

Ressources minières, pétrolières et gazières de la Côte d'Ivoire et problématique de la pollution des ressources en eau et des inondations

Mines, oil and gas in Ivory Coast and the problem of Water resources pollution and flooding

* Yao Blaise KOFFI¹, Kouassi Ernest AHOUSI¹, Amani Michel KOUASSI² & Jean BIEMI¹

Abstract : This paper deal about water, mines, oil and gas of Ivory Coast. It also presente the pollution of water resources by mining activities, oil and gas activities and flood . For this study, the data used are essentially technical reports, scientific papers and the results of interviews. The methodology is divided into two parts: (i) a method of data collection which includes the identification of technical and scientific papers reports, literature review and interviews; (ii) a descriptive statistical approach was applied to the data. The results obtained show that the geology of Ivory Coast is characterized by : (i) the coastal sedimentary basin in the south (2% of the total land area) and (ii) the crystalline basement (98% of the country). This geology gives to this country a lot of wealth : (i) mines (gold, diamonds, iron, manganese, etc.) ; (ii) oil and gas, located on the coastal sedimentary basin whose activities impact on water resources. This study also shows that Ivory Coast has a lot of rivers. It also have several lagoons and artificial lakes (hydroelectric dams Koussou, Taabo and Ayame I and II, etc.) and natural. Regarding flooding, the town Abidjan suffers with its corollary of landslides and death.

Keywords : Pollution, Geohazards, Surface water, Mineral and Oil ressources, Ivory Coast.

Résumé : Cet article a pour objet de présenter les potentialités hydrique, minière, pétrolière et gazière de la Côte d'Ivoire. Il se propose également de lever un point de voile sur : (i) la pollution de la ressource en eau par les activités minières, pétrolière et gazière et des inondations en Côte d'Ivoire et dans le District d'Abidjan. Pour cette étude, les données utilisées sont essentiellement des rapports techniques, des mémoires scientifiques ainsi que des résultats d'interviews. La méthodologie utilisée se scinde en deux parties : (i) une méthode de collecte des données qui comprend l'identification des rapports techniques et des mémoires scientifiques qui traitent de la problématique de l'étude, la synthèse bibliographique et les interviews ; (ii) une approche statistique descriptive a été aussi appliquée à ces données. Les résultats obtenus montrent que la géologie de la Côte d'Ivoire est caractérisée par deux grands ensembles : le bassin sédimentaire côtier au Sud (2,5% de la superficie totale du pays) et le socle cristallin (97,5% du territoire national). Cette géologie offre à ce pays beaucoup de richesses : (i) minières (or, diamant, fer, manganèse, etc.) situées généralement sur le socle ; (ii) pétrolière et gazière, localisées sur le bassin sédimentaire côtier dont l'exploitation impacte fortement les ressources en eau. Cette étude montre également que la Côte d'Ivoire dispose d'un important réseau hydrographique. On y rencontre aussi plusieurs lagunes, ainsi que des lacs artificiels (lacs des barrages hydroélectriques de Koussou, de Taabo et d'Ayame I et II, etc.) et naturels. En ce qui concerne les inondations, la ville d'Abidjan en souffre avec son corolaire de glissement de terrain et de morts d'hommes.

Mots-clés : Pollution, Georisques, Eau de surface, Ressources minérales et pétrolières, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Depuis la chute des coûts des matières premières agricoles dans les années 1980 et 1990 (Soro, 2011), la Côte d'Ivoire a voulu faire de l'industrie extractive le second pilier de son économie. Depuis cette date, les codes minière et pétrolier ont été revus afin d'encourager les sociétés des industries extractives à s'installer sur l'ensemble du territoire ivoirien.

¹ Université de Cocody ; Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM) ; 22 BP 582 Abidjan 22 ; Tel : (+225) 22 48 38 03, Abidjan, (Côte d'Ivoire).

² Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) ; Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi) ; Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et des Sciences Géographiques ; BP 1093 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire), Tél. (+225) 30 64 67 15 (Côte d'Ivoire). E-mail : michel.a_kouassi@yahoo.fr.

*KOFFI Yao Blaise <yaomonie@yahoo.fr>

Mais les activités de ces industries extractives apparaissent comme des dangers pour les ressources en eaux souterraines et de surface dont dispose la Côte d'Ivoire. Alors quels sont les dangers causés par ces activités minières, pétrolières et gazières sur ces ressources en eau de la Côte d'Ivoire ? Outre ces questions de pollution par l'industrie extractive, il faut noter également les problèmes des inondations récurrentes constatées au niveau du District d'Abidjan. C'est autour de cette problématique que cet article va se construire. Partant de ces problèmes, cette étude fera l'état des lieux des ressources en eau, minières, pétrolières et gazières de la Côte d'Ivoire et dégagera les problèmes de pollution des eaux occasionnées par l'industrie extractive. Elle s'intéressera également aux questions des inondations au niveau du District d'Abidjan.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Côte d'Ivoire est un pays de l'Afrique de l'Ouest situé entre les latitudes 5°N et 10°N et les longitudes 3°W et 8°W. D'une superficie de 322 462 km², elle fait frontière au nord avec le Burkina Faso et le Mali, à l'est avec le Ghana, à l'ouest avec le Libéria et la Guinée et au sud avec l'océan Atlantique. En ce qui concerne le District d'Abidjan, il est situé dans le Sud de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 5°00 et 5°30 Nord et les longitudes 3°50 et 4°10 Ouest. Il occupe une superficie 2120 km², soit environ 0,66% de la superficie totale de la Côte d'Ivoire (Figure 1). La Côte d'Ivoire est caractérisée par plusieurs types de climat : le climat subéquatorial, le climat tropical de savane humide et le climat de savane sec. Le climat subéquatorial est caractérisé par des températures de faibles amplitudes (25°C à 30°C), un fort taux d'humidité (80 à 90 %) et des précipitations abondantes, qui atteignent 2000 mm dans le District d'Abidjan). Cette zone dont appartient le District d'Abidjan connaît deux saisons sèches et deux saisons humides. Quant au climat tropical de savane humide, il couvre le nord de la zone forestière du sud et le sud de la région des savanes. Les températures, à amplitudes plus importantes, y oscillent entre 14°C et 33°C, avec une hygrométrie de 60 % à 70 % et des précipitations annuelles de 1 200 mm à Bouaké. Cette région climatique connaît également quatre saisons : deux saisons sèches, de novembre à mars et de juillet à août et deux saisons pluvieuses, de juin à octobre et de mars à mai. En ce qui concerne le climat de savane sec, il concerne principalement la région des savanes. Les amplitudes thermiques quotidiennes et annuelles y sont relativement importantes, de l'ordre de 20°C, le taux d'humidité, inférieur à celui du sud du pays, varie de 40 % à 50 %. La zone considérée est caractérisée par la présence intermittente entre les mois de décembre et février d'un vent frais et sec, l'harmattan. On y relève deux saisons : l'une sèche, de novembre à juin, ponctuée par quelques pluies au mois d'avril, et l'autre pluvieuse, couvrant la période de juillet à octobre. Les précipitations moyennes enregistrées sont de 1 203 mm à Korhogo. L'histoire géologique de la Côte d'Ivoire est liée à celle de l'Afrique occidentale composée d'une vieille plate-forme. Il s'agit d'un vaste craton granitisé précambrien situé entre les longitudes 0° et 18° Ouest et les latitudes 5° et 25° Nord, limité à l'ouest par la zone mobile de l'Afrique de l'ouest, à l'est par la zone mobile de l'Afrique centrale, au nord par l'Anti-Atlas et au sud par l'océan Atlantique (Figure 2). Ce craton qui comprend la dorsale de Man s'est mis en place entre 2700 et 1700 M.A. (BESSOLES, 1977). Il est composé de roches birimiennes d'âge paléoprotérozoïque. Rectifié et arasé, ce bloc a permis la formation en son centre d'un bassin marin subsident gréseux, le bassin de Taoudéni et sur son bord sud-est le bassin voltaïen. Ces bassins ont fonctionné durant toute la fin du Précambrien et durant tout le paléoprotérozoïque. Les parties émergées du craton sont restées comme des îles entourées de dépôts sédimentaires. Les bordures de ces bassins, d'origine volcano-sédimentaire en partie, ont subi plusieurs orogénèses successives et se sont plissées. La partie orientale du craton est "rajeunie" et des venues doléritiques sont injectées. Des transgressions marines secondaires et tertiaires déposent alors des sédiments, en discordance sur le socle. Enfin, se mettent en place à la fin du Tertiaire, les sédiments grésio-argileux du Continental Terminal et au Quaternaire, diverses couvertures éoliennes et dépôts alluviaux et colluvio-alluviaux. Plusieurs auteurs ont contribué à la connaissance de l'histoire géologique de la Côte d'Ivoire (TAGINI, 1971; PAPON, 1973; YACE, 1976; BESSOLES, 1977 ; CAMIL, 1984 ; VIDAL, 1987; FABRE, 1987; LEMOINE, 1988; POTHIN, 1988; LEAKE, 1992; BIEMI, 1992, KOUAMELAN, 1996; SAVANE, 1997; DJRO, 1998 ; SORO, 2002) (Figure 3).

