argiles phosphatées rejetées en mer représentent 90% des déchets du site industriel de Kpémé.
- rejets de fines poussières mélangées aux gaz de combustion par les cheminées et les envolements
- et les rejets de démagnétisation (stériles magnétiques) lorsque l'atelier marche

Le taux minier varie de 2 (au Siège Nord) à 5 (Siège Kpogamé) soit une moyenne de 3,5 m³/Tb.

2.2. Les déchets des refus aux cribles

Ces rejets aussi appelés "coupure haute" à 2 ou 3 mm des cribles constituent les fractions grenues des stériles de traitement. Ils sont composés de :

- blocs de calcaire ;
- conglomérats et grès latéritique ferrugineux ;
- mottes d'argile (Kaolinite ferrugineuses, attapulгите) ;
- Silice (grains de quartz) ;
- Coprolithes (excréments de poissons fossilisés) accompagnés de dents, vertèbres et autres pièces d'animaux fossilisées.

Ces déchets représentent en moyenne 2 % en poids (sur sec) du tout venant alimentant les chaînes. Ce qui correspond à 300 t/jour de déchets pour une marche à 5 chaînes soit 100 000 tonnes par an.

L'analyse chimique de ces déchets donne :

- teneur en P₂O₅ (Phosphate) : 20 à 25% ;
- teneur en Fe₂O₃ : 5 à 12 % ;
- teneur en alumine AL₂O₃ : 2 à 5 % ;
- la silice (SiO₂) est omniprésente en grains de sable.

Ces rejets qui n'ont pas de valeur commerciale sont utilisés pour le remblayage des anciennes carrières de sable et pour recharger les pistes de roulage dans le périmètre industriel.

2.3. Les boues phosphatées de lavage (surverses primaires)

Elles sont constituées d'argile phosphatée mélangée à l'eau de mer provenant de la coupure basse à 45 microns au niveau des cyclones primaires. Cette pulpe

contenant 10% de solides représente 90% des rejets de l'usine de traitement à Kpémé.

Comme mentionné plus haut leur volume est de 3000 m³/h avec une concentration moyenne de 85 g/l soit 5100 tonnes de solides quotidiennement rejetées dans la mer (ou encore 1 700 000 t/an).

La constitution minéralogique de ces boues est pour l'essentiel de l'argile (Kaolinite), la goethite, la glauconite, l'apatite (phosphate) et la silice.

L'analyse chimique complète d'un échantillon annuel de ces boues a donné les résultats ci-après :

P ₂ O ₅	(Phosphates en P ₂ O ₅)	%	13,90
SiO ₂	(Silice)	%	19,50
Al ₂ O ₃	(Alumine)	%	10,70
CaO	(Oxyde de calcium)	%	18,50
Cl	(Chlore)	%	11,30
Fe ₂ O ₃	(Fer total exprimé en Fe ₂ O ₃)	%	4,76
F	(Fluor)	%	1,35
C.or	(Carbone organique)	%	< 0,05
H ₂ O ⁺	(Eau de cristallisation)	%	7,4
H ₂ O ⁻	(Humidité à 105°C)	%	2,31
CO ₂	(Dioxyde Carbone)	%	0,57
K ₂ O	(Oxyde de Potassium)	%	0,58
MgO	(Oxyde de Magnésium)	%	1,81
MnO	(Oxyde de Manganèse)	%	0,02
Na ₂ O	(Oxyde de Sodium)	%	8,4
S	(Souffre total en SO ₃)	%	0,45
TiO ₂	(Oxyde de Titane)	%	0,58
U	(Uranium)	mg/kg	61
Cd	(Cadmium)	mg/kg	28

Les analyses ci-dessus montrent que ces boues (Schlamm) contiennent 13,90 % de P₂O₅ (30,37% BPL) ; 15,46 % de FerAl (R₂O₃) et 28 ppm de Cd (métal lourd).

2.4. Les rejets par les cheminées (poussières de phosphates) et envolements par les convoyeurs de stockage et chargement

Les rejets des cheminées sont constitués par les fines de phosphates mélangées aux gaz de combustion (CO₂). Ces rejets peuvent être plus importants lorsque le système de dépoussiérage n'est plus performant (colmatage des cellules de dépoussiérage, entrée d'air parasite avec effet de condensation, vieillissement des tubix etc.....)

A cinq chaînes et pour un débit moyen de 90 000 m³/h par ventilateur, le débit global des gaz des cheminées est de :

$$90\,000\text{ m}^3/\text{h} \times 5 = 450\,000\text{ m}^3/\text{h} \text{ (pour 5 Chaînes)}$$

Les concentrations solides des gaz mesurées (il y a 15 ans) ont donné 0,70 g/m³

Nous pensons qu'avec la vétusté des installations et l'analyse granulochimique des poussières de phosphates ramassées dans les chéneaux des toitures, une concentration de 1 g/m³ peut être atteinte. Ainsi les pertes par les cheminées peuvent être estimées actuellement à :

$$450\,000\text{ m}^3/\text{h} \times 1\text{ g}/\text{m}^3 \times 20\text{ h}/\text{j} = 9\text{ tonnes /jour} = 3285\text{ tonnes / an}$$

La granulométrie de ces rejets est comprise entre 25 et 100 microns et la concentration du CO₂ des fumées de 4%.

D'autres sources de poussières sont générées par les convoyeurs de stockage et chargement des navires sous l'effet du vent.

2.5. Les produits magnétiques (rejets magnétiques)

L'atelier de séparation magnétique est en arrêt depuis plus de 10 ans par manque de pièces de rechange. Ce qui nécessite un minage sélectif à l'extraction afin de réduire, la teneur en Fe₂O₃ de brut à l'extraction.

En opération l'atelier d'épuration magnétique génère en moyenne 0,50% du tonnage sortie Four en stériles magnétiques soit pour une production marchande de 9500 tm/j on obtient 47,5 t/j (environ 50 tonnes /jour).

Ces stériles magnétiques dont la taille des grains est supérieure à 200 microns titrent :

P ₂ O ₅ :	22%
Fe ₂ O ₃	28%

Tout comme les refus aux cribles, ils sont destinés aux remblais divers.

2.6. Répartition des différents rejets du site industriel de Kpémé

Tableau 5 : Les rejets

<u>Nature des rejets</u>	<u>tonnes/jour</u>	<u>Pourcentage</u>
* Refus aux cribles (coupure à 2-3 mm)	300	5,50
* Boues de lavage (Schlamms= - 45 microns)	5100	93,42
* Fines poussières des cheminées	9	0,16
* Stériles magnétiques	50	0,92
=====		
=		
TOTAL :	5459	100.00

Le tableau ci-dessus montre que les boues de lavage (Schlamms) représentent pour l'essentiel les déchets de l'Usine de traitement des phosphates du site industriel de Kpémé avec 93% en volume.

DRAFT



3. Analyse

physicochimique des boues et déchets liquides liés à l'exploitation des mines de phosphates dans le périmètre affecté. Délimitation de la zone affectée

3.1. Composition chimique des phosphates du Togo

3.1.1 Les apatites

Les phosphates du Togo sont des fluoroapatites.

On désigne sous le nom apatite, les composés dont la formule chimique générale est :



Dans cette formule :

Me désigne généralement un cation bivalent : Ca^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} ...

XO_4 un anion trivalent : PO_4^{3-} , As_4^3 , VO_4^{3-} , MnO_4^{3-} et

Y un anion monovalent : F⁻, OH⁻, Cl⁻, Br⁻....

Les apatites constituent une famille de composés isomorphes dont la fluoroapatite de phosphate est la plus abondante. Sa formule chimique est :



Une autre variété d'apatite phosphatée identifiée dans les milieux biologiques est l'hydroxyapatite de formule chimique :



Les apatites cristallisent dans le système hexagonal. Les apatites phosphocalciques (Me = Ca²⁺, XO₄³⁻ = PO₄³⁻) sont les plus intéressantes de par leur abondance et leur valeur économique.

3.1.2. Composition chimique des phosphates du Togo

La détermination de la composition chimique du minerai de phosphates du Togo a fait l'objet de plusieurs travaux dès la découverte du gisement. Cependant, il faut reconnaître qu'au départ il s'agissait essentiellement de déterminer la teneur du matériau en phosphates tricalcique.

Mais la prise en compte du problème de la dégradation de l'environnement par les rejets anthropiques en général et industriels en particulier a conduit les scientifiques à entreprendre des études beaucoup plus pointues sur la composition chimique des gisements de phosphates afin de voir s'ils ne renferment pas des éléments chimiques toxiques. C'est ainsi que certains de ces travaux ont montré que presque tous les minerais de phosphates actuellement commercialisés contiennent le cadmium comme l'indique le Tableau 6.

Tableau 6 : Quantité approximative du cadmium dans les roches phosphatées commercialisées

Pays d'origine	Quantité de cadmium en ppm	
	gamme	moyenne
Ancienne URSS	1	-
USA (Floride)	6-15	8
Maroc	8-75	22
Israël	15-30	23
Tunisie	25-35	30
Togo	42-80	55
Sénégal	66-95	75
USA (Idaho)	40-340	110

Selon les résultats de ces travaux, le gisement du Togo est classé parmi les plus riches en cadmium dans le monde. Une caractérisation physico-chimique systématique devenait indispensable pour confirmer ces chiffres.

C'est dans ce cadre que nous avons réalisé des travaux de caractérisation chimique des phosphates exploités du Togo.

Les résultats de l'analyse chimique élémentaire (Tableau 7) montrent que le minerai brut est un mélange de phosphate tricalcique (matériau valorisant), d'argiles [matérialisé par les forts taux de silicate (SiO_2) et d'aluminate (Al_2O_3)] et des traces de plusieurs métaux (dont le cadmium), du fluor et du carbonate.

Les mêmes analyses sur le minerai enrichi désigné sous le nom de « phosphate marchand » montrent que le traitement pour séparer les argiles du phosphate permet d'éliminer une grande partie de ces métaux lourds sauf le cadmium et le manganèse. Ces deux métaux appartiennent à la structure de la matière phosphatée grâce aux phénomènes de substitution inter cationique lors de la formation géologique du gisement.

Ces analyses élémentaires récentes confirment malheureusement les informations déjà disponibles sur la teneur en cadmium des phosphates du Togo.

Les analyses chimiques ont été complétées par une étude structurale complète qui nous a permis de conclure que les phosphates naturels exploités au Togo appartiennent à la famille des apatites. Il s'agit d'une fluoroapatite cadmiée et carbonatée.

3.2. Les boues du traitement

Les boues phosphatées résultant des différents traitements sont déversées directement dans la mer (Figure 9) par deux canaux :

- le premier est souterrain allant de l'usine de Kpémé et débouchant sur la mer au niveau du village de Goumou-Kopé.
- le second est à ciel ouvert partant de l'usine et déversant son contenu à quelques mètres du wharf de chargement du minerai marchand.

En considérant que la matière non essentielle représente environ 40% de la masse totale du minerai brut, nous pouvons, en partant des quantités produites du phosphate marchand et des volumes d'eau utilisés, estimer à plusieurs millions de m^3 , le volume de boue déversée annuellement dans la mer.

Tableau 7 : Composition chimique du minerai brut et du phosphate marchand du Togo

Composés Chimiques	Minerai brut	Phosphate marchand
CaO (%)	35,80	55,60
P ₂ O ₅ (%)	28,20	38,30
SiO ₂ (%)	12,50	2,10
Fe ₂ O ₃ (%)	7,20	0,03
Al ₂ O ₃ (%)	5,60	0,01
MgO (%)	3,80	0,01
K ₂ O (%)	2,60	0,02
Na ₂ O (%)	2,80	0,01
CO ₃ ²⁻ (%)	0,75	0,68
F ⁻ (%)	0,15	0,40
Cd (ppm)	49,00	58,00
Mn (ppm)	74,00	86,00
Zn (ppm)	35,00	3,50
Cu (ppm)	45,00	2,70

La caractérisation chimique de boues a fait l'objet plusieurs travaux dans le passé sous notre supervision. Elles sont composées en majorité d'argiles mais on y trouve également de la matière phosphatée. C'est ainsi que l'analyse chimique a révélé la présence d'éléments appartenant à la matière phosphatée ou aux argiles comme le phosphore (P), le fer (Fe), l'Aluminium (Al) ou le cadmium (Cd) (Tableau 8).



Figure 9 : Photo de déversement des boues de traitement des phosphates dans la mer à Goumou-Kopé (photo prise le 08/11/06)

La présence du phosphore et du cadmium dans ces boues signifie une perte de phosphates au cours de traitement. Du point de vue industriel, cette perte entraîne bien évidemment une baisse du rendement. Mais c'est surtout sur le plan environnemental que cette perte a des conséquences les plus graves à cause du rejet par exemple du cadmium dans la mer.

Tableau 8 : Teneurs de quelques éléments chimiques dans les boues (en mg par litre de boue)

Eléments chimiques	P	Fe	Al	Cd
Concentrations	7231,48	4676,14	5409,30	2,30

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel, qui apparaît comme une conséquence de l'activité humaine à travers les effets directs ou indirects. C'est ainsi que cette modification altère les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Elle affecte également l'homme directement ou indirectement à travers les ressources agricoles ou autres produits biologiques. Elle peut aussi l'affecter en altérant des objets physiques qu'il possède.

C'est pourquoi, compte tenu des rejets occasionnés par le traitement des phosphates, il devenait urgent de réaliser des études d'impact sur l'environnement (eaux, diversité biologique) de cette activité industrielle.

3.5. Délimitation de la zone affectée

L'activité industrielle liée aux phosphates est concentrée sur deux sites situés dans la région Sud-Est du Togo. Il s'agit de :

- la zone d'extraction du minerai brut (Hahotoé et ses environs) ;
- la zone du traitement du minerai brut (site industriel de Kpémé).

Les résultats des différentes études d'impact environnemental disponibles permettent de situer la zone la plus affectée par cette activité industrielle dans un rayon de vingt kilomètres autour de Kpémé soit toute la zone concernée par l'exploitation et le traitement du minerai. Cette délimitation prend en compte :

- le transport par le vent des particules de poussières et des gaz émis ;
- le transport des boues rejetées par les courants marins.

Partant de la situation géographique du site de traitement (à moins de dix kilomètres de la frontière du Bénin), on peut dire que les effets de dégradation de l'environnement s'étendent jusqu'à la partie Sud-Ouest du Bénin avec comme point de mire la ville de Grand-Popo et les villages situés à l'ouest de cette ville

ainsi que leur côte. Il reste à mener des études d'impact pour évaluer le degré de cette pollution.

En conclusion de cette étude d'impact nous pouvons dire qu'à l'état actuel des données scientifiques disponibles, même si les analyses effectuées ne sont pas exhaustives (par exemple manque de données sur les humains et les végétaux de la zone affectée) on peut affirmer que l'exploitation du gisement des phosphates a des conséquences négatives sur l'environnement, la santé de la population et sur la faune marine. Ces conséquences s'étendent au-delà des frontières du Togo à cause de la proximité de la zone industrielle avec la frontière de la République du Bénin. La recherche des solutions idoines à cette grave pollution devient un impératif. C'est ce que nous avons entrepris depuis quelques années et dont les résultats sont dans le chapitre 9.

DRAFT



4. Analyse physicochimique des poussières et déchets gazeux liés à l'exploitation des mines de phosphates dans le périmètre affecté. Délimitation de la zone affectée

4.1 Les poussières

La poussière est constituée de particules fines rejetées dans l'air lors du concassage des grosses particules du minerai brut mais aussi lors du séchage du minerai enrichi (Figure 10). Cette poussière est visible à plusieurs kilomètres de l'usine. Comme toute particule solide, les grains de poussière, même s'ils sont envoyés par le vent à plusieurs kilomètres de leur lieu d'émission, finissent par retomber naturellement sur les surfaces ouvertes tels que les sols, les eaux (de mer, des lacs, des rivières, des puits etc.) les végétations (Figure 11). Ces dépôts provoquent la pollution de ces milieux récepteurs.

La poussière en suspension dans l'air constitue une nuisance considérable, tant dans l'usine que dans le voisinage immédiat. Les niveaux de poussière sont les plus élevés dans les environs immédiats de l'usine, mais de la poussière a été observée en altitude à de nombreux kilomètres de l'usine. Des dépôts de poussière ont été observés sur la végétation au-delà des murs de l'usine et, dans les bâtiments de l'usine, ils atteignent souvent plusieurs centimètres.

La composition chimique de ces poussières est la même que celle du minerai (Tableau 9).

Tableau 9 : La composition chimique de ces poussières

Composés Chimiques	Minerai brut
CaO (%)	35,80
P ₂ O ₅ (%)	28,20
SiO ₂ (%)	12,50
Fe ₂ O ₃ (%)	7,20
Al ₂ O ₃ (%)	5,60
MgO (%)	3,80
K ₂ O (%)	2,60
Na ₂ O (%)	2,80
CO ₃ ²⁻ (%)	0,75
F ⁻ (%)	0,15
Cd (ppm)	49,00
Mn (ppm)	74,00
Zn (ppm)	35,00
Cu (ppm)	45,00



Figure 10 : Cheminée de l'usine de Kpémé dispersant des poussières de phosphates dans les villages environnants (Photo prise le 08/11/06)



Figure 11 : Aspect de la végétation couverte de poussières de phosphate dans la zone affectée (Photo prise le 08/11/06)

Cette pollution est la conséquence des rejets des poussières phosphatées et des gaz issus des combustions des hydrocarbures.

4..1.1. Sources de poussière

Les plus graves problèmes associés à la poussière sont observés à l'usine de traitement.

Les principales sources sont les suivantes :

- transport du phosphate par convoyeurs dans l'usine de traitement une fois le produit séché ;
- rejet de poussière par la cheminée des condensats ;
- dispersion du produit par le vent s'engouffrant dans l'entrepôt ;
- déchargement du convoyeur dans l'entrepôt ;
- production de poussière durant le chargement du produit dans les navires ;
- émissions à proximité des roues-pelles dans la mine ;
- le transport des remblais par les dumpers ;
- le terrassement ;
- le chargement des wagons et
- le transport par les trains du produit brut.

4.1.2. Voies et contaminants

La poussière et les contaminants qu'elle transporte peuvent s'introduire dans l'organisme de différentes façons :

- inhalation ;
- ingestion (de la poussière ou d'aliments contaminés par la poussière) ;
- absorption par voie cutanée.

Les risques pour la santé provoqués par la poussière sont associés aux niveaux de particules inhalées ainsi qu'aux niveaux de contaminants transportés par la poussière.

4.2. Délimitation de la zone affectée

La poussière est rejetée aussi bien au niveau des zones d'extraction qu'au niveau de l'usine. Dans le secteur Kpogamé et Hahotoé, les localités environnantes des mines de phosphates sont affectées très sérieusement par la poussière jaune qui pollue l'air affectant ainsi les personnes (ouvriers et habitants), les habitats, les puits, les eaux dans les bassines et les végétaux. Il s'agit des localités comme Kpogamé, Kpomé-Akadjamé, Kpomé -Agomé, Hahotoé, Sélédjimé, Agbati, Akoumapé, Abobo, Agbodrafo, Kpémé, Goumou Kopé, Badougbé...

En effet, Akadjamé étant situé au Nord du site, assiste fréquemment à des levées de poussière bien que l'intensité de la poussière n'ait plus la même ampleur qu'auparavant. Les villages concernés sont submergés par les vagues de poussière qui constituent leur lot quotidien depuis que l'exploitation est à leurs portes.

TACHE 2

ETUDE BIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DE LA FLORE ET DE LA FAUNE DE L'ENVIRONNEMENT MARIN COTIER AFFECTE PAR L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES



5. Etude biologique et écologique de la flore de l'environnement marin et côtier affecté par l'exploitation des mines de phosphates. Délimitation de la zone affectée

5.1. Inventaire complet des paramètres écologiques et biologiques

5.1.1. Modèle du paysage et structure du sol

La mine de phosphate est sous-jacente aux plateaux de Kpogamé et de Vogan-Attitogon. Les mouvements importants de terre suite aux travaux d'extraction dans les carrières à ciel ouvert laissent en place des monticules géantes et stériles et des crevasses qui dénaturent complètement le paysage. Ce relief des formations artificielles est constitué de : collines, plateaux artificiels et bas-fonds.

- **les collines artificielles**, atteignant parfois 275 mètres d'altitude, résultent de l'accumulation de morts-terrains issus des découvertures supérieure et intermédiaire surplombant le terrain naturel. Elles s'étendent sur 1141,66 ha sur l'ensemble des deux carrières. Ces collines sont caractérisées par une large base et arrondie et un sommet quelque peu effilé. Les zones, en arrière du front de taille, remblayées en cordons de déblais présentent des

cônes en forme de buttes géantes, parfois accolés les uns aux autres et atteignant parfois 186 mètres d'altitude ;

- **les plateaux artificiels** résultent des remblais en plate forme. Ils s'étendent sur 1014,25 ha et constituent des zones moins accidentées. Les sols présentent des fentes par endroits dues à la modification de la structure du sol des remblais. Les zones des plateaux sont relativement faciles d'accès et sont séparés par des fossés ;
- **les bas-fonds** s'étendent entre les immenses monticules, de formes variées, remplies d'eaux croupissantes, permanentes pour la plupart. Ces eaux sont fortement eutrophisées. On y trouve des crocodiles et certaines espèces de poissons. Ce sont des zones difficiles d'accès.

Les sols de la zone minière sont actuellement soumis à une forte dégradation suite à des perturbations de leur structure. Cette modification structurale résulte de la mauvaise remise en état des lieux après exploitation. En effet, dire qu'une terre est actuellement dans une situation donnée signifie qu'elle est comparée à la même terre qui n'était pas dégradée ultérieurement (Brabant, 1992). La dégradation des sols consiste en des modifications de leur structure physique et de leur nature chimique sous l'effet des phénomènes de l'érosion hydrique et éolienne. Les facteurs anthropiques, surtout les travaux d'exploitation et la surexploitation des sols, s'ajoutent à ces deux phénomènes dans la zone d'étude et accélèrent cette dégradation.

Depuis 1990, l'OTP, puis l'IFG-TG procède à la restauration et à la réhabilitation des mines. Le terrain est nivelé et reboisé (les travaux de reboisement sont toutefois arrêtés depuis l'an 2000).

A Kpogamé, la méthode de remise en état utilisée consiste à mélanger les trois couches supérieures de morts - terrains entres elles (couche organique, terre de barre et sables silteux). Toutefois, la matière organique de ce mélange est très faible parce que la couche organique contribue relativement peu à l'ensemble. Par conséquent, le sol obtenu reste très peu productif. On y a planté des eucalyptus, une essence non indigène.

A Hahotoé, une fois le phosphate extrait, la couche de sables silteux est redéposée au fond de la carrière. Ensuite, la terre de barre et la couche végétale sont mélangées et déposées dessus. Ici également, la capacité de production des terres n'est pas restaurée car la couche végétale n'a pas été sauvegardée. On y a planté des Acacias.

5.1.2. Déchets liquides

Par ces rejets liquides, les industries d'extraction et de traitement du phosphate figurent parmi les plus polluantes au Togo (PNUD, 1990, cité par le PNAE, 2001).

Eaux de lavage du minerai de phosphates

Le phosphate brut contenant 20 à 30% d'argile est transformé en pulpe par addition d'eau de mer et d'eau douce pour respectivement le débarrasser de sa gangue argileuse et le rincer pour éliminer le chlore apporté par l'eau de mer. Ainsi, le traitement des phosphates du Togo se fait par tamisage séparant la fraction riche en phosphate des déchets. Ces derniers sont estimés à 40 % du minerai brut. Ne disposant pas de station d'épuration, les eaux usées issues du lavage et du rinçage du phosphate sont directement rejetées dans la mer au niveau de Kpémé.

D'après les estimations faites en 1990, il a été révélé qu'avec sa capacité de production, l'usine rejetait 70.000 à 100.000 m³ d'eaux usées mélangées à 2.400 tonnes d'argile et 480 tonnes de sable par jour. Déjà en 1978, dans un travail effectué sur le Golfe de Guinée, il avait déjà été souligné le déversement régulier des effluents entraînant un dépôt de boue aux abords des côtes du village de Kpémé dans la préfecture des Lacs, qui donnait une coloration jaunâtre à la mer et augmentait sa turbidité sur une longue distance jusqu'au-delà de la frontière béninoise. En 1992, le Rapport national sur l'état de l'environnement au Togo avait aussi pour sa part mis l'accent sur le caractère que présentait cette pollution marine de Kpémé, Aného et jusque sur les côtes béninoises.

Huiles usées et hydrocarbures

L'extraction des phosphates nécessite l'utilisation des machines et des véhicules pour lesquels des lubrifiants (graisses, huile à moteur etc..) sont employés pour la maintenance. Les signes de déversements (tâches de fuel et de lubrifiants) sont visibles sur les sites. Toutefois, les quantités déversées n'ont pas fait l'objet d'enquêtes. Ces huiles usées sont répandues dans la nature et sont probablement drainées par les eaux de ruissellement vers les cours d'eau qui se jettent ensuite dans la mer.

5.1.3. Déchets solides

Le système de traitement de l'usine trie les grains et élimine ceux qui sont supérieurs à 3 mm. Cette fraction solide comportant des métaux lourds (Cd, Pb etc..) servent à la réfection des pistes et routes de la région. Ces rebuts sont visibles depuis Agbodrafo jusqu'au delà de Goumou Kopé. Ils sont également entreposés sur les points critiques de la côte dans le but de lutter contre l'érosion côtière.

Par ailleurs, d'autres déchets solides constitués par des équipements entraînent la pollution des environs des sites d'extraction et de traitement.

