



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

(UAC)

\*\*\*\*\*

INSTITUT DE GEOGRAPHIE, DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT

(IGATE)

\*\*\*\*\*

MASTER D'INTEGRATION REGIONALE ET DEVELOPPEMENT EN GESTION DES  
RISQUES ET CATASTROPHES  
(MIRD - GRC)

\*\*\*\*\*

Mémoire de fin de formation

# ROLE DE LA POLICE DANS LA GESTION DE LA POLLUTION MARINE PAR LES HYDROCARBURES DANS LES EAUX MARITIMES ADJACENTES A LA VILLE DE COTONOU

Présenté par

**Florent Tossa ACAKPO**

Sous la direction de :

**Pr Expédit Wilfrid VISSIN**

Professeur Titulaire des Universités de CAMES

et

**Dr Romaric OGOUWALE**

Maître-Assistant des Universités de CAMES

Soutenu publiquement le samedi 04/05/2019 devant un jury composé comme suit :

**Président** : Pr Expédit Wilfrid VISSIN Professeur Titulaire des Universités de CAMES /  
Enseignant Chercheur à l'UAC / BENIN

**Examineur** : Dr Sylvain VISSOH, Maître de Conférence des Universités de CAMES /  
Enseignant Chercheur à l'UAC / BENIN

**Rapporteur** : Dr Ibouraima YABI, Maître de Conférence des Universités de CAMES /  
Enseignant Chercheur à l'UAC / BENIN

MENTION : **TRES BIEN**

Année académique : 2018-2019

## Sommaire

DEDICACE.....	3
SIGLES ET ACRONYMES .....	4
REMERCIEMENTS .....	6
RESUME.....	7
ABSTRACT .....	7
INTRODUCTION.....	8
CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE ET APPROCHES METHODOLOGIQUES .....	10
1.1 CADRE THEORIQUE .....	10
1.2 CADRE GEOGRAPHIQUE .....	19
1.3 APPROCHE METHODOLOGIQUE .....	27
CHAPITRE II: GENERALITES SUR LES HYDROCARBURES, CAUSES DES POLLUTIONS MARINES PAR LES HYDROCARBURES ET RISQUES LIES A LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES AU BENIN.....	34
2.1 GENERALITES SUR LES HYDROCARBURES.....	34
2.2 CAUSES DES POLLUTIONS MARINES PAR LES HYDROCARBURES .....	42
2.3 GESTION DE LA POLLUTION MARINE A COTONOU .....	54
CHAPITRE III : GESTION DES LA POLLUTION MARINES PAR LES HYDROCARBURES ET STRATEGIE D’UNE PARTICIPATION EFFICACE DE LA POLICE BENINOISE.....	55
3.1 GESTION DE LA POLLUTION MARINE.....	55
3.2 PRESENTATION ET ORGANISATION DE LA POLICE DU BENIN .....	63
3.3 MISSION DE LA POLICE REPUBLICAINE DANS LA GESTION DE LA POLLUTION MARINE.....	65
3.4. SUGGESTIONS POUR UNE MEILLEURE PARTICIPATION DE LA POLICE A LA GESTION DE LA POLLUTION MARINE PAR LES HYDROCARBURES.....	67
DISCUSSION .....	70
CONCLUSION .....	71
BIBLIOGRAPHIE .....	73
LISTE DES FIGURES .....	75
LISTE DES TABLEAUX.....	76
LISTE DES PLANCHES .....	76
ANNEXES .....	77
QUESTIONNAIRE DESTINE AUX POPULATIONS CIBLES .....	77
TABLE DES MATIERES .....	79

## **Dédicace**

- ✓ à mon épouse Edwige Christine Houéfa ASSOGBA et à mes enfants ;
- ✓ à tous les acteurs de l'action de l'État en mer pour l'investissement qui se fait au quotidien afin de développer l'économie bleue.

## Sigles et acronymes

<b>ABE</b>	: Agence Béninoise pour l'Environnement
<b>AFNOR</b>	: Association Française des Normes
<b>ANPC</b>	: Agence National de Protection Civile
<b>BPLP :</b>	: Brigade de Protection du Littoral et de la Lutte anti-Pollution
<b>CENATEL</b>	: Centre National de Télédétection
<b>CCCRS</b>	: Commandement Central des Compagnie Républicaine de Sécurité
<b>CNUCED</b>	: Conférence des Nations-Unies pour le Commerce et le Développement
<b>DAFL</b>	: Direction des Affaires Financières et de la Logistique
<b>DEI</b>	: Direction de l'Emigration et de l'Immigration
<b>DERCT</b>	: Direction des Etudes, de la Règlementation et de la Coopération Technique
<b>DFS</b>	: Direction de la Formation et des Stages
<b>DGPR</b>	: Direction Générale de la Police Républicaine
<b>DGPR / A</b>	: Direction Générale de la Police Républicaine Adjoint
<b>DPJ</b>	: Direction de la Police Judiciaire
<b>DPS</b>	: Direction de la Planification et des Statistiques
<b>DSIC</b>	: Direction des Systèmes d'Information et des Communications
<b>DSP</b>	: Direction de la Sécurité Publique
<b>DSS</b>	: Direction des Services de Santé
<b>DRHC</b>	: Direction des Ressources Humaines et des Compétences
<b>DRT</b>	: Direction du Renseignement Territorial
<b>FAO</b>	: Fonds des Nations-Unies pour l'Agriculture
<b>GIEC</b>	: Groupe d'Experts Intergouvernemental pour l'évolution du Climat
<b>GIPR</b>	: Groupe d'Intervention de la Police Républicaine
<b>INSAE</b>	: Institut National de Statistiques Appliquées à l'Economie
<b>IGN</b>	: Institut Géographique National
<b>IRHOB</b>	: Institut de Recherches Halieutiques et Océanologiques du Bénin
<b>OMI</b>	: Organisation Maritime Internationale
<b>PNUD</b>	: Programme des Nations-Unies pour le Développement
<b>UNEP / MAP</b>	: Programme des Nations-Unies pour l'Environnement
<b>UNSDIR</b>	: Organisation des Nations-Unies pour la Réduction des

## Risques de Catastrophes

- USPFM** : Unité Spéciale de Police Fluviale et Maritime
- RGPH** : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
- UNICEF** : Organisation des Nations-Unies pour l'Enfance
- UNFPA** : Organisation des Nations-Unies pour la Population
- UNESCO** : Organisation des Nations-Unies pour l'Education, la Science et La Culture

## Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma reconnaissance :

- ✓ à mon Directeur de mémoire, Pr. Expédit W. VISSIN, Professeur Titulaire des Universités de CAMES, Responsable pédagogique des masters MIRD, qui a accepté diriger ce travail malgré ses multiples occupations ;
- ✓ à mon Co-directeur de mémoire, Dr Romaric OGOUWALE, Maître Assistant à l'Université d'Abomey-Calavi, dont le sens de l'organisation, la rigueur, les conseils et les mots d'encouragement ont été des plus bénéfiques à la réalisation de ce travail ;
- ✓ au Dr Henri S. TOTIN VODOUNON, Maître de Conférences à l'Université de Parakou, pour ses précieux conseils et son assistance;
- ✓ à tout le corps professoral du MIRD pour son professionnalisme, les sacrifices consentis et sa patience ;
- ✓ au Docteur Yaovi Emile ATIYE pour sa sollicitude, sa disponibilité et son soutien permanent ;
- ✓ à Monsieur Lafia SAKA, Ministre de l'Intérieur et de la Sécurité de la Publique pour avoir autorisé ma formation;
- ✓ à l'Inspecteur Général de Brigade Nazaire A HOUNNONKPE, Directeur Général de la Police républicaine pour le soutien;
- ✓ au Contrôleur Général de Police Mohamed SAKE, Directeur de la Sécurité Publique pour la direction de mon stage;
- ✓ aux personnels de DSP, de la BPLP et de l'USPFM pour leur disponibilité ;
- ✓ à mes frères et sœurs pour leur encouragement;
- ✓ Je suis particulièrement reconnaissante aux membres de jury pour leur clairvoyance, leur sagesse et l'intérêt qu'ils ont manifesté pour ce travail en acceptant de l'évaluer ;
- ✓ A tous, je témoigne mes sentiments de profonde gratitude et de respect.

## **Résumé**

Cette recherche s'inscrit dans la problématique du rôle des forces de sécurité publiques dans la protection de l'environnement en général et du milieu marin en particulier. Elle vise à montrer la part de responsabilité des forces de sécurité publiques aux côtés des autres de l'action de l'Etat en mer et de la société dans le cadre de la lutte contre la pollution.

L'échantillon de cette recherche est de 384 ménages et 10 personnes ressources déterminées par choix raisonné. Des questionnaires d'enquête, une grille d'observation et un guide d'entretien ont permis de faire la collecte des données. Le modèle SEPOCA a été utilisé pour analyser et interpréter les résultats.

La Police prend une part active dans la gestion de l'écosystème marin surtout en cas de pollution par les hydrocarbures de toute sorte.

L'efficacité des actions menées par la police républicaine lors de la gestion des pollutions est diversement appréciée et doit être améliorée. Pour ce faire et dans un contexte sous régional d'actions concertées de lutte contre toutes formes de criminalité en mer, le renforcement des capacités techniques et opérationnelles de la police républicaine s'avère indispensable.

**Mots clés :** Police, hydrocarbures, Modèle SEPOCA, milieu marin

## **Abstract**

This research is part of the problem of the role of public security forces in the protection of the environment in general and the marine environment in particular. It aims to show the share of responsibility of the public security forces alongside the others of the action of the state at sea and society in the fight against pollution.

The sample of this research is 384 households and 10 resource persons determined by reasoned choice. Survey questionnaires, an observation grid and an interview guide were used to collect the data. The SEPOCA model was used to analyze and interpret the results.

The Police take an active part in the management of the marine ecosystem especially in case of oil pollution of any kind.

The effectiveness of the actions carried out by the Republican police during the pollution is variously appreciated and must be improved. To do this and in a sub-regional context of concerted action to fight against all forms of crime at sea, the reinforcement of the operational capacities and the republican police is essential.

**Keywords:** Police, hydrocarbons, SEPOCA model, marine environment.

## **Introduction**

Le Bénin est un pays d'Afrique de l'Ouest qui s'ouvre sur l'Océan Atlantique par une côte basse, sablonneuse et rectiligne d'une longueur de 125 km.

A l'arrière-plan de cette côte qui abrite un certain nombre de ville dont Cotonou, s'étendent, par endroits : des lacs, lagunes, marécages et forêts de palétuviers. La ville de Cotonou dispose d'un déversoir dans le lac Nokoué à travers un chenal. Elle fait partie du littoral du Bénin.

Le littoral au sens large est l'entité géographique qui porte le poids économique et démographique le plus important. Le transport maritime et le tourisme balnéaire se placent au premier rang mondial des transports sur la planète, deux tiers des plus grandes villes et plus de la moitié de la population mondiale sont regroupés à moins de 200 m d'altitude et 200 km de la ligne de rivage (Certain, 2002)

D'un point de vue géologique, les littoraux peuvent être rocheux ou constitués de sédiments meubles : vases, sables et graviers. Le littoral sableux constitue un milieu très mobile. Les littoraux sableux représentent entre 11 %, soit 53000 km selon Inman et Nordstrom, 1971 cité par Certain (2002) et 34 %, soit 170000 km des côtes mondiales (Hardisty 1994 cité par Certain ,2002).

La ville de Cotonou abrite d'importantes infrastructures dont le port autonome de Cotonou qui accueille des navires de toutes sortes. D'où l'intérêt du trafic maritime et les risques associés au transport maritime. L'existence d'importants trafics pétroliers et les activités d'exploitation du pétrole dans les eaux maritimes béninoises ainsi que les activités portuaires à Cotonou avec pour corollaires : les abordages, les transbordements des cargaisons d'hydrocarbures transportées par des pétroliers, les échouements, les explosions de navires, les ruptures de coques de navires, l'installation des dépôts de produits pétroliers ainsi que les pipelines de raccordement représentent des risques de déversements d'hydrocarbures en mer.

Ces risques constituent des menaces pour la faune et la flore marines, les sites touristiques, la pêche, les installations côtières et les populations de la ville de Cotonou. Divers plans de gestion de ces risques existent et visent à anticiper leur survenance, à réduire voire éliminer les effets qu'ils entraîneraient au cas où ils se produiraient. Au nombre de ces mesures, il existe le plan de développement communal, le plan de contingence communal et le plan national d'intervention d'urgence en cas de pollution marine accidentelle par les hydrocarbures.

Ces différents plans se caractérisent par l'implication d'acteurs multiples civils, militaires et paramilitaires (la police)

Les missions dévolues à la police ont évolué avec le temps et ont conduit à la création d'unités spécialisées notamment la Brigade de Protection du littoral et de la Lutte Antipollution (BPLP) et l'Unité Spéciale de Police Fluviale et Maritime (USPFM) dont les missions concourent à la protection et à la préservation de l'environnement.

Le présent mémoire qui porte sur le **Rôle de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou (Bénin)** vise à évaluer la participation des forces de sécurité dans la gestion des crises maritimes en République du Bénin. Il est structuré en trois chapitres :

- ✓ le premier chapitre décrit les cadres théorique, géographique et à l'approche méthodologique ;
- ✓ le deuxième évalue les plans de gestion de la pollution marine par les hydrocarbures existants au Bénin ;
- ✓ le troisième propose des solutions pour une participation efficace de la police à la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou en République du Bénin.

# **CHAPITRE I :**

## **CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE ET APPROCHES METHODOLOGIQUES**

Ce chapitre est consacré à la présentation des cadres théorique, géographique et à l'approche méthodologique.

### **1.1 Cadre théorique**

Le cadre théorique comprend l'état des connaissances et la clarification des concepts. La problématique y fait également partie. Il regroupe, par ailleurs, la justification du sujet, les hypothèses de travail et les objectifs de recherche.

#### **1.1.1 Problématique**

Depuis des siècles, les mers et les océans ont toujours passionné l'homme. C'est dans la mer que la vie a trouvé sa source il y a très longtemps. Actuellement, les mers et les océans recouvrent plus des deux tiers de la surface du globe et constituent plus de 99 % des ressources mondiales en eau (Fiogbé, 2002). Ils fournissent des services fondamentaux à la vie sur terre : de l'oxygène et des protéines, essentielles pour de nombreuses populations côtière. Les eaux maritimes absorbent plus de 25 % du CO<sub>2</sub> et 93 % de l'excès de chaleur causé par l'emballage des activités humaines. Selon l'OMI, le transport maritime est d'une importance critique pour l'économie mondiale, plus de 90 % du commerce s'effectuant par mer ; en outre, il représente, de loin, le moyen le plus rentable d'expédier des quantités considérables de marchandises et de matières premières dans le monde entier.

Selon la Conférence des Nations-Unies sur le Commerce et le Développement, 50 000 navires ont navigué dans le monde entier en 2012, faisant du transport maritime le moyen de transport dans le commerce mondial le plus important, en termes de capacité. Plus de 8,72 milliards de tonnes empruntent ainsi la mer (en 2011), assurant 90 % du trafic mondial. En 2012, le transport maritime mondial représente un marché de 1 500 milliards d'euros. En 2015, il représente 80 % du

volume du commerce mondial. Malgré un ralentissement dû à la crise économique, ce marché devrait continuer de croître pour atteindre 2 000 milliards d'euros en 2020.

Entre 1995 et 2015, le nombre de navires de plus de 300 tonnes brutes est passé de 36 250 à 50 400 unités, soit une augmentation de 40%. La capacité d'emport (tpl) a progressé plus fortement et notamment dans la période récente, doublant entre 2004 et 2015. Néanmoins, par secteur, les choses sont variables, celle des pétroliers a évolué lentement, car la demande n'a pas explosé, mais s'est réorganisée.

Les navires inondent la mer de quelque 1,8 milliard de kilos de produits toxiques, soit plus de 57 kilogrammes de toxines par seconde. Les 97,5% restant proviennent d'un scandale silencieux : ce sont les déballastages illégaux et volontaires.

50 millions de kilogrammes d'hydrocarbures sont déversés dans les océans, ce qui représente 2,5% de la pollution marine, 200 000 tonnes d'hydrocarbures sont dispersés dans les airs et retombent dans l'océan avec la pluie chaque année, soit plus de 6,4 kilogrammes à chaque seconde, polluant toujours un peu plus les océans. 5 milliards de tonnes d'eau de ballast, soit 158 500 litres d'eau polluée sont déversés chaque seconde dans la mer (compteur) par des bateaux indéliés ou par les usines de dessalement. On estime à un milliard de kilogrammes par an, l'ensemble des dégazages dans toutes les mers et océans du monde, plus de trente fois la cargaison de l'Erika (30 000 tonnes de fioul lourd le 12 décembre 1999 au large de la Bretagne).

Selon l'Unesco, chaque année, entre 300 milliards à 500 milliards de kilos de métaux lourds, boues toxiques, solvants, et autres déchets dangereux sont déversés dans les mers par les industriels du monde entier. Cela représente en moyenne 12 700 kilos de polluants chaque seconde qui viennent infecter les eaux.

Environ 8 millions de débris sont jetés dans les mers et les océans chaque jour. Environ 5 millions (63%) des objets jetés sont des déchets solides, tombés ou jetés depuis les bateaux. (PNUE)

Dans le scénario A du GIEC (poursuite des activités), les émissions de gaz à effet de serre entraîneront une élévation globale moyenne du niveau des mers de 6 cm environ par décennie au cours du siècle à venir (avec une marge d'incertitude de 3 à 10 cm par décennie), due principalement à la dilatation thermique des océans et à la fonte d'une partie des glaces terrestres. L'élévation prévue du niveau global moyen des mers est de 20 cm environ pour l'an 2030, et de 65 cm pour la fin du siècle à venir. Les variations régionales seront considérables.

L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions du monde les plus vulnérables aux variabilités et aux extrêmes climatiques. En effet, l'espace climatique tropical connaît depuis quelques décennies une augmentation de l'occurrence des phénomènes extrêmes (Koumassi, 2014).

Les nombreuses recherches réalisées jusqu'à ce jour ne permettent pas de répondre à toutes les interrogations relatives au « Rôle de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou (Bénin) ». Quelques questions suscitées par la présente recherche sont :

- quel est le degré d'efficacité du système de gestion de la pollution marine par les hydrocarbures en République du Bénin
- quels sont les atouts dont dispose la police dans le cadre de la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures
- quelles sont les actions à mener en vue de rendre plus efficace la participation de la police dans la gestion de la pollution marine

### **1.1.2 Hypothèses et objectifs de recherche**

Les hypothèses suivantes sont formulées dans le cadre de cette recherche sur le rôle de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou en République du Bénin :

- ✓ le système de gestion de la pollution marine par les hydrocarbures en République du Bénin présente des forces et des faiblesses ;
- ✓ des potentialités intellectuelles, techniques et matérielles de la police peuvent aider à combler les lacunes du système de gestion de la pollution marines par les hydrocarbures ;
- ✓ des améliorations à la participation de la police sont possibles pour rendre le système de gestion de la pollution marine par les hydrocarbures plus efficace.

### **1.1.3 Objectifs de recherche**

L'objectif global est d'évaluer la participation des forces de sécurité dans la gestion des crises maritimes. Pour y parvenir trois objectifs spécifiques sont formulés :

1. Évaluer le système de gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou ;
2. Analyser les potentialités intellectuelles, techniques et matérielles de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures à Cotonou ;
3. Proposer une stratégie pour une participation plus efficace de la police dans la gestion de pollution marine à Cotonou.

### **1.1.4 Etat des connaissances**

Plusieurs travaux scientifiques ont porté sur la pollution marines par les hydrocarbures dans le monde, en Afrique et au Benin.

Le trafic maritime est l'une des principales causes de pollutions pétrolières des mers. Un tiers des déversements d'hydrocarbures dans les océans et les mers proviennent du transport maritime. Le transport maritime représente aujourd'hui 90% des échanges mondiaux. En France, par exemple, 72% des importations et des exportations s'effectuent par voie maritime (Albakjaji, 2010)

Le transport maritime représente certes une source de pollution moindre. Mais la nature des produits concernés, la pollution chronique par les hydrocarbures et la menace réelle d'un accident pétrolier majeur dans une mer semi-fermée font qu'il constitue un facteur de risque non négligeable. Les rejets des bateaux en mer peuvent être volontaires ou accidentels du fait de collisions, d'avaries, d'échouages, de chute de conteneurs ou de pertes de filets, de cordes et de lignes. Les rejets volontaires sont dus au fonctionnement des navires. Ils peuvent être licites ou non et concernent tous types de produits dont surtout des hydrocarbures (CGDD-SOeS, 2011).

