



## **Étude des marées océaniques et environnementale radioactif de la baie de Diego-Suarez**

**Frédéric ASIMANANA\* et Chafaoune Houmadi DJASSIMI**

*Métrieologie Nucléaire et Environnement, Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires,  
Faculté des Sciences, BP 0201, Université d'Antsirananana, Madagascar*

---

\*Correspondance, courriel : [fredericasimanana@yahoo.fr](mailto:fredericasimanana@yahoo.fr)

### **Résumé**

Après analyse de trois échantillons prises dans la Baie de Diégo Suarez plus précisément dans la piscine anglaise, nous constatons ou bien nous remarquons que heureusement la Baie de Diego Suarez est non polluée, et il faut continuer la conquête de convaincre les gens de ne pas jeter des déchets dans cette Baie et aussi dans les autres mers ou océans parce que l'eau bouge partout sans contrôle. Nous avons quatre types des marées : marée semi- diurne, marée à inégalité diurne, marée mixte et marée diurne. Dans la baie de Diego Suarez, nous constatons que la marée est semi-diurne. Dans la région de Diégo, il y a une période où le vent souffle de manière exponentielle à partir de six heures du matin jusqu'aux environs de quinze heures, et à partir de quinze heures jusqu'aux environs de six heures du matin du lendemain, le vent souffle d'une manière dégradante. La vitesse diffère dans ces intervalles de temps parce que le vent de large pousse de manière très forte l'eau de mer vers la plage si nous sommes dans le cas de l'eau qui monte; et en fin c'est le cas contraire si l'eau descend vers la mer.

**Mots-clés :** *radioactivité, environnement, hauteur de l'eau, marée semi-diurne, océan, baie.*

### **Abstract**

#### **Etude oceanic tide end environment radioactive the bay the diego-suarez**

Post analysis of three samples taken in the Bay of Diego Suarez specifically in the English pool, we find or we notice that fortunately the Bay of Diego Suarez is unpolluted and we must continue the conquest to convince people not to throw waste in the Bay and also in other seas or oceans because water moves around without supervision. We have four types of tides: tidal semi-diurnal tidal diurnal inequality, mixed and diurnal tide. In the Bay of Diego Suarez, we find that the tide is semi-diurnal. Diego area, there is a period where the wind blows exponentially from six in the morning until about fifteen hours, and from fifteen hours until about six o'clock in the morning after , the wind blows in a degrading manner. Speed differs in these time intervals because the wind pushes off so strong seawater to the beach if we are in the case of rising water; and at the end it is otherwise if the water down to the sea.

**Keywords :** *radioactivity, environment, height of water, tide semi-diurnal, ocean, bay.*

## 1. Introduction

La Terre est une planète rare et peut-être unique dans l'univers car elle offre le privilège de porter la vie. Malheureusement tout le monde n'a pas conscience de la précarité de son existence. Bien que la mer constitue une source de nourriture pour des centaines de millions d'hommes, à peine 0,01% des océans est protégé contre les activités humaines souvent destructrices. Le but essentiel de notre étude est de savoir la Baie de Diego Suarez est polluée ou non, de quel type de marée se trouve dans la Baie de Diego Suarez. L'étude sur la vitesse du mouvement de va et vient de la mer sur cette Baie et à la possession de l'annuaire de marée de n'importe quelle année permet de calculer la hauteur de la mer à un instant donné, et puis le temps ou l'heure connaissant.