En effet, il existe un magasin de stockage des équipements électriques de IFG se trouvant à Hahotoè, site du gisement de phosphate à 40 km; latitude Nord de 06°21'21" et la longitude Est de 001°23'49" (relevés GPS). Le magasin dont la surface est de l'ordre de 40x12 m² est en béton avec un plancher en béton. Le site

est isolé par une clôture en béton. Cependant, les équipements sont déposés à même le sol.

Le site abrite les bâtiments de l'administration et les ateliers. Par conséquent la présence de transformateurs à PCB entraîne des risques d'exposition pour le personnel qui y travaille. Le déplacement de certains transformateurs crée des risques de contamination d'un autre site.

Un autre site de dépôts des transformateurs usagés de IFG se trouve à l'usine de traitement de Kpémé à 40 km de Lomé en allant à Aného, latitude Nord de 06°12'46" et longitude Est de 001°30'46" (relevés GPS). La surface du site est de l'ordre de 30x30 m² à l'air libre et à ciel ouvert avec un plancher en béton et partiellement protégé par une clôture en grillage.

Les dépôts sont entre les bâtiments et les ateliers du site d'exploitation du phosphate. Les activités s'y déroulent. Sur le site où se trouvent les transformateurs à PCB, des fuites sont visibles et la terre est imprégnée d'huile. Il y a des risques d'exposition et risque de contamination des sols, du sous-sol et des eaux souterraines.

Notre dernière visite semble nous indiquer que certains transformateurs ont été déplacés. On risque alors de créer un autre site.

Les deux sites étaient sous la responsabilité de la Compagnie Togolaise des Mines du Bénin (CTMB) créée en 1961. L'entreprise est devenue l'Office Togolaise des Phosphates (OTP) en 1974. A partir de février 2002 et après privatisation le site est géré par le groupe International Fertilisers Group (IFG).

Des pneus usagés et matériels roulant (véhicules hors d'usage) sont retrouvés un peu partout dans la nature dans la zone d'extraction du phosphate.

5.1.4. Nuisances acoustiques

L'extraction du minerai de phosphate se fait avec des engins lourds qui émettent des bruits assourdissant dans presque toute la zone. Le fonctionnement du système mis en place pour le convoi des phosphates extraits des carrières vers les lieux de chargement est également une source de nuisance acoustique. L'acheminement des phosphates depuis les carrières vers l'usine de traitement se fait par des trains. Lors de leur passage, ces trains constituent aussi des sources de nuisance car le bruit émis par leur circulation est perçu dans presque toute la zone du littoral.

5.2. Sommaire et analyse des paramètres

5.2. 1. Couverture végétation et qualité du sol

5.2.1.1. Données du problème

L'exploitation des phosphates, entamée en 1961, a entraîné la perte de plusieurs milliers hectares de terres cultivables. La modification de la structure des sols a conduit à une perturbation de l'écosystème de la région. Les sols sont devenus arides et ne permettent pas la régénération de la végétation. On assiste alors à une pénurie de terres cultivables et à la surexploitation des terres. La pression sur la végétation est maintenue, conduisant à un phénomène de savanisation continue.

Les résultats ont été obtenus en se basant sur les calculs des surfaces végétales à partir des cartes topographiques (feuille de Lomé au 1/50 000). En 1952 les forêts galeries de la région couvraient 1422,63 ha soit 5,8% de la superficie totale de la zone (Djangbedja, 2000). A cette même date les fourrés avaient une superficie de 2969,20 ha soit 12,11% de la superficie totale (Tableau 10 et 11). Le reste de la zone (savanes, zones de cultures et habitées) représente au même moment 20 124,16 ha soit 82% de la superficie totale. Les résultats montrent qu'en 1954 la superficie des forêts galeries et des fourrés était relativement importante car la densité de la population était faible (environ 4 hbts/km²). L'exploitation des phosphates n'avait pas encore commencé.

Une analyse comparative de la végétation en 1979 montre que la surface occupée par les fourrés est passée de 12,11% à 2,55%. En cette même période, les savanes et les zones de culture passent de 82% de la superficie totale à 97,23%. Les forêts galeries ont presque disparu (Figures 12 et 13).

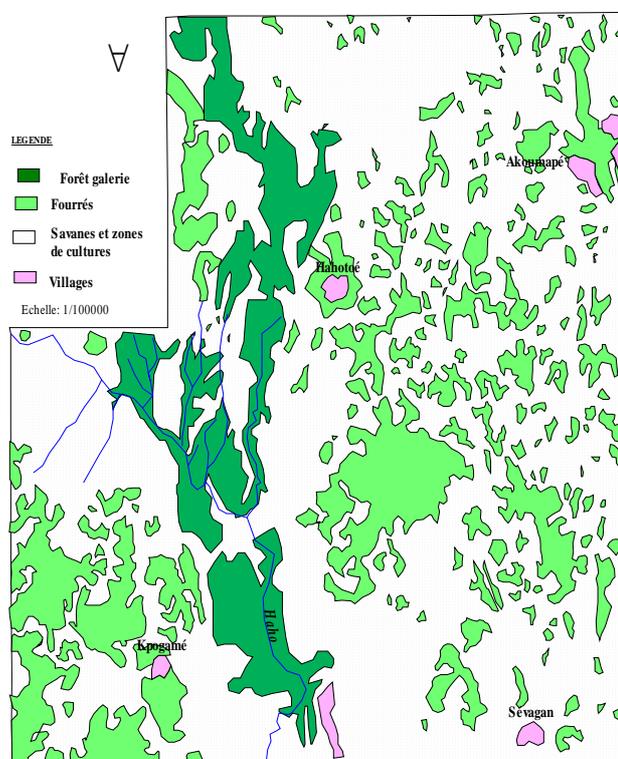
Tableau 10 : Superficies des forêts galeries, des fourrés et des savanes en 1952

Formation végétale	Surface (en ha)	Surface (%)
Fourrés	2969,2	12,11
Forêts galeries	1422,63	5,8
Savanes et zones de cultures	20124,16	82,09
Superficie totale	24516	100

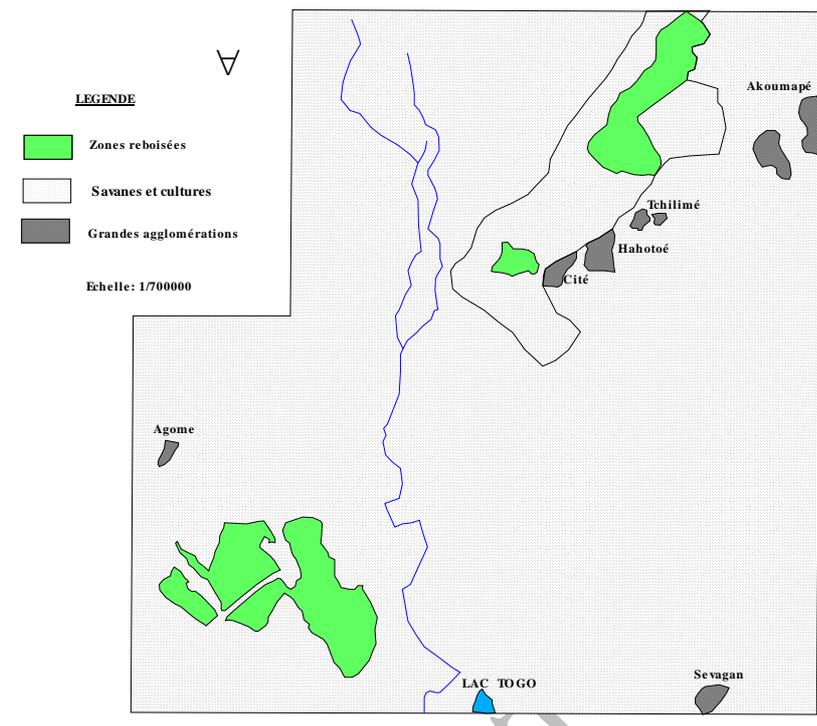
Tableau 11 : Superficies des forêts galeries, des fourrés et des savanes en 1979

Formation végétale	Surface (en ha)	Surface (%)
Fourrés	625,38	2,55
Forêts galeries	53,16	0,22
Savanes et zones de cultures	23837,46	97,23
Superficie totale	24516	100

Cette dynamique s'explique en partie par la pression humaine que subissent les différentes formations à la suite de la forte croissance démographique dans le milieu et par l'effet des travaux d'exploitation que connaît la région au fil des années. En 1952, la densité de la population était faible, de l'ordre de 4 habitants/km². En 1979, elle passe à 350 habitants/km².



Source : Carte topographique Lomé Id
Figure 12: Etat de la végétation en 1952



Source : OTP, 1998

Figure 13 : Etat de la végétation en 2000

Les résultats obtenus à partir de nos enquêtes sur le terrain indiquent qu'actuellement toutes les forêts ont disparu, les fourrés ont reculé et ont fait place à la savane.

Evolution de la flore en fonction de l'âge de l'exploitation

Les profils indicés montrent qu'entre 1990-1998, qui correspond aux exploitations les plus récentes, c'est *Panicum maximum*, très représentée dans les savanes (61 contact-espèces) qui est l'espèce indicatrice. Des fourrés à *Eupatorium odoratum* (23 contact-espèces) et des fourrés à ligneux dont les espèces caractéristiques sont *Chassalia kolby* (8 contact-espèces), *Mallotus oppositifolius* (40 contact-espèces) sont parfois dispersées dans cette formation graminéenne.

Les sites exploités entre 1980 et 1990 sont marqués par l'installation d'autres graminées pérennes notamment *Andropogon gayanus* var. *gayanus*. (35 contact-espèces) dans les parties drainées et *andropogon gayanus* var. *bisquamulatus*. (3 contact-espèces) dans les parties hydromorphes. On y trouve quelques ligneux sur les flancs des buttes tels que *Ceiba pentandra*, *Nauclea latifolia*.

Les toutes premières carrières ouvertes (1970-1980, et 1960-1970) sont envahies par des fourrés denses si les activités humaines ne sont pas intenses. Des espèces comme *Carissa edulis* (28 contact-espèces), *Grewia carpinifolia* (26 contact-espèces) et *Millettia thonningii* (15 contact-espèces), *Hoslundia opposita* (15 contact-espèces).

Dans ces fourrés, les espèces actuellement utilisées pour reboiser le site (*Acacias auriculiformis*) sont présentes, suite à des régénérations naturelles.

Ces observations montrent que la pression humaine dans les anciennes carrières phosphatières accentue le phénomène de savanisation. En effet l'exploitation des phosphates consomme beaucoup d'espaces et crée, par conséquent, une pénurie de terres cultivables. Il en résulte une forte emprise de l'homme sur les terres déjà dégradées. Aussi, la charge démographique et la surexploitation des terres maintiennent cette pression en permanence sur les carrières et le couvert végétal.

D'une façon générale, la flore algale des côtes togolaises est composée en majorité des *Chromophytes* (Bandje, 2004) (Xanthophycées et surtout Bacillariophycées ou *Diatomophycées*). Les travaux du même type autour indiquent que la composition en *Chromophytes* des stations de Kpémé et d'Aného N'ylessi est dominante par rapport aux autres stations. Round (1973) explique que la présence dominante des *Chromophytes* dans un milieu est indicatrice de pollution. Au Togo, aucun usage n'est lié aux Algues.

A côté de cette flore algale marine, on note dans la zone du littoral l'existence des algues d'eaux douces ou d'eaux saumâtres. Dans ces milieux, ont été identifiées 31 espèces appartenant à 4 embranchements, réparties en 12 familles. Les genres les plus représentés sont *Scenedesmus* (4 espèces), *Navicula* (4 espèces), *Cosmarium* (2 espèces), *Endorina* (2 espèces), *Lyngbya* (2 espèces), *Oscillatoria* (2 espèces), *Pandorina* (2 espèces) et *Peridinium* (2 espèces).

Pénurie du bois

La principale source d'énergie dans la région est le bois. La collecte du bois qui se faisait auparavant dans les champs n'est plus possible à cause de l'occupation des terrains par l'entreprise. Les femmes sont contraintes d'aller plus loin pour chercher du bois. Certaines d'entre elles viennent couper frauduleusement le bois dans les plantations monospécifiques d'*Acacia auriculiformis* de l'IFG-TG. Cette crise du bois résulte de la dégradation des ressources végétales consécutives à l'exploitation.

Structures du sol

Avant l'extraction, les sols étaient connus comme sablo-argileux présentant une structure grumeleuse et une adhésion moyenne. Ils étaient caractérisés par une bonne perméabilité, une porosité inter granulaire, une bonne pénétration radiculaire. Mais suite à l'exploitation le caractère des sols se trouvent profondément modifiés, rendant ces sols peu propices à l'agriculture surtout celle du type traditionnel.

Tableau 12 : Résultats de l'analyse des sols

	Echantillons des sols	PH
N°1	Sols des remblais de 1960	6,78
N°2	Sols des remblais de 1965-1975	6,50
N°3	Sols des remblais de 1980	6,60
N°4	Sols des remblais de 1990	4,90
N°5	Sols des zones reboisées	5,10
N°6	Sols des zones reboisées	6,30

Tableau 13 : Caractère des sols avant l'extraction des phosphates

- Texture :	Sablo-argileuse
- Structure :	Grumeleuse
- Consistance :	Adhésivité moyenne et forte plasticité par endroit
- Perméabilité :	Bonne
- Enracinement :	Peu abondant mais bonne pénétration radiculaire
- Activité biologique :	Bonne
- Horizons :	Uniformes
- Passage :	Diffus
- Profil :	Non perturbé

Source : Direction de la Recherche agronomique, (1983)

Tableau 14 : Les sols des remblais

Remblai datant de moins de 10 ans	Remblai datant de plus de 10 ans
- Texture argilo-sableuse	- Texture sablo-argileuse
- Structure : massive	- Structure : grumeleuse
- Consistance dure	- Consistance friable
- Perméabilité faible	- Porosité faible (bétons par endroit)
- Enracinement faible	
- Fente de dessiccation	- Beaucoup de cailloux dont certains sont altérés.
- Beaucoup de cailloux en surface	- Passage distinct
- Relief ondulé	

Source : Direction de la Recherche agronomique, 1983

Les remblais datant de moins de 10 ans présentent une structure argilo-sableuse. Cela est dû au fait que lors du remblayage le profil vertical du sol a été profondément bouleversé, les couches les plus profondes (argileuses) se trouvant en surface. C'est la présence de ces argiles à la surface des sols qui explique aussi leur structure massive avec une consistance dure et une faible perméabilité, favorisant ainsi la séparation par les eaux de ruissellement. Ces sols se distinguent des premiers par un enracinement difficile, les fentes de dessiccation en saison sèche et de petits cailloux en surface provenant des zones grumeleuses.

Pour ce qui est des remblais datant de plus de 10 ans, les sols sont argilo-argileux. L'appauvrissement de la partie supérieure en argile provient de la migration verticale des éléments de la fraction argileuse (Kaolinite, quartz très fin, hydroxydes) par lessivage. La consistance est généralement friable et la porosité faible.

Le sol où cohabitent les racines des végétaux, les animaux et les micro-organismes est un assemblage complexe de substances minérales et organiques, de gaz et d'eaux à l'intérieur duquel se déroulent simultanément des phénomènes de dégradation et de synthèse : c'est donc un milieu vivant et en constante évolution. Il est constitué de particules absorbantes (résultant de l'association d'humus et d'argile) qui fixent les bases et les éléments nutritifs afin de les maintenir disponibles pour les végétaux. A l'intérieur d'un sol, les éléments peuvent se déplacer vers le fond, sous l'effet des pluies : c'est le lessivage ; vers la surface, sous l'effet de dessèchement intense de remontées de nappes d'eau ou l'action des animaux et des végétaux qui puisent en profondeur les éléments en les restituant en surface : ce sont les cycles biogéochimiques. Ces déplacements peuvent être accélérés ou freinés par le climat (pluvieux ou sec, chaud ou froid) par la perméabilité du sol par le type d'humus formé mais aussi par l'action de l'homme conditionnant en majeure partie l'état de l'équilibre du sol (Bâ, 1995).

5.3. Délimitation de la zone

En ce qui concerne la flore, la pollution de l'environnement marin engendrée par l'exploitation de l'usine de phosphates, présente un caractère transfrontière. Par l'effet des courants marins, les mélanges de déchets rejetés par l'usine sont drainés jusque dans les eaux marines des pays voisins à l'est. Cette pollution est ressentie jusqu'à Grand-Popo au Bénin et est visible par la coloration de la mer sur près de 400 mètres de la côte. Ainsi, les pollutions marines qui résultent de la situation géographique de l'usine de Kpémé et de la direction du transit littoral, perturbent surtout l'environnement côtier béninois (Assemboni-Ogunjimi, 2004).

Par ailleurs, la pollution visuelle serait observée jusque près des côtes nigériennes. En effet, l'étude menée par Johnson en 1987 avait abouti à la délimitation de la zone polluée par les effluents. Elle s'étendrait en longitude d'Ouest en Est sur 28,7 km à l'intérieur des frontières nationales, puis jusqu'environ 48,3 km de la frontière nigérienne et présente une latitude d'environ 6 km. Une autre étude a affirmé que la coloration jaunâtre était observable dans les eaux côtières du Togo, du Bénin et du Nigeria dans une frange de 500 mètres sur une distance d'environ 250 kilomètres. Ce qui prouve que la pollution transfrontière entre le Togo et ces pays voisins dont notamment le Bénin, est ainsi établie (Assemboni-Ogunjimi, 2004).

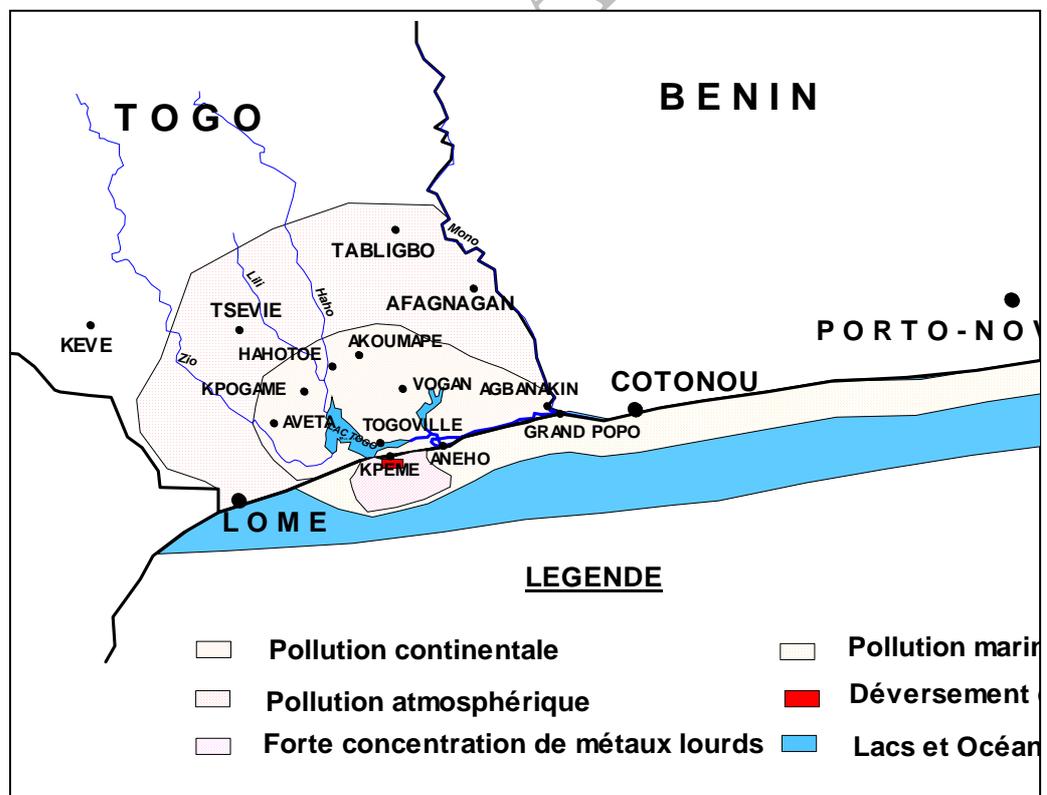


Figure 14 : Zone affectée



6. Etude biologique et écologique de la faune de l'environnement marin et côtier affecté par l'exploitation des mines de phosphates. Délimitation de la zone affectée

6.1. Evolution de la faune : richesse spécifique animale

L'analyse de la bibliographie existante révèle que la faune mammalienne de la zone d'exploitation des phosphates était très diversifiée (Baudenon, 1949 a et b); une vingtaine d'espèces réparties en neuf principales familles y étaient couramment rencontrées (Tableau 15). Cette richesse spécifique s'expliquait par la diversité des habitats fauniques (forêts galeries, fourrés, savanes guinéennes...)

Au cours des sorties de terrain, aucune espèce de grande faune n'a été directement observée par l'équipe ni attestée par les enquêtes zoologiques (traces, pelotes, empreintes...). La grande faune (Onglés, *Cercopithecidae*...) naguère très abondante est pratiquement extirpée de la zone sous l'action conjuguée de la disparition des habitats, de la forte pression de chasse et du braconnage. De nos jours, on ne peut encore rencontrer qu'une demi douzaine d'espèces de mammifères de moyenne taille sur les sites. Il s'agit de la Civette (*Viverra civetta*), des Mangoustes (*Herpestes*

sp.) la Genette (*Genetta sp.*), du lièvre à oreilles de lapin (*Lepus crawshayi*), de l'Écureuil fouisseur (*Xerus erythropus*), du Cricétome (*Crycetomys gambianus*). Encore, faut-il signaler que la plupart des taxons ne sont plus représentés que par quelques individus seulement.

Tableau 15 : Inventaire de la faune mammalienne terrestre de la zone d'exploitation des phosphates

Familles / Espèce	Noms communs	Occurrence	
		Avant	Après
		exploitation	
Bovidea			
<i>Sylvarcarpra grimmia</i>	Céphalophe de Grimm		
<i>C. monticola</i>	Céphalophe bleu		
<i>Cephalophus niger</i>	Céphalophe noir		
<i>C. sylvicultor</i>	Céphalophe à dos jaune		
<i>Kobus (adenota) kob</i>	Cobe de Buffon		
<i>Tragelaphus scriptus</i>	Guib harnaché		
<i>Tragelaphus spekei</i>	Guib d'eau		
<i>Syncerus caffer</i>	Buffle d'Afrique		
Cercopithecidae			
<i>Cercopithecus aethiops</i>	Vervet		
<i>Erythrocebus patas</i>	Singe rouge		
<i>Galago senegalensis</i>	Galago du Sénégal		
<i>G. demidovii</i>	Galago de Demidovii		
Viverridae			
<i>Nandinia binotata</i>	Nandine		
<i>Genetta genetta</i>	Genette		
<i>Civettictis civetta</i>	Civette		
Hespestidae			
<i>Crossarchus brune</i>	Crossarche brune		
<i>Herpestes ichneumon</i>	Mangouste ichneumon		
Hyracoidea			
<i>Dendrohyrax arboreus</i>	Daman d'arbre		

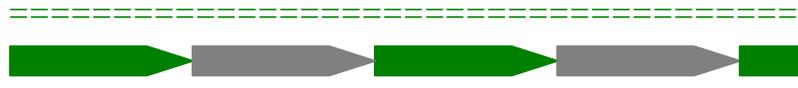
La faune aviaire s'est également appauvrie en raison de l'"uniformisation" de l'habitat.

6.2. Délimitation de la zone affectée

Les études réalisées sur la faune montrent que la pollution de l'environnement marin et côtier engendrée par le fonctionnement de l'usine de phosphates présente un caractère transfrontière semblable à celui observé dans le cas de la flore (cf. 5.3).

TACHE 3

EVALUATION DES IMPACTS SOCIOENVIRONNEMENTAUX DE L'EXPLOITATION DES MINES DE PHOSPHATES SUR LES RESSOURCES BIOLOGIQUES ET LES ECOSYSTEMES MARINS ET COTIERS DANS LA ZONE AFFECTEE



7. Evaluation des impacts socio-environnementaux des effluents de phosphates sur les ressources biologiques et les écosystèmes marins et côtiers dans la zone

7.1. Introduction

Dans le but de contrôler la pollution marine et côtière occasionnée par les activités d'exploitation des mines de phosphates qui rejettent des effluents non traités dans les eaux côtières du Togo et surtout de conserver la diversité biologique et d'améliorer la qualité des eaux dans la zone affectée, le projet GP/RAF/04/004/21-09, intitulé « Réduction des rejets des mines de phosphates du Togo dans le GCLME » a été initié.

L'une des tâches de ce projet est « l'évaluation des impacts socio environnementaux des effluents de phosphates sur les ressources biologiques et les écosystèmes marins et côtiers dans la zone affectée ».

Pour ce faire, une étude a été menée en février 2007 dans la zone concernée.

7.2. Description générale de la zone d'étude

7.2.1. Localisation et présentation de la zone d'étude

La zone d'étude comprend les plateaux du bassin sédimentaire côtier et le domaine margino-littoral.

La zone est présentée par le tableau 16 (localités et coordonnées GPS) et la carte de la Figure 15.

