

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES
UNIVERSITAIRES APPLIQUEES (D.E.U.A) EN SCIENCES DE LA MER

Sujet :

Apport de la plongée subaquatique a l'océanographie

Préparé par :

MAHREZ Abdelkader

NAAS Mostapha

Encadré par :

Mr BOUKORTT R.....Promoteur

Examiné par :

Mr BOUKORTT R.....Promoteur

Mlle AIT-AMEUR N.....Examinatrice

Promotion : 2010/ 2011

Sommaire

Introduction	1
Chapitre 1: Plongée subaquatique (SCUBA: Self Contained Underwater Breathing Apparatus).	3
1.1. Définition.....	3
1.2. Historique.....	3
1.3. Plongée « classique »	4
1.3.1. Introduction.....	4
1.3.2. Pression.....	4
1.3.3. Equipements.....	6
1.3.4. Instruments	8
1.3.5. Technique de la plongée subaquatique	9
1.3.5.1. Composition de l'air	10
1.3.5.2. Accidents de la plongée	10
1.3.5.3. Paliers et tables.....	11
1.3.5.4. Signes.....	11
1.3.6. Organisation et qualification.....	13
1.4. Plongée technique « plongée Tech. »	13
1.4.1. Plongée aux mélanges.....	13
1.4.2. Circuit semi-fermé	14
1.4.3. Circuit fermé.....	14
1.4.4. Matériels de plongée dans les eaux froides	14
Chapitre 2 : Applications de la plongée subaquatique à l'océanographie.....	15
2.1. Observations et photographies par les biologistes des animaux et des végétaux sous-marins	15
2.2. Photographie et vidéo sous-marine.....	16
2.2.1. Pellicules argentique	17
2.2.2. Appareils numériques	17
2.2.3. Pour faire d'excellentes photos.....	17
2.2.4. Macrophotographie	18
2.2.5. Problèmes de la photographie.....	19
a. Pénétration de la lumière dans la mer	19

Sommaire

b. Absorption des couleurs	20
2.3. Carottage et prélèvement sélectif des échantillons	22
2.4. Déterminations des limites des herbiers par balisages	23
2.4.1. Mise en place d'un balisage.....	24
2.4.2. Position des balises	25
2.4.3. Profondeur des balises	26
2.4.4. Cartographie	26
2.5. Télémétrie acoustique	27
2.5.1. Délimitation d'habitats par télémétrie acoustique	29
2.6. Réalisation de transects pour définir les habitats marins	30
2.6.1. Définition d'un transect	30
2.6.2. Caractéristiques.....	30
2.6.3. Matériel nécessaire pour un transect.....	31
2.6.4. Méthode de transect.....	31
2.7. Vérité terrain	32
2.8. Cartographie des habitats marins (en remplacement du SAR)	33
2.8.1. Définition d'un habitat.....	33
2.8.2. Méthodologie.....	33
2.9. Installations et relèvements des appareils de mesure de type eulérien (courantomètres, station de mesures...) par les physiciens et les biogéochimistes.	34
Chapitre 3 : La pratique « partie terrain ».....	38
3.1. Transect.....	38
3.1.1. Matériel et méthode	38
3.1.1.1. Présentation de la zone d'étude	38
3.1.1.3. Matériel utilisé	39
3.1.1.4. Description de la méthode :	39
3.1.2. Résultats et discussion	41
3.1.2.1. Carte bathymétrique et biocénotique	43
3.1.2.2. Principaux habitats rencontrés	43
3.1.2.4. Peuplements de la zone d'étude	44
3.1.2.4.1. Peuplements végétaux.....	44
3.1.2.4.2. Peuplements animaux.....	45
3.2. Vérité terrain	46

Sommaire

3.2.1. But de l'étude.....	46
3.2.2. Matériel et méthode	46
3.2.2.1. Présentation de la zone d'étude.....	46
3.2.2.2. Principe de la méthode	47
3.2.2.3. Matériel utilisé	47
3.2.2.4. Description de la méthode	47
3.2.3. Résultats et discussion	48
3.2.3.1. Principaux habitats rencontrés	48
3.2.3.2. Cartographie des fonds marins.....	48
3.2.3.3. Faune et flore associées.....	49
3.2.3.3.4. Flore	49
3.2.3.3.5. Faune	50
3.3. Conclusion.....	53
Conclusion générale	54
Références Bibliographiques :	56
Liste des figures	59
Liste des tableaux :.....	62
Annexe supplémentaire.....	63
Annexe 1 : instruments supplémentaire de la plongée	63
Annexe 2 : calcule l'autonomie de la bouteille	65

Introduction

L'océanographie c'est l'application conjointe de plusieurs disciplines, appartenant à des sciences différentes, à la connaissance des phénomènes qui se déroulent dans le milieu océanique et à ses frontières (l'atmosphère, le continent et les fonds marins) et dans son substrat.

L'étude des océans a d'abord été entreprise pour faciliter la navigation d'une terre à l'autre. Ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle que les océans ont été étudiés en tant que tels, indépendamment de leur rôle sur les routes commerciales, l'océanographie est alors apparue en tant que science qui permet la connaissance et l'exploitation des mers.

Les premiers navigateurs qui dressèrent des cartes peuvent être considérés comme les premiers océanographes, l'invention de la boussole par les chinois (à une date mal connue) puis sa mise sur pivot (en Italie à partir du XIV^{ème} siècle) ont permis de comparer les caps suivis par différents navires et donc de localiser les observations effectuées par chacun d'eux.

À partir de la renaissance, la plupart des cartes sont dressées par des compilateurs à terre et non plus par les marins eux-mêmes l'océanographie « débutante » se constitue donc au travers d'un échange d'informations entre les navigateurs et les scientifiques de l'époque (Regnauld et Tabeaud, 1999).

L'océanographie s'est développée très rapidement à partir de XX^{ème} siècle à cause des recherches scientifiques et le développement des sciences et elle est pratiquée par des chercheurs issus des sciences de la vie, des sciences de la terre et de la géographie tous, ont en commun apprécié le travail en mer, et l'invention de plusieurs instruments utilisés dans l'océanographie (les sous-marins d'exploration, les ROV, les satellites).

Donc l'océanographie nécessite différentes techniques, ainsi que des moyens et instruments modernes utilisés pour évaluer les paramètres utiles aux océanographes, pour les mesures en mer, et pour les explorations des fonds (Lemenn, 2007).

Parmi ces moyens la plongée. La plongée c'est l'aspect le plus spectaculaire de l'exploration océanographique (Lemenn, 2007). De nombreuses applications de la plongée subaquatique servent l'océanographie. Cette technique à coût relativement modeste permet des explorations très intéressantes par des plongeurs à des profondeurs qui semblent faibles (jusqu'à 60 m) et pourtant parfois les résultats obtenus ne peuvent être obtenus par d'autres techniques ou moyens.

Parmi les nombreuses applications de la plongée en scaphandre existantes on peut citer :

- Les observations par les biologistes des animaux et des végétaux sous-marins.
- la photographie et la vidéo sous-marines.
- le carottage et le prélèvement sélectif des échantillons (sédiment, algues, coraux, éponges.....).
- la détermination des limites des herbiers de la posidonie par balisage.

- Cette même détermination par une méthode plus sophistiquée utilisant la télémétrie acoustique.
- La réalisation de transects pour définir les habitats marins.
- La vérité terrain,...
- L'aide à la cartographie des habitats marins (si l'on ne dispose pas de SAR, ou que la profondeur est assez faible pour qu'une embarcation puisse naviguer dans la zone).
- L'installation et le relèvement des appareils de mesure (courantomètres, houlographes, station de mesures...) par les physiciens et les biogéochimistes.

Le but de ce travail consiste donc à décrire les différentes techniques utilisées par le plongeur en scaphandre dans le cadre de l'océanographie. Trois de ces techniques seront mises en pratique : la réalisation d'un transect au sein de l'anse de Kouali (Tipasa), la vérité mer à la plage ouest de Sidi Fredj à partir d'une photo satellite et de nombreuses photos sous-marines des habitats, de la faune et de flore rencontrées.

Mais auparavant nous ferons une présentation concernant la pratique de la plongée sous-marine puisqu'elle est l'outil de base de notre étude.

Chapitre 1: Plongée subaquatique (SCUBA: Self Contained Underwater Breathing Apparatus).

1.1. Définition

La plongée sous-marine consiste en général à rester sous l'eau. Soit à l'aide d'un narguilé, soit le plus souvent en s'équipant d'un scaphandre autonome spécifique composé d'une bouteille de plongée, d'un détendeur, d'une combinaison, d'un masque, d'un tuba, de palmes, d'un lestage, d'un gilet.

La plongée de loisir a pour but principal d'organiser des plongées d'exploration sous-marine. La plongée est planifiée à l'avance, ce peut être aussi tout simplement une promenade sous-marine suivant un itinéraire précis.

1.2. Historique

La plongée apparait depuis l'antiquité environ 5000 ans avant J.C. comme plongée libre sans matériel (apnée), le plus souvent les hommes plongent soit pour se nourrir (les algues, les moules, les huitres...), soit pour la récolte des éponges et des perles.

Par la suite et pour prolonger la durée de la plongée, Aristote (IV^{ème} siècle avant notre ère) proposa de faire respirer le plongeur à travers un long tube maintenu à la surface par un flotteur. Cette idée fut reprise par Pline l'Ancien (I^{er} siècle), Végèce (IV^{ème} siècle) et Léonard de Vinci à la Renaissance. Mais par ce système le plongeur était incapable de respirer.

Aristote décrit une autre technique : les plongeurs en apnée viennent reprendre leur respiration dans des récipients amenés au fond rempli d'air.

Cette technique engendra par la suite les cloches à plongeurs (Halley, 1691), les tourelles modernes, ainsi que le scaphandre pieds-lourds au début du XIX^{ème} siècle.

Bien que réalisé empiriquement, notamment le premier appareil en circuit fermé de Borelli en 1680, il faudra attendre la découverte des lois essentielles de l'hydrostatique (Pascal, 1653), de la compressibilité des gaz (Boyle et Mariotte, 1661-1676) et de la physiologie (Lavoisier, 1788) pour que les inventions dans le domaine de la plongée apparaissent.

En 1828, l'Anglais James, puis Condert en 1835, conçoivent le premier scaphandre autonome avec un réservoir d'air comprimé. Le robinet, réglé par le plongeur en fonction de la profondeur, ne permettait qu'un débit continu (Georges, 2008).

Mais la plongée naît véritablement au XX^{ème} siècle avec l'invention du scaphandre autonome en 1942 par Emile GAGNAN et le commandant Jacques-Yves COUSTEAU décrite plus loin dans le chapitre " le détendeur " (Foster, 2003).

Mis à part quelques améliorations de détail, les progrès récents résident surtout dans les modalités de mise en œuvre des appareils : la plongée avec d'autres mélanges que l'air, la plongée à saturation utilisent des principes connus avant 1950.

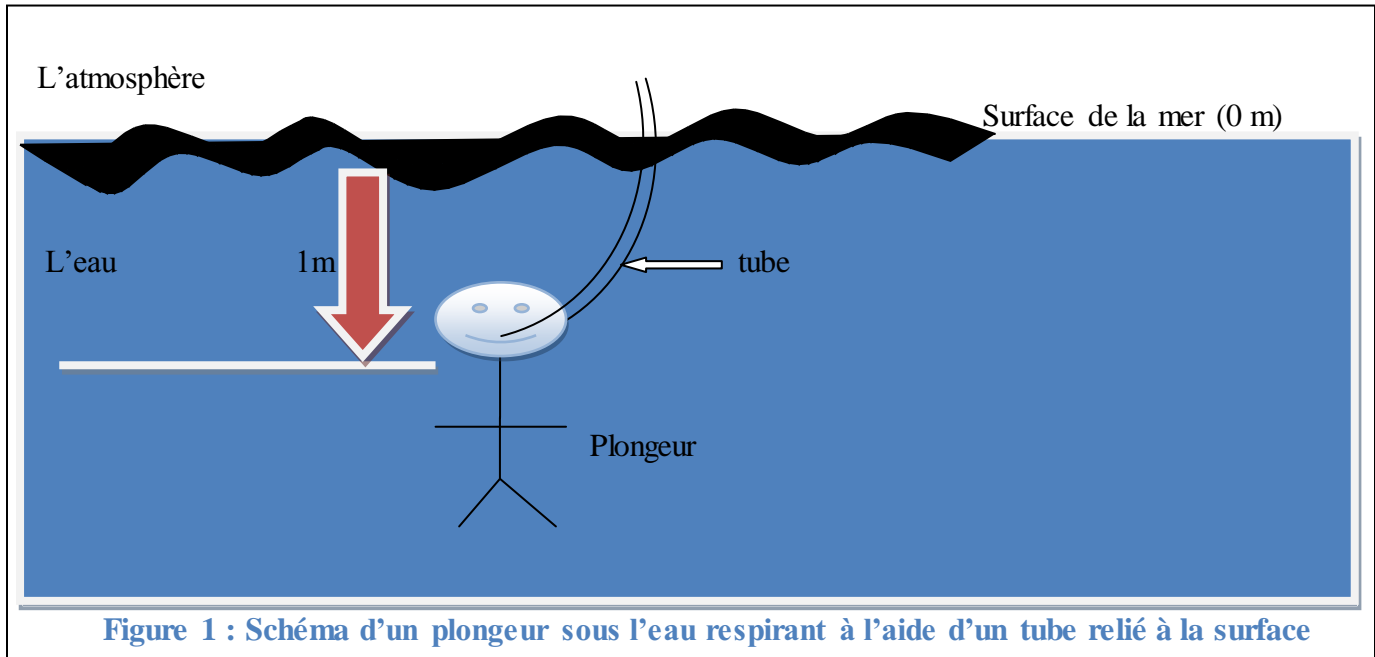
Cependant 40 ans ont été nécessaires pour mettre au point les techniques qui permettent aujourd'hui à l'homme de dépasser quelques dizaines de mètres pour atteindre 700 mètres de fond, La plongée profonde est de nos jours abandonnée au profit de robots : R.O.V, Remote Operated Vehicle (Georges, 2008).

1.3. Plongée « classique »

La plongée en scaphandre « classique » c'est la plongée le plus souvent utilise dans le monde qui permet de plonger en respirant de l'air et vêtir l'habit humide et on descend jusqu'à une profondeur de 40 m (voire 60 m, sous certaines conditions).

1.3.1. Introduction

A partir de quelques dizaines de centimètres, le plongeur qui utilise un tube relié à la surface est incapable de respirer (Figure 1).



Pour deux raisons :

- L'air contenu dans le tube respiré par le plongeur est à la pression atmosphérique, alors que le thorax est soumis à la pression absolue ambiante (2 bar à 10 mètres). Les muscles doivent donc vaincre la pression hydrostatique, mais étant peu puissants, à moins d'un mètre, le plongeur est rapidement épuisé et sa respiration se bloque.
- Le tube présente un volume mort important : L'air expiré ne sera pas rejeté dans l'atmosphère mais oscillera dans le tube selon les mouvements respiratoires (Georges, 2008).

1.3.2. Pression

La pression est une force exercée de manière uniforme et perpendiculairement à une surface, la pression est la force par unité de surface :

$$P = F/S$$

L'unité de mesure de la pression, en plongée, est le bar. Les différentes sources de pression subies par le plongeur sont :

- **Pression atmosphérique**

C'est la pression exercée par la colonne d'air située au-dessus du point. Au niveau de la mer, elle vaut environ 1 bar.

- **Pression hydrostatique**

La pression hydrostatique (ou pression de l'eau, ou pression relative) est la pression exercée par le poids de la colonne d'eau située au-dessus : 1 bar tous les 10 mètres (Figure 2).

$$P. \text{ relative (bar)} = \text{Profondeur (en mètres)} / 10$$

- **Pression absolue**

C'est la somme de la pression atmosphérique et de la pression hydrostatique à la profondeur considérée. Elle correspond à la pression totale subie par le plongeur (Figure 2).

$$P. \text{ absolue} = P. \text{ atmosphérique} + P. \text{ relative}$$

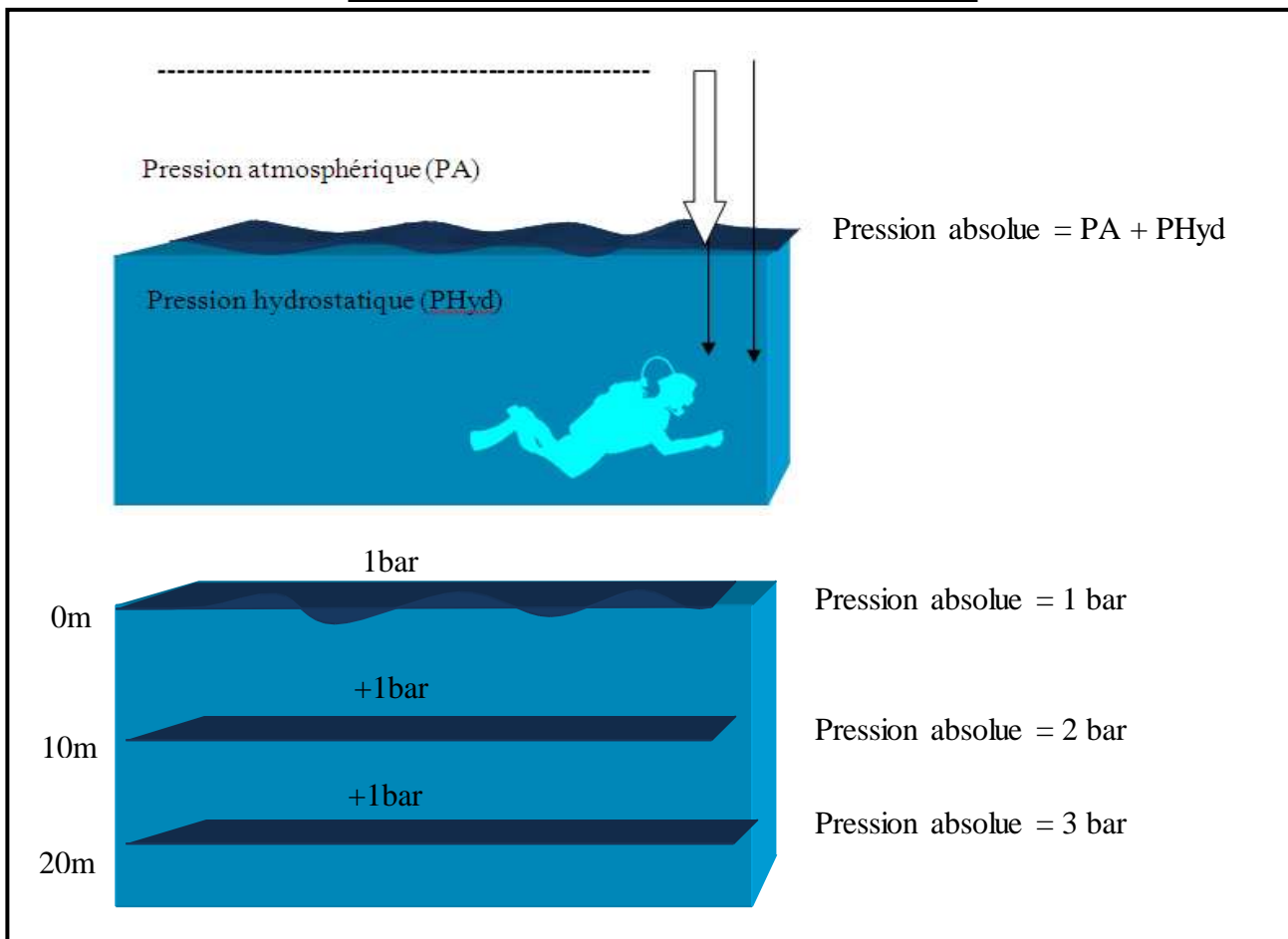


Figure 2 : Types de pression et l'augmentation de la pression avec la profondeur

Donc à la profondeur de 10 m la pression absolue est égale à 2 bar, le plongeur respire de l'air en « équipression » donc de l'air à 2 bar. Pour ce faire le plongeur utilise un équipement adéquat.