## 2. Matériel et méthodes

L'appareil des mesures utilisé est la spectrométrie gamma, un détecteur au germanium vertical de haute pureté qui peut être représenté par un condensateur. La mise sous haute tension donne naissance à un champ électrique permettant la collecte des charges créées lors de l'interaction des rayons gamma avec le détecteur. Le courant crée une chute de tension aux bornes du circuit de collecte produisant une impulsion de charge proportionnelle à l'énergie incidente transmise au détecteur. Les équipements correspondants y sont le mode d'échantillonnage, la description des sites, des conditions des mesures et les prélèvements et collections des échantillons. Un chronomètre a été utilisé pour contrôler le rythme de la mer dans la Baie de Diégo Suarez. Un mètre en ruban et une corde ont été utilisés pour mesurer les variations de longueur entre deux vagues successive au bord de la mer. La règle des douzièmes : nous divisons en 6 unités de temps la période qui s'écoule entre basse mer et pleine mer, la variation relative du niveau des eaux est approximativement de 1/12 durant la première unité de temps, 2/12 la deuxième unité de temps, puis 3/12, 3/12, 2/12, 1/12. Le sixième de marée est appelé « heure de marée » ou « heure marée ».

## 3. Résultats et discussion

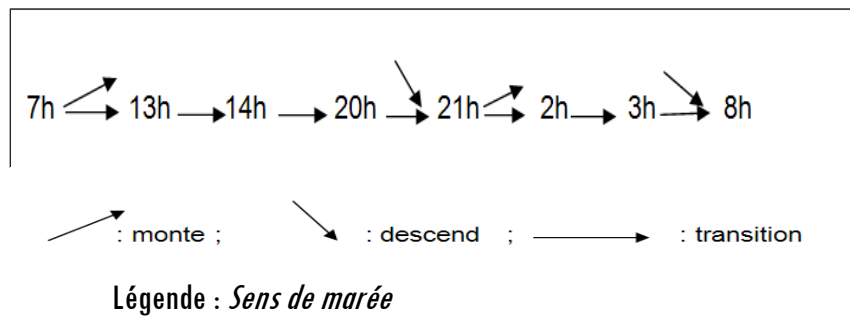
La baie de Diégo-Suarez présente une seule entrée et une seule sortie, l'eau entre lors de la marée haute et sort lors de la marée basse.

### 3-1. Les différentes possibilités du rythme semi-diurne dans la Baie de Diégo- Suarez

**Tableau 1 : Résultats du rythme semi-diurne par jour dans la baie de Diégo Suarez**

	6h	9h	12h	15h	18h
1 <sup>er</sup> cas	descend	monte	monte	descend	descend
2 <sup>ème</sup> cas	descend	descend	monte	monte	monte
3 <sup>ème</sup> cas	monte	monte	descend	descend	descend
4 <sup>ème</sup> cas	monte	descend	descend	monte	monte
5 <sup>ème</sup> cas	monte	monte	descend	descend	descend

Nous pouvons le justifier par cette esquisse :



Nous constatons que la mer monte en moins de 6 heures, ou légèrement plus : c'est le flot ; elle descend plus lentement en plus de 6 heures 30 minutes : c'est le jusant.

### 3-2. L'étude de vitesse du rythme semi-diurne dans la baie de Diégo Suarez

Les mesures qui suivent sont toutes prises dans le même jour, et c'était le 4 juillet 2010. Pour chaque heure de mesure, nous allons représenter sa caractéristique graphique en fonction du temps.