Tableau 16 : Les localités concernées par l'exploitation du phosphate et leurs coordonnées GPS

Localités	Coordonnées GPS	
Séwatsri kopé	N 06°13'35.9"	E 001°30'51.2"
Kpomé-Akadjamé	N 06°19'45.6"	E 001°20'22.5"
Anecho	N 06°13'41.5"	E 001°36'09.9"
Assou kondji	N 06°13'03.8"	E 001°32'46.8"
Badougbe Adjamé	N 06°14'16.3"	E 001°30'50.8"
Hahotoé	N 06°21'29.0"	E 001°23'48.4"
Dagbati	N 06°28'56.4"	E 001°29'53.7"
Ekpui	N 06°15'10.7"	E 001°26'52.3"
Agbozo kpedji	N 06°26'58.2"	E 001°30'03.3"
Kpomé-Agomé	N 06°20'03.1"	E 001°20'34.3"
Hahotoé villag	N 06°21'40.0"	E 001°24'31.7"
Goumou kopé	N 06°12'51.7"	E 001°31'57.4"
Kpémé	N 06°12'45.9"	E 001°30'16.1"
Asso Apéganmé	N 06°28'11.3"	E 001°28'30.0"
Akodessewa	N 06°20'23.1"	E 001°23'51.6"
Togoville	N 06°14'01.1"	E 001°28'40.8"
Sagada	N 06°25'43.5"	E 001°30'39.5"
Sevagan	N 06°17'52.5"	E 001°25'38.7"
Tchilimé	N 06°22'35.7"	E 001°25'24.1"
Selédjimé	N 06°27'20.2"	E 001°30'21.8"
Akoumapé- Apéyeyemé	N 06°22'51.5"	E 001°25'38.8"
Tokponou	N 06°28'14.6"	E 001°29'00.2"
Vogan	N 06°20'01.6"	E 001°31'49.1"
Atapé zogbé	N 06°25'24.3"	E 001°30'52.8"

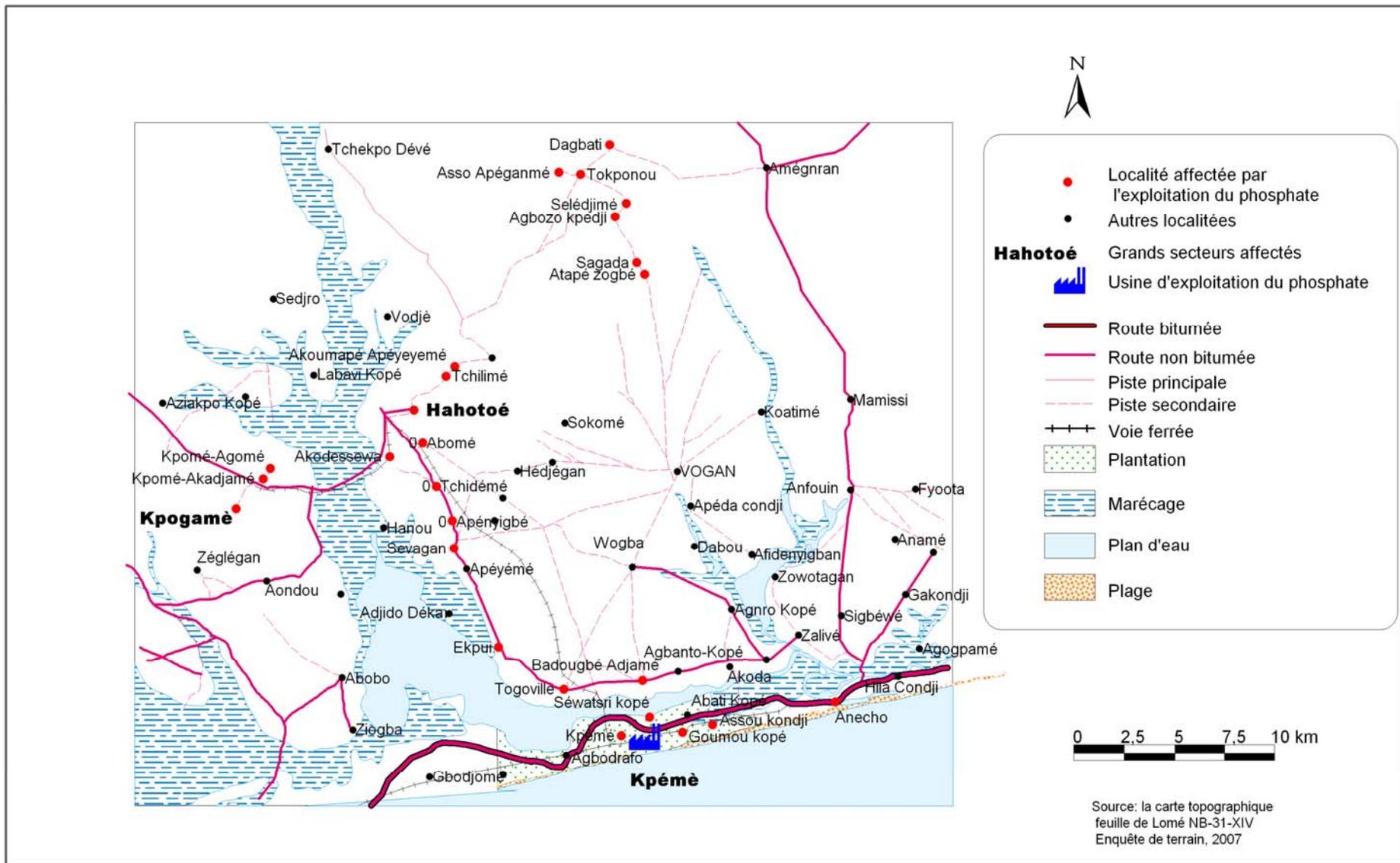


Figure 15 : Zone d'étude et localités affectées

7.2.2. Activités économiques dans la zone

L'agriculture demeure l'activité primordiale des habitants de la zone. Elle est qualifiée de traditionnelle avec un nombre élevé de petites exploitations individuelles ou familiales. L'installation de projets de développement rural et la naissance de groupements assistés d'ONG a permis une légère augmentation de la productivité agricole au cours des dix dernières années. Les moyens de cultures sont les moyens matériels traditionnels : l'attelage, les engrais, les semences et les pesticides.

Le maïs constitue la principale céréale cultivée. Son rendement est en régression à cause de la pauvreté des sols et surtout de son exigence en eau. Le manioc qui constitue le principal tubercule est à la base de la production du gari (aliment principal de base). La plupart de la production est destinée à l'auto-consommation. D'ailleurs, elle ne suffit pas pour couvrir les besoins de la population. Le manioc est cultivé surtout à cause de son adaptation au régime pluviométrique. Les légumineuses sont produites pour la plupart par des maraîchers rassemblés en groupements. La pratique du maraîchage par les jeunes ou les paysans devient de plus en plus courante. Ce regain d'intérêt pour le maraîchage s'explique par le chômage très élevé chez les jeunes et surtout par le souci de freiner l'exode rural. Le maraîchage s'observe surtout autour des points d'eau et dans les grandes villes. Les principales cultures sont : gombo, tomate, gboma, piments, crinrin, oignons, laitues, etc.

L'élevage pour sa part n'est pas bien développé et porte essentiellement sur les ruminants (bovins, ovins, caprins). Il constitue une activité secondaire et se fait à petite échelle au niveau des familles. Les pâturages naturels sont constitués de jachères faites de Pennisetum le long des cours d'eau et sous les palmeraies. Dans les différentes localités, l'élevage de porcins est présent.

Dans la zone d'étude, la pêche se pratique d'une façon artisanale, le plus souvent avec une pirogue et un filet.

L'artisanat est un secteur important de l'économie mais mal connu. Sa contribution dans la formation du PIB (Produit Intérieur Brut) est difficile à évaluer. Selon la nature des matières premières principalement employées ou travaillées on peut distinguer sept (7) catégories de métiers dans l'artisanat de la zone à savoir : les métiers de métaux, les métiers de bois, les métiers de textile, les métiers de cuir, les métiers de l'alimentation et les métiers d'art graphique.

Les activités commerciales sont orientées vers la vente de produits de première nécessité et celle de produits alimentaires. En dehors de ce type de commerce, il y a celui qui tourne autour de la vente de produits manufacturés en provenance pour l'essentiel du Nigeria.

7.2.3. Régime foncier

La disponibilité en terre n'est pas la même par entité préfectorale ou cantonale. En conséquence, les modes d'accès à la terre sont différents d'un secteur à un autre. Dans la zone où la pression foncière est la plus forte, on note la prépondérance des modes d'accès donnant lieu à des transactions financières ou à des rentes en nature et à l'inexistence de la propriété collective des terres. Le marché foncier y est très développé et les litiges très fréquents. Le marché foncier est soit moyennement développé ou pratiquement inexistant dans la zone à pression foncière faible. Pour l'instant et au regard des informations disponibles, deux régimes fonciers régissent l'utilisation des terres dans les différentes localités : le régime foncier coutumier et le régime foncier moderne.

Dans le régime foncier coutumier, la terre a un caractère sacré et est considéré comme telle. Dans un tel contexte, l'antériorité de l'installation ou l'occupation primitive permet au premier occupant d'avoir le droit de "propriété" sur le domaine occupé. Ce droit ne peut donner lieu à une transaction marchande compte tenu du caractère collectif et sacré issu de la croyance de l'appartenance des terres à un génie.

En général, la gouvernance traditionnelle relative au régime foncier coutumier est fondée sur un certain nombre de principes à savoir que :

- la terre est sacrée et inaliénable. Mais, ce principe a évolué de nos jours surtout dans les zones urbaines et semi – urbaines où la terre est devenue un objet marchand et de spéculation ;
- les pouvoirs du chef de terre sont prédominants. Le chef de terre en tant que responsable de la terre assure les pouvoirs de distribution des terres et de règlement de litige foncier. Il effectue les rites et offrandes de la terre ;
- le droit de l'exploitant est en général précaire dans la mesure où l'autorisation d'exploiter une portion de terre est presque toujours limitée à un simple droit d'usage assorti de restrictions (par exemple, le bénéficiaire ne peut planter des arbres sur la terre qui lui est cédée ou cueillir les fruits des arbres se trouvant dans le domaine à lui octroyé ou faire toute autre installation pérenne. Toutefois, dans certains cas, le détenteur coutumier autorise l'exploitant à planter les arbres avec la condition qu'ils partageront les fruits ou qu'il héritera de la plantation après le départ de l'exploitant ou qu'il deviendra propriétaire de la plantation après une période (années) d'exploitation par l'usufruitier ;
- le droit de propriété acquis du fait de l'antériorité de l'occupation est transmissible de génération en génération ;
- la souplesse caractérise les transferts des droits sur la terre. Ces transferts ne sont pas enfermés dans un formalisme étroit comme l'édictent les règles du code civil dans le cadre du droit positif.

Dans un tel contexte, les modes d'accès à la terre sont divers et variés. On distingue selon les données de la documentation les modes d'accès à la terre suivants :

1. l'héritage : il est consacré par le transfert du patrimoine foncier aux descendants de sexe masculin. De façon générale, il est un mode patrilinéaire de succession. L'explication qu'on en donne est que les enfants de sexe masculin restent à la maison et perpétuent la famille ;
2. le don : c'est un mode d'accès qui confère les droits durables d'exploitation. Il se fait entre les membres d'une même famille, par les maris à leurs épouses, ou entre amis et alliés ;
3. la location : c'est l'utilisation de terre qui oblige l'exploitant à payer une contre partie pour l'exploitation d'un domaine. Le paiement peut être sous forme monétaire ou en nature. Par exemple, l'entretien d'une plantation du propriétaire par l'emprunteur ;
4. le métayage : c'est le fait qu'un propriétaire terrien laisse sa propriété à un exploitant sous la condition que celui-ci paie une rente en nature représentant une fraction de la récolte. Cette fraction est généralement le tiers de la production du métayer ;
5. le gage : c'est le mode d'accès par lequel un propriétaire de terre cède sa terre à un exploitant en prenant à celui-ci un montant d'argent qu'il retournera avant de rentrer à nouveau en possession de sa terre.

Ce régime foncier coutumier a été complété par le régime foncier moderne au lendemain des indépendances. C'est en fait un régime d'immatriculation des terres qui est issu de la loi 65-25 du 14 août 1965, elle-même calquée sur le décret du 26 juillet 1932 portant réorganisation du régime de la propriété foncière en Afrique Occidentale Française (AOF). Cette loi stipule que seul le détenteur de titre foncier a le droit de propriété sur la terre.

7.2.4. Les paramètres socio environnementaux et leurs impacts sur la zone

7.2.4.1. La pollution des eaux

Le rejet se fait au niveau de l'usine de lavage par un canal en béton par lequel les égouts coulent pour se déverser dans la mer (figure 16). Il s'agit de cadmium, de fluor, de phosphates et de principaux sels divers. La marrée jaune qui en résulte a une largeur de 100 à 200 mètres et est observable à plus de 12 km surtout du côté Est de Kpémé à Aného.

Elle a des impacts défavorables probables sur la faune aquatique (maritime et lagunaire) et est observable même dans la lagune au niveau de l'embouchure à Aného.

Les villages bordant le littoral et qui abritent essentiellement des pêcheurs en sont victimes : il s'agit de Kpémé, Goumoukopé, Assoukondji, Séwatsrikopé, Aného etc...

7.2.4.2. Pollution optique des eaux de mer

Ce qui frappe le visiteur qui traverse la façade atlantique du territoire togolais est le changement progressif de la couleur des eaux de mer au fur et à mesure qu'on s'approche de l'usine de traitement des phosphates à Kpémé. On passe de la couleur bleue (couleur normale des eaux) à une couleur gris-foncée sur les lieux de rejet des boues phosphatées (Figures 16 -18).

En effet, malgré l'immensité de la mer, lieu de rejet des boues et du dépôt d'une partie des poussières émises lors du traitement et l'importance de la dilution dans ce milieu, le paramètre couleur est une illustration visible et évidente des conséquences des rejets de l'activité industrielle des phosphates.

7.2.4.3. Modification des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer

Le but de cette étude est de mettre en évidence par des mesures physico-chimiques, la différence entre les valeurs de certains paramètres de l'eau mer non contaminée et de celle prélevée dans la zone de déversement des boues. Les paramètres mesurés sur les deux eaux sont : le pH, la turbidité, la conductivité, la densité, le taux de solide, la concentration en boue. Les résultats obtenus (Tableau 17) montrent que, l'eau de mer normale qui est basique (pH =8.7), devient légèrement acide sous l'action de la pollution (pH = 6,5), la turbidité passe de 14,2 NTU pour l'eau non polluée à 60 103 NTU pour la polluée. La densité, le taux de solide et la concentration ont subi également des modifications donnant ainsi un aspect trouble à l'eau dans la zone affectée.



Figure 16 : Rejet de la boue dans la mer



Figure 17 : la marée jaune occasionnée par la boue à Kpémé au lieu de traitement
(photo prise le 8 novembre 2006)



Figure 18 : Couleur de l'eau de mer : à Agbédrafo à 5 km du lieu de traitement.
(Photos prises le 8 novembre 2006).

Tableau 17 : Comparaison de quelques paramètres de l'eau entrant (eau de mer à 400 m) et de l'eau de mer sur la côte au lieu du rejet à Goumoukopé.

Paramètres étudiés	Eau entrant (prélevée à 400 m de la côte	Eau de mer prélevée aux abords de la côte à Kpémé
pH	8,7	6,5
Conductivité (en s.cm ⁻¹)	5 10 ³	5 10 ³
Turbidité (NTU)	14,2	60 10 ³
Densité par rapport à l'eau	1,01	1,06
Taux de solide (%)	-	9
Concentration en boue (g/l)	-	95,4

7.2.4.4. Evaluation de la teneur des eaux en certains composants chimiques

Dans le souci d'évaluer l'impact des rejets sur la composition chimique de l'eau, le dosage de certains composants chimiques contenus dans le minerai dans les eaux de différents points (mer et puits) de Kpémé a été réalisé. Pour mettre en évidence l'étendue des conséquences des prélèvements ont eu lieu dans d'autres points tout au long de la côte togolaise. Il est aussi important de préciser que l'échantillonnage de l'eau de mer a été effectué sur les côtes contrairement à l'eau de mer de lavage (prélevée à 400 m de la côte).

Dosage des métaux dans les eaux de mer.

Certains éléments métalliques contenus dans le minerai de phosphates ont été analysés dans les échantillons d'eau prélevés sur le site de traitement (Kpémé), à Lomé situé à 35 kilomètres de Kpémé et à Aného à environ 10 kilomètres de Kpémé. Les résultats au niveau de Kpémé où les teneurs sont les plus élevées (Tableau 18), montrent que la présence des éléments chimiques analysés dans ces eaux est en grande partie due aux rejets des déchets phosphatés.

Cette pollution ne se limite pas à la zone industrielle. Elle atteint d'autres villes ou village de la côte togolaise. Cependant, les concentrations de tous les éléments diminuent au fur et à mesure qu'on s'éloigne du site de traitement.

Mais au-delà des chiffres c'est la présence des éléments comme le cadmium qui est inquiétant à cause la toxicité de cet élément chimique.

Tableau 18 : Concentrations du Calcium (Ca), du Fer (Fe) de l'Aluminium (Al) du Cadmium (Cd) dans les eaux de mer à Kpémé, Aného et Lomé (en ppm)

Site	Ca	Fe	Al	Cd
Kpémé	1 600 000	2100	5010	12,00
Aného	980 000	130	817	3,50
Lomé	500 000	20	97	< 1,00

7.3. Paramètres socio environnementaux secondaires et impacts

7.3.1. La dégradation des terres

Dans les secteurs de Kpogamé et de Hahotoé, des milliers d'hectares sont complètement dégradés par l'exploitation de phosphate et ne sont plus propices à l'agriculture.

Cette exploitation crée des lacs artificiels très pollués par le phosphate (figure 19 et figure 20).

La population utilise malheureusement ces eaux polluées pour les besoins domestiques. La végétation est détruite entraînant ainsi des effets indirects sur la population et sur les écosystèmes marins et côtiers (phénomène de l'effet de serre).



Figure 19: dégradation des terres



Figure 20: lac artificiel jaune dû à l'extraction du phosphate

7.3.2. Le rejet de la fumée

Dans le secteur Kpémé, la fumée pollue également l'environnement. En effet la fumée dégagée par l'usine de phosphates agit indirectement sur les écosystèmes marins et côtiers et sur la population.

7.3.3. Le bruit

Le transport depuis les sites d'exploitation jusqu'au centre industriel de Kpémé, est assuré par des rames de 36 Wagons tractées par des locomotives diesels électriques de 1200 chevaux. Près de 900 tonnes de minerai brut sont aussi acheminées par chaque convoi.

Lors du transport les localités avoisinantes des rails sont affectées par les sifflements du train. Le transport de phosphate s'effectue de jour comme de nuit.

S'agissant du bruit des machines, les populations d'Akadjamé et de Kpomé en ont souffert lorsque l'exploitation se faisait aux abords immédiats de leurs villages. Actuellement ce sont les populations de Selédjilé et environs qui sont confrontées à ce problème.

LES POINTS CRITIQUES DE LA ZONE AFFECTÉE PAR L'EXPLOITATION DU PHOSPHATE

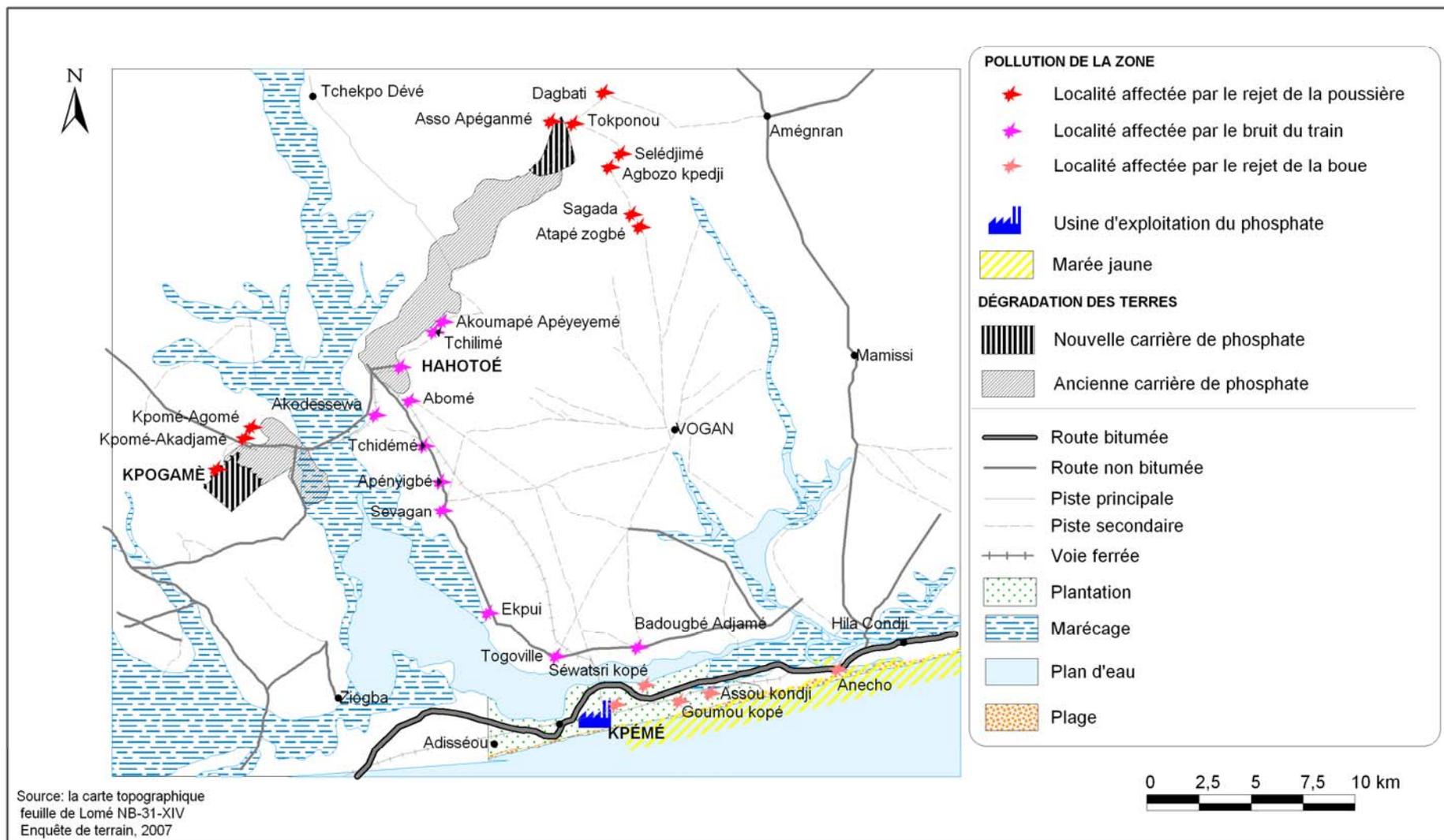


Figure 21: Cartographie des points chauds

7.4. Les conséquences sur la santé humaine

7.4.1. Impact de la pollution chimique sur la santé humaine

7.4.1.1. Les effets du fluor

Nous avons constaté, au niveau des villages où les prélèvements d'eau ont été effectués, une coloration marbrée des dents chez plusieurs enfants. Cette coloration est connue dans les milieux médicaux sous le nom de fluorose dentaire (Figure 22). Elle est provoquée par une forte bioaccumulation de l'élément fluor par l'organisme.

Nous pouvons donc lier cette maladie à la présence du fluor dans l'environnement à cause des rejets phosphatés.

Selon les explications fournies par les habitants de la zone au cours de nos enquêtes, la couleur marbrée des dents apparaît chez les enfants à partir de la chute des dents de lait environ à l'âge de 6 ans. Ceci prouve qu'il faut un temps nécessaire et une quantité de fluor accumulée par l'organisme, pour que les troubles se manifestent.

La bioaccumulation chez les habitants est due à des facteurs comme la respiration des poussières de phosphate, la consommation de l'eau de puits dans les villages où le système de distribution d'eau traitée n'existe pas et par la consommation des produits de la mer contaminés comme nous allons le constater ci-dessous.

7.4.1.2. Les effets du cadmium

Au Togo, aucune étude épidémiologique sur les effets du cadmium sur la santé des populations riveraines de la zone industrielle des phosphates n'a jusqu'à ce jour été réalisée. Cependant il existe dans la littérature plusieurs publications sur les effets toxicologiques de ce métal lourd. En effet, le cadmium n'est pas un métal essentiel à la vie de l'homme comme le sont le cuivre, le zinc, le fer ou le calcium.

Le cadmium peut s'introduire dans le corps humain soit par inhalation soit par injection dans l'appareil gastro-intestinal. C'est ainsi que dans les industries la respiration d'air contenant des particules ou des vapeurs de cadmium est souvent à l'origine des pneumopathies, des néphropathies reconnues comme des maladies professionnelles. L'injection dans l'appareil digestif se réalise par la consommation d'eau et d'aliments contaminés.



Figure 22 : Photos de dents de fluorose à divers stades de la maladie chez des enfants à l'école primaire publique de Séwatsricopé (Photos prises en octobre 2005)

Compte tenu des rejets de poussières et des conséquences mises en évidence sur la présence du fluor dans la zone affectée par le traitement des phosphates, on peut, même sans preuves d'une étude épidémiologique systématique, dire qu'il y a de sérieux risques de bioaccumulation du cadmium par les populations de la zone.

L'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) classe en terme de toxicité, le cadmium après le mercure.

Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (P.N.U.E.) vient d'entreprendre des études scientifiques sur la toxicité et l'état de la gestion du mercure, du cadmium et du plomb en vue d'élaborer une convention sur ces trois métaux lourds comme étant des polluants chimiques de haute toxicité au même titre que les Polluants Organiques Persistants (POPs). Au niveau du Togo, nous avons été associés à l'élaboration de ce document scientifique pour le compte du PNUE.

7.4.2. Pollution par les poussières

Les particules solides émises sous forme de poussières restent en suspension dans l'atmosphère avant de retomber sur les surfaces. Au moment où elles sont dans

l'atmosphère, elles contribuent à modifier la composition chimique de la troposphère qui contient de l'air que les être vivants respirent.