D'après le PNUE (2011) plus de 80 % de la pollution des mers proviennent de la terre via les fleuves ou par ruissellement et déversement à partir des zones côtières. Près de 20 % des pollutions marines ont pour origine les activités en mer dont les rejets d'hydrocarbures ou d'autres substances chimiques, les pertes de cargaison ou les immersions de déchets et les rejets atmosphériques. Les hydrocarbures représentent la plus importante source de pollution des eaux océaniques. Cette pollution peut être accidentelle ou volontaire (Galaf et Ghannam, 2003). Les hydrocarbures d'origine pyrolytique peuvent parvenir en milieu marin soit par dépôt direct sec ou humide rabattues par les eaux de pluie, soit indirectement suite au déversement des déchets de lessivage des sols et des zones urbaines dans la mer (Bousquet, 2003).

D'après les estimations Pizon (2005), 77% environ de la charge de pollution atteignant les océans sont liés à des sources terrestres, 44% provenant des eaux de ruissellement et des décharges directes terrestres et 33% provenant de l'atmosphère. D'après certaines études, environ 0,1% du pétrole brut transporté

est délibérément déversé dans la mer chaque année à la suite d'opérations de nettoyage des citernes (UNEP/MAP, 2006). Tous les autres types de navires sont également des sources potentielles de rejet de déchets pétroliers.

La libération des hydrocarbures en milieu marin a des conséquences graves aussi bien sur le plan économique que sur le plan écologique. Les hydrocarbures déversés en mer, peuvent influencer l'équilibre écologique et parfois entraîner la destruction de l'écosystème (Bouchez et *al*, 1996). Ils présentent des risques toxicologiques, mutagènes voire même cancérigènes pour de nombreux organismes dont l'Homme (Spencer et *al*, 2002)

Le pétrole déversé en mer constitue une pollution importante et préoccupante à l'échelle globale. Sachant que le cinquième de la production provient des gisements offshore (en mer), des accidents surviennent pendant l'extraction et le transport des hydrocarbures. On estime à 6 millions de tonnes par an la quantité d'hydrocarbures introduite dans les océans par l'activité humaine, ce qui constitue par conséquent une cause fondamentale de la pollution des océans. Baillache et *al*. (1974) écrivent que la pollution marine par les hydrocarbures est de deux types. La première, connue sous le terme de déballastage, est produite essentiellement par les pétroliers. Elle est composée d'eau de mer mélangée à du pétrole, et provient des cuves de transport. Les autres rejets d'hydrocarbures en mer, appelés communément dégazage, correspondent aux rejets d'huiles de vidange et de résidus de fioul générés par les moteurs de l'ensemble des navires. Selon Beurier et *al*, (1997) une autre pollution, produite par l'ensemble des navires civils, est beaucoup plus inquiétante parce qu'elle augmente d'année en année parallèlement à la croissance du trafic maritime (2,3% / an) : ce sont les rejets illégaux de résidus pétroliers de type SLUDGES, produites par le mécanisme de propulsion des navires. Outre ces résidus de fioul, un navire consomme une importante quantité d'huiles de graissage, qui fuient des machineries et s'accumulent dans les fonds de cales des navires (ITOPF, 2005).

Les conséquences de ces déversements chroniques sont évidentes pour l'avifaune marine (mazoutage des oiseaux de mer, des crustacés, des mollusques et autres organismes – Commission OSPAR, 2000 ; Camphuysen et Heubeck, 2001) tout comme les difficultés induites par le nettoyage et la gestion des hydrocarbures échoués à la côte qui sont sources de coûts supplémentaires pour les communes littorales (Poupon, 2004).

Dans le Golfe de Guinée, les statistiques de la pollution ne semblent pas toujours médiatisées. Est-ce à dire que cette région n'en est pas victime ? Au Cameroun, par exemple, la raffinerie à Limbé, le terminal du pipeline Tchad-Cameroun à Kribi et les exploitations offshore de la Guinée Équatoriale au large du Golfe de Guinée entraînent un trafic maritime de transport d'hydrocarbures intense, et multiplient les risques de pollutions des côtes.

### **Clarification des concepts**

En vue de mieux maîtriser le sujet, certains termes, mots doivent et expressions doivent être clarifiés.

**Armée** : On entend par forces armées les forces de police d'un État, composées d'hommes et de femmes qui ont la formation et l'autorisation pour manipuler des armes en conformité avec la loi.

**La pollution** est une dégradation de l'environnement par l'introduction dans l'air, l'eau ou le sol de matières n'étant pas présentes naturellement dans le milieu. Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement.

Le *Dictionnaire de l'environnement*. Les termes normalisés de l'AFNOR définit le polluant comme un altéragène biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développe des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général.

C'est l'introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier : Directive Européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000.

**Un hydrocarbure** (HC) est un composé organique constitué exclusivement d'atomes de carbone (**C**) et d'hydrogène (**H**). Leur formule brute est donc de la forme :  $C_nH_m$ , sachant que n et m sont deux entiers naturels. Sous forme de carbone fossile, il constitue une ressource énergétique essentielle pour l'économie depuis la révolution industrielle, mais sont aussi une source de gaz à effet de serre issus de son utilisation massive.

Il s'agit de ressources non renouvelables (à l'échelle chronologique humaine) dont les gisements commencent localement à s'épuiser ou à être très coûteux et difficiles à exploiter (gisements marins ou très profonds, et souvent de moindre qualité), qu'il s'agisse du charbon, du pétrole ou du gaz naturel.

Le terme “ **police** ” désigne l'ensemble des mesures ayant pour but de garantir l'ordre public : Les pouvoirs de police dans la société. Il est également compris comme l'administration, agents chargés de veiller à l'observation de ces mesures ; ensemble des forces du maintien de l'ordre ; locaux où se trouve cette administration.

**Catastrophe** : Selon UNISDR (2009), une catastrophe est une rupture grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société. Cette rupture implique d'importants impacts et pertes humaines, matérielles, économiques ou environnementales que la communauté ou la société affectée ne peut surmonter avec ses seules ressources.

Dans le cadre de cette étude, il s'agit de la pollution par les hydrocarbures.

**Système de gestion des catastrophes** : Selon la Fédération Internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (2016), c'est le mécanisme d'organisation de la gestion des ressources et des responsabilités pour traiter tous les aspects humanitaires des situations d'urgence, en particulier la préparation, la réponse et le rétablissement, afin de réduire l'impact des catastrophes.

Dans le cadre de cette étude, le système de gestion des catastrophes désigne tout le dispositif juridique et institutionnel, ainsi que les mécanismes et outils mis en place au niveau de la ville de Cotonou et dans le secteur des hydrocarbures. Ce dispositif est destiné à traiter tous les aspects humanitaires des situations d'urgence, en particulier la préparation, la réponse et le rétablissement, afin de réduire l'impact des catastrophes.

**Vulnérabilité** : Pour le GIEC (1994), c'est la magnitude ou le degré auquel un système naturel ou humain est susceptible d'être détérioré ou de subir des dommages sévères en raison des changements climatiques. Elle est la résultante des trois facteurs que sont : i) le niveau d'exposition au risque ; ii) le niveau de sensibilité au risque et iii) la capacité d'adaptation. On pourrait dire que c'est le degré d'incapacité d'un système social à faire face aux effets défavorables des changements climatiques notamment, les incidences économiques et les phénomènes extrêmes (Ogouwalé, 2001) ; cette capacité est par ailleurs dépendante de la structuration interne du système et de sa complexité ; les systèmes complexes étant plus résistants (moins sensibles) ou résilients que les systèmes non complexes (Issa, 2012). Dans la présente étude, l'analyse se porte sur la vulnérabilité des populations, qui est le degré d'exposition de la communauté à des risques majeurs physiques ou naturels.

**Risque** : Selon PNUD (2010), le risque est défini comme étant la probabilité de l'apparition d'événements nuisibles (morts, blessés, biens, moyens de subsistance, rupture de l'activité économique, dommages causés à l'environnement) suite à des interactions entre des aléas naturels ou anthropiques et des conditions de vulnérabilité.

L'évaluation des risques est un processus visant à déterminer la nature et l'ampleur de ce risque par l'analyse des aléas et des conditions de vulnérabilité existantes qui pourraient se conjuguer pour menacer les individus, les biens, les services, les moyens de subsistance exposés et l'environnement dont ils sont tributaires (FAO, 2010). Une évaluation complète des risques ne se contente pas de déterminer l'ampleur et la probabilité des pertes potentielles, mais permet en outre de comprendre pleinement les causes et l'impact de ces pertes. Par conséquent, l'évaluation des risques fait partie intégrante de la prise de décisions et de l'élaboration de politiques, et nécessite une collaboration étroite entre divers plans de la société.

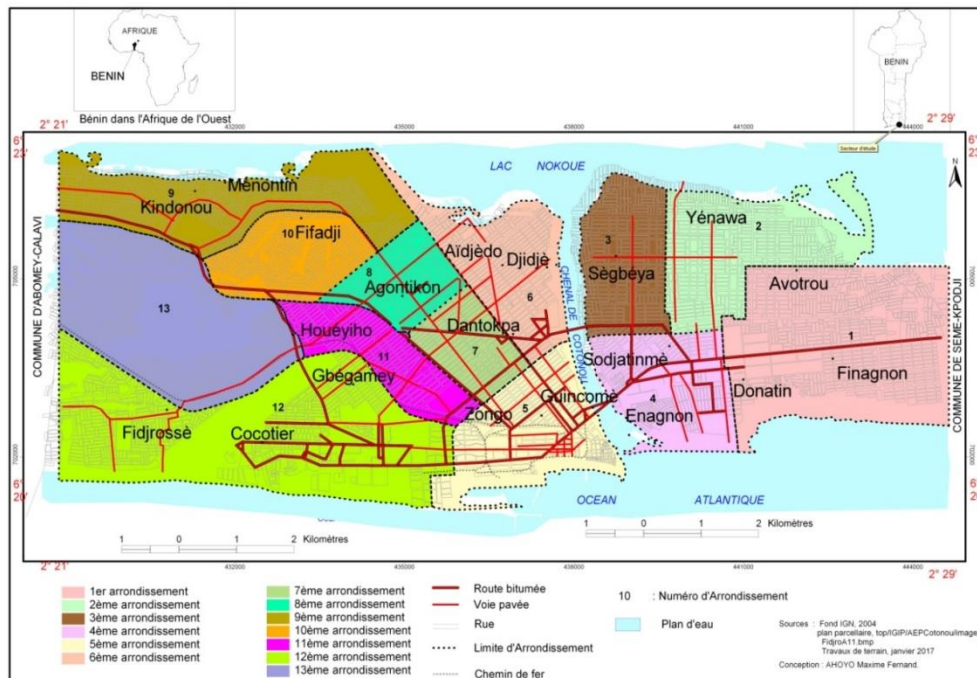
Pour la présente étude, le terme risque prend en considération, outre la probabilité d'exposition, les facteurs socioéconomiques et socio-politiques pouvant affecter la capacité communautaire.

## **1.2 Cadre géographique**

### **1.2.1 Présentation de la zone d'étude**

La ville de Cotonou est située au sud du Bénin entre 6°20' et 6°23' de latitude Nord et 2°22' et 2°30' de longitude Est (Boukari *et al.*, 1995, cités par Odoulami, 2009). Elle est limitée au Nord par le lac Nokoué (commune de Sô-Ava), au Sud par l'océan Atlantique, à l'Est par la commune de Sèmè-Kpodji (département de l'Ouémé) et à l'Ouest par la commune d'Abomey-Calavi (département de l'Atlantique).

La ville de Cotonou s'étale sur une superficie de 79 km<sup>2</sup> dont 35 % de zones marécageuses et 65 % de zones urbanisées de part et d'autre du chenal (Mairie de Cotonou/DST, 2005). Elle a été confrontée, dès son origine, aux problèmes d'inondations (Ogouwalé, 2012). C'est l'un des motifs de la réalisation, en 1885,



**Figure 1** : Situation géographique et administrative de la zone d'étude

*Source* : Fond IGN, 2004

du canal sur la lagune de Kouto par les français, d'où l'appellation "Koutonu" en langue locale fon (Ledur, 2010) ou "Cotonou" en français. La ville est séparée en deux par ce canal ("lagune de Cotonou") communique entre le lac Nokoué et l'océan Atlantique (figure 1).

La figure 1 indique que la ville de Cotonou est coincée entre le lac Nokoué au Nord et l'océan Atlantique au sud. En conséquence, son éventuelle extension ne pourra se faire que vers l'Ouest ou vers l'Est.

Selon une étude menée par l'INSAE (2016) en collaboration avec la Banque Mondiale, l'Unicef, l'UNFPA et la Direction du Développement et de la Coopération Suisse, la commune de Cotonou est subdivisée en 13 arrondissements et 143 quartiers de ville. Elle est la capitale économique du

Bénin et concentre à elle seule presque toutes les fonctions administratives et politiques du pays (Palais de la Présidence, port, aéroport, santé, finances, Défense, université, commerce, etc.). Le littoral est bordé sur toute sa longueur par une barre dont les rouleaux se brisent avec violence sur la plage. L'isobathe des 20 mètres suit approximativement la courbure du virage à moins de cinq (5) milles nautiques. Le bord du plateau continental est situé en moyenne à 200 milles nautiques de la côte.

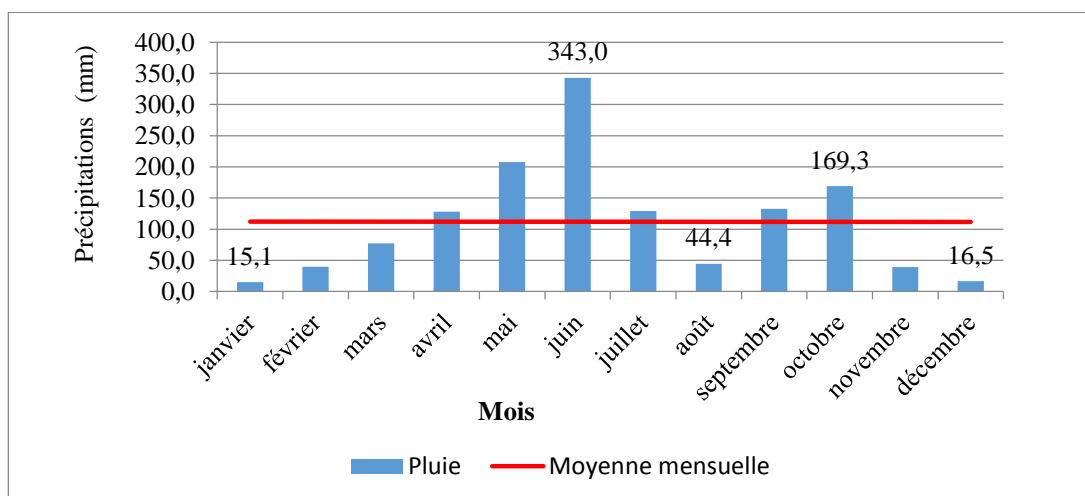
La ville de Cotonou, dont le relief est relativement plat et peu prononcé, avec des altitudes oscillant entre 0,3 et 6 m (DST Cotonou, 2009) n'est pas épargnée de cette situation.

### 1.2.2 Contexte climatique et hydrologique

Le climat de la ville de Cotonou est marqué par quatre saisons (DNM, 2005, citée par Odoulami, 2009) :

- ✓ une grande saison sèche de novembre à mars ;
- ✓ une grande saison des pluies de mars à juillet ;
- ✓ une petite saison sèche de juillet à septembre ;
- ✓ une petite saison des pluies de septembre à novembre.

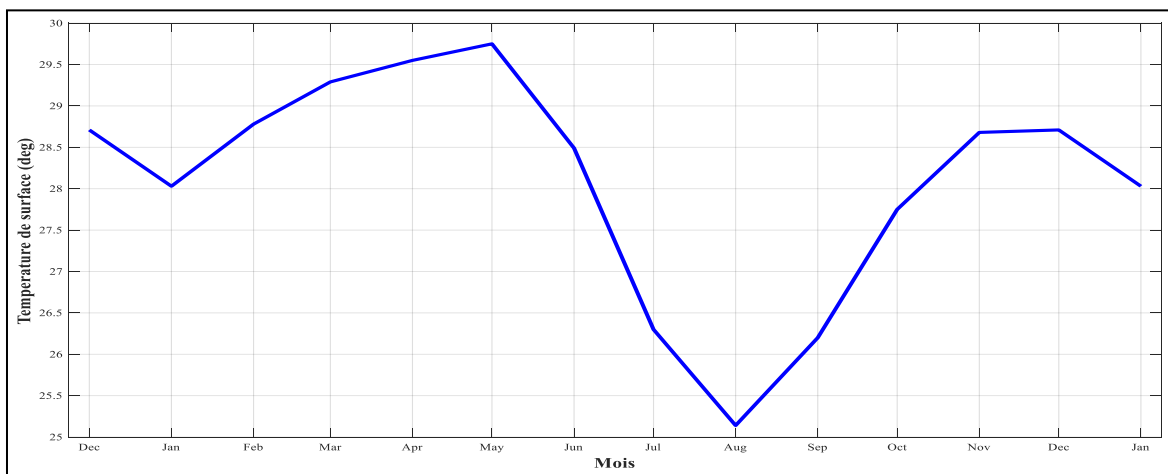
La figure 2 présente le régime pluviométrique bimodal moyen (1986-2016) dans la commune de Cotonou.



**Figure 2 :** Régime pluviométrique moyen (1986-2016) de Cotonou

*Source: Météo-Bénin, octobre 2017*

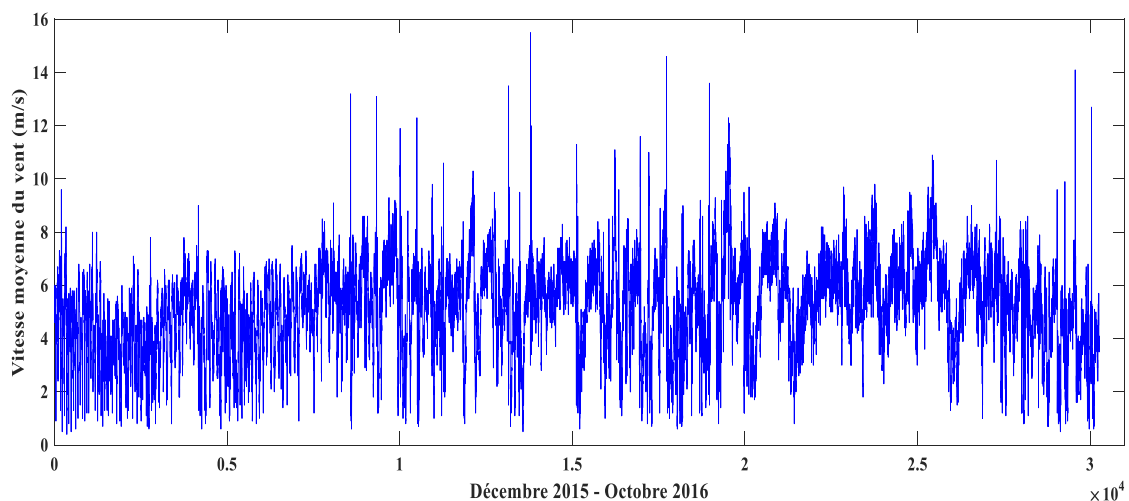
La figure 2 montre que les deux optima d'inégales importances concentrent 40 à 65 % à la grande saison des pluies et 18 à 30 % à la petite saison des pluies (Houndakinnou, 2005 ; Kouton 2010 et Akindélé, 2012). L'augmentation du niveau d'eau due aux précipitations entraîne une élévation du niveau de la mer qui engendre l'élargissement de l'étalement de la pollution au niveau du littoral. En ce qui concerne le climat, la variation est mensuelle. Les plus fortes températures sont enregistrées en mai (entre 29.5 et 30° C) et les plus basses en aout (entre 25 et 25.5° C)



**Figure 3 :** Variation saisonnière de la température de surface de la mer (2006 à 2016)

Source : IRHOB

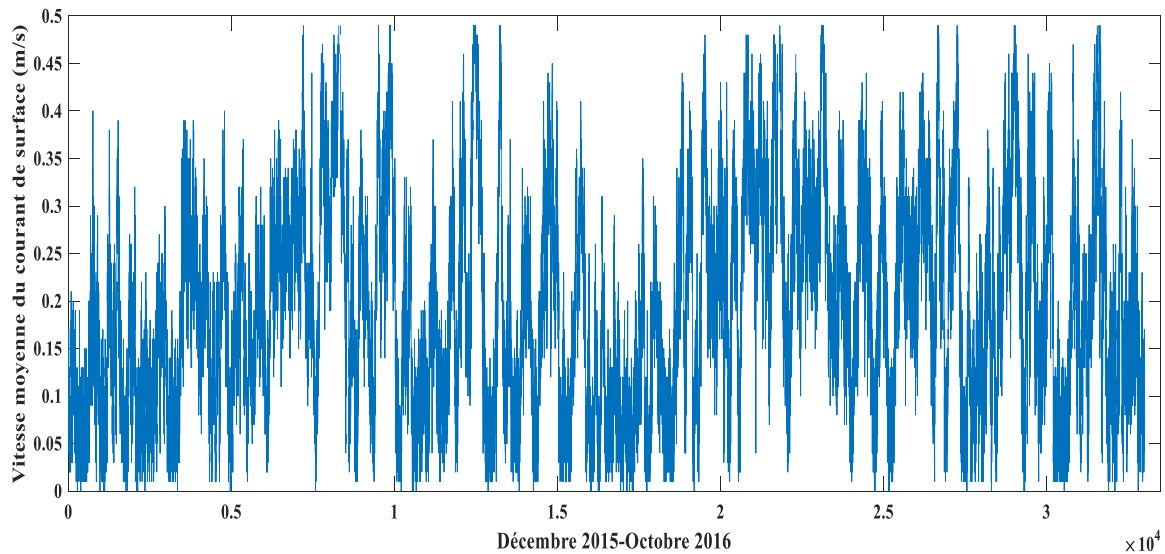
Quant au vent, leur direction et leur vitesse influence la propagation et l'étalement des nappes d'hydrocarbures. Elles varient suivant les différents mois de l'année.



