

II- PRESENTATION DES ACTIVITES DE RECHERCHE DU LABORATOIRE (2015-2018)

Il est à noter que les activités de recherche d'un laboratoire sont structurées en projets de recherche. Chaque projet de recherche est dirigé par un enseignant -chercheur du corps A (Pr ou MC) et exécuté par un équipe de recherche.

II-1- PRESENTATION GENERALE

a- Positionnement scientifique et problématiques de recherche

(Présenter un résumé sur les problématiques et la complémentarité entre les projets proposés)

Les projets de recherche proposés pour la période 2015-2018 constituent une continuation des actions de recherche que le laboratoire mène depuis plusieurs années et qui œuvrent à comprendre le fonctionnement de l'environnement marin et lagunaire tunisien pour proposer des solutions d'aménagement et assurer la pérennité de leurs ressources. Les projets de recherches proposés intègrent aussi l'étude d'écosystèmes dont l'environnemental a atteint ces dernières années un seuil critique et pour lesquels il est urgent de proposer des solutions. La mise en place des projets est aussi basée sur un choix de zones couvrant une majorité des côtes tunisiennes du Nord au Sud.

La lagune de Bizerte est l'une des zones d'étude considérée dans le programme proposé par le laboratoire. Située au nord de la Tunisie, cette lagune constitue un écosystème très important de part le grand nombre d'opérateurs économiques et sociaux intervenants dans ce large plan d'eau. La lagune a fait l'objet de plusieurs études au sein du Laboratoire Milieu Marin et ceci depuis plusieurs années. Une connaissance de cet écosystème a été acquise et un modèle reproduisant son fonctionnement hydrodynamique et biogéochimique a été mis en place. Ce modèle est le premier du genre mis en place pour les lagunes tunisiennes. Le projet propose de compléter l'étude de ce milieu par l'intégration d'une composante importante affectant la lagune, le lac Ichkeul. Les échanges entre la lagune et le lac n'ont pas été considérés de façon détaillée dans les études précédentes. La lagunaire de Bizerte et le lac Ichkeul constituent cependant deux milieux fortement interconnectés. Il est proposé de réaliser une étude du complexe lagunaire Bizerte-Ichkeul, en particulier des différents apports en provenance du lac. Le projet apportera des scénarios d'équilibre hydrobiologique permettant un bon fonctionnement du système Lagune de Bizerte-Lac Ichkeul.

Le laboratoire propose aussi d'étudier un écosystème non moins important, le complexe lagunaire de Tunis. Cette zone est fortement sollicitée à l'échelle socio-économique (structures portuaires, zones hôtelières, zones agricoles, milieux de baignade excessivement fréquentés, zones urbaines, zones industrielles, etc). C'est une zone humide classée (Convention RAMSAR). Le projet proposé fera une évaluation de la vulnérabilité des écosystèmes littoraux du golfe de Tunis en étudiant le transit de polluants, de sédiments, de la qualité de l'eau, de la faune et de la flore. Le projet mettra en place un schéma évolutif de la dynamique sédimentaire et fera une analyse de l'impact des changements climatiques sur l'équilibre naturel des écosystèmes littoraux de cette zone. Le projet vise à fournir aux décideurs et aménageurs des solutions pour la gestion durable et la réhabilitation des écosystèmes du golfe.

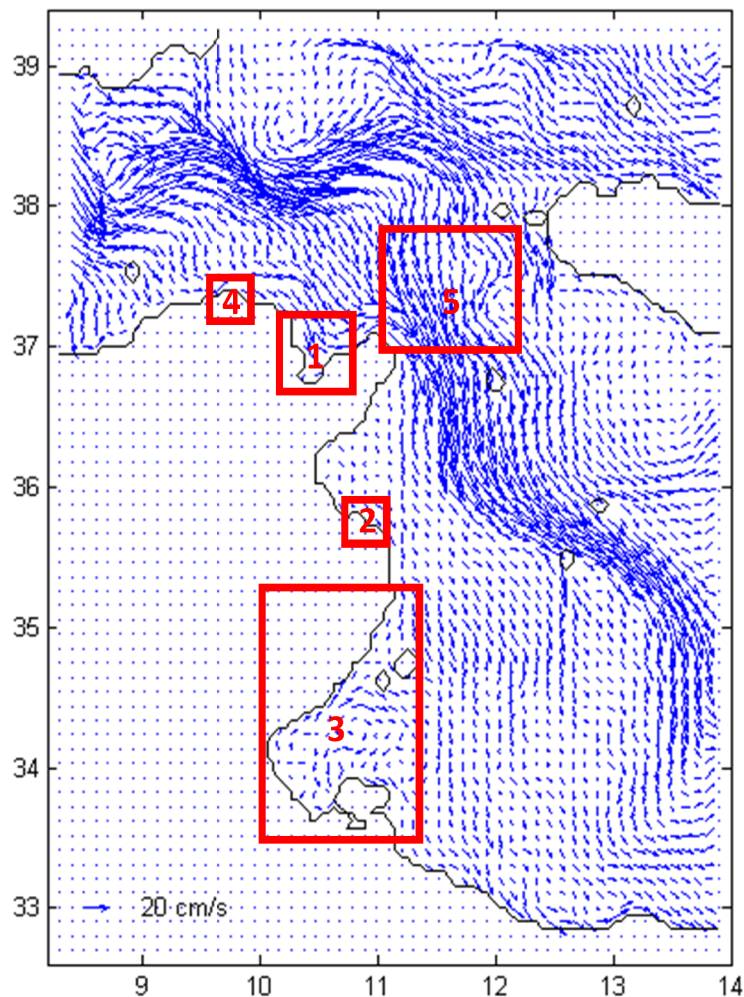
La baie de Monastir, située aux côtes centre-est, a connu ces dernières années une situation environnementale critique avec un conflit d'intérêt qui se ressent de plus en plus entre les nombreux intervenants dans ce milieu. La baie est en effet bordée par un littoral où la densité de

population est parmi les plus élevées du pays (villes, industries, ports de pêches, stations d'épuration, drain,...). L'aquaculture est en plein développement dans la baie de Monastir ce qui y a créée une pression environnementale supplémentaire. Le caractère stagnant des eaux de la baie en fait une zone extrêmement vulnérable. Il est donc important d'anticiper l'impact de l'implantation d'une activité ou la réalisation d'un aménagement avant sa réalisation. Le projet propose d'étudier l'état environnemental de la baie de Monastir et son interaction avec les exploitants et les riverains et son impact sur les ressources. Il vise à comprendre le fonctionnement de cette zone (hydrodynamique, biogéophysique, ressources,...) et le reproduire dans un modèle numérique, puis le prédire. Le projet apportera des orientations pour une meilleure gestion et pour le développement de ses ressources. Le projet s'intéressera aussi aux impacts des changements climatiques sur la baie. Il est fort probable que le réchauffement climatique ait un impact important sur les eaux stagnantes et peu profondes de la baie, surtout en saison estivale.