1.3.3. Equipements

L'équipement doit être adapté à ses conditions d'emploi et à la morphologie du plongeur. Il s'agit souvent d'un matériel coûteux, donc il faut connaître l'essentiel du fonctionnement de chaque appareil.

1.3.3.1. Masque

L'œil humain n'est pas conçu pour la vision aquatique (la vision est floue). Le plongeur doit donc porter un masque permettant de garder les yeux dans un milieu aérien et donc de voir correctement en immersion (Figure 3) (Foret et Torres, 2005).



Figure 3 : Masque

1.3.3.2. Tuba

Le tuba est un appareil simple qui permet au plongeur de respirer l'air en surface tout en gardant la tête immergée (Figure 4) (Foret et Torres, 2005).



Figure 4 : Tuba

1.3.3.3. Palmes

En plongée la propulsion se fait surtout grâce aux battements de jambes. En donnant plus d'ampleur à ces mouvements et en leur ajoutant un effet de levier les palmes facilitent la propulsion du corps. (Figure 5) (Ybert et al, 1998).



Figure 5 : Palmes

1.3.3.4. Gilet de compensation de flottabilité : Stabilising Jacket : « Stab. »

Equipement de sécurité essentiel en plongée, le gilet a des rôles multiples, puisqu'il sert à la fois à porter votre bloc, à assurer la flottabilité du plongeur en surface, à remonter en cas de difficulté et à permettre au plongeur de pouvoir s'équilibrer à toute profondeur, car la compression a un effet direct sur le volume de notre corps. Il permet aussi sous l'eau de porter des charges d'une dizaine de kilos (balise, lests) (Figure 6) (Foret et Torres, 2005).



Figure 6 : Gilet

1.3.3.5. Bouteilles

La bouteille est un réservoir cylindrique contenant de l'air comprimé qui alimente le plongeur, fabriquée en alliage d'acier, ou d'aluminium, plus résistante à la corrosion et plus légère. Ces bouteilles existent en plusieurs tailles (le plus souvent de 4 à 18 litres), la bouteille de plongée remplie de l'air comprimé autour de 200 bars (Figure 7) (Ybert et al, 1998). Le temps qu'on peut rester sous l'eau est contrôlé par le volume d'air de la bouteille et la profondeur prospectée c'est ce qu'on appelle l'autonomie. Pour plus de détail voir l'annexe supplémentaire.



Figure 7 : Bouteilles

1.3.3.6. Détendeur (à deux étages)

Un détendeur permet d'alimenter le plongeur en air en équipression et à la demande. Il détend l'air de la haute pression (H.P) de la bouteille pour le rendre respirable. De nos jours, Cette détente se fait en deux étapes.

La première détente, l'air haute pression en pression intermédiaire c'est le rôle du premier étage. Celui qui est fixé sur la bouteille. La seconde détend l'air de la pression intermédiaire en air à la pression ambiante, respirable par le plongeur. C'est le rôle du deuxième étage, celui que l'on a dans la bouche (Figure 8) (Foret et Torres, 2005).



Figure

8 : Détendeur

1.3.3.7. Combinaison de plongée (humide)

Les combinaisons de plongée assurent une protection contre le froid. Elles sont généralement réalisées en néoprène, un caoutchouc synthétique gorgé de petites bulles d'air. Cela signifie que l'isolation thermique est réalisée par l'eau emprisonnée entre la peau et la combinaison.

Le degré de protection d'un vêtement est fonction de deux facteurs principaux : son épaisseur et sa capacité à limiter la circulation d'eau. (Foret et Torres, 2005).



Figure 9 : Combinaison

1.3.3.8. Lestage

Le scaphandre autonome et la combinaison protectrice confèrent au plongeur une flottabilité positive pour rétablir une flottabilité neutre. Il est donc indispensable de porter une ceinture lestée (Ybert et al, 1998).



Figure 10 : Ceinture

1.3.3.9. Gants

Certaines personnes sont plus sensibles que d'autres au froid, en particulier au niveau des mains, des gants en néoprène offrent une protection efficace, mais ils diminuent la sensation tactile dans l'eau et donc la précision des gestes. Cela peut être gênant lorsque vous devez manipuler des instruments (Montre ou gilet par exemple) (Figure 11) (Foret et Torres, 2005).



Figure 11 : Gants

1.3.3.10. Cagoules et bottillons

Ces accessoires limitent les déperditions caloriques et protègent les plongeurs contre les coupures, écorchures piques et autres agressions qui les menacent dans le monde sous-marin, c'est par la tête que l'on perd le plus de chaleur, le port d'une cagoule est donc indispensable dans les eaux froides (Figure 12) (Ybert et al, 1998).



Figure 12 : Cagoule et bottillon

1.3.4. Instruments

1.3.4.1. Manomètre immergeable

Le manomètre permet de connaître en temps réel la pression de la bouteille branché sur le premier étage du détendeur, il est toujours à aiguille car on n'a rien trouvé de mieux pour rendre graphique la baisse de la pression. Une zone rouge indique les valeurs inférieures à cinquante ou trente bars, selon sa fabrication (Figure 13) (Denhez et Rives, 1998).



Figure 13 : Manomètre

1.3.4.2. Profondimètre

Cet instrument mesure la profondeur, le profondimètre mesure la pression ambiante qui dépend directement de la profondeur on distingue deux catégories :

Profondimètre analogique (ancien) : le principe de fonctionnement c'est le tube de bourdon. Formé de boîtier à aiguille lorsque la pression exercée dans le tube s'applique sur les parois et déforme la courbure du tube dans le sens de la plus grande surface. Une aiguille déplace sur une échelle graduée, une autre aiguille dite « trainante » reste bloquée sur la profondeur maximale atteinte.

Profondimètre électronique (ou timer) plus usité, le principe de fonctionnement c'est l'effet piezo électrique. Il mesure la pression grâce à un capteur électrique et la restitue sur un écran à cristaux liquides. Il affiche également le temps passé au fond, la profondeur maximale et la température de l'eau, il estime aussi la vitesse de remontée et garde les paramètres des dernières plongées effectuées (Denhez et Rives, 1998).



Figure 14 : profondimètre analogique



Figure 15 : profondimètre électronique

En plus d'un profondimètre, le plongeur doit être s'équipé d'une montre (si nécessaire) et d'une table immergeable lui permettant d'indiquer les paliers éventuels à effectuer au cours de la phase de la remontée. Sinon le plongeur s'équipe d'un ordinateur de plongée qui réalise les fonctions précédentes.

1.3.4.3. Ordinateur de plongée

Mesure des paramètres de la plongée (profondeur, température, pression,....)

L'ordinateur se comporte en profondimètre d'une très grande précision, la mesure de la profondeur s'effectue par des capteurs piezo-résistifs. Il est conseillé au plongeur de conserver l'ordinateur avec lui lors des changements d'altitude et des voyages en avion, avant et après la plongée.

L'analyse de la pression absolue et la mesure du temps écoulé depuis le début de la plongée sont couplées dans le microprocesseur pour fournir des indications sur le profil de la plongée et les procédures de décompressions à respecter. Les ordinateurs sont livrés avec des alarmes visuels ou sonores avertissant le plongeur lorsqu'il dépasse la vitesse de remonté autorisée (Figure 16) (Ybert et al, 1998).



Figure 16 : Ordinateur de plongée

1.3.4.4. Compas

Le compas (une boussole à une aiguille aimantée libre sur un axe vertical, sur laquelle se fixe une rose des vents). C'est un instrument utilisé pour l'orientation en plongée (pour suivre les différents caps) et la détermination des relèvements (Figure 17) (Zucher, 1996).



Figure 17 : Compas

1.3.4.5. Poignards de Plongée (couteau)

Le poignard de plongée est un outil indispensable. Il sert à couper, à creuser, à mesurer, à dégager des objets.... (Figure 18) (Ybert et al, 1998).



Figure 18 : Couteau

En plus de ce matériel, il existe d'autre matériel utilisé lors des différentes activités nécessitent la plongée, ce matériel est cité dans l'annexe supplémentaire.

1.3.5. Technique de la plongée subaquatique

La plongée est un sport merveilleux, mais qui malgré tous les progrès techniques réalisés sur le matériel, n'est pas tout à fait sans danger. La prise de risque ne peut être totalement éliminée, elle peut cependant

être considérablement réduite par la maîtrise de la technique de plongée dispensée lors d'une formation par un organisme agréé.

1.3.5.1. Composition de l'air

Le gaz respiré par le plongeur est le plus souvent de l'air. L'air atmosphérique sec se compose d'environ : 78% d'azote N₂, 21% d'oxygène O₂, 1% d'argon Ar (plus des gaz rares), 0,033% de dioxyde de carbone CO₂

L'air contient aussi de l'eau, sous forme de vapeur, en plus ou moins grande quantité, ainsi que plusieurs autres éléments tels que poussières, particules de graisses ou de gaz ajoutés par l'homme et ses industries, c'est la raison pour laquelle les compresseurs qu'utilisent le plongeur sont munis de filtres (Zurcher, 2002).

1.3.5.1.1. L'azote

L'azote ne sert qu'à diluer l'oxygène car celui-ci, bien qu'éminemment vital, est très toxique à haute dose, il n'est pas métabolisé et s'accumule dans le corps du plongeur (Denhez et Rives, 1998).

1.3.5.1.2. L'oxygène

Il est le comburant de l'énergétique cellulaire aérobie, il devient toxique à des pressions importantes, il est sans couleur, sans odeur, sans gout (Foster, 2003).

1.3.5.1.3. Dioxyde de carbone

C'est le déchet produit par le métabolisme cellulaire, l'organisme l'élimine continuellement, notamment par la respiration, de forte concentration de CO₂ dans l'air respiré est toxique et provoque des pertes de connaissance (pouvant entraîner la noyade) et des maux de tête (céphalées), il est sans couleur, sans odeur et sans gout (Foster, 2003).

1.3.5.2. Accidents de la plongée

Il peut être intéressant de connaître les phénomènes mis en œuvre lors de plongées sous-marine, et les risques encourus par les pratiquants. La plongée est en effet une activité à risque qui doit être pratiquée avec un maximum de sécurité. Le but ici est de présenter les dangers potentiels pouvant menacer les pratiquants lors d'excursions sous-marines.

Les accidents spécifiques à la plongée sont classés en trois catégories :

1.3.5.2.1. Barotraumatismes ou accidents mécaniques

Le corps humain comporte un certain nombre de cavités, qui peuvent subir des lésions s'il existe une différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur de ces cavités (Foster, 2003).

Il y a lésion.

- A la descente : Placage du masque, oreilles, sinus et dents.

- A la remontée : sinus, dents, intestins, estomac et surpression pulmonaire (Georges, 2008).

3.5.2.2. Accidents Biophysiques

Ces accidents directement liés à la loi d'Henry ne concernent que l'azote, l'oxygène étant brûlé dans notre organisme. On l'appelle aussi Accident de décompression, cet accident apparaît au cours de la remontée (Georges, 2008).

Pour éviter ce problème il faut respecter scrupuleusement la durée et la profondeur des paliers, ainsi que la vitesse de remontée (Rémi Barbarin).

1.3.5.2.3. Accidents Biochimiques

Les gaz que l'on respire peuvent devenir toxiques dès que leur pression partielle dépasse un certain seuil. Il faut connaître ces limites pour bien prévenir et traiter ces accidents. Ces gaz sont : l'azote (ivresse des profondeurs), l'oxygène (hyperoxie) et le gaz carbonique (essoufflement) (Georges, 2008).

1.3.5.3. Paliers et tables

Un palier est un arrêt lors de la remontée d'une plongée à une certaine profondeur (3 mètres par exemple) pendant un temps donné. Il sert à la remontée à éliminer l'azote en excès dans notre corps. Lorsque l'élimination du surplus d'azote n'est pas suffisante lors de la remontée lente (vitesse de 10 mètres par minute), un ou plusieurs paliers sont alors nécessaires.

Le temps et la profondeur des paliers sont donnés par des tables de plongée ou des ordinateurs de plongée (Foret et Torres, 2005).

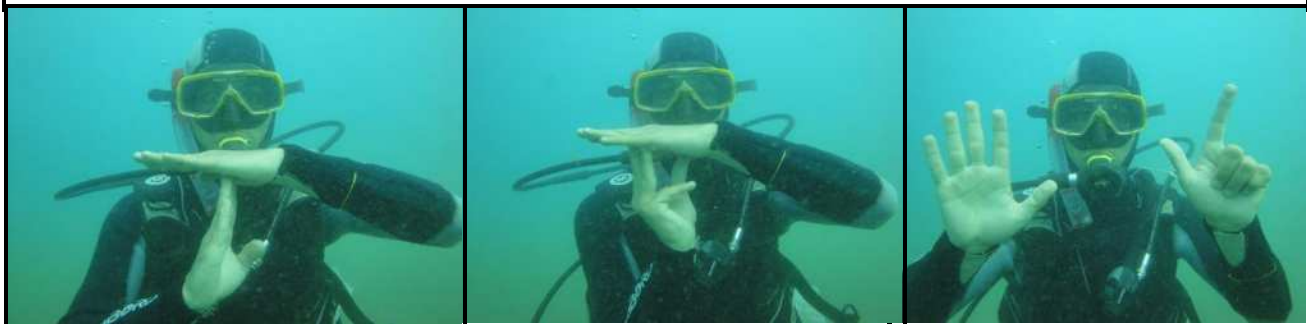
Palier de principe

Même si vos tables ou votre ordinateur n'en prescrivent aucun, un palier de principe de 3 minutes entre 3 et 5 mètres ne peuvent pas vous faire de mal, vous vous sentirez moins fatigué en surface et cela vous laissera le temps de vous rappeler tout ce que vous avez observé, il permet aussi de surveiller la surface avant de sortir de l'eau (Denhez et Rives, 1998).

1.3.5.4. Signes

Le milieu marin est un milieu différent de celui dans lequel nous évoluons habituellement et les plongeurs ne peuvent pas parler sous l'eau donc il faut communiquer par des signes de plongée. Ils sont utilisés par tous les plongeurs du monde.

La figure 19 représente les principaux signes utilisés :



Pression restante 100 bar

Palier

Pression restante 70 bar

Figure 19 : Signes très utilisées par les plongeurs

1.3.6. Organisation et qualification

La manière dont est organisée la plongée en Algérie est relativement simple. Les plongeurs sont regroupés dans une fédération pour des raisons évidentes de sécurité.

Les clubs sont reconnus par la Fédération Algérienne de Sauvetage de Secourisme et des Activités Subaquatiques (FASSAS).

La plongée subaquatique en mer, pratiquée dans les clubs associatifs ou dans les structures commerciales affiliées à des ligues régionales, elles-mêmes affiliées à la fédération (FASSAS) qui est reconnue par la Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques (CMAS).

1.3.6.1. Trois niveaux des plongeurs

1.3.6.1.1. Niveau 1 (1 étoile CMAS) :

Les plongeurs de niveau 1 (P1) peuvent plonger uniquement dans l'espace médian, soit entre 0 et 20 m avec un moniteur, et entre 0 et 15m avec P3. Ils doivent être encadrés par un moniteur au moins 1er degré

1.3.6.1.2. Niveau 2 (2 étoiles CMAS) :

Les plongeurs de niveau 2 (P2) peuvent plonger plus profond que le P1, entre 0 et 30m avec un moniteur et entre 0 et 25m avec P3. Ils doivent être encadrés par un moniteur au moins 2ème degré

1.3.6.1.3. Niveau 3 (3 étoiles CMAS) :

Les plongeurs de niveau 3 (P3) peuvent plonger dans une espace profonde, entre 0 et 40m avec un moniteur et entre 0 et 35m avec P3. Ils doivent être encadrés en enseignement, par un moniteur 3ème degré

1.4. Plongée technique « plongée Tech. »

La plongée technique représente un outil de recherche très largement utilisé par les chercheurs car elle est plus développée que la plongée « classique ».

La plongée technique nécessite des moyens plus sophistiqués comme : la plongée aux mélanges, le circuit semi-fermé et le circuit fermé.

1.4.1. Plongée aux mélanges

L'essor de la plongée au Nitrox est bien réel et la plongée au trimix prend de l'importance de jour en jour. Le but de la plongée aux mélanges est de diminuer les phénomènes de saturation et de rendre plus facile la décompression.

Afin de garantir la sécurité des utilisateurs il est nécessaire de former les personnes qui seront chargées de réaliser ces mélanges au club ou à l'école de plongée (Zurcher, 2002).

1.4.1.1. Nitrox

Un nitrox est un mélange d'oxygène et d'azote (enrichi en oxygène et appauvri en azote). Son principal avantage est de réduire sensiblement le temps de décompression, ce mélange nécessite un bloc et un

détendeur adapté, n'est en réalité intéressant qu'à des profondeurs inférieures à une trentaine de mètres (Ybert et al, 1998).

1.4.1.2. Trimix

C'est un mélange respiratoire différent par sa composition, en plus de l'oxygène et l'azote il contient aussi l'hélium, il permet également aux plongeurs d'atteindre des profondeurs importantes il est utilisé au-delà de 60m, le trimix est réservé pour la plongée professionnelle ou spécifique, il peut être associé à d'autre système, à la remontée, un plongeur qui à utilisé du trimix sur le fond se sert fréquemment d'autre mélange comme le nitrox ou l'oxygène pur (Ybert et al, 1998).

1.4.2. Circuit semi-fermé

Dans un système à circuit semi-fermé une partie de l'air rejetée à chaque expiration est recyclée, laissant échapper un peu de gaz dans l'eau, ce qui permet de rester plus longtemps en plongée, ce système est utilisé aussi bien par les amateurs chevronnés que par les professionnels (Ybert et al, 1998).

1.4.3. Circuit fermé

Dans un modèle à circuit fermé l'air est recyclé en permanence, le gaz carbonique est évacué et remplacé au fur et à mesure par l'oxygène de sorte qu'il n'y a aucun rejet dans l'eau, ce système ne génère pas de bulles, il permet aussi d'augmenter considérablement la durée de plongée (Ybert et al, 1998). Ce système nécessite un bloc et un détendeur adaptés.



Figure 20 : Recycleur à gestion électrique

1.4.4. Matériels de plongée dans les eaux froides

Selon la norme européenne EN 250: 2000, une eau est froide quand sa température est inférieure à 10°C.

1.4.4.1. Combinaison en eau froide

Pour les eaux froides, il existe des combinaisons dites « sèches » ou « étanches », dans ce type de vêtement, le corps est totalement isolé de l'eau par de l'air emprisonné dans la combinaison, d'un coût élevé ce matériel nécessite un apprentissage (Foret et Torres, 2005).

Chapitre 2 : Applications de la plongée subaquatique à l'océanographie

La plongée scientifique représente un outil de recherche océanographique très largement utilisé par les chercheurs, ingénieurs et techniciens travaillant dans le domaine de l'océanographie.

2.1. Observations et photographies par les biologistes des animaux et des végétaux sous-marins

Le monde marin c'est un monde presque secret qui abrite un nombre infini d'espèces marines de toutes formes, de toutes tailles et de toutes couleurs et pour mieux comprendre ce monde, on utilise la plongée subaquatique qui est une technique toute indiquée.

La plongée en tuba et la plongée au scaphandre autonome sont les activités populaires qui nous permettent, habitants de la surface, de jeter un œil dans l'environnement complexe (l'observation détaillée de l'environnement) et foisonnant qu'habitent ces formes de vie, et les changements subis par l'écosystème littoral et le paysage qu'il compose, ainsi que par sa faune et sa flore.



Figure 21 : Plongeur observe le milieu marin

Les biologistes utilisent la plongée subaquatique pour :

La rencontre de la flore et de la faune sous-marines, par des plongeurs scientifiques professionnels, qui maîtrisent les nombreux aspects de la biodiversité marine, qui plongeront le long des tombants et grottes sous-marines et apprécieront les grottes à corail, le corail rouge, les dentelles de Neptune, les éponges, ou les mérous. A différentes profondeurs ou de nuit, ces plongées seront l'occasion de vous initier à la biologie et à la topographie sous-marine, à l'océanologie et aux techniques utilisées par les scientifiques dans leurs études et programmes de protection du milieu sous-marin.

Aussi il ya des plongées effectuées qui ont pour but, d'observation in situ, de valider certaines données sonar, photos aériennes ou vidéo ou de combler des lacunes. Ces plongées permettent de reconnaître la nature des fonds et de caractériser les peuplements qui les occupent (Denis et Bernard, 2010).

