



**Shell**



# **PERMIS D'EXPLORATION GUYANE MARITIME REALISATION D'UNE CAMPAGNE SISMIQUE 3D**

## **VOLUME 1 – RESUME NON TECHNIQUE DU DOCUMENT D'APPRECIATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX (DAIE) Sismique**

Montpellier, Mars 2012  
Dossier 1-12013E



**Siège Social CREOCEAN**  
Zone Technocéan / Chef de Baie  
Rue Charles Tellier  
17000 La Rochelle - France  
Tél : 05.46.41.13.13  
Fax : 05.46.50.51.02

E-mail : [creocean@creocean.fr](mailto:creocean@creocean.fr)  
Web : [www.creocean.fr](http://www.creocean.fr)



# SOMMAIRE

---

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>1</b>
<b>1 - INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2 - SITUATION DU PROJET .....</b>	<b>2</b>
<b>3 - METHODOLOGIE .....</b>	<b>4</b>
3.1 - INTENSITE DES EFFETS .....	4
3.2 - FREQUENCE ET DUREE DES EFFETS .....	4
3.3 - SENSIBILITE DES COMPOSANTES ENVIRONNEMENTALES .....	5
3.4 - NOTATION GLOBALE D'UN EFFET .....	5
<b>4 - LES OPERATIONS DE SISMIQUE .....</b>	<b>6</b>
4.1 - UNE OPERATION NECESSITANT DES MOYENS NAUTIQUES SPECIALISES.....	6
4.2 - UNE OPERATION GENERANT DES ONDES SISMIQUES DONT L'INTENSITE DECROIT AVEC LA DISTANCE .....	6
4.2.1 - Principe de la sismique réflexion marine .....	6
4.2.2 - Méthode d'acquisition .....	7
4.2.3 - Nature des ondes sismiques .....	7
4.2.4 - Intensité des ondes sismiques.....	7
4.3 - UNE OPERATION QUI NECESSITE UNE GRANDE ORGANISATION .....	8
4.3.1 - Calendrier des opérations.....	8
4.3.2 - Port de mobilisation/démobilisation .....	8
4.3.3 - Organisation de la campagne.....	8
<b>5 - DESCRIPTION DE L'ETAT ACTUEL DU SITE .....</b>	<b>9</b>
5.1 - UN SITE OU LES COURANTS SONT VARIABLES ET FORTS.....	9
5.2 - UNE EAU PAUVRE EN NUTRIMENTS MAIS DE BONNE QUALITE.....	9
5.3 - DES SEDIMENTS FINS SANS TRACES DE POLLUTION.....	9

5.4 - UN MILIEU PAUVRE EN PHYTOPLANCTON.....	9
5.5 - UN BENTHOS RICHE, DIVERSIFIE ET LARGEMENT REPANDU .....	10
5.6 - UN SITE AVEC PEU DE POISSONS PRES DU FOND .....	10
5.7 - LA PRESENCE DE TORTUES MARINES SUR LE SITE.....	10
5.8 - UN SITE FREQUENTE PAR LES OISEAUX MARINS .....	11
5.9 - UNE PRESENCE DE CETACES AVEREE.....	11
5.10 -DES USAGES MARITIMES LIMITES .....	11
<b>6 - IMPACTS DE L'ETUDE SISMIQUE .....</b>	<b>12</b>
6.1 - DES SOURCES D'IMPACT LIEES AU PROJET .....	12
6.2 - DES IMPACTS DE MAGNITUDE VARIABLE .....	12
6.3 - MESURES D'ATTENUATION DU PROJET.....	14
6.3.1 - Mesures de réduction des impacts .....	14
6.3.1.1 - Mesures destinées à réduire les émissions vers l'environnement.....	14
6.3.1.2 - Mesures destinées à réduire les effets sur la faune .....	15
6.3.2 - Magnitude des impacts après atténuation .....	19
6.3.3 - Mesures de suivi/contrôle .....	22
6.3.4 - Synthèse sur le projet .....	23

# 1 - INTRODUCTION

---

Shell prévoit de procéder à la réalisation d'une campagne d'acquisition de données sismiques 3D au large de la Guyane. En 2009, Tullow Oil avait réalisé une campagne sismique 3D de grande ampleur au large de l'Est guyanais, sur une zone de 2 800 km<sup>2</sup>. Un certain nombre de pièges géologiques susceptibles de contenir des hydrocarbures ont été ainsi mis en évidence. L'exploration sismique prévue par Shell en 2012 va permettre de fournir des informations sur d'autres réservoirs potentiels dans des zones moyennes, à l'ouest et à l'est sur une surface d'environ 5300 km<sup>2</sup>.

La présente étude d'impact constitue la Pièce n°3 du dossier de déclaration d'ouverture de travaux (DOT) à produire aux Services de l'Etat afin d'obtenir l'autorisation de réaliser l'exploration sismique. Son but est d'évaluer la compatibilité de ce projet avec les contraintes environnementales et les activités humaines de la zone de prospection sismique et de ses alentours. La méthodologie adoptée pour analyser cette compatibilité repose sur plusieurs étapes :

- En premier, décrire le **projet**,
- Ensuite, analyser **l'état actuel** du site et, plus largement, des zones marines et littorales de l'est de la Guyane,
- Enfin, déterminer les **impacts du projet en fonctionnement normal** sur l'environnement marin et proposer des mesures visant à **supprimer ou atténuer** ces effets.