Plus au sud, le golfe de Gabès constitue une zone singulière non seulement pour la Tunisie mais aussi pour l'ensemble de la Méditerranée. A l'opposé des eaux du bassin méditerranéen, les eaux du golfe de Gabès sont très productives ; elles contribuent à environ 42% à la production halieutique nationale. Cette productivité, liée à la disponibilité des nutriments, ne semble pas être en relation avec les entrées d'eau du large. Le golfe est sûrement l'écosystème marin qui a été le plus étudié en Tunisie. L'enrichissement des eaux et son rôle sur la productivité du golfe demeurent cependant des questions ouvertes. Le projet propose de déterminer la capacité trophique du système golfe de Gabès et l'impact de l'anthropisation sur les premiers maillons de la chaîne alimentaire. Il étudiera les sources d'enrichissement du golfe par les apports externes en nutriment, le rôle de la circulation côtière, les flux trophiques entre les principales composantes du système et les blooms des principales espèces toxiques. Le projet permettra de définir et de sélectionner des indicateurs pouvant évaluer la perturbation et le stress que subit cet écosystème.

Comme mentionné plus haut, Les zones d'études qui sont considérées dans les projets proposées sont situées le long du littoral tunisien du Nord au Sud. En plus des circulations locales, le littoral est parcouru par les écoulements à grande échelle échangeant des masses d'eau entre les parties est et ouest du bassin méditerranéen. Ces écoulements sont variables en temps et en espace. Ils changent de caractéristiques selon les grands événements climatiques et subissent un changement continu en relation avec les changements climatiques. La connaissance de ces veines d'eau est donc primordiale pour comprendre la circulation dans les différents écosystèmes marins et lagunaires tunisiens. L'étude de l'écoulement dans la zone clef du détroit siculo-tunisien est proposée dans la continuité des projets précédents. Ce projet visera à mieux appréhender la variabilité des masses d'eau et leur échange entre l'est et l'ouest de la Méditerranée. Il permettra d'identifier et de quantifier les principaux groupes qui contribuent à la biomasse phytoplanctonique dans la Méditerranée centrale en prospectant tout le spectre de taille de ces organismes. Il apportera aussi une information sur la localisation des zones frontales en termes de température et de concentration phytoplanctonique. Le projet permettra donc de connaître l'évolution de l'environnement marin tunisien en relation avec les changements que connaît les masses d'eau du bassin méditerranéen et dans le contexte du changement global du climat (température de l'eau de mer, sa salinité, évolution du niveau marin, etc.).

Les projets proposés concernent donc les écosystèmes marins et lagunaires les plus vulnérables subissant une pression naturelle et anthropique importante. Pour la plupart, des conflits d'intérêt se ressent de plus en plus et la part des ressources, leur maintien ou accroissement commence à devenir un souci, non seulement pour les riverains mais aussi à l'échelle nationale. La compréhension de la dynamique à l'échelle de l'ensemble des côtes tunisiennes, est proposée comme un projet d'appui.



Zones couvertes par les projets proposés. Les flèches indiquent la circulation marine à grande échelle. Les masses d'eau longent les côtes et s'en approchent ou s'en éloignent au grès de la saison et de la variabilité climatique. La situation montrée illustre un cas où les masses d'eau pénètrent dans le golfe de Tunis, une des zones d'études proposées.

b- Quels sont les 4 mots clés qui caractérisent le mieux l'orientation générale de la recherche du laboratoire et la spécificité des compétences des chercheurs ?

1/ Océanographie

3/ Hydrobiologie

/2 Chimie

4/ Modélisation

c- Etat des connaissances relatives aux problématiques du laboratoire

-au niveau national

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Les différents projets proposés pour la période 2015-2018 ont déjà fait d'études au sein du laboratoire lui-même dans le cadre de projets précédents. La lagune de Bizerte a fait l'objet des projets Bizerte 1 et Bizerte 2 qui ont conduit à la mise en place d'un modèle Hydrodynamique-biogéochimie, le premier du genre pour les lagunes en Tunisie. La lagune de Bizerte fait aussi l'objet d'études au sein de la faculté des Sciences de Bizerte. Ces études ont abouti à plusieurs articles scientifiques.

Le golfe de Tunis comme le golfe de Gabès a déjà fait l'objet de plusieurs études dans le cadre de projets précédents de l'INSTM et par d'autres institutions et dans le cadre d'études réalisées par des organismes tunisiens (APAL, ANPE). Une bonne connaissance des ces deux milieux a été acquise. Des modèles numériques de circulation de l'eau ont été développés pour ces deux milieux aussi bien à l'INSTM qu'au sein du Laboratoire LMHE de l'ENIT. Une modélisation assez poussée du golfe de Gabès a aussi entamée à l'INSTM en collaboration avec des équipes françaises.

La baie de Monastir fait partie des zones les moins étudiées du milieu marin tunisien. Depuis quelques années, et vu la détérioration de l'état de l'environnement de la baie, l'intérêt pour la baie s'est fait de plus en plus ressentir et une étude de toute la zone a été réalisée par l'APAL. Récemment, une action a été lancée pour la mise en place d'une zone protégée autour des îles Kuriat par l'APAL et une association environnementale à Monastir.

Pour l'ensemble des côtes tunisiennes et pour les zones au nord-est, plusieurs études ont été réalisées à l'INSTM. Une multitude de mesures a été effectuée, en particulier à bord du bateau de recherche Hannibal. La majorité des mesures a été faite par des profileurs CTD et par prise d'échantillons à différents niveaux. Des mesures courantométriques ont été aussi faites à l'aide de courantomètres installés au fond de la mer dans des zones clefs. En parallèle à ces observations, des modèles numériques ont été développés, dont un modèle qui reproduit les écoulements le long des côtes tunisiennes et un deuxième qui simule la dynamique à l'échelle de l'ensemble de la mer Méditerranée.

-au niveau international

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Le milieu marin tunisien a fait l'objet de plusieurs études au sein d'institutions de recherche internationales. Dans le cadre du projet européen CIRCE, le golfe de Gabès a été étudié de façon détaillée. Les impacts des changements climatiques ont été l'objectif principal des actions allouées à ce golfe. Cette étude a abouti à la publication de plusieurs articles scientifiques et d'un livre. Dans le cadre de la collaboration internationale (projets MISTRALS pour l'étude de la mer Méditerranée, MedCORDEX, HyMex-COOP, TANGRAM) des études ont été faites ou sont en cours pour comprendre l'évolution à long terme des caractéristiques hydrographiques et les impacts biogéochimiques des eaux des écosystèmes du bassin méditerranéen. Des cartes des évolutions sur le période 1950-2050 sont en cours d'élaboration. Une base de données très complète est disponible pour l'ensemble des régions marines méditerranéennes. L'INSTM a collaboré à la mise en place de cette base de données. Pour le golfe de Gabès des collaborations sont en cours avec des laboratoires de recherche français et italiens en particulier pour la mise en place d'un modèle hydrodynamique-biogéochimie. Une collaboration est aussi en cours pour l'installation d'une station d'observation côtière de mesure à haute fréquence.

Une collaboration internationale qui vise la compréhension de la dynamique des eaux près des côtes

tunisiennes a aussi été très importante à travers les campagnes de mesures courantométriques et les mesures par CTD effectuées en collaboration avec des institutions tunisiennes et françaises en particulier dans la zone du canal siculo-tunisien. Le projet européen INCOMMET a aussi permis une meilleure compréhension du milieu marin tunisien.