On peut aussi réaliser des vidéos (relevé filmé) et des photos sous-marines pour lister et donner des informations sur la conformation générale et sur les espèces animales et végétales présentes, et à

quantifier les peuplements les plus significatifs et connaissance du nom des espèces végétales et animales : Identification d'espèces à partir de photos ou illustrations (nom, famille, embranchement, habitudes de vie ...).



Figure 22 : Plongeur prenant des photos d'une espèce animale

Dans de nombreux cas, les photos permettent seulement l'identification jusqu'à un niveau taxonomique assez général. Toutefois, si on apprend à bien connaître l'ensemble complet du biote étudié, des identifications très fiables des espèces sont possibles à partir de gros plans. Pour l'analyse du rapport espèces-superficie, les photos sont tout aussi acceptables que les échantillons. On peut également effectuer un dénombrement assez exact des espèces, bien que cela soit difficile dans le cas d'espèces coloniales telles que les tuniciers. En effet, ces colonies sont habituellement considérées comme des individus (Noble et al, 1976), même si cela introduit des erreurs dans les estimations de l'abondance relative et de la dominance.

2.2. Photographie et vidéo sous-marine

Depuis toujours, le monde sous-marin captive les hommes. Aujourd'hui, la plongée sous-marine en scaphandre et en apnée est plus accessible que jamais. Et grâce aux nouvelles technologies, les plongeurs ont la possibilité de capturer ces paysages sous-marins inoubliables et de partager cette expérience unique avec ceux qui sont restés sur la terre ferme (Druckhaus, 2007). Comme le commandant Cousteau qui découvre à un large public son « monde du silence » grâce à des films tout à fait remarquables qui ont suscité bien des vocations dont la notre (Miolance et Sahuquet, 1998). Une photographie sous-marine exige un matériel complexe et très souvent coûteux. Beaucoup de temps et une maîtrise parfaite des techniques de plongée.

Pour faire d'excellentes photos on a besoin d'appareil photos il existe deux catégories : les appareils à pellicule et les appareils dits numériques :

2.2.1. Pellicules argentique

Avant, les photographes n'utilisaient que des pellicules argentiques qui nécessitaient un tirage sur diapositive ou papier. (Mionlance et Sahuquet, 1998).

2.2.2. Appareils numériques

Mais aujourd'hui, et grâce aux nouvelles technologies, les photographes sous-marins utilisent l'appareil numérique qu'il est moins coûteux car ne nécessite plus de développer la pellicule.

Une photo numérique est un assemblage de pixels (Picture element). Plus le nombre de pixels est élevé, meilleur est le piqué (netteté de l'image). Cette densité correspond à la résolution de l'image exprimée en ppp (pixels par pouce). Cette résolution dépend du capteur et le format du fichier.

Le capteur est le dispositif chargé de capturer le cliché.

Le format du fichier retenu implique le niveau de qualité avec lequel on enregistre la photo ; i.e. le type d'image et celui de la compression. La compression réduit la taille du fichier (attention à l'altération de la photo).

Il existe actuellement 5 grandes catégories d'appareils numériques dont performances et coût vont croissants :

- Les appareils numériques reflex : de loin les plus coûteux et plus performants.
- Les appareils bijoux : ultra compacts, offrent peu de réglages
- Les compacts : un peu plus performants, mais pas de merveille.
- les Bridges : permettent de nombreux réglages manuels (lourds et encombrants).
- Les hybrides : intermédiaires entre les bridges et les réflex.

Avant de faire l'achat d'un appareil numérique destiné à la photo sous-marine, il faut s'assurer que les fabricants ont bien conçu un boîtier qui le protège de l'eau et de la pression et le budget nécessaire pour son achat.

2.2.3. Pour faire d'excellentes photos

Les informations suivantes résument les principes de base de la photographie sous-marine.

- **Eau claire comme du cristal**

De l'eau claire est essentielle pour faire des bonnes photos sous-marines. Les fines particules flottant dans l'eau, comme les algues et les sédiments, causent une faible visibilité et des petites taches qui apparaissent ("Tâches de lumière"). Votre flash externe vous aidera à réduire l'effet de photo, communément appelés "Backscatter" (diffusion).

Le flash illumine uniquement le bord extérieur des débris flottants. Un flash externe à bras articulé améliore beaucoup la qualité.

- **Limitez votre distance de prise de photo à 1.8m**

L'eau est 800 fois plus dense que l'air et absorbe rapidement la lumière. Votre flash externe à

une limite de portée de 1,8 m à 2,4 m en fonction de la visibilité sous l'eau. Gardez une distance de prise de photo de 1,8 m. L'idéal est 1,2 m. Vous pouvez considérer l'accessoire Objectif Grand Angle qui vous permet de garder une distance de prise de photo très proche en faisant tout rentrer dans la photo.

- **Déplacez-vous calmement et contrôlez votre flottabilité**

Contrôlez constamment votre flottabilité et positionnez-vous de façon idéale avant de prendre une photo. Ceci vous permet de maintenir l'appareil photo immobile et de contrôler votre distance de prise de photo. Un bon contrôle de votre flottabilité vous aidera à éviter de remuer le sable qui viendra troubler l'eau et causer un effet de backscatter.

- **Pratiquez et faites des tests avec les contrôles de votre appareil photo et votre flash externe**

Il n'y a pas de meilleure façon d'apprendre que d'apprendre de vos erreurs. Familiarisez-vous avec les contrôles de l'appareil photo pour pouvoir faire des ajustements rapides en fonction des conditions environnantes. Prenez-le temps de vous exercer et de faire des tests avec différents paramètres. Regardez vos photos et apprenez de vos Erreurs (Anonyme, 2008).

2.2.4. Macrophotographie

Dans la plupart des cas, il sera aussi facile de faire des gros plans sous l'eau. La distance relativement courte entre le photographe et le sujet (20 cm) signifie que les couleurs seront riches, et qu'il y aura moins de particules flottantes dans l'eau affectant la clarté de l'image.



Figure 23 : Photo générale de *Caulerpa racemosa* (plage ouest de Sidi Fredj) (Boukortt R).



Figure 24 : Photo avec un grandissement en macrophotographie (plage ouest de Sidi Fredj) (Boukortt R).

La **macrophotographie** est l'ensemble des techniques photographiques permettant de photographier des sujets de petite taille. Le terme désigne l'activité photographique associée à ces techniques. Les rapports de grandissement en macrophotographie se situent entre les échelles 1:1 (taille réelle) et 10:1 (dix fois plus gros que la taille réelle).

2.2.5. Problèmes de la photographie

Mais rien n'est plus difficile que la photo sous-marine, les problèmes sont multipliés par dix et il faut s'armer de patience. Dans l'eau les distances sont faussées par la glace du masque qui fait tout apparaître plus proche et plus grand. L'élément liquide absorbe la lumière et ses couleurs. L'eau étant moins fluide que l'air, les particules en suspension y sont beaucoup plus gênantes, sans compter qu'il n'est pas toujours facile de rester immobile, en plongée, d'où des problèmes de cadrage et de stabilité de l'appareil.

Un autre problème majeur se passe à l'apprenti de photographie sous-marine c'est le manque de lumière, dès que l'on a dépassé 5 mètres de profondeur, les rayons du soleil commencent à s'atténuer et à partir de 10 ou 15 m, on se retrouve dans un univers uniformément bleu, sans contraste et terne. A 20 m on a perdu plus de la moitié de l'intensité lumineuse dont on disposait en surface et à 30 m, il n'est pratiquement plus possible de photographier sans l'appoint d'un éclairage artificiel. Pour restituer les couleurs souvent magnifiques des habitants de la mer une source lumineuse est indispensable le photographe utilise un flash, le vidéaste des phares puissants (Miouance et Sahuquet, 1998).



Figure 25 : Photo d'étoile de mer prise sans flash (plage ouest de Sidi Fredj) (Boukourt R).

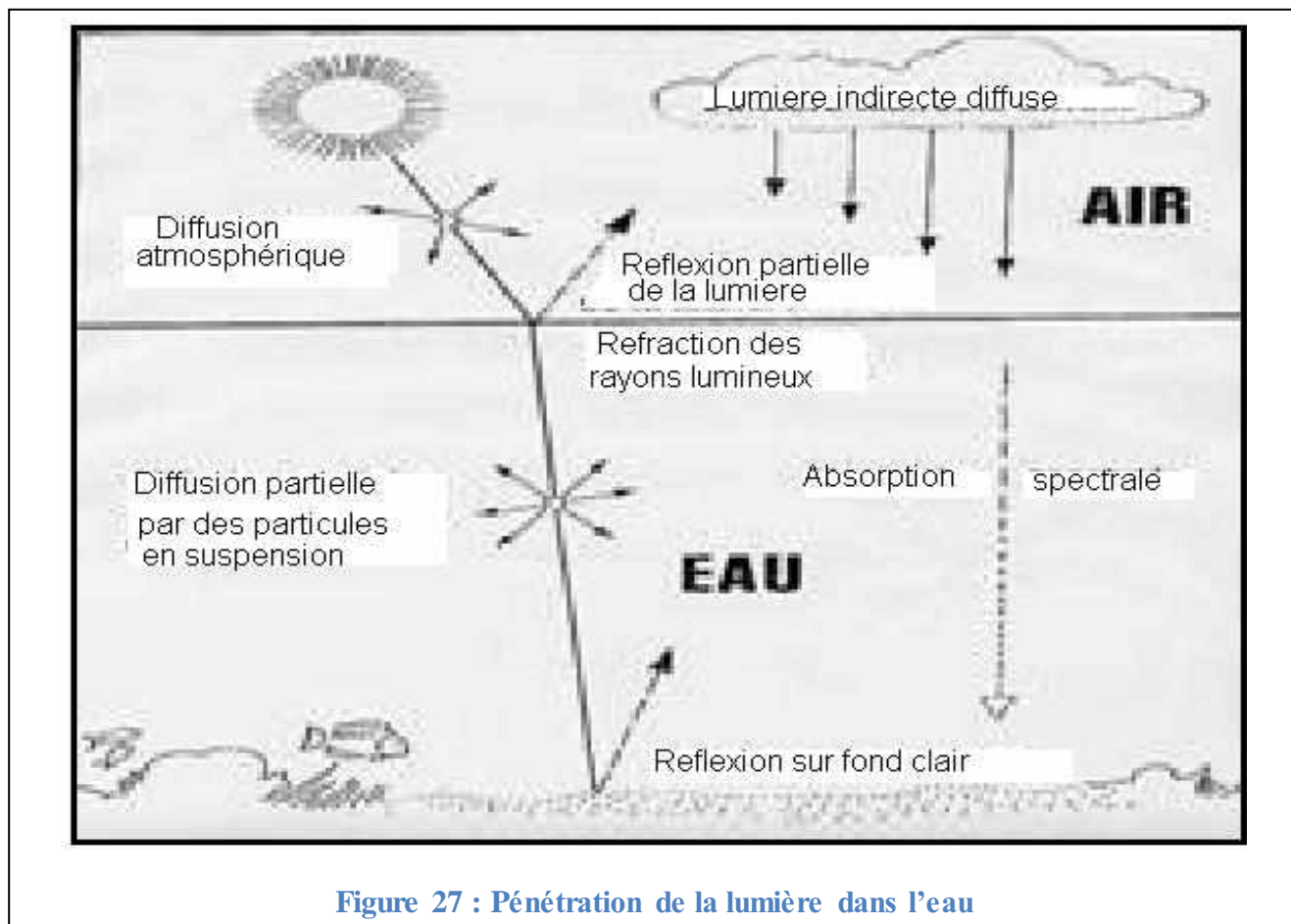


Figure 26 : Photo d'étoile de mer prise avec le flash (plage ouest de Sidi Fredj) (Boukourt R).

a. Pénétration de la lumière dans la mer

Dans le milieu marin la lumière subit d'importantes modifications dues à deux phénomènes de nature distincte :

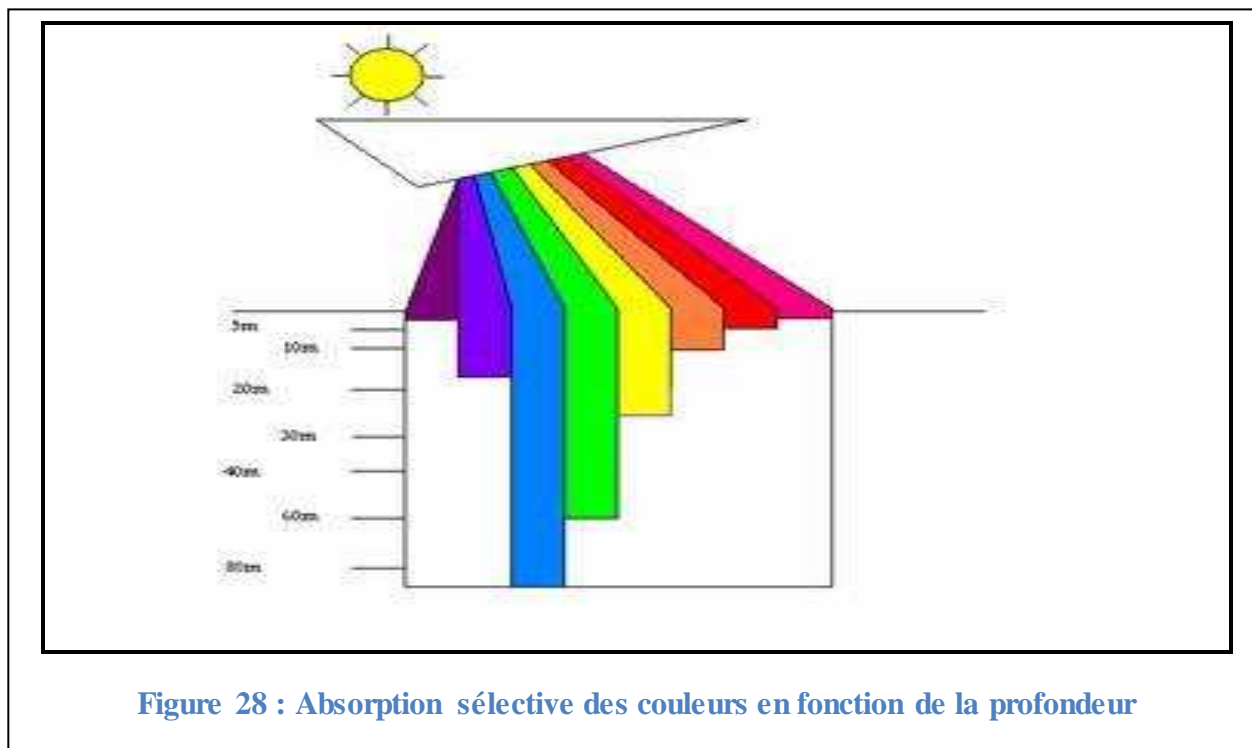
- ✓ L'absorption par l'eau et par les substances dissoutes ou en suspension qui transforme la lumière en chaleur.
- ✓ la diffusion, par les molécules d'eau et les particules en suspension qui dispersent le rayonnement dans Toutes les directions.



b. Absorption des couleurs

Plus la lumière va loin sous la surface de l'eau, plus les couleurs du spectre se perdent. Cela commence avec les couleurs qui ont d'importantes longueurs d'ondes (le rouge à une profondeur de 3 à 5 m) et cela continue avec les couleurs qui ont de courtes longueurs d'ondes (le violet à une profondeur d'environ 20 m). La perte de couleur intervient non seulement verticalement, mais aussi horizontalement. Alors si vous prenez un sujet rouge à une distance de plus de 5 m, même si vous êtes prêt de la surface, la couleur rouge apparaîtra comme complètement délavée. N'oubliez pas : si vous utilisez le flash, la lumière doit aller vers le sujet puis revenir, ce qui réduit de moitié la distance maximum (Druchaus, 2007).

Dans ce schéma l'absorption sélective des couleurs dans l'eau. Quand le rayon lumineux pénètre la surface de l'eau il est privé tour à tour de ses couleurs spectrales, c'est-à-dire que les couleurs rouges, jaunes, vertes etc.... disparaissent en fonction de la profondeur et finalement ça devient tout bleu. Cette perte des couleurs pose un problème en photographie sous-marine.



Il existe différentes manières d'améliorer les couleurs des photos sous l'eau. La plus simple est d'utiliser la balance des blancs.

La balance des blancs c'est une capacité de l'appareil à corriger les couleurs du cliché obtenu qui a été tiré dans des circonstances spéciales, comme contre-jour, éclairage artificiel, néon ... On arrive ainsi à étalonner le capteur et corriger des couleurs dominantes dans la prise de vue. Il ya :

La balance des blancs automatique : est une fonction disponible sur la plupart des appareils, et utilise un algorithme pour calculer automatiquement la meilleure balance des blancs correspondant à la lumière, habituellement entre 3000/4000K et 7000K (souvent insuffisante en photo sous-marine).

La balance des blancs manuelle : vous permet de prendre une photo d'une référence de blanc ou de gris, qui sera considérée par la suite comme une référence pour les prochaines photos prises sous la même lumière.

Pour faire un réglage de balance des blancs en faisant une manipulation et en plaçant devant l'objectif une cible blanche le calculateur de l'appareil va alors étalonner le blanc et corriger toutes les photos en fonction de l'écart mesuré entre la lumière disponible et la lumière blanche. Ne pas oublier de désactiver cette fonction lorsque les conditions de lumières varient.

Une dernière remarque concernant ce chapitre. Après la plongée, il est impératif de rincer à l'eau douce le boîtier étanche en faisant fonctionner tous les boutons de celui-ci immergé.



Figure 29 : Photo sans la balance des blancs (chassimages.com).

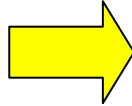


Figure 30 : Même photo avec la balance des blancs (chassimages.com).

2.3. Carottage et prélèvement sélectif des échantillons

Dans le but d'obtenir des informations biologiques, biogéochimiques et physiques sur le milieu marin on réalise des prélèvements et de traitement des échantillons.

Il existe plusieurs méthodes des prélèvements par exemple pour les prélèvements de sédiments en utilise une benne mais cette méthode présente plusieurs inconvénients :

- Elle perd les sédiments très fins au cours de la remontée
- Ne peut pas prélever lorsque le fond est très rocheux
- La benne détériore la faune et la Flore

Il ya aussi les prélèvements des algues, des biocénoses et de l'eau.

Mais le prélèvement manuel en plongée autonome, présente la meilleure méthode «rapport qualité / prix » dans la mesure où elle permet d'obtenir le maximum d'échantillons avec le minimum de coût. Parmi les avantages de cette méthode, il y a l'échantillonnage « en direct » par un plongeur scientifique qui connaît ce qu'il va chercher ou qui va reconnaître ce qui peut être potentiellement intéressant. Il n'y a donc pas de récolte « en aveugle » souvent dévastatrice pour l'environnement (lors des dragages ou des chalutages), mais au contraire récolte ponctuelle et donc protection de l'environnement sous-marin côtier, fragile et menacé (Dominique, 1997).



Figure 31 : Prélèvement par plongeur

Il y a deux types de limites à cette méthode de prélèvement, les limites absolues qui sont imposées par la physiologie humaine en matière de plongée et par les normes de sécurité. Dans la pratique, il est exceptionnel de récolter en-dessous de 50 à 60 mètres, la plupart des plongées se situant entre 15 et 35 m. Enfin, les limites «concrètes» qui sont imposées par le financement. Habituellement on a recours aux clubs de plongée qui existent maintenant sur toutes les côtes des pays «développés» et qui permettent de faire les observations préalables indispensables à toute récolte en utilisant l'expérience des moniteurs qui connaissent de façon très précise les sites de plongée. Les contacts préliminaires avec ces responsables permettent très souvent de réaliser tout de suite des plongées «utiles» (Dominique, 1997).

Les prélèvements d'organismes benthiques - algues ou invertébrés – réalisés en plongée autonome sont destinés à la recherche fondamentale (identification de nouvelles espèces biologiques ou de nouvelles molécules chimiques) ou à la mise en évidence d'activités biologiques à visées pharmacologiques (antibiotiques, antiviraux).