**Ce document est un résumé technique du DAIE complet (Volume 2) qui est en consultation libre pendant les heures d'ouvertures de la DEAL, service instructeur de dossier.**

Cette étude d'impact est accompagnée d'un résumé non technique et d'une liste de références bibliographiques. Elle a été réalisée sous la direction d'Eric Dutrieux par :

- Sébasien Thorin, Xavier Dolbeau et Mehdi Dernouny pour la partie état actuel de l'environnement,
- Xavier Dolbeau et Mehdi Dernouny, pour la description du projet et l'étude des impacts.

La description de l'état initial du milieu se base sur des études préexistantes, ainsi que sur l'analyse des observations des vertébrés faites sur la zone depuis 2009 par le Pr. Marc Girondot, de l'Université Paris Sud – AgroParisTech – CNRS, et son équipe.

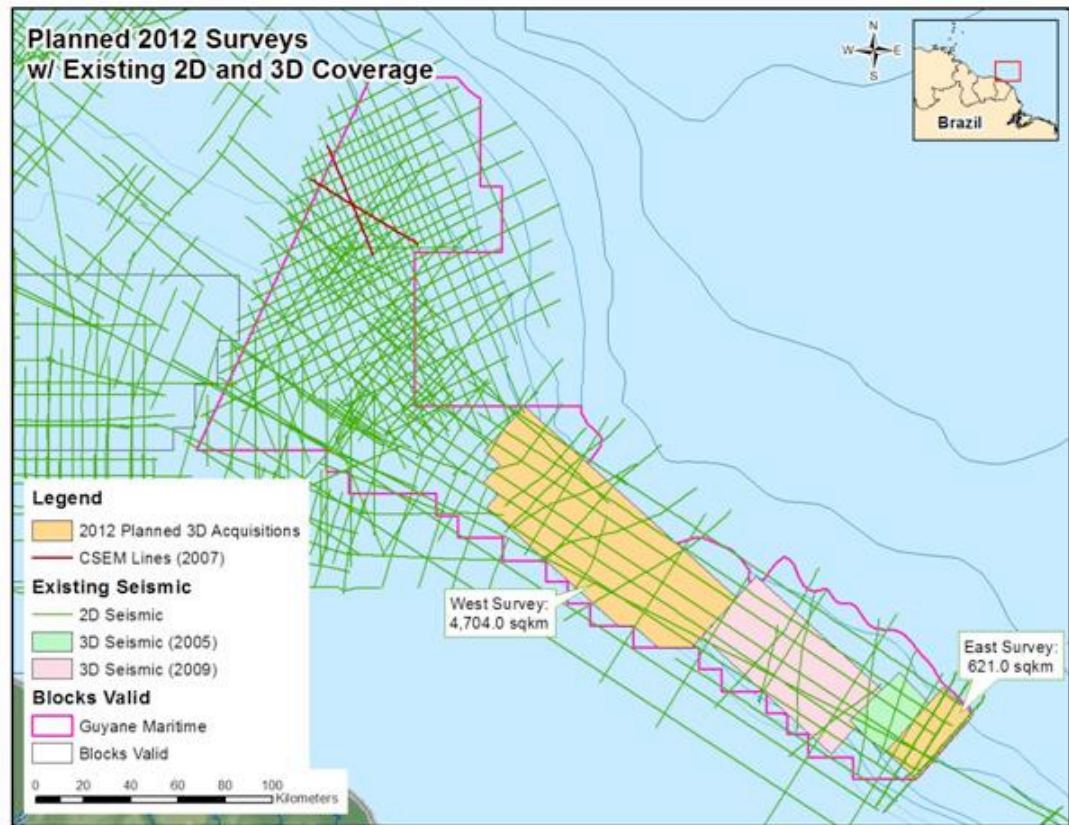
## 2 - SITUATION DU PROJET

---

Shell envisage de procéder à la réalisation d'une campagne d'acquisition de données sismiques 3D au large de la Guyane. L'aire de prospection se trouve à 130 km des côtes et s'étend sur environ 5300 km<sup>2</sup> (répartis en deux zones de prospection) inclus dans le Permis Exclusif de Recherche d'Hydrocarbures (PERH) Guyane Maritime.

Un certain nombre d'informations existent concernant ce secteur qui se trouve en périphérie du talus continental et qui s'étend sur le domaine profond. Une partie de ces informations a été acquise lors d'une campagne réalisée par Créocéan en 2006, en vue de l'analyse des impacts d'un forage d'exploration à Kawana par la société Hardman Petroleum France SAS. Depuis, d'autres données ont été obtenues pour la société Tullow Oil, maison-mère d'Hardman Petroleum France SAS, en lien avec une campagne de reconnaissance sismique 3D qui s'est déroulée fin 2009 et début 2010. Enfin des données consécutives à l'exploration du réservoir Zaedyus (forage GM-ES-1) en 2011 par Tullow Oil ont été utilisées pour la réalisation de ce document.

### Localisation de la zone d'exploration sismique.



Le plan de ce document comporte la description du projet, l'état actuel du site et les effets de la réalisation de l'étude sismique 3D.

La campagne de reconnaissance sismique 3D menée en 2009-2010 sur une superficie de 2 800 km<sup>2</sup> a mis en évidence les structures géologiques du talus continental et du début du domaine profond de l'Est guyanais. La campagne sismique prévue en 2012 va permettre de fournir des informations sur d'autres réservoirs potentiels dans des zones mitoyennes, à l'ouest et à l'est.

L'opération sur site doit durer **approximativement sept mois**. Elle nécessitera la présence d'un navire sismique, de deux navires d'escorte et d'un navire de ravitaillement. Cette flotte aura une emprise mobile d'environ 200 ha sur le plan d'eau et mobilisera environ 90 personnes.