Les plus graves problèmes associés à la poussière sont observés à l'usine de traitement. Les principales sources sont les suivantes :

- transport de phosphate par convoyeurs dans l'usine de traitement, une fois le produit séché ;
- rejet de poussière par la cheminée des condensats ;
- dispersion du produit par le vent qui s'engouffre dans l'usine,
- déchargement du convoyeur dans l'entrepôt ;
- production de poussière durant le chargement du produit dans les navires ;
- émissions à proximité des roues-pelles dans l'usine.

De façon générale, toutes les industries extractives et particulièrement celles des mines de phosphates, participent amplement à la dispersion de poussières sédimentaires dans l'atmosphère (calcite, quartz, feldspaths, gypse, etc.). Ces poussières constituent dans la zone du littoral, une des sources de pollution atmosphérique. Les conséquences de cette pollution sont désastreuses, non seulement au point de vue de perturbation du mésoclimat, mais aussi sur le plan agronomique (dégâts aux cultures par d'importants dépôts de poussières sur les organes reproducteurs et végétatifs) et sur la santé publique. Parmi les affections chroniques dont se plaignent beaucoup plus les populations riveraines, on peut citer la bronchite, l'emphysème, l'asthme et autres manifestations allergiques.

L'émission de poussière en suspension dans l'air tant dans l'usine et son voisinage immédiat que dans la mine constitue une nuisance considérable. La poussière provient essentiellement du transport du phosphate traité par convoyeurs dans l'usine, des cheminées des condensateurs, des entrepôts sous l'action du vent, mais aussi de la mine à proximité des roues-pelles et des camions de transport de stériles.

L'inhalation de poussière menace directement la santé des personnes autant à l'intérieur et à l'extérieur de l'usine que dans la mine et son voisinage. La non disponibilité des appareils de mesure sur place et les délais impartis pour cette étude ne nous ont pas permis de pouvoir évaluer la quantité de particules rejetées dans l'atmosphère. Toutefois, les enquêtes menées auprès des populations de la zone minière révèlent que la poussière est la deuxième préoccupation après celle liée aux problèmes fonciers. En 2005, 283 cas de consultation au niveau des services de santé de la mine sont relatifs aux affections respiratoires. Il s'agit essentiellement des bronchites chroniques, des rhinites et dermatites allergiques, des conjonctivites, des laryngites et des pneumopathies. A l'usine, c'est la poussière qui a le plus d'impact négatif sur la santé des populations touchées par la pollution (Kinvi, 2000).

Par ailleurs, la poussière des phosphates est riche en métaux lourds. Le contaminant le plus inquiétant que l'on trouve dans cette poussière est le cadmium. Selon une étude de la banque mondiale (1998), les eaux de lavage des

phosphates du Togo renferment une concentration de 0,328 mg/l de cadmium, soit un rapport de 3 avec la norme de la banque mondiale ou 65 fois la norme tunisienne. Ce rejet est estimé à 5,58 tonnes de cadmium par an, ce qui représente une quantité énorme de ce polluant (Thiombiano, 2002).

Les analyses de minerais montrent des résultats variables suivant les échantillons. Une analyse faite par Tchassanti (1999) par absorption atomique montre une composition de 42 µg de cadmium/g de minerais brut et 47 µg cadmium/g de minerais traité.

Des dépôts de poussière ont été observés sur la végétation au-delà des murs de l'usine. Dans les bâtiments de l'usine, ils atteignent plusieurs centimètres. L'enquête a montré que les rendements des cultures (maïs et manioc surtout) ont été affectés à 52% par la poussière lors des travaux d'exploitation. Ceci confirme les résultats des travaux de Komex (1997) qui ont déterminé les teneurs de cadmium dans les sols d'un champ de ferme au nord-est de l'usine de traitement. Ce rapport trouve que les niveaux de cadmium dans ce sol étaient 30 fois supérieurs au critère canadien pour les terres agricoles.

La poussière est rejetée aussi bien au niveau des zones d'extraction qu'au niveau de l'usine.

Dans le secteur Kpogamé et Hahotoé, les localités environnantes des mines de phosphates sont affectées très sérieusement par la poussière jaune qui pollue l'air affectant ainsi les personnes (ouvriers et habitants), les habitats, les puits, les eaux dans les bassines et les végétaux.

Il s'agit des localités comme Kpogamé, Kpomé-Akadjamé, Kpomé -Agomé, Hahotoé, Sélédjimé...

En effet, Akadjamé étant situé au Nord du site, assiste fréquemment à des levées de poussière bien que l'intensité de la poussière n'ait plus la même ampleur qu'auparavant. Les villages concernés sont submergés par les vagues de poussière qui constituent leur lot quotidien depuis que l'exploitation est à leurs portes (figure 23).

S'agissant de l'eau, excepté Kpomé Apéyéyé, les populations de Akadjamé, de Agomé, de Sélédjimé souffrent cruellement d'eau potable. Les eaux de puits ne sont pas buvables. L'eau de puits a pris une couleur blanchâtre voire laitance.



Figure 23: rejet de poussière

7.4.3. Pollution par les gaz

Les gaz signalés sont des composants gazeux quantitativement minoritaires dans l'atmosphère. Mais malheureusement, suite aux différentes activités anthropiques en général et industrielles en particulier, leurs concentrations dans cette atmosphère augmentent régulièrement et de façon inquiétante dans l'atmosphère. Ces rejets contribuent à la modification de la composition chimique de l'atmosphère. C'est ainsi que selon les travaux des Experts Togolais de 2001, l'émission par exemple du dioxyde de carbone (CO₂) due aux activités anthropiques dans l'atmosphère a connu une augmentation régulière au cours de la décennie 90 (Tableau 19). Le secteur industriel dont l'industrie des phosphates a contribué de façon significative à ce rejet du dioxyde dans l'atmosphère.

Tableau 19 : Quantité de CO₂ émis (en Gg) au Togo dans les années 90 avec la mise en évidence de la contribution du secteur industriel

Sources	Années						
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Toutes les sources	14 567,80	17 186,90	19 222,50	21 242,04	23 706,20	28 391,70	29 200,70
Secteur Industriel	369,80	164,80	420,20	403,53	376,30	263,00	357,00

7.4.3.1. Les gaz

En plus des rejets d'origine minérale, il faut ajouter les rejets gazeux. Les gaz émis sont les résidus de la combustion des hydrocarbures utilisés pour faire fonctionner les machines et autres engins roulants tels que les locomotives qui convoient le minerai brut de la carrière d'extraction à l'usine de traitement.

En effet d'après l'inventaire réalisé par un groupe d'Experts Togolais sur les origines et les émissions de gaz à effet de serre en 2001, les unités industrielles sont citées comme l'une des sources d'émissions de ces gaz.

D'après les travaux de ces experts, les gaz concernés sont :

- le dioxyde de carbone (CO₂) ;
- le monoxyde de carbone (CO) ;
- le méthane (CH₄) ;
- l'oxyde nitreux (N₂O) ;
- les oxydes d'azote (NO_x) ;
- le dioxyde de soufre (SO₂) ;
- les composés organiques volatiles non méthaniques (C.O.V.N.M.).

A ces gaz il faut ajouter les traces du plomb (Pb) contenu dans les hydrocarbures.

Au Togo, l'exploitation des phosphates est la plus grande unité industrielle du pays. Elle représente de ce fait, la principale source industrielle d'émission de ces gaz.

7.4.3.2. Impact de la pollution des gaz : Effet de serre

L'émission des composants gazeux a un effet indirect sur la biodiversité. Il s'agit du phénomène de l'effet de serre dont certains gaz émis sont responsables (CO₂, CH₄, N₂O, etc.) ou précurseurs (CO, NO_x, COVNM).

En effet, l'effet de serre est un phénomène naturel au niveau de la troposphère. Il contribue à retenir une partie de la chaleur solaire par le biais du pouvoir absorbant de ces gaz. Ce qui permet de réchauffer la surface terrestre. Dans les conditions naturelles la concentration de ces gaz dans la troposphère est faible d'où un réchauffement modéré de la terre. Mais avec le développement et la diversification des sources de rejets de ces gaz à cause des multiples activités anthropiques notamment industrielles, la teneur de l'atmosphère en ces gaz devient de plus en plus élevée comme on l'a constaté au niveau national. Cette élévation de la concentration des gaz à effet de serre contribue à renvoyer plus de chaleur vers la surface de la terre. C'est pourquoi nous assistons actuellement à un réchauffement de la terre. Les conséquences de ce réchauffement sont les changements climatiques et leurs corollaires sur la diversité biologique.

7.5. Les Impacts sur les écosystèmes

Impact sur la végétation

- Intensité forte liée à la savanisation de la zone au détriment des forêts et à l'envahissement de la zone par les espèces exotiques.
- Durée longue liée au fait que la végétation initiale ne se reconstitue pas depuis le début des travaux.
- Etendue locale correspondant aux zones d'exploitation et de dépôt de stériles.
- Valeur forte en raison de la perte de certaines ressources phytogénétiques et de certains arbres à valeur culturelle importante (arbres des couvents) par les populations appelées à se déplacer.

La tendance générale est une régression ou une disparition complète des îlots forestiers et autres formations naturelles du littoral. En effet les résultats montrent qu'il s'agit d'une dégradation, puisque la végétation naturelle a fait progressivement place à des formations de savanes.

La principale préoccupation des paysans est la confiscation des terres pour l'exploitation du phosphate. Le Tableau 20 montre que 1417,3 ha de terres agricoles sont occupées pour l'exploitation et 1162,29 ha pour le dépôt des stériles de découverte supérieure à la date de fin décembre 2005. Ceci aggrave la situation déjà alarmante en raison de la démographie galopante que connaît la zone. On assiste alors à la pénurie de terres cultivables et la population paysanne n'a que les remblais accidentés impropres à l'agriculture. Cette pénurie conduit à une absence ou une rareté de jachères, et par conséquent à une surexploitation des terres et à une diminution des rendements. Les enquêtes menées dans les villages recasés ont révélé que cette situation conduit à une paupérisation des populations avec une pénurie alimentaire en raison du non paiement régulier des frais de location des terrains occupés pour l'exploitation. Plus de 95% des paysans affirment que le dédommagement proposé par l'IFG-TG reste largement en deçà de la valeur réelle des terrains occupés.

Tableau 20: Dégradation du couvert végétal du secteur Hahotoé - Kpogamé

Formation végétale	Superficie (en ha et en %)				Perte ou gain ?
	1952		1978/ 1979		
Fourrés	2969,2	12,2%	625,4	2,5%	- 2343,8 (79%)
Forêt galerie	1422,6	5,8%	53,2	0,2%	- 1370,4 (96%)
Savanes et zones de cultures	20124,2	82%	23837,4	97,3%	+ 3713,2 (18,4%)
Superficie totale	24516,0	100%	24516,0	100%	

Source : Djangbedja, 2000

Par ailleurs, la disparition progressive des forêts galeries a entraîné l'assèchement des zones humides et marécageuses et le tarissement des cours d'eau de la région. Ce tarissement des cours d'eau tue les poissons et empoisonne les animaux qui viennent s'abreuver. En effet la végétation joue un rôle de régulateur thermique et pluviométrique important. La disparition de la végétation empêche ce rôle thermique et dégrade le micro climat. La baisse de la pluviométrie des dix dernières années, les irrégularités et le retard de la saison de pluies, en disent long sur la modification que subit le climat de la zone. En outre, le sol étant devenu nu en raison de la l'absence de la végétation l'eau de la nappe peut monter par capillarité et s'évaporer. A ces facteurs, il faut aussi ajouter que le ruissellement a pris le pas sur l'infiltration. Tout cela favorise l'abaissement de la nappe phréatique et cause de nombreux problèmes d'eau dans la région. Ce tarissement de la nappe phréatique diminue l'humidité des rivières.

Impact sur le paysage

- Intensité forte par les effets de coupure liés à la hauteur des collines formées.

- Durée longue : les collines restent sur place après les travaux et même après l'arrêt des travaux d'exploitation.
- Etendue zonale, car les collines s'étendent au-delà des limites de l'exploitation.
- Valeur forte par les effets d'éblouissement permanent de la vue.
- Gravité forte.

Impact sur la structure et sur la stabilité des sols

- Intensité forte : excavation de terre sur 2533,12 hectares à une profondeur variable entre 7 et 40 mètres de découverte.
- Durée longue : les terres excavées n'ont pu retrouver leur état initial depuis plus de 45 ans.
- Etendue zonale : 1141,66 hectares de terres sont recouvertes par des dépôts de stériles sur terrain naturel.
- Valeur forte en raison des dégâts socio-économiques qu'ont entraînés ces travaux par la perte de 3674,78 hectares de terres agricoles.
- Gravité forte.

Impact sur les sols

- Intensité forte en raison des fortes pentes que présentent les versants des collines qui atteignent parfois 275 mètres d'altitude.
- Durée longue : l'érosion se poursuit plusieurs années après les travaux donnant lieu à des ravins de plus de 3 mètres de profondeurs.
- Etendue zonale : elle affecte les zones de dépôts qui n'appartiennent pas à l'exploitation.
- Valeur forte : les sols ne sont plus propices à l'agriculture et les populations éprouvent beaucoup de difficultés pour y accéder et les mettre en œuvre.
- Gravité forte.

7.6. Déchets liquides

7.6.1. Matières organiques

Le traitement des phosphates se fait par écrémage du minerai en rejetant dans la mer d'importantes quantités de sédiments et en mettant en dépôts des volumes considérables de découvertes et de stériles. Le rejet de cet effluent riche en matières organiques crée un panache marin de couleur jaune qui s'étend sur une longue distance jusqu'au-delà de la frontière béninoise. Actuellement, les grosses particules issues de l'usine de traitement des phosphates (diamètre supérieur à 3 mm) sont entreposées sur les points critiques de la côte dans le but de lutter contre l'érosion côtière. Ces matières de rebuts étant légèrement radioactives, leur lessivage fait passer du cadmium dans la mer et dans les eaux continentales.

Cette décharge dans l'océan de matières provenant de mines provoque les principaux effets suivants :

- turbidité (solide en suspension) ;
- couverture du fond de l'océan (plus précisément le fond du plateau continental) ;
- contamination de l'eau ;
- contamination de la flore et de la faune aquatique (morts de poissons).

Ces effets peuvent donner lieu à des conséquences secondaires suivantes :

- modification des habitats ;
- diminution de la productivité ;
- perturbations de la chaîne alimentaire ;
- modification des pêcheries.

7.6.2. Modification des pêcheries

A l'origine, le déversement des déchets phosphatés dans les eaux marines était censé favoriser le développement des activités de la pêche (Kounetsron & Seddoh, 1987) grâce à un enrichissement du milieu en éléments nutritifs.

Les informations recueillies auprès des pêcheurs révèlent plutôt qu'il y a une détérioration des prises de poissons dans les eaux côtières. Selon ces pêcheurs, la chute spectaculaire de la production halieutique constatée proviendrait d'un éloignement des bancs de poissons suite aux rejets des déchets de traitement du phosphate dans la mer (ATAS, 1998) ; certaines espèces de poissons seraient disparues des captures. Ce constat tendrait à confirmer les observations des chercheurs européens qui ont trouvé que la pollution de l'eau de mer, quelle que soit son origine a un effet négatif sur les rendements des pêcheries (Ramade, 1995).

Que révèlent les données officielles fournies par les Services de la Direction des Pêches du Togo ? Il faut préciser que, malheureusement, il n'y a pas eu de suivi régulier des activités de pêche sur la façade maritime du Togo avant les années 80 ; les premières données précises sont de 1983-1984 où des observations mensuelles de l'effort de pêche et des captures avaient été entreprises. Pour cette période, les débarquements totaux avaient été estimés à 12 000 tonnes soit un rendement à l'hectare de 10,1 kg dans la zone du plateau continental (FAO, 1995). L'évolution des captures (pour la plupart des estimations) est marquée par une forte variabilité, sans que l'on puisse dire si les variations sont un effet de l'abondance de la ressource ou plus simplement dues à la qualité du travail de collecte de données. Ces données consignées dans le Tableau 21 indiquent, en effet, que les prises de la pêche artisanale sont tombées à moins de 6 000 tonnes en 1992 pour remonter ensuite à plus de 18 000 tonnes en 2001.

Une analyse fine du secteur a montré que le principal facteur de la dégradation des milieux dulçaquicole et marin est la surexploitation des plans d'eau (FAO, 1995). La diminution de la taille des prises et la raréfaction accélérée des populations observées dans toutes les pêcheries indiquent que les exploitants sont allés au-delà du rendement maximum supportable. Ces études ont toutefois ignorées l'influence de la pollution sur la dégradation des pêcheries togolaises.

Une chose est sûre, l'effet bénéfique escompté en rejetant les eaux de lavage des phosphates dans la mer n'a pas été obtenu.

Tableau 21 : Données sur les mises à terre de la pêche maritime au Togo (en tonnes)

Année \ Types de pêche	Pêche artisanale	Pêche industrielle	Total
1989	10638	88	10.726
1990	9745	207	9.952
1991	6766	99	7.365
1992	5524	112	5.636
1993	9984	430	10.414
1994	7079	301	7.380
1995	7755	92	7.847
1996	9943	155	7.847
1997	9080	211	9.098
1998	13.806	707	14.513
1999	17924	Nd	17.924
2000	17.277	Nd	17.277
2001	18.163	Nd	18.163
2002	14.940	Nd	14.940

7.6.3. Eutrophisation

Le phénomène d'eutrophisation (enrichissement des eaux par des sels minéraux et des matières organiques) des milieux lenticques et des cours d'eau du sud-Togo s'est considérablement accéléré par des apports considérables de quantités de matières organiques fermentescibles et d'effluents riches en nitrates dans les cours d'eau (Zio, Haho, Mono). Dans ces cours on note la présence de phosphore, de nitrate et de métaux lourds, (Cu, Pb, r, Co, Cd). La situation la plus critique est celle de tout le système lagunaire comprenant les lagunes de Lomé et le Lac Togo.

Cette situation recèle de sérieux risques de contamination de la population en raison du fait que celle-ci continue toujours à consommer les rares ressources halieutiques encore présentes dans ces plans d'eau (lagunes de Lomé, lac-Togo).

7.6.4. Contamination des sédiments côtiers marins (rejets de métaux lourds)

L'impact environnemental du rejet dans la mer des déchets miniers issus du traitement des phosphates de Hahotoké-Kpogamé (Togo) a été étudié dans ce manuscrit. Les résultats des analyses chimiques montrent de fortes concentrations des éléments Cd (2-44 mg/kg), Cr (1 15-753 mg/kg), Cu (22-184 mg/kg), Ni (19-281 mg/kg), V (38-329 mg/kg), Sr (179-643 mg/kg), Pb (22-176 mg/kg), Zn (60-632 mg/kg) et du Zr (18-8928 mg/kg) dans la fraction inférieure à 63 µm des sédiments marins côtiers. Les concentrations du Cd diminuent du grain grossier (silte) au grain fin (argile), alors que celles du Cr, Cu, Ni, V, Sr, Zn et Pb augmentent lorsque la granulométrie évolue vers le grain fin. Les phénomènes de transport par les courants littoraux, de tri par densité et de sédimentation des

particules phosphatées chargées en métaux lourds sont les principaux facteurs de la distribution spatiale des polluants dans les sédiments côtiers. Les concentrations du Cd et du Zr diminuent de la côte vers le large et au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'exutoire des déchets à Gomou Kopé. Celles du Cr, Cu, Ni, V, Zn, Sr et Pb par contre montrent une distribution spatiale contraire, c'est-à-dire qu'elles augmentent de la côte vers le large et au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source. A cause des processus de dispersion des sédiments par les courants littoraux, un vaste halo géochimique de sédiments hautement pollués s'est constitué autour du point de déversement des déchets miniers. Des essais d'agitation et de percolation du phosphate brut avec de l'eau salée (rapport 1/10) menés en laboratoire montrent qu'une fois le contact eau de mer/phosphate établi il se produit une forte solubilisation des éléments Cd, Ni, Zn, Al et Fe par des processus de désorption causés surtout par la forte salinité de l'eau de mer.

7.6.5. Bioaccumulation des métaux lourds dans la chaîne trophique

Les métaux sont des éléments naturels qui se retrouvent dans l'air, dans l'eau, dans les sédiments. Les végétaux et les animaux contiennent par conséquent une proportion plus ou moins importante par de nombreuses assimilations à partir de ces éléments naturels. Le littoral togolais est caractérisé par les cultures maraîchères et la pratique de la pêche. La pratique du maraîchage occupe plus de 80% de la superficie la zone côtière et constitue avec la pêche et l'élevage la principale source d'approvisionnement des ménages. La présence des métaux lourds dans les aliments peut être d'origine naturelle ou due à des pollutions liées à l'activité humaine (extraction minière, métallurgie).

Les travaux de recherche et de dosages des éléments métalliques dans quelques produits de consommation (poissons, légumes, crustacées, lait, etc.) (Bebou, 2003), ont montré que les taux des métaux lourds présents dans ces produits est largement supérieur aux normes tolérables. Les produits dans leur majorité sont contaminés soit par le cadmium, soit par le plomb, soit par le mercure ou carrément par les trois métaux. Les poissons et les crustacées sont les plus contaminés. Les légumes et autres produits maraîchers sont plus pollués par le plomb.

Les principaux métaux lourds qui font l'objet d'une surveillance particulière et dont on note la présence dans les aliments dans cette zone sont l'antimoine, l'arsenic, le plomb, le mercure, le cadmium, le chrome, le nickel, l'étain et le sélénium. Les sources de contamination varient selon le type d'aliment et le métal. Par exemple, le plomb se retrouve dans les fruits et les légumes par contamination aérienne, dans les boissons par les différents réseaux de distribution au plomb, dans les abats et dans les crustacées par bioaccumulation. Le cadmium se retrouve dans les fruits et les légumes par contamination aérienne et par les eaux polluées, dans les crustacées par bioconcentration. Le mercure, quant à lui, se présente sous forme de méthylmercure par bioaccumulation dans les poissons et les crustacées.

L'accumulation de ces métaux se manifeste également au niveau des animaux (produits laitiers, viandes, etc.) qui n'ont d'autres sources d'alimentation que les

espèces fourragères disponibles dans la zone et qui sont exposées avec une importante teneur en ces métaux lourds. Les propriétés et les qualités des produits dérivés de cet élevage dépendent intrinsèquement des aliments qu'ingèrent les animaux. La consommation de ces produits (produits maraîchers, produits laitiers, viandes, poissons, etc.) par les populations est une source d'intoxication à partir de ces métaux bioaccumulés. Le processus de transmission des métaux lourds des sols et des eaux des sols et des eaux vers les végétaux et les animaux dépend du métal (faible transmission pour le plomb, forte transmission pour le cadmium). Il dépend également de la forme chimique du métal qui détermine sa solubilité et sa capacité à être assimilé par un organisme vivant (surtout l'acidité qui accroît sa transmission), de l'espèce animale (les poissons concentrent plus le mercure et les Crustacées concentrent le cadmium) et de l'espèce animale. Les effets de ces métaux lourds ne sont pas seulement dus à l'absorption d'une dose toxique mais aussi et surtout à une accumulation des doses considérées séparément comme non toxiques.

Tableau 22 : Principales sources de contamination de métaux lourds dans les aliments

Métaux Aliments	Plomb	Cadmium	Méthylmercure
Légumes et Fruits	Contamination aérienne	Contaminations aériennes, eaux polluées	—
Poissons et Crustacées	Bioconcentration	Bioconcentration	Bioconcentration
Boissons	Réseau de distribution	—	—
Abats	Bioamplification	—	—

Source : Bebou, 2003

7.6.6. Impacts généraux

Les métaux sont tous toxiques pour les organismes aquatiques, en particulier les invertébrés (zoo-et phytoplancton, insectes, crustacés, etc.). Les poissons en sont également très sensibles, surtout aux premiers stades de vie. Les plantes aquatiques et les algues semblent généralement un peu moins sensibles que les animaux.

La toxicité d'une substance s'exprime par des effets de mortalité (mesurés par la toxicité aiguë ou la concentration létale) ou par des effets de toxicité chronique (malfunctionnements causés par l'exposition à long terme à de faibles concentrations non-létales).

La toxicité des métaux peut varier selon la température, la dureté et le pH de l'eau, ainsi que selon la présence d'autres métaux ou de composés organiques. De plus, la forme du métal (ionisation, en organo-complexe, etc.) influe sur la toxicité.

On observe un effet de bioaccumulation des métaux dans les tissus qui est variable selon les espèces animales et végétales (de 0 à 106, mais typiquement de 102 à 105). On observe aussi un effet de bioamplification, c'est-à-dire une

concentration des métaux dans les tissus des organismes supérieurs, à mesure que l'on monte dans la chaîne alimentaire.

Tous ces métaux sont toxiques pour l'être humain, à des degrés variables (voir description plus bas).

Dans les gaz rejetés par les industries d'extraction et de lavage des phosphates, les polluants suivants peuvent être rencontrés : les particules, les COV, les odeurs, les vapeurs d'acides, le SO₂, le sulfure d'hydrogène (H₂S), l'ammoniac (NH₃), les NOx et les métaux.

7.6.6.1. Impact sur la faune

La faune

- Intensité forte liée à l'extirpation de toutes les espèces de la grande faune de la zone et de la plupart des taxons de taille moyenne à faible.
- Durée longue liée au fait que les habitats initiaux sont dégradés et la végétation initiale ne se reconstitue pas depuis le début des travaux.
- Etendue locale correspondant aux zones d'exploitation et de dépôt de stériles.
- Valeur forte en raison de la perte de certaines ressources génétiques et une source de protéines alimentaires de la population.