**Figure 4 :** Vitesse moyenne du vent (m/s) Décembre 2015 à Octobre 2016

Source : IRHOB

Les eaux marines sont soumises à l'influence du climat. Ainsi la vitesse et la direction des courants déterminent le sens des nappes d'hydrocarbures. La vitesse moyenne du courant de surface montre une variation tout au long de l'année.



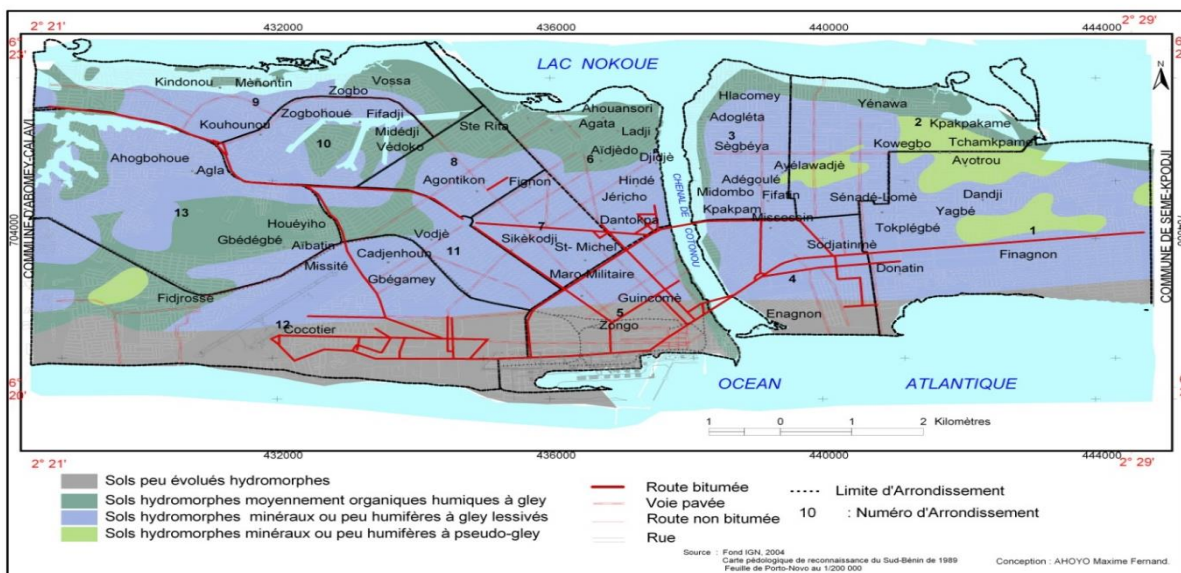
**Figure 5 :** Vitesse moyenne (m/s) du courant de surface mesuré à 1,5 m Décembre 2015 à Octobre 2016

**Source :** IRHOB

La combinaison des facteurs du climat tels que la température, le vent et le courant ont une influence sur les approches de gestion de la pollution marine par les hydrocarbures. Le transport des nappes et sa dérive sont influencés par le courant (100%) et le vent (3%).

### 1.2.3 Caractéristiques pédologiques

La ville de Cotonou est située en bordure du golfe de Guinée sur des cordons littoraux sablonneux (Okou, 1989) comme le montre la figure 3.



**Figure 6** : formations pédologiques de la ville de Cotonou

*Source : Fond IGN, 2004*

Selon Azontondé (1991), il existe trois types de sols dans la ville de Cotonou :

- ✓
- ✓ les sols minéraux bruts et peu évolués sur le cordon sableux du littoral ;
- ✓ les sols hydromorphes moyennement organiques, humiques à gley, pas ou peu salés. Ces sols sont développés dans les endroits marécageux ;
- ✓ les sols hydromorphes, minéraux ou peu humifères, à gley, lessivés à tendance podzolique sur sable quaternaire. Ces sols ont été décolorés (sables blancs) sous l'action d'une nappe très fluctuante à 1 ou 3 m de profondeur, oscillant jusqu'en surface.

Ces différents types de sol ont une faible capacité de rétention d'eau (12 à 14%) avec une réserve hydrique d'environ 40 mm à 30 cm et 70 mm à 60 cm de profondeur (Azontondé, op. cit.). La qualité des sols explique la capacité d'absorption des composantes des hydrocarbures source de pollution de la nappe phréatique en cas de pollution ainsi que les techniques adaptées à la gestion.

#### **1.2.4 Caractéristiques morphologiques de la ville de Cotonou**

Le site de la ville de Cotonou est situé dans le domaine margino littoral du bassin sédimentaire côtier du Bénin et présente une morphologie qui repose

essentiellement sur une grande composante de plaine côtière (Adam et Boko, 1993). Son substratum géologique est large de 5 km environ avec une altitude maximale qui ne dépasse pas 7 m. Il est constitué d'une alternance de cordons dunaires exondés séparés par des dépressions marécageuses (Oyéde, 1991 cité par Lokossou, 2012). C'est une bande de terre allongée Est-Ouest et parallèle à la côte. Selon ces mêmes auteurs, cette bande de terre est formée de trois générations de cordons de sable : le cordon de sables jaunes (cordon ancien) de l'ogolien au contact du plateau de terre de barre adjacent. Il s'étire depuis la limite sud du plateau d'Allada jusqu'à la lagune de Djonou à Godomey. D'une altitude variant entre 4 et 5 m, il forme la plaine deltaïque composée de dépôts de sables jaunes du Quaternaire et des marécages en voie de comblement. Ce type de sable affleure à l'Ouest du chenal de Cotonou dans les environs de Vêdoko et Kouhounou; le cordon de sables gris, d'altitude variant entre 2 et 4 m, est situé entre les cordons de sable jaune au nord (ancien) et ceux subactuels (récent) ; le cordon de sables bruns ou cordon subactuel ou encore cordon récent, plus proche de la ligne de rivage ; il est assez étroit et présente localement des rides (ondulations de surface) ainsi que des buttes qui s'emboîtent les unes dans les autres. Ce cordon est formé de bancs de sables d'âge holocène déposés par le biais de la dérive littorale. Il affleure dans toute la partie sud de la ville.

Ces deux derniers cordons de sables (bruns et gris) sont issus des dernières oscillations marines de la période post-holocène.

La figure 7 donne un aperçu des unités morphologiques dans la ville de Cotonou.



**Figure 7 :** Morphologie de la ville de Cotonou

*Source : Fond IGN, 2004*

A partir de la figure 7, on distingue trois unités géomorphologiques majeures à Cotonou :

- ✓ les bas-fonds argilo-sableux très proches des zones inondables occupant la majeure partie du territoire de la ville ;
- ✓ les cordons littoraux de sable (ancien et actuel) dont le positionnement des premiers correspond à l'emplacement du site de l'ancienne ville ;
- ✓ les berges lacustres, lagunaires et autres marécages.

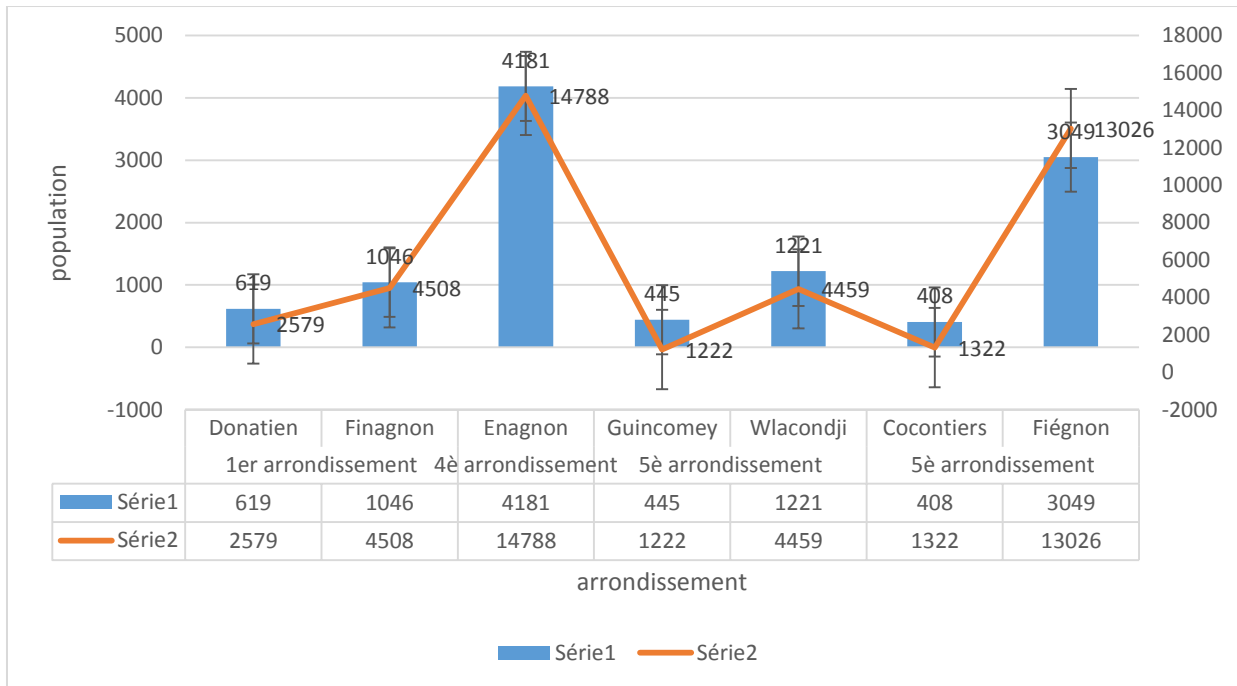
L'approche de gestion des cas de pollution marine par les hydrocarbures est fonction de la morphologie du sol.

### **Données démographiques**

La population de Cotonou dénombrée selon les résultats des recensements de 1979, et 1992, 2002 et 2013 était respectivement de 320 332 habitants, 536 827 habitants, 665100 habitants et 679012 soit un taux d'accroissement intercensitaire de 0,18% (INSAE, 2013).

## Répartition spatiale de la population

La population de Cotonou, au Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4) de 2013, est inégalement répartie dans les arrondissements, comme l'indique la figure 7.



**Figure 8** : Répartition spatiale de la population des arrondissements de Cotonou, 2013

*Source : INSAE, 2013*

La figure 6 renseigne que 6,17 % de la population de Cotonou (41904 habitants sur 679 012 habitants en 2013) vit dans les arrondissements vivant dans l'espace côtiers et sont exposées aux aléas de la pollution marine et des installations d'installation d'hydrocarbure.

### 1.3 Approche méthodologique

L'approche méthodologique de cette étude est basée sur une collecte quantitative et qualitative des données à partir de diverses variables.

La collecte des données sur le terrain s'est faite à partir des observations, des interviews et des enquêtes de terrain.

Pour les besoins de la recherche, tous les quartiers de la bande de la ville ont été retenus.

Le traitement des données et informations, l'analyse et l'interprétation des résultats complètent la démarche.

### **1.3.1 Présentation des données utilisées**

Dans le cadre de cette étude, plusieurs types de données ont été utilisés. Il s'agit de :

- données démographiques provenant de l'INSAE (RGPH4): elles ont permis d'apprécier la répartition spatiale des populations cibles ;
- données socio-anthropologiques reçues sur le terrain ;
- données hydro climatiques ;
- données planimétriques.

### **1.3.2 Méthodes de collecte de données**

Une méthodologie caractéristique de cette recherche a été adoptée. Il s'agit d'une étude mixte de nature qualitative et quantitative. Cette méthodologie comprend la recherche documentaire et les travaux de terrains.

#### **1.3.2.1 Recherche documentaire**

Elle a consisté à faire la revue de littérature sur la problématique relative au sujet. Dans ce cadre, plusieurs centres de documentation des structures et institutions tels que : les bibliothèques de la FASHS, de l'ABE, les centres de documentation de l'INSAE, de l'IGN, de l'IRHOB, de l'ANPC, du PAC, du CENATEL ont été visités en vue de consulter des mémoires et thèses; des Catalogues, des livres, des documents de stratégies, des cartes et rapports pour y recueillir des informations.

#### **1.3.2.2 Travaux de terrain**

Les travaux de terrain (enquête socio-anthropologiques et observations directes) ont été menés à l'aide de grilles d'observations, de questionnaires et de guides d'entretien. Ces travaux ont été effectués sur une période de trois mois dans des quartiers de Cotonou situés sur le littoral.

En dehors des ménages, des personnes ressources ont été identifiées dans le cadre de cette enquête. Comme personnes ressources il y a les élus locaux, les fonctionnaires du PAC, de la Direction de la Marine Marchande, de la Direction des Hydrocarbures, du Ministère du Cadre de Vie et de la préfecture maritime.

Les travaux de terrain se sont déroulés en deux étapes à savoir la pré-enquête et l'enquête proprement dite. Pour la pré-enquête, il a été question de soumettre quelques individus du secteur d'étude au questionnaire afin d'identifier les éventuelles incohérences de celui-ci. Au cours des enquêtes des informations ont été collectées auprès des populations (notamment les chefs de ménage et des personnes ressources).

L'unité de sondage est le ménage représenté par le chef ménage assisté de sa femme ou d'une personne responsable.

La taille de l'échantillon est déterminée par la formule de Schwartz (1995).

$X = Z_{\alpha}^2 \times p \times q / e^2$  ; avec :

X = la taille de l'échantillon ;  $Z_{\alpha} = 1,96$  Écart réduit correspondant à un risque  $\alpha$  de 5 % ;

$$Q = 1 - P, n = t^2 pq / e^2$$

- t = statistique de Student
- p = proportion d'une caractéristique sur la variable. Lorsqu'elle n'est pas connue, on prend souvent 0,5.
- e = risque d'erreur.
- t = 1,96 ; p = 0,5 ; q = 0,5 ; e = 0,05;

**Tableau I : Répartition des enquêtés par quartier**

ARRONDISSEMENTS	QUARTIERS	Effectif/ ménages	Proportion	Taille échantillon	Population
1er arrondissement	Donatien	619	5,64%	22	2579
	Finagnon	1046	9,54%	37	4508
4è arrondissement	Enagnon	4181	38,12%	146	14788
5è arrondissement	Guincomey	445	4,06%	16	1222
	Wlacondji	1221	11,13%	43	4459
5è arrondissement	Cocotiers	408	3,72%	14	1322
	Fiégnon	3049	27,80%	107	13026
		10969	100,00%	384	41904

Source : INSAE, 2013

### 1.3.2.3 Techniques de dépouillement et de traitement des données

Les données démographiques tirées du RGPH-4(2013) qui ont permis la réalisation des tableaux d'évolution de la population, la détermination de la taille de l'échantillon grâce à la formule de  $X = Z\alpha^2 \times p \times q/i^2$  et de déterminer les pourcentages des principaux indicateurs de la commune nécessaire à cette étude;

Les données socio-anthropologiques ont été dépouillées à l'aide du logiciel CSPro 7.1. Ces données de nature brute recueillies sur le terrain, leurs traitement et analyse sont importants pour en tirer les informations nécessaires à la vérification des hypothèses. Le traitement passe par le dépouillement manuel des fiches de collecte, l'analyse statistique et graphique nécessaires pour faciliter les interprétations des résultats sur « le rôle de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou ». La saisie des données a été effectuée avec l'utilisation d'un masque de saisie conçu avec le logiciel CSPro 7.1. Les données saisies ont été transférées vers le progiciel Excel pour la réalisation des tableaux synthèses et la production des graphiques. L'analyse des données a été faite à l'aide de l'indicateur « Proportion ». Cet indicateur est déterminé au niveau de chaque variable étudiée par le rapport entre l'effectif ( $n_i$ ) des enquêtés ayant choisi

l'item et l'effectif total (n) de ceux qui ont répondu. Si cette proportion est notée p, on a :  $p = \frac{n_i}{n}$

La détermination du taux des réponses positives et négatives à une question est faite sur la base du score réel de chaque rubrique du questionnaire et non à partir du nombre total des populations interrogées.

Le traitement des données hydro climatiques a été fait à l'aide de plusieurs modèles hydrodynamiques.

Actuellement, il existe des modèles 2D ou 3D. Les modèles 2D (Carmo et al. (2010), Janeiro et al. (2008)) s'exécutent rapidement mais intègrent les résultats sur la verticale et ne permettent pas d'obtenir des informations détaillées sur la colonne d'eau. Ils sont de plus basés sur des hypothèses et des approximations qui constituent des limitations et sont responsables de l'existence d'un domaine de validité des modèles (pression hydrostatique, vitesse verticale négligeable,). Les modèles 3D permettent une description de l'écoulement sur toute la colonne d'eau (exemples : modèle OSCAR (Oil Spill Contingency and Response) (Reed et al. 1995) développé en Norvège, modèle MARS3D développé par l'IFREMER (Jouan et al, 2001)). L'inconvénient majeur des modèles 3D est le temps de calcul qui peut être long lorsqu'il s'agit de faire de la prévision (ASCE Task Committee, 1996), mais cette constatation est de moins en moins vraie.

Dans le cadre de cette étude trois approches ont été utilisées.

**Approche Eulérienne :** Le mouvement d'une nappe d'hydrocarbures est gouverné par la convection due aux courants, par l'étalement produit par la diffusion et par les sources qui ajoutent du polluant.

Le mouvement de la nappe d'hydrocarbures est alors décrit par l'équation de convection diffusion :

$$\frac{\theta_c}{\theta_t} = -(\vec{U} \cdot \nabla)c + \nabla \cdot (K_c \nabla c) + S(t)$$

**Approche Lagrangienne :** Elliott et *al.* (1986) ont supposé que l'allongement de la nappe d'hydrocarbures se développe en raison des gouttes de pétrole qui coulent et qui refont surface ensuite sous l'effet de la tension dans la couche supérieure de la colonne d'eau. Cette hypothèse justifie ainsi le fait de considérer la nappe de pétrole comme un ensemble de petites gouttelettes pouvant être suivies par une méthode particulière. De plus, Elliott et *al.* (1986) ont appliqué une méthode de marche aléatoire pour suivre l'évolution des gouttes de pétrole. En effet, généralement, les études prennent en considération la dispersion horizontale d'un film de pétrole à l'aide des prédictions des courants hydrodynamiques et de la turbulence par la méthode de marche aléatoire, comme dans les codes de calcul MARS 3D (Jouan et *al.*, 2001), MOTHY (Daniel,1996) et dans le modèle développé par Wang et *al.* (2008). Les déplacements horizontal  $D_h$  et vertical  $D_v$  dû à la turbulence, pendant un pas de temps  $\Delta t$  sont donnés par :

$$D_h = R_1 \sqrt{2KRVT} \text{ dans la direction}$$

$$D_v = (2R_3 - 1) \sqrt{2K_2 \Delta t}$$

**Approche hybride :** Deux types d'approches pour modéliser la dérive d'une nappe d'hydrocarbures sont donc couramment utilisées. L'approche Eulérienne facilite le couplage entre le modèle hydrodynamique et le module d'évolution des nappes d'hydrocarbures. Cependant, le défaut majeur de cette méthode est la diffusion numérique, notamment pour de faibles sources de pollution.