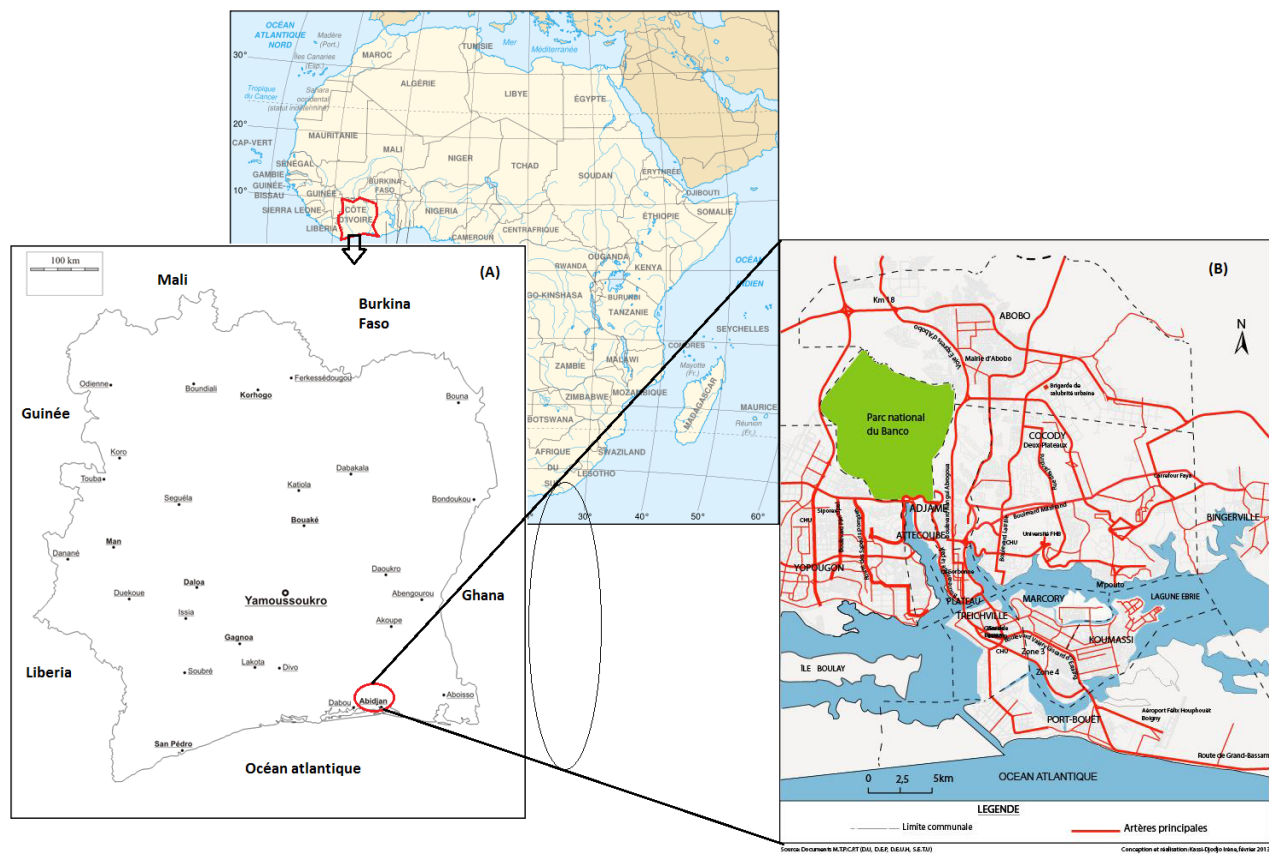


Figure 1: Présentation des zones d'étude : (A) la Côte d'Ivoire et (B) le District d'Abidjan

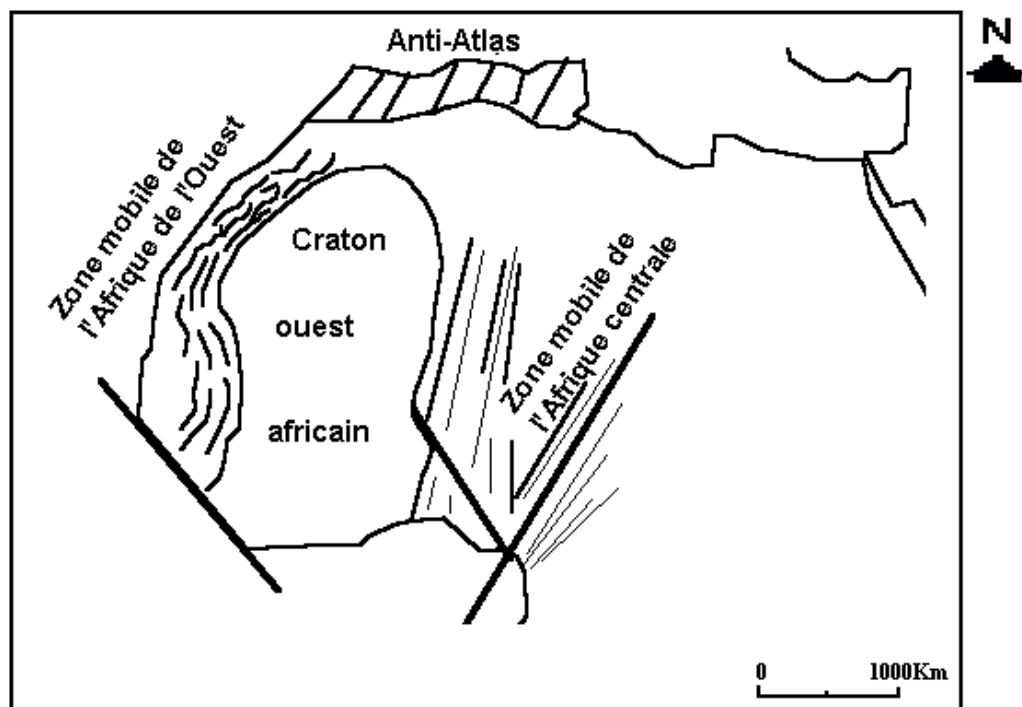


Figure 2 : Localisation du craton Ouest Africain (OUATTARA, 1998)

Cette histoire géologique s'intègre à celle du craton Ouest Africain et la Côte d'Ivoire s'inscrit ainsi dans l'espace de la dorsale de Man. Les formations cristallines appartenant à cette dorsale constituent l'essentiel du paysage géologique de la Côte d'Ivoire (97,5% de la superficie du territoire national). Elles sont limitées par le bassin de Taoudéni au nord (Mali et Burkina Faso), les Dahoméyides à l'est (Ghana, Togo et Bénin), l'Atlantique au sud, et les Rockellides à l'ouest (Guinée et Sierra Léone). Trois orogénèses : léonienne, libérienne et éburnéenne, ont contribué à la mise en place de deux domaines géologiques précambriens, définis par TAGINI (1971): le domaine guinéo-libérien et le domaine éburnéen. Ces deux domaines sont séparés par le grand accident méridien du Sassandra et masqué au sud par le petit bassin côtier d'Abidjan, d'âge Crétacé-Quaternaire.