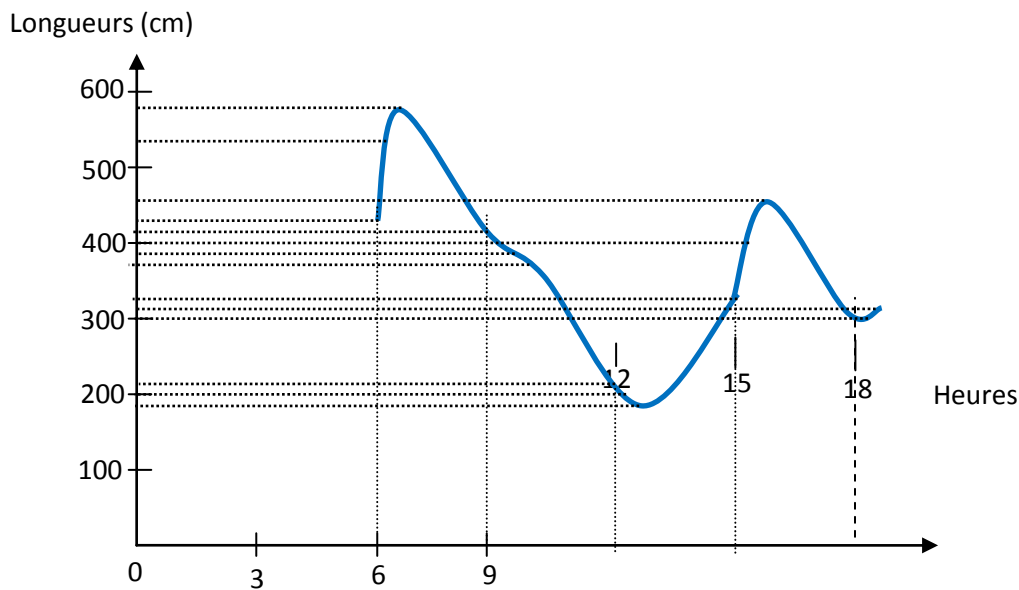


Figure 1 : Courbe caractéristique de la vitesse de marée en fonction du temps du 04/07/10

On voit très bien ici que même cette courbe de vitesse montre que nous avons une marée semi-diurne. A 6 heures, l'eau monte très rapidement mais c'est environ à 7 heures qu'elle atteint son maximum, elle est donc dans la zone du  $2/12^{\text{ème}}$  de la fin du montée, or d'après la règle de douzièmes, la vitesse dans la zone du  $2/12^{\text{ème}}$  est le double de celle du  $1/12^{\text{ème}}$ . D'après la courbe des vitesses obtenues comme le montre la **Figure 1**, nous remarquons que :

- A 6 heures, l'écart monte un peu très vite par ce que par rapport à la mesure faite à cet instant, nous constatons que les écarts ou l'espace des points obtenus sont très grand mais de différentes longueurs ce qui s'explique par deux raisons.
- A 6 heures jusqu'à 6 heures 10 minutes, nous étions à la deuxième dernière heure du montée de l'eau nous étions dans la zone de  $2/12^{\text{ème}}$ , or  $2/12^{\text{ème}} > 1/12^{\text{ème}}$ .

- Il y aura aussi l'influence du vent de large qui intervient cas-même, mais nous voyons que d'après les trois points placés à 6 heures 00 minutes, 6 heures 10 minutes et 6 heures 20 minutes, la longueur entre 6 heures 00 et 6 heures 10 et à peu près le double de la longueur entre 6 heures 10 minutes et 6 heures 20 minutes, ce qui vérifie très bien car  $2/12^{\text{ème}}$  est le double de  $1/12^{\text{ème}}$ .
- Au voisinage de 7 heures et quelques minutes, la courbe descend ce qui implique qu'il y a sûrement une diminution de la vitesse. D'après notre cas ici à Diégo, marée semi-diurne, à 9 heures nous étions dans la zone de  $2/12^{\text{ème}}$  de première descente.
- De 9h à 12h, l'eau descend avec une vitesse croissante, car nous étions dans les zones du  $2/12^{\text{ème}} \rightarrow 3/12^{\text{ème}} \rightarrow 3/12^{\text{ème}} \rightarrow 2/12^{\text{ème}}$ , c'est pourquoi d'après les trois points placés à 9h et quelques minutes, et les trois points à 12h et quelques minutes, nous constatons que les écarts de longueurs sont très voisins, c'est-à-dire à peu près de même longueurs.
- Dans l'intervalle de [12h, 15h], la courbe de la **Figure 2** montre une allure croissante, c'est-à-dire qu'il y a eu dans cet intervalle un instant où la vitesse s'annule et puis commence à remonter du nouveau, d'après notre marée ici semi-diurne ce qui veut dire que l'eau descend dans 6h de temps. nous remarquons que c'est au voisinage de 13h que l'eau avait commencé de monter, car  $13h - 7h = 6h$ .
- A 15h, nous remarquons que nous étions à la deuxième première heure du monté de l'eau c'est-à-dire au voisinage du  $2/12^{\text{ème}}$ , c'est pour cela que les longueurs des écarts des points trouvés à 6h et à 15h ne sont pas de grandes différences, s'il y a une petite différence c'est à cause de l'influence du vent, car dans la baie de Diégo Suarez il y a des moments qu'à 6h, le vent souffle fort par rapport à 15h.
- Entre 15h et 18h, nous constatons que la vitesse diminue par ce qu'à l'intérieur de l'intervalle de temps [15h, 18h], il s'était produit disons deux phénomènes :
  - De 16h, la vitesse augmente, car c'est la zone de  $3/12^{\text{ème}}$  du premier monté ;
  - De 17h, la vitesse reste constante (la même que celle de 16h), car c'était au voisinage de  $3/12^{\text{ème}}$  du dernier monté.

