

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie



UNIVERSITE DE DOUALA

THE UNIVERSITY OF DOUALA

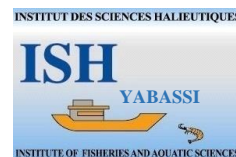
BP 2701-Douala-Cameroun

Tel/Fax :(237)33407128

Site web: www.univ-douala.com

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland



INSTITUT DES SCIENCES HALIEUTIQUES
A YABASSI

INSTITUTE OF FISHERIES AND AQUATIC
SCIENCES AT YABASSI

PO Box 7236-Douala-Cameroon

Tel/Fax :(237)33183358

E-mail: infos.udla@univ-douala.com

contact@ish.cm

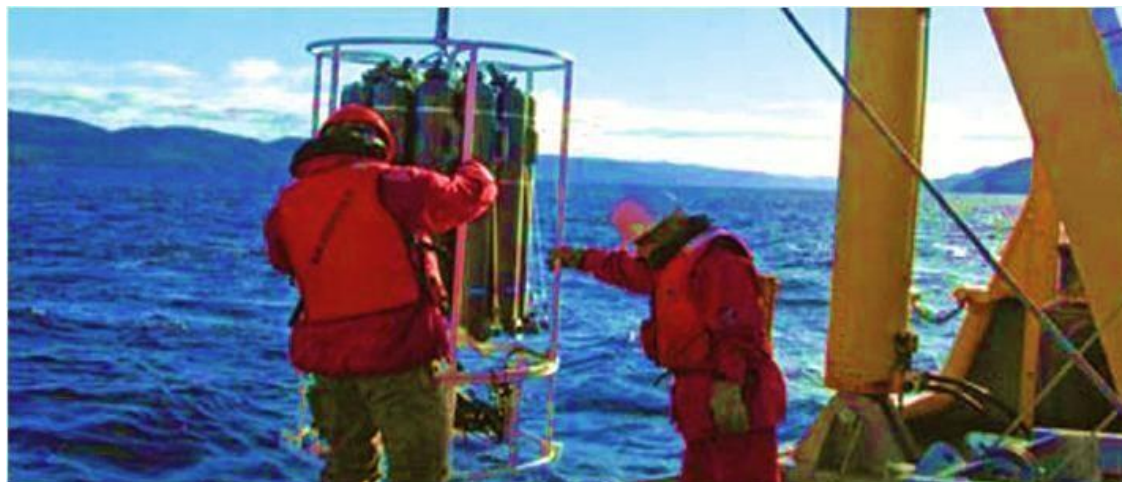
Site web: www.ish.cm

DEPARTEMENT D'OCEANOGRAPHIE

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY

RAPPORT DE STAGE D'INSERTION PROFESSIONNELLE

Effectué du 01^{er} Mars au 09 Juin 2017 à STUDI International, Direction du Littoral



**Rapport rédigé et soutenu en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux
Halieutes**

Filière : OCEANOGRAPHIE et LIMNOLOGIE

Par : HAMAN ADAMA ALIOUM

Matricule : 14H27909

6^{ème}Promotion

Année Académique 2016 - 2017

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie



UNIVERSITE DE DOUALA

THE UNIVERSITY OF DOUALA

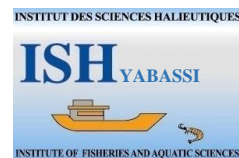
BP 2701-Douala-Cameroun

Tel/Fax :(237)33407128

Site web: www.univ-douala.com

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland



INSTITUT DES SCIENCES HALIEUTIQUES
A YABASSI

INSTITUTE OF FISHERIES AND AQUATIC
SCIENCES AT YABASSI

PO Box 7236-Douala-Cameroon

Tel/Fax :(237)33183358

E-mail: infos.udla@univ-douala.com

contact@ish.cm

Site web: www.ish.cm

DEPARTEMENT D'OCEANOGRAPHIE

DEPARTMENT OF OCEANOGRAPHY

RAPPORT DE STAGE D'INSERTION PROFESSIONNELLE

Effectué du 01^{er} mars au 09 juin 2017 à STUDI International, Direction du Littoral



**Rapport rédigé et soutenu en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux
Halieutes**

Filière : OCEANOGRAPHIE et LIMNOLOGIE

Par : HAMAN ADAMA ALIOUM

Matricule : 14H27909

6^{ème} Promotion

SUPERVISEUR

Dr. TOGUE KAMGA Fulbert
Chargé de Cours

ENCADREURS

Dr. TOGUE KAMGA Fulbert
Chargé de Cours
M. KUATE OUAFO George-Luther
Ingénieur Océanographe et Hydrographe

Juin 2017

FICHE DE CERTIFICATION DES CORRECTIONS APRES SOUTENANCE

Je soussigné **HAMAN ADAMA ALIOUM**, matricule **14H27909**, atteste que le présent Rapport de Stage d'Insertion Professionnelle a été corrigé conformément aux recommandations des membres du jury.

Nom et signature de l'Auteur

HAMAN ADAMA ALIOUM

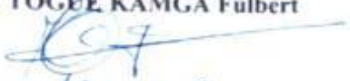
Le 17/07/2017



Signature du Rapporteur

Dr. TOGUE KAMGA Fulbert

Le


18/07/2017

Signature du Membre

M. FOWE Gustave

Le

17/07/2017


Signature du Président

Dr. OBEN MBENG Lawrence

Le

18 JUL 2017

Visa du Chef de Département d'Océanographie

Dr. OBEN MBENG Lawrence

Le



Visa du Chef d'Etablissement

Pr. TOMEDI EYANGO Minette Epouse TABI ABODO

Le

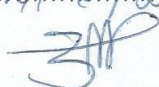
FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITE DU TRAVAIL

Je soussigné **HAMAN ADAMA ALIOUM**, matricule **14H27909**, atteste que le présent Rapport de Stage d'Insertion Professionnelle est le fruit de mes travaux effectués à **STUDI International** sous la supervision et l'encadrement de **Dr TOGUE KAMGA Fulbert**, Chargé de cours.

Ce Rapport est authentique et n'a pas été antérieurement présenté pour l'acquisition de quelque grade académique que ce soit.

Nom et Signature de l'Auteur

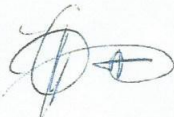
HAMAN ADAMA ALIOUM

Le... 14/06/2017


Signature du Superviseur

Dr. TOGUE KAMGA Fulbert

Le... 14/06/2017



Signature des Encadreurs

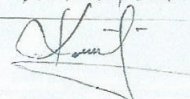
Dr. TOGUE KAMGA Fulbert

Le... 14/06/2017



M. KUATE OUAFO George-Luther

Le... 13/06/2017



Visa du Chef de Département d'océanographie

Dr. OBEN MBENG Lawrence

Le.....



Visa du Chef d'Etablissement

Pr. TOMEDI EYANGO Minette Epouse TABI ABODO

Le... 15 JUN 2017



Table des matières

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES PHOTOS.....	v
LISTE DES ANNEXES	vi
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
RESUME.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I : PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE ET ACTIVITES MENEES....	2
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	2
I-1-Localisation géographique	2
I-2- Pédologie et Topographie	3
1-3- Hydrographie et climat	4
I-5- Flore.....	5
I-6-Faune	5
I-7-Milieu humain et activités socio-économiques.....	5
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET ACTIVITES MENEES	6
II-1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL	6
II-1-1- Nom, logo, localisation et historique de la structure.....	6
II-1-2- Missions et objectifs	6
II-1-3-Organigramme	7
II-1-4 Ressources humaines.....	7
II-1- 5 Ressources infrastructurelles et équipements.....	7
II-1-6 Ressources financières.....	8
II-1-7 Processus de réalisation technologique des objectifs.....	8

II-1-8 Résultats attendus de la structure	8
II-2 : ACTIVITES MENEES DANS LA STRUCTURE	8
II-2-1 Chronogramme et description des activités durant le stage.....	8
II-2-2 Perception des contraintes et des opportunités de la structure.....	14
II-2-3 Suggestions	15
PARTIE II : INITIATION A LA RECHERCHE.....	16
CHAPITRE III: REVUE DE LA LITTERATURE.....	19
III-1 Définition des concepts :	19
III-2 Généralité sur les estuaires	19
III-3 Différents appareils d'échantillonnage des sédiments en milieu marin	20
III-4 Minéralogie	20
III-4-1 Définition et Origine des minéraux	20
III-4-2 Classification des minéraux	20
III-4-3 Méthodes d'analyse des minéraux.....	20
III-5 Granulométrie	21
III-5-1 Définition	21
III-5-2 Différentes classifications des grains en fonction des tailles	21
III-5-3 Méthodes d'analyses granulométriques.....	21
CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES.....	22
IV-1 Période de l'étude, objectifs (sous objectifs) et méthodes de l'étude	22
IV-1-1 Période et objectif de l'étude	22
IV-1-2 Méthode de l'étude	22
IV-2 Collecte des données	22
IV-3 Conduite de l'essai.....	22
IV-4 Paramètres étudiés	23
IV-5 Analyses statistiques ou traitement des données	24
CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION	25
V-1 Résultats.....	25
V-1-1 Granulométrie.....	25

V-1-2 Potentiel Hydrogène (pH)	25
V-1-3 Matière organique (MO)	26
V-1-4 Limites d'Atterberg	26
V-1-5 Minéralogie.....	27
V-2 Discussion.....	27
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES	29
CONCLUSION GENERALE	30
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	31
ANNEXES.....	33

DEDICACES

A mes chers parents, **ALIOUM ABDOULAYE** et **HADIDJATOU AMADOU**.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent à toutes les personnes physiques et morales ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce rapport, notamment à :

- **Dr TOGUE KAMGA Fulbert**, mon Superviseur pour ses précieux conseils, son encadrement et sa disponibilité ;
- **M. KUATE OUAFO George Luther**, mon encadreur professionnel, pour sa disponibilité, son dévouement pour le travail et ses précieux conseils ;
- **Dr OBEN MBENG Lawrence**, chef de Département d'Océanographie pour ses conseils et ses remarques ;
- **Pr TOMEDI EYANGO Minette épouse TABI ABODO**, Directeur de l'Institut des Sciences Halieutiques de l'Université de Douala à Yabassi, pour son encadrement et toutes les dispositions prises pour donner aux étudiants de l'ISH, une formation de qualité ;
- **M. FOWE Gustave**, Enseignant à l'ISH pour ses conseils et ses remarques
- Mon père **ALIOUM ABDOULAYE**, et ma mère **HADIDJATOU AMADOU** pour leur soutien indéfectible tant moral que financier ;
- **Pr Nathalie FAGEL** et **Dr MACHE Jacques Richard** et **M. LOWE** pour leur aide précieuse au sein de la MIPROMALO ;
- Mes frères et sœurs **SOULEYMANOU ALIOUM**, **ABDUL'HAMIDE ALIOUM**, **ASTABOURI ALIOUM** et **INNA ALIOUM** pour leurs encouragements ;
- **M. ABDOUL AZIZ**, **Mme MAIRAMOU AMADOU**, **M. IBRAHIM AWAL**, **M. ALHADJI BELLO**, **M. OUSSOUMANOU**, la famille **HAMAN WABI AMADOU** et **M. HAMAN WABI BABA** pour leur aide tout au long de ce travail ;
- **Mme ROUFIHAT** et **Mme RAHIMA** pour leur soutien tout au long de ce travail ;
- **M. TAHA SHERIF**, **M. MOUO Simon**, **M. MBONGO** et **Mme Reine LEHMANN**, pour leur temps mis à notre disposition ;
- Mes camarades **MBASSI TSALLA Hermann**, **FOUDA ELOUMOU**, **MOYO Karen**, **AWAHNJI Larissa**, **BALAWOUL ZANGA**, **DJACKSON RINDA**, **JIOTSA Marley**, **KUOGANG Fabius**, **MUBE Junior** et **ELIMI Thierry** pour leur aide et leur soutien tout au long de ce stage ;
- A tout le personnel de **STUDI International** ;
- A tout le personnel de la **MIPROMALO**.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Chronogramme des activités menées.....	9
Tableau II : Paramètres étudiés et méthodes.....	24
Tableau III : Caractéristiques granulométriques des différents échantillons.....	25
Tableau IV : Différentes limites d'Atterberg.....	27

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : localisation de la zone d'étude	3
Figure 2 : Estuaire du Wouri et ses affluents.....	4
Figure 3 : Logo de la structure STUDI International.	6
Figure 4 : Organigramme du Groupe STUDI au Cameroun ; 2017	7
Figure 5 : Points d'échantillonnage	23
Figure 6 : Evolution spatiale du pH.....	26
Figure 7 : évolution spatiale de la matière organique.....	26

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Prospection et choix des sites d'échantillonnage.....	9
Photo 2 : Campagne d'échantillonnage des eaux de fonds et de surface.....	10
Photo 3 : Tamisage à eau pour séparer à 80µm et lecture du densimètre.....	11
Photo 4 : Mesure du pH et agitateur magnétique.....	11
Photo 5 : Echantillons séchés et pesés pour mise au four.....	12
Photo 6 : Exemple de diffractomètre de laboratoire.....	13
Photo 7 : Appareil de Casagrande chargé.....	14
Photo 8 : Sondeur bathymétrique en activité.....	15

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Appareil d'échantillonnage des eaux de fonds ;

ANNEXE II : Méthodes d'échantillonnage ;

ANNEXE III : Différentes classifications des minéraux ;

ANNEXE IV : Méthodes d'analyse minéralogiques ;

ANNEXE V : Classifications des grains en fonction des tailles.