Contamination de la faune aquatique

La pollution minérale des eaux de mers, des lagunes et des cours d'eau s'est traduite par une très forte contamination de la faune aquatique mise en évidence en appliquant la méthodologie ci-après décrite.

- Echantillonnage de l'ichtyofaune

Les poissons et les crustacés sont prélevés sur les captures des pêcheurs. L'échantillonnage a été réalisé le long de la côte en différents endroits en tenant compte de la position géographique du lieu de capture par rapport au site de déversement des eaux de lavage des phosphates. Ils sont ensuite séchés à l'étuve à 140°C pendant 12 heures ou au soleil pendant dix jours avant d'être réduits en poudre.

- Dosage des métaux lourds (Bodjok, 2003 ; ABBE, 2004)

La recherche des éléments métalliques a été effectuée dans des solutions minérales obtenues après minéralisation des échantillons animaux. La minéralisation a consisté à calciner le produit séché dans un four à 800°C pendant 10 minutes. La teneur en un élément chimique de l'échantillon solide a été déterminée par rapport à son poids sec.

Après la calcination, la solubilisation des cendres a été réalisée par attaque acide sur bain de sable à environ 300°C en utilisant une solution de KOH ou de l'acide

perchlorique. L'étude des éléments métalliques a été réalisée à partir du filtrat obtenu après ajout d'eau déminéralisée.

Le dosage a été réalisé par absorption atomique. Le principe de la méthode est basé sur l'absorption d'un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde donnée par un élément chimique lorsque celui-ci est envoyé dans une vapeur atomique obtenue par nébulisation dans une flamme. Une solution généralement aqueuse contenant des ions métalliques est vaporisée dans une flamme pour donner naissance à des atomes neutres. Ces atomes par absorption des rayons lumineux de longueur d'onde spécifique à l'élément passent à un niveau d'énergie supérieure. La mesure de l'intensité lumineuse avant et après passage dans la vapeur atomique permet de déterminer le pourcentage d'absorption.

La détermination de la concentration de l'élément chimique dans la solution a été directement lue sur un spectromètre de type Perkin Elmer 2380, après calibrage par des solutions étalons. Les conditions expérimentales pour la spectrométrie sont énumérées dans le Tableau 23.

Tableau 23 : Résumé des conditions expérimentales pour la spectrométrie par absorption atomique

Eléments chimiques	Longueur d'onde (λ en nm)	Largeur de la fente (cm)
Cd	228,5	0,2
Fe	275	0,7
Pb	283	0,7

7.7. Principaux résultats

Le Tableau 24 renseigne sur les taux de cadmium et de plomb dosés dans différentes espèces de poissons pêchés dans les eaux marines togolaises et des crustacés capturés dans les eaux du Lac Togo à Aného. Ces données révèlent que les niveaux de contamination varient d'une espèce à l'autre indiquant qu'après leur rejet dans l'environnement, le processus de transfert des métaux lourds des eaux aux animaux dépend non seulement du métal mais également de l'espèce animale considérée. Les sardinelles, les Carangues médailles ainsi que les capitaines plexiglas ont le plus bioaccumulés le cadmium (1 ppm à 1,68 ppm), tandis que les crustacés en général contiennent d'importantes quantités de plomb (valeurs comprises entre 8,4 ppm et 10,4 ppm). Cette conclusion est en accord avec les données publiées par Miquel (2001).

Tableau 24 : Contamination par le cadmium (Cd) et le plomb (Pb) dans les eaux marines togolaises (site de Goumou Kopé)

Espèce animale	Concentrations (en ppm)	
	Cd	Pb
Poissons		
Sardinelles (<i>Sardinella aurita spp.</i>)	1,00	6,01
Rasoir (<i>Ilisha africana</i>)	0,46	6,31
Carangue commune (<i>Caranx crysos</i>)	0,12	8,09
Grande carangue (<i>C. hippos</i>)	0,58	6,25
Carangue médaille (<i>Chloroscombus chrysurus</i>)	1,68	5,99
Mussolini (<i>Selene dorsalis</i>)	0,25	6,19
Capitaine-plexiglas (<i>Galeoides decadactylus</i>)	1,68	8,49
Petit barracuda (<i>Sphyraena barracuda</i>)	1,06	6,18
Sabre (<i>Trichiurus lepturus</i>)	0,25	6,1
Spratelle de Guinée (<i>Pellonula leonensis</i>)	0,12	6,74
Crevettes		
Crevette rose (<i>Penaeus duorarum</i>)	0,24	10,4
Crabes		
Tourlourou des lagunes (<i>Cardisoma armatum</i>)	0,16	8,4
Crabe bicorne (<i>Callinectes pallidus</i>)	0,14	8,49

Adapté d'après Abbe (2004)

La situation est très alarmante car les quantités retrouvées restent très élevées quelque soit l'animal considéré et sont toutes supérieures aux maxima fixés par l'OMS c'est-à-dire (0,067 à 0,0083 ppm pour le cadmium et 0,05 ppm pour le plomb).

Les données du tableau 25 montrent que la contamination de la faune aquatique est très forte quelle que soit la localité où les poissons ont été pêchés, notamment en amont du lieu de déversement des rejets. Ces résultats s'expliqueraient par le comportement migratoire des poissons. Cependant, on ne peut totalement exclure une contamination en amont en raison des fortes concentrations dosées dans ces eaux.

Tableau 25 : Contamination par le phosphore, le calcium, le fer et l'aluminium dans les eaux marines de Lomé, Kpémé et Aného (exprimées en µg/l par rapport au poids sec)

Espèce animale Eléments chimiques (µg/kg)	<i>Caranx hippos</i>			<i>Sphyraena barracuda</i>		
	Lomé	Kpémé	Aného	Lomé	Kpémé	Aného
P	18 880	20 960	19 960	15 300	17 800	17 720
Ca	14 000	16 000	16 000	15 000	16 000	17 000
Fe	120	120	130	40	52	40
Al	112	102	106	54	58	56

Adapté d'après Bodjok (2003)

7.7.1. Impact de la pollution chimique sur la faune marine

Les conséquences de la pollution chimique sur les espèces animales vivant dans les eaux affectées par l'activité industrielle des phosphates ont été évaluées. Cette évaluation a été réalisée à travers une étude de la bioaccumulation des éléments chimiques nocifs comme le fluor et le cadmium par les poissons pêchés dans ces eaux.

7.7.1.1. Bioaccumulation du fluor par les poissons

Le dosage du fluor a été effectué sur des échantillons de quelques espèces de poissons prélevées sur quatre points différents. Les résultats de cette analyse chimique sont consignés dans le Tableau 26.

L'état de contamination dépend de la capacité de la bioaccumulation de l'espèce. C'est ainsi que certaines espèces sont plus contaminées que d'autres. C'est le cas de *Ilisha africana* (4.11 ppm) et *Caranx latus* (4.56 ppm) dont les teneurs en fluor sont largement supérieures à la norme de l'O.M.S (≤ 1.5 ppm).

Presque toutes les espèces étudiées sont polluées par le fluor. Elles sont donc, impropres à la consommation. Malheureusement, ces poissons pêchés sont quotidiennement consommés par les populations riveraines et même au-delà. Ce qui, en plus des eaux de puits contaminées utilisées comme boissons explique parfaitement le phénomène de fluorose dentaire décrit ci-dessus.

7.7.1.2. Bioaccumulation du cadmium par les poissons

La bioaccumulation du cadmium par les poissons ont fait l'objet d'investigation dans les mêmes zones. Le nombre d'espèces étudiées est plus important que dans le cas du fluor. Les résultats du dosage du cadmium sont reportés par espèce et suivant le lieu de prélèvement dans le Tableau 27.

A l'analyse de ces résultats, nous constatons que les dix espèces étudiées sont contaminées par le cadmium quel que soit le lieu de prélèvement. En effet les concentrations du cadmium sont largement supérieures aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (0,0067 – 0,0083 ppm).

On remarque la très forte bioaccumulation du cadmium et donc la forte contamination de ces poissons par ce métal toxique. Au regard des normes de l'O.M.S, ces poissons sont tous impropres à la consommation. Or, les échantillons analysés ont été prélevés sur des produits prêts à être consommés, d'où la forte probabilité de la bioaccumulation par voie orale du cadmium par les populations.

Ces résultats montrent également que comme pour le fluor, le niveau de contamination par le cadmium dépend de la capacité de bioaccumulation de ce métal par chaque espèce. C'est pourquoi certaines espèces sont plus contaminées que d'autres.

Tableau 26 : Concentrations mesurées du fluor dans quelques espèces de poissons pêchés sur différents sites de la zone affectée

Espèces de poissons	Sites de prélèvement			
	<i>Agbodrafo</i>	<i>Kpémé</i>	<i>Goumon-Kopé</i>	<i>Anébo</i>
	Concentrations en fluor (ppm)			
Chloroscombrus chrysurus	2,61	1,08	2,30	1,12
Sardinella aurita	1,93	2,58	3,92	0,19
Ilisha africana	4,11	0,26	0,89	0,63
Galeoides decadactylus	0,68	1,44	1,37	0,62
Caranx latus	1,54	0,93	4,56	0,18

Mais en plus de ces contaminations, les enquêtes réalisées auprès de la population côtière dont l'une des activités principales de rente est la pêche, ont révélé que les eaux des côtes togolaises sont de plus en plus pauvres en ressources halieutiques. Cette rareté peut être liée à cette pollution qui rend les eaux très chargées et donc pauvres en oxygène indispensable à la survie des espèces animales.

Tableau 27 : Teneurs en cadmium, plomb et mercure dans quelques espèces de poissons et de crustacés cultivées

Nom des espèces	Concentrations (µg/kg)		
	Cd	Pb	Hg
Poissons			
Cigale I	2,00	36,5	9,5
Cigale II	0,24	4,6	2,3
Crustacés			
Langouste I	1,00	34,9	5,9
Langouste II	0,15	3,8	2,00
Crevettes			
<i>Penaeus monodum</i>	0,00	0,00	0,070
<i>Penaeus duorarum.</i>	0,00	0,00	0,073

Adapté d'après Bebou (2002)

Tableau 28 : Concentrations mesurées du cadmium dans quelques espèces poissons pêchés sur différents sites de la zone affectée.

Espèces	Concentration du cadmium (ppm)			
	Agbodrafo	Kpémé	Goumou-Kope	Aného
Chloroscombrus chrysurus	0,25	0,36	1,68	0,12
Sardinella aurita	0,24	0,24	1,00	0,12
Ilisha africana	0,38	0,38	0,46	0,13
Galeoides decadactylus	0,25	0,46	1,06	0,12
Caranx latus		0,37	0,58	0,12
Sphyraena barracuda		0,37	0,25	0,20
Selene dorsalis		0,23	0,25	0,13
Caranx crysos		0,1	0,12	
Pellonula leonensis		0,37	0,2	
Trichiusus lepturus		0,25	0,12	

L'injection de particules solides dans l'atmosphère constitue également un élément important de la contamination de l'environnement par l'exploitation des mines de phosphates. En ce qui concerne la faune, les émissions de particules sédimentables sont nuisibles, principalement à cause des substances toxiques qui y sont associées et qui se retrouvent ainsi disséminées dans le milieu. C'est le cas par exemple des métaux lourds qui se retrouvent dans les milieux aquatiques ou sur les herbes broutées par les animaux. En effet, les analyses effectuées sur les poissons et les crustacés cultivés dans une ferme d'aquaculture située à une cinquantaine de kilomètres environ des sites d'exploitation du minerai ont révélé que les produits renfermaient de très hautes teneurs en métaux lourds (Tableau 28).

7.8. Synthèse et proposition de solutions

Tableau 29 : Synthèse et proposition de solutions

Paramètres Socio environnementaux	Impacts / victimes	Localités affectées et coordonnées GPS	Points chauds	Approches de solutions
1- Rejet de Boue	-Faune et flore aquatiques (maritime et lagunaire) Population	- Kpémé - Goumoukopé - Assoukondji - Aného etc.	Toute la zone	Remblayage des sites d'extraction avec la boue rejetée dans la mer.
2-Rejet de poussière	air pollué Population ouvriers flore, faune sols, eau	- Kpogamé - Kpémé - Kpomé - Hahotoé - Dagbati etc.	Kpémé Kpogamé Kpomé Dagbati	Etendre la protection (les masques) à la population et (les margelles) aux puits.
3- Dégradation des terres agricoles	- sol et végétation - population - délinquance - chômage	Kpogamé Hahotoé Akoumapé Dagbati	Kpogamé Hahotoé Akoumapé Dagbati	Remblayage systématique, nivelage après extraction et reboisement pour favoriser la régénération du sol. Créer des forêts dépolluantes autour de la zone de l'usine et d'exploitation.
4- Rejet de fumée	- population	Kpémé	Kpémé	Utiliser des machines moins polluantes Filtres et autres au niveau de l'usine Revoir la hauteur de la cheminée.
5- Bruit du train	- population	Kpémé Badougbé Togoville Ekpui Sévagan Hahotoé	Kpémé Badougbé Togoville Ekpui Sévagan Hahotoé	Réglementer les heures de passage du train Faire des rideaux d'arbres le long de la voie ferrée.

7.9. Conclusion

L'étude sur l'évaluation des impacts socio environnementaux des effluents de phosphates sur les ressources biologiques et les écosystèmes marins et côtiers dans la zone menée en février 2007, a abouti à l'identification des principaux paramètres socio environnementaux ci-après :

- le rejet des boues dans la mer au niveau de l'usine de lavage, boues qui forment une marrée jaune d'au moins 12 km de long et 100 à 200 mètres de large, et affectent les villages bordant le littoral ;
- le rejet de la poussière dans l'air aussi bien au niveau de l'usine de lavage de phosphate qu'au niveau des sites d'extraction, poussière qui affecte les ouvriers, les populations riveraines des sites et la faune ;
- par ailleurs d'autres paramètres secondaires pas des moindres ont été identifiés : La dégradation de milliers d'hectares de terres non nivelées après l'excavation du sol et qui influe négativement sur l'agriculture, principale activité des populations de ces sites ;
- le rejet de la fumée surtout par l'usine à Kpémé et la pollution sonore due au bruit du train qui convoie le phosphate vers l'usine ;
- s'agissant du déplacement de la population, la population de Séledjimé et environ pense qu'il n'y a pas de doute sur un probable déplacement.
- ce qui inquiète aussi les riverains sont les trous laissés par l'extraction et qui ne sont pas comblés. Ces trous constituent des lacs artificiels abritant parfois des crocodiles et occasionnent des accidents de circulation.

Il convient de trouver très rapidement des solutions pour réduire et/ou éliminer les rejets de boues, de poussières, de gaz générés par les activités d'exploitation des mines de phosphates et dont les impacts socioéconomiques deviennent de plus en plus manifestes dans les zones affectées.



Figure 24: nouveau site d'exploitation du phosphate



Figure 25 : ancien site d'exploitation du phosphate



Figure 26 : dégradation des terres cultivables



Figure 27: boue de phosphate sur la voie longeant la plage



Figure 28: la marée jaune



Figure 29: les hameaux de Assoukondji affectées

DRAFT

TACHE 4

RECOMMANDATION DE
MESURES BASEES SUR UNE
TECHNOLOGIE SIMPLE ET A
BAS COUT POUR LE CONTROLE
DE LA POLLUTION ASSOCIEE A
L'EXPLOITATION DES MINES DE
PHOSPHATES AU TOGO



8. Analyses et interprétation des documents remis par IFG-Togo

L'ensemble des documents reçus de IFG-Togo (Figures et Tableaux) ont été regroupés par centre d'intérêts :

- Flow Sheet ou schéma de traitement avec bilan matières d'une chaîne (chaîne 1 ou 2).
- Tableau des analyses chimiques et granulochimiques des boues (Schlamms) de phosphate rejetées en mer de même que l'analyse complète de ces boues traitées (phosphate "HIBOGAN" fin) dans les années 1980 à 1983.
- Etude de sédimentation en laboratoire des surverses primaires ou boues de lavage rejetées en mer.
- Tableaux des résultats d'attaque phosphorique du produit « HIBOGAN ».
- Tableaux des résultats d'attaque phosphorique du marchand de la cargaison du navire M/V POROS du 11/02/2000 à destination du port de Richards Bay en Afrique du Sud.
- Résultats d'attaque phosphorique d'un concentré marchand titrant 35,52% P_2O_5 .
- Analyse granulochimique des concentrés marchand de 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 et 2001.

8.1. Le Flow Sheet ou schéma de traitement de l'usine de Kpémé

L'examen de ce flow sheet fait ressortir les points saillants ci-après :

- Le débit des solides rejetés en mer au niveau des surverses primaires est estimé à 41 tonnes/heure pour une chaîne. Ce qui donne pour l'ensemble des 5 chaînes et pour une journée, un volume total de :

4920 tonnes rejetées en mer (\approx 5000 tonnes/jour)

- Il est important de rappeler que ces solides représentent à eux seuls plus de 90% des déchets générés par l'usine de Kpémé.
- Les eaux de lavage (eau de mer et eau douce) :
 - i. Eau de mer : elle rentre pour l'essentiel dans la mise en pulpe du minerai (débourbeur) et la dilution dans les bacs alimentant les cyclonages. Le débit d'eau de mer estimé est de $372 \text{ m}^3/\text{h}/\text{chaîne}$, ce qui donne :

44 640 m^3/jour pour 5 chaînes

- ii. Eau douce : elle sert à rincer le phosphate essoré afin de réduire la teneur en chlore du gâteau de phosphate. Son débit est estimé à $73 \text{ m}^3/\text{h}/\text{chaîne}$ soit :

8 760 m^3/jour pour 5 chaînes

- iii. La consommation totale en eaux (eau de mer et eau douce) s'élève donc à :

53 400 m^3/jour pour 5 chaînes.

Les chiffres ci-dessus montrent que l'eau de mer représente 83% du volume total des eaux de traitement de phosphate.

Une remarque particulière doit être mentionnée au sujet du débit total des eaux de traitement qui est de $53\,400 \text{ m}^3/\text{j}$ soit $2225 \text{ m}^3/\text{h}$ pour faire tourner les cinq (5) chaînes de traitement. Ce débit correspond à $445 \text{ m}^3/\text{h}$ pour une chaîne de traitement.

Il est important de rappeler que ce débit doit être disponible en permanence si le traitement doit être opéré uniquement en eau douce avec les forages et si les Schlammms doivent être générés à la mine avec des bassins de décantation dont les dimensionnements seront examinés dans le paragraphe qui suit.

8.2. Essais de sédimentation des boues de lavage en laboratoire

Les résultats obtenus (tableaux et courbes) montrent que :

- ***En 20 minutes, la vitesse de sédimentation est stabilisée avec une vitesse de sédimentation de $0,61 \text{ m/h}$. Cette stabilisation correspond à une hauteur d'eau clarifiée de $20,3 \text{ cm}$ et la hauteur, des boues sédimentées de $13,4 \text{ cm}$ pour une hauteur totale d'une éprouvette de 1 litre qui est de $33,7 \text{ cm}$.***

Nous avons vu plus haut que pour une marche à 5 chaînes, le volume d'eau nécessaire au traitement est de 53 400 m³ par jour ou encore 2225 m³ par heure au minimum.

- *Dans les conditions d'essais de sédimentation et au vu des débits énoncés plus haut (445 m³/h/chaîne), on peut estimer que le débit équivalent à celui d'une pompe Type BERGERON peut suffire pour deux (2) champs avec 1150 m³/h.*
- *Le rayon du bassin calculé est de 43 m soit un diamètre de 86 m. L'unité tournant 24h/24, la profondeur du bassin pour un volume de :*

$$1150 \text{ m}^3 \times 24 = 27\,600 \text{ m}^3$$

est égale à 4,75 m soit 5 m environ.

Dimension du bassin pour 2 chaînes : Diamètre = 86 m
Profondeur = 5 m

Il s'agit bien du bassin de réception des Schlamms (boues) à décanter et qu'il faut adjoindre un deuxième bassin de rétention d'eau clarifiée de siphonage.

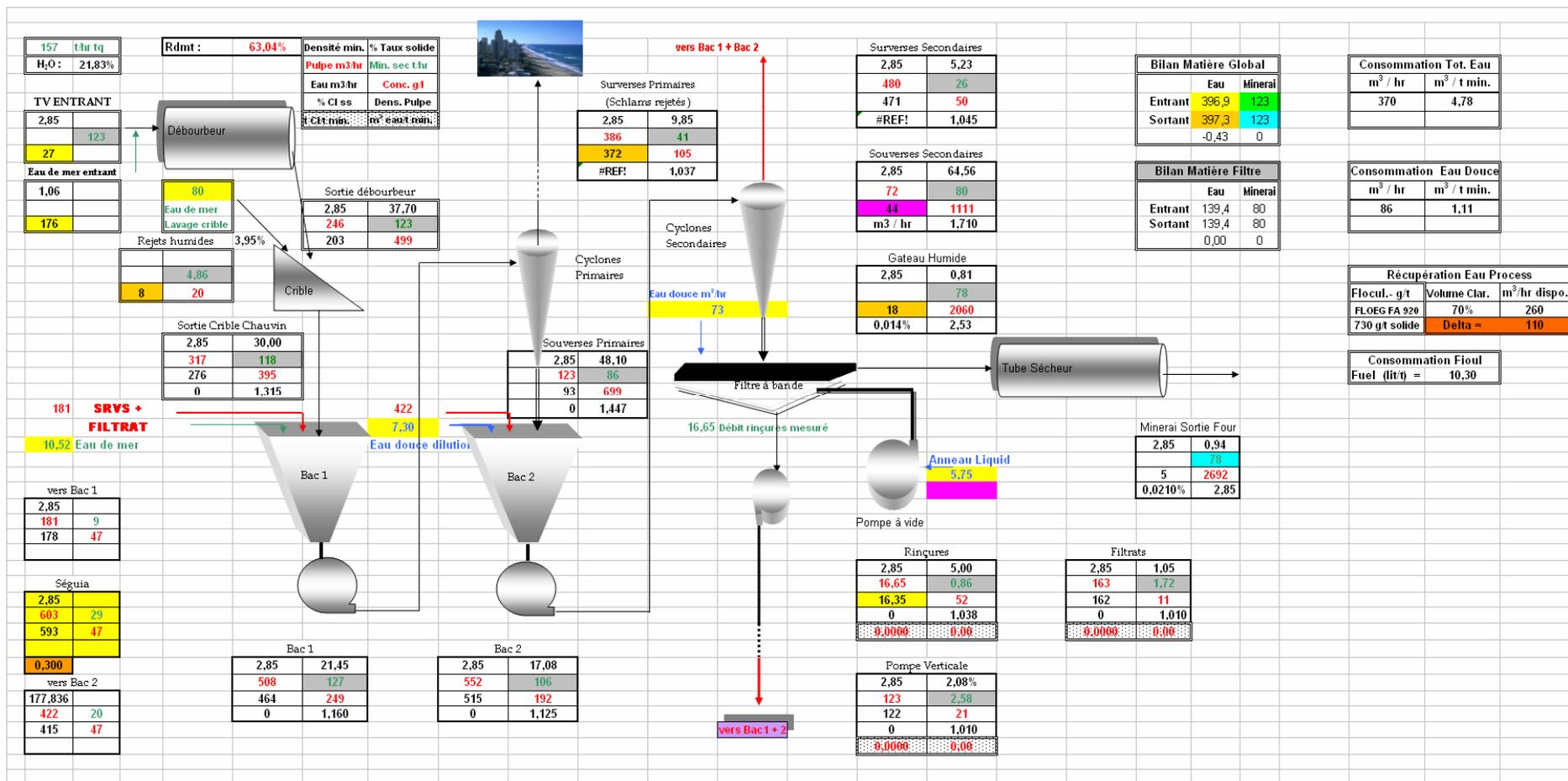


Figure 30 : Schéma de traitement de l'usine de Kpémé

8.3. Analyses complètes des boues et boues traitées (produit HIBOGAN)

Les résultats d'analyse des boues non lavées, recourent avec ceux déjà mentionnés dans notre premier rapport de Février 2007 (Rapport Préliminaire) de même que l'analyse du phosphate fin récupéré à l'usine HIBOGAN.

Tableau 30 : Analyses chimiques complètes des fines (boues) brutes (non-lavées) des fines lavées à l'eau douce du produit HIBOGAN des boues de lavage (tranche 180-25 µm.

ELEMENT DOSE		MINERAI LES FINES TOUT-VENANT		MINERAI LES FINES ENRICHIES	
		LAVEES	NON-LAVEES	'HIBOGAN'	180 - 25µm
P2O5	%	19,90	14,20	29,60	35,27
BPL	%	43,48	31,03	64,68	77,06
CO2	%	1,00	0,60	1,44	1,62
SO3	%	0,13	0,11	0,37	0,29
SiO2	%	23,30	17,20	11,60	6,03
CaO	%	24,80	19,70	43,02	49,50
MgO	%	0,86	1,95	0,92	0,14
Fe2O3	%	6,65	5,05	3,06	1,53
Al2O3	%	12,25	9,40	3,03	0,78
R2O3	%	18,90	14,45	6,09	2,31
Na2O	%	0,19	9,60	0,17	0,34
K2O	%	0,33	0,55	0,04	0,08
F-	%	1,93	1,50	2,88	3,15
Cl-	%	0,09	11,70	1,03	0,032
C Org.	%	0,07	0,05	0,05	0,06
Cd	ppm	32,00	19,00	41,00	48,00
L.O.I. 1000°C	%	-	-	2,72	1,08
CaO/P2O5	%	1,246	1,387	1,453	1,403
R2O3/P2O5	%	0,950	1,018	0,206	0,065
(R2O3 + MgO)/P2O5	%	0,993	1,155	0,237	0,069
F-/P2O5	%	0,097	0,106	0,097	0,089
F-/SiO2	%	0,083	0,087	0,248	0,522

Tableau 31 : Analyses granulochimiques des boues de lavage (Schlamm) rejetées en mer

OUVERTURE DES TAMIS	%REFUS	% P2O5	% Fe2O3	% Al2O3	% R2O3
en microns					
> 3360	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3360-2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000-1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1000-850	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
850-500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500-425	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
425-180	0,70	11,00	2,16	1,46	3,62
180-106	1,73	35,34	0,98	1,61	2,59
106-63	9,09	36,39	0,97	1,46	2,43
63-45	12,71	36,11	1,16	1,59	2,75
45-25	26,23	34,95	1,67	1,76	3,43
<25	49,54	24,81	4,70	7,99	12,69
	100,00	30,05	3,03	4,79	7,83

8.4. Tests d'attaque phosphorique du produit « HIBOGAN »

Nous avons déjà signalé que la récupération du phosphate fin des boues de lavage par coupure à 20 microns permettrait de réduire de 20 à 30% le taux de solides rejetés en mer. Ce phosphate fin produit peut être transformé en PAPR (engrais partiellement acidulé) pour utilisation locale avec une plus value. Les tests d'aptitude de ce phosphate des fines à la fabrication d'acide phosphorique ont été réalisés au laboratoire de IFG-TOGO (ex OTP).