La lagune de Bizerte a fait l'objet de plusieurs études à l'échelle internationale en particulier dans le cadre de projets de coopération avec l'IFREMER (Aquaculture 2001, projet CMCU, ...) et avec l'ISMER au Québec (Canada).

Pour la baie de Monastir et le golfe de Tunis des études ont été faites à l'échelle internationale en collaboration avec des chercheurs appartenant à des institutions tunisiennes. Ces études ont abouti à la publication d'articles scientifiques en particulier sur la circulation marine, la dynamique sédimentaire et sur la qualité de l'eau. Un article de synthèse sur le golfe de Gabès sera soumis pour publication prochainement. Cet article est le fruit d'une collaboration entre les chercheurs tunisiens et français, en particulier de l'IRD.

d- Références des dix (10) publications les plus récentes (de moins de 5 ans) ayant un rapport avec les problématiques du laboratoire
(Joindre les CV et les publications des membres)

- 1/. Amrouni O., Hermassi T., Saadi A., Messaoudi S. 2014. Contribution of grain size trend to sediment of a microtidal beach: Case of the gulf of Tunis bay (Cape Ferina - Cape Gammarth, Tunisia). *Research Journal of Environmental Sciences*. 8, 161-177.
- 2/- Aissaoui A., Dhib A., Reguera B., Ben Hassine O. K., Turki S., Aleya L. 2014. First evidence of cell deformation occurrence during a Dinophysis bloom along the shores of the Gulf of Tunis (SW Mediterranean Sea). *Harmful Algae*. 39, 191-201.
- 3/ Amel Béjaoui-Omri, Béchir Béjaoui, Ali Harzallah, Nejla Aloui-Béjaoui, Monia El Bour, Lotfi Aleya. Dynamic energy budget model: a monitoring tool for growth and reproduction performance of *Mytilus galloprovincialis* in Bizerte Lagoon (Southwestern Mediterranean Sea). *Environmental Science and Pollution Research*. 2014.
- 4/- Ben Ismail S., Schroeder K., Sammari C., Gasparini G. P., Beranger K., Borghini M., Aleya L. 2014. Interannual variability of water mass properties in the Tunisia-Sicily Channel. *Journal of Marine Systems*. 135, 14-28.
- 5/- Brahim M., Abdelfattah A., Sammari C., Aleya L. 2014. Surface sediment dynamics along with hydrodynamics along the shores of Tunis Gulf (North eastern Mediterranean). *Journal of African Earth Sciences*. 103, 30-41.
- 6/- Brahim M., Abdelfattah A., Sammari C., Aleya L. 2014. Surface sediment dynamics along the eastern coast of Djerba Island (Gabes Gulf, Tunisia). *Journal of African Earth Sciences* 92, 45-54.
- 7/- Fertouna-Bellakhal M., Dhib A., Béjaoui B., Turki S., Aleya L. 2014. Driving factors behind the distribution of dinocyst composition and abundance in surface sediments in a western Mediterranean coastal lagoon: Report from a high resolution mapping study. *Marine Pollution Bulletin*. 84, 347-362.
- 8/- Harzallah A., Alioua M., Li L. 2014. Mass exchange at the strait of Gibraltar in response to tidal and lower frequency forcing as simulated by a Mediterranean Sea model. *Tellus A*. 66, 23871. doi.org/10.3402/tellusa.v66.23871.
- 9/- Turki S., Dhib A., Fertouna-Bellakhal M., Frossard V., Balti N., Kharrat R., Aleya L. 2014. Harmful algal blooms (HABs) associated with phycotoxin shellfish: What can be learned from five years of monitoring in Bizerte Lagoon (Southern Mediterranean Sea)? *Ecological Engineering*. 67, 39-47.

10/- Zaaboub N., Oueslati W., Helali M. A., Abdeljaouad S., Huertas F. J., Galindos A. L. 2014. Trace elements in different marine sediment fractions of the gulf of Tunis (central Mediterranean). Chemical Speciation and Bioavailability. 26 (1).

11/- Zaaboub N., Ounis A., Helali M. A., Béjaoui B., Lillebo A. I., Da Silva E. F., Aleya L. 2014. Phosphorus speciation in sediments and assessment of nutrient exchange at the water-sediment interface in a Mediterranean lagoon: Implications for management and restoration. Ecological Engineering. 73, 115-125.

e- Structures et organismes d'appui

- Quels sont les laboratoires et organismes étrangers ou internationaux avec lesquels des relations de collaboration régulières ont déjà été établies ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- 1^{er} organisme : Institut d'Océanologie de Marseille (France)
- 2^{ème} organisme: Laboratoire Environnement IFREMER/DEL, Brest (France)
- 3^{ème} organisme : CNR/la Spezia (Italie)
- 4^{ème} organisme : National Health Institute (Portugal)
- 5^{ème} organisme : Inst. Andalous des Sciences de la terre (Espagne)
- 6^{ème} organisme : LMD (ENS/France)
- 7^{ème} organisme : LME (Monaco)
- 8^{ème} organisme : IRD (France)
- 9^{ème} organisme : Univ F. Comté (France)
- 10^{ème} organisme : Univ. Avero (Portugal)
- 11^{ème} organisme : COI/UNESCO
- 12^{ème} organisme : IAEA
- 13^{ème} organisme : CNRM : Centre National de Recherche Météorologique, Toulouse, France.
- 13^{ème} organisme : Station zoologique de Naples (Italie)
- 15^{ème} organisme : Institut d'océanographie de Vigo (Espagne)
- 16^{ème} organisme : Department of Marine Biology and Oceanography, Institut de Ciències del Mar, ICM, CSIC, Barcelona, Spain.
- 17^{ème} organisme : IMEDA : Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (Espagne)
- 18^{ème} organisme : Climate Prediction Center , National Centers for Environmental Prediction, Maryland 20746, USA, Dr. Wassila Thiaow.

- Des conventions particulières ont elles déjà été signées avec certains d'entres eux ?
Lesquelles?

Liste des conventions :

.....
.....

.....

.....

.....

- Des relations avec les universitaires et chercheurs tunisiens établis à l'étranger ont-elles été initiées ou développées ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Liste des collaborations :

- § Nadia Mkhinini, Ecole Polytechnique, Route de Saclay, 91128 PALAISEAU Cedex, France
- § Hiba Omrani : LMD, Ecole Polytechnique, Route de Saclay, 91128 PALAISEAU Cedex, France
- § Hela Sekma : LEGOS – CNRS, Toulouse, France

- Des coopérations de travail existent- elles déjà avec des universitaires étrangers ou tunisiens établis à l'étranger en terme de Ile de doctorants en particulier ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Liste des thèses en cotutelle :

Amel Dhib : Successions écologiques du phytoplancton dans la lagune de Ghar El Melh Université Tunis-El Manar, Tunisie-Université Franche-Comté, France

Fatma Jebri : Variabilités du Courant Atlantique Tunisien : Origines et Conséquences : ENIT-UTLN

Housseem Smeti : Compréhension des réseaux trophiques pélagiques et du couplage entre les processus physiques et biologiques : Univeristé Aix-Marseille II

- Des relations de collaboration formalisées ou régulières ont elles été établies avec d'autres laboratoires de recherche tunisiens, d'autres institutions ou organismes nationaux ? Lesquelles ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Liste des coopérations :