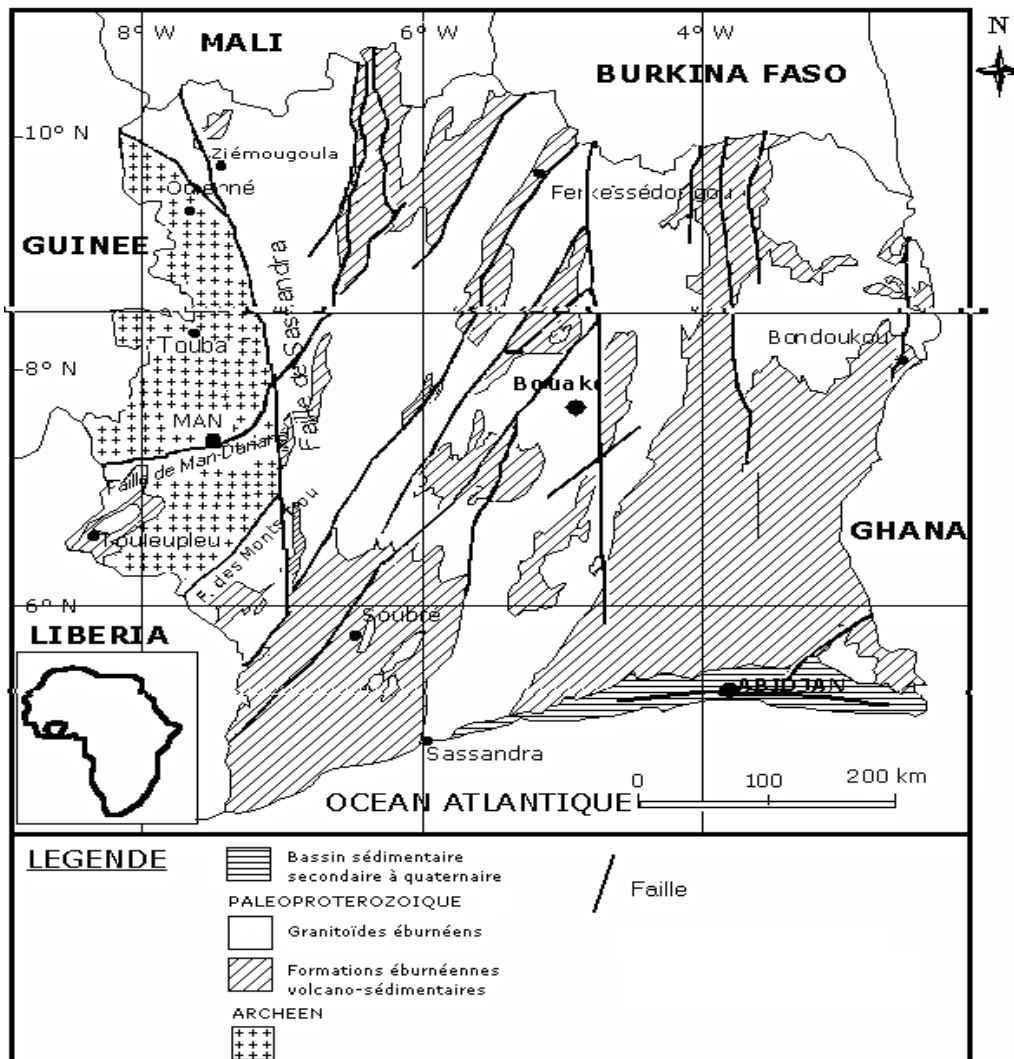


Figure 3 : Carte géologique de la Côte d'Ivoire (modifiée par KOUAMELAN (1996))

MATERIEL ET METHODE

Pour cette étude, les données utilisées sont essentiellement statistiques contenues dans des rapports techniques, des mémoires scientifiques ainsi que des résultats des différentes interviews. On a utilisé dix (10) rapports techniques des sociétés minières, quatre (4) rapports annuels de l'Initiative pour l'Industrie Extractive (ITIE) pour les différentes productions (mines, pétroles et gaz) de la période 2008 à 2011, vingt (20) mémoires et trente (30) rapports des travaux de recherche, les résultats qu'une cinquantaine d'interview réalisées auprès des responsables des sociétés minières et des services

de l'Etat en charge des ressources en eau, des mines, du pétrole et de l'environnement. Parmi ces données on a aussi une cinquantaine d'articles sur les statistiques des dégâts causés par les inondations dans le District d'Abidjan.

La méthodologie utilisée se scinde en deux parties : (i) une méthode de collecte des données qui comprend l'identification des rapports techniques et des mémoires scientifiques qui traitent de la problématique de l'étude, la synthèse bibliographique et les interviews ; (ii) une méthode de traitement des données comme la statistique descriptive a été appliquée à ces données.

RESULTATS

Bilan des ressources en eau dont dispose la Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire bénéficie d'une ressource en eau très diversifiée. On note l'existence des eaux de surface et les eaux souterraines en abondance (Tableau I). Les eaux de surface se composent de cours d'eau et de retenues réparties sur l'ensemble du territoire ainsi que des lagunes situées dans la zone côtière.

Le réseau hydrographique de la Côte d'Ivoire comprend principalement :

- quatre grands bassins repartis d'ouest en est de la manière suivante : le Cavally, le Sassandra, le Bandama et la Comoé ;
- de petits cours d'eau côtiers dont les plus significatifs sont le Tabou, le San-Pédro, le Niouniourou, le Boubo, l'Agnéby, la Mé, la Bia et le Tanoé ;
- des affluents du Niger, notamment le Gbanhala (Kouroukélé), le Baoulé, le Dégou, le Kankélabi et la Bagoué ;
- quelques affluents de la Volta Noire dont une partie du cours principal constitue la frontière Nord-Est entre la Côte d'Ivoire et le Ghana, à savoir le Koulda, le Gbanlou, le Gougoulo et le Kohodio.

Il n'existe pas de lacs ni d'étangs particulièrement remarquables sur le territoire ivoirien. En effet, toutes les grandes surfaces de stockage des eaux à l'intérieur des terres sont des réservoirs artificiels et la Côte d'Ivoire en compte environ cinq cent soixante douze (572) retenues à vocation agro-pastorale et/ou hydroélectrique (Figure 4), dont la capacité de stockage avoisine 37,2 milliards de m³, avec 36,8 milliards de m³ pour l'hydro-électricité et 0,4 milliards de m³ pour les autres (GOURDIN, 1999).

La Côte d'Ivoire possède également plusieurs complexes lagunaires qui s'étendent sur une superficie totale de 1 400 km², avec plus de 1 500 km de rivages repartis d'ouest en est de la manière suivante (Figure 5) :

- le complexe lagunaire de Fresco ;
- le complexe lagunaire de Grand-Lahou est la plus petite de toutes les lagunes, avec une longueur de 50 km et une superficie de 190 km². Elle se compose d'une suite de quatre petites lagunes ;
- le complexe lagunaire Ebrié est la plus étendue, avec en moyenne, 566 km² de superficie, une largeur de 7 km, une longueur de 150 km et une profondeur de 4 m. Elle est aussi divisée en plusieurs sections par les lagunes Aghien et Potou, le canal d'Assinie, la Ville d'Abidjan et le Canal de Vridi ;
- le complexe lagunaire Aby, d'une superficie de 427 km², s'étend sur 56 km de largeur d'est en Ouest et 24 km de long du nord au sud. C'est un complexe de trois lagunes (Tendo, Aby et Ehy).

Tableau I : Caractéristiques des principaux cours d'eau de la Côte d'Ivoire (LEVEQUE *et al*, 1983)

Principaux cours d'eau	Superficie (km ²)	Longueur (km)	Pays en partage
Cavally	28 800 (dont 15 000 km ² en Côte d'Ivoire)	700	Liberia
Sassandra	75 000 (dont 67 000 km ² en Côte d'Ivoire)	650	Guinée
Bandama	97 000	1 050	
Comoé	78 000 (dont 57 300 km ² en Côte d'Ivoire)	1 160	Burkina Faso
Tabou	810	-	-
San Pedro	3 300	-	-
Boubo	3 411	130	-
Niouniourou	1 800	-	-
Agnéby	8 600	200	-
Mé	4 300	140	-
Bia	10 200 (3 200)	290	Ghana
Tanoé	15 000 (1 100)	-	Ghana
Baoulé (Niger)	(3 960)	-	Mali
Dégou	(1 550)	-	Mali
Kankélaba	(5 550)	-	Mali
Gbanhala	(3 760)	-	Guinée
Bagoé (Niger)	(8 950)	230	Mali
Volta Noire (Gbanlou, Gougoulo, Kohodio, Koulida)	(12 500)	-	Ghana