Or nous savons très bien que  $3/12^{\text{ème}}$  ce qui veut dire que la vitesse à 17h était supérieure qu'à la vitesse à 18h, car à 18h, nous étions dans la zone du  $2/12^{\text{ème}}$  du dernier monté de l'eau.

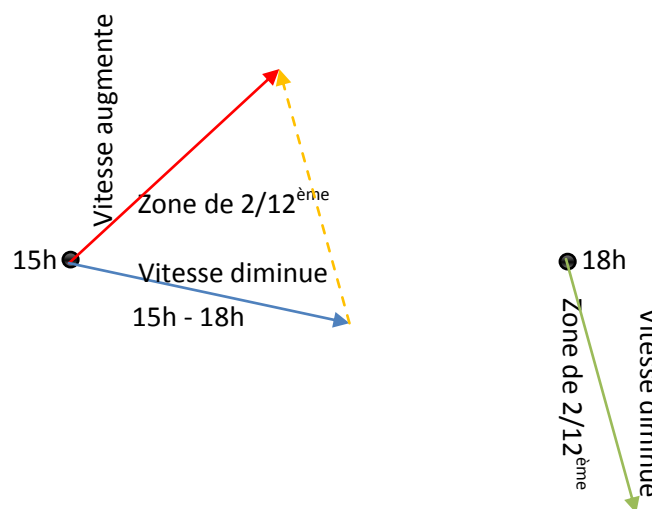


Figure 1 : Vitesse de marée

A 15h, nous étions dans la zone de 2/12<sup>ème</sup> du premier monté ; et à 18h, nous étions dans la zone de 2/12<sup>ème</sup> du dernier monté, nous devons donc avoir la même allure pour le rythme de la vitesse, mais ici ce n'est pas le cas, d'après la courbe de vitesse obtenue, à 15h, les trois points sont bien écartés ce qui veut dire que la vitesse était très importante, par contre à 18h, les trois points sont un peu serrés ce qui implique que la vitesse a diminué. Pourquoi tout ceci, trouvons au moins une cause, c'est à cause de l'influence du vent provenant au large, c'est-à-dire à 15h le vent est très intense qu'à 18h.

### 3-3. Analyse des échantillons

Nous avons choisi dans la Baie de Diégo les échantillons suivants : Juste au bord de la mer : Echantillon n°1, après un mètre en allant au large : Echantillon n°2 et enfin après un mètre aussi en allant au large, mais cette fois ci l'échantillon est pris juste au fond de la mer : Echantillon n°3.

Nous rapportons dans le tableau ci-dessous les résultats de notre analyse.

Site : baie de Diégo.

Date de collecte : 28-01-2010.