- 1- Laboratoire de Ressources Minérales et Environnement : Fac. Sci. Tunis/Univ. El Manar
- 2- UR Plancton et Microbiologie des écosystèmes aquatiques : Fac. Sci. Sfax/Univ. Sud
- 3- Laboratoire d'Hydraulique : ENIT/Univ. El Manar
- 4- Laboratoire de biologie et parasitologie marines : Fac. Sci. Tunis/Univ El Manar
- 5- Laboratoire de chimie organique : INAT/Univ Carthage
- 6- Laboratoire de Biostatistique : CBS
- 7- Laboratoire des toxines et venins : Institut Pasteur de Tunis
- 8- UR d'écotoxicologie : Institut Supérieur de Chott Meriem
- 9- ISBM : Institut Supérieur Biotechnologie de Monastir
- 10- Ecole Centrale Polytechnique Privée de Tunis
- 11- L'unité de Radiochimie du CNSTN

II-2- PRESENTATION DES PROJETS DE RECHERCHE (2015-2018)

a-Identification des projets

| Intitulés des projets de recherche | Responsable du projet ⁽¹⁾ (nom, prénom, grade et Spécialité) |
|---|--|
| <p>Projet 1 : MOSBIOCLIM</p> <p>MOrpho-dynamique Sédimentaire et BIO-évaluation des écosystèmes littoraux du Golfe de Tunis, face à la pression anthropique et aux changements CLIMatique</p> <p>المورفوديناميكية الرسوبية والتقييم البيولوجي للمنظومة البيئية الساحلية لخليج تونس تحت تأثير العوامل الانسانية والتغيرات المناخية</p> | <p>Lassâad Chouba</p> <p>MCA, Biogéochimie</p> |
| <p>Projet 2 : DevBM</p> <p>L'ECOSYSTEME BAIE DE MONASTIR : COMPRENDRE POUR MIEUX GERER</p> | <p>Ali Harzallah,</p> <p>Pr. Modélisation du milieu marin</p> |
| <p>Projet 3 : GAMA</p> <p>Gabes Assessment, Modeling & Adaptation</p> | <p>Malika Bel Hassen</p> <p>MC, Océanographie biologique</p> |
| <p>Projet 4 : MODAPEX-Biz</p> <p>MODélisation des effets des APports EXternes sur lagune de Bizerte</p> | <p>Béchir Béjaoui</p> <p>MA, Modélisation numérique</p> |
| <p>Projet 5 : DYMEDtun</p> <p>Dynamique de la Méditerranée Centrale et circulation le long des côtes tunisiennes</p> | <p>Chérif Sammari,</p> <p>Pr., Océanographie</p> |

⁽¹⁾ Ayant le grade de Professeur de l'enseignement supérieur, Maître de Conférences, ou grades équivalents.

b-Description des projets
(à remplir pour chaque projet)

PROJET 1

-Intitulé du projet

| |
|---|
| MOSBIOCLIM |
| MORpho-dynamique Sédimentaire et BIO-évaluation des écosystèmes littoraux du Golfe de Tunis, face à la pression anthropique et aux changements CLIMatiques |
| المورفوديناميكية الرسوبية والتقييم البيولوجي للمنظومة البيئية الساحلية لخليج تونس تحت تأثير العوامل الانسانية والتغيرات المناخية |

-Responsable du projet et équipe impliqué

| | |
|--|---|
| Nom du responsable du projet : Lassaad Chouba | Grade : Pr. Maitre de conférences Agricole |
| Nom des chercheurs impliqués : | Grade : |
| Lassaad Chouba 80% | Maitre de Conférences Agricole (INSTM) |
| Oula Amrouni 80% | Maitre Assistante (INSTM) |
| Nadia Mzoughi 80% | Maitre de conférences (ISSTE) |
| Sabri Messaoudi 30% | Maitre de conférences (FSB) |
| Abderrazek Mastouri 80% | Maitre Assistant Agricole (INSTM) |
| Noureddine Zâaboub 10% | Maitre Assistant (INSTM) |
| Rym Ennouri 60% | Chef de service (INSTM) |
| Sami Mili 70% | Maitre Assistant Agricole (INSTM) |
| Fourat Akrouf 40% | Ingénieur principal (INSTM) |
| Ines Houas Gharsallah 50% | Assistante Agricole (INSTM) |
| Afef Fathalli 90% | Assistante Agricole (INSTM) |
| Emna Sehli 20% | Ingénieur (INSTM) |
| Nouha Barraaj 20% | Ingénieur (INSTM) |
| Skander Ben Salem 30% | Maitre Assistant Agricole (INSTM) |
| Ali Harzallah 20% | Professeur (INSTM) |
| Amel Bellaaj Zouari 20% | Maitre Assistante (INSTM) |
| Monia El Bour 20% | Maitre Assistante (INSTM) |
| Bechir Bejaoui 10% | Maitre Assistant (INSTM) |
| Sâadi Abdeljaoued 10% | Professeur (FST) |
| Taoufik Hermassi 10% | Maitre Assistant Agricole (INERGREF) |
| Sbei Abdelaziz 5% | Maitre Assistant (FST) |
| Mahmoud Moussa 10% | Professeur (ENIT) |

Nom des doctorants à mobiliser dans le cadre du projet :

Thouraya Ben Moussa 100%

Raouf Hzemi 100%

Emna Derouiche 100%

Mouna Necibi 100%

-Résumé et objectifs

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Le golfe de Tunis présente un environnement côtier complexe qui abrite plusieurs systèmes ouverts (plates-formes, avant-plages, plages, lagunes, sebkhas, oueds, chenaux). Il est classé vulnérable à très vulnérable par diverses études (Ben Charrada et al., 2009 ; Ennouri, 2011). Il s'agit d'un secteur très fréquenté et sollicité à l'échelle socio-économique (structures portuaires, zones hôtelières, zones agricoles, milieux de baignade excessivement fréquentés, zones urbaines, zones industrielles, etc.).

La réponse sédimentaire du système littoral se manifeste par un recul important de la ligne de côte lié à une perturbation de la dynamique sédimentaire côtière (Saidi, 2013). L'essai de quantification du sable disponible de toutes les composantes du prisme littoral et la compréhension de l'évolution morpho-hydrodynamique spatio-temporelle s'avèrent indispensables pour l'établissement d'un schéma de fonctionnement du littoral. Les apports détritiques qui alimentent en majeure partie l'avant côte du golfe de Tunis proviennent de l'oued Medjerda vers la partie ouest et l'oued Méliane à l'est. En l'occurrence, les impacts du Changement Climatique sur les comportements des bassins versants font l'objet d'une recherche intense depuis une dizaine d'années. Ces études ont permis la connaissance des transferts sédimentaires de l'oued de Medjerda vers le milieu littoral (Amrouni et al., 2014). Cependant le comportement des sédiments vaseux et sableux jusqu'aux plages adjacentes du delta n'a pas été abordé vers les zones inter-littorales.