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

CHEC : China Harbour Engineering Compagny

MATLAB : Matrix Laboratory

MIPROMALO : Mission de la Promotion des Matériaux Locaux

MINEP : Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

PAD : Port Autonome de Douala.

RESUME

Les dépôts sédimentaires présents dans le chenal du Port Autonome de Douala ont été analysés afin d'avoir une idée sur les caractéristiques de ces sédiments. Pour ce faire, une campagne a été effectuée au cours de la période allant du 1^{er} mars au 9 juin 2017. Elle a été faite en fin de saison sèche (mars) et les échantillons de sédiments ont été prélevés dans le chenal interne d'accès du Port Autonome de Douala. Les paramètres caractéristiques de ces sédiments tels que la granulométrie, le pH, la concentration en matière organique, les limites d'Atterberg ont été déterminés au laboratoire du MIPROMALO et la minéralogie a été déterminée au laboratoire de l'Université de Liège en Belgique. La moyenne des tailles granulométriques des différents échantillons ont présenté une variation faible et sont sensiblement égales à 1,77. Le pH a quant à lui montré une variation linéaire élevée, variant entre 6,5 et 9 et liée à la matière organique avec un coefficient de corrélation de -0,997 c'est-à-dire évoluant en sens inverse. Les indices de plasticité de ces échantillons n'ont pas montré une variation linéaire variant entre 89,9 et 97,6 avec une plus grande valeur au site 3 et une plus faible valeur au site 2 ; les situant dans la classe des argiles très plastiques. La minéralogie s'est révélée identique entre les différents sites et les phases minérales présentaient toutes de la kaolinite, de l'hématite, l'illite, la gibbsite, le quartz et le feldspath. D'après ces résultats, il en ressort que ces sédiments ont des caractéristiques bien spécifiques qui les rendent valorisables. La discussion permettra de délimiter ces opportunités de valorisation.

Mots clés : Estuaire, dragage, lithologie, chenal d'accès.

ABSTRACT

Sedimentary deposition available in Douala Autonomous Port Channel were tested to get an idea on these sediment characteristics. Nevertheless, in order to achieve this, a survey was carried out from March 1 to June 9, 2017 at the end of the dry season (March). Sediment samples were taken in the internal access channel to Douala Autonomous Port. The characteristic parameters of these sediments, such as grain size, pH, concentration in organic matter, Atterberg boundaries were identified in the MIPROMALO laboratory and the mineralogy was identified in the laboratory of University of Liège at Belgium. The grain size average from the different samples had a low variation and was substantially equal to 1.77. According to the pH, a high linear variation between 6.5 and 9 is related to the organic matter with a correlation coefficient of -0.997 that is, moving in the opposite direction. The plasticity index of these samples didn't present no linear variation between 89.9 and 97.6 with a greater value in site 3 and a lower value in site 2, classifying them in highly plastic clays. The identical mineralogy between the different sites and the mineral phases included kaolinite, hematite, illite, gibbsite, quartz and feldspar. From these results, it indicates that these sediments have specific characteristics that make them valuable. The following discussion will enable to define these value opportunities.

Keywords: estuary, lithology, dredging, access channel.

INTRODUCTION GENERALE

L'Institut des Sciences Halieutiques (ISH) est l'un des onze établissements de l'Université de Douala, créé suite au décret N° 030/93 du 13 Janvier 1993 portant organisation administrative de l'Université de Douala et pris effet pour le compte de l'année académique 2009-2010. Ecole à vocation sous régionale, l'ISH entend former des hauts cadres dans le domaine des sciences halieutiques, pour le Cameroun et la sous-région Afrique Centrale. Dans le souci d'assurer une formation professionnelle de qualité, l'ISH organise chaque fin d'année académique, un stage afin de joindre la pratique à la théorie. C'est dans cette optique que les étudiants de fin de cycle licence sont appelés à faire un stage dit stage d'insertion professionnelle d'une durée de 04 mois dont l'objectif est d'initier l'étudiant à la conduite des activités en entreprise, à la recherche en milieu réel ou en station et à la rédaction scientifique. C'est donc dans ce contexte que s'inscrit le stage effectué à STUDI International, dans la Direction Littorale liée au projet d'entretien du chenal d'accès du Port Autonome de Douala. Durant ce stage, une thématique sur les sédiments drainés par les différentes sources (mer, cours d'eau) et déposés dans ce chenal a été développée, dans le but de les caractériser. Au cours de ce stage, différentes activités ont été menées d'une part au sein du bureau d'étude de STUDI, visant notamment à la collecte des données bathymétriques, à leur traitement et des descentes sur le terrain. D'autre part, au sein du MIPROMALO, où des activités visant la familiarisation des stagiaires aux techniques de laboratoire, ainsi que les analyses des sédiments prélevés dans la zone d'étude ont été effectuées. Le présent travail s'articule donc autour de deux parties : La première traite de la présentation de la zone d'étude et des activités menées, la seconde, de l'initiation aux travaux de recherche.

PARTIE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET ACTIVITES MENEES

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I-1-Localisation géographique

L'estuaire du Wouri encore appelé estuaire du Cameroun est situé dans la partie méridionale de la plaine côtière du Cameroun (figure 1). C'est une zone qui constitue l'extension nord océanique du Golfe de Guinée. Le bassin de Douala auquel il appartient est le plus vaste ensemble de la plaine côtière du Cameroun, caractérisé par une très faible altitude. Il constitue l'embouchure sur océan atlantique de 3 grands fleuves (Mungo, Wouri et Dibamba). Il se limite au sud par la pointe de Souellaba et au Nord par le Cap du Cameroun et est située entre le 3°49' et 4°04' de latitude Nord puis entre 9°20 et 9°40' longitude Est. Il forme avec l'embouchure de la Sanaga le complexe laguno-marécageux des bouches du Cameroun (Olivry, 1986). Hormis l'espace couvert par la végétation, l'estuaire du Wouri couvre une superficie de 500 Km² (L.C.H.F). Le découpage administratif du Cameroun l'intègre dans l'Arrondissement de Douala 1er, Département du Wouri, région du Littoral (MINEPAT, 2014).

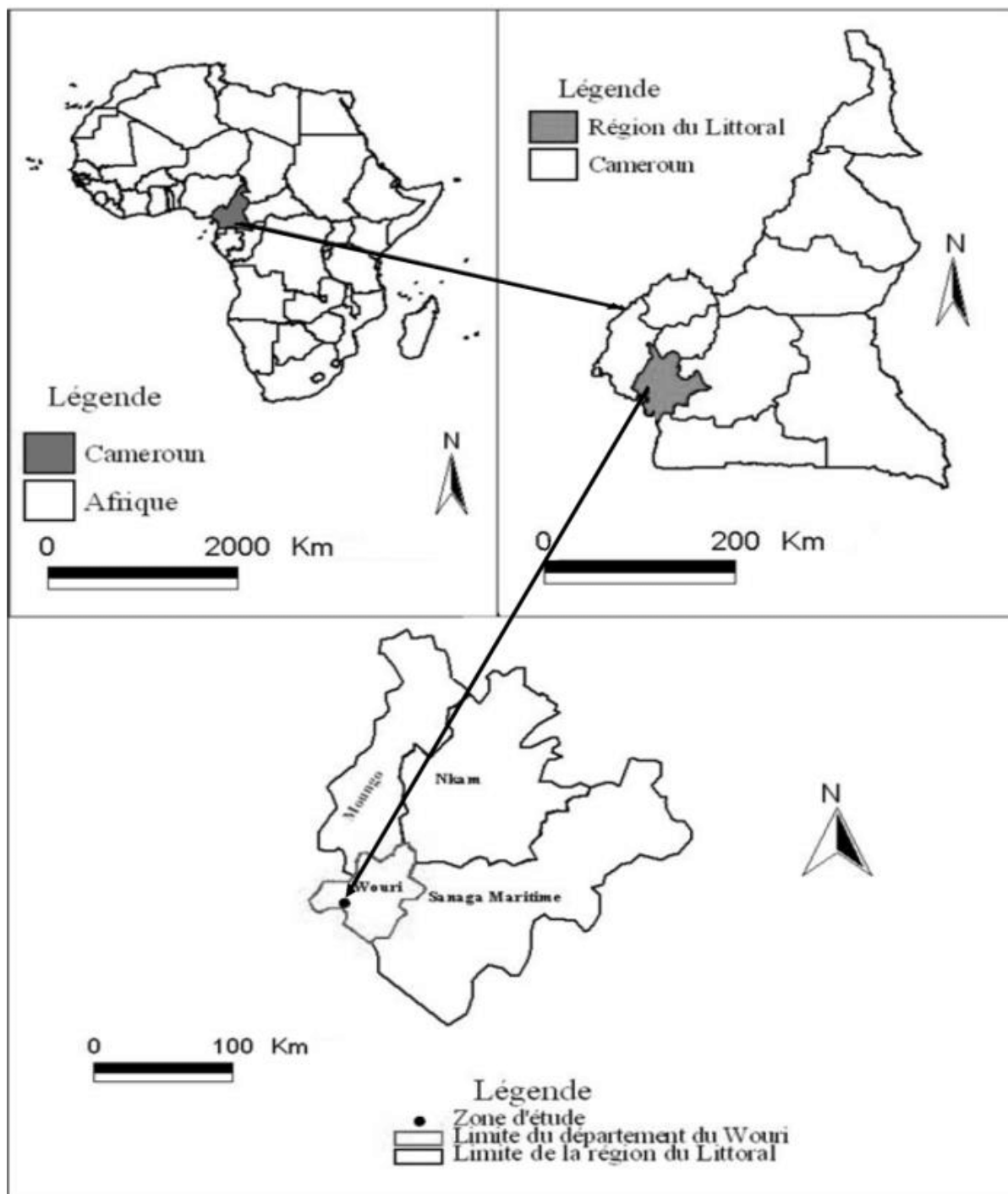


Figure 1 : localisation de la zone d'étude

I-2- Pédologie et Topographie

L'estuaire du Wouri repose sur le bassin sédimentaire de Douala d'environ 7000 km² de superficie constitué de plusieurs formations. La lithologie du bassin présente du haut en bas : les sédiments du Quaternaire de type fluvio-deltaïque, principalement des sables à matrice argileuse ; les sédiments du Tertiaire constitués essentiellement de formations

argileuses ; les sédiments du Secondaire constitués de grès et d'argiles schisteuses. Cet ensemble repose sur un socle cristallin, formée de migmatites et de granites (Weecksteen 1957). Les sols dérivés de ces formations sont surtout de type ferralitique sur les parties émergées et de type hydro morphe en bordure côtière.