Carottiers (tubes en téflon) manipulés par plongeur cette approche comporte de nombreux avantages, dont une meilleure qualité d'échantillonnage pour les carottes des moins de moins de 2 m grâce au contrôle des conditions de pénétration ainsi qu'une évaluation in situ du rapport et des conditions de pénétration du carottier. Les plongeurs peuvent également décrire la nature des sédiments et les conditions du milieu, tant durant la phase de reconnaissance que durant la phase d'échantillonnage. Les plongeurs doivent cependant œuvrer dans un cadre strict d'application des normes relatives à la plongée scientifique.

2.4. Déterminations des limites des herbiers par balisages

La position de la limite inférieure ou supérieure de l'herbier est particulièrement importante car elle enregistre toute altération de la qualité des eaux (augmentation de la turbidité, pollution) sous la forme d'un recul de cette limite, le protocole d'étude qui permet le suivi de ce paramètre est basé habituellement sur le balisage (Descamp et al, 2009).

Donc c'est quoi un balisage ?

Un balisage consiste à disposer des balises de géomètres en limite des peuplements soit à la limite inférieure de l'herbier (une balise tous les 5 m environ) soit à sa limite supérieure (tout les 5 – 15 m). Le but du balisage est de mettre en évidence la stabilité ou l'évolution des limites de l'herbier.

Une balise est constituée d'un corps-mort en béton spécial résiné de haute résistance, le poids la hauteur et la largeur de la balise varient selon le type de limites et de secteurs étudiés. Elle est trouée en son centre pour le passage d'une amarre métallique de quelques dizaines de cm de longueur et protégée par une galvanisation à chaud, en qualité marine. L'amarre est munie d'un système de verrouillage par 3 tiges d'acier qui, en s'enfonçant dans le sol, plus ou moins perpendiculairement à l'amarre, assure un ancrage définitif dans le substrat. Un flotteur est placée au-dessus de chaque balise afin de rendre plus facile sa localisation en plongée (Descamp et al, 2009).

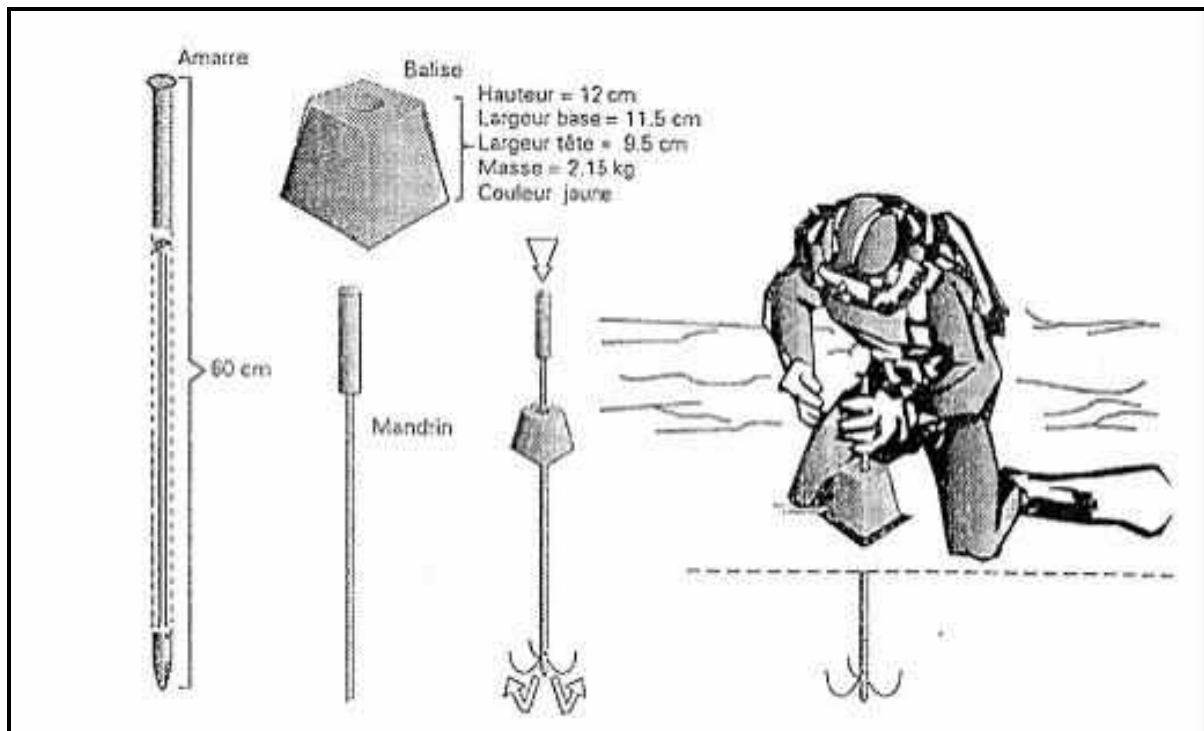


Figure 32 : Caractéristiques des bornes de géomètres utilisées pour limiter l'herbier

2.4.1. Mise en place d'un balisage : (Figure 33)

il se fait en 4 étapes :

1. Le repérage de la limite avec mise en place d'une corde, les balises sont disposées tous les cinq mètres, le long de la limite de l'herbier (on dispose la 1^{er} balise sur la limite de l'herbier et on mesure 5 m puis nous dispose la 2^{ème} balise et ainsi de suite...)
2. La fixation des balises. Doit leur permettre de résister à l'hydrodynamisme et surtout parfois aux chaluts. les sites trop fréquemment soumis au chalutage sont à éviter. Chacune des balises est numérotée et est pourvue d'un flotteur numéroté relié à un anneau métallique fixé au centre de la balise, pour faciliter son repérage ultérieur.
3. La mise en place des piquets-photo devant chaque balise. Un numéro est fixé sur chaque balise, une plaque portant le numéro de la balise est également glissée sous elle
4. Enfin, il est procédé au premier suivi photographique (point zéro) Lors du premier suivi photographique et des suivis ultérieurs, 3 photographies (une photo décentrée à gauche, une photo centrée, une photo décentrée à droite) sont prises de chaque balise et de l'herbier qui l'entoure, ainsi que d'une échelle graduée placée devant la balise (Boudouresque, 2006).

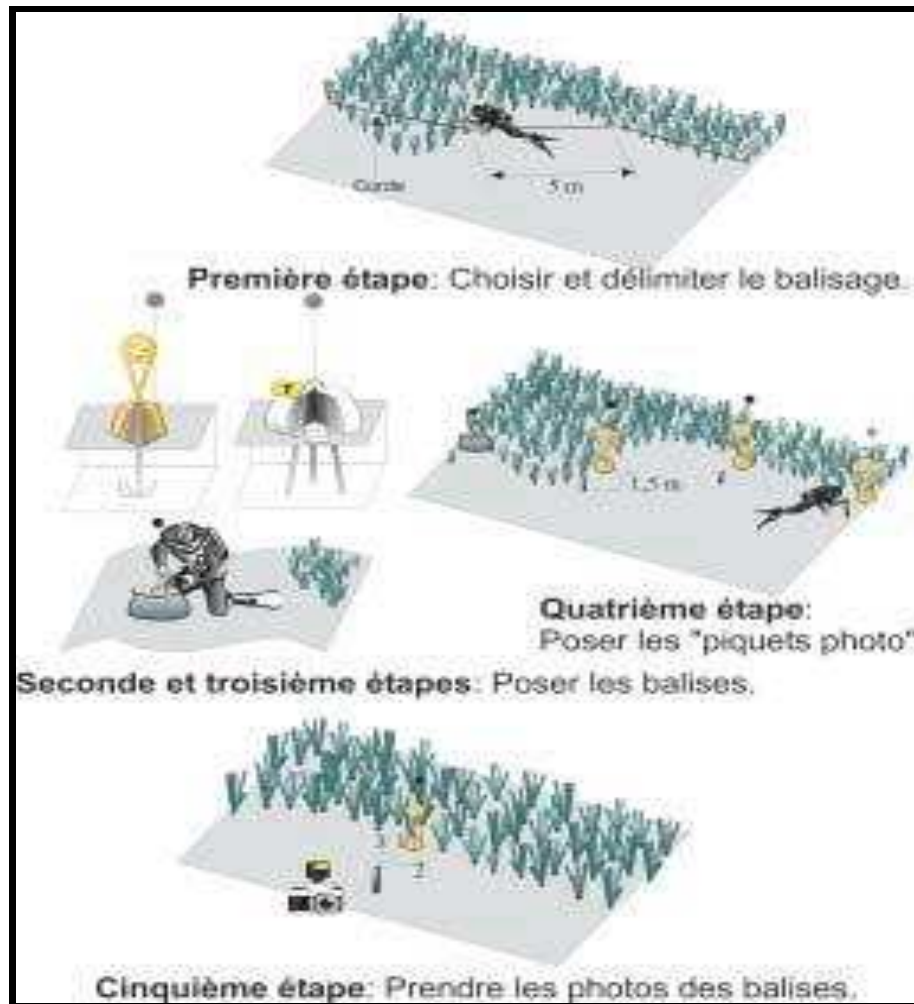


Figure 33 : Etapes de la mise en place d'un balisage à la limite d'un herbier

2.4.2. Position des balises

Repérage du balisage, en s'appuyant sur les données des coordonnées GPS de balise 1. Contrôle de la position des balises et repositionnement avec précision de celles qui ont été déplacées.

Les relèvements des axes « balise à balise » et « balise à piquet-photo » sont vérifiés à l'aide d'un compas immergeable. Les relèvements, et les distances de balise à balise (5m) servent d'indication pour repositionner avec précision les balises déplacées.

Les relèvements « balise à balise » et « piquet photo à balise » mesurés lors de la mise en place du balisage (Khazimi, 2010).

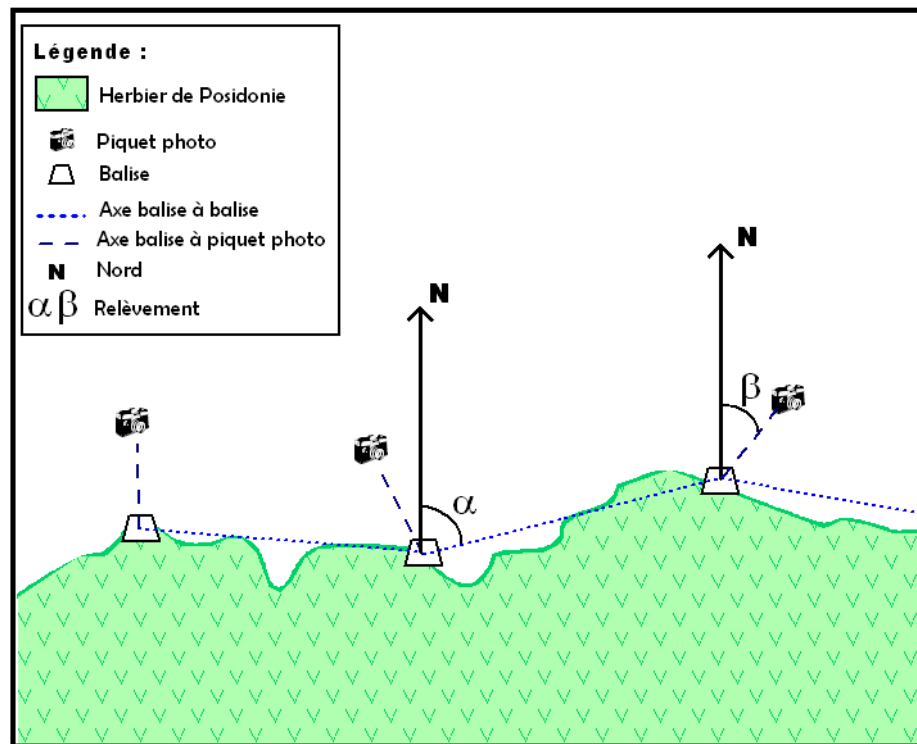


Figure 34 : Schéma illustrant le protocole de mesure des relèvements pour le repérage des balises et des piquets (Khazimi, 2010).

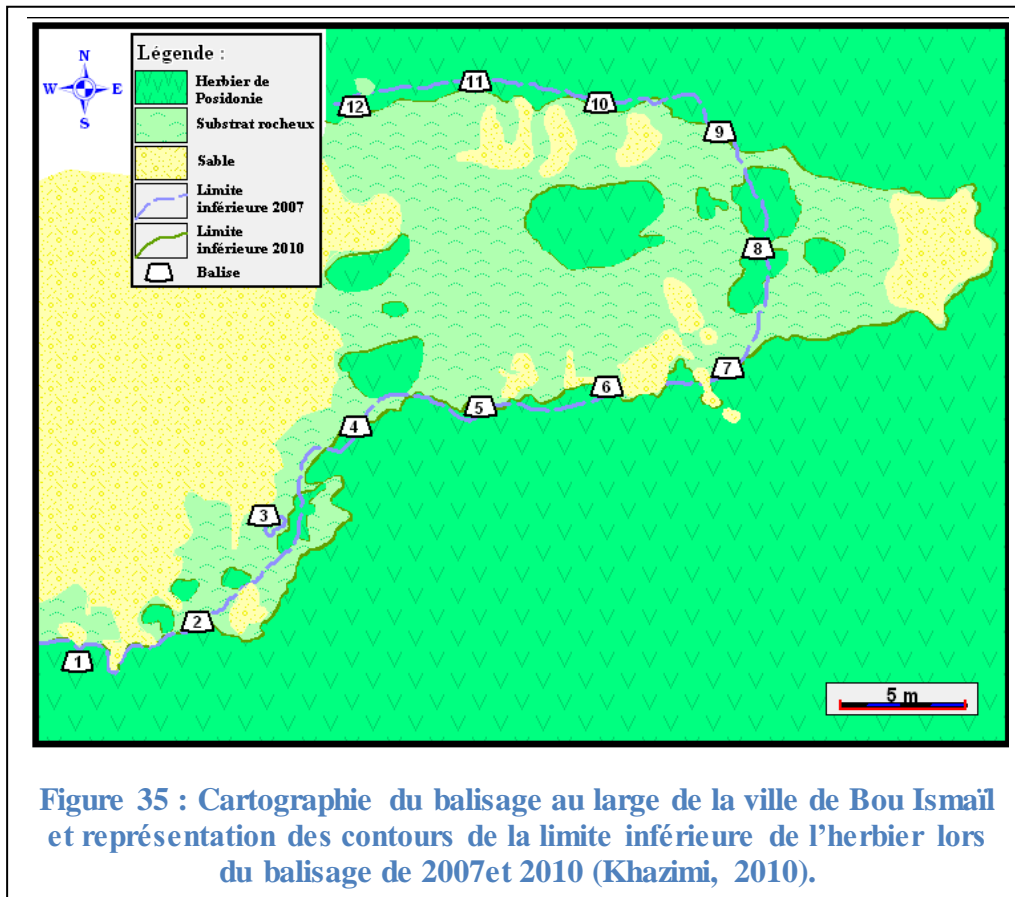
2.4.3. Profondeur des balises

La profondeur de chaque balise est mesurée à l'aide d'un profondimètre électronique. Ces mesures permettront de noter une éventuelle érosion ou inversement un apport de sédiment au niveau de la limite de l'herbier (Khazimi, 2010).

2.4.4. Cartographie

Les photos, la vidéo et les observations réalisées *in situ*, ont permis d'établir une carte précise de la limite balisée,

La cartographie de la limite inférieure est établie, en exportant le rendu final des contours sur le logiciel MapInfo, en ayant préalablement géoréférencé la carte. La carte est ensuite légendée en illustrant les différents biotopes rencontrés (Khazimi, 2010).



La méthodologie des balisages et le suivi des limites inférieures d’herbier par balisage présentent plusieurs inconvénients, notamment cette méthode nécessite de nombreuses plongées pour la pose et le déplacement des balises, le travail sous l’eau est souvent difficile (utilisation de marteau pour la fixation des piquets...). Mais aujourd’hui il existe une nouvelle méthode de suivi des limites d’herbiers à grande échelle c’est : **la télémétrie acoustique**.

2.5. Télémétrie acoustique

La télémétrie acoustique c’est une méthode de suivi des limites d’herbiers à grande échelle. Le positionnement acoustique est alternatif au balisage classique qui permet de multiplier facilement le nombre de points cartographiés, tout en évitant la pose fastidieux de nombreuses balises. Basée sur un principe d’interférométrie acoustique 3D (Medard, 2003) la télémétrie acoustique permet le positionnement centimétrique d’objets situés à plusieurs dizaines de mètres d’une antenne immergée. Non basée sur l’utilisation de balises fixes, elle s’affranchit donc des difficultés précédemment identifiées.

L’appareil utilisé pour ce type de mesure est l’Aquamètre D100 qui a initialement été développé pour l’archéologie sous-marine (relevés d’objets ou de charpente) et le génie civil (Figure 33).

Les microcartographies sont réalisées avec un AQUA-METRE D100. C’est un système de positionnement local subaquatique particulièrement adapté aux métrologies précises avec une portée de 150 mètres de rayon. C’est un système simple de mise en œuvre, complètement autonome (sans câble entre le fond et la surface), pouvant être opéré par un seul plongeur.



Figure 36 : Appareil Aquamètre

La préparation de la plongée ainsi que la récupération des mesures se font par l'intermédiaire d'un PC et d'une liaison infrarouge (Descamp et al, 2009).

Le positionneur acoustique est composé des éléments suivants :

Une base de mesure (constituant l'origine du repère cartésien de mesure $\{0, 0,0\}$), montée à l'extrémité d'un mât d'environ 2 m de haut.

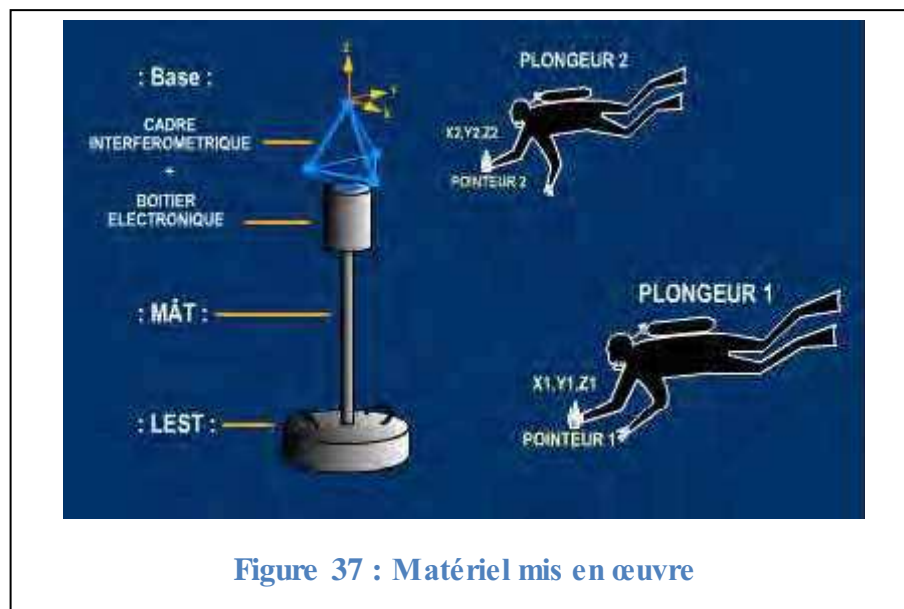


Figure 37 : Matériel mis en œuvre

Le repère cartésien de mesure est associé au cadre interférométrique. Lorsque celui-ci n'est pas à la verticale, un inclinomètre bi-axial interne à la base permet de corriger le non verticalité et les coordonnées calculées sont toujours données par rapport à un repère cartésien dont le plan X, O, Y est confondu avec le plan local horizontal (Figure 36).