Par ailleurs, une estimation de l'état de la biodiversité en période de crises contribuera à une compréhension du système littoral à l'embouchure des oueds et dans les zones humides (lagunes, lac, sebkhas, etc.) vers une prévention utile pour la communauté côtière collective. Ces sources d'apport fluviale et/ou marin constituent aussi un vecteur de pollution industrielle, agricole et urbaine, comme il en découle de nombreuses études ayant révélé l'importance des teneurs en métaux traces (Zâaboub et al., 2014) ainsi qu'en d'hydrocarbures aliphatiques (AHS) et aromatiques (HAP) au niveau de la frange portuaire ouest du golfe de Tunis (Chouba et Mzoughi, 2013). Bien que réputé pour sa riche biodiversité, le golfe de Tunis subit les effets néfastes de surexploitation des ressources marines, de dégradation du couvert végétal et de l'accroissement du nombre d'espèces introduites. Le rôle et l'impact du couvert végétal conjugué avec le statut des espèces à valeur patrimoniale sont aujourd'hui largement prouvés sur certains secteurs comme la pêche, le tourisme et la santé humaine. La gestion intégrée de cet écosystème et la préservation de ses composantes et de leurs habitats passent à travers l'acquisition de connaissance liée à la dynamique des espèces animales et végétales.

Les écosystèmes lagunaires sont des ressources effectivement ou potentiellement élevées pour les populations humaines locales ainsi que pour la biodiversité régionale. La vulnérabilité de ces zones côtières au vu de la forte pression de l'activité de pêche et sous l'effet de réchauffement climatique, justifie leur intégration récente dans la convention RAMSAR. Le complexe lac de Tunis a été classé le 23 janvier 2013 ; n°2096, le delta de la Medjerda et la lagune Ghar El Melh ont été classés le 07 novembre 2007 ; n°1706. Cette inscription engage la communauté nationale à préserver les zones humides, à soutenir la recherche scientifique, la formation, la gestion et la surveillance dans le domaine des zones humides, pour une utilisation rationnelle des ressources côtières.

Dans un contexte de forte déstabilisation des zones côtières, due à des aménagements littoraux, il importe de connaître la part de cette instabilité revenant à la réduction et la contamination des apports en sédiments par les grands oueds. A ce propos, le système littoral du golfe de Tunis, notre zone d'étude (Fig. 1), a connu d'importants changements dans sa morphologie dus à la réduction des apports solides ainsi qu'au niveau de sa qualité physico-chimique, sous l'effet des rejets polluants (industriels, urbains, etc.). Une charte de vulnérabilité nationale a été établie en classant le golfe de Tunis dans un niveau élevé (Oueslati, 2010) avec 17% de terre potentiellement submersible (APAL 2014).

Dans le but de s'aligner et intégrer la stratégie internationale et nationale pour mettre au point un réseau de surveillance régulier au système zone humide-littoral, nos recherches scientifiques pluridisciplinaires vont

s'accorder aux objectifs socio-économiques pour mener à terme une stratégie de développement durable des zones côtières vulnérables, vers une consommation rationnelle des ressources marines et lacustres.

Les principaux objectifs sont de :

- Mettre en place un schéma évolutif conceptuel de la dynamique sédimentaire spatio-temporelle du complexe littoral nord à travers ses corps sableux : les barres de déferlement, flèches sableuses, en intégrant tous les agents de forçage (naturel et anthropique).
- Evaluer la vulnérabilité des écosystèmes littoraux du golfe de Tunis en étudiant le transit des polluants, des sédiments, de la qualité de l'eau, de la faune et de la flore.
- Tracer les éventuels changements climatiques intervenus dans la zone d'étude au cours des 1000 dernières années utilisant la datation isotopique et analyser leur impact sur l'équilibre naturel de l'écosystème littoral dans la zone d'étude.
- Fournir aux décideurs et aménageurs des solutions pour la gestion durable et la réhabilitation de ces écosystèmes selon un ensemble intégré se composant de la frange littorale et des zones humides.

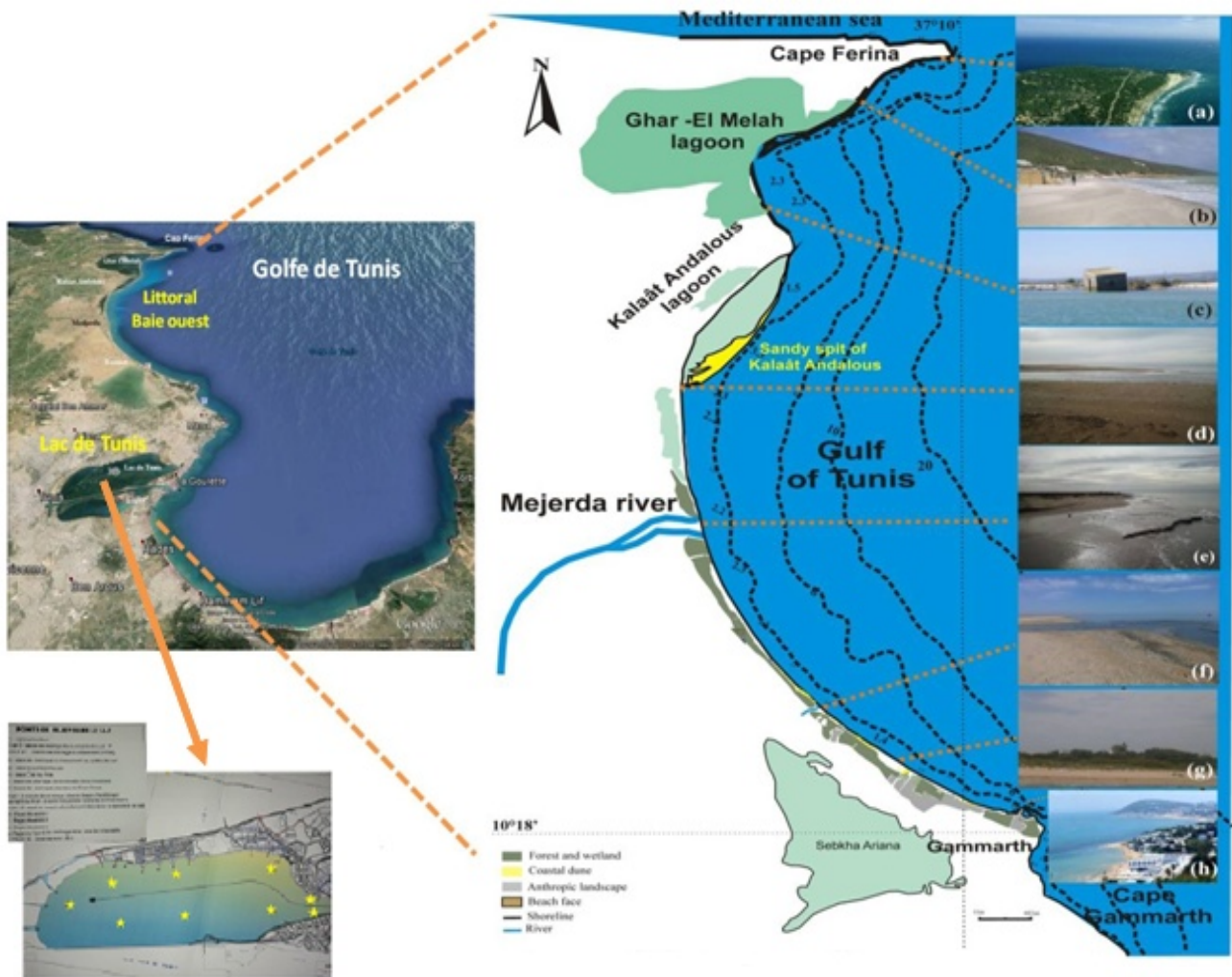


Fig.1 : Carte de localisation du secteur d'étude : Le lac nord et la baie ouest du golfe de Tunis. La figure illustre les différents sites potentiels d'étude. Du nord vers le sud de la baie : (a) Cap Ferina (b) Ghar El Melah (c) plage de Kalâat Andalou (d) flèche sableuse de Kalâat Andalou (e) Embouchure de la Mederjda (f) Plage de Raoued canal artificiel d'assainissement de Khelij (g) Cordon dunaire de la plage de Raoued (h) Cap Gammarth.