La ville de Douala est située sur la surface d'érosion inférieure à 300 m et datée fin tertiaire à quaternaire (Segalen, 1967). Elle est établie sur un ensemble de bas plateaux délimité par une falaise découpée dans des formations fluviomarines à la base et fluviales au sommet (Morin et Mainet, 1984).

1-3- Hydrographie et climat

L'estuaire du Wouri est un vaste complexe laguno-lacustre constituant l'embouchure commune des trois principaux cours d'eau (Figure 2) du bassin Atlantique : Mungo, Wouri, Dibamba (MINEF-C/ONUDI/PNUD FEM, 1999).

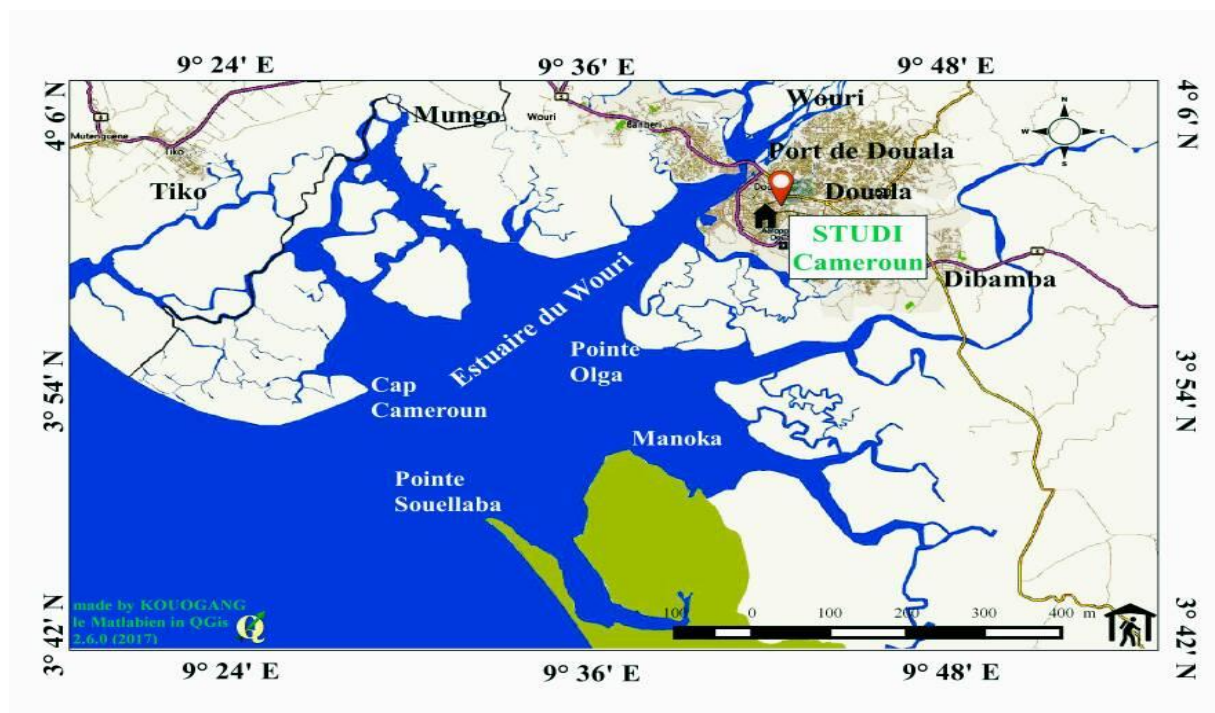


Figure 2 : Estuaire du Wouri et ses affluents

Le Cameroun est situé dans une région climatique équatoriale du type "camerounais", très humide et chaud. Le climat est affecté par deux masses d'air provenant d'anticyclones de chaque cote de l'Equateur. Le front intertropical (ITF), où se rencontrent ces deux masses, change de latitude selon la saison. L'anticyclone Saint Helene dans le Sud est instable et humide: il correspond à la mousson ou aux alizes du sud-est, modère les variations de

température et apporte de la pluie. L'anticyclone du Sahara est, lui, stable et sec et est appelé "harmattan" ou alize du nord-est. Le climat dans la zone littorale est du type maritime à saisons peu différenciées. Les précipitations abondantes et permanentes (de 0 à 1 mois sec entre novembre et février) atteignent 4.016 mm à Douala en 260 jours de pluie par an. La pleine mousson est en juillet, août et septembre: la courbe des précipitations n'a qu'un seul maximum. L'humidité relative moyenne annuelle est de 83%. La température moyenne annuelle est de 26,4°C et varie très peu. (Morin et Mainet, 1979)

I-5- Flore

Les ressources végétales de la zone côtière sont constituées de macrophytes, de mangroves et de la forêt littorale. Les principales espèces floristiques retrouvées dans la mangrove sont les palétuviers notamment : *Rhizophora racemosa* qui occupe près de 90% de la superficie des mangroves ; *Rhizophora harrisonii* ; *Avicennia germinans* et autres plantes marécageuses comme *Nypa fruticans* ; *Pandanus candalabru* ; etc. La ressource végétale marine est constituée des algues macroscopiques qui se rencontrent dans la zone intertidale et dans la mer à différentes profondeurs (ENVI-REP CAMEROUN, 2011).

I-6-Faune

Dans l'ensemble de la forêt littorale, la faune est très riche et diversifiée. Dans la côte nord et sud on distingue les mammifères représentés par des céphalophes (*Cephalophus callipygus*), des bovidés, etc. Les primates comprennent des singes de la famille des cercopithécidés et colobidés avec plus de 20 espèces, etc. (ENVI-REP CAMEROUN, 2011). La biodiversité est préservée par la présence de la réserve Douala-Edéa. La faune marine est essentiellement constituée de faune pélagique et de la macrofaune benthique. Au moins cinq espèces de tortues marines ont été retrouvées sur les côtes Camerounaises (Fretey *et al.* 2001). On compte 27 familles et 232 espèces de poissons (MINEP, 2010).

I-7-Milieu humain et activités socio-économiques

La région du Littoral, avec 2 865 795 d'habitants dont 14,8% de la population totale du Cameroun est la troisième région la plus peuplée du Cameroun avec Douala (Capitale économique) comme chef-lieu du Département du Wouri, qui lui à son tour est chef-lieu de région. Plusieurs activités socioéconomiques se déroulent dans cette ville à savoir : La pêche et cultures marines, extraction de sable, navigation commerciale, activités portuaires, activités industrielles, loisir et tourisme liés à la mer et au fleuve Wouri.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET ACTIVITES MENEES

II-1 : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

II-1-1- Nom, logo, localisation et historique de la structure

Le Bureau Tunisien d'ingénieurs conseil indépendant STUDI a été créé en 1970. Devenu groupe STUDI, il s'est développé sur le plan international essentiellement en Afrique mais également en Europe. Installé au Cameroun en 2014, le groupe STUDI international a signé un contrat, avec son client CHEC. Le bureau scientifique lié à ce projet est situé à 4°02'02 de latitude Nord et 9°41'46 de longitude Est. Le projet qui est à l'origine de son installation à Douala consiste à contrôler et superviser les travaux de dragage d'entretien du chenal d'accès et des plans d'eau du Port Autonome de Douala. Les travaux de dragage concernent le tronçon interne du chenal d'accès. Les plans d'eau du port de Douala sont constitués de la darse de pêche, la darse à bois et les quais d'accostage. Le plan d'eau de ces quais doit être dragué à une profondeur comprise entre -8,00 m et -9,00 m en fonction du niveau de base des palplanches. Leur logo est représenté sur la figure 3



Figure 3 : Logo de la structure STUDI International.

II-1-2- Missions et objectifs

Comme objectifs, le Groupe STUDI International a pour but l'amélioration et l'entretien du chenal d'accès du Port Autonome de Douala aux navires. Il développe et entretient un partenariat actif avec le secteur privé, les organisations internationales et les institutions nationales impliquées dans la gestion du domaine maritime. A ce titre, il est chargé : Des études techniques préliminaires et détaillées, des missions d'assistance technique, des missions de contrôle et de supervision des travaux de sondage hydrographique et bathymétrique, de la mise en œuvre et supervision des campagnes de dragage d'entretien, de l'établissement des cartes

bathymétrie, de l'établissement des dossiers d'Avant-Projet Sommaire, d'Avant-Projet Détaillé et des dossiers d'Appel d'Offres.

II-1-3-Organigramme

Le groupe STUDI International est hiérarchisé comme sur la figure 4 suivante :

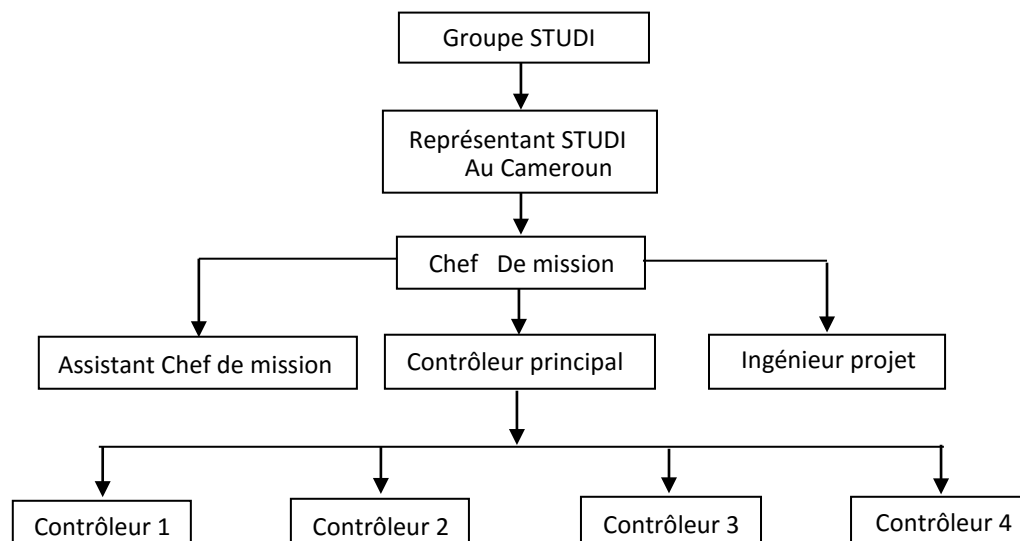


Figure 4 : Organigramme du Groupe STUDI au Cameroun ; 2017

II-1-4 Ressources humaines

STUDI a mobilisé une ressource humaine constituée d'un consultant en ingénierie qui est le représentant au Cameroun de STUDI International ; des chefs de mission qui sont responsables des différentes missions, avec leurs équipes respectives composé d'un assistant chef de mission chargé de la coordination des travaux publics, d'un ingénieur projet chargé de l'établissement des dossiers d'avant-projet et d'appel d'offre, et d'un contrôleur principal chargé du contrôle des travaux de sondage hydrographique et bathymétrique avec 04 autres contrôleurs. Le Groupe STUDI au Cameroun est une structure hiérarchisée comportant une équipe dynamique.