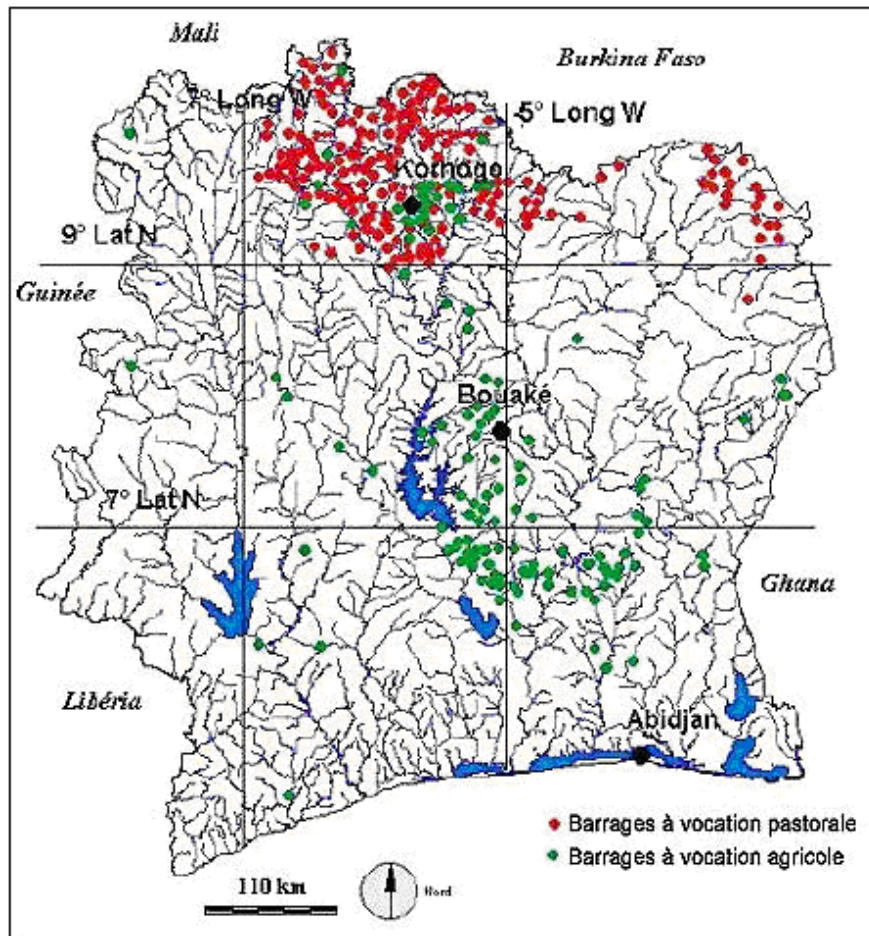


Figure 4 : Localisation des barrages hydroagricoles et hydroélectriques de la Côte d'Ivoire (GOURDIN, 1999)

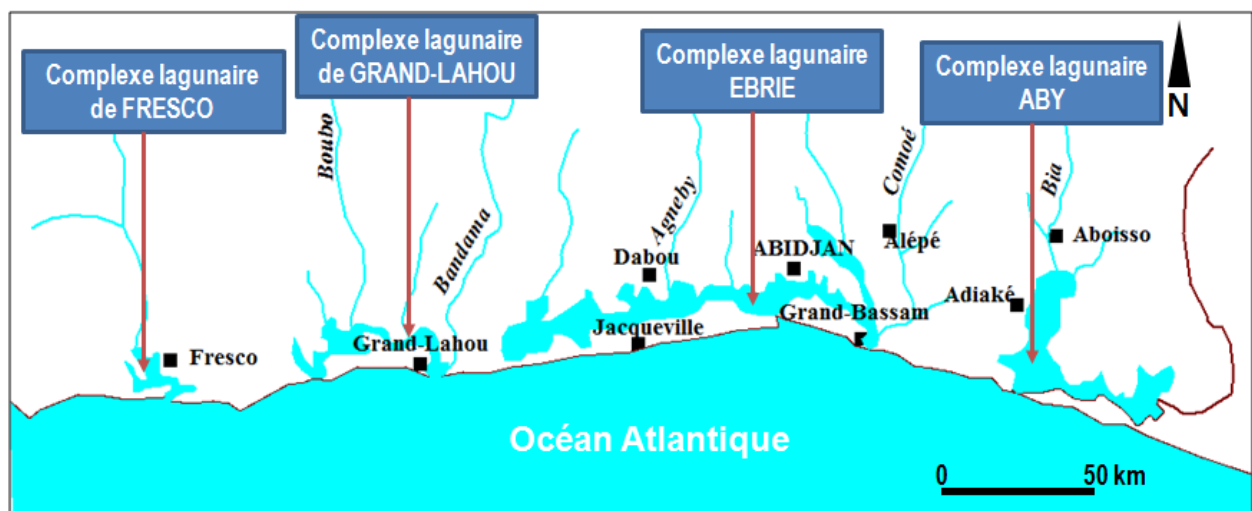


Figure 5 : Répartition des complexes lagunaires de la Côte d'Ivoire (DURAND *et al.*, 1994)

En ce qui concerne les eaux souterraines, elles sont disponibles partout sur l'ensemble du territoire ivoirien, mais dans des conditions très variables de stockage et d'accessibilité. Ces eaux souterraines se répartissent selon les trois provinces hydrogéologiques suivantes :

- le socle granito-gneissique dont la zone altérée est caractérisée par une profondeur moyenne de 57,2 m, une épaisseur de 21,3 m, un niveau d'eau statique de 10,5 m et un rendement moyen par forage de 3 m³/h ;
- le sédimentaire ancien métamorphosé (à dominance schisteuse) pour lequel la profondeur moyenne, l'épaisseur de la zone altérée, le niveau d'eau statique et le rendement moyen sont respectivement de 63 m, 28,4 m, 17,4 m et 3,3 m³/h ;
- le bassin sédimentaire côtier ou aquifère général est lithologiquement divisé en sable argileux, sable moyen, sable grossier et sable fin dans l'ordre descendant. La profondeur de l'aquifère, le niveau statique et le rendement par forage sont respectivement de 50,1 m, 21,7 m et 9,6 m³/h. L'épaisseur de l'aquifère varie de 50 à 150 m sous la zone de plateau et plus de 200 m sous la lagune Ebrié et la zone côtière.

Les ressources en eau souterraines de la Côte d'Ivoire se présentent de la manière suivante : (i) en zone de socle, les ressources en eau souterraine sont évaluées à 78 milliards de m³ dont 35 milliards de m³ sont considérés comme ressources renouvelables. A ce niveau, les nappes des fractures sont captées par des forages et les nappes d'altérites par des puits ; (ii) au niveau du bassin sédimentaire côtier, les ressources sont estimées à 9,9 milliards de m³, avec un renouvellement annuel de 2,7 milliards de m³. Ces eaux souterraines sont captées par des forages pour l'Alimentation en eau Potable (AEP) des populations par la SODECI. En définitive, le potentiel des eaux souterraines de la Côte d'Ivoire est estimé à environ 87,9 milliards de m³ dont 37,7 milliards de m³ sont renouvelables.

Etat des ressources pétrolières et minières de la Côte d'Ivoire

Secteur des hydrocarbures

D'après les études géologiques menées sur le bassin sédimentaire côtier ivoirien (TASTET, 1972 ; ABE, 2005 ; ADOPO *et al.*, 2008), il est composé de deux zones principales : (i) une zone onshore, qui s'étire le long de l'océan entre les frontières libérienne et ghanéenne ; (ii) une zone offshore qui s'étend elle aussi entre les deux frontières, de la côte jusqu'à 150 km en mer, à des profondeurs de plus de 3 000 mètres (FAIR LINKS, 2013). Sur ces deux principales zones, plusieurs études publiées par la PETROCI ont montré que les gisements à plus forts potentiels pétroliers et gaziers se situeraient en offshore (FAIR LINKS, 2013). Elle a même actualisé la carte des différents blocs présentés à la figure 6, où il est dénombré au total une cinquantaine de blocs dont 07 en onshores et une quarantaine en offshore. Les informations fournies par la PETROCI, estiment les réserves ivoiriennes de pétrole à 300 millions de barils, et celles du gaz naturel à plus de 1500 milliards de pieds cubes.

L'exploration de ce potentiel pétrolier et gazier a débuté en 1941, avec un ralentissement en 1963 quand les travaux de la Société Africaine de Pétrole (SAP) déclarèrent que le sous sol de la Côte d'Ivoire était stérile en matière d'hydrocarbures (FAIR LINKS, 2012). Mais, les recherches reprises à partir de 1970, avec le groupe ESSO sur un permis d'exploration d'une superficie de 22 740 Km² sur le bassin sédimentaire côtier ivoirien, ont abouti à la découverte du premier champ pétrolier en 1974 baptisé « Champ Bélér ». L'exploitation de ce champ a été réalisée par l'opérateur ESSO à travers un contrat de concession de 1980 à 1992 à l'aide d'une plateforme fixe. Les réserves prouvées de pétrole et de gaz furent estimées respectivement à 25 millions de barils et 20 milliards de pieds cubes. Depuis lors, plus de 207 forages ont été réalisés sur le bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire et ont permis la découverte de huit (8) champs dont quatre actuellement en production (FAIR LINKS, 2012). Les différents rapports de l'ITIE, de la période 2007 à 2011, ont donné l'évolution de la production pétrolière et gazière (Tableau II).