Figure 38 : Repère cartésien de mesure

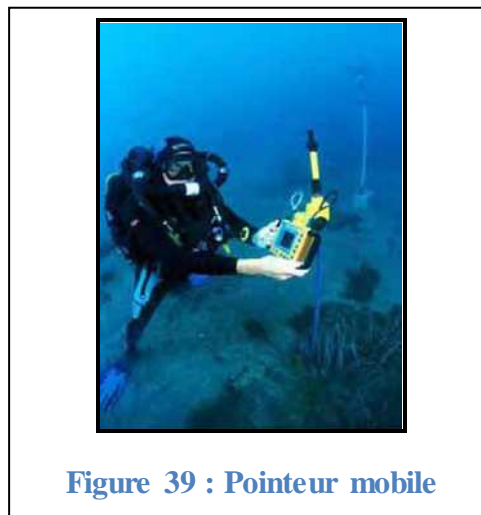


Figure 39 : Pointeur mobile

Un pointeur mobile et sa canne standard confère à l'ensemble une longueur d'un mètre permettant un dégagement par rapport au fond, afin d'éviter les problèmes de réflexions et/ou masquages des ondes acoustiques. Léger et portable, le pointeur est muni d'un mini clavier et d'un écran à cristaux liquide, permettant au plongeur de pointer les limites de l'herbier à positionner et de les stocker en mémoire (Figure 37) (Descamp et al, 2009).

2.5.1. Délimitation d'habitats par télémétrie acoustique

2.5.1.1. Repérage général de l'herbier

L'étape consiste à évaluer la longueur de la limite de l'herbier et à localiser le site le plus propice à la mise en place des sites de suivi. Cette étape aide au positionnement de la base et des points remarquables qui seront utilisés pour le positionnement du repère orthonormé local (Descamp et al, 2009).

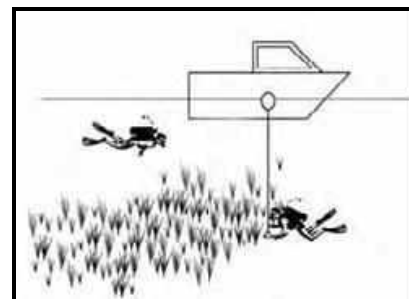


Figure 40 : Repérage général de l'herbier

2.5.1.2. Mise en place de la base

La base est posée dans ou à proximité de l'herbier, en prenant soin d'éviter les masquages éventuels avec le relief sous-marin conduisant à une absence de dialogue entre le pointeur et la base. La verticalité du mat doit être contrôlée et ne pas excéder 5° par rapport à la verticale ce qui dépasserait la capacité de correction de l'inclinomètre. De même, le mat doit être suffisamment rigide pour limiter d'éventuelles oscillations dues aux courants (Descamp et al, 2009).



Figure 41 : Mise en place de la base

2.5.1.3. Mise en place et repérage des points fixes

La mise en place de points fixes permet de positionner chaque lever dans le même repère x, y, z.

Leur position GPS est relevée approximativement en surface à l'aide d'un parachute de plongée, ou par un couple GPS surface / système de positionnement USBL (acoustique). Le positionnement GPS ne sert qu'à faciliter le retour sur site au fil des suivis (Descamp et al, 2009).

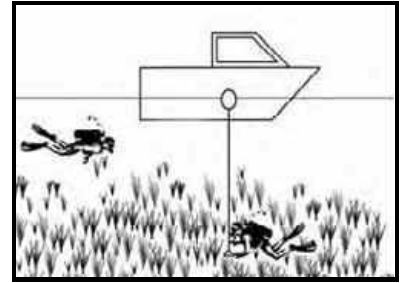


Figure 42 : Mise en place et repérage des points fixes

2.5.1.4. Balisage de la limite

Le plongeur équipé du pointeur se déplace le long de la limite de l'herbier. Il enregistre sa position manuellement en fonction de la précision souhaitée.

Les données recueillies sont ensuite récupérées sur ordinateur, via une interface infrarouge, et traitées par le logiciel de préparation et d'exploitation des mesures (Descamp et al, 2009).

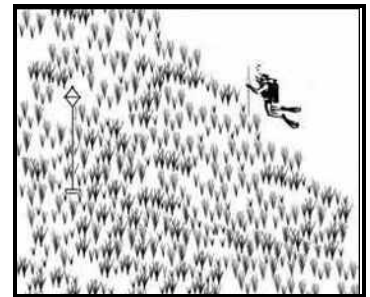


Figure 43 : Balisage de la limite

Cet équipement dont le coût n'est pas à négliger (environ 15000 euros) permet un positionnement précis (moins de 12 cm) lorsque la distance entre la balise et le pointeur est inférieure à 60 m ; mais la différence entre la distance réelle et celle donnée par l'appareil peut atteindre 3.60 m lorsque cette distance est comprise entre 60 m et environ 100 m. (Descamp et al, 2010).

2.6. Réalisation de transects pour définir les habitats marins

2.6.1. Définition d'un transect

La notion de transect est utilisée uniquement dans la méthodologie d'étude des communautés de macrophytes en plans d'eau. Un transect est une ligne le long du plan d'eau (secteur de rive) ou bien perpendiculaire à la rive, sur laquelle sont réalisés des relevés floristiques.

La collecte de donnée est effectuée par un observateur lors de son déplacement le long d'une ligne graduée appelée ligne de transect.

Il y a un transect longitudinal (zone littorale) et un transect transversal (profil perpendiculaire à la rive)

Le transect utilisé pour étudier des différents sujets : soit pour étudier le benthos c'est-à-dire noter les peuplements fixés sur le fond et le type de fond, soit pour réaliser des comptages de poissons, soit pour réaliser des comptages d'invertébrés vivants sur le fond.

2.6.2. Caractéristiques

Identifiant du transect : chaque transect est assimilé du point de vue de sa géolocalisation, à une ligne dont les extrémités peuvent être caractérisées par leurs coordonnées géographiques

Longueur du transect : la longueur du transect est la longueur d'investigation à partir du point de départ du transect longitudinal ou transversal. Elle est exprimée en mètres.

Largeur du transect : la largeur du transect est la largeur d'investigation qui peut dépendre du protocole d'échantillonnage pour les 2 types de transect.

Profondeur de fin du transect : la profondeur du point de prélèvement correspond ou se situe la fin du transect.

2.6.3. Matériel nécessaire pour un transect :

- Une corde plombée
- Un moyen de mesure (pentadécamètre).
- Un marqueur.
- Une bandelette fluo.
- Des piquets en fer.
- Un marteau.
- Un fil plombé de 2,5 m.
- Un engin flottant pour transporter le matériel jusqu'au site (bouée, planche...).
- Une plaquette étanche (ardoise de plongée) et des crayons gras attachés, taillés.
- appareil photographique
- Cadre de mesure la densité
- Les feuilles de relevés.
- Le matériel complet de plongée sous-marine si le site choisi est à une profondeur supérieure à 3 m.
- Une bouteille d'eau et de la nourriture (facultative).
- Un bateau, un kayak ou une pirogue (facultative)...selon le choix du site.

2.6.4. Méthode de transect

Pour réaliser un transect on passe par les étapes suivantes :

On positionne la zone d'étude et l'aire qui va être balayée puis on détermine le nombre de lignes de transect et on positionne sur la cote les points de départ des lignes et on détermine la longueur et largeur du transect et l'espace entre deux lignes successives.

A l'aide d'un bateau on installe les lignes de transect sur le fond de mer à partir d'un point qu'on définit sur le site. Ces lignes sur lesquelles ont été fixées des plaquettes de plexiglas tous les 25m (Boukott, 2008). Puis le plongeur nage ensuite le long de la ligne de transect, observe et note les différentes catégories de benthos et le comptage des poissons sur une ardoise sous-marine et effectue des prises de vue photos et vidéo. Au préalable il a noté sur une plaquette les types de biocénoses, de poissons, les types d'habitats susceptibles d'être rencontrés. Il relève aussi les profondeurs à l'aide d'une règle graduée, au sondeur et au profondimètre (Leeworthy et skewes, 2007).

Les plongeurs doivent nager à vitesse constante et prendre soin que la durée d'un transect soit à peu près équivalente pour chaque reliquat. Ils doivent également s'assurer de ne pas compter plusieurs fois le même poisson lorsque ceux-ci sont très mobiles.

2.7. Vérité terrain

Pour cartographier des fonds marins, on utilise : des images satellites, des photographies aériennes, et des sonogrammes obtenus grâce aux sonars latéraux. Mais pour obtenir des cartographies de façon plus précise on a besoin de la vérité terrain (plongeur, caméra).

Les résultats cartographiques à partir d'images satellitaires sont indissociables des missions de vérité terrain qui viennent dans un second temps, les compléter et représenter la réalité par les plongeurs en scaphandre autonome (David et al, 2008).

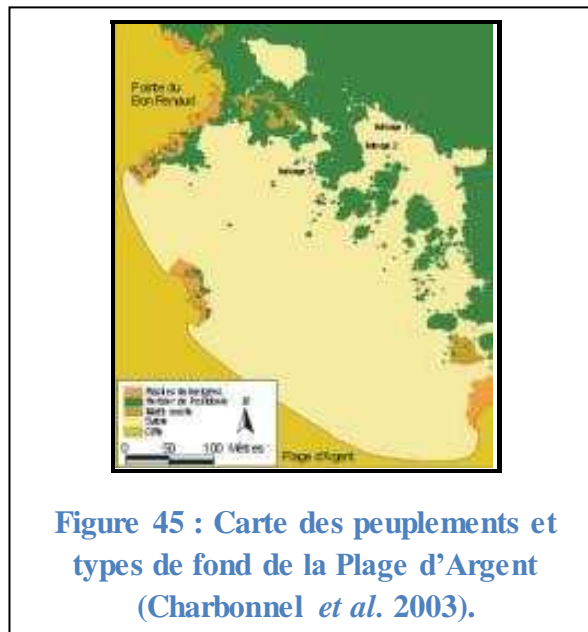
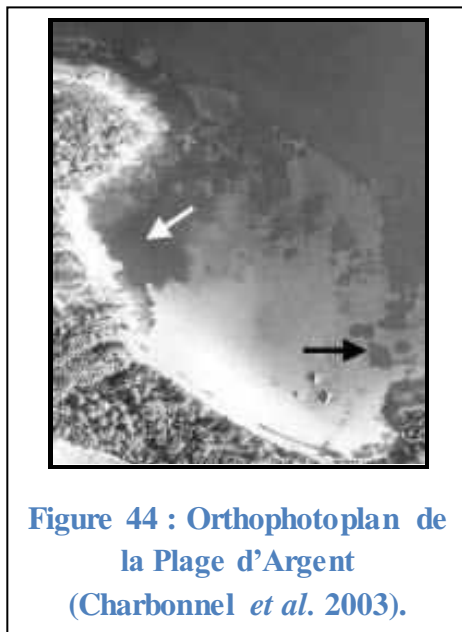
Donc la vérité terrain est :

Les données de terrain permettent de compléter, de vérifier et de donner une réalité thématique aux données issues du traitement automatique ou manuel d'images satellites.

A titre des vérités terrain, les observations pourront être réalisées par des ROV (si on en dispose) ou par des plongeurs en scaphandre autonome pour apprécier les types de limites et les caractéristiques et déterminer les différents peuplements qui existent au niveau des fonds marins.

Pour l'interprétation des images ou des sonogrammes obtenus, les observations en plongée et en vidéo, sont alors nécessaires au titre de vérité terrain (Omrane, 2009).

Exemple :



Orthophotoplan (à gauche) et carte des peuplements et types de fond (à droite) de la Plage d'Argent (Porquerolles, Var, France). A gauche de la photographie (flèche blanche), une vaste zone sombre correspond à des feuilles mortes de *Posidonia oceanica* qui recouvrent un fond de sable. A droite de la photographie, une tache sombre correspondant à de la "matte morte" (flèche noire) apparaît avec la

même nuance de gris qu'une tache de *P. oceanica* vivante proche. Données du Réseau de Surveillance Posidonies (RSP). (Charbonnel *et al.* 2003)

2.8. Cartographie des habitats marins (en remplacement du SAR)

2.8.1. Définition d'un habitat :

C'est le lieu ou plusieurs espèces vivent ensemble dans des conditions environnementales semblables. Le terme habitat désigne à la fois le milieu physique (biotope) et les organismes qu'il abrite (biocénose).

2.8.2. Méthodologie :

Avant de commencer le travail, il faut déterminer l'objectif de cette cartographie. Les étapes suivies sont :

Etape1 : analyse de l'existant et planification des acquisitions

-Localisation de la zone d'étude

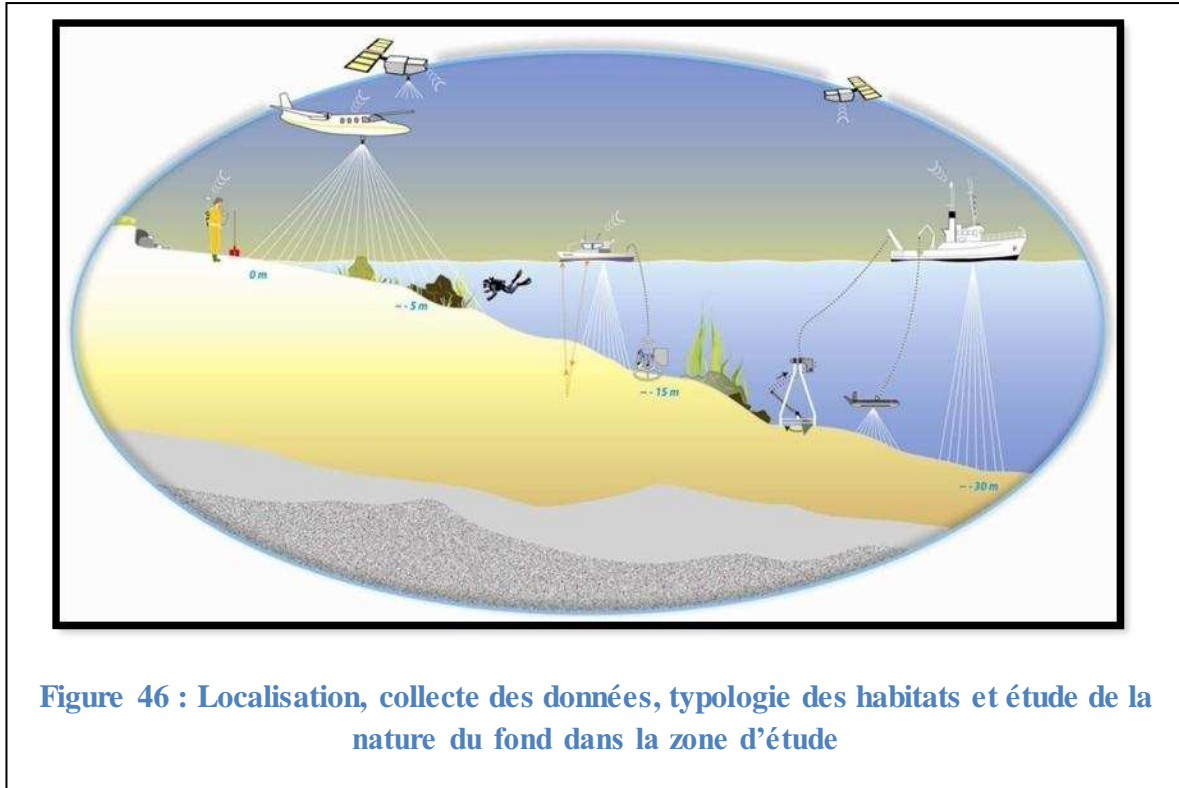
-La collecte des données d'observation géoréférencées in situ

-Définir une typologie des habitats dans la zone d'étude comme un système structuré, souvent hiérarchique, de type d'habitats (les classes) clairement définis et qui se répètent en différents lieux géographiques

-Elaboration de la nature de fond et des herbiers à partir de 3 approches complémentaires :

- Sonar à balayage latéral
- Photo-interprétation
- VÉRITÉS terrain (plongée, prélèvement à la benne, ROV et caméra sous-marine.les gliders)

- Données existantes et lacunes



Etape2 : Acquisition de données physiques

- Constitution d'une image acoustique continue des fonds au moyen d'un sonar à balayage latéral (carte bathymétrique).
- Traitement des images par le logiciel carabes (mosaïque numérique géoréférencée)
- Analyse des photographies aériennes et précartographie
- Acquisition des données physiques et les données de terrain, la télédétection donne une bonne vue d'ensemble des caractéristiques du fond et permet une première délimitation de type de fond.

Etape3 : validation des données et cartographie de la zone

- Vérification des interprétations pré cartographiques (tranchet, plongeur audio)
- Restitution des données et les comparées avec les données antérieurs

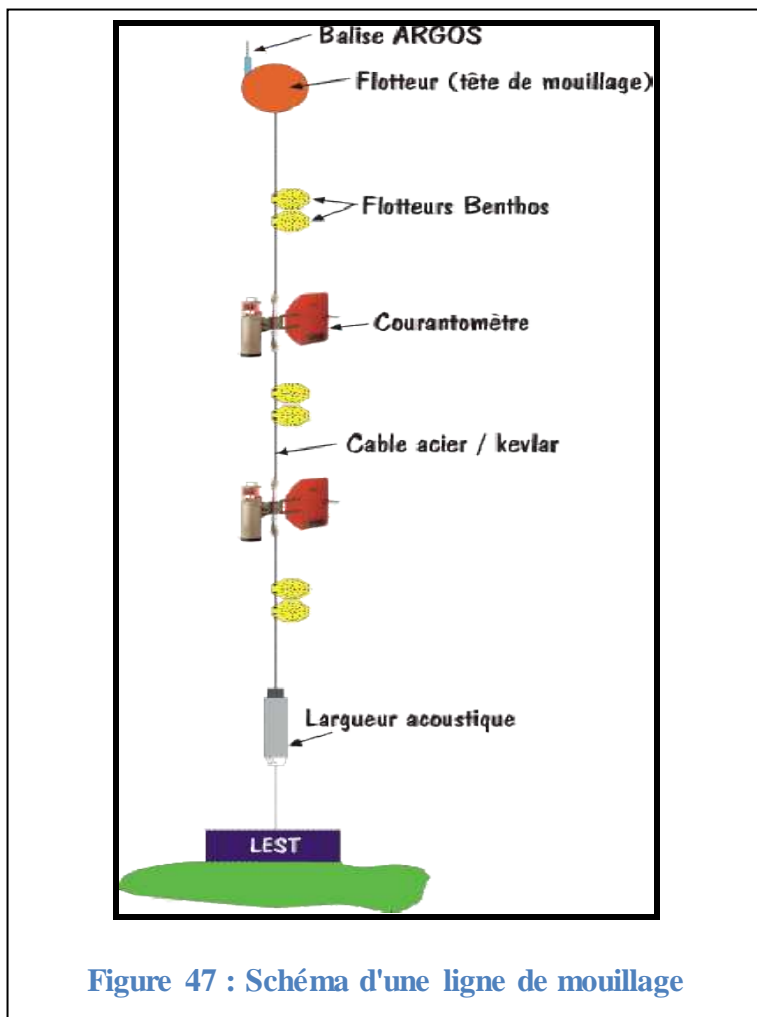
2.9. Installations et relèvements des appareils de mesure de type eulérien (courantomètres, station de mesures...) par les physiciens et les biogéochimistes.

Pour réaliser des mesures océanographiques en mer on a besoin des différents moyens et instruments de mesures (hydrologie , courantométrie, houlographie...).

Chapitre 2 Applications de la plongée subaquatique à l'océanographie

Il existe plusieurs méthodes d'installations et relèvements de ces instruments de mesures, le plus souvent on utilise des lignes de mouillages.

Pour les grandes profondeurs, la méthode consiste à descendre, à partir du navire à l'arrêt, une chaîne constituée d'un câble métallique ou en kevlar. A l'une des extrémités on place un flotteur (tête de mouillage) et d'un lest posé sur le fond entre les deux se fixent divers instruments de mesures, au-dessus du lest se fixe une largueur acoustique. Pour déclencher la remontée du mouillage, un signal acoustique est envoyé à partir du navire vers le largueur. A la réception de ce signal, le largueur libère le lien mécanique qui le relie au lest: l'ensemble de la ligne remonte alors vers la surface grâce à la flottabilité positive de l'ensemble.



Mais cette méthode présente plusieurs inconvénients :

- On a besoin d'un bateau et beaucoup de personnel (coût de mise à l'eau élevé).
- Il présente des risques de casser les instruments (ils sont fragiles et coûteux) lors l'opération de mouillage ou relèvement (surtout par mauvais état de la mer).

Chapitre 2 Applications de la plongée subaquatique à l'océanographie

- Remontée de toute la chaîne pour prendre les informations et pour changer les batteries des appareils.
- Ne pas avoir l'assurance que les instruments (courantomètres avec rotor) fonctionnent bien après le mouillage de la ligne.