II-1- 5 Ressources infrastructurelles et équipements

Sur le plan opérationnel, STUDI comporte six (6) directions couvrant les métiers parmi lesquels les ports et aménagements côtiers, l'eau, l'agriculture et l'environnement. Elle dispose du matériel nécessaire et le met à la disposition des équipes affectées : une station totale, un système de positionnement DGPS, échosondeur monomodale CVM portable double fréquence, GPS mobile, une embarcation pour les travaux de sondage hydrographique et bathymétrique, pèse essieux et un matériel de diagnostic fonctionnel des réseaux sous

pression. Outre les logiciels de conception, STUDI fournit à ses ingénieurs et techniciens : des outils de travail collaboratifs basés sur la technologie Web, une Gestion électronique de documents, des outils de planification et de management de projet adaptés aux besoins des clients et tous les outils modernes nécessaires à une communication efficace aussi bien entre collaborateurs qu'avec les clients et partenaires.

II-1-6 Ressources financières

Les fonds de la Multinationale STUDI International proviennent d'un financement privé d'un groupe de Tunisiens qui préfèrent garder l'anonymat.

II-1-7 Processus de réalisation technologique des objectifs

Pour atteindre ses objectifs, STUDI poursuit sa modernisation avec pour ambition de continuer à jouer le premier rôle dans les domaines de l'ingénierie en Afrique Centrale. Dans ce sens, plusieurs projets ont été réalisés et d'autres sont en cours, entre autres : le Port Autonome de Douala, les études techniques en vue de l'aménagement de la zone industrielle du Complexe Industriel-Portuaire de Kribi (3.000ha), la préparation du dossier d'appel d'offres et contrôle des travaux de curage du canal de Vrick au Cameroun (PRODEBALT), l'étude de l'assainissement des eaux usées de la ville de Yaoundé

II-1-8 Résultats attendus de la structure

Les résultats attendus par la multinationale STUDI sont de l'ordre de 90% car toutes les activités de dragage et de sondage bathymétrique sont toujours bien livrées aux différents clients dans les délais.

II-2 : ACTIVITES MENEES DANS LA STRUCTURE

II-2-1 Chronogramme et description des activités durant le stage

Les activités menées dans la structure au cours de ce stage et les périodes de ces activités sont recensées dans le tableau 1 ci-contre :

Tableau I: Chronogramme des activités menées

Activités	Mars	Avril	Mai	Juin
Campagnes en mer	X		X	
Analyses au laboratoire	X			
Collecte des données bathymétriques	X		X	
Traitement des données et élaboration des cartes bathymétriques	X	X	X	X

II-2-1-1 Campagne en mer

3 campagnes en mer ont été faites durant la période de stage :

- Une sortie pour les échantillonnage des sédiments, qui a été effectuée à l'aide de la drague chinoise HANG JUN 4012 appartenant à la structure China Harbour Engineering Compagny (CHEC) chargé des travaux de dragage du chenal du Port de Douala et d'une vedette (Photo 1) équipée d'un sondeur bathymétrique bi-fréquence. La vedette équipée du sondeur a permis de relever les profondeurs des différents endroits d'échantillonnage et l'épaisseur de la crème de vase liquide.



Photo 1: Prospection et choix des sites d'échantillonnage

- Deux sorties pour l'échantillonnage des eaux, l'une de profondeur avec un appareil conçue localement (annexe 1) sur la Kienke et l'autre pour échantillonner les eaux de surface sur le Wouri (Photo 2).



Photo 2 : campagne d'échantillonnage des eaux de fonds sur la Kienke (A) et des eaux de surface sur le Wouri (B)

II-2-1-2 Analyses au laboratoire

Plusieurs analyses ont été faites en laboratoire à savoir :

- La granulométrie

La granulométrie a été effectuée suivant 2 méthodes (Photo 3) différentes par rapport à la taille de l'échantillon : pour la fraction de l'échantillon dont la taille est supérieure à 80µm la méthode utilisée a été le tamisage à sec (méthode consistant à faire passer l'échantillon dans une succession de tamis de maille classée de façon croissante de bas en haut) et pour la fraction inférieure à 80µm la méthode utilisée a été la sédimentométrie (qui consiste à insérer un densimètre dans le b cher de 2L contenant 50g d'échantillon, 200mL de solution  floculante et d'eau distillée jusqu'au trait de jauge ; ceci pour lire la profondeur à laquelle le densimètre est enfoncé.).



Photo 3 : Tamisage à eau pour séparer à 80 μ m (A) et lecture du densimètre pour la sédimentométrie (B).

- Le pH

Le potentiel hydrogène a été mesuré grâce à un pH mètre de marque HANNA équipé de 2 électrodes l'une servant à mesurer le pH et l'autre servant à mesurer la température (Photo 4). L'échantillon a été broyé, séché, pesé à 5g puis mélangé à 5ml d'eau distillée grâce à un agitateur magnétique et enfin mesuré.



Photo 4 : Mesure du pH (gauche) et agitateur magnétique en activité (droite). A : pH-mètre ; B : Agitateur magnétique.

- L'indice de matière organique

L'indice de matière organique a été mesuré par le principe de la combustibilité du carbone organique. L'échantillon sec a été pesé et mis sur une tare (Photo 5) avant d'être introduite dans un four réglé à 600°C pendant 4h afin de brûler tout le carbone organique. Ensuite, l'échantillon a été refroidi et introduit dans un dessiccateur puis pesé encore pour obtenir le poids sec sans matière organique. Les calculs s'effectuent après ce processus de façon à obtenir les pourcentages.



Photo 5 : échantillons séchés et pesés pour mettre au four. A : Lamelles contenant les échantillons.

- La minéralogie

La minéralogie est la partie de la géologie qui traite des minéraux. La minéralogie des échantillons prélevés a été déterminée au laboratoire de l'université de Liège en Belgique. La technique utilisée pour la déterminer a été celle de la diffraction des rayons x (DRX). Cette méthode consiste tout d'abord à préparer l'échantillon (prélever une portion de 50g, la sécher puis la broyer à une taille inférieure à 150µm), ensuite, la mettre dans de l'eau distillée puis l'insérer dans le diffractomètre (Photo 6) et enfin obtenir les courbes de diffraction à l'aide du logiciel EVA et du fichier de diffusion de la poudre (PDF).

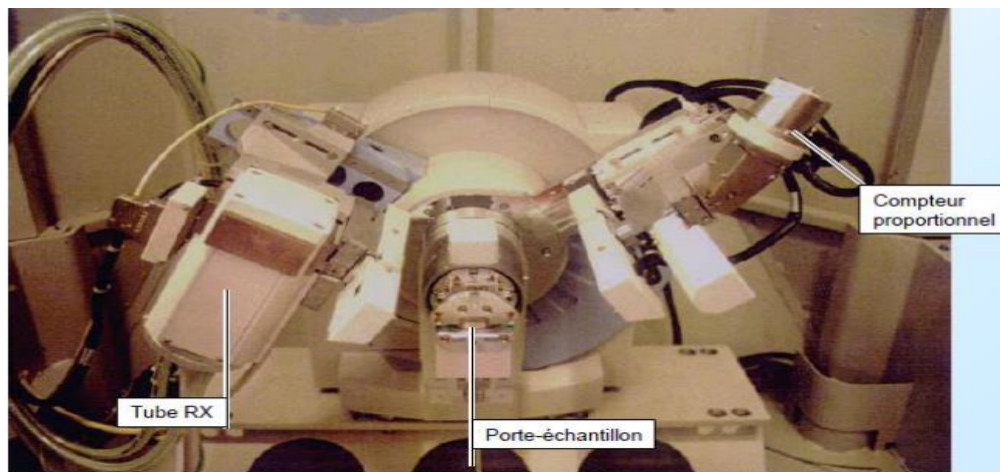


Photo 6 : Exemple de diffractomètre de laboratoire

- Limites d'Atterberg

Pour déterminer la limite de liquidité, la méthode choisie a été celle de Casagrande (norme Française NF P94-051) qui a consisté à insérer l'échantillon dans la coupelle, à y effectuer une rainure (Photo 7), à fermer celle-ci au bout de 25 chocs ; par la suite faire un prélèvement global de l'échantillon dans la coupelle qui conduira au pesage, au séchage et encore pesage du spécimen. Pour déterminer la limite de plasticité la méthode utilisée a aussi été celle de Casagrande qui a consisté pour cette fois à prélever tout d'abord une partie de l'échantillon fermé au bout 25 chocs par l'appareil de Casagrande, à le laisser légèrement sécher à l'air ambiant, de confectionner un rouleau de 15 cm de long pour 3mm de diamètre, de le laisser se briser en le soulevant et de le peser, ensuite le sécher et enfin le peser à nouveau. L'indice de plasticité a été obtenu après avoir effectué des opérations.



Photo 7 : Appareil de Casagrande chargé. A : Appareil de Casagrande ; B : Balance sensible

II-2-1-3 Collecte des données bathymétriques

Cette activité consiste à recueillir les profondeurs des couches d'eau de la partie interne du chenal d'accès du Port Autonome de Douala. Elle s'est faite à l'aide d'un échosondeur bathymétrique mono beam bi-fréquence (Photo 8) et d'un ordinateur spécial ayant le logiciel HYPACK. La première étape a été l'étalonnage de l'appareil en y insérant certaines caractéristiques physico chimiques de l'eau (salinité, conductivité, température densité) et aussi d'autres paramètres comme la vitesse du son dans l'eau pour minimiser les erreurs. Ensuite, nous avons eu à programmer le nombre de beam (envoi d'un signal ou d'un son) par unité de temps et la fréquence des ondes ; et enfin à laisser enregistrer et tracer en se déplaçant tout en contrôlant la variation des paramètres physico chimiques de l'eau, le retour des ondes et le positionnement GPS.



Photo 8 : Sondeur bathymétrique en activité

II-2-1-4 Traitement des données bathymétriques et élaboration des cartes bathymétriques

Le traitement des données issues de la collecte sont traitées à l'aide du logiciel HYPACK. Ce traitement consiste à effacer tout d'abord les sons parasites, ensuite de corriger les profondeurs avec les données marégraphiques acquises au moment de la collecte des données bathymétriques et enfin d'élaborer les cartes bathymétriques.

II-2-2 Perception des contraintes et des opportunités de la structure

Les contraintes auxquelles font face STUDI international sont celles liées au non-respect des périodes de dragage et au manque de personnel qualifié pour effectuer certaines tâches professionnelles. Comme opportunités, STUDI pourrait étendre son activité d'élaboration des cartes bathymétriques au-delà de l'estuaire du Wouri, d'élargir ses activités

d'assainissement des eaux dans d'autres régions, mais aussi d'introduire ses filiales au Cameroun.

II-2-3 Suggestions

Du stage effectué au sein du Groupe STUDI International, il en ressort que cette structure se donne les moyens d'atteindre ses objectifs notamment dans le contrôle et entretien du chenal d'accès du Port Autonome de Douala aux navires. Cependant, avec la nécessité d'avoir des équipements complexes pour l'hydrographie, des logiciels de navigation, d'acquisition et traitement des données, il n'est toujours pas facile de trouver des techniciens expérimentés dans le domaine marin capable d'utiliser ces outils. Au groupe STUDI, la suggestion suscitée est celle de recruter d'autres personnels expérimentés dans l'utilisation de ces outils.

Aux autorités administratives et portuaires il est recommandé de:

- recruter un personnel compétent dans le domaine marin et la gestion portuaire ;
- archiver les données de façon numérique.

A l'Etat, il est suggéré d'insérer dans la formation des Ingénieurs Halieutes une unité d'enseignement consacrée à l'apprentissage et à l'utilisation des appareils et des logiciels professionnels d'hydrographie et d'hydrologie.

PARTIE II : INITIATION A LA RECHERCHE

**TITRE: Etude lithologique de la couche superficielle du chenal d'accès du
Port Autonome de Douala**

Le Port Autonome de Douala, l'un des plus grands ports de la sous-région est un port fluvial dont l'une des principales contraintes est celle de l'entretien de son chenal d'accès sujet à un envasement constant.