## 3 - METHODOLOGIE

---

La méthode utilisée pour évaluer la magnitude des impacts spécifiques du projet sur l'environnement naturel et humain a été effectuée en trois étapes successives.

### 3.1 - Intensité des effets

Dans un premier temps, l'intensité des impacts de ce projet sur l'eau, sur les sédiments, sur l'air et sur les usages a été abordée successivement.

L'intensité des effets a consisté à simuler ou calculer, chaque fois que cela a été possible, l'effet sur les variables physiques et biologiques.

L'aspect lié à la présence et la densité des espèces repose sur des données bibliographiques, d'observations sur le site de GM-ES-1, de Kawana, de l'ensemble de la zone de prospection sismique, ou de **modélisations de la présence en mer**. En ce qui concerne les tortues marines, la modélisation a été réalisée dans le cadre de cette étude par le Professeur Marc Girondot de l'Université Paris Sud. La modélisation s'appuie sur des données statistiques de ponte sur les littoraux de Guyane française et de l'est du Surinam, sur le comportement en mer d'individus équipés de balises et sur les données de survol de la zone. Pour les mammifères marins, le Centre de Recherche des Mammifères Marins (CRMM) de La Rochelle a procédé, en se basant sur des données issues de survols, à la réalisation de modèles spatiaux de la distribution des animaux, dans le cadre de l'étude de distribution et d'abondance des cétacés dans la zone économique exclusive de Guyane française, pour l'Agence des Aires Marines Protégées. Des survols aériens ont également été conduits par l'équipe du professeur Girondot en 2010 et 2011.

L'intensité de l'effet est évaluée en se référant à des seuils de qualité, des valeurs écotoxicologiques ou à des données de la littérature scientifique.

### 3.2 - Fréquence et durée des effets

Le paramètre temporel (fréquence et durée de l'effet) est renseigné.



### 3.3 - Sensibilité des composantes environnementales

La sensibilité du milieu touchée est déterminée différemment sur le milieu physique, sur le milieu biologique et sur les usages.

La sensibilité du **milieu physique** est liée à la capacité de disperser une perturbation. La sensibilité du **milieu biologique** est liée à la notion de chaîne trophique, et à la capacité de bioaccumulation des divers biotes en fonction des différents contaminants. La sensibilité d'un **usage** est liée aux répercussions pouvant résulter du projet.

### 3.4 - Notation globale d'un effet

Chaque couple effet/composante est noté sur les 3 critères d'intensité, de fréquence/durée et de sensibilité. Une note est attribuée pour chaque critère en fonction des grilles d'évaluation définies aux paragraphes précédents. La note finale est obtenue par multiplication des 3 notes. Le total est alors comparé à la grille d'évaluation globale suivante.

**Grille d'évaluation globale des effets**

Description	Note globale
Effet nul ou positif	< 3
Effet négligeable à faible	3 à 8
Effet faible à moyen	9 à 16
Effet moyen à fort	17 à 30
Effet fort à très fort	>30

## 4 - LES OPERATIONS DE SISMIQUE

---

### 4.1 - Une opération nécessitant des moyens nautiques spécialisés

Le premier élément nécessaire à l'opération d'acquisition de données sismiques est le support nautique. Pour cette campagne, **4 navires seront utilisés** :

- **un navire sismique** possédant la source sismique (deux canons à air tirant alternativement) et tractant des récepteurs (hydrophones) assemblés en flutes (streamers).
- **deux navires d'escorte**, servant à éloigner le trafic maritime de la zone d'évolution du navire sismique
- **un navire d'approvisionnement** faisant la liaison entre les autres unités et la terre.

### 4.2 - Une opération générant des ondes sismiques dont l'intensité décroît avec la distance

#### 4.2.1 - *Principe de la sismique réflexion marine*

Une source sismique émet des ondes dirigées vers le fond de la mer. Ces ondes vont, en partie, être réfléchies à la surface des sédiments. La partie qui va pénétrer dans les fonds marins va, de même, être en partie réfléchi à chaque interface physique du sous-sol, qu'il s'agisse d'une limite de couche, d'un aquifère ou d'une poche d'hydrocarbures.

Les ondes réfléchies sont enregistrées par des hydrophones, engins acoustiques spécialisés, situés à la surface de la mer.

#### 4.2.2 - *Méthode d'acquisition*

La méthode utilisée lors de cette campagne sera la sismique tridimensionnelle ou sismique 3D. Le navire effectue successivement des traits de navigation parallèles à une vitesse comprise en 3 et 5 nœuds. En fin de trait, il effectue un virage à 180°.

Dans le cas présent, un dispositif alliant deux sources sismiques et douze flûtes a été choisi. L'intérêt de la méthode est de couvrir à chaque trait environ deux fois plus de surface qu'avec un système monosource et donc de limiter le nombre de passages.

#### 4.2.3 - *Nature des ondes sismiques*

Quand l'énergie de la source sismique est libérée dans l'environnement marin, des ondes de pression sont créées dans la colonne d'eau, aussi nommées ondes de compression ou ondes primaires (P-waves). L'intensité de la pression est appelée l'amplitude. L'énergie de l'onde créée est proportionnelle au carré de cette amplitude, si bien que les deux termes sont utilisés pour qualifier l'intensité d'une onde. Les capteurs, aussi appelés hydrophones, font des mesures précises des amplitudes de ces ondes. La vitesse du son dans l'eau de mer et la densité d'eau de mer peuvent varier du fait des conditions de salinité, de température et de composition.