Les résultats comparatifs de ces tests avec ceux réalisés sur le phosphate marchand normal sont présentés ci-après :

	Phosphate des Fines HIBOGAN 11/2/2000)	Phosphate marchand normal (Navire du
Facteur gypse/P ₂ O ₅ :	4,38	4,17
% soluble eau P ₂ O ₅ :	1,08	0,03
% syncristalisé P ₂ O ₅ :	0,63	0,68
% inattaqué P ₂ O ₅ :	0,70	0,28
Rendement d'attaque :	99,30	99,72
Rendement global :	97,59	99,01
Consommation H ₂ SO ₄ /P ₂ O ₅ :	2,83	2,52
Phosphate sec/P ₂ O ₅ ;	3,59	2,86

Tableau 32 : Tests d'attaque phosphoriques du produit HIBOGAN (fines enrichies à l'usine HIBOGAN)

N° TEST	247	248	249	250		Total	Debit/h
Date	12/09/1988	13/09/1988	14/09/1988	15/09/1988			
Temps de retention	4h	4h	4h	4h			
Heures de marche (h)	4,00	12,00	12,00	12,00		40	—
<u>DEBITS MATIERE</u>							
Phosphate(base seche) (g)	3058	9183	9173	9173		30587	764,68
Acide sulfurique 100% (g)	2248	6841	7507	7338		23934	598,35
Acide recyclage (g)	7218	17143	15942	15980		56283	1407,075
Bouillie filtrée (g)	9151	18032	17301	11988		56472	—
Bouillie totale (g)	9885	31865	30472	31215		103437	2585,925
Acide filtré (g)	2823	9081	9878	8464		55400	1385,0
Gateau humide (g)	8427	11712	9850	7356		64740	1618,5
Gateau sec/test filtration (g)	1508	1259	1166	1294		—	—
Additif (t/tP ₂ O ₅)	—	—	—	—		—	—
<u>CONDITIONS DE MARCHE</u>							
							<u>moyenne</u>
Température réactionnelle (°C)	78	78	78	78		—	78,00
Taux de solide (%)	41,39	41,92	40,75	42,99		—	41,76
Acide sulfurique libre (g/l)	24,22	27,59	26,78	25,66		—	26,06
Densité acide recyclage 30°C	1,170	1,180	1,180	1,180		—	1,178
%P ₂ O ₅ acide recyclage	14,15	14,38	14,85	14,98		—	14,59
Densité acide produit 30°C	1,387	1,382	1,384	1,380		—	1,383
%P ₂ O ₅ acide produit	29,86	28,37	27,75	27,55		—	28,38
Densité bouillie à 70°C	1,571	1,578	1,566	1,600		—	1,579
%P ₂ O ₅ phosphate	31,15	31,15	31,15	31,15		—	31,15
%CaO phosphate	44,44	44,44	44,44	44,44		—	44,44
Volume du reacteur (ml)	10200	10200	10200	10200		—	10200
Volume spécifique m ³ /tP ₂ O ₅ *J	1,78	1,78	1,78	1,78		—	1,78
<u>Qualite phosphate</u>							
P ₂ O ₅ % ; CO ₂ % ; SO ₃ % ; SiO ₂ % ; CaO% ; MgO% ; Fe ₂ O ₃ % ; Al ₂ O ₃ % ; F-% ; Cl-% ; PF% ; Cd ppm							

Tableau 33 : Tests d'attaque phosphoriques du produit HIBOGAN (fines enrichies à l'usine HIBOGAN) Suite

N° TEST	247	248	249	250	moyenne 247 à 250	
FILTRATION						
Surface filtrante (cm ²)	200	200	200	200	200	
Vide filtration (mmHg)	450	450	450	450	450	
Nombre de lavage	2	2	2	2	2	
Eau de process (g)	1110	1284	1087	1115	1162	
Duree de filtration						
Essorage acide (T1+10sec)	447	223	191	680	364,67	
Premier lavage (T2+10sec)	389	222	243	550	338,33	
Lavage eau process (sec)	220	204	138	449	263,67	
Humidite gateau (%)	29,63	35,41	28,77	29,82	31,33	
Epaisseur gateau (mm)	71	71	65	64	67	
Débit bouillie par test filtr. (g)	3051	2992	2883	2881	2919	
Facteur de correction	1,054	1,054	1,054	1,054	1,054	
RESULTATS						
Facteur gypse/P ₂ O ₅	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	
% Soluble P ₂ O ₅	1,39	1,07	0,96	1,22	1,08	
% Syncristallise P ₂ O ₅	0,88	0,80	0,55	0,55	0,63	
% Inattaqué P ₂ O ₅	0,35	0,40	1,34	0,37	0,70	
Rendement d'attaque	94,61	94,74	91,72	95,97	94,14	
Rendement global	88,52	90,05	87,51	90,62	89,40	
Phosphate sec/P ₂ O ₅	3,63	3,56	3,67	3,54	3,59	
Consommation H ₂ SO ₄ /P ₂ O ₅	2,67	2,66	3,00	2,83	2,83	
Capacite de filtration tP ₂ O ₅ /j*m ²						
120 sec	3,70	4,01	3,84	2,58	3,47	
180 sec	3,02	3,27	3,14	2,10	2,84	
240 sec	2,61	2,83	2,72	1,82	2,46	

Tableau 34 : Tests d'attaque phosphoriques du minerai marchand du navire M/V Poros du 11-02-2000 pour Richards Bay (Afrique du Sud)

N° TEST	1332	1333	1334	1335	1336	Total	Debit/h
Date	00/07/10	00/07/11	00/07/12	00/07/13	00/07/14		
Temps de retention	4h	4h	4h	4h	4h		
Heures de marche (h)	7,25	8,00	8,00	8,00	8,00	39,25	-
DEBITS MATIERE							
Phosphate(base seche) (g)	5306	5871	5871	5871	5871	28790	733,50
Acide sulfurique 100% (g)	4768	5148	5169	5176	5181	25442	648,20
Acide recyclage (g)	11378	12555	12555	12555	12555	61598	1569,4
Bouillie pour pertes et recup.(g)	2309	5848	6966	6507	4962	26592	-
Bouillie pour excès sulfurique(g)	503	571	695	696	587	3052	-
Bouillie filtrée (g)	5616	14053	14035	14049	14018	61771	-
Bouillie totale (g)	20429	23619	21696	22451	22659	110854	2824,3
Acide filtré (g)	1969	4008	4762	4555	4888	36219	922,8
Gateau humide (g)	2818	7594	7441	7480	7209	58400	1487,9
Gateau sec/test filtration (g)	1113	1126	1149	1181	1161	45753	1165,7
Nbre de tests de filtration	2	5	5	5	5	22	-
Additif (t/P ₂ O ₅)	-	-	-	-	-	-	-
CONDITIONS DE MARCHÉ							
							moyenne
Température réactionnelle (°C)	78	78	78	78	78	-	78,00
Taux de solide (%)	39,66	40,06	40,94	42,05	41,42	-	40,83
Acide sulfurique libre (g/l)	26,33	24,31	24,28	24,16	23,72	-	24,56
Densité acide recyclage 30°C	1,130	1,130	1,130	1,130	1,130	-	1,130
%P ₂ O ₅ acide recyclage	14,71	14,31	14,43	13,89	14,14	-	14,30
Densité acide produit 30°C	1,313	1,308	1,306	1,316	1,309	-	1,310
%P ₂ O ₅ acide produit	29,24	29,70	29,52	30,30	29,97	-	29,75
Densité bouillie à 70°C	1,582	1,578	1,635	1,539	1,591	-	1,585
%P ₂ O ₅ phosphate	36,49	36,49	36,49	36,49	36,49	-	36,49
%CaO phosphate	49,50	49,50	49,50	49,50	49,50	-	49,50
Volume du reacteur (ml)	7540	7540	7540	7540	7540	-	7540
Volume spécifique m ³ /tP ₂ O ₅ *J	1,18	1,17	1,17	1,17	1,17	-	1,17
Agitation (Nbre tours/mn)	-	-	-	-	-	-	-
Qualité phosphate							
P ₂ O ₅ % ; CO ₂ % ; SO ₃ % ; SiO ₂ % ; CaO% ; MgO% ; Fe ₂ O ₃ % ; Al ₂ O ₃ % ; F-% ; Cl-% ; PF% ; Cd ppm							

Tableau 35 : Tests d'attaque phosphoriques du minerai marchand du navire M/V Poros du 11-02-2000 pour Richards Bay (Afrique du Sud) Suite.

N° TEST	1332	1333	1334	1335	1336	moyenne 1333à1336
FILTRATION						
Surface filtrante (cm ²)	200	200	200	200	200	200
Vide filtration (mmHg)	500	500	500	500	500	500
Nombre de lavage	2	2	2	2	2	2
Eau de process (g)	1013	1068	1059	1015	984	1032
Duree de filtration						
Essorage acide (T1+10sec)	81	31	20	33	26	27,5
Premier lavage (T2+10sec)	112	51	24	55	35	41,25
Lavage eau process (sec)	114	46	18	18	27	27,25
Humidite gateau (%)	20,91	23,13	22,77	21,02	19,70	21,66
Epaisseur gateau (mm)	50	55	54	52	53	54
Débit bouillie par test filtr. (g)	2808	2811	2807	2810	2804	2808
Facteur de correction	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
RESULTATS						
Facteur gypse/P ₂ O ₅	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17
Indice d'acidulation	0,90	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
% Soluble eau P ₂ O ₅	0,022	0,026	0,022	0,039	0,034	0,03
% Syncristallise P ₂ O ₅	0,38	0,67	0,67	0,72	0,65	0,68
% Inattaqué P ₂ O ₅	0,21	0,31	0,26	0,24	0,31	0,28
Rendement d'attaque	97,54	95,92	96,13	96,00	96,00	96,01
Rendement global	97,45	95,81	96,03	95,84	95,86	95,88
Phosphate sec/P ₂ O ₅	2,81	2,86	2,85	2,86	2,86	2,86
Consommation H ₂ SO ₄ /P ₂ O ₅	2,53	2,51	2,51	2,52	2,52	2,52
Capacite de filtration tP ₂ O ₅ /j* ³ m ²						
120 sec	5,86	9,03	13,26	10,41	11,23	10,98
180 sec	4,78	7,37	10,83	8,50	9,17	8,97
240 sec	4,14	6,38	9,38	7,36	7,94	7,76

Tableau 36 : Test phosphorique d'un phosphate

	GYPSE	T	CaOR	P2O5 R	Rdt	HEURE	TP ₂ O ₅ /m ² *J	TP ₂ O ₅ /m ² *J	TP ₂ O ₅ /m ² *J	%solide	%P ₂ O ₅	Niveau
							120 sec	180 sec	240 sec	bouillie	acide	sulfurique
1	953	466	49,84	35,52	94,01							
2			49,84	35,52	94,01	1	4,00	3,27	2,83	33,96	26,19	21,61
3	930	290	49,84	35,52	94,01	2						29,04
4			49,84	35,52	96,16	3	4,95	4,04	3,50	33,14	26,45	19,22
5	927	138	49,84	35,52	96,16	4						24,56
6			49,84	35,52	96,16	5	7,32	5,98	5,17	33,06	26,48	25,02
7	911	132	49,84	35,52	96,16	6						22,81
8	975	120	49,84	35,52	96,16	7	7,35	6,00	5,20	32,46	26,45	20,16
9	893	86	49,84	35,52	96,16	8	8,25	6,74	5,84	34,74	26,78	29,04
10			49,84	35,52	96,16	9	8,93	7,29	6,31	31,82	26,51	20,16
11	924	82	49,84	35,52	96,16	10						25,69
12	959	63	49,84	35,52	96,9	11	9,46	7,73	6,69	32,96	26,38	26,13
13	935	61	49,84	35,52	96,9	12	11,29	9,22	7,98	34,10	26,56	21,52
14			49,84	35,52	96,9	13	11,19	9,14	7,91	33,32	26,65	29,04
15	972	63	49,84	35,52	96,9	14						25,21
16			49,84	35,52	96,9	15	11,44	9,34	8,09	34,68	27,28	29,04
17	938	54	49,84	35,52	96,9	16						23,72
18	961	56	49,84	35,52	96,9	17	11,93	9,74	8,44	33,40	27,56	23,52
19			49,84	35,52	97,37	18	12,00	9,80	8,49	34,25	27,52	25,06
20	966	66	49,84	35,52	97,37	19						25,98
21	972	61	49,84	35,52	97,37	20	11,17	9,12	7,90	34,48	27,89	24,26
22			49,84	35,52	97,37	21	11,69	9,54	8,26	34,62	28,05	23,45
23	972	64	49,84	35,52	97,37	22						20,16
24	945	72	49,84	35,52	97,37	23	11,41	9,32	8,07	34,64	27,89	24,00
25			49,84	35,52	97,37	24	10,46	8,54	7,40	33,70	28,15	29,04
26	978	67	49,84	35,52	97,37	25						27,61
27	978	74	49,84	35,52	97,59	26	11,22	9,16	7,93	34,86	28,02	24,00
28			49,84	35,52	97,59	27	10,70	8,74	7,57	34,92	27,96	26,17
29	999	77	49,84	35,52	97,59	28						24,56
30			49,84	35,52	97,59	29	10,72	8,75	7,58	35,64	27,98	25,62
31	982	83	49,84	35,52	97,59	30						28,81
32			49,84	35,52	97,59	31	10,15	8,28	7,17	35,00	28,25	29,04
33	988	61	49,84	35,52	97,59	32						23,52
34	979	102	49,84	35,52	97,59	33	11,91	9,72	8,42	35,26	28,36	25,21
35			49,84	35,52	97,59	34	9,12	7,45	6,45	34,89	28,12	25,21
36	1253	61	49,84	35,52	97,59	35						25,78
37	1231	58	49,84	35,52	97,59	36	15,10	12,33	10,68	40,05	29,03	26,86
38	1138	74	49,84	35,52	97,59	37	15,21	12,42	10,76	40,26	29,30	28,85
39			49,84	35,52	97,59	38	12,45	10,17	8,80	40,98	29,29	26,16
40			49,84	35,52	97,59	39						
41			49,84	35,52	97,59	40						24,96
42	830,95	36	49,84	35,52	97,59	41						26,16
43			49,84	35,52	97,59	42	13,04	10,64	9,22	29,68		24,96
44	823,09	36	49,84	35,52	97,59	43						24,96
						44	12,91	10,54	9,13	29,40	29,16	24,42

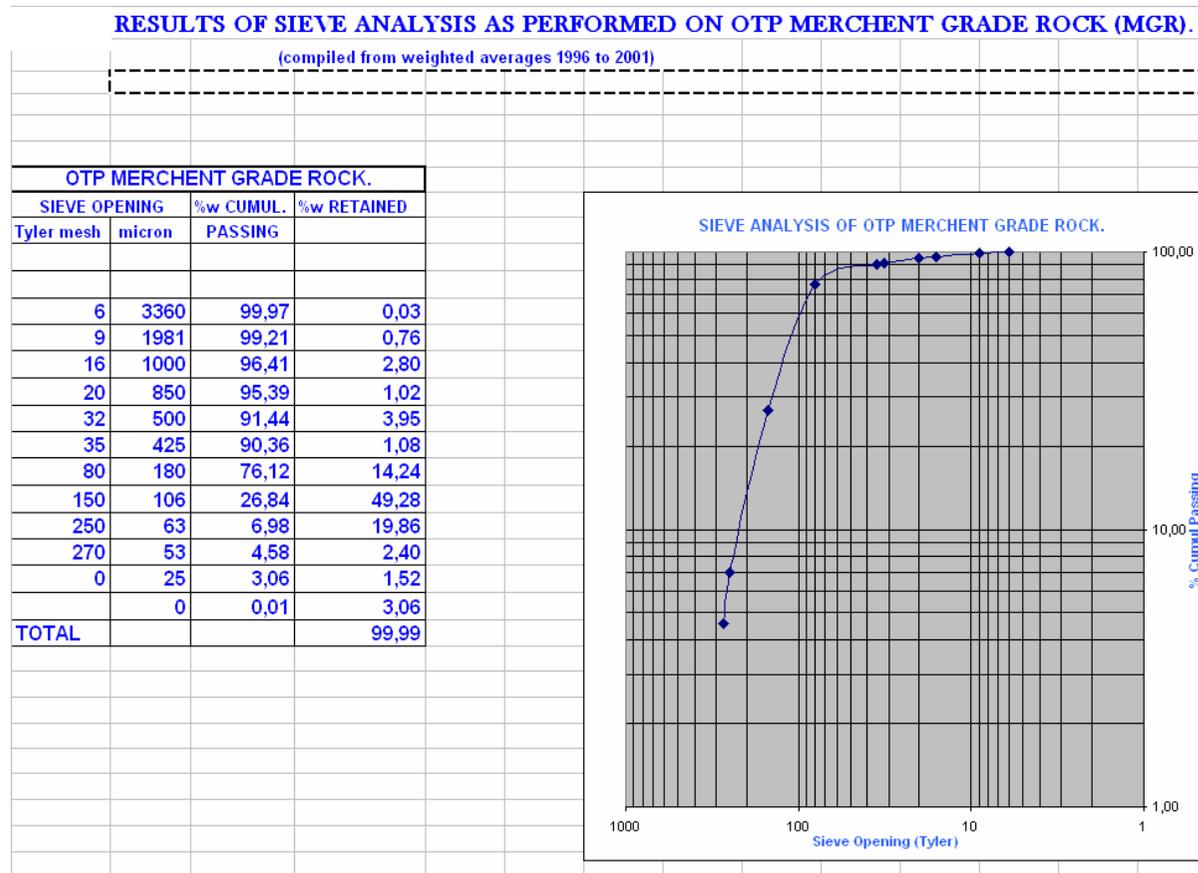


Figure 31 : Test phosphorique du minerai marchand

8.5. Analyses granulométriques et granulochimiques

Ces déterminations permettent de voir l'évolution de la qualité du phosphate dans le temps et sa finesse c'est-à-dire le pourcentage des fines qui peuvent donner des poussières lors des opérations de chargement et de déchargement dans les ports (tableaux 37 à 40 et figures 32 à 37).

Tableau 37 : Analyses granulo-chimiques du minerai marchand de 1996 à 2001

ANNEE	TONNAGE	POURCENT REFUS AUX TAMIS / TRICAL / FERAL												
		ANNUEL	3360 µm	1981 µm	1000 µm	850 µm	500 µm	417 µm	177 µm	106 µm	63 µm	45 µm	25 µm	<25 µm
1996	2 730 715													
POURCENT	100	0,00	0,60	2,61	1,03	3,92	0,93	13,53	48,92	21,53	2,23	1,71	2,81	
TRICAL	79,21	0,00	66,94	69,83	66,39	67,15	67,66	74,76	82,39	81,48	78,21	75,34	67,66	
FERAL	2,61	0,00	9,44	5,54	5,14	5,05	4,24	3,19	1,72	2,02	3,42	4,59	8,90	
1997	2 631 353													
POURCENT	100	0,00	0,81	2,82	0,97	3,79	0,97	13,99	49,41	20,56	2,50	1,46	2,72	
TRICAL	78,69	0,00	65,91	68,92	63,62	64,40	63,75	73,00	82,43	81,37	77,60	73,65	67,95	
FERAL	2,68	0,00	9,15	5,64	5,80	5,17	4,83	3,36	1,71	2,02	3,50	5,07	9,34	
1998	2 058 005													
POURCENT	100	0,00	0,97	3,27	0,97	4,06	0,91	13,86	48,41	20,58	2,26	1,56	3,15	
TRICAL	78,73	0,00	69,22	68,79	63,02	64,85	65,20	74,24	82,25	81,56	77,90	73,72	68,77	
FERAL	2,78	0,00	8,24	5,53	6,03	5,72	5,21	3,75	1,70	1,99	3,46	5,03	8,77	
1999	1 714 527													
POURCENT	100	0,00	0,75	2,95	0,94	3,85	0,91	14,36	48,63	20,31	2,61	1,43	3,26	
TRICAL	78,67	0,00	61,39	63,22	56,98	62,56	63,77	73,95	82,42	81,90	78,99	75,55	71,76	
FERAL	2,69	0,00	9,09	5,65	5,81	5,72	5,22	3,71	1,68	1,93	3,06	4,42	7,74	
2000	1 387 034													
POURCENT	100	0,07	0,82	3,10	1,13	3,83	1,10	13,94	48,67	19,83	2,52	1,48	3,51	
TRICAL	78,13	9,08	59,22	64,03	59,14	61,89	63,72	73,37	82,15	81,41	78,53	75,11	70,33	
FERAL	2,75	1,09	9,18	6,00	5,50	5,43	4,87	3,46	1,75	2,06	3,13	4,45	7,81	
2001	1 066 581													
POURCENT	100	0,02	0,70	3,26	1,33	4,29	1,33	14,86	48,28	18,29	2,64	1,49	3,44	
TRICAL	78,74	5,16	63,89	67,91	63,29	64,13	65,55	75,50	82,40	81,55	78,65	74,64	71,14	
FERAL	2,59	1,27	7,21	4,78	5,01	5,01	4,63	3,11	1,67	2,00	3,28	4,42	7,29	
	11 588 215													
MOYENNES PONDEREES														
POURCENT	91	0,01	0,71	2,64	0,91	3,53	0,87	12,62	44,37	18,78	2,18	1,40	2,74	
TRICAL	71,50	1,09	59,20	61,34	56,79	58,63	59,06	67,10	74,77	74,02	70,97	67,74	62,62	
FERAL	2,45	0,13	8,21	5,12	5,12	4,88	4,38	3,14	1,55	1,82	3,04	4,31	7,86	

Tableau 38 : Tests de sédimentation des boues de lavage (surverses primaires)

TESTS DE SEDIMENTATION DES BOUES DE LAVAGE (SURVERSES PRIMAIRES)										
Projet : Essais de sédimentation des surverses primaires de la laverie-							Client : IFG-TOGO			
Opérateur :			Référence Essai : AN 913 MPM/ 1,030 / 10 / R20				Date:		15/07/2003	
Provenance de l'échantillon testé : Surverse primaire usine lavé à l'eau douce										
ECHANTILLON					FLOCCULANT / COAGULANT					
Volume de pulpe dans l'éprouvette, ml		900			Type de flocculant :		AN 913 MPM			
Densité mesurée de la suspension :		1,030			Fabricant :					
Masse de la suspension ,g :		927			Concentration solution mère de flocculant , g/l :		1			
Densité du liquide mère :		1,000			Quantité de flocculant mère utilisée , ml :		10			
Taux de solide de la suspension , % :		5,50			Quantité eau dilution, ml :		90			
Densité spécifique des solides :		2,85			Quantité totale de solution de flocculant diluée ,ml :		100			
Masse de matière sèche ,g :		50,99			Volume finale pulpe et solution de flocculant , ml :		1000			
Masse du liquide mère , g :		876,0			Cons. sol. de flocculant mère (g /tonne de pulpe):		10,8			
Concentration en solides initiale , g/l :		56,65			Grammes de polymère par tonne de solides traitée:		196,1			
CARACTERISTIQUE DE L'EPROUVETTE UTILISEE										
N° de référence		Relation Hauteur-Volume			hauteur,cm:		35,8		Volume : 1000 ml	
MESURES			CALCULS							
Temps	Volume liqueur	Hauteur	Volume	Conc.	Densité	Conc.	Boues	Volume	m ³ liqueur	Vitesse
	clarifiée	boues	boues	en solides	boues	en solides		liqueur clarifiée	clarifiée / kg de floculant	de sedim.
min.	ml	cm	ml	g/l		(% w/w)	%	%		m/h
0	0	35,8	1000	50,99	1,027	4,94	100,0	0,00	0,00	0,00
0,25	450	19,5	550	93,60	1,050	8,82	55,0	46,58	45,00	39,12
0,5	550	16,0	450	114,08	1,060	10,62	45,0	56,93	55,00	23,76
0,75	575	15,0	425	121,68	1,064	11,28	42,5	59,52	57,50	16,64
1	600	14,0	400	130,38	1,069	12,02	40,0	62,11	60,00	13,08
1,5	610	13,6	390	134,21	1,071	12,35	39,0	63,15	61,00	8,88
2	640	12,7	360	143,72	1,076	13,15	36,0	66,25	64,00	6,93
2,5	650	12,4	350	147,20	1,078	13,44	35,0	67,29	65,00	5,62
3	655	12,2	345	149,61	1,079	13,64	34,5	67,80	65,50	4,72
3,5	660	12,1	340	150,85	1,080	13,74	34,0	68,32	66,00	4,06
4	670	11,5	330	158,72	1,084	14,39	33,0	69,36	67,00	3,65
5	675	11,4	325	160,11	1,085	14,50	32,5	69,87	67,50	2,93
10	700	10,5	300	173,83	1,092	15,62	30,0	72,46	70,00	1,52
15	710	10,2	290	178,95	1,095	16,03	29,0	73,50	71,00	1,02
20	715	10,0	285	182,53	1,097	16,32	28,5	74,02	71,50	0,77
30	795	7,2	205	253,51	1,134	21,77	20,5	82,30	79,50	0,57
45	800	6,9	200	264,53	1,140	22,58	20,0	82,81	80,00	0,39
60	800	6,9	200	264,53	1,140	22,58	20,0	82,81	80,00	0,29
180	800	6,9	200	264,53	1,140	22,58	20,0	82,81	80,00	0,10
SIMULATION DE RACLAGE A 20 MINUTES										
10 tours à 20 mn: vol (ml)		285		Hauteur (cm)		10		Concentration en solides (g/l)		182,53