L'approche Lagrangienne apparait alors comme une solution possible à ce type de problème, mais elle est contrainte par le temps de calcul qui augmente de manière significative avec le nombre de particules employées dans ce type de modélisation

Dans le souci de recueillir un maximum de données fiables, les matériels suivant ont été utilisés :

- ✓ 1 appareil photographique numérique été utilisé ;

- ✓ 1 carte administrative a été utilisée pour la situation géographique du présent secteur d'étude ;
- ✓ 1 GPS pour géo localiser les dépôts d'hydrocarbures sur le littoral de Cotonou.

Toutes les données collectées ont été traitées et les résultats analysés.

#### 1.3.2.4 Analyse des résultats

Les résultats issus des traitements ont été intégrés dans le modèle SEPOCA regroupant les données et informations par niveau. Le modèle SEPOCA développé dans le cadre de cette étude est illustré par la figure ci-dessous. Il a été utilisé pour ressortir les faiblesses en termes d'échec, les forces en termes de succès, les opportunités et les obstacles identifiés dans la participation de la police à la gestion de la pollution par les hydrocarbures des eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou

<b>SUCCES</b>	<b>POTENTIALITES</b>
<b>ECHECS</b>	<b>OBSTACLES</b>
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>ACTIONS A ENTREPRENDRE</b>

**Figure 9** : Modèle SEPOCA appliqué à l'étude le rôle de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou

**CHAPITRE II.**  
**GENERALITES SUR LES HYDROCARBURES,**  
**CAUSES DES POLLUTIONS MARINES PAR LES HYDROCARBURES**  
**ET RISQUES LIES A LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES**  
**AU BENIN**

Le présent chapitre traite des généralités sur les hydrocarbures, les causes des pollutions marines par les hydrocarbures et les risques liés à la pollution marine par les hydrocarbures.

**2.1 Généralités sur les hydrocarbures**

**2.1.1 Le pétrole et les produits pétroliers**

Les hydrocarbures sont des mélanges complexes de composés chimiques. Leurs aspects, leurs caractéristiques physiques ainsi que leurs comportements dépendent de leurs compositions (cf. tableau II). Les déversements de produits pétroliers lors de pollutions impliquent principalement quatre types de produits aux comportements très différents :

- ✓ les produits raffinés légers,
- ✓ les produits raffinés lourds,
- ✓ les pétroles bruts,
- ✓ les biocarburants

**Tableau II : Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures**

Nature de l'hydrocarbure	Persistance/_Evaporation
Produits raffinés légers, exemple : essence, gasoil, kérosène, fioul domestique	Persistance très faible voire nulle, Evaporation rapide (en quelques heures) Dispersion naturelle
Produits de viscosité $V_o \leq 2000$ cSt (cSt = mm <sup>2</sup> =s), Bruts légers et moyens peu vieillis Fiouls légers et moyens peu vieillis exemple : brut brent (mer du Nord)	Persistance faible Evaporation forte (autour de 40% en 24 heures)
Produits de viscosité $V_o \geq 2000$ cSt (cSt = mm <sup>2</sup> =s), Bruts légers et moyens vieillis Bruts lourds Fiouls lourds et résidus opérationnels exemple : bunker C ou fioul lourd (appellation française)	Persistance moyenne Evaporation faible (généralement inférieure à 10%)
Bruts pharaoniques dont le point d'écoulement est, supérieur à la température de l'eau de mer.	Persistance forte Hydrocarbures solides ou liquides et très visqueux Evaporation très faible

**Source :** (CEDRE, 2009)

### 2.1.2 Caractéristiques physiques essentielles

Un produit pétrolier répandu dans le milieu aquatique peut être caractérisé par un certain nombre de paramètres physiques décrivant son comportement et son état de vieillissement à un instant donné de son évolution. Ces paramètres physiques sont principalement :

**Densité :** les hydrocarbures ont presque toujours une densité inférieure à 1, ce qui leur permet de flotter. Cependant, une fois déversés, des phénomènes de vieillissement (évaporation et surtout émulsification) augmentent progressivement leur densité jusqu'à des valeurs proches de celles de l'eau saumâtre ou douce, ce qui rend leur flottabilité plus incertaine.

**Viscosité :** lors d'un déversement en mer ou dans les eaux continentales, du fait de phénomènes de vieillissement (évaporation et surtout émulsification), la

viscosité augmente progressivement, éventuellement jusqu'à des valeurs très élevées, ce qui modifie le comportement du polluant dans l'eau.

**Point d'écoulement** : Le point d'écoulement d'un hydrocarbure est défini par la température à partir de laquelle le produit commence à s'écouler dans les conditions de test en laboratoire. Lorsque la température ambiante est sous ce point, l'hydrocarbure se comporte comme un solide.

**Courbes de distillation** : l'essai de distillation sert à calculer la volatilité du carburant sur toute la plage d'ébullition (ou de distillation) de l'hydrocarbure. L'hydrocarbure se compose de diverses substances qui s'évaporent à différentes températures. Les composants plus volatils s'évaporent à des températures plus basses, tandis que ceux qui le sont moins s'évaporent à des températures plus élevées. Le tracé de ces températures d'évaporation est désigné sous le nom de courbe de distillation.

**Teneur en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques** : les HAP sont une famille de composés chimiques constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène dont la structure des molécules comprend au moins deux cycles aromatiques condensés. Certains de ces composés présentent une très forte toxicité et sont dangereux pour l'homme et son environnement.

**Tableau III: Propriétés des pétroles bruts**

Catégorie	Pays	Type	Densité	Viscosité (cst)	Point d'écoulement	
1. Haute teneur en paraffine	Egypte	El Morgan	0,874	à 38 °c 13	13	
	Gabon	Gamba	0,872	28	30	
	Libye	Es Sider	0,841	5,7	9	
	Nigéria	Nigeria light	0,844	3,6	21	
2. Teneur en paraffine moyenne	Qatar	Qatar	0,814	à 10 °c 4,5	- 18	
	Algerie	Zarzaitine	0,816	9	- 15	
	Libye	Brega	0,824	6,3	- 18	
		Zueitina	0,808	5	- 12	
	Iran	Iran light	0,854	20	- 4	
		Iran heavy	0,869	30	- 7	
	Iraq	Northen Iraq	0,845	9	- 15	
Abu Dhabi	Abu Dhabi	0,830	6,2	- 18		
	A.D.	0,825	5	- 15		
	Zakumi	0,840	6,5	- 15		
A.D. Umm Shai						
3. Faible teneur en paraffine	Algérie	Hassi	0,802	à 10 °c 3	<- 30	
		Messaoud	0,809	4,3	<- 30	
	Nigeria	Arzew				
		Nigeria medium	0,907	60	<- 30	
		Nigeria export	0,872	13	<- 30	
	Koweit	Kuweit	0,869	30	- 18	
	Arabie Saoudite	Arabia light	0,851	12	<- 30	
Arabian medium		0,874	29	- 18		
Arabian heavy		0,887	80	<- 30		
Iraq	Southen Iraq	0,847	13	- 13		

Source : système régional d'information, Partie D, fascicule 1, guide pour la lutte contre la pollution marine accidentelle en méditerranée (2002)

**Tableau IV : Composition chimique des principaux hydrocarbures pétroliers**

Groupe	Composés	Unité	Essence	Diesel	Pétrole brut		Mazout intermédiaire	Mazout lourd
					Léger	Lourd		
alcanes	Totaux	%	50 - 60	65 - 95	55 - 90	25 - 80	25 - 35	20 - 30
	Alcanes non cycliques		45 - 55	35 - 45	40 - 85	20 - 60	10 - 25	10 - 20
	Cycloalcanes		5	25 - 50	5 - 35	0 - 10	0 - 5	0 - 5
Alcènes			5 - 10	0 - 10	-	-	-	-
Aromatiques	Totaux		25 - 40	5 - 25	10 - 35	15 - 40	40 - 60	30 - 50
	BTEX		15 - 25	0,5 - 2,0	0,1 - 2,5	0,01 - 2,0	0,05 - 1,0	0,00 - 1,0
	HAP		-	0 - 5	10 - 35	15 - 40	30 - 50	30 - 50
Composés polaires	Totaux		-	0 - 2	1 - 15	5 - 40	15 - 25	10 - 30
	Résines		-	0 - 2	0 - 10	2 - 25	10 - 15	20 - 20
	Asphaltènes		-	-	0 - 10	0 - 20	5 - 10	5 - 20
Métaux		ppm	-	-	30 - 250	100 - 500	100 - 1000	100 - 2000
Soufre		%	0,02	0,1 - 0,5	0 - 2	0 - 5	0,5 - 2	2 - 4

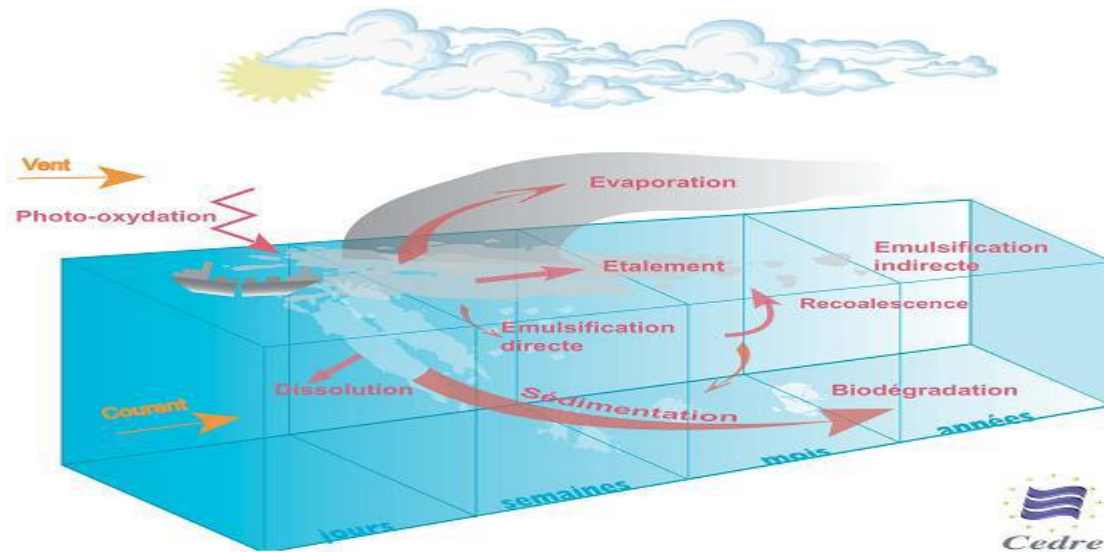
Source : Fingas, 2013 ; Wang et Stout, 2007

### 2.1.3 Différents processus mis en jeu lors d'une pollution

Lorsque l'hydrocarbure est déversé dans le milieu aquatique, un ensemble de processus de transport (convection et diffusion) et de transformation nommée "vieillessement de la nappe d'hydrocarbures" se déclenche, tel que représenté sur la figure 11.

Par "vieillessement", en anglais "weathering", nous entendons les processus physico-chimiques ayant pour conséquence des changements de propriétés physiques de l'hydrocarbure au cours du temps, c'est-à-dire l'ensemble des processus suivants : étalement, évaporation, dissolution, volatilisation, dispersion, émulsification, photo-oxydation et biodégradation. Si certains processus sont actuellement bien compris, comme l'étalement et l'évaporation, d'autres restent mal connus (photo oxydation et biodégradation). Les échelles de

temps s'étendent de quelques jours (étalement, évaporation) à quelques années (biodégradation) (cf. figure 10).



**Figure 10** : Processus de vieillissement d'une nappe d'hydrocarbures

Source : (CEDRE, 2009)

### 2.1.3.1 Transport de la nappe d'hydrocarbures

Le transport d'une nappe d'hydrocarbures est généralement induit par le courant, le vent, les vagues et la diffusion turbulente.

Il existe deux types de convection. La première est la convection à la surface du plan d'eau, qui pour une nappe flottante" est liée aux frottements du vent et au courant de surface. La seconde se déroule dans la colonne d'eau et entraine des particules d'hydrocarbures en suspension ou dissoutes. En plus de la convection, la turbulence générée par le déferlement des vagues et les forces de cisaillement exercées par les côtes et le fond marin a pour effet de morceler la nappe de surface et de la diffuser horizontalement et verticalement.

### 2.1.3.2 Processus de vieillissement des hydrocarbures

L'étalement est l'un des processus les plus importants, non seulement pour pouvoir prédire l'étendue de la pollution, mais aussi parce qu'il conditionne les autres processus de transformation de la nappe. En effet, l'étalement, en accroissant les surfaces d'échange, augmente les transferts de masse par évaporation et dissolution. Le processus d'étalement est à l'origine de deux

variables clefs : l'aire et l'épaisseur de la nappe. L'aire de la nappe est par la suite utilisée dans les calculs de l'évaporation qui détermine les changements de composition de la nappe et ses propriétés avec le temps. L'épaisseur est utilisée dans de nombreux modèles pour le calcul du taux de dispersion naturelle qui détermine la persistance de l'hydrocarbure a la surface de l'eau (Reed et al. 1999).

L'étalement d'une nappe met en jeu les forces suivantes :

**Forces gravitationnelles** : forces de gravite

**Forces de tension de surface** : tensions superficielles aux interfaces eau-air, hydrocarbure-air, eau-hydrocarbure.

**Forces de viscosité** : frottement visqueux à l'interface eau-pétrole.

**Forces d'inertie** : quantité de mouvement dans la nappe d'hydrocarbures.

**Tableau V** : Phases d'étalement d'un hydrocarbure

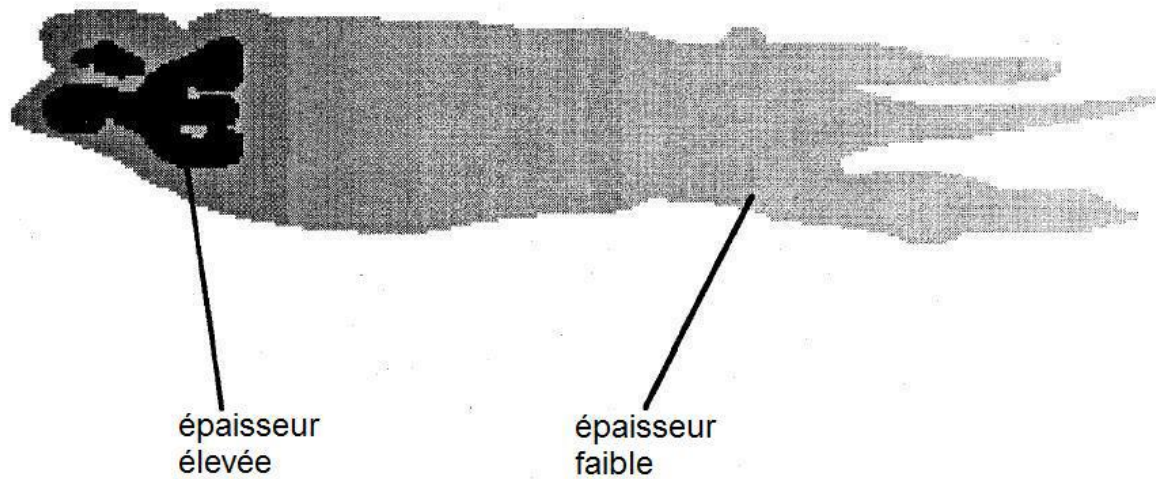
PHASE	FORCE MOTRICE	FORCE RÉSISTANTE
1	GRAVITE	INERTIE
2	GRAVITE	VISCOSITE
3	TENSION SUPERFICIELLE	VISCOSITE

Source : (Fay, 1971)

Boufadel et al. (2007) ont montré qu'en milieu marin les mécanismes majeurs affectant une nappe d'hydrocarbures sont la cinématique des vagues, la diffusion turbulente et la flottabilité des gouttes d'hydrocarbures. Par ailleurs, dans cette étude, la prise en compte de la cinématique des vagues se fait par la théorie de Stokes.

Reed et al. (1999) fait référence à Lehr (1996) qui a montré que les algorithmes du processus de l'étalement pour une libération instantanée du pétrole ne sont pas utilisables dans le cadre de pollutions qui sont dues à des déversements continus (fuite). En effet dans de tels cas de figure, à une certaine distance de la

source, l'étalement de surface de la nappe d'hydrocarbures est gouverné par d'autres mécanismes que la gravité.



**Figure 11** : Profil d'étalement d'une nappe d'hydrocarbures

Source (Lehr et Simecek-Beatty, 2000)

En outre, il est indispensable de tenir compte des notions suivantes dans le cadre du déversement des hydrocarbures à savoir le point d'écoulement et le point éclair. Le point d'écoulement est la température en dessous de laquelle le produit ne s'écoule plus. C'est une mesure de laboratoire. En revanche, le point d'éclair, est la température minimale à laquelle il faut porter un produit pour que les vapeurs émises s'allument au contact d'une flamme. Il reflète la volatilité et un aspect de sécurité.

**Tableau VI : étalement d'une nappe d'hydrocarbure (sans vent ni courant)**

	Durée de l'étalement (en heure)	Quantités en tonnes métriques				
		5 tonnes	50 tonnes	500 tonnes	5000 tonnes	50.000 tonnes
Surface d'étalement de la nappe d'hydrocarbure (km <sup>2</sup> )	1	0,006	0,016	0,076	0,360	1,14
	2	0,016	0,023	0,107	0,496	2,28
	5	0,065	0,065	0,169	0,784	3,64
	10	0,183	0,183	0,24	1,11	5,15
	24		0,518	0,68	1,72	7,98
	48			1,93	2,43	11,3
	72			3,54	3,54	13,8
	96			5,45	5,45	15,6
	500			64,8	64,8	64,8
Epaisseur (mm)	1	0,980	3,6	7,5	15,8	50,1
	2	0,348	2,5	5,3	11,5	25,1
	5	0,088	0,9	3,4	7,0	15,7
	10	0,031	0,3	2,4	5,1	11,1
	24		0,1	0,84	3,3	7,2
	48			0,30	2,4	5,1
	72			0,16	1,6	4,1
	96			0,105	1,05	3,6
	500			0,009	0,09	0,9

**Source** : système régional d'information, Partie D, fascicule 1, guide pour la lutte contre la pollution marine accidentelle en méditerranée (2002)

## 2.2 Causes des pollutions marines par les hydrocarbures

Il y a environ 3 millions de tonnes la quantité d'hydrocarbures de toutes sortes répandue annuellement dans les océans et mers du globe. La part des navires dans ces déversements d'hydrocarbures est estimée à près de 1,4 millions de tonnes, soit 37% de ce total. Les navires sont à l'origine 10% du total de la pollution. Le reste, c'est à dire 90% de ces hydrocarbures que l'on retrouve en mer, a trois origines différentes (Jean-Daniel TROYAT, Expert agréé par la cour de cassation, Expert maritime et mécanique générale près la cour d'appel de Rennes : pollution par les hydrocarbures et transport maritime) :

- la pollution tellurique (industrielle et domestique) qui représente environ 70% ;

- la pollution des activités d'extraction du pétrole off-shore qui représente environ 10% ;
- la «pollution» naturelle - c'est-à-dire celle provenant de certaines fissures dans les fonds marins, sortes de sources sous-marines d'hydrocarbures - qui représente également environ 10% des apports annuels d'hydrocarbures dans les mers et les océans.

Les hydrocarbures représentent la plus importante source de pollution des eaux océaniques. Cette pollution peut être accidentelle ou volontaire (Galaf et Ghannam, 2003). Ainsi les sources des hydrocarbures en milieu marin peuvent être naturelles et/ou anthropogéniques.