Lorsque les ondes-P atteignent le fond de la mer et pénètrent dans le sous-sol, elles sont en partie réfléchies à chaque interface physique de ce sous-sol. Les hydrophones en surface captent ces ondes réfléchies. Lorsque les ondes P se propagent dans les différentes couches du sous-sol, une partie d'entre elles changent de nature (mode conversion) et deviennent des ondes-S ou ondes secondaires ou ondes de cisaillement. Ce phénomène intervient lorsque le milieu rencontré par l'onde-P présente une impédance acoustique (résistance au son) différente et un angle d'incidence particulier. Ces ondes-S de cisaillement ne peuvent se transmettre dans l'eau et ne sont pas captées par les hydrophones (certaines études utilisent un capteur de fond afin d'enregistrer ces signaux. Ce ne sera pas le cas dans cette étude).

#### 4.2.4 - *Intensité des ondes sismiques*

Pour des questions de hauteur d'eau et de pénétration suffisante des ondes dans les formations géologiques, l'intensité des ondes est très élevée.

Cette intensité décroît rapidement avec l'éloignement : la perte de transmission (ou diminution d'intensité) se produit lors de la propagation du son dans l'eau de mer.

## 4.3 - Une opération qui nécessite une grande organisation

### 4.3.1 - *Calendrier des opérations*

La fenêtre prévue pour la réalisation de l'opération s'inscrit entre juin et décembre 2012. Au total 214 jours de mobilisation sont prévus, route sur zone comprise.

### 4.3.2 - *Port de mobilisation/démobilisation*

Le port de mobilisation et de démobilitation de la flotte de navires sera Port of Spain sur l'île de la Trinité située à environ 1400 kilomètres de l'aire de prospection.

### 4.3.3 - *Organisation de la campagne*

La flotte sera constituée de 90 hommes au maximum. Elle naviguera de son port de mobilisation vers l'aire de prospection et commencera à déployer son dispositif d'étude (flûtes hydrophones, câbles et autres équipements marins). Une série de tests sera entreprise (environ 5 à 7 jours) puis le navire commencera à acquérir les données sismiques.

Les bateaux d'assistance seront utilisés pour encadrer les opérations et mettre en place un périmètre de sécurité de 15 km autour du navire principal et de son dispositif tracté.

Le navire d'approvisionnement effectuera tout au long de la campagne des allers-retours entre la flotte et Port of Spain pour le ravitaillement.

## 5 - DESCRIPTION DE L'ETAT ACTUEL DU SITE

---

La description de l'état actuel du site (ou état initial) concerne le milieu physique, le milieu biologique et les activités humaines du site et de ses alentours.

### 5.1 - Un site où les courants sont variables et forts

L'analyse des courants au large de la Guyane montre deux situations contrastées :

- de janvier à juin, le courant est parallèle à la côte, dirigé vers le nord-ouest,
- de juillet à décembre, le courant est dévié vers l'est au droit du delta de l'Amazone. Ceci génère au large du plateau continental des gyres (boucles) de courant qui se déplacent vers les Antilles.

Les courants de surface de la zone de projet sont assez forts (0,7 à 0,8 m/s en moyenne sur l'année).

### 5.2 - Une eau pauvre en nutriments mais de bonne qualité

L'eau de mer du site proche de Kawana montre des faibles teneurs en éléments nutritifs (ou nutriments). Par ailleurs, les teneurs en contaminants (métaux lourds et hydrocarbures) sont faibles, hormis une valeur pour le zinc. On note en surface la présence saisonnière d'eaux plus douces et plus riches en nutriments, en provenance de l'embouchure de l'Amazone, voire des fleuves guyanais.

### 5.3 - Des sédiments fins sans traces de pollution

Sur le site voisin de Kawana, les sédiments sont composés de vases argileuses. Ils présentent des teneurs en nutriments faibles à élevées. La recherche de contaminants (métaux lourds et hydrocarbures) a montré des niveaux faibles, sauf pour l'aluminium, le cuivre, le nickel et le sélénium pour lesquels les niveaux de contamination sont moyens, voire élevé pour la borne supérieure de l'aluminium.

### 5.4 - Un milieu pauvre en phytoplancton

Les eaux du site de Kawana, contenaient peu de nutriments en juin 2006, ce qui n'est pas favorable au développement du phytoplancton, point de départ de la chaîne alimentaire.

Cependant, l'influence saisonnière des apports en provenance de l'Amazonie entraîne une augmentation de la concentration en phytoplancton.

## 5.5 - Un benthos riche, diversifié et largement répandu

La présence de nutriments dans le sédiment autorise le développement d'invertébrés sur et dans le fond marin : le benthos. Les données du site voisin de Kawana montrent un peuplement benthique riche et diversifié, composé de crustacés, de vers et de mollusques. Il est dominé par les espèces détritivores, c'est-à-dire se nourrissant de la matière organique du sédiment. Les espèces rencontrées sont communes et leur association se retrouve également dans l'ouest de la Guyane : ce peuplement est largement représenté au-delà du plateau continental de la Guyane, et ne présente pas un intérêt spécifique.

## 5.6 - Un site avec peu de poissons près du fond

Un chalutage réalisé sur le fond à proximité du site voisin de Kawana a révélé peu d'espèces et peu d'individus. La zone de projet apparaît pauvre en poissons de fond.

## 5.7 - La présence de tortues marines sur le site

Cinq espèces de tortues marines fréquentent les eaux guyanaises. Il s'agit de la tortue luth, de la tortue verte, de la tortue olivâtre, de la tortue imbriquée et de la caouanne. Toutes ces espèces sont intégralement protégées en Guyane. Les trois premières espèces viennent pondre régulièrement en Guyane et dans l'est du Surinam.