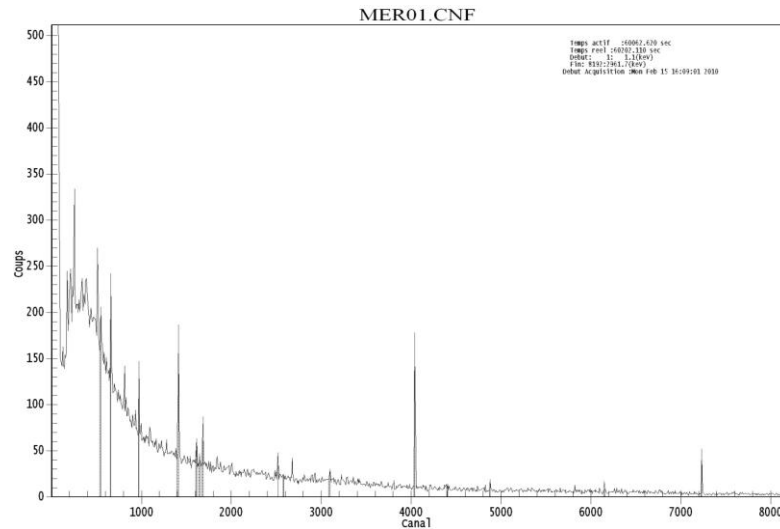
**Tableau 2 : Informations sur les analyses**

Echantillon	01	02	03
Volume (l)	1 l	1 l	1 l
Temps de comptage	60062 s	59354 s	60644 s
acquisition	15-02-10	16-02-10	17-02-10

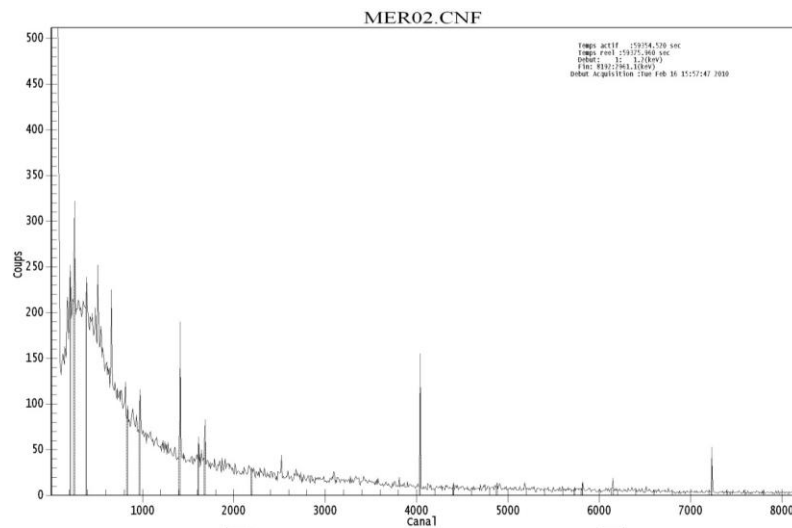
**Tableau 3 : Résultats des analyses**

RADIONUCLÉIDES	ACTIVITES EN BQ.L <sup>-1</sup>		
K-40	13±2	14±2	15±2
AC-228	< 0,9	<0,8	<1,0
Bi-212	< 3,0	<3,0	<3,0
Pb-212	—	0,7±2	—
Tl-208	<0,9	<0,9	<0,7
Bi-214	<0,7	<0,6	<0,7
Pb-214	<0,6	<0,5	<0,6
Cs-137	<0,2	<0,2	<0,1