## **2.2.1 Origines naturelles des hydrocarbures en milieu marin**

### **2.2.1.1 Suintements sous-marins**

En raison de différence de pression, de densité et de perméabilité des roches, le pétrole a été souvent déplacé, de la zone de formation vers d'autres zones. Une partie atteint la surface de la terre au niveau des bassins sédimentaires érodés ou des failles pour former des suintements naturels dans le fond marin (McLoughlin, 1986). La contribution de ces hydrocarbures en milieu marin s'élève à 47 % de l'ensemble des hydrocarbures rejetés. Des estimations données par Lacaze (1980) ont considéré que 0,6 millions de tonnes d'hydrocarbures par année ont une origine géochimique.

### **2.2.1.2 Diagenèse précoce de la matière organique**

La diagenèse précoce de la matière organique dans les gisements sous-marins est le résultat de la combinaison de plusieurs processus biologiques, chimiques et physiques (bioturbation, décomposition de la matière organique par l'activité bactérienne et des phénomènes de recristallisation/dissolution) (Cojan et Renard, 1997) qui peuvent accélérer la maturation de la matière organique déposée à la surface des sédiments sous forme de pétrole.

- *Libération lors des feux naturels de forêts*

- *Origine biogène*

Les hydrocarbures peuvent être bio synthétisés et libérés dans le milieu marin par l'activité métabolique des organismes aquatiques et terrestre ou par la décomposition de leurs matières organique (Zaghden et al., 2007; Mille et al., 2007). D'après le « National Research Council » (1985) l'apport en hydrocarbures biogènes à l'océan est d'environ 180 millions de tonnes/an.

### **2.2.2 Origine anthropique des hydrocarbures**

La pollution anthropique par les hydrocarbures des eaux marines adjacentes à la ville de Cotonou résulte de plusieurs activités liées au transport maritime, au transfert, au stockage des produits pétroliers mais également au fonctionnement des navires en ce qui concerne le dégazage, le ballastage et

Pour éviter l'accumulation de gaz d'hydrocarbure, le volume libre entre sa surface et le sommet de la citerne est occupé par un gaz inerte qui est introduit dans la citerne à cargaison (inertage). Le gaz inerte employé peut être soit de l'azote, soit, après traitement, les gaz d'échappement du moteur de propulsion. Quant au lavage des citernes à cargaison, il est opéré en utilisant la cargaison elle-même, projetée sur les parois de la citerne à une pression pouvant atteindre une dizaine de bars : c'est le lavage au pétrole brut («Crude Oil Washing» ou «COW»). Le « COW », s'il est correctement mené au cours du déchargement, permet de débarquer le pétrole brut en même temps que ses sédiments tandis que l'inertage conserve une atmosphère non explosible dans les citernes à cargaison. Un pétrolier peut néanmoins être amené à utiliser de l'eau de mer pour laver ses citernes dans deux cas : en vue d'une réparation (soudure et meulage) dans celle-ci ou si une cargaison déterminée nécessite un tel lavage. L'eau de lavage est récupérée dans des citernes dédiées appelées « slops » où elle est décantée. A la fin de cette opération, l'eau chargée de résidus de cargaison était rejetée à la mer. la réglementation internationale édictée par l'OMI interdit tout rejet à la mer

d'eau contenant plus de 15 ppm d'hydrocarbure. (*15 ppm, ou parts par million, équivaut à 15 ml ou, plus prosaïquement, à une cuillerée à soupe pour 1000 litres.*)

Encore faut-il, pour pouvoir opérer ce rejet, que le pétrolier :

- soit équipé sur le circuit de décharge à la mer d'une vanne se fermant automatiquement si la concentration d'hydrocarbure dans l'eau rejetée dépasse 15 ppm et ne pouvant être ouverte à nouveau qu'une fois la concentration redescendue sous ce seuil ;
- ne se trouve pas dans une zone spéciale ;
- soit à plus de 50 milles (90 km) d'une côte ;
- fasse route ;
- ne décharge pas plus de 30 litres d'hydrocarbure par mille (1852 m) ; et
- décharge un volume inférieur à 1/30000 de celui transporté au cours du précédent voyage.

Un navire est un engin à l'autarcie étonnante, un concentré de technologies qui permettent non seulement de le propulser mais aussi de produire de l'électricité, de la vapeur, du froid, de l'eau douce, de l'air comprimé, etc. Outre le moteur principal destiné à la propulsion proprement dite et dont la puissance peut dépasser la dizaine de milliers de kilowatts, de nombreux autres appareils et moteurs auxiliaires sont nécessaires. Toute cette machinerie est contenue dans un espace du navire appelé la salle des machines. Pour assurer son fonctionnement il faut du carburant et de l'huile pour sa lubrification. L'un et l'autre sont susceptibles de polluer le milieu marin au cas où ils y seraient rejetés sans traitement préalable.

Le carburant le plus courant utilisé pour la propulsion des navires est le fuel lourd. De couleur noire, très visqueux à la température ambiante, il faut le chauffer à plus de 100°C pour le rendre suffisamment fluide et pouvoir l'utiliser dans les moteurs ou les brûleurs de chaudière. Aux allures réduites (chenalage, manœuvres) le moteur principal est alimenté avec du diesel (gasoil) tout comme

les moteurs des groupes électrogènes. La consommation de carburant d'un grand navire est de l'ordre 30 à 50 tonnes/24 heures et peut atteindre, voire dépasser, 100 tonnes. Avant son utilisation le combustible passe par un séparateur, c'est-à-dire une centrifugeuse, qui va permettre sa clarification (séparation des sédiments) et sa purification (séparation de l'eau). Les résidus de ces opérations représentent environ 1% de la consommation quotidienne de combustible du navire. Ces résidus sont stockés dans des ballasts dédiés. A ces résidus de combustible viennent s'ajouter ceux provenant de l'huile de lubrification, qui elle aussi passe par un séparateur placé dans le circuit de graissage et travaillant en clarification. Un navire peut avoir 20 à 30 tonnes d'huile à bord et un moteur de 10.000 kilowatts consomme allègrement 200 kilos d'huile par jour. Les résidus de la clarification de l'huile sont envoyés dans le même ballast que les résidus de combustible.

On arrive à des quantités de résidus de combustible et d'huile qui, selon la consommation quotidienne du moteur principal et la durée du voyage - (*Pour fixer les idées, un porte-conteneurs mettra deux semaines pour rallier Miami à Gènes et trois semaines pour aller de Dunkerque à Abu Dhabi. Il faudra un mois à un pétrolier de 300.000 tonnes pour transporter sa cargaison de pétrole brut de Cabinda (Angola) au terminal de Ningbo -Shanghai*)- peuvent atteindre 30 tonnes. Ces résidus peuvent être incinérés à bord, si le navire est équipé d'un incinérateur, sinon ils doivent être débarqués à terre. Notons que ces résidus de combustible ne se laissent pas incinérer aisément et que pour parvenir à incinérer 1 m<sup>3</sup> de résidus de combustible il faudra consommer de 350 à 400 litres de gasoil.

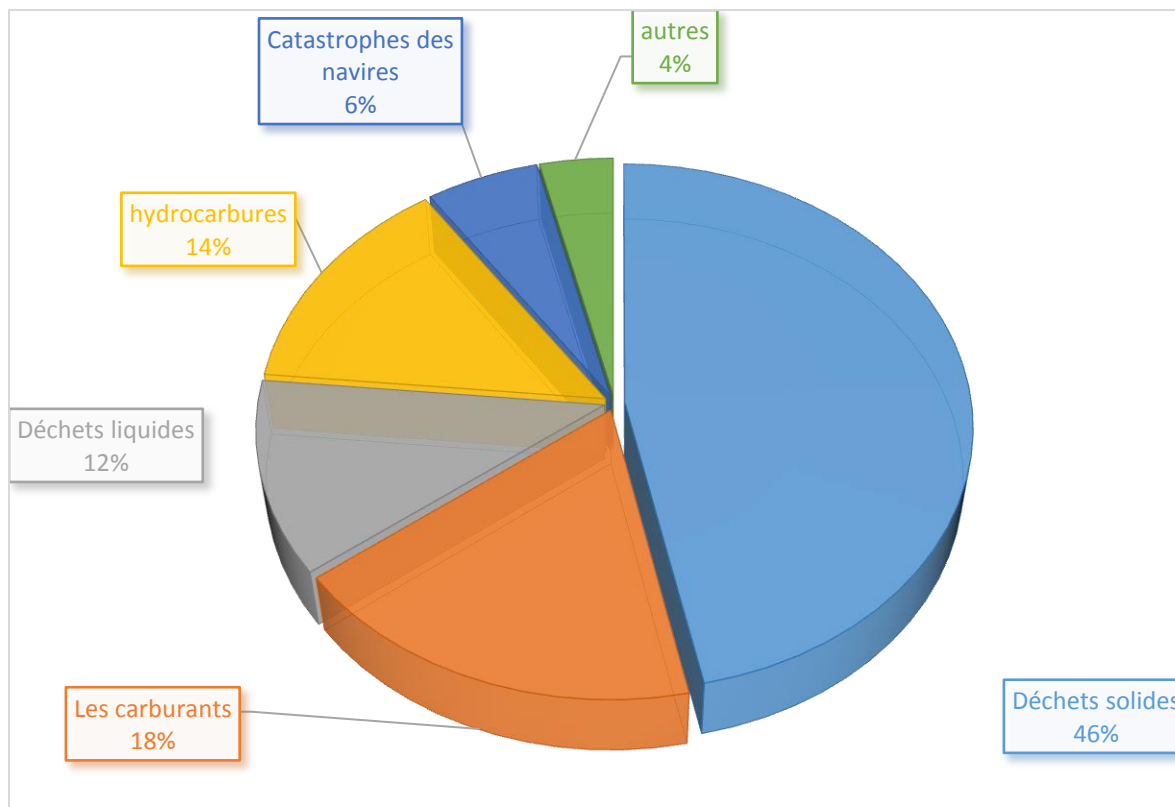
Les résidus machines ne sont pas uniquement des résidus provenant de la clarification du combustible et de l'huile de lubrification. Il y a également ce que l'on appelle les eaux mazouteuses. En effet, le fuel lourd qui est embarqué à bord des navires n'est pas uniquement chargé de sédiments, il contient aussi de l'eau.

C'est la raison pour laquelle il faut d'abord le décanter dans des caisses prévues à cet effet puis le purifier au travers d'un séparateur. L'eau ainsi récupérée est intimement mêlée à des restes d'hydrocarbures et est envoyée dans une capacité dédiée. Elle y est rejointe :

- par l'eau douce utilisée pour chasser à intervalle régulier les sédiments qui s'accumulent dans les séparateurs pendant leur fonctionnement en clarificateur, et
- par l'eau qui se retrouve au fond de la cale de la salle des machines en provenance des inévitables fuites de presse-étoupe de dizaines de pompes eau de mer et eau douce, et de celles du moteur principal

Bien que cela soit prévu par les règlements internationaux, nombreux sont les ports de par le monde qui ne sont pas en mesure de recevoir ces eaux huileuses et mazouteuses. Le bord utilise donc un séparateur à eaux mazouteuses pour ne rejeter à la mer qu'une eau dont la teneur en hydrocarbure soit inférieure à 15ppm, comme le veut la réglementation internationale.

Mais pour les populations de l'espace côtière de Cotonou la pollution marine a plusieurs origines :

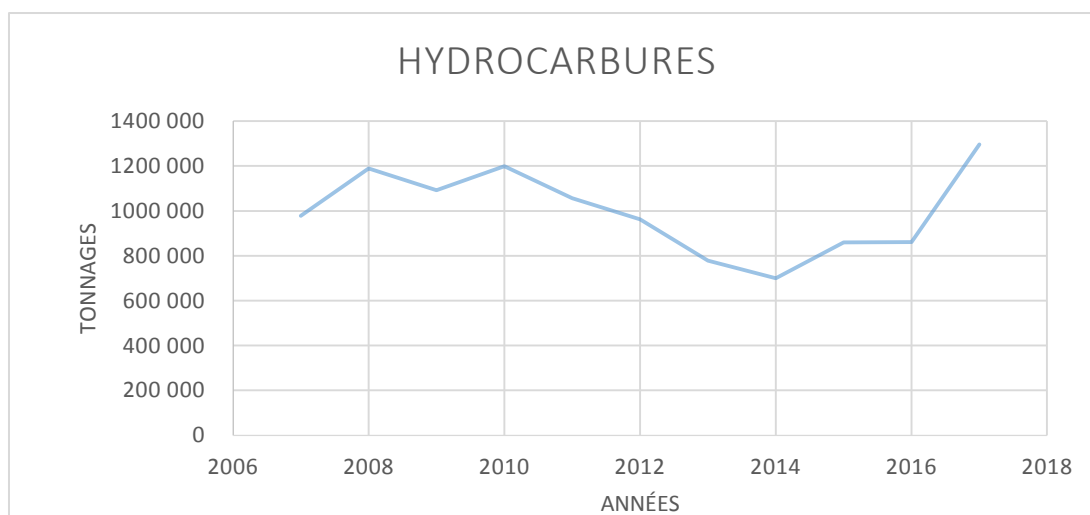


**Figure 12** : sources de pollution marine des eaux de Cotonou

**Source** : terrain 2018

### 2.2.2.1 Transport des produits pétroliers

La demande en produits pétroliers passant par le port de Cotonou s'est accrue ces dernières années. Cette situation augmente le risque de pollution des eaux marines adjacentes à la ville de Cotonou du fait de l'augmentation du trafic, la durée du mouillage et le voisinage de certains pays producteurs du pétrole comme le Nigéria, le Gabon et le Ghana dont les produits transitent par les eaux maritimes sous juridiction béninoise.



**Figure 13** : trafic d'hydrocarbures au PAC

Source : PAC, 2018

### 2.2.2.2 Processus de transfert d'hydrocarbures

Toutes les sociétés en charge du transfert des hydrocarbures au port autonome de Cotonou à savoir Oryx Bénin SA, Octogone, Puma Energie ont mis en place des procédures pour le transfert et le stockage des hydrocarbures. Cette procédure se résume ainsi qu'il suit :

Le port autonome de Cotonou reçoit des hydrocarbures liquides et gazeux via le transport maritime. Les navires pétroliers accostent au quai Oryx où se trouvent certaines installations. Des flexibles raccordent le bateau aux lignes existantes en fonctions des produits rechargés dans les différents bacs de stockage via les pipelines.

Chaque bac a une capacité maximale mentionnée sur la fiche signalétique. A partir des connexions, on ouvre les vannes pour le bac concerné. La quantité de produits à transférer est calculée au niveau du navire. On commence par pomper doucement pour permettre de vérifier s'il y a des fuites et ce n'est qu'après cela qu'on donne le top pour la pression maximale qui est de 7 barres soit 1000 m<sup>3</sup> par heure pour l'essence et le jet.

Des alarmes sont installées au niveau des bacs de stockage pour les lignes de déchargement.

Les risques possibles sont :

- Éclatement de lignes, de flexibles ou de tuyaux ;
- Sur le bac, soit par déversement soit par perforation ;

Il existe des cuvettes de rétention des bacs pour récupérer les produits en cas de déversement. La capacité de ces cuvettes est du tiers du volume total du bac.

Les contrôles quantitatifs et qualitatifs des hydrocarbures se font avant le déchargement. De même, il existe des dispositifs de suivi de niveau à savoir des jauges de niveau, des alarmes et des sirènes. Il existe également des dispositifs de sécurité anti débordement par rapport au niveau maximum. Le signal peut être pour fermer les robinets ou pour alerter. Ce dispositif permet de réagir en cas de mauvaise estimation. Avant d'atteindre le niveau maximum, on commence à communiquer avec le navire pour réduire progressivement la pression.

Une fois le bac rempli, on passe à un autre bac ainsi de suite.

Le processus de chargement des camions citerne se fait de façon similaire.

Mais entre le transfert et le chargement, il y a l'opération de purge des produits qui se fait dans les séparateurs d'eau, de boue, d'hydrocarbure et autres composés non dangereux.

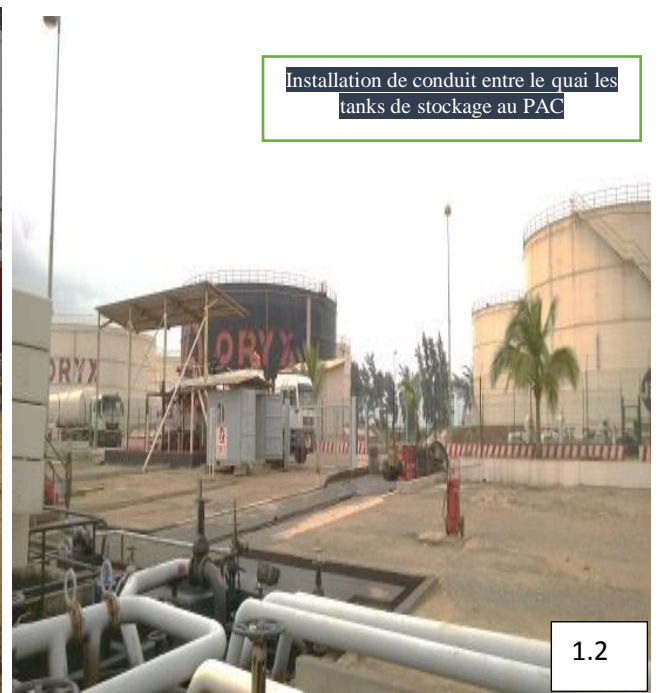
En effet, les produits récupérés font l'objet d'analyse et de traitement. A l'issue, les composantes hétérogènes sont conduites par les tuyaux vers un dispositif de traitement. Des caniveaux récupérateurs sont installés tout le long du circuit pour récupérer les produits sortis destinés au traitement dans les séparateurs de purges.

Tout le dispositif à savoir, les flexibles, les tuyaux, les conduits, les bacs de stockage et autres sont soumis à des contrôles périodiques pour s'assurer de leur intégrité et de leur état de bon fonctionnement.