- Quels seraient les objectifs spécifiques et les résultats attendus du projet de recherche ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Objectifs spécifiques

- i. Etablissement à long terme d'un réseau de surveillance pour l'alimentation et/ou actualisation de la modélisation numérique de la baie du golfe de Tunis.
- ii. Quantifier le disponible sédimentaire du système littoral pour évaluer sa réponse face aux tempêtes et/ou l'élévation graduelle du niveau marin.
- iii. Evaluation de la qualité chimique des sédiments et des produits de la pêche de la baie ouest et de la lagune nord de Tunis.
- iv. Etude des effets des paramètres physico-chimiques, des métaux traces et d'hydrocarbures sur la distribution des populations phytoplanctoniques et microbiennes.
- v. Etude éco-biologique de la richesse spécifique et des indices d'abondance, de la macrofaune benthique et des principales ressources halieutiques de la baie et de la lagune nord de Tunis
- vi. Etude hydro-sédimentaire spatio-temporelle et mesures courantométriques côtières in situ, pour comprendre les processus hydrodynamiques responsables des mouvements morpho-sédimentaires côtiers (zone de déferlement des vagues 0 à -20 m).
- vii. Détection des outils d'aide à la décision pour le développement durable des ressources aquatiques de la baie et la lagune de Tunis.
- viii. Système d'Information Géographique : Le projet fournira un WEBGIS côtier spécifique et des occasions (réunions, séminaires, comités) d'échange d'expériences en vue d'un partage socio-économique et de la vulgarisation des données environnementales.
- ix. Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) : Renforcement des coopérations institutionnelles. Les centres de recherche élaborent de nouvelles études, méthodologies et approches innovantes pour la gestion côtière et l'adaptation au CC dans le bassin MED.
- x. Contribution à l'activité de formation diplômantes pour les travaux d'habilitation, de master, des thèses et de PFE.

Les résultats attendus dans le cadre du projet sont :

- Proposer des scénarii évolutifs de la dynamique sédimentaire de la plage à moyen et court termes (effet de tempête). Modélisation numérique du système littoral côtier.
- Localiser et quantifier les zones d'érosion/accrétion de sédiment associé à la réfraction des houles actives au niveau de la baie du golfe de Tunis.
- Contribuer à la mise en place des scénarii d'aménagement et de réhabilitation de la lagune de Tunis et proposer des moyens et/ou des mesures de limitation de la pollution.
- Améliorer les gestions des ressources hydrologiques et des ressources halieutiques grâce aux possibilités d'anticipation et de compréhension des différents paramètres régissant cet écosystème lagunaire.
- Organiser un forum pour l'établissement de paramètres communs à surveiller de façon harmonisée, pour évaluer l'impact chimique sur les ressources marines et la santé humaine.
- Analyser les tendances évolutives du littoral et de la zone humide (lac nord de Tunis) à long terme sous l'effet du changement climatique.
- Etablir une base de données SIG, pluridisciplinaire, qui sera connectée à un réseau ICT (Information and Communication Technologies) pour une meilleure diffusion de données à la communauté socio-économique nationale. L'interface sera aussi un portail de communication à l'échelle internationale avec les partenaires du bassin méditerranéen.
- Consolider la coopération bilatérale et multilatérale pour faire profiter aux doctorants des expériences d'échanges de compétences dans le domaine écosystémique du système littoral, associées aux outils de suivi de géoinformations spatiales (diachroniques, satellitaires, etc.).
-

Bibliographie

Amrouni et al., 2014. Contribution of grain size trend to sediment of microtidal beach .Case of the Gulf of Tunis

bay (Cape Ferina- Cape Gammarth, Tunisia). Research Journal of Environmental Sciences. Volume 8. Number 4. 161-177.

Ben Charrada et al., 2009. Modélisation de l'hydrodynamique et de la qualité des eaux côtières du golfe de Tunis. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, Hammamet, Tunisie. pp 167-170.

Chouba L et Mzoughi N, 2013. Assessment of Heavy Metals and suspended particles affected by multiple anthropogenic contributions in harbours. International Journal of Environmental Science and Technology (IJEST). Volume 10, Issue 4. 779-788.

Ennouri, 2011. Suivi des éléments métalliques dans le golfe de Tunis. Thèse de doctorat. 212 pp.

Oueslati, 2010. Plages et urbanisation en Tunisie: des avatars de l'expérience du XX^e siècle aux incertitudes de l'avenir », Méditerranée [Online], 115.

Saidi, 2013. Etude sédimentologique et morphodynamique des côtes sableuses du golfe de Tunis (Tunisie nord-orientale). Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de Tunis, 217 p.

STUDI et SEMAH, 1998.

Zaaboub et al., 2014. Trace element in different marine sediment fractions of the gulf of Tunis: central Mediterranean sea. Chemical Speciation And Bioavailability. 26 (1). 1-12.

-Méthodologie de réalisation du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Le projet MOSBIOCLIM est pluridisciplinaire; la méthodologie du travail sera conduite en trois phases :

La première phase est dédiée à une étude in situ des caractéristiques de la zone d'étude et un échantillonnage des sédiments (carottes) et de l'eau. La deuxième phase est consacrée aux différentes analyses du laboratoire et à la collecte et mise en forme des données. Et, la phase d'analyse et d'interprétation des résultats en fonction des objectifs de l'étude.

Les quatre composantes qui feront l'objet de cette méthodologie sont :

1. Etude morphodynamique sédimentaire et modélisation numérique.
2. Contamination chimique et étude de la qualité de l'eau.
3. Ecotoxicologie et ressources halieutiques spécifiques.
4. Activité socio-économique.

Après l'adoption du plan d'échantillonnage et détermination des stations (Fig.1), des campagnes pluridisciplinaires mensuelles et saisonnières seront réalisées à bord d'une barque motorisée pour le prélèvement des échantillons.

I. Méthodologie de terrain

- 1.1 Suivi de la qualité physico-chimique des eaux (pH, salinité, MES, etc) durant une période de 14 mois.
- 1.2 Échantillonnage mensuel et saisonnier des différentes matrices (eaux, organismes marins, sédiments marins côtiers, prélèvement des carottes).
- 1.3 Étude morphodynamique des plages.
- 1.4 Campagnes topo-bathymétriques saisonnières (hiver/été) de l'avant côte et la ligne de rivage et de la plateforme côtière.
- 1.5 Suivi et contrôle de la macrofaune benthique et de la faune ichtyque avec une fréquence saisonnière moyennant des filets multimailles.
- 1.6 Mesures courantométriques des zones interlittorales : Les ADV et ADCP (Acoustic Doppler Velocimeter).
- 1.7 Collecte et suivi de la distribution des microorganismes (bactéries et peuplement phytoplanktonique) à différents niveaux de profondeurs de la colonne d'eau.