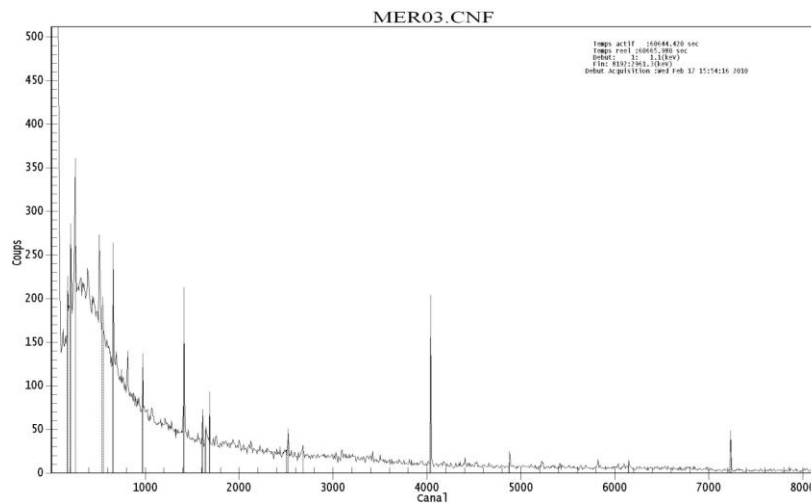
Les résultats d'analyse montrent que l'eau de mer de la Baie de Diégo est plus riche en K-40 dont l'activité est de (13±2) Bq.l<sup>-1</sup> en moyenne, plus on s'éloigne de 1m au bord de la mer en allant au large, plus l'activité en K-40 augmente d'une unité. Concernant la famille du thorium-232, l'élément Pb-212 apparaît d'une manière non négligeable avec une activité de (0,7±2) Bq.l<sup>-1</sup>. Par contre celle de l'uranium-238 n'est pas détectée dans tous les échantillons parce qu'on trouve des valeurs inférieures à la limite de détections.



**Figure 2 :** Spectre de radionucléides de l'échantillon 1 dans la Baie de Diégo Suarez



**Figure 3 :** Spectre de radionucléides de l'échantillon 2 dans la Baie de Diégo Suarez



**Figure 4 :** Spectre de radionucléides de l'échantillon 03 dans la Baie de Diégo Suarez

### 3-4. Le rythme de la marée

L'époque influe aussi, et les marées ne sont pas les mêmes aux syzygies et aux quadratures. Ce qui révèle le rôle des distances plus ou moins importantes du soleil et de la lune à la Terre, ainsi que celui de la position respective de ces deux astres et leur déclinaison. Dans tous les endroits où le mouvement des eaux n'est pas retardé par des îles, des caps, des détroits, ou par d'autres semblables obstacles, on observe trois périodes à la marée.

- La période annuelle ;
- La période mensuelle ;
- La période journalière.

Au cours de cette période journalière, l'évolution de la hauteur d'eau peut être avoir un aspect différent d'un point à un autre du globe. C'est ce qui a fait définir quatre types de marées :

- ❖ Marée semi- diurne- c'est le cas de loin le plus commun. Chaque jours lunaire (24 heures 50 minutes) on observe deux pleines mers et deux basses mers à peu près de même amplitudes.
- ❖ Marée à inégalité diurne ce type de marée ressemble au précédent, mais le rythme semi-diurne est modulé par une seconde composante de rythme diurne.
- ❖ Marée mixte- dans ce type de marée, on observe au cours de la lunaison une transition progressive entre le type diurne et le type à inégalité diurne.
- ❖ Marée diurne- dans ce type de marée, plutôt rare, on observe une pleine mer et une basse mer par jour.

### 3-5. La vitesse de la marée

Dans la Baie de Diego Suarez, on trouve une marée semi-diurne, La vitesse de la marée dans la baie de Diégo, on remarque que la marée ne monte pas et ne descend pas régulièrement d'une manière générale. Elle est soumise à la règle des douzièmes.