Toute cette procédure obéit à des normes à savoir ;

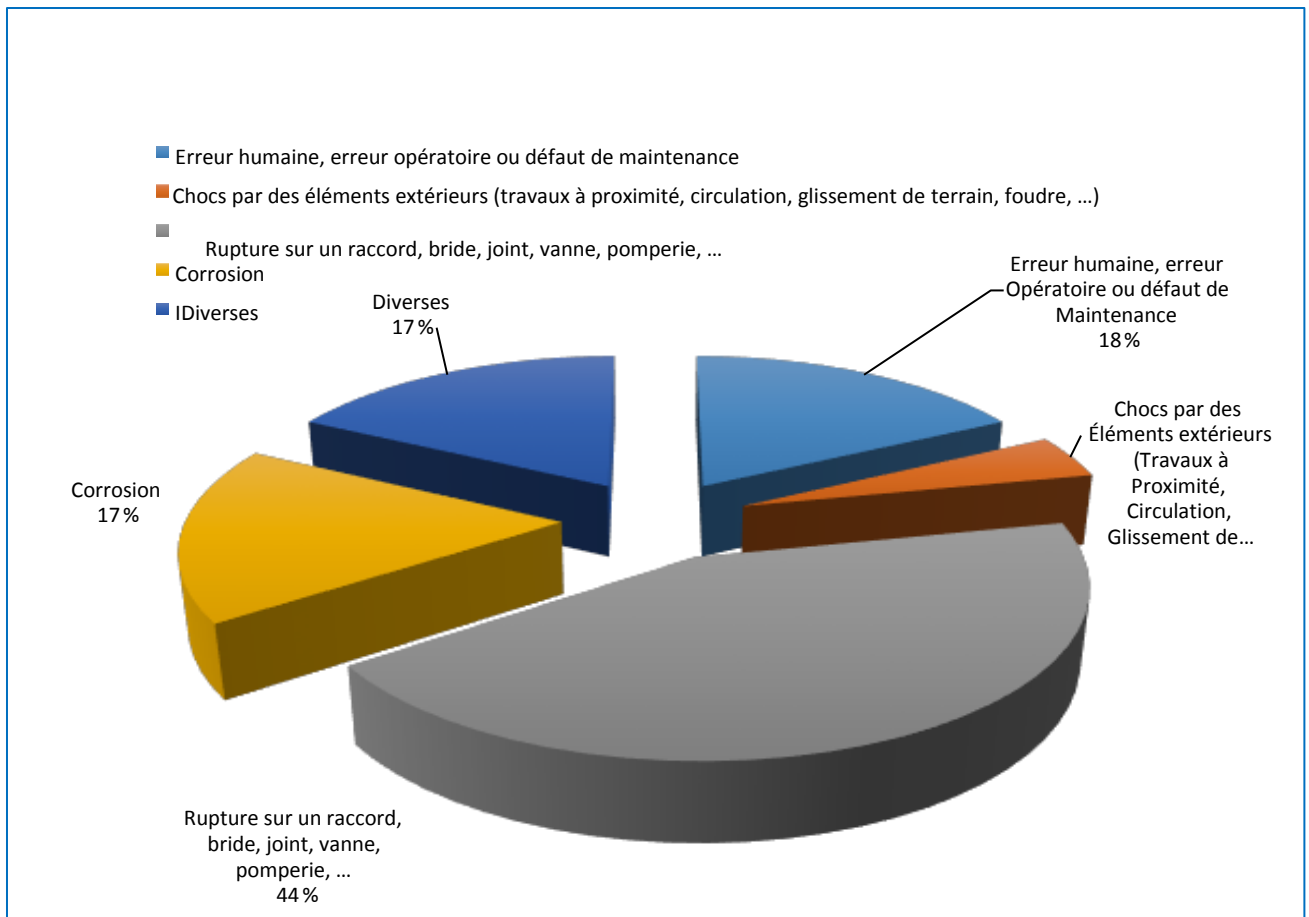
- ‘‘International Organization for Standardization’’ (Organisation Internationale pour la Normalisation) ISO 9001 : norme de qualité ;

- ISO 14001 : norme environnementale ;
- “British Standard Occupational Health and Safety Assessment Serie” BS OHSAS 18001 et ISO 45001: santé et sécurité au travail;
- CODRES 1991
- Code de construction des Appareils à Pression non soumis à la flamme, CODAP 2010
- Code de construction des Tuyauteries. Industrielles CODETI 2001



**Planche 1** : déchargement d’hydrocarbures au Port Autonome de Cotonou  
**Source** : PAC, 2018

Ces déchargements peuvent provoqués plusieurs accidents dont les causes sont multiples



**Figure 14 :** Causes des accidents lors des déchargements des hydrocarbures

Source : HAL 2013

### 2.2.2.3 Stockage

Le stockage des hydrocarbures provenant des navires de fait selon les spécifications demandées par les clients.

#### 2.2.2.3.1 Description de l'unité

Le terminal de stockage compte des bacs, des séparateurs semi-enterrés, des lignes de transferts de produits, des postes de chargements, un centre emplisseur, des utilités et un appontement.

#### 2.2.2.3.2 Bacs atmosphériques de stockage

Le terminal de stockage compte des bacs atmosphériques de stockage d'hydrocarbures répartis sur l'ensemble du site.

#### **2.2.2.3.3 Séparateurs semi-enterrés**

Le terminal possède des séparateurs destinés à la récupération des hydrocarbures contenus dans les mélanges hydrocarbures et eau.

#### **2.2.2.3.4 Pomperies**

Des pomperies existent sur l'ensemble du terminal, pour le transfert des hydrocarbures du GPL et de l'eau incendie.

#### **2.2.2.3.5 Lignes de transfert de produits**

Les canalisations de transfert des hydrocarbures existent entre les bacs, l'appontement et le postes de chargement HC et fuel des camions citernes. Ces canalisations sont utiles au transport de l'essence, du kérosène, du gasoil et du fuel.

#### **2.2.2.3.6 Poste de chargement HC et poste de chargement fuel**

Des postes sont destinés au chargement en hydrocarbures des camions citernes. Le chargement des camions se fait à l'aide de bras par le haut de la citerne pour chaque produit à l'exception du kérosène qui se fait par le bas en raison des spécifications règlementaires. Le poste de chargement du fuel de façon exceptionnel se trouve à l'entrée du site au niveau de l'appontement.

#### **2.2.2.3.7 Poste de chargement « GPL vrac »**

Le chargement se fait par des flexibles. Le gaz butane est pompé de la sphère ou du cigare vers le camion-citerne.

#### **2.2.2.3.8 Centre emplisseur**

Le centre emplisseur est composé d'un carrousel de plusieurs bascules pour les bouteilles de 6 kg et 12,5 kg et d'un convoyeur à chaîne. La production actuelle est de 60 à 80 T/j (tonnes/jour) pour le deuxième carrousel. Le débit d'alimentation en butane est au minimum de 27,5 m<sup>3</sup>/h.

Le centre emplisseur compte également un pont bascule pour l'enregistrement de la charge des camions citernes à leur arrivée et à leur départ.

### 2.2.2.3.9 Magasin

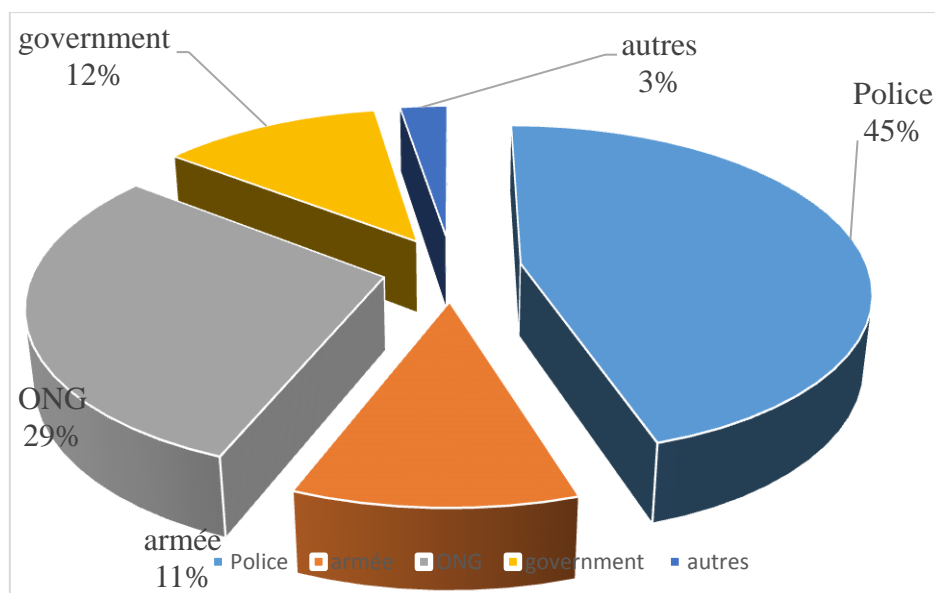
L'acétylène, l'oxygène et l'azote sont entreposés dans un magasin ainsi que certains équipements pour les bouteilles et des futs vides.

## 2.3 Gestion de la pollution marine à Cotonou

Le Bénin a pris de l'importance des conséquences liées à la pollution maritime par les hydrocarbures. Avec le concours des partenaires et en conformément aux conventions internationales, il s'est doté d'un plan en 2010 d'un plan de lutte contre la pollution accidentelle par les hydrocarbures dénommé PNIU ( Plan National d'Intervention d'Urgence). Ce plan implique des acteurs multi sectoriels dont la police. Cette intervention de la police se situe à trois niveaux à savoir :

- ✓ le milieu marin
- ✓ la plage
- ✓ les frontières

Selon les communautés la police est l'un des acteurs principaux dans la lutte contre la pollution



**Figure 15** : répartition des acteurs impliqués dans la lutte contre la pollution marine  
**Source** : travaux de terrain 2018

### **CHAPITRE III :**

## **GESTION DES LA POLLUTION MARINES PAR LES HYDROCARBURES ET STRATEGIE D'UNE PARTICIPATION EFFICACE DE LA POLICE BENINOISE**

Ce chapitre traite de la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures, des acteurs impliqués dans cette gestion notamment la police républicaine et les stratégies à mettre en œuvre pour une participation efficace de cette dernière.

### **3.1 Gestion de la pollution marine**

#### **3.1.1 Généralités sur les hydrocarbures**

Plusieurs types d'hydrocarbures sont transportés à travers les eaux maritimes adjacentes la ville de Cotonou. Il s'agit des produits, soit en direction du port autonome de Cotonou pour les besoins intérieurs et ceux des pays de l'hinterland, soit des produits passant par les eaux internationales provenant des stations de production pétrolières des pays du golfe de guinée et autres sites de production.

Selon la norme AFNOR X 31410, les hydrocarbures et huiles minérales comprennent de nombreux produits pétroliers (du pétrole brut jusqu'aux produits pétroliers raffinés incluant le kérosène, les essences, les lubrifiants et les huiles moteurs).

Le pétrole brut est issu d'une grande variété de produits organiques issus d'organismes vivants transformés biogéochimiquement sur de très longues périodes et sous différentes conditions géologiques et thermiques. Ainsi le pétrole brut est principalement composé de carbone et d'hydrogène (hydrocarbures), mais également de petites quantités de composés hétéroatomiques incluant du soufre, de l'oxygène, de l'azote et des éléments métalliques en traces. Les produits pétroliers raffinés sont des fractions dérivées du pétrole par distillation. Les produits raffinés finis (essences, gas-oils)

présentent le plus souvent une empreinte chimique unique caractéristique du pétrole brut d'origine et des processus de raffinage (Bocard 2006)

Les facteurs contrôlant l'empreinte chimique des hydrocarbures pétroliers sont (Wang et Stout, 2007) :

- mécanismes primaires (géologie) – pétrole brut : type de matière organique dans la roche, maturation thermique dans la roche, effets liés à la migration d'éléments, altération au sein du réservoir ;
- mécanismes secondaires (raffinage) – produits pétroliers issus du raffinage du pétrole brut : fractionnement, conversion, ajout de plomb ou d'additifs oxygénés;
- contrôle tertiaire (mélange et altération) – tous les hydrocarbures : évaporation, lessivage, biodégradation, photo-oxydation, mélange avec le milieu; les hydrocarbures les plus légers étant les plus affectés que les lourds.

On distingue ainsi plusieurs milliers de molécules dans les hydrocarbures raffinés pétroliers (Bocard 2006). Les composés constituant les hydrocarbures pétroliers raffinés sont les alcanes et les alcènes (présentant tous les deux des chaînes linéaires (raffinés ou cycliques). Les hydrocarbures aromatiques (mono BTEX), polycycliques (HAP) et les composés polaires hétéroatomiques contenant les atomes de N, S et O (dénommés résines dans l'industrie pétrolière pour les molécules de petite taille et asphaltènes pour les molécules de grande taille ; on citera les polaires, les phénols, les alcools, les stéroïdes, ...)

Ces différentes familles ont des caractéristiques différentes inhérentes à leurs compositions et leurs propriétés physiques.

Les hydrocarbures peuvent être identifiés à travers de leur composition chimique. Les hydrocarbures les plus souvent rencontrés peuvent être regroupés selon les familles suivantes (Alimi et al, 2001) :

- les composés cycliques;

- les composés aromatiques : monocycliques (BTEX) et polycycliques (HAP);
- les alcanes : composés à structures linéaires ou ramifiée.

Les hydrocarbures pétroliers contiennent principalement des molécules composées d'atomes de carbone et d'hydrogène. Il s'agit d'alcanes non cycliques (ou paraffines), des cycloalcanes (ou naphènes), d'alcènes (ou oléfines) et d'hydrocarbures aromatiques (Figure 1). D'autres constituants mineurs sont également présents dans les hydrocarbures pétroliers, comme des métaux et des composés polaires qui contiennent de l'azote, du soufre ou de l'oxygène. Les molécules polaires de faible masse moléculaire sont appelées des résines, les plus lourdes étant regroupées sous l'appellation d'asphaltènes. La composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers est présentée dans le Tableau VII.

**Tableau VII** . Composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers

<b>ELEMENTS</b>	<b>POURCENTAGE (%)</b>
carbone	83 à 87
Hydrogene	10 à 14
azote	0,1 à 2
oxygene	0,05 à 6,0
Soufre	0,05 à 6,0
metaux	<0,1

**Source** : (Speight, 2014)

**Tableau VIII :** Composition chimique des principaux hydrocarbures pétroliers

Groupe	Composés	Unité	Essence	Diesel	Pétrole brut		Mazout intermédiaire	Mazout lourd
					Léger	Lourd		
alcanes	Totaux	%	50 - 60	65 - 95	55 - 90	25 - 80	25 - 35	20 - 30
	Alcanes non cycliques		45 - 55	35 - 45	40 - 85	20 - 60	10 - 25	10 - 20
	Cycloalcanes		5	25 - 50	5 - 35	0 - 10	0 - 5	0 - 5
Alcènes	5 - 10		0 - 10	-	-	-	-	
Aromatiques	Totaux		25 - 40	5 - 25	10 - 35	15 - 40	40 - 60	30 - 50
	BTEX		15 - 25	0,5 - 2,0	0,1 - 2,5	0,01 - 2,0	0,05 - 1,0	0,00 - 1,0
	HAP		-	0 - 5	10 - 35	15 - 40	30 - 50	30 - 50
Composés polaires	Totaux		-	0 - 2	1 - 15	5 - 40	15 - 25	10 - 30
	Résines		-	0 - 2	0 - 10	2 - 25	10 - 15	20 - 20
	Asphaltènes		-	-	0 - 10	0 - 20	5 - 10	5 - 20
Métaux		ppm	-	-	30 - 250	100 - 500	100 - 1000	100 - 2000
Soufre		%	0,02	0,1 - 0,5	0 - 2	0 - 5	0,5 - 2	2 - 4

**Source :** (Fingas, 2013; Wang et Stout, 2007)

La probabilité d'occurrence de la pollution des eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou est la combinaison des mouvements des navires, les uns ; les pétroliers et autres navires de marchandises ayant accès au Port Autonome de Cotonou et les autres au mouillage dans les eaux maritimes du Bénin. Leurs activités de transport et de transfert d'hydrocarbures, de dégazage et de ballastage constituent des risques élevés de pollution des eaux béninoises.

### **3.1.2 Etapes de gestion de la pollution marine**

#### **3.1.2.1 Plans de gestion de la pollution**

Pour la gestion des catastrophes de pollution des eaux marines, le Bénin s'est doté de plusieurs plans dont à savoir :

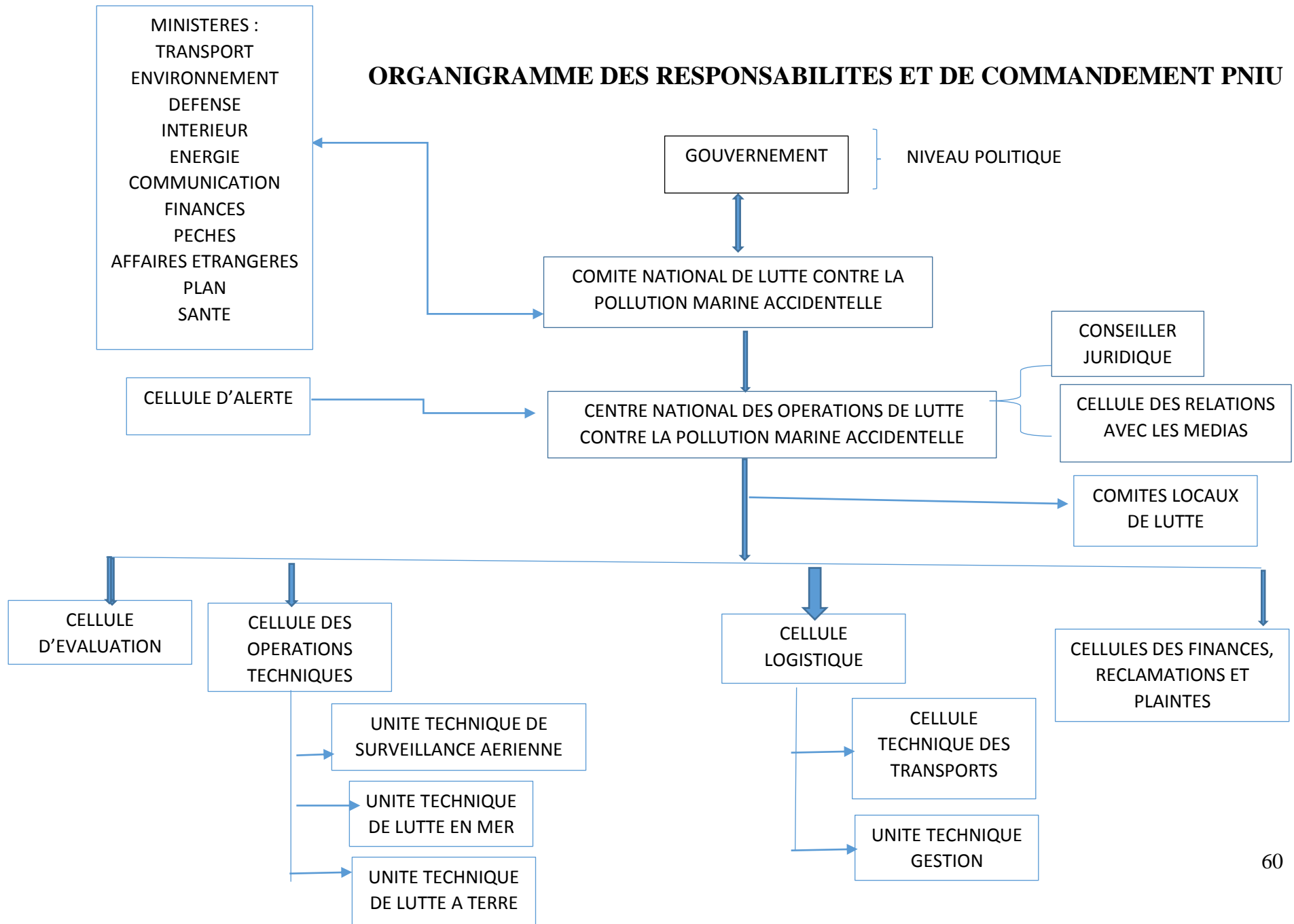
- ✓ le PCN : le Plan de Contingence National ;
- ✓ le plan ORSEC : Organisation des Réponses de Sécurité Civile;
- ✓ le PDC : le Plan de Développement Communal ;
- ✓ le PCC : le Plan de Contingence Communal ;
- ✓ le PNIU : le Plan National d'Intervention d'Urgence.

Il existe également des plans sectoriels de gestion des catastrophes de pollution.

#### **3.1.2.2 Etapes de gestion de la pollution**

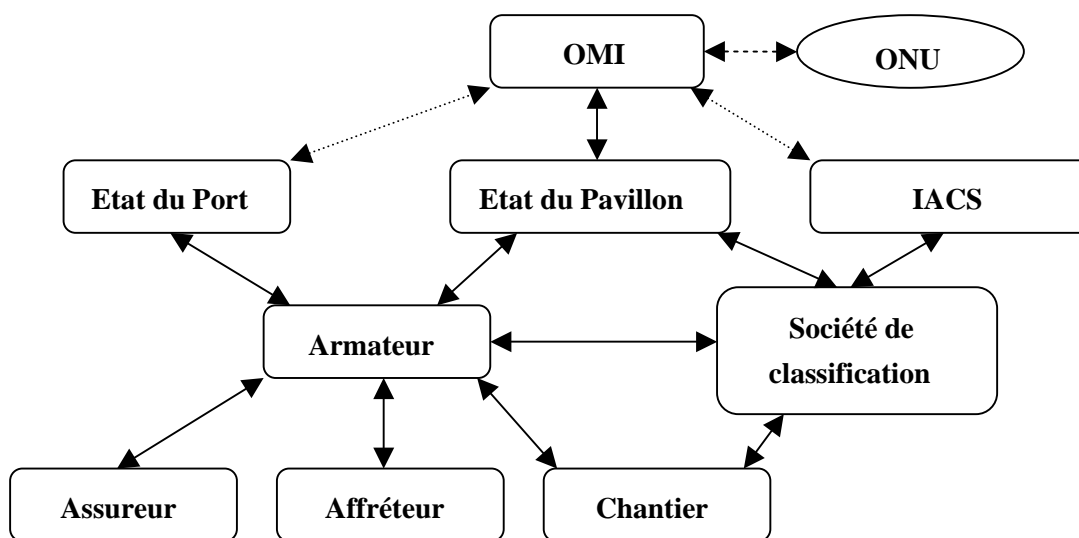
Le Bénin dispose depuis 2010 d'un plan national d'intervention d'urgence qui définit les rôles et responsabilités des différents acteurs impliqués dans la gestion de la pollution par les hydrocarbures.