L'évaluation de leur présence dans la zone du projet a été menée par trois approches complémentaires : modélisation de la présence en mer, survols de la zone et pose de balises Argos sur des tortues luths et olivâtres. Ces trois méthodes concluent à la présence saisonnière de tortues dans l'emprise du projet, mais avec des densités faibles.

## 5.8 - Un site fréquenté par les oiseaux marins

La zone d'étude peut accueillir potentiellement jusqu'à une cinquantaine d'espèces différentes au cours de l'année, auquel il faudrait ajouter des espèces migratrices, même si actuellement un peu plus de 20 ont été réellement identifiées. Seules deux espèces potentiellement présentes dans la zone du projet sont menacées au niveau mondial : la sterne élégante et l'albatros à bec jaune.

On observe une succession des espèces au cours de l'année, en fonction des conditions océano-météorologiques. Pour la période de juin à décembre, durant laquelle s'effectueront les opérations sismiques, les nombres d'oiseaux attendus sont moyens.

## 5.9 - Une présence de cétacés avérée

La bibliographie mentionne une vingtaine d'espèces potentiellement présentes dans la zone du talus continental et du domaine profond guyanais, dans laquelle se trouve l'aire de prospection sismique. Ces espèces y sont, de manière permanente ou saisonnière. Cette présence a été confirmée lors d'opérations en mer depuis 2005, mais aussi grâce à des campagnes de survol en 2006, 2008, 2009 et 2010 et 2011. Ces investigations ont permis d'identifier au moins 15 espèces au-delà du plateau continental. Une saisonnalité importante a été démontrée et une plus forte fréquentation de la zone par les cétacés a été observée en septembre et octobre.

## 5.10 - Des usages maritimes limités

La pêche industrielle à la crevette et la navigation de commerce sont les seuls usages répertoriés au voisinage de la zone du projet.

Bien que s'étendant théoriquement jusqu'à des fonds de 1 000 m, la pêche à la crevette est actuellement cantonnée au plateau continental. La pêche au vivaneau peut, quant à elle, s'exercer à l'aplomb de hauteurs d'eau allant jusqu'à 1 000 m. Des navires de pêches sont donc susceptibles de fréquenter la zone du projet.

Celle-ci est également susceptible de recouper des couloirs de navigation commerciale.

## 6 - IMPACTS DE L'ETUDE SISMIQUE

---

La méthodologie utilisée pour analyser les effets du projet liste les sources d'impacts, puis évalue la magnitude des effets sur chaque composante de l'environnement naturel et humain. Des mesures d'accompagnement du projet sont ensuite évoquées.

### 6.1 - Des sources d'impact liées au projet

Les sources d'impact de la campagne de prospection par sismique 3D sont:

- Les supports nautiques, du fait de leur présence, de leurs émissions solides, liquides et gazeuses, de leurs bruits, ainsi que leur éclairage,
- Les ondes sismiques générées pour l'étude du fond marin.

### 6.2 - Des impacts de magnitude variable

Chaque source d'impact est mise en regard de toutes les composantes de l'environnement. La magnitude de chaque couple « source/composante » est évaluée sous trois aspects :

- l'intensité, qui représente l'ampleur de la perturbation par rapport à l'état actuel (par exemple, la teneur actuelle en polluants, la présence de la vie marine ou l'effet sur les usages existants),
- le paramètre temporel qui couple la fréquence de l'impact et la durée de son effet sur chaque composante concernée.
- la sensibilité de la composante environnementale, basée sur la capacité de renouvellement du milieu (pour les paramètres physiques ou son statut de protection pour la biologie).

Chacun de ses aspects est noté, entre 0 et 3 ou entre 0 et 4.

La notation finale est obtenue en multipliant les trois notes intermédiaires. Le total est alors comparé à une grille de magnitude. L'analyse des impacts du projet d'étude sismique sur l'environnement est résumée dans le tableau suivant.



Sources d'impact	Eau					Sédiment				Air		Usages		Littoral		
	Physicochimie	Plancton	Poissons	Tortues	Cétacés	Bathymétrie	Nature du fond	Physicochimie	Benthos	Qualité	Oiseaux	Pêche	Trafic maritime	Habitats et espèces côtières	Activités de loisir	Patrimoine archéologique
Présence des moyens nautiques et vibrations			D	D	D						D		D			
Déchets solides	D			D	D						D					
Eaux usées	D	D	I	I	I						I	I				
Pollution lumineuse		D	I	I	I						I					
Emissions gazeuses										D						
Ondes sismiques			D	D	D				D		I	I				

D : Impact direct

I : Impact indirect

Code de couleur de la magnitude des impacts

Sans objet (pas d'interaction)	Impact nul ou positif	< 3	Impact négligeable à faible	3 à 8	Impact faible à moyen	9 à 16	Impact moyen à fort	17 à 30	Impact fort à très fort	>30
--------------------------------	-----------------------	-----	-----------------------------	-------	-----------------------	--------	---------------------	---------	-------------------------	-----

L'analyse montre que les impacts du projet sont nuls à forts. Ceci tient essentiellement à l'existence d'effets significatifs prévus sur certaines composantes de l'environnement (tortues, cétacés) du fait de leurs densités sur la zone du projet et de leur sensibilité particulière aux ondes émises par la source sismique.