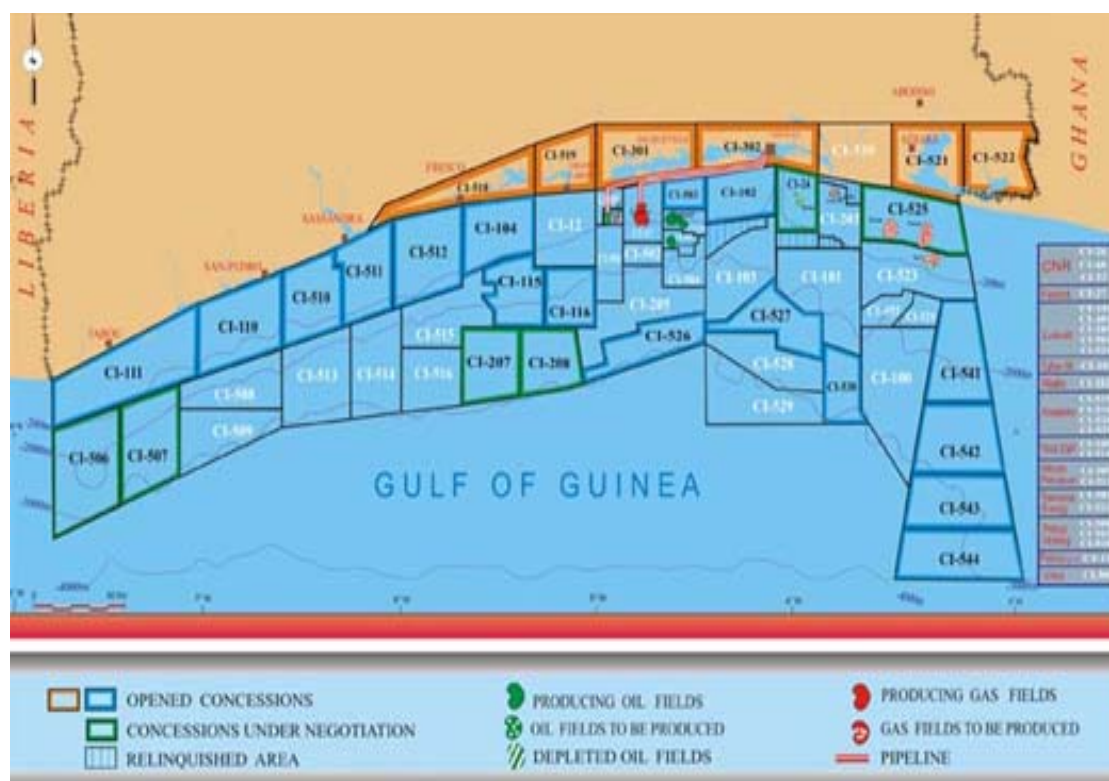


Figure 6 : Carte des différents blocs délimités par la PETROCI en 2011

Tableau II : Synthèse de la production pétrolière et gazière de la Côte d'Ivoire sur la période 2007 à 2011 (Rapport ITIE 2007 à 2011).

		Années			
		2008	2009	2010	2011
Production	pétrolière	45 000	50 000	40 000	40 000
Production gazière (million de		150	150	160	130
pieds cubes/jour)					

Sur la période 2008 à 2011 (Tableau II), la production journalière de pétrole a atteint son pic en 2009, avec une valeur de 50 000 barils/jours puis a diminué de 10 000 barils/j pour rester constante jusqu'à 2011. En ce qui concerne, la production gazière, elle a atteint le pic en 2010, avec une valeur de 160 millions de pieds cubes/jours pour retomber à 130 millions de pieds cubes/jours en 2011. Malgré ces fluctuations, les prévisions signalent une production journalière de pétrole dépassant 65 000 barils en 2020 et une production de gaz qui se stabiliserait autour de 200 millions de pieds cubes (10). L'accroissement de l'implantation d'entreprises pétrolières et gazières en Côte d'Ivoire (Anadarko, Edison, Lukoil, Oranto, Tullow Oil, Vanco, Yams Petroleum, Rialto Energy, Total, Taleveras, African Petroleum), la plupart multinationales, confirme ces prévisions. En effet, dans le secteur des hydrocarbures en Côte d'Ivoire, depuis 2011, il est dénombré plusieurs champs en production (GLOBAL DATA, 2012) :

- les champs Lion et Panthère (bloc CI-11), en production depuis 1994. Ces champs sont exploités par Afren pour son compte et celui de ses partenaires (PETROCI, Compagnie Ivoirienne du Pétrole et des Mines, SK Energy) ;
- le champ Foxtrot (bloc CI-27), en production depuis 1999. Ce champ est opéré par Foxtrot International pour son compte et celui de ses partenaires (ENERCI, PETROCI et CECI) ;

-les champs Espoir (bloc CI-26) et Baobab (bloc CI-40), en production depuis 2002 et 2005. Ces champs sont exploités par CNR International pour son compte et celui de ses partenaires (PETROCI, Svenska et Tullow Oil).

En Côte d'Ivoire l'intégralité du brut extrait par ces multinationales est exporté et l'ensemble du gaz produit est quant à lui exclusivement destiné à la consommation locale pour (FAIR LINKS, 2013) :

- la production d'électricité de la CIE (centrales thermiques d'Azito et de Vridi) ;
- la production de gaz butane par l'usine Lion GPL ;
- les usages industriels ;
- l'autoconsommation des installations de production.

Secteur minier

La géologie de la Côte d'Ivoire est favorable à plusieurs types de minéralisation. On rencontre donc plusieurs indices de ressources minérales repartis sur l'ensemble du territoire ivoirien (SODEMI, 2007). Par rapport à ces minéralisations, la Côte d'Ivoire a été subdivisée en plusieurs permis miniers qui suivent principalement les sillons volcano-sédimentaires (Figure 7).

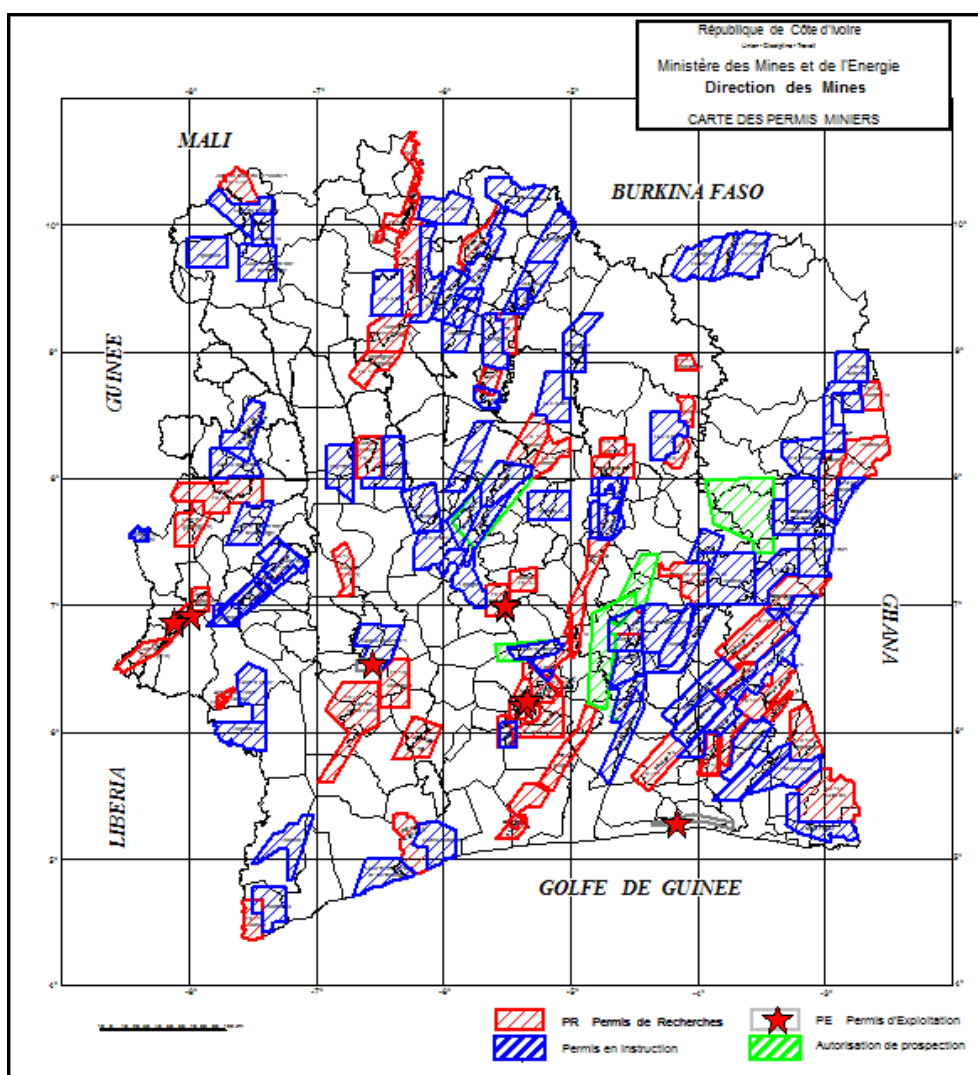


Figure 7 : Carte de localisation de l'ensemble des permis (Direction des Mines, 2007)

Les données de l'année 2007 révèlent l'existence de 144 permis : 79 permis en instruction, 59 permis de recherche, 06 permis d'exploitation. Les récentes statistiques publiées par la SODEMI en

2007 attestent de l'existence d'au moins cinq (5) gisements d'or, avec une teneur variant de 0,7 à 9 g/t, deux (2) de diamant, huit (8) de fer contenant plus de 33% du minerai, trois (3) qui combinent le fer et le titane, sept (7) du nickel, deux (2) de manganèse, trois (3) de sables minéralisés, deux (2) de tantalite, sept (7) de bauxite contenant entre 35 et 55% d'oxyde d'aluminium, plus de vingt (20) gisements de granite, marbre et pierres ornementales, deux (2) de sables de verre à usage industriel et quatre (4) d'argiles (KATENDI, 2009). Les différentes régions de localisation de ces gisements sont :

- régions de l'or : Sanwi-Asupiri, Anuiri, Hiré, Kokumbo, Bonikro, Yaouré, Korhogo et Ity ;
- régions de colombo-tantalite : Issia et Touvré ;
- régions de nickel : Sipilou, Fongouessou, Touaoba, Moyango Lefoi, Viala et Saabela ;
- région de bauxite : Digo-Mokouedou et Bongouanou ;
- régions de fer : Mont Nimba, Mont Klahoyo et Mont Goa.