## ORGANIGRAMME DES RESPONSABILITES ET DE COMMANDEMENT PNIU



### 3.1.3 Acteurs de gestion de la pollution marine

Le secteur de la navigation maritime fait intervenir plusieurs acteurs dont les rapports sont encadrés par l'OMI à travers différents conventions et protocoles.

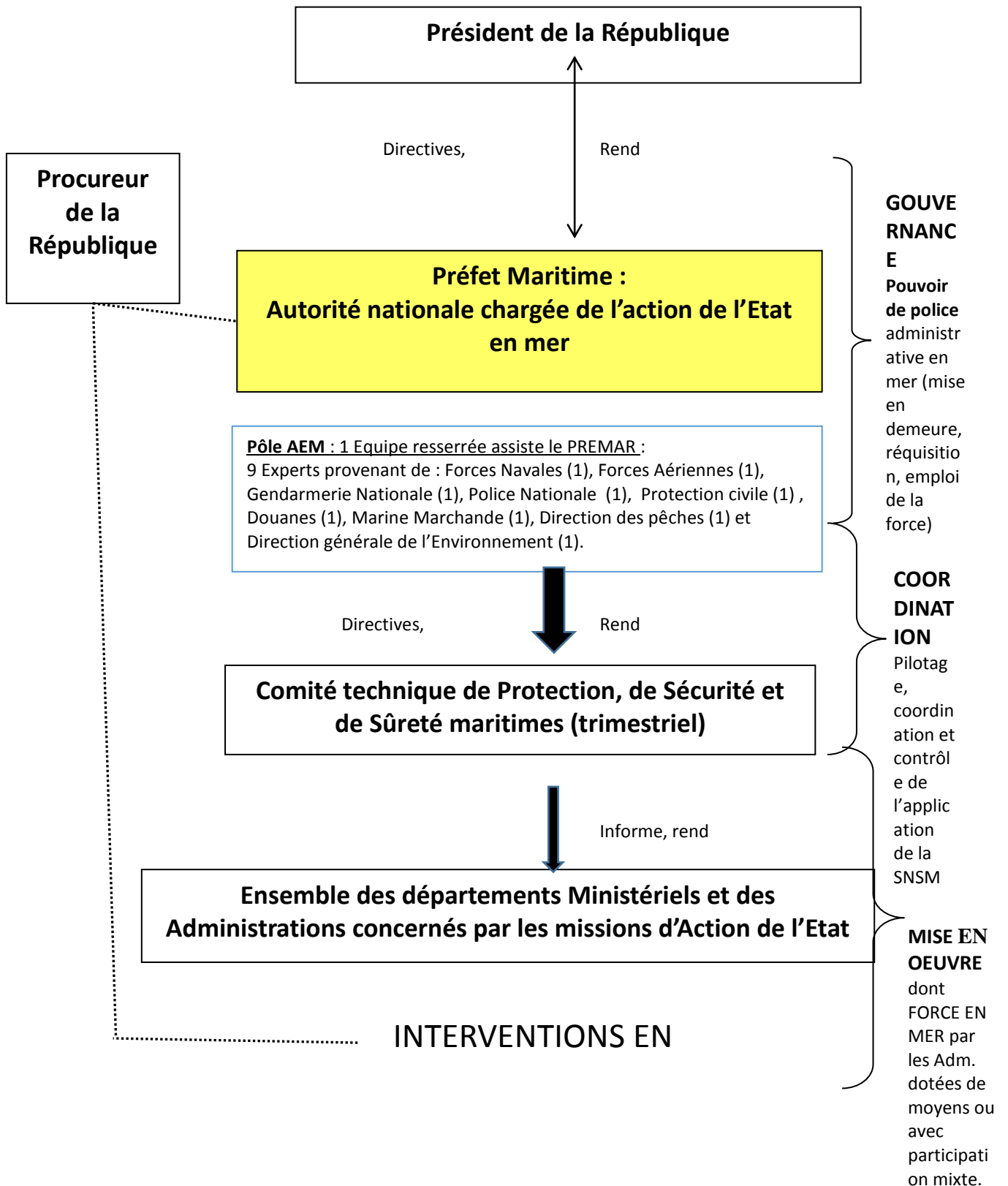


**Figure 16 :** Les principaux acteurs de la sécurité maritime au niveau international

Source : Château lauve . G, 2006

Au niveau le Bénin depuis 2013, suite aux résolutions 2018 en 2011 et 2039 en 2012 du conseil de sécurité des Nations unies encourageant la communauté internationale à mettre en place légale d'intervention en mer, a mis en place la Stratégie Nationale de Protection, de Sécurité et de Sécurité Maritime dont la mission principale est faire de l'espace maritime national un environnement suffisamment protégé et sûr grâce de la souveraineté de l'Etat en mer.

Les différents acteurs de l'action de l'Etat en mer son regroupé dans un organigramme à la SNPSSM.



Au niveau des intervenants en mer, la collaboration inter institutionnelle est privilégiée. La police républicaine joue un rôle le central

## **3.2 Présentation et organisation de la police du Bénin**

### **3.2.1 Présentation**

C'est depuis l'instant où les hommes ont senti l'impérieuse nécessité de vivre en société qu'est née la police qui en assure l'ordre public. La, police de la République du Bénin a connu mutations :

1962 : décret n° 62/PR/MAISD du 12 Mai 1962 portant création de la Direction de la Sûreté Nationale (DSN). De la Direction de la Sûreté Nationale à l'actuelle Direction Générale de la Police Nationale (DGPN), les dénominations sont passées par la Direction de la Police d'Etat (DPE) et le Commandement des Commissariats des Forces de Sécurité Publique (CCFSP).

2008 : décret N° 2008-817 du 31 décembre 2008 portant attributions, organisation et fonctionnement de la Direction Générale de la Police Nationale dispose que celle-ci a pour missions :

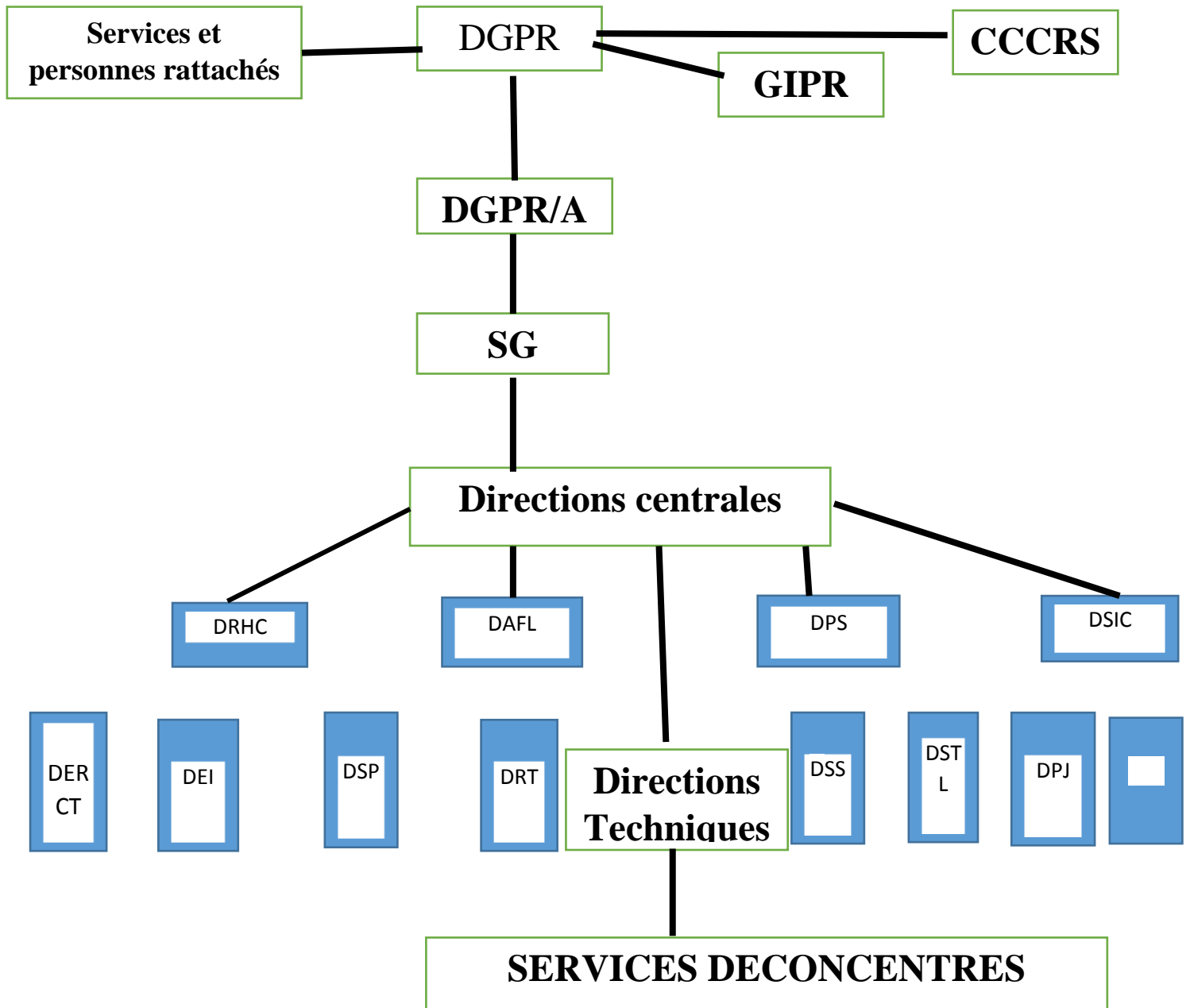
- « le respect de l'ordre et de la protection des institutions de l'État,
- le respect des libertés publiques et la protection des personnes et des biens sur toute l'étendue du territoire national »

2012 : Le décret N° 2012-429 du 06 novembre 2012 portant attributions, organisation et fonctionnement du Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Publique et des Cultes, dernière dénomination du ministère en charge de l'intérieur dispose en son article 9 alinéa 11 au nombre des services et personnes directement

2018 : Décret N° 2018-006 du 17 janvier 2018 portant attribution, organisation et fonctionnement de la direction générale de la police républicaine.

### 3.2.2 Organisation de la police républicaine

Selon l'AOF, 2018 la police de la République du Bénin connue de la police républicaine est structurée de la manière suivante :



**Figure 17** : organigramme de la police républicaine

Source : décret 2018- 006 du 2/01/2018

### **3.3 Mission de la police républicaine dans la gestion de la pollution marine**

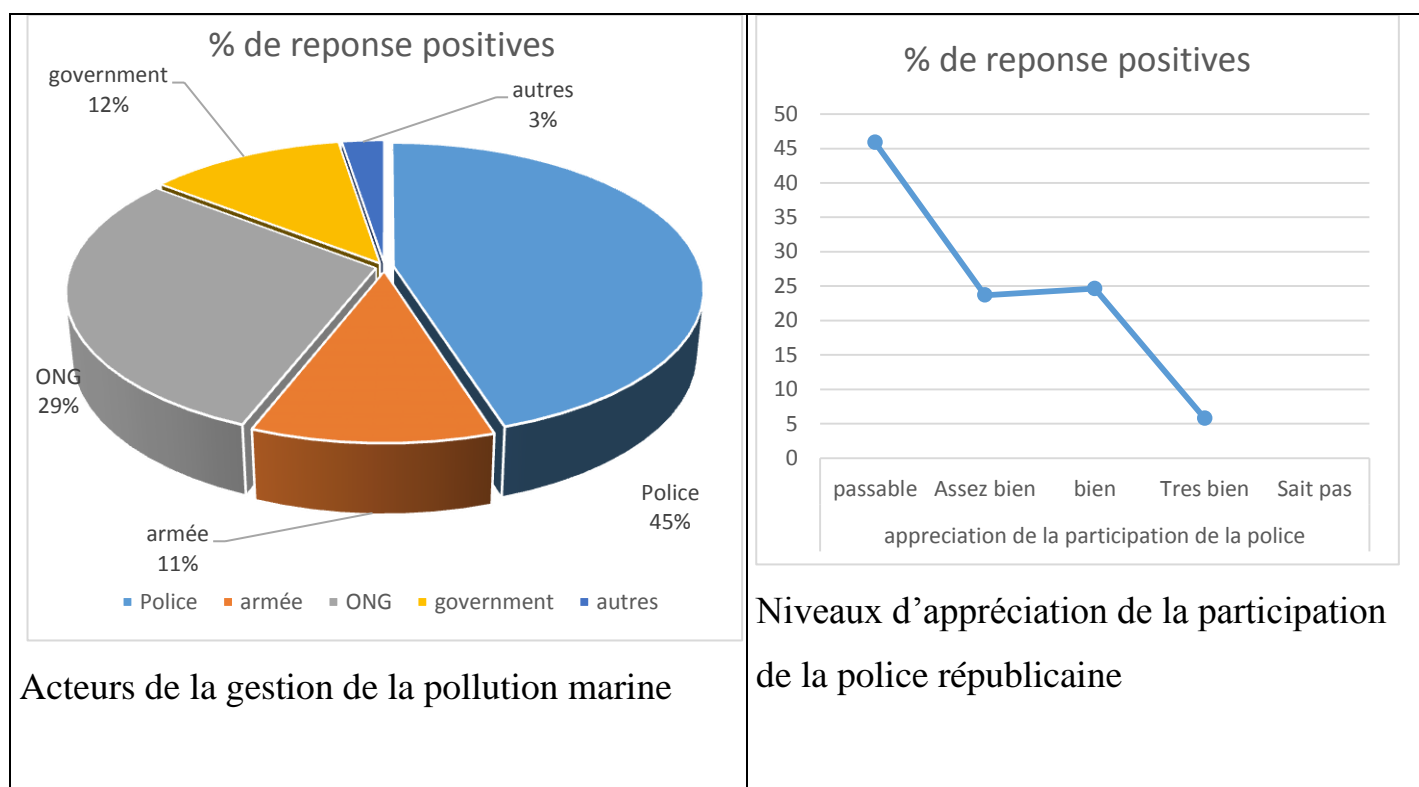
La gestion de la sécurité maritime notamment les problèmes liées aux pollutions marines est confiée à l'Unité Spéciale de Police Fluviale et Maritime et la Brigade de Protection du Littoral et de la lutte anti-pollution dont la mission est de lutter contre la criminalité environnementale, la criminalité sur les cours d'eaux intérieures et les eaux maritimes de la République du Bénin. A ce titre, elles sont chargées de :

- ✓ Organiser des patrouilles sur les eaux fluvio-lagunaires et maritimes en vue de prévenir les infractions qui se commettent en ces lieux ; le cas échéant, les réprimer en procédant si nécessaire à des arrestations ;
- ✓ Contrôler les flux migratoires et lutter contre toutes les formes de trafics sur les plans d'eaux ;
- ✓ Prévenir les accidents en matière de navigation sur les cours d'eaux intérieurs et les eaux maritimes ;
- ✓ Contrôler les actions des entreprises et industries en relation avec les plans d'eaux et veiller à la mise en place de système de prévention et de surveillance de la pollution en ces lieux ;
- ✓ Organiser des séances d'information et de sensibilisation sur la réglementation de la navigation sur les eaux.

De façon spécifique, la police républicaine lors des pollutions marines par les hydrocarbures exécute les opérations ci-après :

- ✓ Rendre compte aux autorités politico-administratives ainsi que l'autorité nationale chargée de l'action de l'État en mer de la situation de pollution ;
- ✓ Constater les infractions de pollution ;
- ✓ Circonscrire la zone de pollution ;
- ✓ Sensibiliser les gens de mer sur les dangers liés à la zone touchée et au besoin isoler la zone en interdisant son accès ;
- ✓ Conduire sous la direction du procureur de la république compétente les investigations judiciaires ;

- ✓ Rechercher les auteurs et les mettre à la disposition de la justice ;
- ✓ Participer à la gestion de la crise au niveau des cellules prévues au plan ;
- ✓ Assurer le passage aux frontières des équipements de gestion de la pollution ainsi que les facilitations de libre circulation des personnes



**Figure 18** : Participation et efficacité de la police dans la gestion de la pollutions marine

**Source** : enquête de terrain janvier 2019

### 3.3.1 Personnels et matériels de la police pour gestion des pollutions marine

La police républicaine de Bénin dispose pour ses deux unités chargées de la lutte contre la pollution marine d'une centaine de fonctionnaires de police. En dehors de la formation professionnelle dans le domaine de la sécurité publique en général, ils ont également reçu des formations spécifiques liées à la sécurité maritime et à la pollution environnementale.

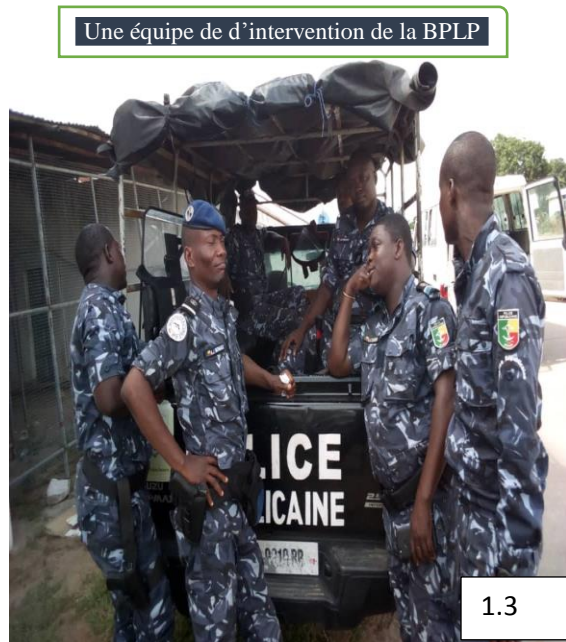
En termes de matériels d'intervention en mer, la police ne dispose pas des équipements adéquats de lutte contre la pollution marine. Les équipements de lutte de la police se limitent aux vecteurs nautiques et aux EPI.



1.1



1.2



1.3



1.4

**Planche 2 : Personnels et Equipements de la police pour la lutte contre la pollution**

**Prise de vue : Acakpo F, Décembre 2018**

### **3.4. Suggestions pour une meilleure participation de la police à la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures**

Les recherches ont montré que le régime national de la protection du milieu marin contre la pollution liée au trafic maritime est inefficace.

La faiblesse des organes administratifs compétents et le manque d'instruments

Institutionnels nécessaires pour la mise en œuvre des législations nationales et internationales, le manque d'équipements nécessaires, l'insuffisance des législations nationales, et les priorités du renforcement du système économique au détriment de la protection de l'environnement notamment du milieu marin, et l'absence d'une réelle volonté de protéger l'environnement

Dans les pays du Nord par exemple, la France, après le naufrage de l'Erika, a adopté un régime pénal répressif, et les pollutions semblent, en règle générale, en constante diminution (Morand-deviller, 2006)

Au Bénin le nombre d'infractions ayant fait l'objet de poursuites devant les tribunaux restent très faibles. En 2018 par exemple, seul un dossier a donné lieu à des condamnations devant le tribunal de première instance de première classe de Cotonou.