Les avantages :

- La profondeur n'est pas limitée (grande profondeur) peut se trouver à 1000m en dessous de la surface.

Pour éviter tous ces problèmes on peut utiliser une autre méthode c'est l'installation des appareils par des plongeurs lorsque la profondeur ne dépasse pas les 60 m.

Par exemple l'installation de courantomètre par des plongeurs.

Un **courantomètre** à rotor est un instrument destiné à mesure de la vitesse et de la direction des courants marins.

Pour installer le courantomètre par les plongeurs on procède selon les étapes suivantes :

- On lance la ligne de mouillage dans l'eau (Sans instrument) (flotteur, corde, lest) (Figure : 48).
- Puis deux plongeurs descendent avec le courantomètre jusqu'à la profondeur sélectionnée et ils fixent l'appareil sur la ligne (Figure : 49)

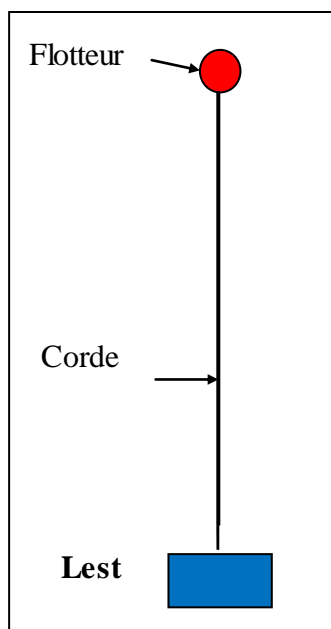


Figure 48 : Ligne de mouillage sans instrument

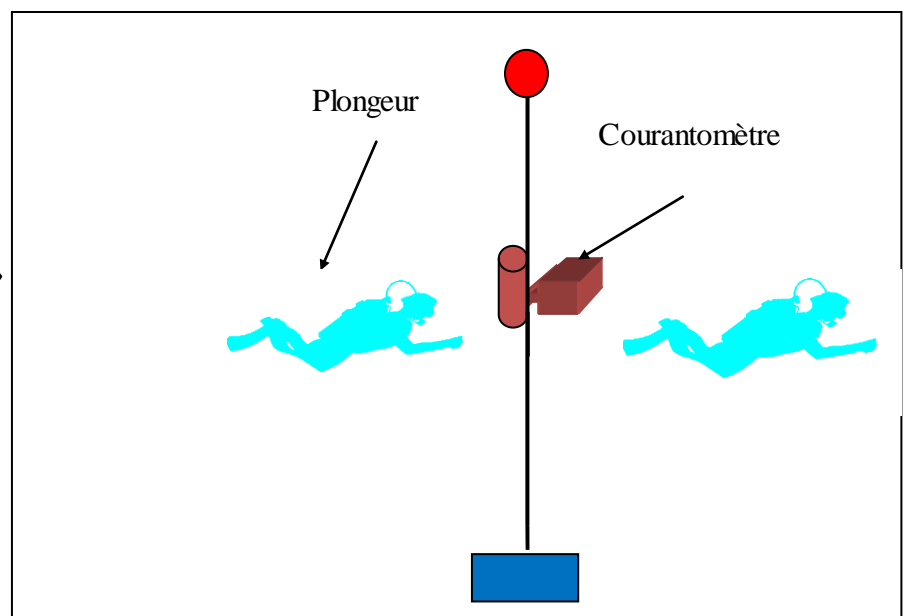


Figure 49 : Plongeurs fixant l'appareil sur la corde métallique

Chapitre 2 Applications de la plongée subaquatique à l'océanographie

Les avantages de cette méthode :

- On n'a pas besoin de matériel lourd et coûteux.
- Installation des instruments en sécurité.
- On s'assure du bon fonctionnement des appareils après l'installation.
- Relève des instruments, en surface changement des cassettes d'acquisition des données et changement des batteries ; remplacement de ces modules et réinstallation des instruments sans remonter toute la chaîne. C'est un gain indéniable en temps et en coûts moyens déployés

Les inconvénients :

- Limite les profondeurs jusqu'à 60 m.

Chapitre 3 : La pratique « partie terrain »

Dans la partie pratique de notre mémoire nous avons choisi de réaliser en plus des photographies sous-marines deux choses. La première est un transect des biocénoses dans l'anse de Kouali et la seconde est une vérité terrain dans la partie marine de la plage ouest de Sidi Fredj.

3.1. Transect

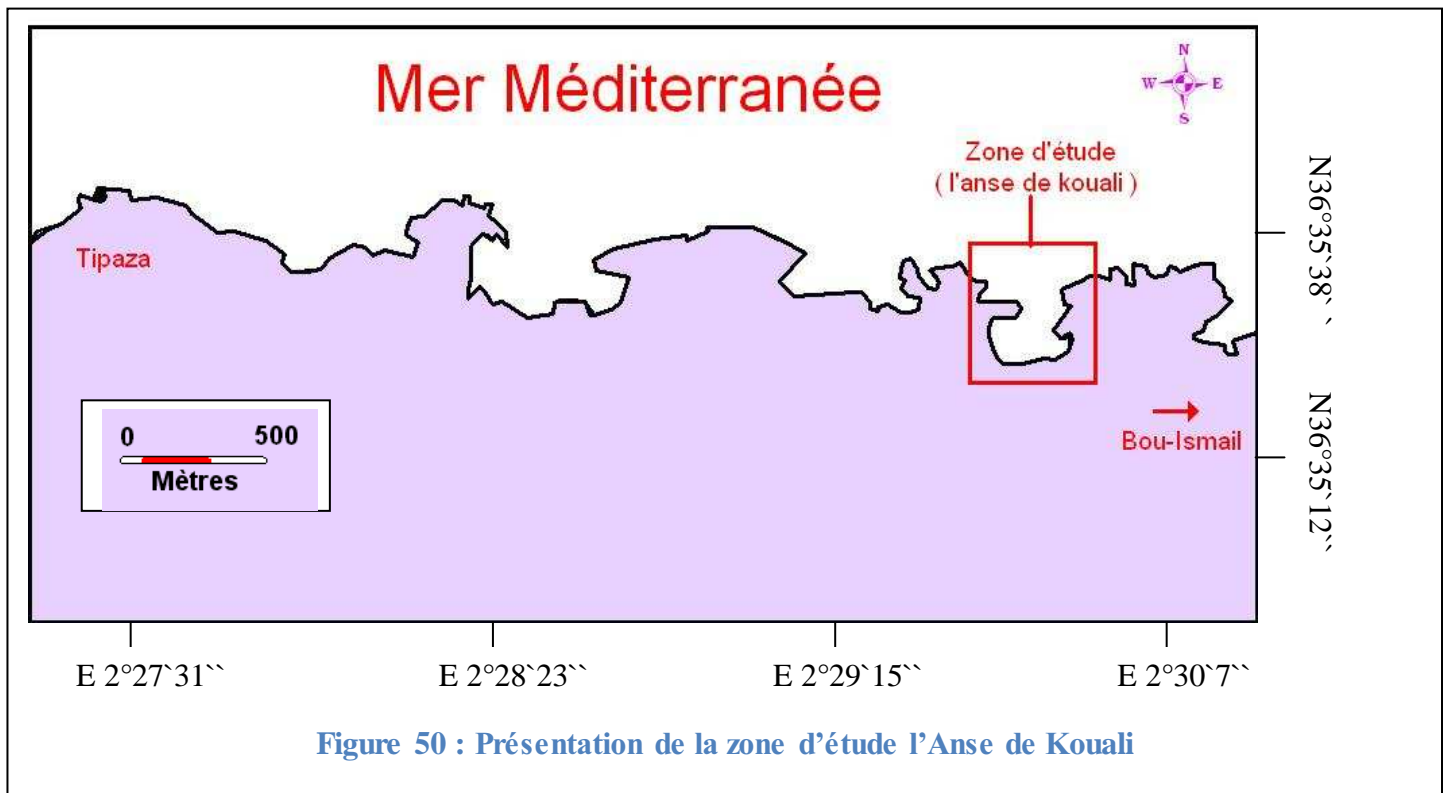
Dans le cadre des activités de recherche de l'ISMAL, un transect a été réalisé dans l'anse de Kouali par Mme Boumaza dans le cadre de son mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en 1995. Nous avons fait un travail similaire (réalisation d'un transect superposé à celui déjà effectué) dans l'anse de Kouali dans notre mémoire, ce transect permettra de mettre en évidence *in situ* toute modification, même de faible ampleur, sur les biocénoses.

3.1.1. Matériel et méthode

3.1.1.1. Présentation de la zone d'étude (voir figure 50)

L'anse de Kouali est située dans la partie occidentale de la baie de Bou-Ismaïl, à environ de 70 km à l'ouest d'Alger. Son ouverture est de l'ordre de 40 km, elle s'étend entre 2° 25' E et 2° 55' E de longitude et sa surface est de 350 km². Elle est orientée sud-ouest à nord-est et elle est délimitée par la pointe de ras Acrata à l'est, la mont Chenoua à l'ouest, la plaine de Mitidja au sud et la Méditerranée au nord. Le plateau continental est peu développé, la valeur la plus extrême est rencontrée au niveau du mont Chenoua, puis il se rétrécit progressivement en face de Sidi-Fredj (BRAIK, 1989). Le réseau hydrographique débouchant dans la baie est essentiellement constitué d'oueds Mazafran et Nador, ce dernier joue un rôle important dans la sédimentologie de la baie (LE GALL, 1969). La bordure rocheuse est constituée de glaise calcaire.

L'anse de Kouali qui occupe une surface de 5 km² environ est délimitée à l'ouest par le village touristique CET de Tipaza. Elle est l'une des plus abritées de toutes les criques et anses qui indentent le littoral de la baie de Bou-Ismaïl, grâce à la présence d'un goulet qui isole le fond et protège celui-ci de la houle venant du nord. D'autre part la présence d'un îlot rocheux non loin du rivage constitué de glaise calcaire et d'un récif-barrière de *Posidonia oceanica*, qui se développe de part et d'autre, ménage une zone de calme hydrodynamisme. Il en résulte un développement d'une pelouse à *Zostera noltii* et *Cymodocea nodosa* au-dessus de la matre morte qui se continue vers la grève. Cette matre est interrompue à l'embouchure d'un petit oued qui se déverse au fond de l'anse, dans sa partie centrale



3.1.1.2. Principe de la méthode

Notre travail s'est déroulé dans une étendue où la profondeur ne dépasse pas 1.88m (faible profondeur), ce travail est réalisé dans le but d'apprendre la méthodologie de transect pour un débutant qui effectue ce genre de travail pour la première fois. La méthode que nous avons adoptée, permet de réaliser une cartographie à grande échelle, avec un minimum de moyens humains et matériels.

3.1.1.3. Matériel utilisé

Au début, il faut signaler que le transect est un travail qui nécessite un matériel spécifique pour le réaliser, nous devons être équipés d'un GPS (Global Positioning System) pour enregistrer les coordonnées géographiques de chaque station de travail, d'un compas qui sert à l'orientation du parcours du transect, d'une règle graduée pour la mesure de la profondeur dans chaque station, d'un ruban gradué (penta-décimètre) qui nous permette de délimiter les différents habitats, d'une ardoise et d'un crayon

Pour noter tout ce qui nous intéresse pour l'étude de cette zone on utilise un appareil photo afin d'obtenir des photos qui confirment la présence des différents habitats.

3.1.1.4. Description de la méthode :

En plus du matériel nécessaire, il faut prendre en considération les conditions météorologiques qui ont un effet direct sur le déroulement du transect, notamment l'état de la mer, la turbidité de l'eau rend difficile l'orientation du ruban et l'obtention de photos claires.

Le transect débute sur la plage et se dirige dans la direction Sud-Nord dans l'axe médian de l'anse, il traverse successivement plusieurs biocénoses. Nous avons fixé un piquet à la plage et noté les coordonnées géographiques de ce point (Station S0 : 0 m) à l'aide d'un GPS. Le penta-décamètre est ancré sur le piquet, puis on déroule le ruban gradué (penta-décamètre) avec l'orientation qui doit être contrôlée par un compas (basée sur des repères naturelles en raison d'absence d'un compas) jusqu'à la limite de la longueur de ce dernier (40m) : Station S1 où l'extrémité du ruban était fixée (Figure 51), les coordonnées géographiques sont obtenues et enregistrées pour ce point. Une fois le ruban en place, le profil est parcouru en marchant, la nature des habitats est relevée ainsi que des indications concernant le substrat, la mesure de profondeur se fait à l'aide d'une règle graduée (50 cm). Ce travail doit être répété pour étudier la suite de la zone, dans notre cas le transect à une longueur totale de 105 m. Voir tableau 1.

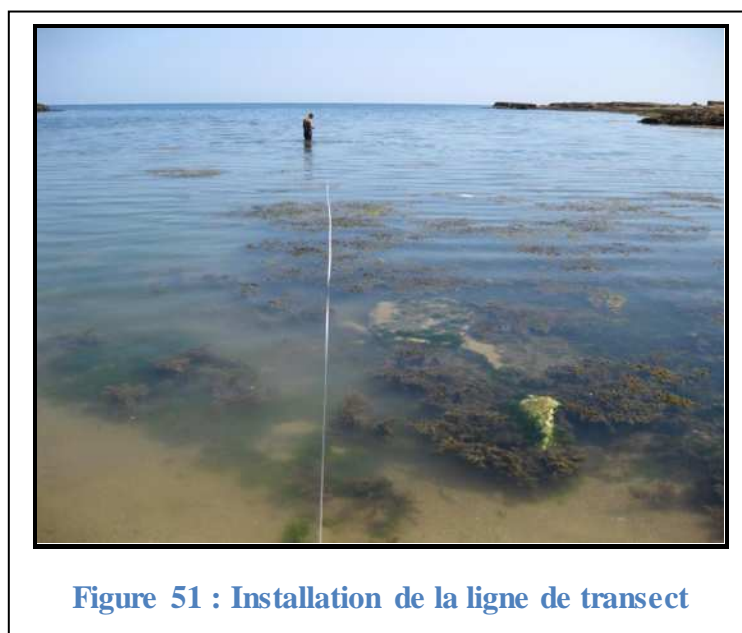


Figure 51 : Installation de la ligne de transect

3.1.1.4.1. Localisation des stations

La sortie sur le terrain a été effectuée le 23 mai 2011, par la mise en place d'une ligne de transect dirigée de la côte vers le large, a une longueur de 105 m, elle est composée de 4 stations (S0, S1, S2, S3) la distance entre S0 et S1, S1 et S2 est 40 m, et entre S2 et S3 est 25 m.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques en degrés, minutes décimales des stations.

Stations	Longitude est	Latitude nord	Profondeur (cm)
S0	2°29,663`	36°35,404`	0
S1	2°29,665`	36°35,419`	40
S2	2°29,667`	36°35,438`	80
S3	2°29,664`	36°35,463`	166

La position de la ligne tirée pour effectuer le transect est reportée sur la Figure : 52

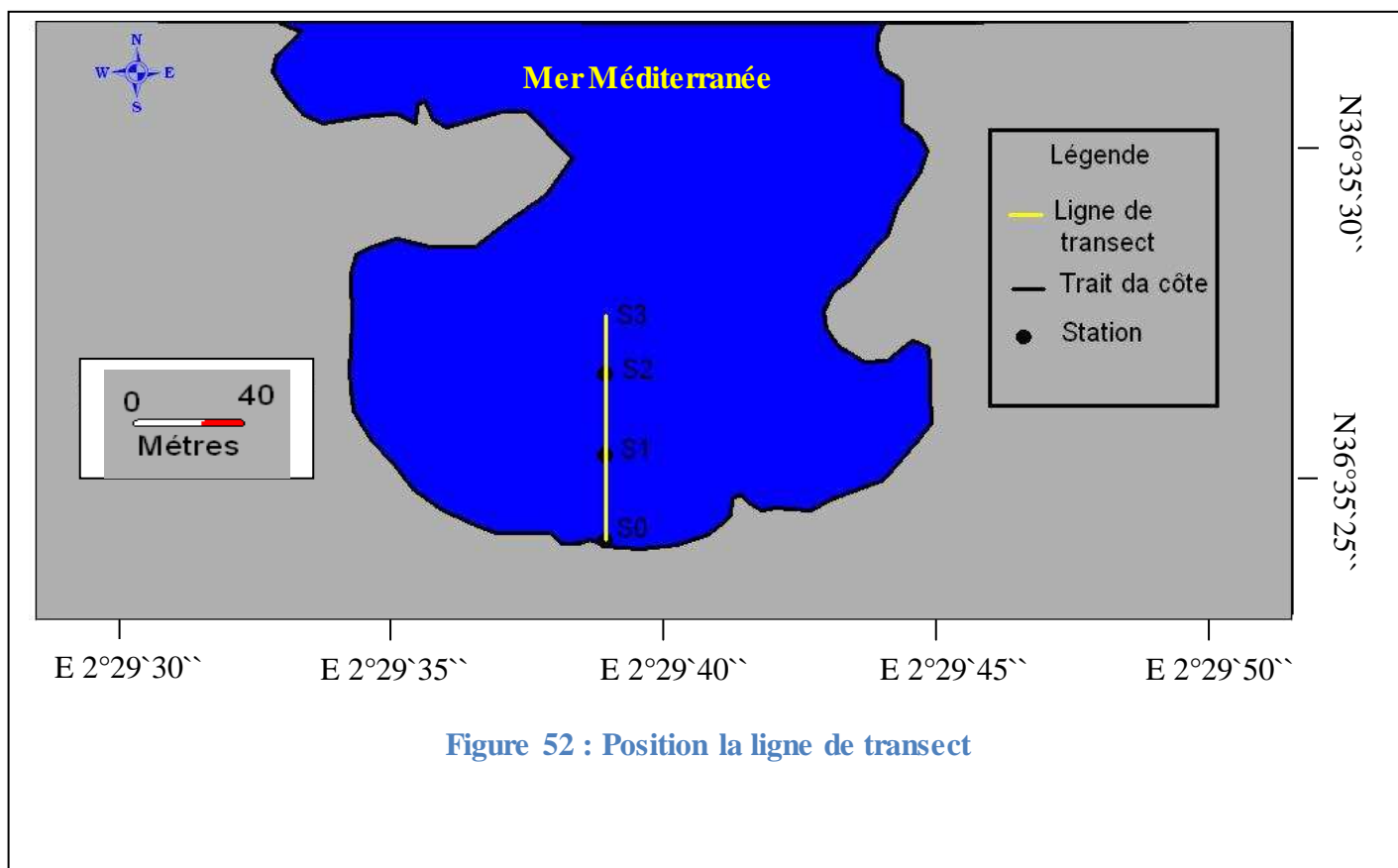


Figure 52 : Position la ligne de transect

Remarque

- Dans le cas de grandes profondeurs le parcours le long du profil de transect doit être en scaphandre autonome avec l'utilisation d'un profondimètre pour la mesure des profondeurs.
- l'un des problèmes que nous avons rencontré c'est la mesure de la profondeur à chaque station, la règle utilisée ne nous arrange pas pour la mesure des profondeurs dépassants 50cm.

3.1.2. Résultats et discussion

Les observations des biocénoses sont effectuées sur long de la ligne de transect et à 2,5 m de chaque côté de la ligne (2,5 m a droit et 2,5 m a gauche) donc sur un couloir de 105 m de long et de 5 m de large.