Règle des douzièmes :

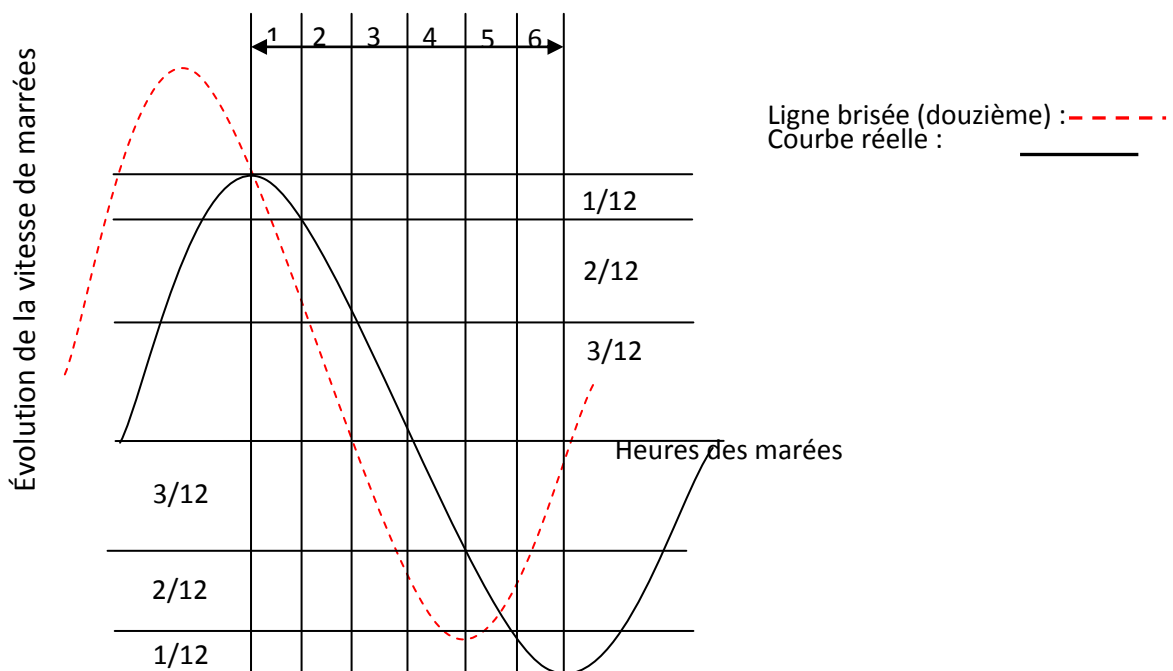


Figure 5 : Evolution de la vitesse de marées en fonction de l'heure des marées

Souvent, la variation de la hauteur d'eau est lente au début de la marée, plus forte à mi-marée et se réduit en fin de la marée (marée dite sinusoïdale). Nous pouvons approcher cette évolution sinusoïdale en appliquant la règle des douzaines, on utilise alors une ligne brisée qui se rapproche de la courbe sinusoïdale. Si nous divisons en 6 unités de temps la période qui s'écoule entre basse mer et pleine mer, la variation relative du niveau des eaux est approximativement de 1/12 durant la première unité de temps, 2/12 la deuxième unité de temps, puis 3/12, 3/12, 2/12, 1/12. Le sixième de marée est appelé « heure de marée » ou « heure marée ». Le vent provenant au large accentue la vitesse dans le cas d'une marée qui monte vers la plage et c'est le contraire pour un vent provenant de la terre, et la hauteur de la mer ne dépasse pas de 2,8 m.

### **3-6. Interprétation**

L'Homme vit en permanence dans l'entourage de la radioactivité naturelle. De plus, des sources artificielles engendrées par les activités développées par l'Homme peuvent polluer de jours en jours l'environnement. Or nous avons des sociétés qui se sont implantées au bord de la baie de Diégo Suarez. Pour l'objectif de notre étude, nous nous attendions à un environnement sain ou pollué de la Baie. Et malgré le fonctionnement de ces sociétés qui jettent dans la mer leurs déchets radioactifs ou autres, notre partie de la partie étudiée ne montre pas un niveau d'activités très élevés. Donc il faut convaincre toujours les gens de bien vouloir protéger l'environnement de notre Baie car c'est aussi une source de nourriture pour plusieurs personnes. L'Homme subit donc depuis toujours une exposition aux rayonnements dont le niveau est variable d'un lieu à l'autre.