Certaines de ces substances comme le manganèse, le diamant, la tantalite, l'or et les faluns ont déjà fait ou font l'objet d'exploitations industrielles et artisanales.

Mais sur l'ensemble du territoire ivoirien, l'or et le manganèse sont les deux principaux minerais extraits à l'échelle industrielle (FAIR LINKS, 2013). La Côte d'Ivoire possède par ailleurs des ressources connues de diamants, notamment dans les régions de Séguéla et de Tortiya (USGS, 2012) où son exploitation demeure toujours artisanale. L'or est aussi extrait de façon artisanale sur l'ensemble du territoire, notamment, à côté des zones à exploitation industrielle. Enfin, le pays compte aussi des ressources inexploitées de bauxite, cobalt, cuivre, nickel ou encore fer, avec peu de données fiables disponibles à ce jour à part celles relatives au fer. Depuis 2011, la Côte d'Ivoire totalise quatre (4) entreprises industrielles d'extraction d'or (SODEMI, 2013) :

- la Société des Mines d'Ity, détenant depuis octobre 1989 les droits sur la mine d'Ity, à l'ouest du pays, près de la frontière libérienne ;
- Equigold (Newcrest), détenant depuis janvier 2007 les droits sur la mine de Bonikro, au sud de Yamoussoukro ;
- Yaouré Mining (anciennement Cluff Gold), détenant depuis septembre 2008 les droits sur la mine d'Angovia, située dans le centre du pays ;
- Tongon, détenant depuis juillet 2010 les droits sur la mine de Tongon, située à l'extrême nord du pays.

Le secteur de l'or attirant un nombre important d'entreprises, le pays avait, en 2011, attribué 50 permis à plus d'une dizaine d'entreprises minières. Les ressources de manganèse sont par ailleurs exploitées à une échelle industrielle, par :

- Bondoukou Manganèse (anciennement Taurian), détenant depuis septembre 2010 les droits sur la mine de Boundoukou, le long de la frontière avec le Ghana ;
- SODEMI, détenant depuis septembre 2010 les droits sur la mine de Mokta, dans le sud du pays à Lozoua (SODEMI, 2013).

Plusieurs entreprises détenaient en outre des permis d'exploration du manganèse (NABC et Boundoukou Manganèse). Boundoukou Manganèse détenait aussi des permis d'exploration de nickel et de bauxite. Enfin, des permis de recherche pour le fer étaient détenus par les entreprises Tata Steel et Sodemi.

Impacts des activités minières, pétrolières et gazières sur les ressources en eau

Impacts des activités minières sur la ressource en eau

Les activités minières qu'elles soient artisanales ou industrielles impactent négativement les ressources en eau de la Côte d'Ivoire. Au niveau des mines artisanales, on note la perturbation du réseau hydrographique par la destruction de certains affluents des cours d'eau (Figure 8).

Cette perturbation du réseau hydrographique a pour conséquence la perte de la biodiversité de ces milieux aquatiques. En plus de ces impacts, l'extraction artisanale de l'or et l'industrie minière créent plusieurs fosses (Figures 9 et 10) qui consistent à vidanger les eaux des nappes des altérites (orpaillages et industrie minière) et celles des fractures et de fissures (industrie minières).



Figure 8 : Aperçu d'un affluent du Bandama détruit dans la localité d'Hiré (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire) par l'extraction artisanale de l'or



Figure 9 : Fosses créées par les orpailleurs dans les mines artisanales à Hiré

En ce qui concerne la pollution des eaux par le cyanure et le mercure issus des activités minières, les données en notre possession ne permettent pas de nous prononcer avec certitude. Cependant, les constats faits pendant nos différentes missions sur les mines industrielles et artisanales, nous amènent à dire que cette pollution est possible. En effet, dans les environs de la mine d'or de Bonikro dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire, le service environnement a découvert en 2013 des cadavres de plusieurs poissons. Aussi, le comportement des orpailleurs utilisant ces produits très dangereux (cyanure et mercure), sans formation aucune, pour le traitement de l'or en rejetant les effluents directement dans le milieu naturel ne serait-il pas un puissant argument qui militerait en faveur ?

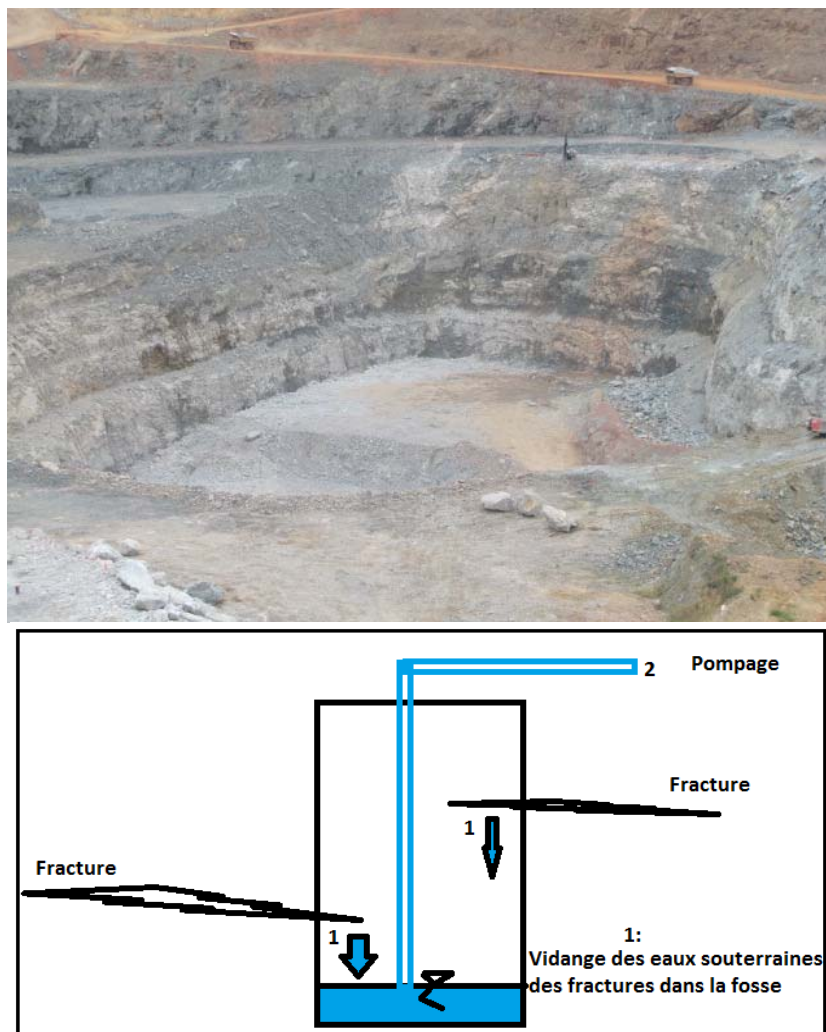


Figure 10 : Aperçu d'une fosse de plus de 200 m de profondeur dans la mine d'or de Bonikro (a) et schématisation de la vidange des eaux des fractures et de fissures (b)

Impacts des activités pétrolières et gazières sur la ressource en eau

Les activités extractives de pétrole ainsi que les activités annexes ont des impacts négatifs sur les ressources en eau. La preuve, le 28 mars 2006, le déversement dans la mer d'importantes quantités de pétrole brut (Figure 11), suite à un accident, d'un bateau de forage de la Canadian Natural Ressources (CNR), non loin de la plate-forme pétrolière Al baraka, au large de Jacqueville (environ une centaine de km d'Abidjan) a entraîné une marée noire de 15 km de long sur 1 km de large, soit environ 5 000 tonnes d'hydrocarbure (CEDRE, 2006). Cette marée noire a fortement dégradé la qualité des eaux marines au large de la localité de Jacqueville, avec son corolaire de pertes en biodiversité de ce milieu aquatique.