II. Méthodologie de laboratoire

Dépend de la disponibilité des équipements au niveau de chaque service spécialisé ainsi que d'institutions partenaires, les traitements et les analyses des échantillons seront réalisés selon des méthodes spécifiques.

- 2.1 Mesures des paramètres hydrobiologiques (les dérivés de l'azote, N_{tot} , le phosphore et la chlorophylle a).
- 2.2 Détermination et analyses des indices d'abondance des ressources halieutiques par le logiciel PRIMER et la cartographie à l'aide de l'ARCGIS.
- 2.3 Analyses sédimentologiques, microgranulométriques, morphoscopique et minéralogiques DRX des sédiments de surface et des carottes.

- 2.4 Dosage des micropolluants organiques et inorganiques.
- 2.5 Dosage des composés organiques dans les sédiments.
- 2.6 Identification de la macrofaune benthique de la région étudiée.
- 2.7 Cartographie des milieux côtiers de dépôt/érosion sédimentaire, traçage de l'évolution de la ligne de rivage et du système des barres de déferlement d'avant-côte.
- 2.8 Dépouillement des données topo-bathymétriques géoréférencées: MNT2D et 3D du cordon dunaire et de l'avant plage émergée.
- 2.9 Collecte de données météo-marines et hydrologiques du bassin versant des fleuves qui alimentent les plages adjacentes du système littoral (exemple de la Medjerda).
- 2.10. Intégration des données pluridisciplinaires dans une base de données SIG (data base, ICT).

-Echéancier de mise en œuvre du projet

- Première année

- I- Synthèse bibliographique
- II- Méthodologie de terrain
 - II-1 Prospection du site.
 - II-2-Campagnes d'échantillonnages saisonniers (selon les composantes du projet).
- III- Méthodologie de laboratoire
 - III-1 Analyses sédimentologiques, géochimiques et minéralogiques des sédiments de surface et carottes.
 - III-2 Analyses granulométrique, microgranulométrique, morphoscopie et DRX.
 - III-3 Analyses physico-chimiques et phytoplanctoniques.
 - III-4 Photo-interprétation de la ligne de côte et des de corps sableux du littoral (photographies aériennes et imagerie satellitaire).

-Deuxième année

- I- Méthodologie de terrain
 - I-1 Échantillonnage de surface de l'eau et des sédiments marins, côtiers (zone de swash, cordon dunaire), prélèvement des carottes;
 - I-2 Campagnes topo-bathymétriques de l'avant côte et la ligne de rivage.
 - I-3 Mesures courantométriques des courants côtiers de la zone de jet de rive.
- II- Méthodologie de laboratoire
 - II-1 Analyses des différents paramètres d'études
 - II-2 Interprétation sédimentologique texturale, géochimique, minéralogique et chimique.
 - II-3 Dépouillement des données topo-bathymétriques : MNT2D et 3D de la plage de Kalâat Andalous-Medjerda-Raoued-Gammarth.
 - II-4 Modélisation morpho-hydrodynamique spatiale et transversale de la circulation littorale côtière à long terme (MOPLA) et à court terme (PETRA) (SMC, GIOC Cantabrie, Espagne).
 - II-5 Dépouillement des données physiques courantométriques (vitesse et sens de courant de fond, houles associées).
 - II-6 Formation SIG.
 - II-7 Publications et communications scientifiques.

Troisième année

- I-Établissement d'une base de données Géoréférencées SIG regroupant les données hydro-sédimento-biologiques et cartographique de l'écosystème côtier du golfe de Tunis.
- II-Etude socio-économique du secteur d'étude.
- III- Rapport mi-parcours.
- IV- Publications scientifiques.
- V- Formation et séminaires.

- Quatrième année

- I-Interprétation et traitements finaux des résultats.
- II- Établissement du modèle.
- III- Rapport final du projet.

Le projet fait-il l'objet d'un contrat avec une entreprise ou organisme concerné dans le cadre de l'ouverture sur l'environnement socio-économique?

Si oui, préciser :

- APAL (Convention cadre signée).
- STEG (convention en cours).
- SPLT
- Faculté des Sciences de Tunis, FST (convention signée)
- Faculté des Sciences de Bizerte, FSB (convention signée).
- Faculté des Sciences Humaines et des Lettres de Sousse (Convention signée).
- INAT, Institut National Agronomique de Tunis (Convention signée)
- INERGREF, l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eau et Forêts.
- Université Cadi Ayyad, la Faculté Polydisciplinaire Safi, Maroc. Département de Géographie, Laboratoire GEGEL (convention signée).
- Synapsys (Pôle Elgazala des technologies de communication) Ariana, Tunisie.

-Noms des partenaires socio-économiques :

I. Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral

-Nature et objet du partenariat : Projet MEDSANCOAST (APAL/INSTM).

II. Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz.

III. Société de Promotion du Lac de Tunis

IV. L'équipe Cynapsys (partenaire industriel) se compose d'architectes software, d'informaticiens, de chefs de projets, de développeurs de WebGIS, de testeurs et de conseillers en TIC rodés à la conduite de projets de grande envergure.

Le projet fait-il l'objet d'un partenariat scientifique international? Si oui, préciser :

Nom du bailleur de fonds :

Noms des partenaires institutionnels étrangers :

Type de coopération :

bilatérale

multilatérale

-Consistance des résultats attendus du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- La pertinence des résultats attendus du projet de recherche

Par rapport à la problématique posée au départ et aux objectifs spécifiques visés, explicitez la plus value identifiable et évaluable du projet :

- Garantir une meilleure connaissance de l'écosystème littoral du golfe de Tunis en utilisant des outils et moyens modernes (modélisation numérique, SIG, ADCP, etc.).
- Mettre les résultats et données obtenues dans un cadre local, régional et Méditerranéen en rapport avec le changement climatique.
- Assurer la formation par et à la recherche de jeunes doctorants en leur garantissant une insertion dans la vie active.

- En quoi consisterait la pertinence scientifique ou l'originalité des résultats attendus du projet?

Intérêt scientifique

1. Mise en place d'un schéma conceptuel de la dynamique spatio-temporelle du complexe littoral à travers la caractérisation morpho-sédimentologique des corps sableux : les flèches sableuses (Kalâat Andalous), la ligne de rivage, les barres de déferlement, en intégrant toutes les composantes environnementales (sources d'apport/export en occurrence les oueds et les lagunes), et les agents de forçage (naturel et anthropique).

2. Analyse des tendances évolutives du littoral et de ses composantes vulnérables notamment les zones humides (exemple du lac nord de Tunis) à long/court terme. Déterminer les facteurs limitants de la production primaire sous l'effet du Changement Climatique.

3. Définir l'architecture du système littoral et quantifier les gîtes sédimentaires disponibles. Evaluer la réponse des milieux côtiers face aux événements exceptionnels (tempêtes) et/ou l'élévation graduelle du niveau marin.

4. Etude géochimique du sédiment qui permettra l'identification des zones d'accumulation de sédiments, de nutriments et de micropolluants.