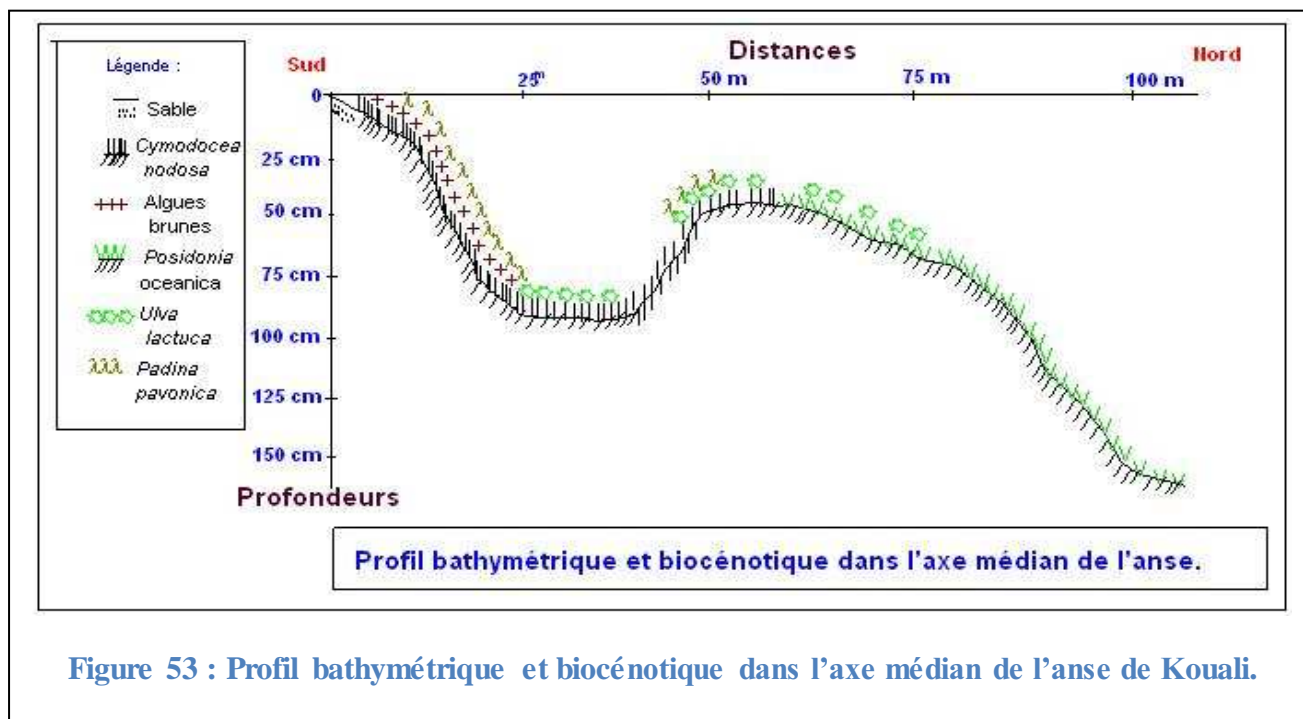
Tableau 2 : Résultats obtenus lors du transect

Stations	Coordonnées géographiques	Limitation de la zone (m) le long du profil	Habitats Remarqués	Espèces abondantes	Profondeurs (cm)
1	N 36°35.404 E002°29.663	[0 - 0.5]	Sable fin		15 cm
		[0.5 - 3.8]	Petites roches, Algues brunes, Algues verte (<i>Ulva lactuca</i>), <i>Cymodocea nodosa</i>	<i>Cymodocea nodosa</i>	18 cm
		[3.8 - 12]	<i>Cymodocea nodosa</i> , Algues brunes	<i>Cymodocea nodosa</i>	20 cm
		[12-16]	<i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Zostera</i> , Algues brunes, Oursin (rare)	<i>Cymodocea nodosa</i>	50 cm
		[16-25]	<i>Cymodocea nodosa</i> , Algues brunes, Oursins, <i>Padina pavonica</i>	<i>Cymodocea nodosa</i>	90 cm
		[25-40]	<i>Cymodocea nodosa</i> (Récif barrière), <i>Posidonia oceanica</i> , <i>Ulva lactuca</i>	<i>Cymodocea nodosa</i>	90 cm
2	N 36°35.419 E002°29.665	[40-49]	<i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Ulva lactuca</i> , Oursin,	<i>Cymodocea nodosa</i>	50 cm
		[49-59]	<i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Ulva lactuca</i> , Oursin, <i>Padina pavonica</i>	<i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Padina pavonica</i>	48 cm
		[59-80]	<i>Posidonia oceanica</i> (Récif barrière), <i>Ulva lactuca</i>	<i>Posidonia oceanica</i>	74 cm
3	N 36°35.438 E002°29.667	[80-105]	<i>Posidonia oceanic</i> (Recife barrière)	<i>Posidonia oceanica</i>	166 cm

3.1.2.1. Carte bathymétrique et biocénotique

Pour l'établissement de la bathymétrie, deux tachéomètres sont nécessaires. L'un est placé sur le point S0 (point origine), l'autre sur un point dont la position est déterminée par rapport à S0.

Après le tracé de la radiale sur la carte et le positionnement des points correspondant à chaque profondeur, une carte bathymétrique et biocénotique est obtenue (Figure 53).



Interprétation :

Après la réalisation de la carte bathymétrique et biocénotique, nous arrivons à déterminer la nature du fond de notre zone d'étude, il est très accidenté occupé par l'herbier de *Cymodocea nodosa* et l'herbier de *Posidonia oceanica*. L'irrégularité des fonds révèle un relief sous-marin très hétérogène, les profondeurs varient de 15 cm à 166 cm mais ne suivent pas une répartition continue de la côte vers le large.

3.1.2.2. Principaux habitats rencontrés

D'après notre transect réalisé dans l'anse de Kouali nous avons délimité les principaux habitats et biocénoses suivants :

- Des sables fins dépourvus de végétation [0 - 0,5 m]
- Biocénose correspondant à des substrats rocheux colonisés par des algues photophiles, des algues brunes (*Padina pavonica* ...), des algues vertes (*Ulva lactuca*...), *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii*, [0,5 - 40 m]

- biocénose correspondant à un récif barrière formé par *Cymodocea nodosa*, c'est le premier récif rencontré depuis le rivage, ce dernier s'installe sur un substrat du sable vaseux [40 m – 80 m]
- biocénose correspondant à un récif barrière formé par *Posidonia oceanica*, elle est présentée par des touffes, qui devienne très dense à mesure que l'on s'éloigne du rivage [80 m – 105 m].

Remarque

Le transect est réalisé sur un seul couloir a une largeur de 5m et 105 m de longueur ce qui rend difficile la représentation des différents Habitats sur une carte à l'aide de logiciel de MapInfo, pour cela il faudrait répéter ce travail plusieurs fois pour balayer toute l'anse.

3.1.2.4. Peuplements de la zone d'étude

3.1.2.4.1. Peuplements végétaux



Figure 54 : *Cymodocea nodosa* (Boukott R).

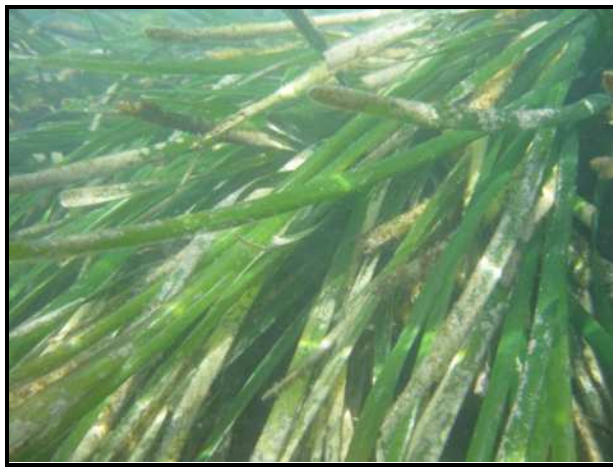


Figure 55 : *Posidonia oceanica* (Boukott R).

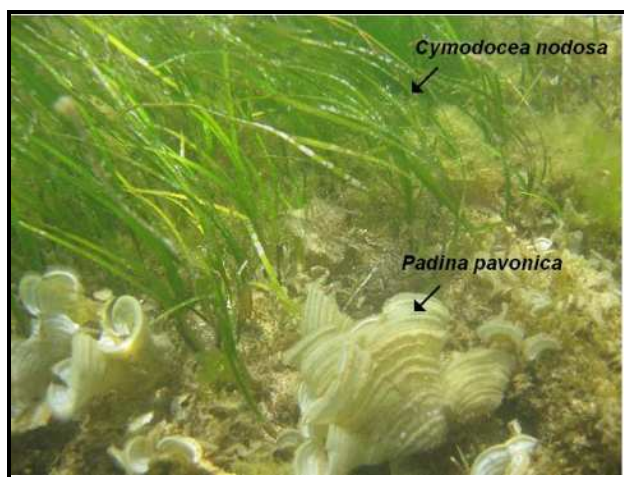


Figure 56: *Padina pavonica* (Boukott R).



Figure 57 : *Ulva lactuca* (Boukott R).

3.1.2.4.2. Peuplements animaux



Figure 58 : *Paracentrotu slividus* (khazimi O).



Figure 59 : *Echinaster sepositus* (Boukott R).



Figure 60 : *Holothuria forskali* (khazimi O).



Figure 61 : *Diplodus puntazzo* (khazimi O).

3.2. Vérité terrain

Ce travail est réalisé dans la partie marine de la plage ouest de Sidi Fredj pour décrire la méthodologie de la vérité terrain.

3.2.1. But de l'étude :

Cette étude a pour but de vérifier et de donner une réalité thématique aux données issues de traitement d'une image satellitaire de notre zone d'étude, c'est-à-dire pour apprécier les types de limites et déterminer les différents peuplements qui existent au niveau de fond marin de la zone d'étude

3.2.2. Matériel et méthode

3.2.2.1. Présentation de la zone d'étude (figure 51)

La presqu'île de Sidi Fredj se situe dans la baie de Bou Ismail à une vingtaine de kilomètres à l'ouest d'Alger. Elle est constituée d'un éperon d'environ 1 km de long. A l'est, la pointe du marabout est doublée vers le large par un chapelet d'îles alors que vers l'ouest, les îles du grand rocher et du rocher du milieu prolongent la pointe de saint Janvier (De Giovanni, 1973).

Sidi Fredj renferme l'une des plus grandes stations balnéaires Algériennes à vocation touristique, fréquentée le long de l'année par de nombreux touristes.



Figure 62 : Situation géographique et localisation du Zone d'étude

Elle se situe à l'ouest d'Alger entre $2^{\circ}50'48''E$ et $2^{\circ}50'41''E$ de longitude et $36^{\circ}45'17''N$ et $36^{\circ}45'06''N$ de latitude.

Dans la zone comprise entre les deux îles et la plage de la thalassothérapie, la profondeur n'atteint pas les 7 m mais à l'ouest des deux îles l'herbier installé sur un fond rocheux atteint 16 m de profondeur et quelques touffes peuvent même atteindre 18 m de profondeur.

3.2.2.2. Principe de la méthode

On sélectionne une image de Google Earth de la zone d'étude « la partie marine de la plage ouest de Sidi Fredj » qui nécessite une grande résolution spatiale. Le travail de terrain est indispensable pour une cartographie représentative de la réalité de différentes couches de cette image. Il consiste à localiser, caractériser, et quantifier les différents habitats en vue d'améliorer la connaissance acquise de cette zone.

3.2.2.3. Matériel utilisé

Pour réaliser notre carte nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une image satellitaire (image de Google Earth).
- Equipements de plongée libre (palmes, masque, tuba).
- Une ardoise et un crayon pour noter les différents habitats.
- Un papier calque pour dessiner les limites des couches de l'image.
- Un appareil photo pour obtenir des photos des différents habitats.

3.2.2.4. Description de la méthode

La sortie au terrain a été effectuée le 10/05/2011. Nous avons commencé par la sélection des repères naturels (la cote, oued, les roches, escalier) afin d'organiser notre travail sous la forme de transect, puis nous avons nagé sur la surface munis de masque, palmes et tuba puis on observe, localise et définit les différents peuplements biologiques et la nature de substrats, toutes les informations utiles sont notées sur le papier calque fixé sur l'ardoise de plongée.

Aussi nous avons pris des photos des habitats pour l'identification ultérieure des espèces et habitats.

Cette méthode de cartographie utilisée pour le milieu marin repose sur la cartographie des hétérogénéités spatiales. Elle comprend la production de couches thématiques, et de couches de synthèse issues des relations entre ces couches de base. La couche d'information « géomorphologie » représente

la colonne vertébrale de la cartographie marine. C'est à cette couche « espace » que vont pouvoir être associées les autres couches d'information « substrat » et « biocénoses » pour avoir un sens.

3.2.3. Résultats et discussion

Des observations sont effectuées sur notre zone d'étude avec prises de vue photos, une fois les habitats les plus remarquables identifiés notamment les herbiers à *Posidonia oceanica* et les herbiers à *Cymodocea nodosa*.

Des prélèvements des biocénoses sont faits pour une identification plus détaillée.

3.2.3.1. Principaux habitats rencontrés

- Concernant le site exploré, il est à noter que la plus grande superficie se compose de sable et de roche immergée répartis de façon hétérogène. La profondeur est relativement faible (entre la zone comprise entre les îles et la plage de la thalassothérapie, la profondeur n'atteint pas les 7 m).
- Les peuplements végétaux rencontrés :
 - Les peuplements algaux : d'après notre observation il y a quatre espèces d'algues macrobenthiques dominantes dans notre zone d'étude, où on recense principalement :
 - *Asparagopsis armata*.
 - *Caulerpa racemosa*.
 - *Ulva lactuca*.
 - *Padina pavonica*.
 - Les peuplements à phanérogame :

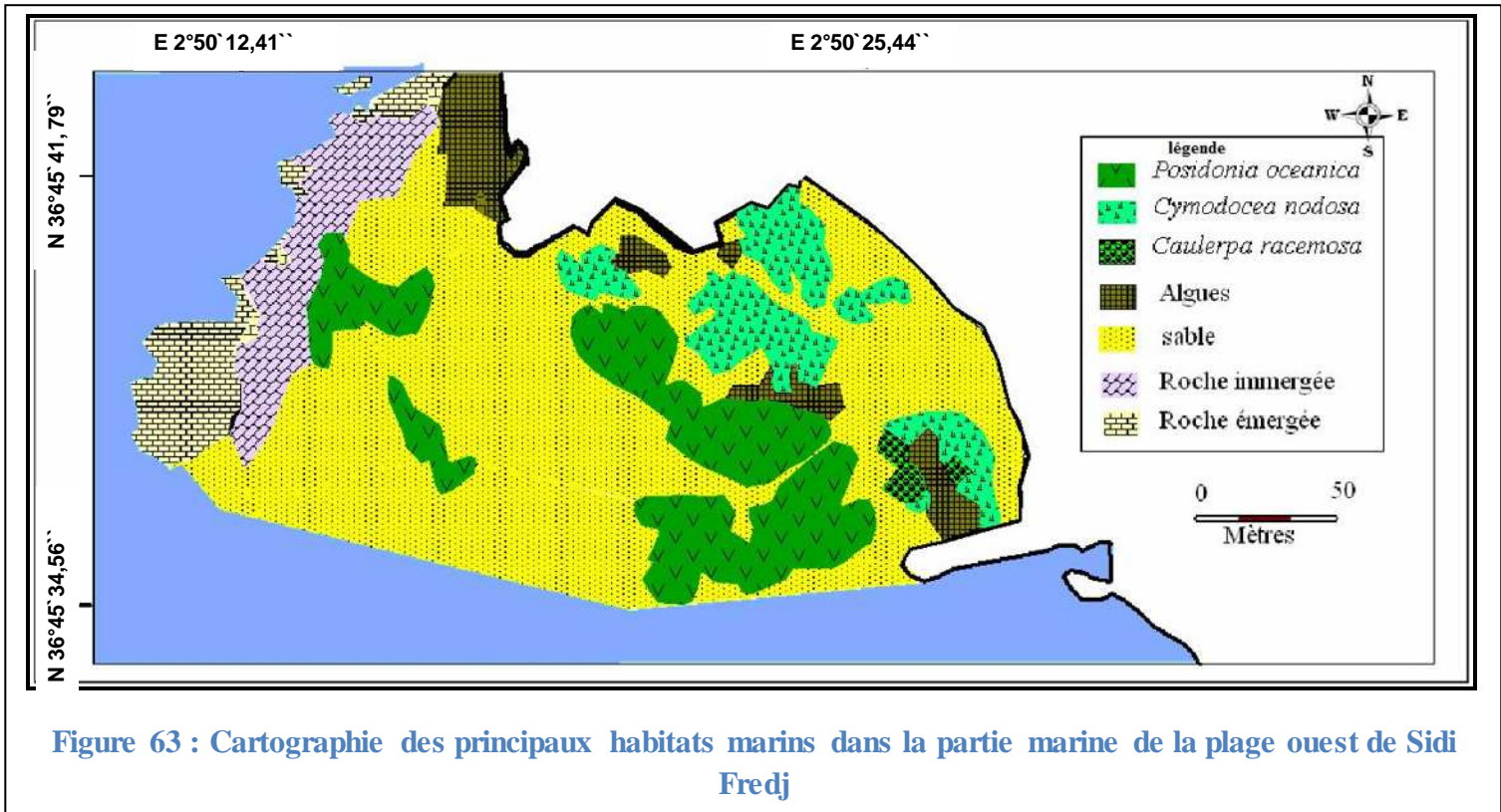
Les phanérogames marines sont représentées en Méditerranée par cinq espèces : *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii*, *Zostera marina linnaeus* et *Halophila stipulacea*. Lors de notre étude nous avons identifié et cartographié, *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*.

3.2.3.2. Cartographie des fonds marins

La cartographie des fonds marins nous a permis d'avoir des informations sur la répartition des faciès sédimentaires, des peuplements algaux et des peuplements de phanérogames.

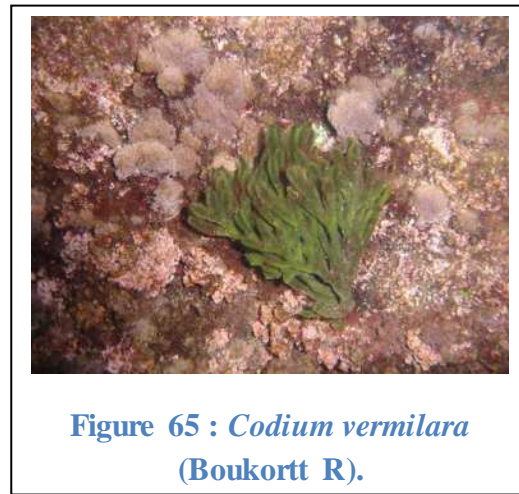
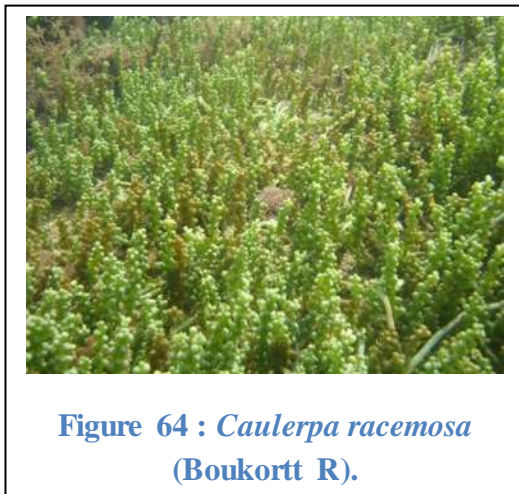
La topographie des fonds de la plage ouest de Sidi Fredj est variée. Des fonds rocheux, sableux, les taches de *Posidonia oceanica*, de *Caulerpa racemosa* et les prairies de *Cymodocea nodosa* se répartissent en une mosaïque irrégulière.

Enfin, la cartographie des habitats marins est établie, en exportant le rendu final des contours sur le logiciel MapInfo, en ayant préalablement géoréférencé la carte, elle est ensuite légendée en illustrant les différents biotopes rencontrés.



3.2.3.3. Faune et flore associées

3.2.3.3.4. Flore



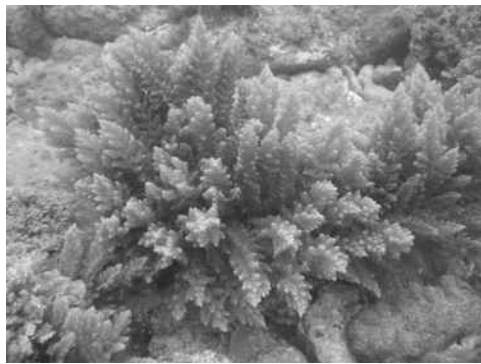


Figure 66 : *Asparagopsis armata*
(Boukorrh R).



Figure 67 : *Dictyota dichotoma*
(Boukorrh R).