Avant cette catastrophe écologique, on notait déjà depuis les années 1990 des indices de pollution causées par les activités pétrolières et/ou les produits de ces activités au niveau de la lagune Ebrié aux droits du District d'Abidjan. En effet, les travaux de plusieurs auteurs dont ceux de DUFOUR *et al.* (1994), révèlent que les sédiments des baies urbaines du Banco, de Cocody, de Marcory, de Biétri et de Bingerville contiennent plus de 1 000 µg/g d'hydrocarbures totaux, qui d'après leur rapport au Carbone organique auraient une origine pétrolière donc liée aux activités pétrolières et/ou aux produits dérivés de cette activité.



Figure 11 : Aperçu des eaux marines avec la présence du pétrole brut au large de Jacqueville

Problèmes d'inondation rencontrés dans le District d'Abidjan

Le comblement progressif des ouvrages de collecte des eaux à ciel ouvert par des dépôts solides de toute sorte constitue une contrainte additionnelle aux problèmes de drainage des eaux pluviales (Figure 12). En effet, par manque d'équipements adéquats de stockage ou de transports de déchets, certaines personnes les déversent dans les systèmes de collecte des eaux pluviales. Il en résulte une obstruction partielle ou totale des canaux, amenuisant gravement leurs capacités hydrauliques.



Figure 12 : Aperçu des canalisations d'eau pluviales obstruées par les déchets solides dans le District d' Abidjan

Ainsi lors des événements pluvieux, on observe un débordement rapide de ces ouvrages de drainage. A l'aval, les batteries de buses sont submergées et n'arrivent plus à évacuer efficacement les eaux. Il en résulte une montée excessive du flux pluvial, submergeant les territoires en aval. En effet, chaque année lors des saisons des pluies, le District d'Abidjan fait face à des inondations et glissements de terrain sans précédent. Depuis 2009, treize personnes en moyenne perdent la vie chaque année dans le District d'Abidjan à cause de ces intempéries. Malgré les mesures du gouvernement, plusieurs ménages habitent toujours les zones à risques comme la zone de Gobélé dans la commune de Cocody. De la période 2009 à 2014, on dénombre au total 74 décès occasionnés par les inondations dans le District d'Abidjan. Outre ces décès, ces inondations dégradent les installations d'AEP, la qualité des eaux de surface et souterraines par l'intrusion des eaux usées au niveau des têtes de forages inondées (Figure 13).

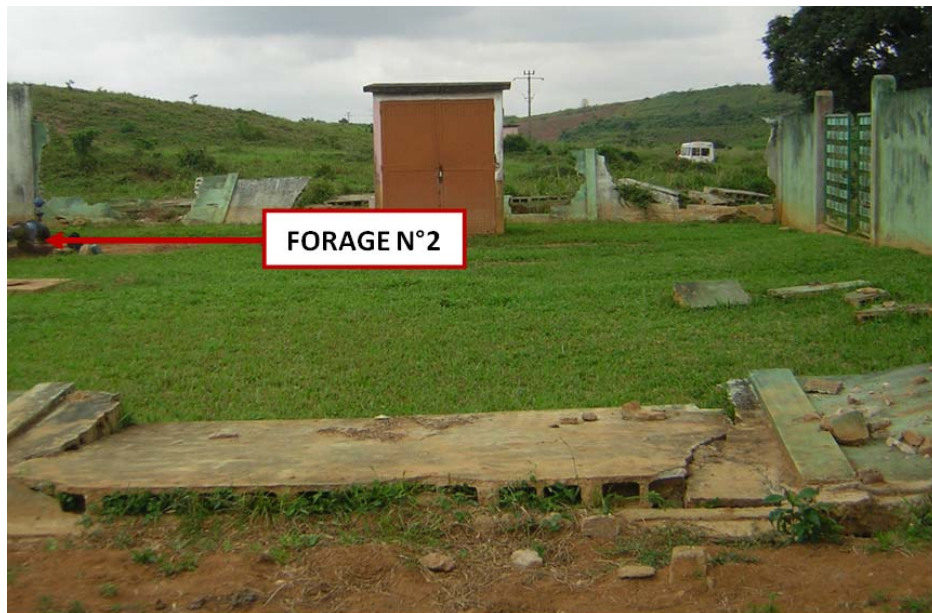


Figure 13 : Aperçu des dégâts provoqués par les inondations en septembre 2006 dans le District d'Abidjan : noyade du forage n°2 de la station Nord Riviera et destruction du périmètre de protection rapproché

CONCLUSION

Cette étude bibliographique montre que la Côte d'Ivoire bénéficie d'un potentiel considérable en ressource en eau, minières, pétrolières et gazières. En effet, le réseau hydrographique de la Côte d'Ivoire comprend principalement : (i) quatre grands fleuves (le Cavally, le Sassandra, le Bandama et la Comoé) ; (ii) de petits cours d'eau côtiers dont les plus significatifs sont le Tabou, le San-Pédro, le Niouniourou, le Boubo, l'Agnéby, la Mé, la Bia et le Tanoé ; (iii) des affluents du Niger, notamment le Gbanhala (Kouroukélé), le Baoulé, le Dégou, le Kankélabi et la Bagoué ; (iv) quelques affluents de la Volta Noire (le Koulda, le Gbanlou, le Gougoulo et le Kohodio). Tous les lacs à l'intérieur des terres ivoiriennes sont des réservoirs artificiels et sont à vocation agro-pastorale et/ou hydroélectrique (environ 572 retenues), avec une capacité de stockage d'environ 37,2 milliards de m³ dont 36,8 milliards de m³ pour l'hydro-électricité et 0,4 milliards de m³ pour les autres. La Côte d'Ivoire possède également plusieurs complexes lagunaires (le complexe lagunaire de Fresco, le complexe lagunaire de Grand-Lahou, le complexe lagunaire Ebrié, le complexe lagunaire Aby). En ce qui concerne les eaux souterraines, elles se présentent de la manière suivante: (i) en zone de socle, les ressources en eau souterraine sont évaluées à 78 milliards de m³ dont 35 milliards de m³ sont considérées comme renouvelables; (ii) au niveau du bassin sédimentaire côtier, les ressources sont estimées à 9,9 milliards de m³, avec un renouvellement annuel de 2,7 milliards de m³. Au total, le potentiel en eaux souterraines de la Côte d'Ivoire est estimé à environ 87,9 milliards de m³ dont 37,7 milliards de m³ sont renouvelables.

L'analyse faite pendant cette étude pour le secteur des hydrocarbures sur la période 2008 à 2011 montre que la production journalière de pétrole a atteint son pic en 2009, avec une valeur de 50 000 barils/jours puis a diminué de 10 000 barils/j pour rester constante jusqu'à 2011. En ce qui concerne la production gazière, elle a atteint le pic en 2010 avec une valeur de 160 millions de pieds cubes/jours pour retomber à 130 millions de pieds cubes/jours en 2011. Malgré ces fluctuations, les prévisions signalent une production journalière de pétrole dépassant 65 000 barils en 2020 et une production de gaz qui se stabiliserait autour de 200 millions de pieds cube.

Au niveau du secteur minier, les indices de ressources minérales sont repartis sur l'ensemble du territoire ivoirien. Les données de l'année 2007 révèlent l'existence de 144 permis dont 79 permis en instruction, 59 permis de recherche et 06 permis d'exploitation. Cette étude révèle l'existence d'au moins cinq (5) gisements d'or avec une teneur variant de 0,7 à 9 g/t, deux (2) de diamant, huit (8) de fer contenant plus de 33% du minerai, trois (3) qui combinent le fer et le titane, sept (7) du nickel, deux (2) de manganèse, trois (3) de sables minéralisés, deux (2) de tantalite, sept (7) de bauxite contenant entre 35 et 55% d'oxyde d'aluminium, plus de vingt (20) gisements de granite, marbre et pierres ornementales, deux (2) de sables de verre à usage industriel et quatre (4) d'argiles.