## 6.3 - Mesures d'atténuation du projet

### 6.3.1 - *Mesures de réduction des impacts*

Les mesures d'intégration sont destinées à supprimer, ou tout au moins à minimiser de manière significative les effets sur l'environnement.

#### **6.3.1.1 - Mesures destinées à réduire les émissions vers l'environnement**

##### a) Mise en œuvre stricte des consignes HSE

La mise en œuvre d'un système de gestion Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE) est fondamentale, aussi bien pour les personnels que pour limiter les émissions vers l'environnement. Shell évalue les différents prestataires et sous-traitants qui postulent pour tout contrat sur des critères, dont leur gestion des questions HSE (cf. Annexe 6 du volume 2).

Le système HSE, au travers de consignes et de rapports, encadre chaque activité à bord du support nautique. Ce système sera en accord avec la convention MARPOL.

Parmi les activités visées (annexe V de la convention MARPOL), la bonne gestion des déchets est une source de lutte contre les rejets non contrôlés et contre les comportements inappropriés (déchets jetés par-dessus bord). La bonne gestion des rejets liquides dus à la vie à bord (annexe IV de la convention MARPOL) est également une source de lutte contre la pollution. Un plan de gestion des déchets préliminaire est proposé en annexe 7 du volume 2. Toutefois ce plan devra être actualisé et complété en incluant les actions des autres partenaires de l'opération afin d'intégrer toutes les procédures existantes.

Le fonctionnement du système HSE inclut une évaluation interne du prestataire. Cette évaluation peut amener, le cas échéant, à modifier les pratiques à bord afin de minimiser les effets sur l'environnement. Les résultats de cette évaluation seront fournis à la DEAL.

b) Entretien régulier

L'entretien régulier des moteurs, compresseurs, groupes électrogènes, batteries et flexibles est un moyen préventif de lutte contre les accidents et contre les rejets dans l'environnement qui peuvent en résulter (carburants, fluides hydrauliques, CO<sup>2</sup> etc.). Il sera en accord avec les préconisations de la convention MARPOL ainsi qu'avec les recommandations du fabricant. Les cahiers de maintenance seront fournis à la DEAL sur simple demande.

c) Matériel de lutte contre les rejets accidentels et personnels qualifiés et formés

Si, en dépit des règles HSE et de l'entretien, un rejet accidentel survenait, il est très important de disposer de moyens de lutte appropriés et de personnels formés à leur mise en œuvre, de manière à confiner et résorber le rejet.

Conformément à ce qui est détaillé dans le plan de prévention contre les déversements accidentels, des matériels de lutte anti-pollution seront présents à bord des moyens nautiques ainsi que du personnel entraîné à les mettre en œuvre.

#### **6.3.1.2 - Mesures destinées à réduire les effets sur la faune**

Les éléments suivants fournissent un cadre général pour l'action des observateurs. Cependant des procédures détaillées seront établies préliminairement à tout démarrage d'activité et seront disponibles sur demande pour fourniture à la DEAL.

a) Présence d'observateurs à bord des navires

Des observateurs seront présents à bord afin de prévenir toute présence de mammifères marins, tortues, requins ou raies aux abords de la flotte. Les procédures d'observation et de mise en route de l'activité sont basées sur :

- Les lignes directrices du JNCC (Royaume unis)
- Les mesures d'atténuations en vigueur dans le golfe du Mexique (Etats-Unis)
- L'expérience de Shell au Gabon, Sakhalin, Colombie, etc.
- Les bonnes pratiques en vigueur dans l'industrie sismique.

Ces procédures sont :

- Des observations pré-opérationnelles sont faites avant le démarrage progressif de l'airgun (soft-start) sur une période de 60 minutes et dans un rayon de 500 mètres correspondant à une zone d'exclusion.
- Si un animal est observé dans la zone, le démarrage progressif est retardé jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'individu dans la zone de d'exclusion.
- Le démarrage progressif est amorcé par un tir de faible intensité. Les autres sources sismiques sont activées graduellement sur une période comprise entre 20 et 40 minutes maximum.
- Si des individus sont observés dans la zone d'exclusion une fois que le soft-start est débuté ou pendant que les airguns sont à pleine puissance, la procédure ne peut être interrompue.
- Si la source sismique est arrêtée plus de dix minutes, une nouvelle procédure d'observation pré-opérationnelle et de démarrage progressif doit être conduite.
- Si les tirs d'airguns sont stoppés moins de dix minutes les observateurs doivent effectuer des observations préventives. Si aucun animal n'est détecté les tirs peuvent reprendre. Dans le cas contraire, une nouvelle procédure d'observation pré-opérationnelle et de démarrage progressif doit être conduite.

Exigences supplémentaires :

- Les observateurs (MMTO's) doivent être qualifiés et expérimentés.
- La surveillance acoustique passive (PAM) sera utilisée en complément
- Si nécessaire, un « mitigation-gun » (source sismique de faible intensité) pourra être déployé lors des changements de lignes.
- Des bouées équipées d'un dispositif « turtleguards » pourront être déployées en fin de câble sismique.