Inhalés ou ingérés avec les aliments, les radionucléides peuvent entraîner des effets néfastes pour la santé. Nous avons fait l'analyse de la mer dans une partie de la baie. Après avoir obtenu, les résultats d'analyse des échantillons, nous avons constaté que heureusement cette partie de la baie que nous avons prélevé les échantillons, n'est pas polluée. Dans tous les endroits où le mouvement des eaux n'est pas retardé par des îles, des caps, des endroits, ou par d'autres semblables obstacles, on observe trois périodes à la marée :

- La période annuelle ;
- La période mensuelle
- La période journalière.

Nous avons fait notre étude sur la période journalière. Au cours de cette période, l'évolution de la hauteur d'eau peut avoir un aspect différent d'un point à l'autre du globe. C'est ce qui a fait définir quatre types de marées. Après constatation des résultats obtenus, nous avons remarqué que dans la baie de Diego Suarez la marée est semi-diurne.

### **4. Conclusion**

Nous avons étudié trois échantillons de l'eau de mer de la Baie de Diégo. L'exploitation des résultats de nos mesures permet de tirer les conclusions suivantes : les résultats qualitatifs montrent que le radionucléide primordial K-40 est observé dans tous nos échantillons, la famille du thorium-232 est détecté dans l'échantillon n°2 qui est le Pb-212 a pour activité  $0,7 \pm 0,2 \text{ Bq.l}^{-1}$  et celle de l'uranium-238 n'est pas détectée. Cette étude montre que la Baie de Diégo se trouve sur une zone à basse activité, ni qu'elle est dangereuse ou inhabitable. La population d'Antsiranana n'a été soumise à aucune dose d'irradiation inadmissible d'origine artificielle ou naturelle. Dans la baie de Diégo Suarez la marée est semi-diurne.



La vitesse de la marée est maximale dans le cas où la mer monte vers la plage et qu'elle est comprise entre 3/12<sup>ème</sup> de la montée et le vent provenant de large souffle de plus. L'annuaire des marées de chaque année confirme que la hauteur où l'élévation de l'eau n'atteigne pas de 2,8 mètres.

### **Remerciements**

*Nous adressons notre gratitude à Monsieur RAOELINA ANDRIAMBOLOLONA, Professeur Titulaire de classe Exceptionnelle, pour m'avoir bien voulu d'accueillir à son Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires dont il est le Fondateur et Directeur Général.*

### **Références**

- [1] - « Waves, tides and shallow-water processes », prepared by an Open University course team-butter worth Heinemann 1997.
- [2] - « Les plages de sable blanc ». Vie océane. 2 avril 2014 <http://vieoceane.free.fr/EDDEN/I13.html>
- [3] - « Les sources de la radioactivité naturelle ». IRSN. 1 Avril 2014.  
<http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/radioactivite-environnement/sources-radioactive/Pages/sommaire.aspx>.
- [4] - BE d'hydrodynamique marine:  
« Phénomènes liés à la résonance des ondes de marées » Robinson HORDOIR (années 98-99)  
« Théorie des marées océaniques » Frédéric BACCA-Gérald LENDORMI (années 97-98)  
« Les marées » Sylvie BEAUJON-Nicolas DEMARTINI (années 97-98)  
« Les marées océaniques » David MOREL-Antoine COUHIER (années 97-98)
- [5] - « Enseignement de la physique, cours d'hydraulique maritime », René BONNEFILLE, 3<sup>ème</sup> édition révisée et augmentée, MASSON Paris Milan Barcelone, Bonn 1992
- [6] - « Cours d'hydraulique maritime et des travaux maritimes », Larras J, Paris, Dunod, 1961