CONTEXTE ET JUSTIFICATIFS :

Depuis le 15^{ème} siècle, le Port de Douala a connu une activité internationale qui en fait aujourd'hui la principale porte maritime de la façade atlantique du Cameroun et du centre du continent à mi-chemin entre l'Afrique du Nord et l'Afrique du Sud (MATECK, 2012). Situé sur le Wouri, le Port de Douala couvre une superficie de 1000 ha dont 600 sont en exploitation. Sa gestion, sa promotion, son marketing sont assurés par le Port Autonome de Douala qui est une société à capital public, dotée d'une personnalité juridique et d'une autonomie financière, créée le 15 juin 1999 par décret N° 99/130 en application de la Loi 98/021 du 24 décembre 1998 portant organisation du secteur portuaire (MATECK, 2012). Etant un port d'estuaire, le Port Autonome de Douala s'ouvre sur l'océan atlantique grâce à un chenal d'accès, long de 50km divisé en 2 parties d'égale longueur (25km), et balisé par des bouées lumineuses conformes à la réglementation internationale (AISM). Le chenal extérieur, large de 250m n'est pas soumis à un dragage d'entretien. Le chenal intérieur large de 150m, dont la côte est -7m (avec une moyenne de 2m de marnage), est régulièrement entretenu et dragué en permanence par ordre du Port Autonome de Douala, par l'entreprise chinoise CHEC, et contrôlé par l'entreprise multinationale STUDI International. Les sédiments ainsi dragués sont rejetés non loin du chenal d'accès, à un endroit appelé bouée de base.

- PROBLEMATIQUE :

La profondeur du chenal d'accès du Port Autonome de Douala de par sa nature exige un dragage régulier entraînant des dépenses annuelles exorbitantes (15,9 Milliards de FCFA) (BOYOMO, 2014) ce qui dénote de leur caractère récalcitrant. Nous nous posons la question de savoir de quels minéraux sont constitués ces sédiments ? Autrement dit, quels sont les caractéristiques de ces sédiments ? Et enfin dans quel secteur peut-on les valoriser ?

• OBJECTIFS :

- **OBJECTIF GENERAL :** Contribuer à l'étude lithologique des sédiments de la couche superficielle du chenal d'accès du Port Autonome de Douala en créant une base de données sur les caractéristiques sédimentaires de ce chenal.

- **OBJECTIFS SPECIFIQUES :** Caractériser les sédiments du chenal d'accès du Port Autonome de Douala de par leur granulométrie, leur potentiel Hydrogène, leurs indices de matière organique, leurs limites d'Atterberg, leur minéralogie et donner une utilisation probable de ces sédiments.

CHAPITRE III: REVUE DE LA LITTERATURE

III-1 Définition des concepts :

Estuaire : lieu de mélange des eaux douces et salées, entre mer et rivière, c'est un milieu complexe, riche et fragile, dans lequel se produisent de nombreux échanges avec les autres systèmes environnants, terrestres et marins. Soumis aux fluctuations de marées, aux courants, au régime des vagues et à celui du fleuve, il comporte de grands sous-systèmes humides : fleuves, marais, canaux et plaines inondables (Daniel, 2004).

Dragage : Fait de prélever du sédiment sur le fond de la mer à l'aide d'une drague, soit pour étudier un échantillon de sédiment, soit pour dégager un chenal navigable (création ou entretien) (GEODE, 2013).

Lithologie : La lithologie est la branche de la géologie qui étudie la composition des sédiments ou des roches comprenant les caractéristiques physiques et chimiques, telles que la couleur, la composition minéralogique, la dureté ou la taille des grains (FAO-ISRIC-AISS, 1999).

Chenal d'accès : Le chenal est, dans un contexte maritime une voie d'accès à un port ou à une zone de mouillage pendant lequel un navire disposera de la plus grande profondeur d'eau sous la quille, lui permettant de progresser en toute sécurité. Il est généralement entretenu par dragage et délimité par les bouées de signalisation (Larousse 2014).

III-2 Généralité sur les estuaires

Les estuaires constituent une catégorie de formes littorales qui désignent l'embouchure d'un fleuve sur une mer ouverte et où se font sentir les marées. De cette rencontre entre eaux salées et eaux douces s'ensuivent une dynamique particulière et des mécanismes sédimentaires spécifiques. Etant des lieux de contact dans lesquels abondent les éléments nutritifs, les estuaires sont très favorables à la vie végétale et animale (Muchiut, 2008). Les estuaires apparaissent donc comme des lieux d'échanges très efficaces d'énergie et de matière entre le domaine marin et le domaine terrestre. Les aménagements dont les estuaires ont été l'objet depuis le milieu du siècle dernier, ont profondément modifié non seulement leur géométrie mais aussi les processus hydrologiques et sédimentologiques naturels. Les estuaires sont des espaces littoraux très sensibles à l'intervention humaine qui bouleverse très vite l'équilibre de l'écosystème. Il existe 3 types d'estuaires à savoir: les estuaires à coin salé, les estuaires peu mélangés et les estuaires bien mélangés (Muchiut, 2008). Les estuaires sont des

écosystèmes fragiles de par: la diversité biologique qu'elles renferment, les mouvements qui lui sont associées et les activités humaines.

III-3 Différents appareils d'échantillonnage des sédiments en milieu marin

Il existe une grande variété d'appareils pour échantillonner les sédiments marins (Myers et *al*, 1969). En fait, on peut les classer en trois groupes : les dragues qui prélèvent l'échantillon en raclant la surface du fond marin ; les bennes preneuses qui saisissent d'un coup les sédiments à la surface ; et les carottiers qui prélèvent un échantillon cylindrique de sédiments à une profondeur qui varie selon le modèle de l'appareil et le genre de sédiments à carotter (Myers, 1969) (annexe 2).

III-4 Minéralogie

III-4-1 Définition et Origine des minéraux

Les principaux processus qui conduisent à la formation des minéraux sont les suivants (Bouchardon, 2008) : Cristallisation d'un liquide qui, par refroidissement, passe de l'état liquide à l'état solide, précipitation chimique à partir d'une solution sursaturée par rapport à un minéral et par cristallisation des vapeurs.

III-4-2 Classification des minéraux

Dans le monde, les minéraux sont classés selon plusieurs critères à savoir : en fonction du point de fusion, de la dureté, du trait, de la couleur, de l'éclat, de son clivage, de son effervescence, de la densité et de sa forme cristalline (Bouchardon, 2008). Quelques uns de ces critères seront illustrés à savoir : En fonction du point de fusion (l'Olivine, le Pyroxène, l'Amphibole, la Biotite, le Feldspath, la Muscovite et le Quartz) (Montel, 2012) ; En fonction de la dureté (le talc, le gypse, la calcite, la fluorite, l'apatite, le k-feldspath, le quartz, la topaze, le corindon et le diamant) ; En fonction de la couleur : La classification des minéraux en fonction de la couleur n'est pas absolue car des couleurs de spécimens différents peuvent représenter le même minéral, et les spécimens qui ont toutes la même couleur peuvent représenter des minéraux tout à fait différents (annexe 3).

III-4-3 Méthodes d'analyse des minéraux

On distingue plusieurs méthodes d'analyse des minéraux présents dans un échantillon qui sont :

- **La méthode par diffraction des rayons X (DRX)**

Cette méthode est basée sur la réémission des rayonnements par le minéral. Son principe repose sur le fait que chaque minéral absorbe, réfléchit et réfracte un rayonnement d'une façon bien précise et unique (Gravereau, 2012).

- **La méthode par microscopie électronique en balayage (MEB)**

Cette méthode tout comme la méthode par DRX se sert des rayons réfléchis pour analyser l'échantillon présent dans l'appareil ; Sauf que pour cette méthode contrairement aux rayons X qui sont utilisés dans la DRX ce sont les électrons rétrodiffusés qui sont analysés.

- **La méthode par microscopie électronique en transmission (MET)**

Ici, le principe est également basé sur la lumière et son interaction avec l'échantillon. Par comparaison avec la DRX et la MEB, ici c'est l'image qui est traitée et non pas uniquement les électrons et les rayonnements émis (Faerber, 2004) (annexe 4).

III-5 Granulométrie

III-5-1 Définition

Selon le dictionnaire français Larousse 2013, la granulométrie est la mesure des dimensions et détermination de la forme des particules et des grains.

III-5-2 Différentes classifications des grains en fonction des tailles

La classification des différentes classes granulométrique a été faite par plusieurs auteurs. Une seule classe sera ici illustrée, l'échelle de Wenworth qui comprend 7 classes granulométriques à savoir : les blocs ($d > 256\text{mm}$), les gros cailloux ($64\text{mm} < d < 256\text{mm}$), les graviers ($4\text{mm} < d < 64\text{mm}$), les granules ($2\text{mm} < d < 4\text{mm}$), les sables ($0,063\text{mm} < d < 2\text{mm}$), les silts ou limons ($0,004\text{mm} < d < 0,063\text{mm}$) et les argiles ($d < 0,004\text{mm}$) (Fournier, 2012). Bellair et Pomerol (1977) ont aussi une classification par rapport aux tailles des grains et ainsi que plusieurs autres auteurs (annexe 5).

III-5-3 Méthodes d'analyses granulométriques.

Ces analyses se déroulent suivant plusieurs méthodes en fonctions des tailles des sédiments. On distingue : le tamisage à sec ($> 100\text{ }\mu\text{m}$), le tamisage sous eau ($> 30\text{ }\mu\text{m}$), la sédimentométrie (de 1 à $100\text{ }\mu\text{m}$), la centrifugation (0,1 à $20\text{ }\mu\text{m}$), la diffraction laser (0,02 à 20mm) et la microscopie optique ($50\text{ }\mu\text{m}$ à 2mm) (Fournier, 2012), (Elimbi, 2005).

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

IV-1 Période de l'étude, objectifs (sous objectifs) et méthodes de l'étude

IV-1-1 Période et objectif de l'étude

Les sédiments déposés sur la couche superficielle du chenal d'accès du Port Autonome de Douala ont été étudiés, pendant la saison sèche avec pour objectif principal de contribuer à l'étude lithologique de la couche superficielle du chenal d'accès du port Autonome de Douala, et pour sous objectif de les caractériser en général.

IV-1-2 Méthode de l'étude

Elle comporte le matériel utilisé et le choix des points d'échantillonnage

- Matériel utilisé

Les matériels utilisés peuvent être classés en 2 ensembles : le matériel d'échantillonnage constitué d'une drague, un sondeur bathymétrique bi-fréquence et des seaux ; et le matériel de laboratoire constitué d'une étuve, d'un four, d'un pH-mètre, d'un appareil de Casagrande, d'une colonne de tamis, d'un vibreur, d'un diffractomètre laser, d'un densimètre, d'un bécher et d'une balance sensible.

- Choix des points d'échantillonnages

Les différents sites d'échantillonnage ont été choisis de par la quantité de vase présente et de par leur proximité par rapport à la mer et aux activités menées sur les berges.

IV-2 Collecte des données

Les données secondaires ont été recueillies dans la bibliothèque de STUDI, dans celle du port autonome de Douala, dans leurs archives et dans certains documents et mémoires d'ainés académiques à travers le monde. Les données primaires ont été recueillies lors des campagnes de prélèvements durant la période de stage dans le chenal d'accès du Port Autonome de Douala.

IV-3 Conduite de l'essai

3 stations ont fait l'objet de cette étude à savoir la station 1 de coordonnées (Longitude, Latitude) 3.991087, 9.618187 ; la station 2 de coordonnées 4.011294, 9.637070 et la station 3 de coordonnées 4.028418, 9.659386 (Figure 5). Durant la campagne de prélèvement, aucun paramètre physico-chimique n'a été mesuré *in situ*. Les seuls paramètres

enregistrés sont les coordonnées GPS et la profondeur. Les échantillons ainsi prélevés ont été conservés dans les seaux et ont été acheminés par la suite au laboratoire pour analyse. La détermination des paramètres, limites d'Atterberg, granulométrie ainsi que le pH et l'indice de matière organique ont été effectués dans le laboratoire des sols et de micro-analyses de la MIPROMALO à l'instar de la minéralogie qui a été faite au laboratoire d'argiles, géochimie et environnement sédimentaires de l'Université de Liège en Belgique.