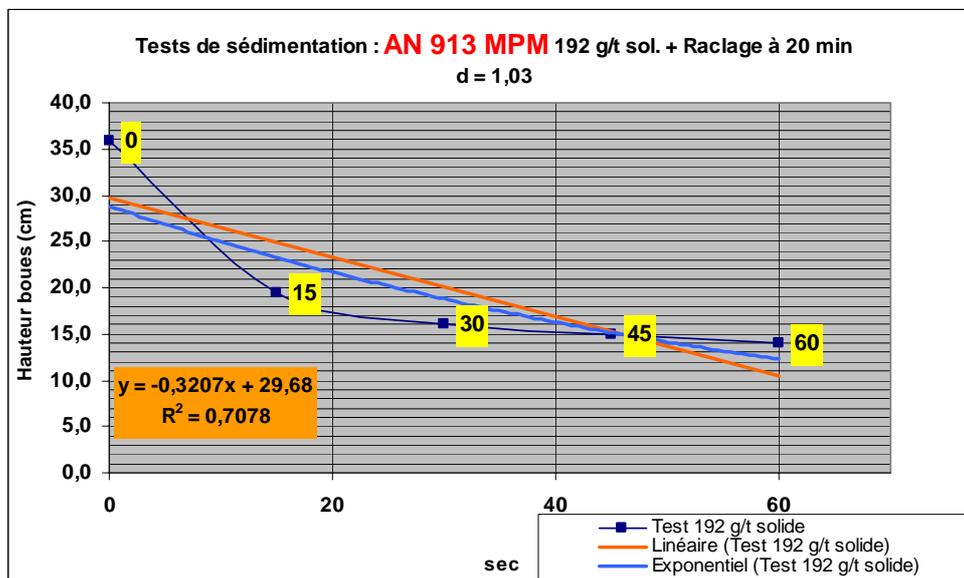


Figure 32 : Test de sédimentation des boues de lavage 1

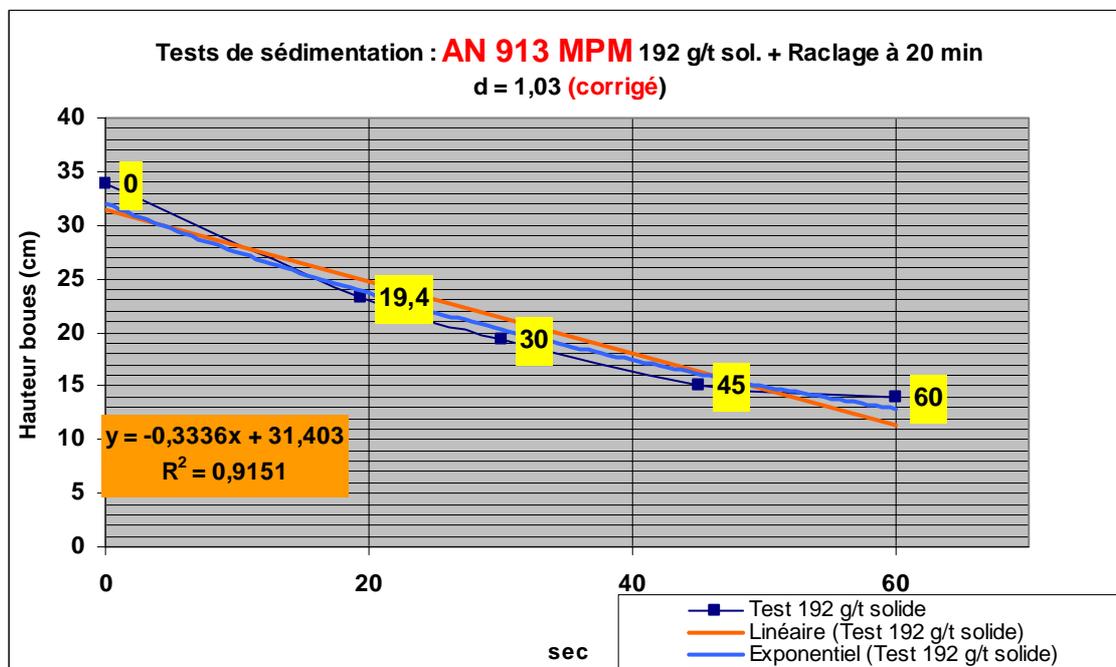


Figure 33: Test de sédimentation des boues de lavage 2

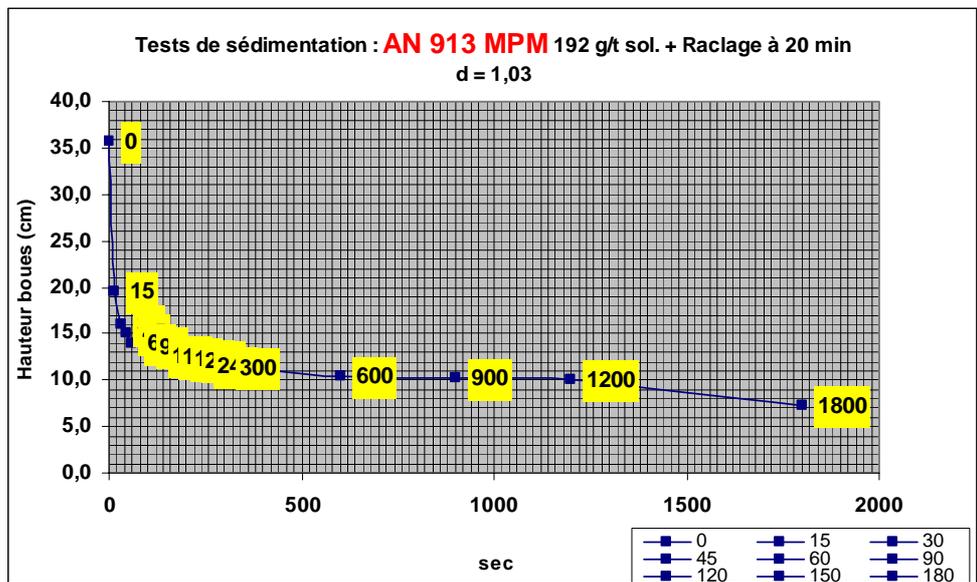


Figure 34 : Test de sédimentation des boues de lavage 3

Tableau 39 : Tests de sédimentation des boues de lavage (surverses primaires)

TESTS DE SEDIMENTATION DES BOUES DE LAVAGE (SURVERSES PRIMAIRES)										
Projet : Essais de sédimentation des surverses primaires de la laverie-								Client : IFG-TOGO		
Opérateur :		Référence Essai : AN 913 MPM/ 1,030 / 10 / R20					Date:		15/07/2003	
Provenance de l'échantillon testé : Surverse primaire usine lavé à l'eau douce										
ECHANTILLON					FLOCCULANT / COAGULANT					
Volume de pulpe dans l'éprouvette, ml		900			Type de flocculant :		AN 913 MPM			
Densité mesurée de la suspension :		1,050			Fabricant :					
Masse de la suspension ,g :		945			Concentration solution mère de flocculant , g/l :		1			
Densité du liquide mère :		1,000			Quantité de flocculant mère utilisée , ml :		14			
Taux de solide de la suspension , % :		7,80			Quantité eau dilution, ml :		86			
Densité spécifique des solides :		2,85			Quantité totale de solution de flocculant diluée ,ml :		100			
Masse de matière sèche ,g :		73,71			Volume finale pulpe et solution de flocculant , ml :		1000			
Masse du liquide mère , g :		871,3			Cons. sol. de flocculant mère (g /tonne de pulpe):		14,8			
Concentration en solides initiale , g/l :		81,90			Grammes de polymère par tonne de solides traitée:		189,9			
CARACTERISTIQUE DE L'EPROUVETTE UTILISEE										
N° de référence		Relation Hauteur-Volume				hauteur,cm: 33,7		Volume : 1000 ml		
MESURES			CALCULS							
Temps	Volume	Hauteur	Volume	Conc.	Densité	Conc.	Boues	Volume	m ³ liqueur	Vitesse
	liqueur							liqueur		
	clarifiée	boues	boues	solides	boues	solides		clarifiée	de	sedim.
min.	ml	cm	ml	g/l		(% w/w)	%	%	floculant	m/h
0	0	33,7	1000	73,71	1,045	7,03	100,0	0,00	0,00	0,00
0,25	320	22,8	680	108,95	1,067	10,18	68,0	33,43	22,86	26,16
0,5	400	20,2	600	122,97	1,075	11,39	60,0	41,78	28,57	16,20
0,75	440	18,8	560	132,13	1,081	12,17	56,0	45,96	31,43	11,92
1	465	18,0	535	138,00	1,084	12,67	53,5	48,57	33,21	9,42
1,5	500	16,8	500	147,86	1,090	13,49	50,0	52,23	35,71	6,76
2	515	16,4	485	151,47	1,092	13,79	48,5	53,80	36,79	5,19
2,5	520	16,2	480	153,34	1,094	13,95	48,0	54,32	37,14	4,20
3	540	15,3	460	162,35	1,099	14,69	46,0	56,41	38,57	3,68
3,5	550	15,0	450	165,60	1,101	14,95	45,0	57,45	39,29	3,21
4	560	14,7	440	168,98	1,103	15,23	44,0	58,50	40,00	2,85
5	570	14,5	430	171,31	1,105	15,42	43,0	59,54	40,71	2,30
10	580	14,1	420	176,17	1,108	15,81	42,0	60,59	41,43	1,18
15	600	13,6	400	182,65	1,112	16,33	40,0	62,68	42,86	0,80
20	605	13,4	395	185,38	1,113	16,55	39,5	63,20	43,21	0,61
30	670	11,5	330	216,00	1,132	18,94	33,0	69,99	47,86	0,44
45	680	11,2	320	221,79	1,135	19,39	32,0	71,03	48,57	0,30
60	690	10,8	310	230,00	1,140	20,01	31,0	72,08	49,29	0,23
180	700	10,4	300	238,85	1,146	20,68	30,0	73,12	50,00	0,08
SIMULATION DE RACLAGE A 20 MINUTES										
10 tours à 20 mn: vol (ml)		285		Hauteur (cm)		10		Concentration en solides (g/l)		182,53

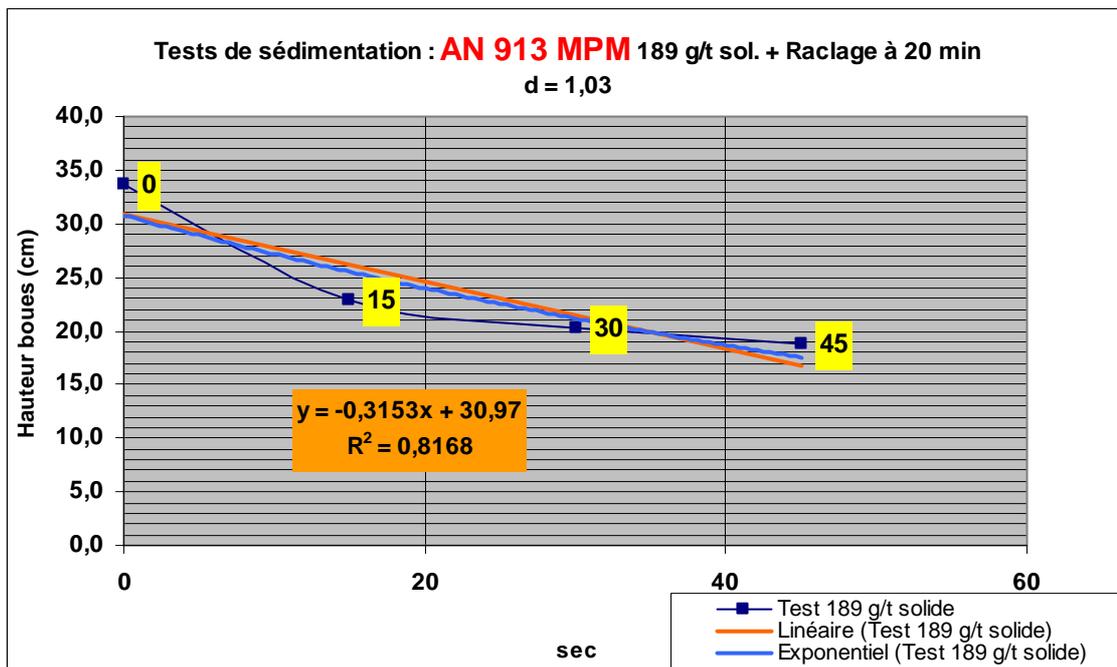


Figure 35 : Test de sédimentation des boues de lavage 4

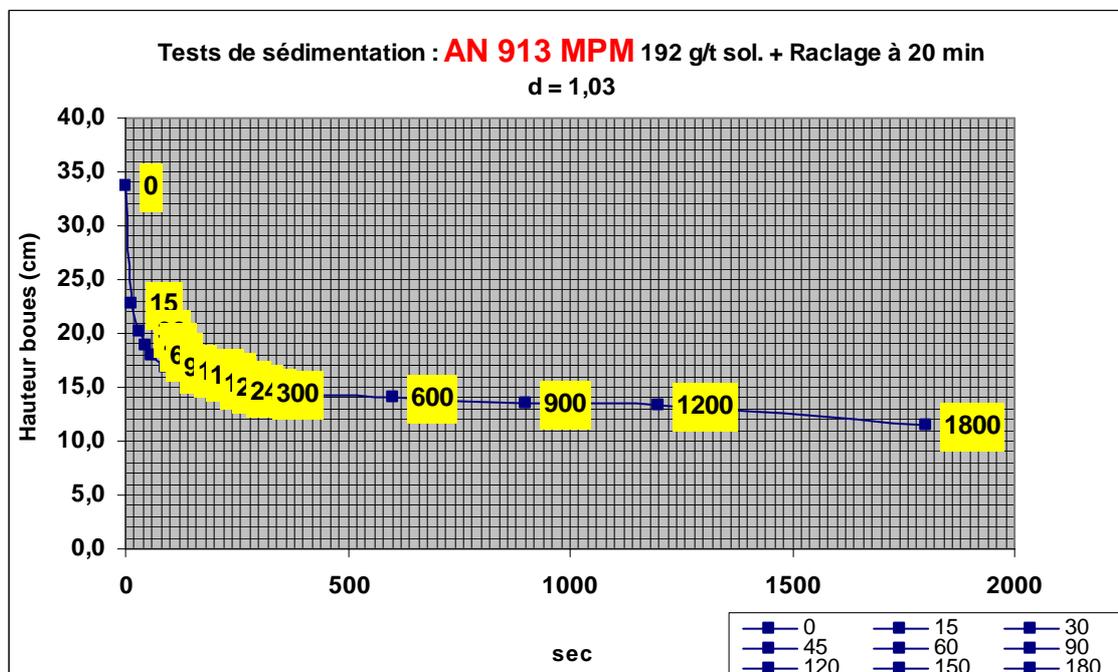


Figure 36: Test de sédimentation des boues de lavage 5

Tableau 40 : Tests de sédimentation des boues de lavage (surverses primaires)

TESTS DE SEDIMENTATION DES BOUES DE LAVAGE (SURVERSES PRIMAIRES)											
Projet : Essais de sédimentation des surverses primaires de la laverie-								Client : IFG-TOGO			
Opérateur :				Référence Essai : AN 913 MPM/1,030 / 10 / R20				Date:		15/07/2003	
Provenance de l'échantillon testé : Surverse primaire usine lavé à l'eau douce											
ECHANTILLON					FLOCULANT / COAGULANT						
Volume de pulpe dans l'éprouvette, ml		900			Type de floculant :		AN 913 MPM				
Densité mesurée de la suspension :		1,050			Fabricant :						
Masse de la suspension ,g :		945			Concentration solution mère de floculant , g/l :		1				
Densité du liquide mère :		1,000			Quantité de floculant mère utilisée , ml :		18				
Taux de solide de la suspension , % :		7,80			Quantité eau dilution, ml :		82				
Densité spécifique des solides :		2,85			Quantité totale de solution de floculant diluée ,ml :		100				
Masse de matière sèche ,g :		73,71			Volume finale pulpe et solution de floculant , ml :		1000				
Masse du liquide mère , g :		871,3			Cons. sol. de floculant mère (g / tonne de pulpe):		19,0				
Concentration en solides initiale , g/l :		81,90			Grammes de polymère par tonne de solides traitée:		244,2				
CARACTERISTIQUE DE L'EPROUVETTE UTILISEE											
N° de référence		Relation Hauteur-Volume				hauteur,cm:		33,5		Volume : 1000 ml	
MESURES			CALCULS								
Temps	Volume	Hauteur	Volume	Conc.	Densité	Conc.	Boues	Volume	m ³ liqueur	Vitesse	
	liqueur										boues
	clarifiée		boues	solides	boues	solides		clarifiée	de	sedim.	
min.	ml	cm	ml	g/l		(% w/w)	%	%	floculant	m/h	
0	0	33,5	1000	73,71	1,045	7,03	100,0	0,00	0,00	0,00	
0,25	380	23,9	620	103,32	1,063	9,68	62,0	39,86	21,11	23,04	
0,5	450	18,3	550	134,93	1,082	12,41	55,0	47,20	25,00	18,24	
0,75	490	16,7	510	147,86	1,090	13,49	51,0	51,40	27,22	13,44	
1	505	16,4	495	150,57	1,092	13,72	49,5	52,97	28,06	10,26	
1,5	520	15,7	480	157,28	1,096	14,27	48,0	54,55	28,89	7,12	
2	540	15,1	460	163,53	1,100	14,78	46,0	56,65	30,00	5,52	
2,5	550	14,8	450	166,84	1,102	15,05	45,0	57,69	30,56	4,49	
3	555	14,7	445	167,98	1,103	15,15	44,5	58,22	30,83	3,76	
3,5	560	14,6	440	169,13	1,103	15,24	44,0	58,74	31,11	3,24	
4	565	14,5	435	170,30	1,104	15,33	43,5	59,27	31,39	2,85	
5	570	14,3	430	172,68	1,105	15,53	43,0	59,79	31,67	2,30	
10	595	13,2	405	187,07	1,114	16,68	40,5	62,42	33,06	1,22	
15	605	12,9	395	191,42	1,117	17,03	39,5	63,46	33,61	0,82	
20	615	12,4	385	199,14	1,122	17,63	38,5	64,51	34,17	0,63	
30	670	10,8	330	228,64	1,140	19,91	33,0	70,28	37,22	0,45	
45	680	10,5	320	235,17	1,144	20,40	32,0	71,33	37,78	0,31	
60	700	9,8	300	251,97	1,154	21,65	30,0	73,43	38,89	0,24	
180	705	9,6	295	257,22	1,157	22,04	29,5	73,95	39,17	0,08	
SIMULATION DE RACLAGE A 20 MINUTES											
10 tours à 20 mn: vol (ml)			285		Hauteur (cm)		10		Concentration en solides (g/l)		182,53

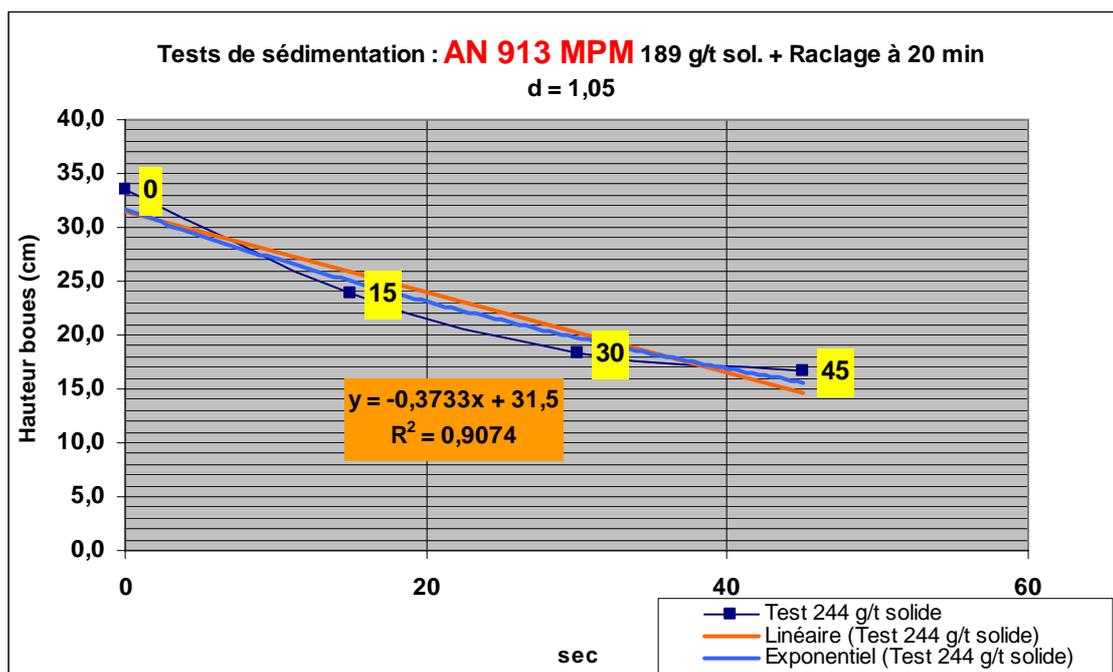


Figure 37 : Test de sédimentation des boues de lavage 6

8.6. Conclusion

L'analyse des documents reçus fait ressortir les faits suivants :

- l'usine IFG-TG de Kpémé produit une importante quantité de phosphate marchand de qualité. Cette production nécessite une grande quantité d'eau pour traiter la quantité de phosphate brute correspondante ;
- l'exploitation génère une grande quantité de déchets solides et liquides dont la gestion doit être écologiquement durable pour maintenir la santé des écosystèmes marins et côtiers ;
- des essais de décantation ont été réalisés en laboratoire et méritent d'être expérimentés.

Il est donc possible de rechercher des approches de solution qui garantissent les intérêts de production tout en préservant les écosystèmes marin et côtier.

Pour ce faire, il suffira d'intervenir juste à la sortie des déchets solides et liquides.



9. Options technologiques simples et à bas coût pour l'élimination des rejets de l'exploitation des mines de phosphates dans le GCLME

Les résultats du chapitre précédent permettent de conclure qu'il est possible de réduire voire d'éliminer les rejets des effluents de l'exploitation des mines de phosphates dans la mer. Plusieurs options technologiques peuvent être proposées.

Nous discuterons dans ce chapitre de deux options qui sont technologiquement viables, simples à réaliser et dont les coûts peuvent être surmontés :

- Option 1 : déplacement de la chaîne de lavage de l'usine à la mine ;
- Option 2 : construction de bassins de décantation avec maintien de l'ensemble de production sur le site actuel.

Nous discuterons des avantages et des inconvénients de chacune de ces options dans la suite de ce chapitre.

9.1. Option 1 : déplacement de la chaîne de lavage de l'usine à la mine

L'observation du Flow Sheet ou schéma de traitement avec bilan matières d'une chaîne montre que les rejets de boues dans la mer se produisent au niveau des cyclones primaires. En déplaçant toutes les opérations d'exploitation du

phosphate depuis le minerai brut jusqu'à la fin du cyclonage primaire, du site de l'usine à la mine, on empêche les rejets de se produire à Kpémé.

9.1.1. Avantages

Le déplacement de la partie qui génère les boues du site de Kpémé à la mine présente les avantages suivants :

- suppression des rejets d'effluents dans les eaux du GCLME ;
- protection de la faune et de la flore de l'environnement marin affecté par l'exploitation des mines de phosphates ;
- disposition de grandes superficies pour les opérations ;
- on n'a pas besoin de transporter de grandes quantités de minerai ni de construire de nouvelles voies pour le transport du phosphate lavé, d'où une nette amélioration du rapport coût-efficacité ;
- meilleure gestion des déchets pour le remblai des trous de la mine ;
- les boues seront traitées sur place ;
- collecte des eaux de rinçage directement dans les puits d'exploitation ;
- gestion durable des problèmes de pollution et de nuisances diverses ;
- récupération de 20 à 30 % de fines initialement rejetées en mer ;
- possibilité pour la population locale d'utiliser, par irrigation, les boues résiduelles pour faire du maraîchage ;
- possibilité pour la population locale d'utiliser, une partie des eaux collectées pour faire de la pisciculture.

9.1.2. Inconvénients

Parmi les inconvénients attachés à cette option, on peut citer :

- investissements pour l'acquisition des équipements d'installation de l'unité déplacée ;
- nouveaux forages pour l'alimentation en eaux douces devant remplacer l'eau de mer ;
- modification et/ou suppression de certains tronçons d'acheminement du minerai brut.