L'exploitation de ces ressources minérales a un impact négatif sur la ressource en eau de surface et souterraine. Ainsi, on note entre autres la perturbation des réseaux hydrographiques et la perte de la biodiversité des milieux aquatiques. Cette exploitation entraîne également la dégradation de la qualité des eaux par le cyanure et le mercure utilisés pour le traitement des minerais. Au niveau de l'impact de ces activités extractives, il y a la vidange des nappes d'eau souterraines dans les fosses creusées pour l'extraction du minerai et les cas de marée noire constatée dans l'industrie pétrolière. Cette étude montre aussi que chaque année lors de la saison des pluies, le District d'Abidjan fait face à des inondations et des glissements de terrain. On y dénombre des morts, des destructions de biens et une dégradation de l'environnement des quartiers. De la période 2009 à 2014, on y a dénombré au total 74 décès occasionnés par les inondations. Outre ces décès, ces inondations ont dégradé les installations d'AEP et la qualité des eaux de surface et souterraines.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce présent article disent un grand merci aux différents instructeurs qui ont participé à son amélioration. Ils profitent aussi de cette occasion pour remercier également les organisateurs du colloque inaugural de l'Association Francophone de Géographie Physique (AFGP) tenu à l'Université de Liège en Belgique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABE, J. 2005. Contribution de la connaissance de la morphologie et de la dynamique sédimentaire du littoral ivoirien (cas du littoral d'Abidjan) essais de modélisation en vue d'une gestion rationnelle. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, UFR-STRM, 345 p
- ADOPO, K. L., KOUASSI, K. L., WOGNIN, A. V.I, MONDE, S. & AKA, K. 2008. Caractérisation des sédiments et morphologie de l'embouchure du fleuve Comoé (Grand-Bassam, Côte d'Ivoire), *Paralia*, 1 : 2.1-2.10
- BESSELES, B. 1977. Géologie de l'Afrique de l'Ouest. Le craton Ouest africain. *Mémoires B.R.G.M. Paris*. N°88, 114 fig, 25 tab, 402 p.
- BIEMI, J. 1992. Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique par télédétection des bassins versants subsahariens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest: Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aire granitique de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse Doct. ès Sc. Nat. Univ. Abidjan, 178 fig, 479 p.
- CAMIL, J. 1984. Pétrographie, chronologie des ensembles granulitiques archéens et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire). Implication pour l'histoire géologique du craton Ouest africain. Thèse Doct. ès Sc. Nat. Univ. Abidjan. N° 79, 82 fig, 306 p.
- CEDRE 2006. Publication mensuelle d'information du centre de documentation de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux, 2 p
- DJRO, S. C. 1998. Evolution tectono-métamorphiques des gneiss granulitiques archéens du secteur de Biankouma. Thèse Doct. ès Sc. Nat. Univ. Cocody. 171 p.
- DUFOUR, P., KOUASSI, A., M., & LANUSSE, A. 1994. Environnement et ressources aquatiques en Côte d'Ivoire : 2. Les milieux lagunaires. Paris : *ORSTOM* : 309-334

DURAND, J. R., DUFOUR, P., GUIRALD, D. & ZABIS, S. G, 1994. Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, les milieux lagunaires, Tome 2, 546 p.

FABRE, R. 1987. Caractérisation géochimique du magmatisme birrimien dans le centre Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest) : ses implications géodynamiques. *CIFEG, publ. Occasionnelle. N°12*, 47 p.

FAIR LINKS 2012a : Rapport de l'Administrateur indépendant de l'Initiative pour la Transparence des Industries Extractives (ITIE) pour les revenus de l'année 2008, Côte d'Ivoire, 20 p.

FAIR LINKS 2012b : Rapport de l'Administrateur indépendant de l'Initiative pour la Transparence des Industries Extractives (ITIE) pour les revenus de l'année 2009, Côte d'Ivoire, 20 p.

FAIR LINKS 2012c : Rapport de l'Administrateur indépendant de l'Initiative pour la Transparence des Industries Extractives (ITIE) pour les revenus de l'année 2010, Côte d'Ivoire, 20 p.

FAIR LINKS 2013 : Rapport de l'Administrateur indépendant de l'Initiative pour la Transparence des Industries Extractives (ITIE) pour les revenus de l'année 2011, Côte d'Ivoire, 24 p.

GLOBALDATA. 2012. Ivory Coast Oil Markets, http://www.researchandmarkets.com/research/p322vb/ivory_coast_oil, consulté le 02/09/2014

GLOBAL DATA, 2012. Ivory Coast Gas Markets, http://www.researchandmarkets.com/research/s4gkqc/ivory_coast_gas, consulté le 02/09/2014

GOURDIN F., 1999. Premiers éléments pour une caractérisation hydrologique à diverses échelles du nord de la Côte d'Ivoire : du local aurégional. Rapport IRD, Bouaké, Côte d'Ivoire. Multigr, 168 p

HART GROUP 2010 : Rapport final de l'Administrateur indépendant de l'Initiative pour la Transparence des Industries Extractives (ITIE) 2006 et 2007 Côte d'Ivoire, 40 p.

KATENDI, F. 2009. Le secteur minier fait partie des trois domaines d'activités les plus prometteurs. *Marchés tropicaux et méditerranéens*. Article n°7492.

KOUAMELAN, A. N. 1996. Géochronologie et géochimie des formations Archéennes et Protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implications pour la transition Archéenne-protérozoïque. Thèse. Doct. Es Sc Nat. Univ. Rennes I. 10 Tab, 32 fig, 277 p.

LEAKE, M. H. 1992. The petrogenese and structural evolution of the early proterozoic. Fetekro greenstone belt, Dabakala region, NE Côte d'Ivoire. Thèse PhD. Philo. Univ. Portsmouth. 123 fig, 313 p.

LEMOINE, S. 1988. Evolution de la région de Dabakala (NE de la Côte d'Ivoire) au Protérozoïque inférieur. Possibilités d'extension au reste de la Côte d'Ivoire et au Burkina Faso. Similitudes et différences; les linéaments de Greenville-Ferkessedougou et grand Cess-Niakaramandougou. Thèse Doct. ès Sciences nat. Univ. Clermont Ferrand II. *Mémoires B.R.G.M.* N° 92, 140 fig, 334 p.

LEVEQUE, C. DEJOUX, C. & ILTIS, A. 1983. Limnologie du fleuve Bandama, Côte d'Ivoire, *O.R.S.T.O.M., Hydrobiologie*, Paris : 113-142

MINISTERE DES MINES ET DE L'ENERGIE, DIRECTION DE MINES, 2007. Carte des permis miniers de Côte d'Ivoire.

NOUZA, M. 2011. Ressources minières : Les richesses que la Côte d'Ivoire laisse échapper (2ème partie), journal de l'économie, <http://news.abidjan.net/h/406145.html>, consulté le 02/09/2014

OUATTARA, G., 1998. Structure du batholite de Ferkessedougou (secteur de Zuénoula, Côte-d'Ivoire) : Implications sur l'interprétation du paléoprotérozoïque d'Afrique de l'ouest à 2.1 ga. Thèse doctorat, Université Orléans (France), 291 p

PAPON, A. 1973. Géologie et minéralisation du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Mem. Bur. Res. Géol. Paris*, N° 80, 284 p.

POTHIN, K. K. 1988. Pétrographie et géochimie des formations précambriennes de la région d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Typologie du volcanisme birrimien. Tendances évolutives du Magmatisme Eburnéen. Géochimie de l'Uranium et du Thorium dans les granitoïdes. Thèse. Doct. es Sc. Nat. Univ. Abidjan. 44 tab, 8 pl, 45 fig, 329 p.

SAVANE, I. 1997. Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Apport de la télédétection et d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale. Thèse. Doct. es Sc. Nat. Univ. Abidjan. 67 tab, 30 phot, 139 fig, 395 p.

SODEMI, 2007. Rapport d'activité annuel, 55 p.

SODEMI, 2012. Rapport d'activité annuel, 60 p.

SORO, B. 2011. Agriculture et matières premières en Côte d'Ivoire : Le cacao, le café, le coton, l'or, le sucre (...) en chute libre / La crise financière internationale sévit, Le Mandat, <http://www.koffi.net/koffi/rechercheMultiple/a/43/Retirer>, consulté le 02/09/2014

SORO, N. 2002. Hydrochimie et géochimie isotopique des eaux souterraines du degré carré de Grand-Lahou et ses environs (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). Implication hydrologique et hydrogéologique. Thèse Doct. ès Sc. Nat. Univ. Abidjan. 84 fig, 252 p.

TAGINI, B. 1971. Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai géotechnique régional *Rapp. SODEMI. Côte d'Ivoire*. Thèse Doc. ès Sc. Nat. Univ. Toulouse. 88 fig, 14 tab, 266 p.

- TASTET, J.P. 1972. Quelques considérations sur les classifications des côtes. La morphologie côtière ivoirienne. *Ann. Univ. Abidjan*, sér. C, 812 : 135-162.
- USGS, 2012. Summary of the Reconnaissance Investigation of the Diamond Resources Potential and Production Capacity of Côte d'Ivoire, 2 p.
- VIDAL, M. 1987. Les déformations éburnéennes de l'unité birrimienne de la Comoé (Côte d'Ivoire). *J.Afr. Earth. Sci*; 6 : 141-152
- YACE, I. 1976. Le volcanisme éburnéen dans les parties centrale et méridionale de la chaîne précambrienne de Fétékro en Côte d'Ivoire. Thèse Doc. Es Sc Nat. Univ. Abidjan. 373 p.