Figure 5 : Points d'échantillonnage

IV-4 Paramètres étudiés

Les différentes analyses tels que le pH, la granulométrie, la minéralogie la concentration en matière organique et les limites d'Atterberg ont été analysées suivant les méthodes (Tableau II) prescrites par Albert Atterberg, Rodier et aussi suivant les méthodes propres au laboratoire.

Tableau II: paramètres étudiés et méthodes.

Paramètres	Méthodes	Instruments de mesures	Lieu d'analyse
Profondeur	Réflexion des ondes	Sondeur bathymétrique	<i>In situ</i>
Granulométrie	Tamis	Colonne de tamis, vibreur, densimètre	Laboratoire
Minéralogie	Diffraction des rayons X (DRX)	Diffractomètre laser	Laboratoire
pH	Potentiométrie	pH mètre HANNA pHep,	Laboratoire
Indice de Matière Organique	Combustibilité du carbone organique	Balance, four, étuve et dessiccateur	Laboratoire
Limites d'Atterberg	Casagrande	Appareillage de Casagrande, étuve.	Laboratoire

IV-5 Analyses statistiques ou traitement des données

Les données recueillies sur le terrain ainsi que celles analysées au laboratoire ont été numérisés et traités par les logiciels Matlab 2010 PAST 3 2013 et par le tableur EXCELL 2013.

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION

V-1 Résultats

V-1-1 Granulométrie

Les différents caractéristiques granulométriques de ces différents échantillons sont représentés dans le tableau III:

Tableau III : Caractéristiques granulométriques des différents échantillons.

Différents indices	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Moyenne	M=1,7833	M=1,7833	M=1,7633
Coefficient de dissymétrie	SK=0,6178	SK=-1,108	SK=0,390
Coefficient d'acuité	K=1,147	K=-0,386	K=1,103
Indice de classement	So= -0,655	So= -0,188	So= -0,654
Pourcentages des différentes classes	Sable=34,1% Silt=58,1% Argile=7,8%	Sable=33,1% Silt=55,0% Argile=11,9%	Sable=33,0% Silt=54,4% Argile=12,6%
Module de fitness	1,85	1,82	1,87
Poids spécifique	2,16	2,21	2,18

V-1-2 Potentiel Hydrogène (pH)

L'histogramme ci-après (Figure 6) présente l'évolution du pH suivant les différents sites d'échantillonnage

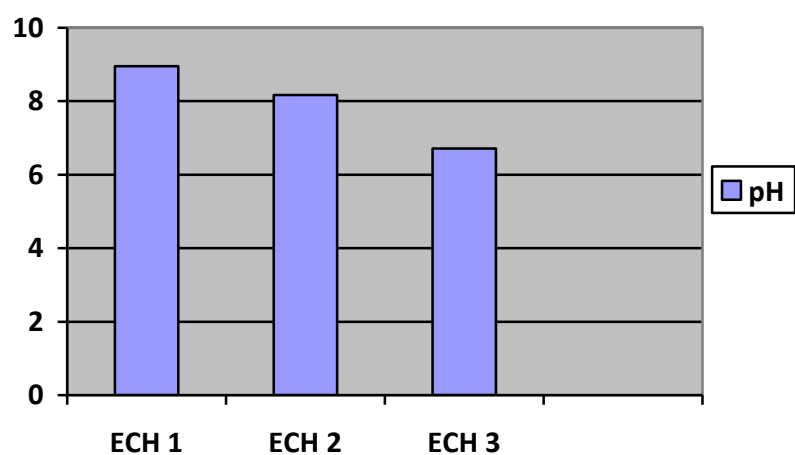


Figure 6: Evolution spatiale du pH.

V-1-3 Matière organique (MO)

L'indice de matière organique des différents échantillons est représenté dans l'histogramme (Figure 7) suivant.

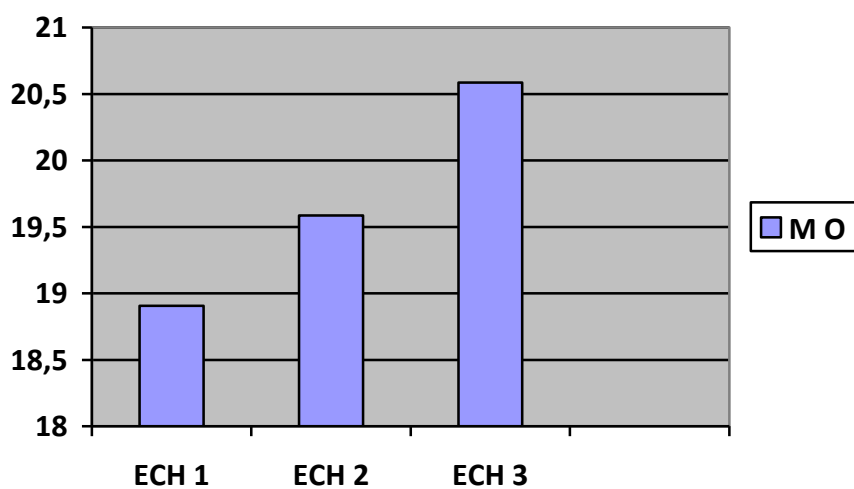


Figure 7: évolution spatiale de la matière organique.

V-1-4 Limites d'Atterberg

Le tableau IV ci-contre présente les différents indices des limites d'Atterberg des différents échantillons :

Tableau IV : différentes limites d'Atterberg.

Différents indices	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Limite de liquidité W _l (%)	175,0	181,9	181,9
Limite de plasticité W _p (%)	85,1	99,1	84,3
Indice de plasticité I _p (%)	89,9	82,8	97,6

V-1-5 Minéralogie

La minéralogie des différents échantillons a présenté des constituants identiques. Toutes les phases minérales des différents échantillons sont faites de : la kaolinite, l'illite, la gibbsite, le quartz, l'hématite et le feldspath.

V-2 Discussion

Pour la granulométrie, notre tableau montre que les échantillons 1 2 3 ne comportent pas de cailloux ni de gravier, cela peut s'expliquer par le fait que les sédiments ont été prélevés dans l'embouchure ou dans le lit du chenal d'accès du Port Autonome de Douala qui fait partie intégrante du bassin du littoral (Ntamack, 2010).

Notons que le département du Wouri a 3 groupes de sols à savoir :

- le sous-groupe des sols ferralitiques rouges, dont les roches mères sont acides avec un aspect homogène.
- Le sous-groupe des sols ferralitiques jaunes, dont les roches mères sont respectivement des gneiss et des micaschistes.
- Le sous-groupe des sols limoneux qui est formé de dépôts détritiques argileux et siliceux. Ici, les grains sont très fins, les lutites, boues, terrigènes et pyroclastiques.

Il existe également les sols de type hydro morphes dans les zones inondables (Ntamack, 2010). Nous constatons que nos échantillons dans leur totalité sont d'un fort pourcentage en limons de grains compris entre $0,02 > \phi > 0,002 \text{ mm}$. Ce résultat rejoint les études de Ntamack

en 2010 qui, en décrivant le bassin sédimentaire du Littoral, a fait une classification des sols par groupe en ressortant leurs différents constituants.

Il est constaté que, contrairement aux caractéristiques granulométriques, le pH lui varie considérablement entre les différents sites. Il augmente au fur et à mesure que l'on s'approche de l'océan. Ceci peut s'expliquer par le fait de l'augmentation de la matière organique qui contribue à faire diminuer le pH. Les échantillons 1 2 et 3 sont alors, selon la classification des sols utilisée par la section pédologique de l'ORSTOM appartiennent à la classe des sols hydro morphes, à la sous classe des sols hydro morphes organiques au groupe des sols tourbeux et au sous-groupe des sols tourbeux EU ou mésotrophes ce qui traduit un sol prisé en agriculture et en arboriculture. Les sols avec cet intervalle de pH sont très prisés pour la culture des légumes et de certains fruits.

Il est observé ici une diminution de la matière organique au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'océan. Ceci est dû au fait que les sources les plus importantes de matière organique dans les cours d'eau sont les usines et se trouvent en amont de l'estuaire. Ainsi, la concentration en matière organique influe directement sur la grandeur du pH avec un coefficient de corrélation $r = -0,9979544$.

Pour les limites d'Atterberg, selon le diagramme de plasticité de Casagrande et au vu des résultats obtenus, ces échantillons sont classés dans la catégorie des Argiles très plastiques ce qui traduit un sol constitué de sédiments fins, capable de retenir beaucoup d'eau et très prisé en agriculture.

Bien qu'appartenant à 3 sites différents, les échantillons prélevés dans le chenal d'accès du Port Autonome de Douala présentent plusieurs caractéristiques communes qui laissent croire qu'ils proviennent du même bassin sédimentaire car ils présentent les minéraux communs tels que la kaolinite, l'illite, le gibbsite, le quartz, l'hématite et le feldspath qui sont pour la plupart des éléments minéraux d'origine organique, favorable à la croissance des plantes; cela peut aussi s'expliquer par le fait que nous nous trouvons dans le chenal d'accès du Port Autonome de Douala qui est en plein estuaire et ici, il y a une grande décomposition du phyto et du zoo plancton qui peut s'incruster dans le sédiment et lui donner cette forte concentration en matière organique. La kaolinite, l'illite et le feldspath sont des minéraux très prisés en agriculture, la kaolinite qui joue un rôle très important dans la cicatrisation des plantes, l'illite dans le badigeonnage et le feldspath comme liant.

Au vu des différentes caractéristiques de ces sédiments, il apparaît que ces sédiments peuvent avoir une utilisation dans le domaine agricole. Sans toutefois tirer des conclusions hâtives, il serait important que d'autres analyses comme la concentration en métaux lourds ou les différents polluants soient effectuées avant de tirer une conclusion fiable.

CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Au terme du stage effectué à STUDI, de nombreuses connaissances en relation avec le monde socioprofessionnel ont été acquises. Il en ressort que STUDI International est un groupe qui dans la limite de ses moyens tend à améliorer et entretenir le chenal d'accès du port de Douala afin de rendre possible la circulation des navires et fluidifier le trafic maritime. De par les travaux actuellement menés par certains hydrographes expérimentés de STUDI et du service d'hydrographie du Port Autonome de Douala, il sera dès lors possible de faire face à certains changements. Ainsi les travaux menés dans ce contexte et qui visaient une étude lithologique de la partie superficielle du chenal d'accès du Port Autonome de Douala ont révélé une variation très élevée de pH et de la concentration en matière organique, mais pourtant une très faible variation des caractéristiques granulométriques, d'Atteberg et minéralogiques.

RECOMMANDATIONS

La thématique ici développée n'étant que très peu étudiée, de nombreuses améliorations peuvent parfaire le travail effectué. Il s'agira alors par exemple d'élargir la période de l'étude (sur une durée d'un an à raison d'un prélèvement chaque quatre mois), d'augmenter le nombre de paramètres analysés et enfin d'étudier la dynamique de ces sédiments.