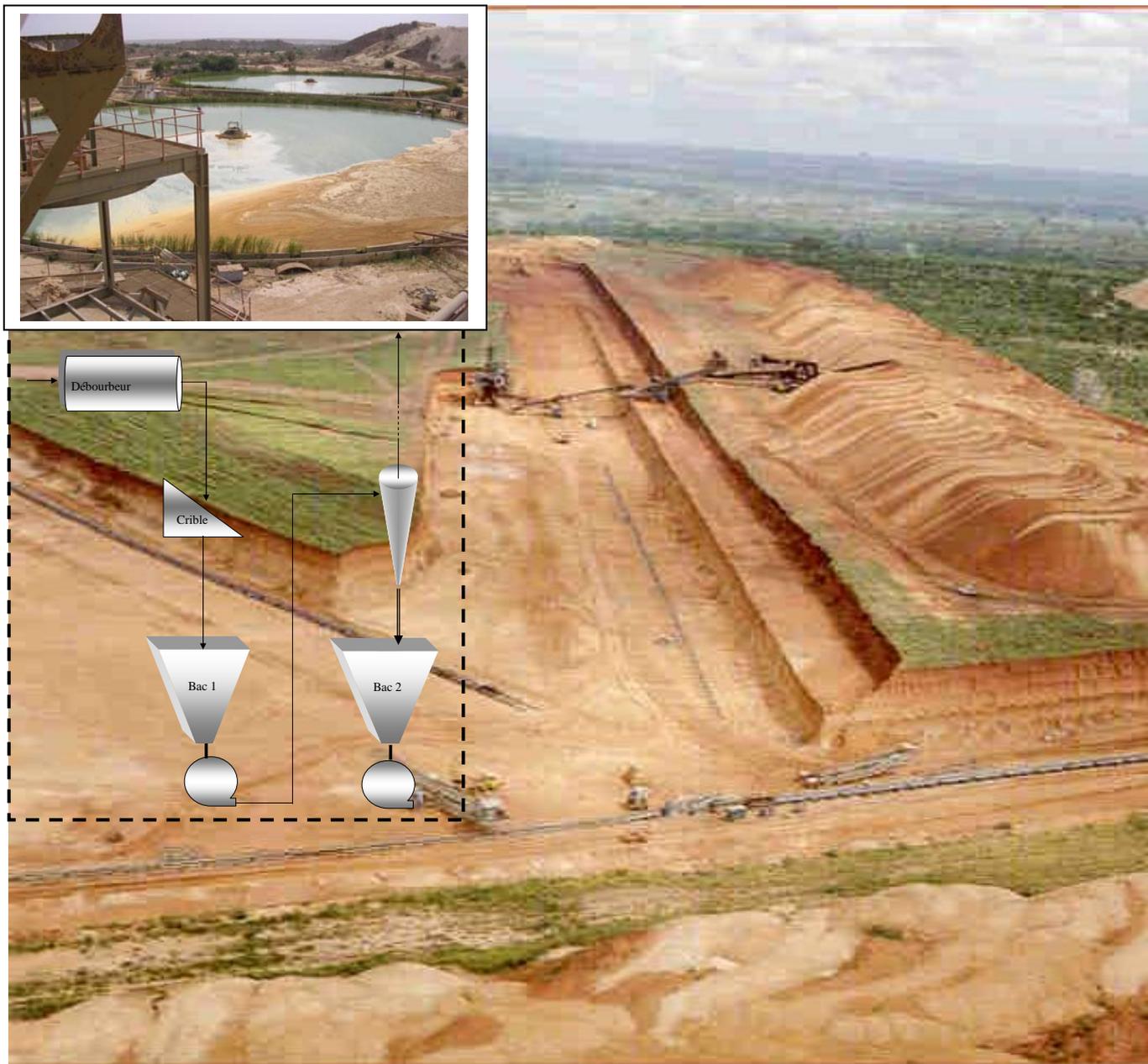


Figure 38: Schéma complet correspondant à l'option 1

Il est important de noter que l'addition d'un système de traitement des boues permettrait de récupérer une bonne partie des boues solides pour d'autres utilisations (fabrication d'engrais par exemple) et de pouvoir recycler une bonne partie (70 à 80%) des eaux de lavage.

Cette option telle que présentée ne protège pas entièrement tous les écosystèmes, en particulier les écosystèmes terrestres seront affectés.

L'installation de bassins de décantation permettrait d'améliorer le processus et de faire des économies en matière de gestion des ressources en eau, de santé des écosystèmes et de protection de la diversité biologique dans la région (Figure 38).

9.2. Option 2 : construction de bassins de décantation sur le site de Kpémé

Le Flow Sheet ou schéma de traitement avec bilan matières d'une chaîne montre que les rejets de boues en mer se produisent à la sortie des cyclones primaires. Les essais de sédimentation en laboratoire ont clairement montré qu'il est facile de procéder à une décantation des eaux de rejet.

On peut donc mettre en place un système de bassins de réception des Schlamms (boues) à décanter et de bassins de rétention d'eau clarifiée de siphonage. Les études réalisées dans le chapitre précédent ont permis de cerner quelques paramètres caractéristiques des bassins.

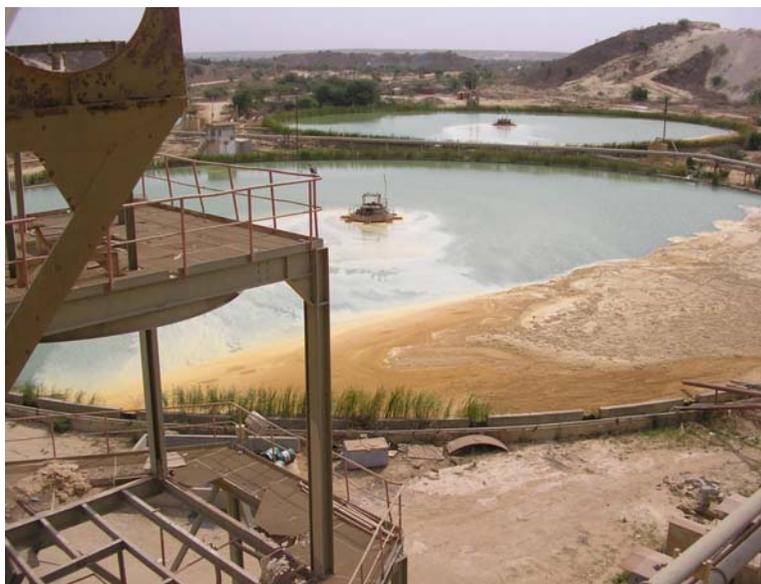


Figure 39: Exemples de Bassins de décantation et de rétention sur le site de Taiba (Sénégal).

Nous présentons ci-après quelques avantages et inconvénients de cette option.

9.2.1. Avantages

La construction de bassins de construction et de rétention bien dimensionnés, compte tenu des quantités de boues générées, présente comme avantages :

- technologie simple, ne nécessitant pas de spécialisation très pointue ainsi que d'investissements lourds ;
- suppression des rejets d'effluents dans les eaux du GCLME ;
- protection de la faune et de la flore de l'environnement marin affecté par l'exploitation des mines de phosphates ;
- disparition des pollutions et autres nuisances dans la mer et le long de la zone côtière Togo-Benin-Nigeria ;
- amélioration de l'environnement marin pour une production durable des pêcheries ;
- meilleure gestion des déchets pour le remblai des trous de la mine ;
- génération de quantités de boues, de déchets solides et de poussières beaucoup plus faibles ;
- les boues seront traitées sur place ;
- gestion durable des problèmes de pollution et de nuisances diverses ;
- récupération de 20 à 30 % de fines initialement rejetées en mer ;
- possibilité pour la population locale d'utiliser, par irrigation, les boues résiduelles pour faire du maraîchage ;
- possibilité pour la population locale d'utiliser, une partie des eaux collectées pour faire de la pisciculture.

9.2.2. Inconvénients

Parmi les désavantages que présente cette option, nous pouvons citer :

- la nécessité de disposer de beaucoup plus d'espace pour la réalisation des bassins ;
- l'abandon de l'eau de mer gratuite pour procéder à des forages capables de fournir la quantité d'eau nécessaire pour le traitement journalier des phosphates ;
- nouveaux investissements pour les forages.

La Figure 40 montre les éléments suivants :

- 1- Cuvette de collecte des eaux provenant des deux bassins de décantation.
- 2- Représente l'immense réserve d'eau recyclée et le dispositif de pompage vers l'unité de lavage du phosphate.
- 3- Valorisation des boues de fines résiduelles non traitées pour le maraîchage par irrigation pratiquée par la population locale.
- 4- Utilisation de l'eau dans la réserve pour faire de la pisciculture.



1



2



3



4

Figure 40 : Collecte et recyclage des eaux ; valorisation des boues ; développement de pisciculture

9.3. Conclusion

Comme on peut le constater, les deux options proposées pour la réduction et/ou l'élimination complète des rejets des effluents de l'exploitation des mines de phosphates dans le GCLME, présentent un point commun : la construction de bassins de décantation et de rétention. Il s'agit ici d'une technologie très simple à réaliser et à bas coût comparée aux coûts d'investissement qu'un système de gestion des schlamms (boues) aurait occasionné.

Compte tenu de la quantité de Schlamms (boues) générée par les cinq (5) chaînes d'exploitation de l'usine de Kpémé, il est proposé d'expérimenter une construction pilote de bassins pour deux (2) chaînes.

Ainsi, les leçons qui seront tirées de l'expérimentation de ces bassins pilotes permettront de corriger les imperfections, d'ajuster les paramètres techniques et d'améliorer le système en vue de son extension à toutes les cinq (5) chaînes.

CONCLUSION



NORTH-SOUTH ENVIRONMENT (NSE) **NORD-SUD ENVIRONNEMENT**



Conclusion

L'usine d'exploitation des mines de phosphates de Kpémé dispose de cinq (5) lignes de traitement aux caractéristiques identiques qui dans les conditions optimales peuvent produire 3 à 3,5 millions de tonnes de produit marchand à haute teneur en phosphate tricalcique. Le traitement ou lavage du phosphate brut à gangue argileuse utilise l'eau de mer. Ce lavage de phosphate (débouage, criblage, cyclonage) suivi de l'essorage-rinçage à l'eau douce puis séchage et éventuellement démagnétisation, génère quatre (4) types de rejets : rejets des refus aux cribles, rejets de cyclonage primaire, rejets de fines poussières mélangées aux gaz de combustion par les cheminées et les envolements et les rejets de démagnétisation lorsque son atelier est opérationnel.

Ces boues d'argiles phosphatées rejetées en mer représentent 90% des déchets du site industriel de Kpémé. Elles sont constituées d'argile phosphatée mélangée à l'eau de mer provenant de la coupure basse à 45 microns au niveau des cyclones primaires.

Les boues phosphatées résultant des différents traitements sont déversées directement dans la mer par deux canaux. La constitution minéralogique de ces boues est pour l'essentiel de l'argile (Kaolinite), la goethite, la glauconite, l'apatite (phosphate) et la silice. Elles sont composées en majorité d'argiles mais on y trouve également de la matière phosphatée. C'est ainsi que l'analyse chimique a révélé la présence d'éléments appartenant à la matière phosphatée ou aux argiles comme le phosphore (P), le fer (Fe), l'Aluminium (Al) ou le cadmium (Cd).

La poussière est constituée de particules fines rejetées dans l'air lors du concassage des grosses particules du minerai brut mais aussi lors du séchage du minerai enrichi. Cette poussière est visible à plusieurs kilomètres de l'usine et se dépose très rapidement. Ces dépôts provoquent la pollution des milieux récepteurs. La composition chimique de ces poussières est la même que celle du minerai.

Les observations scientifiques montrent que la grande faune (Onglés, *Cercopithecidae*...) naguère très abondante est pratiquement extirpée de la zone sous l'action conjuguée de la disparition des habitats, de la forte pression de chasse et du braconnage. De nos jours, on ne peut encore rencontrer qu'une demi douzaine d'espèces de mammifères de moyenne taille sur les sites. Il s'agit de la Civette (*Viverra civetta*), des Mangoustes (*Herpestes spp*) la Genette (*Genetta sp.*), du lièvre à oreilles de lapin (*Lepus crawshayi*), de l'Ecureuil fouisseur (*Xerus erythropus*), du Cricétome (*Crycetomys gambianus*). Encore, faut-il signaler que la plupart des taxons ne sont plus représentés que par quelques individus seulement.

Les informations recueillies auprès des pêcheurs révèlent une détérioration des prises de poissons dans les eaux côtières. Selon ces pêcheurs, la chute

spectaculaire de la production halieutique constatée proviendrait d'un éloignement des bancs de poissons suite aux rejets des déchets de traitement du phosphate dans la mer ; certaines espèces de poissons seraient disparues des captures.

Les recherches scientifiques montrent que le phénomène d'eutrophisation des milieux lenticules et des cours d'eau du sud-Togo s'est considérablement accéléré par des apports considérables de quantités de matières organiques fermentescibles et d'effluents riches en nitrates dans les cours d'eau (Zio, Haho, Mono). Dans ces cours on note la présence de phosphore, de nitrate et de métaux lourds, (Cu, Pb, r, Co, Cd). La situation la plus critique est celle de tout le système lagunaire comprenant les lagunes de Lomé et le Lac Togo.

L'impact environnemental du rejet dans la mer des déchets miniers issus du traitement des phosphates de Hahotoké-Kpogamé(Togo) a été étudié. Les résultats des analyses chimiques montrent que de fortes concentrations des éléments Cr, Cu, Ni, V, Sr, Zn et Pb augmentent lorsque la granulométrie évolue vers le grain fin. Les phénomènes de transport par les courants littoraux, de tri par densité et de sédimentation des particules phosphatées chargées en métaux lourds sont les principaux facteurs de la distribution spatiale des polluants dans les sédiments côtiers. Les concentrations du Cd et du Zr diminuent de la côte vers le large et au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'exutoire des déchets à Gomou Kopé. Celles du Cr, Cu, Ni, V, Zn, Sr et Pb par contre montrent une distribution spatiale contraire, c'est-à-dire qu'elles augmentent de la côte vers le large et au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source. A cause des processus de dispersion des sédiments par les courants littoraux, un vaste halo géochimique de sédiments hautement pollués s'est constitué autour du point de déversement des déchets miniers. Des essais d'agitation et de percolation du phosphate brut avec de l'eau salée (rapport 1/10) menés en laboratoire montrent qu'une fois le contact eau de mer/phosphate établi il se produit une forte solubilisation des éléments Cd, Ni, Zn, Al et Fe par des processus de désorption causés surtout par la forte salinité de l'eau de mer.

L'analyse de l'observation des sites de la mine, de l'usine d'exploitation et des données fournies par IFG-TG démontre qu'il est possible de réduire et même d'éliminer les rejets de boues en mer. Deux options pour y parvenir ont été proposées : le traitement sur la mine des opérations de lavage du minerai puis le transport du minerai marchand jusqu'à l'usine pour stockage et la décantation des boues par un système de bassins sur le site même de l'usine.

L'option correspondant au transfert de l'unité de lavage sur la mine supprime les rejets d'effluents en mer mais ne conduit pas à l'élimination des boues donc ne permet pas de récupération de l'eau. Compte tenu de la quantité énorme d'eau nécessaire pour faire tourner les cinq chaînes, cette option doit être complétée par un système de recyclage de l'eau pour être viable en matière de coût-efficacité ; cette option nécessite donc l'ajout de bassins de décantation et de rétention.

Quelle que soit l'option retenue, la construction de bassins de décantation et de rétention constitue donc la technologie la plus simple et la moins coûteuse pour l'élimination totale des rejets d'effluents de l'exploitation des mines de phosphates au Togo dans le GCLME.

Bibliographie

- R. SAINT GUILHEM, Compte Rendu colloque international sur les phosphates, Toulouse, 16-20 Mai 1967.
- P. FOUMAN, P. ROYER, *Calcium et tissus osseux, biologie et pathologie*, Flammarion Paris, 1970.
- Archives de l'I.F.G.-Togo
- R. A. YOUNG, Coll. Int. CNRS, Paris, 230 (1973), p 21, édité en 1975
- C. B. BEEVERS, D. B. Mc INTYRE, *Miner. Mag.*, 27, 1946.
- Cadmium in phosphates: a part of wider environmental problem?*, Phosphorus and Potassium, 162, 1989, p 23.
- "Extraction de quelques éléments métalliques dans les phosphates naturels (apatites) par granulométrie et par démagnétisation : Cas des phosphates de Habotoé (Togo)"* G. Tchangbedji G.Djeteli K. A. Kili, O. A. Tchassanti, J. recherche scientifique de l'U B (Togo), , 4 (1), 2000
- "Chemical and Structural Characterization of natural phosphate of Habotoe (Togo)"* G. Tchangbedji, G. Djeteli, K. A. Kili, J. M. Savariault, J.L. Lacout, *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, 17 (2), 2003.
- E.R. KREIDLER, Ph. D. Thesis, Pennsylvania University, 1967.
- Mc CONNEL, Apatite, its crystal chemistry, mineralogy utilization and biologic occurrence, Applied Mineralogy, n°5 New York, 1973.
- J.C. TROMBE, Thèse, Université de Toulouse, 1972.
- K. GNANDI, *"Cadmium et autres polluants inorganiques dans les sols et les sédiments de la région côtière du TOGO : Une étude géochimiques"*, Thèse, Université Friedrich-Alexander Erlangen-Nuremberg, République Fédérale d'Allemagne (1988).
- M. ABENTE, *"Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement par voie humide des phosphates naturels : Cas des phosphates togolais"*, Mémoire d'Ingénieur de travaux en gestion de l'eau et de l'environnement, Université du Bénin (Togo), 2001.
- Jeune Afrique Economie*, N° 135, Septembre 1990
- Marché nouveaux, Guide économique des pays en expansion*, N° 2, Janvier 1998
- K. BODJOK, *"Etude chimique de l'impact sur l'environnement du rejet des effluents du traitement des phosphates de Habotoe-Kpogame (Togo) dans la mer"*, Mémoire d'Ingénieur

de travaux en gestion de l'eau et de l'environnement, Université de Lomé (Togo), 2003.

A. ABDOU, *Evaluation de la distribution du fluor et ses conséquences sur la santé humaine autour du site de traitement des phosphates (Sud Togo)*, Mémoire d'Ingénieur de travaux en gestion de l'eau et de l'environnement, Université de Lomé (Togo), 2005.

Communication nationale initiale du Togo, Convention cadre des nations unies sur les changements climatiques, Ministère de l'Environnement et des ressources forestières (Togo), Novembre 2001

OURO. Salim, *Traitement des boues phosphatées par la méthode de coagulation-floculation*, Mémoire d'Ingénieur de Travaux en gestion de l'eau et de l'environnement, Université Lomé, Togo, 2004

K. GNANDI, *Cours de la pollution des sols ; La biogéochimie des polluants inorganiques*, ESTBA, Université de Lomé, 2005.

MIQUEL G., *Effet des métaux lourds sur l'environnement et la santé*, Rapport 261 ; Office Parlementaire d'Evaluation des choix Scientifiques et Technologiques , [www.Senat.fr/ rap /100-261 /100-261134. Html](http://www.Senat.fr/rap/100-261/100-261134.html), 2000- 2001.

Rapport National sur le Cadmium et le Plomb,

http://www.chem.unep.ch/Pb_and_Cd/SR/Files/submission%20Gov/submis_Gov_TGO.pdf, 2005.

K. ABBE, *Evaluation des conséquences du rejet des déchets phosphates dans la mer : Etude de la bioaccumulation de quelques éléments chimiques toxiques par les espèces animales marines. Cas du cadmium et du plomb*, Mémoire d'Ingénieur de travaux en gestion de l'eau et de l'environnement, Université de Lomé (Togo), 2004

K.Gnandi, G. Tchangbedji, K. Kili, G. Baba, K. Abbe, *The impact of Phosphate mine tailing on the bioaccumulation of heavy metals in marine fish and crustaceans from the coastal zone of Togo*, Mine Water and Environment, 25, 2006.

Evaluation du Hg, du Pb, du Cd et de quelques additifs alimentaires, rapport d'un groupe mixte d'étude n° 04, FAO/OMS –Genève, 1974.

K. Gnandi, G. Tchangbedji, K. Kili, A.I. Ouro Salim, *Processing of Phosphate Mine Tailings by Coagulation Flocculation to Reduce Marine Pollution in Togo: Laboratory Tests*, Mine Water and the Environment, 24, 2005..

- A. MASSABA, *Etude chimique de la dissolution des phosphates naturels par la matière organique : cas des phosphates togolais*, Mémoire d'Ingénieur de Travaux en Gestion de l'Eau et de l'Environnement, Université de Lomé, 2003
- G.Tchangbedji, G. Baba, K. Agbeko, J.R. Bailly, J.L. Lacout, *Monitoring of natural phosphate dissolution during composting process*, Phys., Chem. News, 23, 2005.
- M. SCHNITZER, *Reaction between Fulvic Acid, a Soil Humic Compound and Inorganic Soil Constituents*. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 33, 1969.
- Agbemelo-Tsqmafo Ahoahomé, 1999. L'exploitation minière dans un environnement sain : cas de l'Office Togolais des Phosphates (OTP).
- Banque Mondiale, 1999. Manuel d'évaluation environnementale, Edition française.
- Banque Paribas, 1997. Audit environnemental de l'Office Togolais des Phosphates (OTP).
- Gnandi Kissao, 1998. Cadmium et autres polluants inorganiques dans les sédiments et sols de la région côtière du Togo, une étude géochimique, Thèse PhD, Université d'Erlangen, Allemagne
- Thombiano, Taladidia, 1992 « Analyse de l'impact environnemental sur l'eau de mer de l'Office Togolais des Phosphates (OTP) à l'aide de l'approche socio-économique », p. 10, on <http://www.crde.umontreal.ca/auf/thiombiano.pdf>
- Recommandation C (77) 28 (Final), Annexe C, du 17 mai 1977, citée par Alexandre KISS et Jean-Pierre BEURIER, Droit International de l'Environnement, Paris : Pédone, 2000, p. 102.
- Acouetey Covi, «La lutte contre les pollutions transfrontières : cas du Togo et du Bénin», Mémoire de DEA en droit et politique de l'environnement, Université de Lomé, Togo, 2000-2001, p.11).
- Altschuler, Z.S. (1980) The geochemistry of trace elements in marine phosphorites. Part I. Characteristic abundances and enrichment. In: Bentor, Y.K.(Editor), Marine phosphorites. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists 28, 19-30.
- Johnson, A.K.C. (1987) Le bassin côtier à phosphates du Togo: Thèse de doctorat, université de Dijon, France (unpublished).
- Kunkel, H., (1990) Über die Cadmiumverteilung in den Phosphoritlagerstätten von Kpogamé/Hahotoé: Dissertation-Universität-Erlangen. pp 149 (unpublished).
- Slansky, M. (1986) Geology of sedimentary phosphates.- Studies in Geology.
- OMS (1993). Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. 42 nd

Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, WHO Technical Reports Series 837, Genf.

Djaneyé-Boundjou G. Bawa L.M., and Boukary Y. (2000) Organochlorinated pesticide residues in vegetable food. *Microb. Hyg. Ali.* 12 (35) 42-46 p.

Perspectives in Integrated Coastal Areas Management in the Gulf of Guinea, UNIDO/UNDP/GEF. CEDA, 1998 (91pp).

The State of the Coastal and Marine Environment of the Gulf of Guinea, CEDA, 1999 (160pp)

Integrated Environmental and Living Resources Management in the Gulf of Guinea. Proceedings of the First Regional Symposium for the Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem, January 1998 (approx 300pp)

Nearshore Dynamics and Sedimentology of the Gulf of Guinea, UNIDO/UNDP/GEF/IOC-UNESCO. CEDA 1998 (211pp).

State of the marine environment: West and Central Africa Region: UNEP Regional Seas Report and Studies No. 108, UNEP 1989 (34pp).

National Reports of the countries represented at the PDF B/1 Regional Stakeholders Workshop in Accra, Ghana, 14-18 May 2001.

Regional Synthesis Report on the PDF B/1 Regional Stakeholders Workshop, UNEP/UNIDO/UNDP/GEF Report, Accra, Ghana, 14-18 May 2001.

Sectoral/Thematic Reports in Eleven areas prepared by regional experts for the PDF B/1 Regional Stakeholders Workshop, Accra, Ghana, 14-18 May 2001.

Report of the First Working Group Workshop of the GCLME PDF B/1, Accra, Ghana 14-15 May 2001.

Report of the First Stocktaking Workshop of the GCLME PDF B/1, Accra, Ghana 16-17 May 2001.

Report of the First Steering Committee Meeting of the GCLME PDF B/1, Accra, Ghana 14-16 May 2001.

Overview of Land-Based Sources and Activities affecting the Marine, Coastal and associated Freshwater Environment in the West and Central African Region, UNEP 1999 (111pp).

The Gulf of Guinea Large Marine Ecosystem, Environmental Forcing and Sustainable Development of Marine Resources, Elsevier 2002 (392pp).

Integrated Water Pollution Assessment in Data- and Resource- Poor Situations: Lake Victoria and the Gulf of Guinea Case Studies. P.A.G.M, Scheren (2003), Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2003 (216pp).

Profile Côtier du Togo, MERF/UNIDO/UNDP/GEF, 1999. Presses de l'Université de Bénin, Lomé (80pp).

Developing countries and the Restoration of Large Marine Ecosystems: Industrial Globalized Fisheries and the North-South Divide. Report prepared by UNIDO for the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg 2002 (12pp).

SODJI A. (1998) La situation environnementale du Togo. ONUDI, PP 95-100.
INRS (1991) Economie et société togolaise P 124.