Figure 68 : *Corralina elongata*
(Boukorrh R).

3.2.3.3.5. Faune



Figure 69 : *Paracentrotus lividus*
(Boukorrh R).



Figure 70 : *Echinaster sepositus*
(Boukorrh R).



Figure 71 : *Phalium granulatum*
(Boukott R).



Figure 72 : *Anemonia sulcata*
(Boukott R).



Figure 73 : *Pinna rudis* (Boukott R).



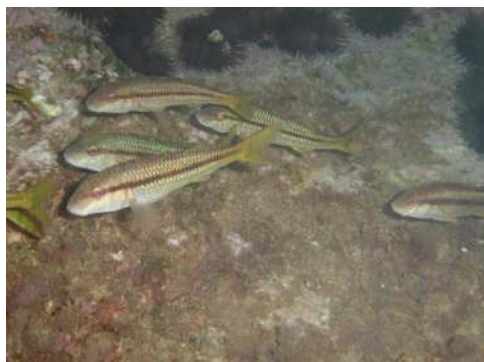
Figure 74 : *Méduse pelagia noctiluca* (Boukott R).



Figure 75 : *Holothuria forskali*
(Boukott R).



Figure 76 : *Epinephelus marginatus* (Boukott R).



**Figure 77 : *Mullus surmuletus*
(Boukott R).**



Figure 78 : *Scorpaena sp* (Boukott R).



**Figure 79 : *Thalassoma pavo*
(Boukott R).**



**Figure 80 : Limace de mer
(Boukott R).**

3.3. Conclusion

La partie pratique de notre mémoire englobe essentiellement deux travaux, un transect réalisé à l'anse de Kouali et une vérité terrain à la plage ouest de Sidi Fredj. L'objectif principal de chaque travail était de décrire la méthodologie à suivre afin d'obtenir des résultats nous permettant de comparer et estimer la situation de la zone d'étude.

Les résultats collectés lors de ce travail sont intégrés dans le logiciel de MapInfo, ce dernier nous aide à cartographier les différents habitats existants dans la zone d'étude.

Concernant le travail sur l'anse de Kouali, il nous a été possible d'effectuer une comparaison avec une partie de celui réalisé par Mme Boumaza en 1995. Nous avons remarqué que nos résultats concordent. Cela signifie que cette zone est bien préservée en raison de la présence d'un îlot rocheux non loin du rivage et d'un récif barrière de *Posidonia oceanica*. Ces particularités ménagent une zone de calme hydrodynamique, cette zone d'étude est considérée comme une réserve naturelle pour la biocénose.

Concernant la partie marine de plage ouest de Sidi Fredj, cette zone abrite une biocénose riche et diversifiée, la détermination préliminaire de la faune et de la flore associées indique la richesse du site.

Cette détermination est basée sur des outils classiques (image satellite) et observation sur site (plongée libre) confirme que ce site renferme plusieurs espèces parmi lesquelles nous rencontrons les phanérogames marins qui sont représentées par *Posidonia oceanica* et *Ceratothoa nodosa* qui occupent la majeure partie de la zone d'étude

Conclusion générale

Au cours de la recherche dans les différentes sources d'informations (sites d'internet, PDF, livres, mémoires...) qui peuvent nous servir à établir notre mémoire, nous avons découvert que l'océanographie est un domaine très large qui continue de se développer d'une manière permanente. Ce domaine nécessite plusieurs activités, parmi lesquelles on trouve la plongée subaquatique.

Notre travail avait pour but de citer les nombreuses utilisations de la plongée subaquatique dans l'océanographie. Pour atteindre cet objectif nous avons adopté la démarche suivante :

- Expliquer en quoi consiste la plongée subaquatique, d'une manière non exhaustive.
- Citer en détail quelques applications de la plongée subaquatique dans l'océanographie.
- Réalisation d'un transect, une vérité mer et des photographies sous-marines

A partir de ce travail, il nous a été permis de conclure que la plongée subaquatique est une technique efficace pour découvrir le milieu marin. Son utilisation est très importante dans l'océanographie, elle permet de faire des applications (des mesures, des prélèvements, des installations des appareils des mesures, des observations...) plus précises et plus efficaces que les autres méthodes lorsque la profondeur ne dépasse pas quelques dizaines de mètres.

La plongée subaquatique est considérée comme un moyen très utile dans la photographie sous marine, elle permet de réaliser des prises de vue sous-marines. Elle sert aussi en biologie pour identifier les biocénoses grâce à la réalisation de transect et de la vérité terrain (observation du milieu).

Les scientifiques peuvent associer les plongeurs présents sur toute la côte pour constituer un réseau de surveillance. Ce qui a été réalisé par la FASSAS dans les années '90 par Mr BOUKORTT concernant le signalement éventuel de *Caulerpa taxifolia* sur les côtes algériennes.

Tous les domaines qui bénéficient de la plongée connaissent un développement remarquable, les informations collectées lors de transect sont des informations importants qui permettent à long terme d'évaluer l'évolution d'un site (biodiversité, faune, flore ...) en fonction de différents paramètre comme la pollution, l'activité humaine, l'hydrodynamisme.

Références Bibliographiques :

Adoardi P H., 2010. Journal de chercheurs d'eau. PP 12-13. [http:// www.cherchersdeau.com](http://www.cherchersdeau.com).

Bernard W et Bonnes B. Le Givrage du détenteur. <http://www.alhoa.net.Givrage.pdf>.

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers de *Posidonia oceanica*. Edition RAMOGE pub. pp 141-150.

Boukourt R., 2008. Rapport de l'étude de la délimitation des principaux habitats marins dans le secteur du douar Chaat el-hillel (Terga, Benisaf), diffusion limitée. PP 2-7.

Boumaza S., 1995. Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de l'anse de Kouali, Tipaza (Algérie). Thèse de Magister en océanographie, ISMAL, Alger : 1-125 + annexes.

Braik D., 1989. Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl : sédimentologie, morphologie, problème d'érosion du littoral, aménagement. Thèse Magister, inst. Sci. De la terre, Univ. Sci. Technol. H. Boumédienne, Algérie : 1-21.

Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Cadiou G., Bonhomme P., Cottalorda J.M., Patrone J., Kruczek R., Bertrand M.C., Foret P., Bricout P., Marro C., Le Direach L., 2003. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Résultats du suivi 2002. GIS Posidonie publ., Fr.: 1-176.

David G., pinault M., Qud JP., Nicet JB., Pinault MD., Thomassin A., Andrianosolo H., Batti A., 2008. Cartographies et télédétection satellitaire appliquées aux littoraux de la région d'andavadoaka pour la mise en place d'aires marines protégées : pp 1-6

De Giovanni C., 1973. Etude de sédimentologie dynamique à la presqu'île de Sidi-Freuch (ouest d'Alger), thèse de doctorat, géologie marine et sédimentologie, univ D'Aix marseille, 105P.

Denhez F et Rives C., 1998. Plongée. Editions EPA Hachette-livre : 1-143.

Denis J et Bernard G., 2010. Contrat de baie de la rade de Toulon étude et cartographie des biocénoses de la rade de Toulon. Edition Ifremer. PP 7-12.

Descamp P., Holon F., Ballesta L., 2009. Micro-cartographie par télémétrie acoustique de 9 herbiers de posidonie pour le suivi de la qualité des masses d'eau côtières méditerranéennes françaises dans le cadre de la DCE. Contrat L'OEil Andromède/Agence de l'Eau, CRLR, CRPACA. Andromède publ., Montpellier, Fr. : 3-25pp.

Descamp P., Holon F., Ballesta L., 2010. Fast and easy method for seagrass monitoring : Application of acoustic telemetry to precision mapping of *Posidonia oceanica* beds

Références Bibliographiques

- Dominique R., 1997.** L'échantillonnage du prélèvement à l'analyse. Editions de l'ORSTOM institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération. PP 77-90
- Druckhaus H., 2007.** Le monde fascinant de la photo sous-marine. Edition communication GmbH, Berlin : 1-28
- Foret A et Torres P., 2005.** Plongée plaisir. 3e éditions GAP : 1-168
- Foster PH., 2003.** La plongée sous-marine à l'air. Éditions EDP sciences. P 229.
- Georges E., 2008.** Théorie plongée. p76. <http://www.plongee.net>.
- Khazimi O., 2010.** Surveillance de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de Bou Ismal. Mémoire DEUA. PP : 10-29.
- LE GALL J-Y., 1969.** Etude de l'endofaune des pelouses de zostéracées superficielles de la baie de Castiglione (côte d'Algérie). Téthys 1 (2) : 395-420.
- Leeworthy G et skewes T., 2007.** L'application de la méthode des transects à l'aide d'un mesureur à fil perdu de ceinture pour le comptage visuel sous-marin : PP 1-6
- Lemenn M., 2007.** Les mesures in situ en océanographie. Département ingénierie des équipements scientifique du SHOM. PP 1-8.
- Medard J., 2003.** Aqua-Metre D100, portable underwater metrology system for dive » RSPSoc symposium, Portsmouth April 9, 2003.
- Mioulance P et Sahuquet R., 1998.** Le nouveau monde en 80 plongées. (c) Hachette livre, paris : 345-351
- Molle Ph et Rey P.,** plongée subaquatique, éditions Amphora. In Barbarin R., Risque et plongée sous-marine : p 1
- Noble J. P., Logan A et Webb G.R., 1976.** The recent Terebratulina community in the rocky subtidal zone of the Bay of Fundy, Canada. Lethaia 9: 1-17.
- Omrane A., 2009.** Mise en place d'un système de suivi macrophytobenthique au niveau de l'île de Jalta contribution dans le cadre du projet de l'aire protégée marine et côtière de l'Archipel de Jalta. p 21
- Régmauld H et Tabeaud M., 1999.** Océanographie. (c) Armand colin, Département des éditions Nathan. PP 1-10.
- Ybert E., Attard J., Zha E., Goulhot I., 1998.** La plongée le monde sous-marin (découverte, techniques, et conseils). Larousse-bordas pour l'édition en langue française : 1-160.

Références Bibliographiques

Zurcher M., 1996. MZ plongée - Orientation sous-marine. CMAS. CH scubadiving international MZ
Plongée la neuve ville suisse : 1-30

Zurcher M., 2002. MZ plongée- Préparation de mélanges nitrox et trimix. PP 1-47.
<http://www.mzplongée.c>.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma d'un plongeur sous l'eau respiré par un tube relié à la surface.....	P4
Figure 2 : Types de pression et l'augmentation de la pression avec la profondeur.....	P5
Figure 3 : Masque.....	P6
Figure 4 : Tuba.....	P6
Figure 5 : Palmes.....	P6
Figure 6 : Gilet.....	P6
Figure 7 : Bouteilles.....	P7
Figure 8 : Détendeur.....	P7
Figure 9 : Combinaison.....	P7
Figure 10 : Ceinture.....	P7
Figure 11 : Gants.....	P8
Figure 12 : Cagoule et bottillon.....	P8
Figure 13 : Manomètre.....	P8
Figure 14 : Profondimètre analogique.....	P8
Figure 15 : Profondimètre électronique.....	P8
Figure 16 : Ordinateur de plongée.....	P9
Figure 17 : Compas.....	P9
Figure 18 : Couteau.....	P9
Figure 19 : Signes très utilisées par les plongeurs.....	P12
Figure 20 : Recycleur à gestion électrique.....	P14
Figure 21 : Plongeur observe le milieu marin.....	P15
Figure 22 : Plongeur prendre des photos d'une espèce animale.....	P16
Figure 23 : Photo générale de <i>Caulerpa racemosa</i>	P18
Figure 24 : Photo avec le grandissement en macrophotographie.....	P18
Figure 25 : Photo d'étoile de mer prendre sans flache.....	P19

Figure 26 : Photo d'étoile de mer prendre avec la flache.....	P19
Figure 27 : Pénétration de la lumière dans l'eau.....	P20
Figure 28 : Absorption sélective des couleurs en fonction de la profondeur.....	P21
Figure 29 : Photo sans la balance des blancs	P22
Figure 30 : Même photo avec la balance des blancs.....	P22
Figure 31 : Prélèvement par plongeur.....	P22
Figure 32 : Caractéristiques des bornes de géomètres utilisées pour limiter l'herbier.....	P24
Figure 33 : Etapes de la mise en place d'un balisage à la limite d'un herbier.....	P25
Figure 34 : Schéma illustrant le protocole de mesure des relèvements pour le repérage des balises et des piquets.....	P26
Figure 35 : Cartographie du balisage au large de la ville de Bou Ismaïl et représentation des contours de la limite inférieure de l'herbier lors du balisage de 2007et 2010.....	P27
Figure 36 : Appareil Aquamètre.....	P28
Figure 37 : Matériel mis en œuvre.....	P28
Figure 38 : Repère cartésien de mesure.....	P29
Figure 39 : Pointeur mobile.....	P29
Figure 40 : Repérage général de l'herbier.....	P29
Figure 41 : Mise en place de la base.....	P29
Figure 42 : Mise en place et repérage des points fixes.....	P30
Figure 43 : Balisage de la limite.....	P30
Figure 44 : Orthophotoplan de la Plage d'Argent.....	P32
Figure 45 : Carte des peuplements et types de fond de la Plage d'Argent.....	P32
Figure 46 : Localisation, collecte des données, typologie des habitats et élaboration de la nature du fond dans la zone d'étude.....	P34
Figure 47 : Schéma d'une ligne de mouillage.....	P35
Figure 48 : Linge de mouillage Sans instrument.....	P36
Figure 49 : Plongeurs fixent l'appareil dans la corde métallique.....	P36

Figure 50 : Présentation de la zone d'étude l'Anse de Kouali.....	P39
Figure 51 : Installation de la ligne de transect.....	P40
Figure 52 : Position la ligne de transect.....	P41
Figure 53 : Profil bathymétrique et biocénotique dans l'axe médian de l'anse de Kouali.....	P43
Figure 54 : <i>Cymodocea nodosa</i>	P44
Figure 55 : <i>Posidonia oceanica</i>	P44
Figure 56 : <i>Padina pavonica</i>	P44
Figure 57 : <i>Ulva lactuca</i>	P44
Figure 58 : <i>Paracentrotus lividus</i>	P45
Figure 59 : <i>Echinaster sepositus</i>	P45
Figure 60 : <i>Holothuria forskali</i>	P45
Figure 61 : <i>Diplodus puntazzo</i>	P45
Figure 62 : Situation géographique et localisation du Zone d'étude.....	P46
Figure 63 : Cartographie des principaux habitats marins dans la partie marine de la plage ouest de Sidi Fredj.....	P49
Figure 64 : <i>Caulerpa racemosa</i>	P49
Figure 65 : <i>Codium vermilara</i>	P49
Figure 66 : <i>Asparagopsis armata</i>	P50
Figure 67 : <i>Dictyota dichotoma</i>	P50
Figure 68 : <i>Corralina elongata</i>	P50
Figure 69 : <i>Paracentrotus lividus</i>	P50
Figure 70 : <i>Echinaster sepositus</i>	P50
Figure 71 : <i>Phalium granulatum</i>	P51
Figure 72 : <i>Anemonia sulcata</i>	P51
Figure 73 : <i>Pinna rudis</i>	P51
Figure 74 : <i>Méduse pelagia noctiluca</i>	P51
Figure 75 : <i>Holothuria forskali</i>	P51

Figure 76 : <i>Epinephelus marginatus</i>	P51
Figure 77: <i>Mullus surmuletus</i>	P52
Figure 78 : <i>Scorpaena sp.</i>	P52
Figure 79 : <i>Thalassoma pavo</i>	P52
Figure 80 : Limace de mer.....	P52

Les figures : 23, 24, 25, 26, 51, 54, 55, 56, 57, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, ont pris par un appareil photo de type Canon Powershot 1080 is (Compact). Boitier Ikelite.

Les figures : 58, 59, 60, 61, en plus les trois photos ajoutées à la figure 19 ont pris par un appareil photo de type Sony Cybershot (Compact). Boitier Ikelite.

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Coordonnées géographiques en degrés, minutes décimales des stations.....	P40
Tableau 2 : Résultats obtenus lors de transect.....	P42

Annexe supplémentaire

Annexe 1 : instruments supplémentaire de la plongée

Compresseur à air respirable

Dispositif à faible débit et à haute pression sert à gonfler les bouteilles des scaphandres autonomes (Ybert et al, 1998).



Compresseur

Penta-décamètre

Décamètre c'est un outil enroulable à l'aide d'un moulinet, gradué en mètres et centimètres.



Penta décamètre

Scoter sous-marin

C'est un appareil qui fonctionne sous l'eau offrira à tous les amateurs de plongée (que ce soit en simple apnée ou en bouteille) la possibilité de nager sans efforts, d'explorer les fonds marins ou même de vérifier la coque le mouillage d'un bateau. Il est caractérisé par :

- Plongée jusqu'à 50 mètres de profondeur.
- Economise les efforts pour un temps d'immersion plus important.
- Flottabilité réglable.
- Batterie rechargeable.



Scoter sous-marin

GPS (Global positioning system)

Système de localisation radio par satellite. Le GPS utilisé notamment donner les coordonnées géographiques d'une zone, aujourd'hui très employé en navigation de surface, son adaptation à la plongée est en cours, le GPS devrait rapidement se démocratiser avec les progrès technologiques et l'élargissement du marché (Ybert et al, 1998).



pour

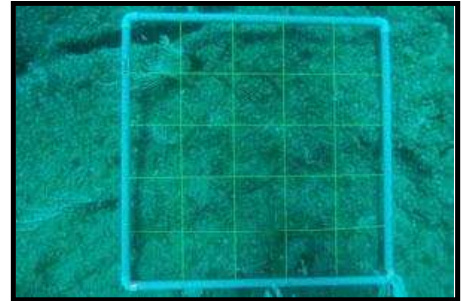
Echosondeur portable

Echosondeur portable

C'est un échosondeur à main (flottante), étrier un tableau arrière. Cet E/S à tous les avantages d'un échosondeur traditionnel, la mobilité en plus. Il fournit des informations précises quel que soit le type d'utilisation (www.plastimo.com).

Cadre de mesure la densité

C'est un cadre de 100 cm de côté ; subdivisé en carrés de 20 cm, utilisé pour mesurer la densité des herbiers. Il existe plusieurs catégories



Cadre de mesure la densité

Ardoise de plongée

C'est une ardoise étanche se fixe facilement au poignet par système de cordon réglable, elle utilisée par les plongeur pour d'écrire diverses annotations



Ardoise de plongée

Annexe 2 : calcule l'autonomie de la bouteille

Autonomie :

L'autonomie de la bouteille consiste à répondre à la question suivante: « Combien de temps pouvez-vous rester sous l'eau avec la bouteille » ? Répondre à cette question nécessite de connaître la profondeur de la plongée et de certaines conditions de plongée (froid, effort sous l'eau...) et la connaissance de la loi de Boyle et Mariotte : $P \cdot V = \text{constante}$.

Sur un exemple type nous allons illustrer ce propos. Supposons qu'on dispose d'une bouteille de 12 litres rempli de 200 bar ; on laisse 50 bar pour la réserve, sachant que le plongeur respire en moyenne avec un débit de 20 litres par minute, combien de temps peut-on rester sous l'eau avec cette bouteille ?

1. A 0 m de profondeur

20 l/min à 1 bar de pression

$V = 150 \cdot 12 = 1800$ litres d'air détendu à 1 bar de pression

L'autonomie est donc : $T = 1800 / 20 = 90$ minutes

En surface (0 m) l'autonomie est de 90 minutes.

2. A 10 m de profondeur

A 10 m on respire 20 l/min à 2 bar de pression soit 40 l/min détendu à 1 bar de pression.

$T = 1800 / 40 = 45$ minutes

Donc à 10 m l'autonomie est de 45 minutes.

3. A 20 m de profondeur

A 20 m on respire 20 L/min à 3 bar de pression soit 60 l/min détendus à 1 bar de pression.

$T = 1800 / 60 = 30$ minutes

Donc à 20 m, l'autonomie est de 30 minutes, et ainsi de suite.

A partir du tableau suivant, nous constatons que l'autonomie de la bouteille diminue avec la profondeur.

Profondeur (m)	Autonomie (minute)
0 (surface)	90
10	45
20	30
30	22,5
40	18