PERSPECTIVES

L'étude actuelle a porté sur la lithologie des sédiments de surface dans le chenal d'accès au Port Autonome de Douala, et cette dernière a connu des limites. Une étude plus approfondie compte être menée afin de combler les limites rencontrées sur le nombre de paramètres, le type de paramètres, la durée de l'étude, la fréquence de prélèvement et l'espace de l'étude. Cela en vue de l'obtention de plus d'informations pour une meilleure connaissance des sédiments et pour être sûr de son utilisation.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail effectué à STUDI International dans la Direction du Littoral, la région du Littoral a été présentée ; il en est ressorti que cette zone a un fort potentiel économique de par la présence du Port Autonome de Douala et de par les différentes activités menées dans cette région ; la structure d'accueil et les activités menées en son sein ont été présentées. Ensuite, une thématique sur les sédiments dragués dans le chenal d'accès du Port Autonome de Douala s'est dégagée. Ce stage visait l'initiation à la connaissance et à la mise en œuvre des techniques pratiques et théoriques de base d'un travail de recherche à travers une imprégnation dans le monde socio-professionnel. Au cours de ce stage passé à STUDI International, plusieurs activités ont été menées à savoir :

- au niveau de cette structure, on a : les campagnes d'échantillonnage, la collecte, le traitement des données bathymétriques et l'élaboration des cartes bathymétriques,
- et au sein de la MIPROMALO des activités d'analyse et de familiarisation des techniques d'analyses à savoir la détermination des classes granulométriques d'un échantillon, de son pH, de sa concentration en matière organique, de ses limites d'Atterberg et de sa minéralogie au laboratoire de l'Université de Liège en Belgique.

Les différentes analyses des échantillons ont ainsi permis de les caractériser. Ces échantillons présentent des similarités sur certains points comme pour la granulométrie, d'après la classification triangulaire des sols fins, les trois échantillons sont classés parmi les limons fins ; les trois échantillons présentent les mêmes phases minérales ; et ils sont également classés dans la classe des argiles très plastiques de par leurs limites d'Atterberg. Sur les plans du pH et de la matière organique, des variations importantes ont été enregistrées avec une plus grande valeur de pH en aval et une plus grande concentration de matière organique en amont.

L'objectif général du stage a été atteint car la participation aux activités de la structure a été réalisée, la familiarisation avec le monde professionnel a été faite et les objectifs de cette recherche ont été atteints. Les difficultés ont été rencontrées sur le plan des analyses car certains appareils de laboratoire étaient en mauvais état ou inutilisables.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Auzende A., 2012, Techniques analytiques en science de la terre, quelques techniques de la minéralogie. 85p ;

Bouchardon A., 2008, TP axes procédés, fusion partielle dans le manteau. 88p ;

BOYOMO M., 2014, Cameroun actu du 16 juillet 2014 No 11245. Pp 8 ;

Daniel A., 2004, Réseau hydrologique Littoral Normand : cycles annuels 2001-2003 et proposition d'indicateurs d'eutrophisation. Rapport Ifremer RST DEL/01.09/PB, 120p ;

Elimbi A., 2005, Protocoles d'analyse des matières premières et des produits finis au laboratoire, Tome 1 : matières premières, sols, granulats, ciments. 65p ;

ENVI RAP CAMEROUN 2011, Etudes préliminaires de la deuxième phase du projet de conservation et de gestion participative des écosystèmes de mangrove du Cameroun, Rapport final marché. 125p ;

FAO-ISRIC-AISS 1999, - Base de référence mondiale pour les ressources en sols. Rapport sur les ressources en sols du monde, n° 84, Rome (Italie), VII + 96 p;

Fournier J., 2012, Analyses granulométriques : principes et méthodes. 100p ;

Faerber J., 2004, Microscopie électronique à balayage : microanalyse x par sonde électronique. 53p ;

Fretey, J., Fontaine J-F., & Billes A., 2001, Tortues marines de la façade atlantique de l'Afrique, genre Lepidohelys. Bull. Herp. Fr., 98 :43-56 ;

GEODE, 2013, Dictionnaire Actu-Environnement du 11/02/2013 ;

Gravereau P., 2012, Introduction à la pratique de la diffraction des rayons X par les poudres. 210p ;

Larousse 2014 ;

MATECK V., 2012, Découverte du Port Autonome de Douala. 35p ;

Muchiut S., Susperregui N., Soulier L., 2008, Valorisation des services rendus par les écosystèmes estuariens et côtiers en regard de l'activité de pêche professionnelle, exemple du littoral Aquitain, 81p ;

MINEF-C/ONUDI/PNUD-FEM, 1999, Profil côtier Camerounais. Pp 20-55 ;

MINEPAT 2014, Atelier de sensibilisation des secrétaires généraux des ministères sur le dividende démographique. 38p ;

Montel J, 2012, Minéralogie : cours et exercices corrigés. 20p

Morin et Mainet, 1984, les formations superficielles latéritiques dans la région de douala, morphologie générale et sensible aux activités humaines. 215p

Morin et Mainet, 1979, le littoral camerounais : problèmes morphologiques. Travaux laboratoires géographie physique appliquée, Institut gogr Université de Bordeaux III n°5 :5-53.

MINEP 2010, Plan d'action national de gestion des zones marines et côtières, 109p

Myers 1969, Méthodes d'échantillonnage et d'analyse des sédiments marins et des matières draguées. 88p

Ntamack 2010, Introduction à la sédimentologie, 80p.

Segalen P.J 1967, le remaniement des sols et la mise en place de la stoneline ORSTOM S.S.C multigr. Bondy 22p

Weecksteen G., 1957, Carte géologique de reconnaissance du territoire du Cameroun aux 1/500000 feuilles Douala-Est see des mines, Yaoundé.

ANNEXES

ANNEXE I : Appareil d'échantillonnage des eaux de fonds



Figure (a) : appareil d'échantillonnage des eaux de fonds.

ANNEXE II : Méthodes d'échantillonnage



Figure (b): Drague chinoise HANG JUN

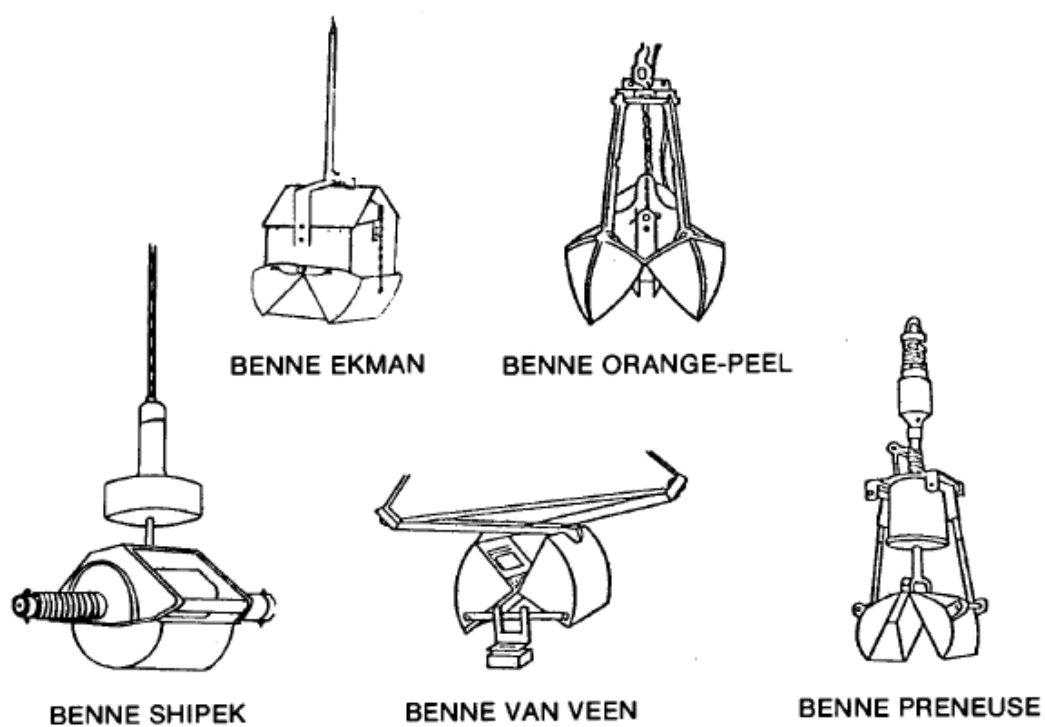


Figure (c): Différents types de bennes

ANNEXE III : Classification des minéraux

		
L'olivine	Un pyroxène : l'augite	Un amphibole : la hornblende
		
La biotite	Un feldspath	La muscovite

Figure (d): Différents types de minéraux suivant le point de cristallisation

Rayés par l'ongle	1	Talc
Rayés par une pièce en cuivre de un cent	2	Gypse
	3	Calcite
Rayés par la lame d'acier d'un canif	4	Fluorite
	5	Apatite
Rayent le verre	6	K-feldspath
	7	Quartz
	8	Topaze
	9	Corindon
	10	Diamant

Figure (e): Classification des minéraux suivant la dureté

ANNEXE IV : Méthodes d'analyse des minéraux

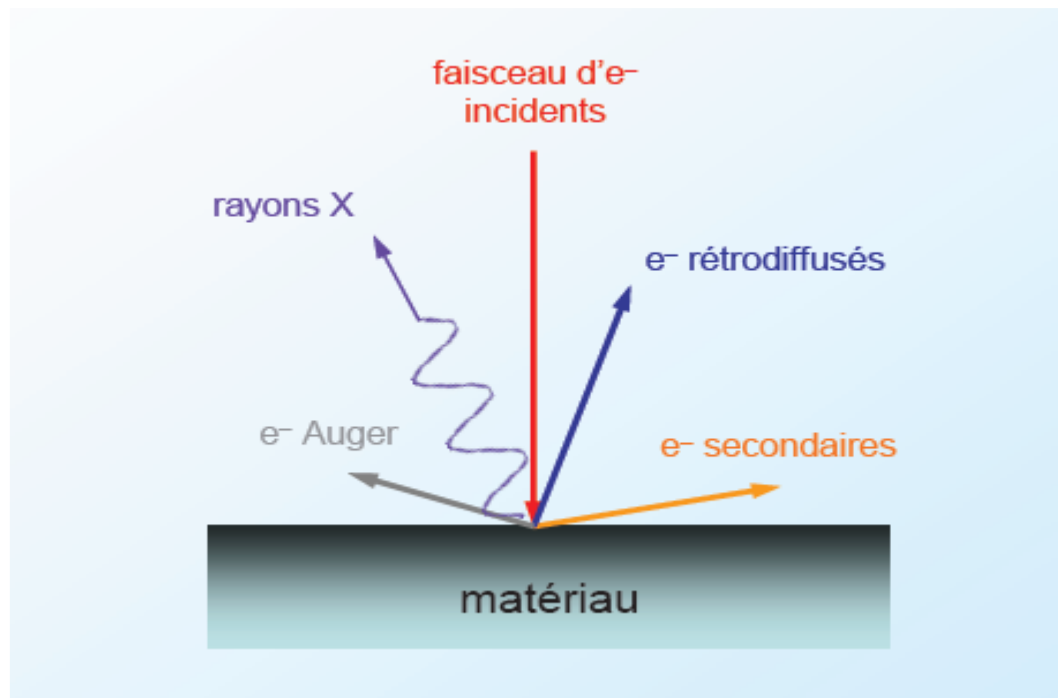


Figure (f): Principe de la DRX.