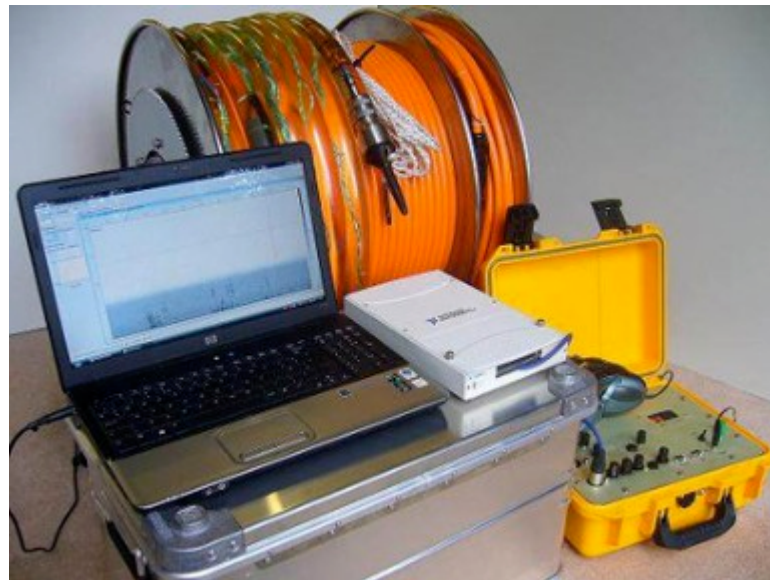
b) *Mise en place d'une surveillance acoustique passive*

Une surveillance acoustique passive (Passive Acoustic Monitoring, PAM) sera mise en place en complément des observations.

Des microphones aquatiques (hydrophones) sont utilisés afin de détecter, suivre et dans certains cas localiser les mammifères marins grâce aux sons qu'ils émettent pour communiquer et se diriger (vocalises). Le terme passif indique que cette technique n'émet pas de son dans l'océan, il ne s'agit que d'écoute.

Les systèmes peuvent être tractés (c'est habituellement le cas lors de suivis pendant les études sismiques) ou bien fixés et nécessitent un opérateur formé à l'écoute des sons marins (des formations sont possibles et nécessitent généralement une demi-journée pour les observateurs MMTO's).

Les hydrophones permettent de détecter la plage de fréquences utilisée par les mammifères marins (de quelques hertz à plusieurs centaines de kilohertz). Un ordinateur portable équipé d'un logiciel dédié et connecté au dispositif acoustique permet de détecter, suivre et localiser les individus. Ces logiciels (PAMGUARD par exemple) utilisent et développent des algorithmes de détections des mammifères marins.



**Système de surveillance acoustique passive (Acoustic Marine Systems, 2011)**

Cette technique possède l'avantage de ne pas être restreinte par la visibilité, la profondeur, la météo et les conditions de navigation et peut être utilisée en permanence. Elle sera donc utilisée en même temps que les observations. Lors de conditions de visibilité nulles ou réduites elle sera obligatoirement mise place.

c) *Pas de source lumineuse intense dirigée vers l'eau.*

L'attraction des individus par la lumière est essentiellement due aux éclairages dirigés vers l'eau. Les poissons sont attirés et, avec eux, leurs prédateurs.

Ce phénomène peut avoir un effet négatif en attirant des animaux dans un périmètre où les prédateurs peuvent également être présents.

Il est recommandé de s'en tenir aux éclairages nécessaires pour le balisage de navigation et pour la sécurité de l'équipage. Des inspections nocturnes seront réalisées par le personnel pour éviter des éclairages inutiles.

d) *Choix de la période d'intervention*

La présence des vertébrés marins n'est pas uniforme tout au long de l'année au large de la Guyane. Ainsi, les tortues olivâtres sont potentiellement rencontrées toute l'année, en faible densité, dans l'emprise du projet. A l'inverse, les femelles de tortues vertes et luths qui pondent sur les plages depuis l'est du Surinam jusqu'à Cayenne quittent le littoral entre fin mars et fin juillet pour les premières, et de mai à fin août pour les secondes. De même, la présence de cétacés migrants n'est pas identique au cours de l'année.

Le tableau suivant reprend les périodes de présences potentielles des tortues marines et cétacés sur la zone de prospection.

### Présence potentielle de tortues marines et cétacées au large de la Guyane

Espèces	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tortue luth												
Tortue verte												
Tortue olivâtre												
Cétacés												

Quasi-absence	Présence faible	Présence faible à moyenne	Présence moyenne

En dehors de la tortue olivâtre, présente à l'année, les enjeux de conservations de ces espèces protégées sont légèrement différents suivants le moment de la réalisation de la campagne sismique (période de juin à décembre) :

- En juin et juillet, la présence des tortues vertes et luths est faible à moyenne ; elle devient quasi-nulle d'aout à décembre,
- Les cétacés sont présents depuis le mois de mai jusqu'à décembre, avec un pic pour les mois de juillet, septembre et octobre.

### 6.3.2 - Magnitude des impacts après atténuation

Les mesures d'atténuation permettront de réduire la magnitude de certaines sources d'impact :

- **déchets solides** : On s'attend à ce que les procédures HSE mises en place à bord des navires permettent un rejet nul de déchets solides en mer (**cf annexe 7**).
- **rejets liquides** : Les procédures HSE, l'entretien des moteurs et engins utilisés à bord ainsi que la présence de matériel anti-pollution devraient également réduire considérablement la probabilité de rejets liquides en mer (**cf annexe 7**).

- **pollution lumineuse** : les sources lumineuses intenses ne seront pas dirigées ou pointées précisément vers l'eau. Cela permet de réduire la magnitude d'un effet (négligeable) sur les divers compartiments à l'exception des oiseaux. En effet, les éclairages réglementaires devraient interagir avec ces derniers.