Les réflexions menées sur la problématique ont abouti aux suggestions suivantes :

- ✓ actualisation du Plan National d'Intervention d'Urgence en matière de pollution accidentelle par les hydrocarbures
- ✓ nécessité de réviser les législations nationales relatives à la protection du milieu marin ;
- ✓ création des tribunaux spéciaux pour les questions maritimes et environnementales ;
- ✓ établissement des instruments institutionnels nécessaires pour mettre en œuvre des législations nationales ;
- ✓ formation de la police sur la gestion des pollutions environnementales ;

SUCCES	POTENTIALITES
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Réactivité des acteurs</li> <li>❖ Prompte mobilisation des acteurs</li> <li>❖ Sécurisation des lieux par la police</li> <li>❖ Transfert sécurisé des hydrocarbures vers les cuves appropriées</li> <li>❖ Bon fonctionnement du système de renseignement et du système d'alerte</li> <li>❖ Organisation des patrouilles régulières en mer et sur le littoral</li> <li>❖ Préservation de l'intégrité écologique</li> <li>❖ Prise des mesures conservatoires</li> <li>❖ Bonne implication des acteurs privés</li> <li>❖ Parfaite cohésion des divers acteurs impliqués</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Existence et actualisation de divers plans de gestion de la pollution par les hydrocarbures</li> <li>❖ Existence des unités spécialisées par rapport à la question de la pollution environnementale</li> <li>❖ Existence d'un cadre de concertation</li> <li>❖ Volonté du gouvernement à sécuriser et protéger les eaux maritimes</li> <li>❖ Organisation régulière des simulations</li> <li>❖ Appui des partenaires techniques et financiers</li> <li>❖ Existence d'un partenariat entre les pays de la sous-région</li> </ul>
ECHECS	OBSTACLES
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Plan national d'intervention d'urgence en matière de pollution par les hydrocarbures non adaptés</li> <li>❖ Cas de pollution non maîtrisée</li> <li>❖ Faible taux de dossier de pollution traduit en justice</li> <li>❖ Faible capacité d'identification des auteurs de pollution</li> <li>❖ Manque d'expertise national de lutte contre les cas de pollution</li> <li>❖ Manque de matériels de lutte contre la pollution par les hydrocarbures</li> <li>❖ Absence d'un document d'évaluation des risques liés à la pollution par les hydrocarbures</li> <li>❖ Non-respect du plan de maintenance des installations</li> <li>❖ Inobservance des règles de transport des hydrocarbures</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Faible connaissance des plans par les acteurs</li> <li>❖ Lourdeur administrative</li> <li>❖ Mauvais fonctionnement du système d'alerte</li> <li>❖ Faible degré d'implication des acteurs locaux</li> <li>❖ Absence de collaboration des populations</li> <li>❖ Corruption des acteurs</li> <li>❖ Recrudescence des actes de criminalité en mer</li> <li>❖ Absence d'équipement de traitement des huiles usés au niveau du port</li> </ul>
CONCLUSIONS	ACTIONS A ENTREPRENDRE
<p>L'existence d'un plan régulièrement actualisé et d'un cadre de concertation fonctionnel et efficace avec des acteurs bien formés et bien équipés permet d'avoir un environnement marin bien protégé à l'abri de toutes situations de pollution</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Former les acteurs</li> <li>❖ Actualiser les plans</li> <li>❖ Organiser des exercices de simulation régulière</li> <li>❖ Doter le personnel de la police et autres acteurs en équipements adaptés à la lutte contre la pollution</li> <li>❖ Informer et former le personnel des collectivités sur leur responsabilité dans la gestion de la pollution</li> </ul>

**Figure 19** : Modele SEPOCA appliqué à l'étude du rôle de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou

## **Discussion**

L'augmentation exponentielle de la flotte maritime fait penser que la fin des catastrophes maritimes n'est pas à l'ordre du jour. Il devient impératif pour la communauté internationale, l'Etat du pavillon, l'Etat cotier et l'organisation maritime internationale de se mettre ensemble pour une meilleure gestion de la pollution marine par les hydrocarbures.

La pollution marine par les hydrocarbures peut être accidentelle comme elle peut être liée au fonctionnement normal des navires à savoir le degazage, le deballastage et les huiles usées. Si les deversements accidentels ont des conséquences lourdes sur l'environnement et produisent un effet médiatique avéré, la pollution liée au fonctionnement normal des navires quant à elle se produit tous les jours et passe inaperçue.

Il revient par conséquent aux acteurs de lutte d'affiner les techniques d'observation des eaux maritimes sous juridiction et de mettre en place des procédures judiciaires adaptées à l'ampleur du phénomène afin de dissuader les auteurs par les sanctions lourdes.

La police républicaine fait partie des acteurs clés dans le dispositif de lutte. Dans son ambition proactive a créé des unités spécialisées qui concourent efficacement à la protection de l'environnement marin béninois. Ces unités qui assurent l'ordre public dans le secteur concerné ont besoin en dehors du renforcement des capacités techniques, intellectuelles et opérationnelles, la dotation des équipements adéquats pour s'assurer de l'efficacité de leur intervention.

## **Conclusion**

Au moment pour les grands accidents d'origine pétrolière, principalement en milieu océanique ou côtier, des moyens importants de suivi et de gestion de la crise sont rapidement mis en place, la gestion des accidents de moindre importance, bien que beaucoup plus nombreux, est toujours assurée par des moyens limités, notamment en ce qui concerne les événements de pollution des eaux marines. La connaissance limitée de la nature et de l'importance de tels événements rend généralement les autorités chargées de prendre des mesures de protection sanitaire ou économique impuissantes face aux conséquences environnementales. Les pollutions aux hydrocarbures dans les eaux marines sont en pleine croissance en raison de l'augmentation du trafic maritime dans le monde.

Les cas de pollution marine par les hydrocarbures peuvent être accidentels ou volontaires (Galaf et Ghannam, 2003).

La participation de la police républicaine à la protection de l'environnement marin est reconnue aussi bien par les populations que par les cadres qui sont au cœur de l'action de l'état en mer.

Le Bénin dispose à ce titre d'un plan d'intervention d'urgence en matière de pollution accidentelle par les hydrocarbures qui nécessite d'être actualisé et vulgarisé pour permettre aux institutions de bien évaluer leur degré d'implication ainsi que les mécanismes à mettre en place au sein de leur administration pour une meilleure participation. La commune de Cotonou ainsi que les entreprises commercialisant les hydrocarbures ont mis en place des plans de gestion de la pollution. L'existence de ces plans constitue une avancée dans le domaine de lutte contre la pollution. Mais il faut également une bonne coordination et des exercices de simulation pour intégrer les réflexes d'intervention.

Malgré le rôle important joué par le Bénin en matière de prévention de la pollution par les hydrocarbures provenant des navires, et en matière d'intervention en cas de situation critique, certains États côtiers n'ont pas encore établi leur plan d'urgence national.

## **Bibliographie**

**Abe J. (2005).** Contribution à 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

**Ahoyo M. (2018).** Rôle de l'armée dans la gestion des catastrophes d'inondations à Cotonou (Benin)

**BEA mer (2006).** Abordage entre les deux navires citernes de gaz de pétrole liquidée Sigmagas et Happy Bride survenu le 4 janvier 2006 dans l'estuaire de la Loire. Technical report.

**Bonnemains, J., Bossard, C., Crépeau, E., and Fenn, E. (2011).** Atlas des marées noires dans les eaux intérieures du 1er janvier 2008 au 31 décembre 2010. Technical report, Association des Robins des Bois.

**Chalghmi H. (2017).** Etude de la pollution marine par les hydrocarbures et caractérisation de leurs effets biochimiques et moléculaires sur la palourde de *Ruditapes* sp.

**Dakouri J-Cl (2011).** Le droit maritime international et le transport des hydrocarbures

**Daniel, P. (1997).** Modélisation de la dérive des nappes d'hydrocarbures en mer. La Météorologie, serie.8, No.19, pp.6-17

**Degbe G. (2017).** Analyse de la dynamique du trait de côte du littoral béninois de 1984 à 2014.

**Goeury C. (2013).** Modélisation du transport des nappes d'hydrocarbures en zone continentale et estuarienne

**Gomez, D. (2010).** Etude approfondie de l'influence de la nature chimique des polluants hydrocarbures sur le calcul du risque sanitaire. Technical report, AXE environnement.

**Gouriou, V. (2012).** Analyse réglementaire de l'alerte et de la gestion des crises liées aux déversements accidentels d'hydrocarbures dans les eaux continentales et estuariennes

**Groupe de travail MIGR'HYCAR (2010).** Projet MIGR'HYCAR-Gestion opérationnelle des risques liés aux migrations de nappes d'hydrocarbures dans les eaux continentales. Technical report, Projet ANR.

**Leduc-Leballeur M. (2012).** Influence océanique du golfe de Guinée sur la mousson en Afrique de l'Ouest

**Jouan, M., Lazure, P., Daniel, P., and Josse, P. (2001).** Evaluation du potentiel de MARS3D pour la prévision de dérive de nappe d'hydrocarbures et comparaison avec MOTHY dans le cas de l'Erika. Technical report, IFREMER & Météo France.

**Pimsee P. (2014).** Etude du comportement des hydrocarbures aromatiques polycycliques (hap) lors du deversement accidentel d'hydrocarbures en eaux continentales

**Sablayrolles, C., Guyomarch, J., and Thouvenel, F. (2011).** Rapports sur les résultats de la caractérisation du comportement physico-chimique des hydrocarbures selon les conditions

**Tanguy Y. (2011).** Variabilité de la dynamique et la thermodynamique dans l'Atlantique tropical : Projet ARAMIS

**Thual, O. (2010).** Hydrodynamique de l'environnement. Edition de l'école Polytechnique.

**Warluzel, A. and Benque, J. (1981).** Un modèle mathématique de transport et d'étalement d'une nappe d'hydrocarbure. AIRH, pp.199-212.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Situation géographique et administrative de la zone d'étude.....	20
<b>Figure 2</b> : Régime pluviométrique moyen (1986-2016) de Cotonou.....	21
<b>Figure 3</b> : Variation saisonnière de la température de surface de la mer (2006 à 2016) .....	22
<b>Figure 4</b> : Vitesse moyenne du vent (m/s) Décembre 2015 à Octobre 2016.....	22
<b>Figure 5</b> : Vitesse moyenne (m/s) du courant de surface mesuré à 1,5 m Décembre 2015 à Octobre 2016.....	23
<b>Figure 6</b> : formations pédologiques de la ville de Cotonou.....	24
<b>Figure 7</b> : Morphologie de la ville de Cotonou.....	26
<b>Figure 8</b> : Répartition spatiale de la population des arrondissements de Cotonou, 2013 .....	27
<b>Figure 9</b> : Modèle SEPOCA appliqué à l'étude le rôle de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou.....	33
<b>Figure 10</b> : Processus de vieillissement d'une nappe d'hydrocarbures.....	39
<b>Figure 11</b> : Profil d'étalement d'une nappe d'hydrocarbures.....	41
<b>Figure 12</b> : sources de pollution marine des eaux de Cotonou.....	48
<b>Figure 13</b> : trafic d'hydrocarbures au PAC.....	49
<b>Figure 14</b> : Causes des accidents lors des déchargements des hydrocarbures.....	52
<b>Figure 15</b> : répartition des acteurs impliqués dans la lutte contre la pollution marine	54
<b>Figure 16</b> : Les principaux acteurs de la sécurité maritime au niveau international ...	61
<b>Figure 17</b> : organigramme de la police républicaine.....	64
<b>Figure 18</b> : Participation et efficacité de la police dans la gestion de la pollutions marine.....	66
<b>Figure 19</b> : Modele SEPOCA appliqué à l'étude du role de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux maritimes adjacentes à la ville de Cotonou.....	69

## Liste des tableaux

<b>Tableau I</b> : Répartition des enquêtés par quartier .....	30
<b>Tableau II</b> : Tableau récapitulatif des propriétés des hydrocarbures.....	35
<b>Tableau III</b> : Propriétés des pétroles bruts.....	37
<b>Tableau IV</b> : Composition chimique des principaux hydrocarbures pétroliers .	38
<b>Tableau V</b> : Phases d'étalement d'un hydrocarbure .....	40
<b>Tableau VI</b> : étalement d'une nappe d'hydrocarbure (sans vent ni courant) ....	42
<b>Tableau VII</b> . Composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers .....	57
<b>Tableau VIII</b> : Composition chimique des principaux hydrocarbures pétroliers .....	58

## Liste des planches

<b>Planche 1</b> : déchargement d'hydrocarbures au Port Autonome de Cotonou .....	51
<b>Planche 2</b> : Personnels et Equipements de la police pour la lutte contre la pollution.....	67

## Annexes

### Questionnaire destiné aux populations cibles

**Sujet de recherche :** Rôles de la police dans la gestion de la pollution marine par les hydrocarbures dans les eaux marines adjacentes à la ville de Cotonou

Cette enquête se réalise dans le cadre d'un mémoire de fin de formation en Gestion des Risques et Catastrophes au MIRD/IGATE/ UAC.

L'objectif global est : **évaluer la participation de la police dans la gestion des crises maritimes**

En effet, vous êtes ciblés parmi tant d'autre pour répondre à ce questionnaire dans le but d'obtenir des résultats fiables.

Nous vous assurons de l'anonymat de vos réponses et vous invitons à répondre objectivement.

#### I. Identification de la fiche

Numéro de la fiche					
Date de l'enquête	..... / ..... / 2018 ..... à .....heures.....				
Nom de l'enquêteur					
Nom de l'enquêté (facultatif)					
Sexe :	Âge :		Ethnie :		
Arrondissement :	Village :		Hameau :		
Niveau d'instruction	Supérieur <input type="checkbox"/>	Secondaire <input type="checkbox"/>	Primaire <input type="checkbox"/>	Coranique <input type="checkbox"/>	Analphabète <input type="checkbox"/>

Objectif spécifique 1 : Evaluer le système de gestion de la pollution marine dans la ville de Cotonou

#### 1- Depuis combien de temps résidez- vous dans le quartier ?

1= oui 2= non 0= sait pas

Moins de 2 ans	2-4ans	4-6ans	6-8ans	8-10ans	Plus de 10ans
----------------	--------	--------	--------	---------	---------------

#### 2- Quelle(s) activité(s) faites-vous ?

1= oui 2= non 0= autre

pêche	commerce	hôtellerie	Autres( à préciser)
-------	----------	------------	---------------------

#### 3-Quelle est la fréquence de vos activités§

Journalière	hebdomadaire	mensuelle
-------------	--------------	-----------

#### 5- Comment reconnaissez-vous la pollution marine ?

1= oui 2= non 0= sait pas

Couleur de l'eau	Ordeur	Couche d'huile à la surface de l'eau	Cadavres de poissons ou d'animaux sur la plage	Couleur de sable à la plage	Presence de couche d'huile les végétaux
------------------	--------	--------------------------------------	--	-----------------------------	---

#### 6- selon vous quelles sont les éléments de la pollution des eaux marines ?

1= oui 2= non 0= sait pas

Déchets solides	Les carburants	Déchets liquides	hydrocarbures	Catastrophes des navires	autres
-----------------	----------------	------------------	---------------	--------------------------	--------

#### 7- En cas de pollution, quels sont , selon vous , les acteurs qui interviennent dans la gestion ?

1= oui 2= non 0= sait p

Police	armée	ONG	government	autres
--------	-------	-----	------------	--------

**8 - D'après vous la police joue-t-elle un rôle dans la gestion de la pollution marine ?**

1= oui      2= non      0= sait pas

9- Si oui , comment appréciez vous ses actions ?

passable	Assez bien	bien	Tres bien	Sait pas
----------	------------	------	-----------	----------

**Mot de remerciement**

Je vous remercie une fois encore d'avoir répondu présents à mon invitation. Je tiens à vous dire que j'ai beaucoup appris de vous. Je voudrais profiter de cette occasion pour solliciter votre disponibilité pour des entretiens individuels dans les tous prochains jours pour l'approfondissement des points débattus au cours de cet entretien

## Table des matières

SOMMAIRE .....	2
DEDICACE.....	3
SIGLES ET ACRONYMES .....	4
REMERCIEMENTS .....	6
RESUME.....	7
ABSTRACT .....	7
INTRODUCTION.....	8
CHAPITRE I : CADRES THEORIQUE ET GEOGRAPHIQUE ET APPROCHES	
METHODOLOGIQUES .....	10
1.1 CADRE THEORIQUE .....	10
1.1.1 Problématique.....	10
1.1.2 Hypothèses et objectifs de recherche .....	13
1.1.3 Objectifs de recherche .....	13
1. ÉVALUER LE SYSTEME DE GESTION DE LA POLLUTION MARINE PAR LES HYDROCARBURES DANS LES EAUX MARITIMES ADJACENTES A LA VILLE DE COTONOU ; .....	13
2. ANALYSER LES POTENTIALITES INTELLECTUELLES, TECHNIQUES ET MATERIELLES DE LA POLICE DANS LA GESTION DE LA POLLUTION MARINE PAR LES HYDROCARBURES A COTONOU ; .....	13
3. PROPOSER UNE STRATEGIE POUR UNE PARTICIPATION PLUS EFFICACE DE LA POLICE DANS LA GESTION DE POLLUTION MARINE A COTONOU. ....	13
1.1.4 Etat des connaissances .....	13
CLARIFICATION DES CONCEPTS .....	16
1.2 CADRE GEOGRAPHIQUE.....	19
1.2.1 Présentation de la zone d'étude .....	19
1.2.2 Contexte climatique et hydrologique .....	21
.....	23
1.2.3 Caractéristiques pédologiques .....	23
1.2.4 Caractéristiques morphologiques de la ville de Cotonou.....	24
REPARTITION SPATIALE DE LA POPULATION .....	27
1.3 APPROCHE METHODOLOGIQUE .....	27

1.3.1	Présentation des données utilisées.....	28
1.3.2	Méthodes de collecte de données .....	28
1.3.2.1	Recherche documentaire .....	28
1.3.2.2	Travaux de terrain .....	28
1.3.2.3	Techniques de dépouillement et de traitement des données .....	30
1.3.2.4	Analyse des résultats .....	33
<b>CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES HYDROCARBURES,</b>		
<b>CAUSES DES POLLUTIONS MARINES PAR LES HYDROCARBURES ET RISQUES</b>		
<b>LIES A LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES AU BENIN.....</b>		
2.1	GENERALITES SUR LES HYDROCARBURES.....	34
2.1.1	Le pétrole et les produits pétroliers .....	34
2.1.2	Caractéristiques physiques essentielles .....	35
2.1.3	Différents processus mis en jeu lors d'une pollution.....	38
2.1.3.1	Transport de la nappe d'hydrocarbures.....	39
2.1.3.2	Processus de vieillissement des hydrocarbures .....	39
2.2	CAUSES DES POLLUTIONS MARINES PAR LES HYDROCARBURES .....	42
2.2.1	Origines naturelles des hydrocarbures en milieu marin .....	43
2.2.1.1	Suintements sous-marins.....	43
2.2.1.2	Diagenèse précoce de la matière organique .....	43
2.2.2	Origine anthropique des hydrocarbures .....	44
2.2.2.1	Transport des produits pétroliers.....	48
2.2.2.2	Processus de transfert d'hydrocarbures.....	49
2.2.2.3	Stockage .....	52
2.2.2.3.1	Description de l'unité .....	52
2.2.2.3.2	Bacs atmosphériques de stockage .....	52
2.2.2.3.3	Séparateurs semi-enterrés.....	53
2.2.2.3.4	Pomperies .....	53
2.2.2.3.5	Lignes de transfert de produits .....	53
2.2.2.3.6	Poste de chargement HC et poste de chargement fuel .....	53
2.2.2.3.7	Poste de chargement « GPL vrac » .....	53
2.2.2.3.8	Centre emplisseur.....	53
2.2.2.3.9	Magasin .....	54
2.3	GESTION DE LA POLLUTION MARINE A COTONOU .....	54

CHAPITRE III : GESTION DES LA POLLUTION MARINES PAR LES HYDROCARBURES ET STRATEGIE D'UNE PARTICIPATION EFFICACE DE LA POLICE BENINOISE.....	55
3.1 GESTION DE LA POLLUTION MARINE.....	55
3.1.1 Généralités sur les hydrocarbures .....	55
3.1.2 Etapes de gestion de la pollution marine.....	59
3.1.2.1 Plans de gestion de la pollution.....	59
3.1.2.2 Etapes de gestion de la pollution.....	59
3.1.3 Acteurs de gestion de la pollution marine .....	61
.....	62
3.2 PRESENTATION ET ORGANISATION DE LA POLICE DU BENIN .....	63
3.2.1 Présentation .....	63
3.2.2 Organisation de la police républicaine .....	64
3.3 MISSION DE LA POLICE REPUBLICAINE DANS LA GESTION DE LA POLLUTION MARINE.....	65
3.3.1 Personnels et matériels de la police pour gestion des pollutions marine .....	66
3.4. SUGGESTIONS POUR UNE MEILLEURE PARTICIPATION DE LA POLICE A LA GESTION DE LA POLLUTION MARINE PAR LES HYDROCARBURES.....	67
DISCUSSION .....	70
CONCLUSION .....	71
BIBLIOGRAPHIE .....	73
LISTE DES FIGURES .....	75
LISTE DES TABLEAUX.....	76
LISTE DES PLANCHES.....	76
ANNEXES .....	77
TABLE DES MATIERES .....	79