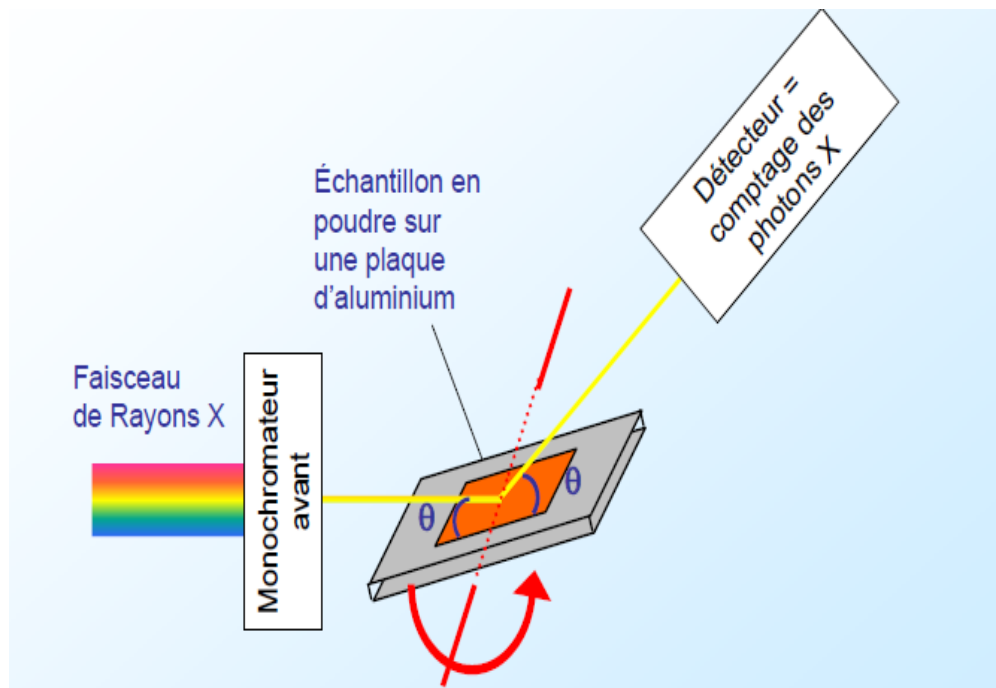


Figure (g) : Principe de fonctionnement du diffractomètre à rayons X

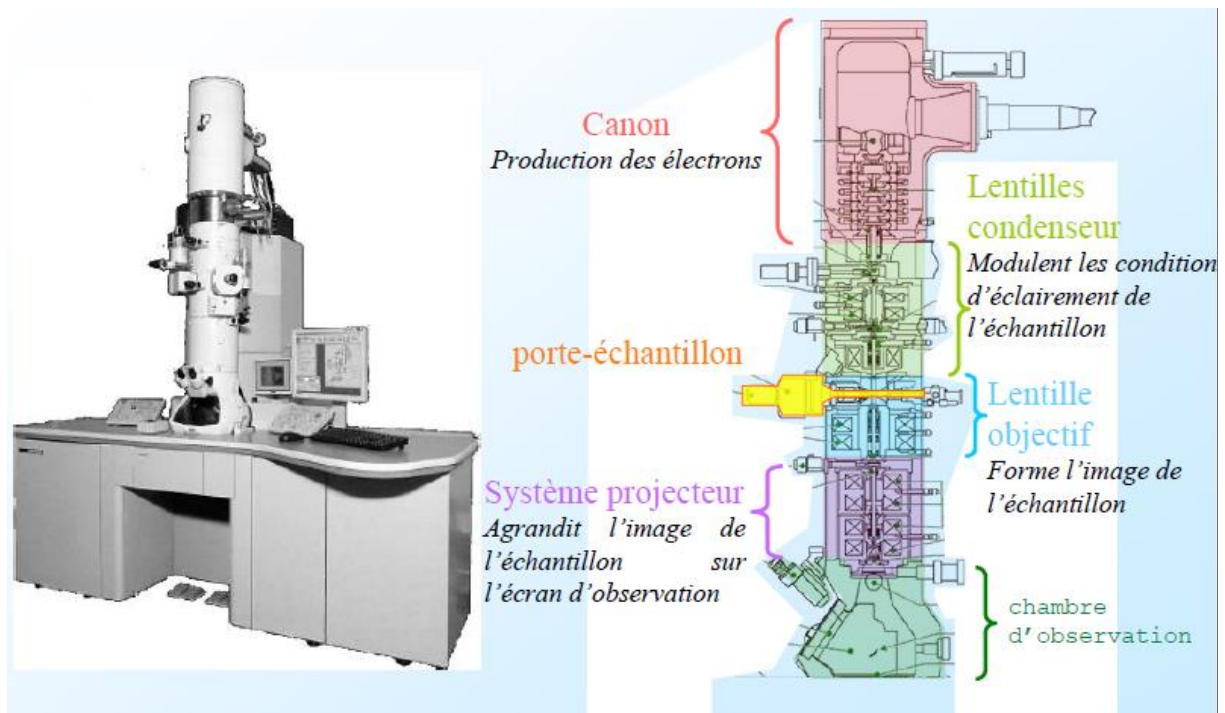


Figure (h): Exemple de microscope électronique en transmission

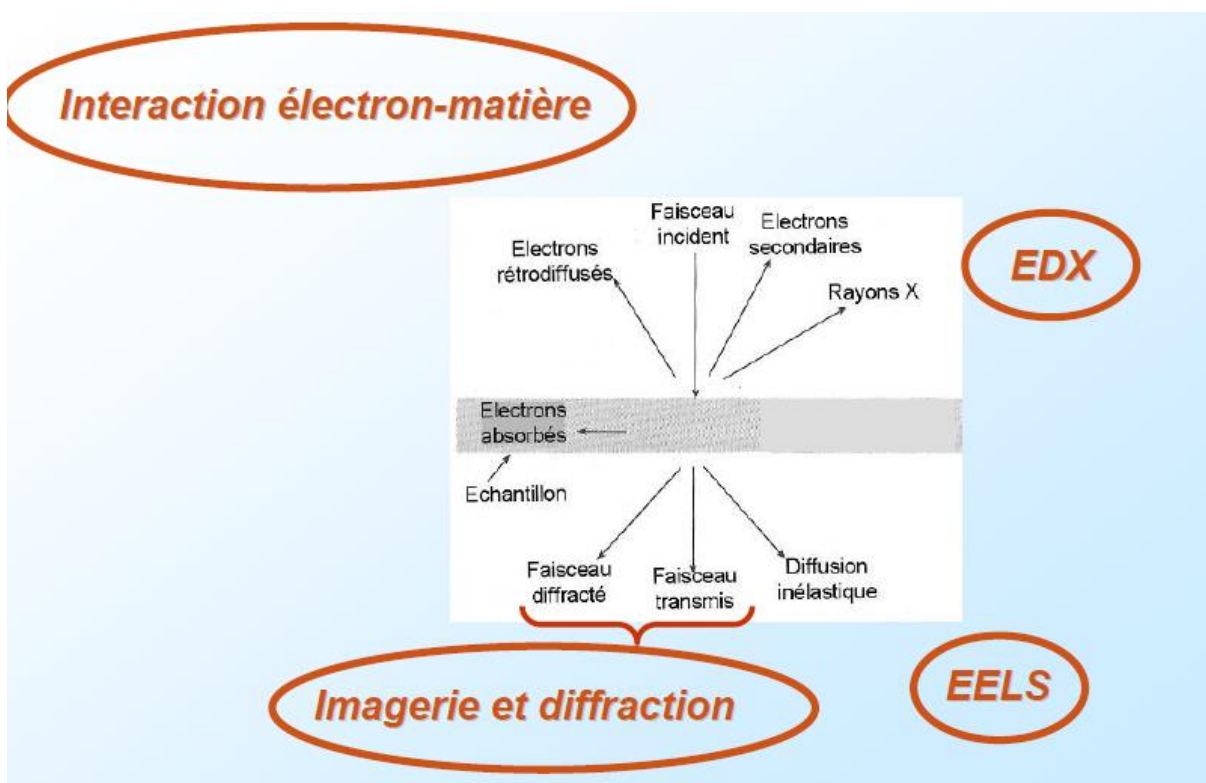


Figure (i): Principe d'analyse par la méthode de MET.

ANNEXE V : Différentes classes granulométriques

- Selon Bellair et Pomerol (1977)

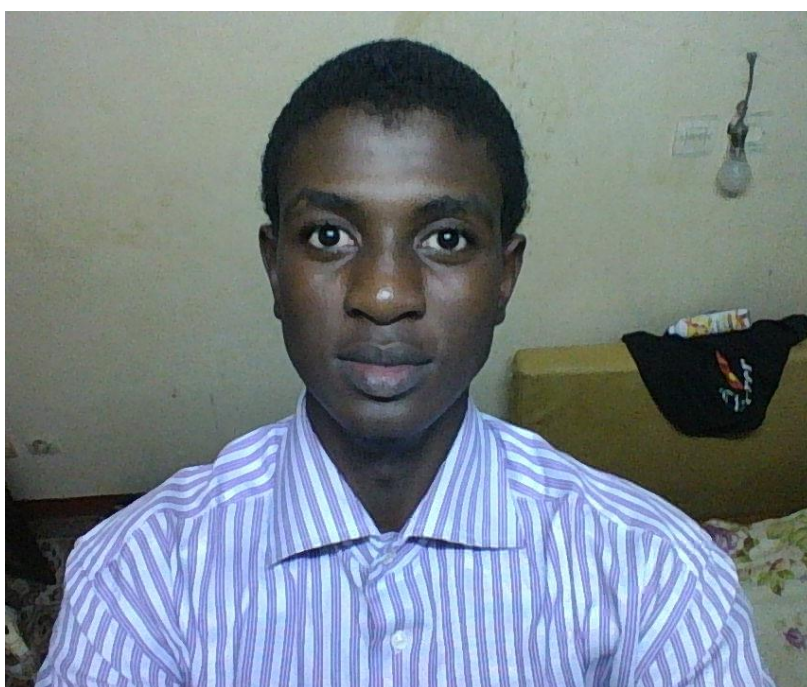
Classes	Rudites	Blocs (anguleux)	
		Galets (arrondies)	20 <i>mm</i>
		Graviers	2 <i>mm</i>
	Arénites	Sables	
		Sablons	0.063 ou 0.050 <i>mm</i>
	Lutites	Silts	
		Argiles	0.002 <i>mm</i>

- Définitions granulométriques pour les graviers, galets et blocs (non publié, modifié de Blair et McPherson, 1999)

Classe	Taille (<i>mm</i>)
Sable	<2
Gravier très fin	2–4
Gravier fin	4–8
Gravier moyen	8–16
Gravier grossier	16–32
Gravier très grossier	32–64
Petit galet	64–90
Galet moyen	90–128
Gros galet	128–180
Très gros galet	180–256
Petit bloc	256–512
Bloc moyen	512–1024
Gros bloc	1024–2048
Très gros bloc	2048–4096
Mégabloc	>4096

- Définition granulométrique selon Migniot (non publié)

Rudites	Blocs	$> 200\text{ mm}$
	Galets	20 à 200 mm
	Graviers	> 2 à 20 mm
Arénites	Sable très grossier	1 à 2 mm
	Sable grossier	0.5 à 1 mm
	Sable moyen	0.25 à 0.5 mm
	Sable fin	125 à 250 μm
	Sable très fin	63 à 125 μm
Lutites ou Pélites	Silt	4 à 63 μm
	Précolloïdes	0.12 à 4 μm
	Colloïdes	$< 0.12\text{ }\mu\text{m}$



Contacts :

Tel : 656212837/676673306

E-mail : hamanalioum97@gmail.com

Tel des parents: 699963066/699580254

Né le 26/09/1997 à Maroua, M. HAMAN ADAMA ALIOUM, matricule 14H27909 de nationalité Camerounaise, région d'origine Extrême-Nord, est titulaire d'un Diplôme (Bac D) obtenu à Yaoundé, en 2014. Il a obtenu le concours d'entrée en 1^{ère} année de l'Institut des Sciences Halieutiques de l'Université de Douala, Cameroun où Il a fait la filière Océanographie et Limnologie et a effectué son Stage d'Insertion Professionnelle à STUDI International direction du Littoral qui a pour domaine d'activité le contrôle et la supervision des travaux de dragage d'entretien du chenal d'accès du Port Autonome de Douala. Cette structure située à l'arrondissement de Douala 3^e répond aux contacts suivants : tel : 699039481 E-mail : kgeorgeluther@gmail.com De ce stage, il a décelé un problème de gestion de déchets issus du dragage qu'il a essayé de résoudre dans la partie initiation à la recherche sur le thème étude lithologique de la couche superficielle du chenal d'accès du Port Autonome de Douala .Les résultats obtenus lui ont permis de conclure que les sédiments issus de ces activités de dragage sont valorisables dans les domaines routiers et agricoles. Ce rapport a été rédigé et soutenu publiquement pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des travaux Halieutes en Océanographie.