Certain effets ne seront pas ou peu modifiés par ces mesures :

- **présence des navires et émissions gazeuses**: les perturbations liées à cette source d'impact ne peuvent être atténuées.
- **ondes sismiques** : les mesures d'atténuations proposées permettront de réduire l'effet des ondes sur certains individus. En effet la présence d'observateurs à bord, l'application du protocole de mise en route des sources sismique et l'utilisation de PAM permettront de détecter si des animaux sont présents dans la zone. Cela réduira ponctuellement l'impact des ondes sismiques. Les résultats de la mise en œuvre de ces techniques lors de la précédente opération sismique par Tullow montre qu'une fois ces mesures prises, il n'y a quasiment plus aucune observation de cétacés pendant les opérations. L'utilisation du PAM ne fera qu'accentuer ces précautions. La note liée à la fréquence peut être passée de 3 à 1, ce qui donne une note globale de 12, classant cet impact après mise en œuvre des mesures d'atténuation en faible à moyen.

Le tableau suivant présente la magnitude des impacts réévaluée après l'application des mesures d'atténuation.



**Matrice des impacts réévaluée après l'application des mesures d'atténuation**

Sources d'impact	Eau					Sédiment				Air		Usages		Littoral		
	Physicochimie	Plancton	Poissons	Tortues	Cétacés	Bathymétrie	Nature du fond	Physicochimie	Benthos	Qualité	Oiseaux	Pêche	Trafic maritime	Habitats et espèces côtières	Activités de loisir	Patrimoine archéologique
Présence des moyens nautiques et vibrations			D	D	D						D		D			
Déchets solides	D			D	D						D					
Eaux usées	D	D	I	I	I						I	I				
Pollution lumineuse		D	I	I	I						I					
Emissions gazeuses										D						
Ondes sismiques			D	D	D				D		I	I				

D : Impact direct

I : Impact indirect

Code de couleur de la magnitude des impacts

Sans objet (pas d'interaction)		Impact nul ou positif	< 3	Impact négligeable à faible	3 à 8	Impact faible à moyen	9 à 16	Impact moyen à fort	17 à 30	Impact fort à très fort	0-3
--------------------------------	--	-----------------------	-----	-----------------------------	-------	-----------------------	--------	---------------------	---------	-------------------------	-----

### 6.3.3 - *Mesures de suivi/contrôle*

Ces mesures sont mises en œuvre quand il n'est pas possible à des coûts économiquement acceptables de réduire, voire de supprimer l'effet sur l'environnement.

L'impact après atténuation reste significatif pour les tortues et les cétacés. Comme il n'est pas possible de diminuer les perturbations acoustiques générées par la sismique, des **suivis scientifiques** avant, pendant et après la campagne sismique seront mis en place. Les informations proviendront d'observateurs de mammifères marins et de tortues, embarqués sur le navire sismique, voire un de ses bateaux d'escorte. Des programmes scientifiques de recherche pourront également être mis en place. Ces mesures concernent les mammifères marins, les tortues mais également les oiseaux et certains poissons.

## 6.3.4 - Synthèse sur le projet

Le tableau suivant synthétise les différentes sources d'impact, la magnitude des effets qu'ils occasionnent sur les différents compartiments de l'environnement, les mesures d'atténuation et de suivi à mettre en place.

Sources d'impact	Composante environnementale	Magnitude de l'impact	Mesures d'atténuation	Magnitude après atténuation	Mesures de compensation
Présence des navires en mer	Poissons	5	Des observateurs seront présents à bord afin de signaler toute présence d'animaux aux abords de la flotte sismique. Une surveillance acoustique passive sera mise en place.	5	/
	Tortues	7,5		7,5	
	Cétacés	7,5		7,5	
	Oiseaux	7,5		7,5	
	Trafic maritime	2,5	Les autorités maritimes seront informées de la localisation de la flotte sismique. Le plan d'échantillonnage sera anticipé par les navires afin de garantir une sécurité maritime maximale. Les navires de la flotte seront équipés de tous les dispositifs réglementaires nécessaires à la communication, la signalisation et la sécurité en mer.	2,5	/
Déchets	Physico-chimie eau	3	Application de la politique HSE de SHELL en accord avec l'annexe V de la convention MARPOL (Prévention de la pollution par les déchets des navires).	2	/
	Tortues	6		3	
	Cétacés	6		3	
	Oiseaux	6		3	
Eaux usées	Physico-chimie eau	5	Application de la politique HSE de SHELL en accord avec les annexe I, II et IV de la convention MARPOL (Prévention de la pollution par les eaux usées des navires, les hydrocarbures et les substances liquides nocives)	1	/
	Plancton	2,5		0,5	
	Poissons	5		1	
	Tortues	7,5		1,5	
	Cétacés	7,5		1,5	
	Oiseaux	7,5		1,5	
	Pêche	5		1	
Pollution lumineuse	Plancton	0	Pas de lumière intense directement dirigée vers l'eau	0	/
	Poissons	5		3	
	Tortues	7,5		4,5	
	Cétacés	7,5		4,5	
	Oiseaux	7,5		7,5	
Emissions gazeuses	Qualité de l'air	2,5	Tous les équipements qui génèrent des rejets de CO <sup>2</sup> (moteurs, générateurs) seront aux normes et entretenus régulièrement en accord avec l'annexe VI de la convention MARPOL	2,5	/
Ondes sismiques	Poissons	8	Des observateurs (MMTO's) seront présents à bord afin de signaler toute présence d'animaux aux abords de la flotte sismique. Une surveillance acoustique passive (PAM) sera mise en place	8	Mesures de suivis et de contrôles
	Tortues	12		12	
	Cétacés	24		12	
	Oiseaux	6	/	6	
	Benthos	4	/	4	
	Pêche	4	/	4	

Tableau de synthèse des impacts de la campagne sismique