5. Appliquer les outils de géo-information, SIG et évolution diachronique pour suivre et quantifier la dynamique sédimentaire et la dispersion des polluants au niveau de la frange littorale.

En quoi le projet peut-t-il contribuer au développement économique et/ou ou culturel du pays?

Retombées socio-économiques

Ce projet de recherche qui s'articule autour de la dynamique sédimentaire et de la bio-évaluation de l'écosystème littoral du golfe de Tunis s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale des études environnementales et de la gestion durable. Face à un programme aussi large, il est évident que seules de véritables collaborations interdisciplinaires et coordonnées permettront de faire avancer significativement les connaissances sur l'environnement littoral et d'améliorer la qualité des prévisions de son évolution. Ce projet permettra de déterminer l'influence des zones d'accumulation de sédiments sur la biodisponibilité des nutriments et leurs impacts sur l'eutrophisation de la lagune étudiée et les crises dystrophiques y afférentes.

Pour promouvoir les activités socio-économiques sans porter atteinte à l'équilibre naturel des écosystèmes littoraux, une meilleure gestion des ressources halieutiques grâce aux possibilités d'anticipation et de compréhension des différents paramètres régissant cet écosystème lagunaire, sera élaborée. Le projet MOSBIOCLIM contribuera à la mise en place d'un plan de gestion durable et de réhabilitation de ces écosystèmes selon un ensemble intégré se composant de la frange littorale et des zones humides.

- Ces résultats visent-ils à améliorer la connaissance scientifique?

i. Identification et quantification du gîte sableux disponible du littoral

- Ces travaux permettront de réelles avancées sur le thème de la mesure, la quantification et de l'analyse de la morphologie du prisme littoral : dune et barres sableuses des plages tunisiennes.
- Corrélation entre la morphodynamique sédimentaire côtière, la qualité physico-chimique et les conditions environnementales et naturelles (tempêtes, inondations fluviales, etc.).
- Etablissement d'un plan d'aménagement ciblé : les plages en souffrance répertoriées dans les côtes vulnérables seront alimentées par des secteurs en équilibre potentiel, possédant un gîte sableux similaire. L'architecture du prisme littoral sera identifiée, quantifiée et mise à disposition pour une meilleure Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) face à la pression des changements climatiques et/ou anthropiques.

ii. Système de surveillance de l'état biologique de l'écosystème

- Mise en place d'outils de suivi du statut des espèces patrimoniales (espèces indicatrices), permettant de diagnostiquer la dynamique des peuplements des zones côtières.
- L'approche adoptée dans le projet constitue un maillon de la chaîne de la GIZC avec le citoyen. En effet, l'activité de la pêche est responsable en grande partie à la perturbation des fonds côtiers et une accélération de l'érosion côtière. La sensibilisation du public et des intervenants concernés est nécessaire à la gestion rationnelle des ressources halieutiques.

Ces résultats visent-ils une innovation technologique?

- Mise en place d'un réseau ICT (Information and Communication Technologies) de suivi, de communication, de diffusion et de surveillance pluridisciplinaire.
- Une base de données pluridisciplinaire sera élaborée pour une meilleure gestion intégrée du système littoral, en impliquant toutes les composantes environnementales. La Data-base sera connectée à un réseau ICT pour une parfaite diffusion de données à la communauté socio-économique nationale. L'interface sera aussi un portail de communication à l'échelle internationale avec les partenaires du bassin méditerranéen.

- En quoi ses résultats seraient-ils socialement pertinents?

La mise en place d'un plan de surveillance et des travaux de restauration environnementale des zones marines-côtières

- Chaque partenaire (scientifique, académique, gestionnaire, industriel, décideur, Associatif ONG, etc.) sera engagé par ses activités de recherche, d'échange d'expériences et de connaissances des méthodologies (Bonnes Pratiques) disponibles pour la protection et la restauration des systèmes dunaires et leur aménagement durable avec les sables marins/côtiers.
- La diffusion de ces résultats sera par le biais de notes scientifiques, séminaires, spots télévisés et radiophoniques, journaux locaux. L'agence de vulgarisation et formation agricole constituera une assise d'information et de sensibilisation de la communauté socio-économique.

-La consistance des résultats attendus du projet de recherche en termes de production scientifique formation diplômante (habilitations, thèses, mastères) au terme du mandat de 4 ans du laboratoire :

- Nombre estimatif d'articles scientifiques dans les revues indexées, à comité de lectures.

10

- Nombre estimatif de brevets d'invention ou d'obtentions végétales du projet de recherche

1

- Nombre estimatif de communications à des manifestations scientifiques internationales et nationales avec actes.

20

- Liste nominative des enseignants-chercheurs du corps B susceptibles de soutenir leurs habilitations

4

- Liste nominative des doctorants susceptibles de soutenir leurs thèses de doctorat

6

- Nombre estimatif d'étudiants susceptibles de soutenir leurs mémoires de mastère

10

PROJET 2

- Intitulé du projet

L'ECOSYSTEME BAIE DE MONASTIR : COMPRENDRE POUR MIEUX GERER

-Responsable du projet et équipe impliqué

| | |
|--|--------------------------------|
| Nom du responsable du projet : Ali Harzallah | Grade : Pr. Professeur |
| Nom des chercheurs impliqués : | Grade : |
| 1. Ali Harzallah 60% | Professeur |
| 2. Nouredine Zaaboub 60% | Maitre Assistant |
| 3. Bechir Bejaoui 30% | Maitre Assistant |
| 4. Lassad Chouba 10% | Maitre de conférences |
| 5. Oula Amrouni 15% | Maitre Assistant |
| 6. Asma Hamza 30% | Maitre Assistant |
| 7. Amel Bellaaj Zouari 20% | Maitre Assistant |
| 8. Mouldi Brahim 30% | Maitre assistant |
| 9. Sabri Messoudi 30% | Maitre Assistant |
| 10. Nadia Mzoughi 10% | Maitre de conférences |
| 11. Fourat Akrouf 20% | Ing principal |
| 12. Zina Armi 20% | Attaché de recherche |
| 13. Houaida Bouali 50% | Ing principal |
| 14. Nouha Barraaj 10% | Ing principal |
| 15. Lamia Dammak 10% | Ing principal |
| 16. Rym Ennouri 10% | Chef de travaux de laboratoire |
| 17. Emna Sahli 20% | Ingénieur |
| 18. Mohamed Yacine Ben Kacem 20% | Technicien sup |
| 19.. Mabrouka Mahfoudhi 10% | Technicien sup |
| 20. Yosr Jassar 100% | Etudiante |
| Collaborateurs INSTM extérieurs au Laboratoire : | |
| 21. Sami Zaafrane 50% | Maitre Assistant |
| 22. Kaouther Maatoug 30% | Maitre Assistant |
| 23. Dorra Zouiten 30% | Maitre Assistant |
| 24. Mohamed Naceur Dhraief 40% | Maitre Assistant |
| 25. Lamia Trabelsi 30% | Maitre Assistant |

Collaborateurs extérieurs hors INSTM

| | | | |
|-----------------|------|-----|-----------|
| 26. Imen Ghanmi | INAT | 20% | Etudiante |
| 27. Emna Lamine | INAT | 20% | Etudiante |

Nom des doctorants à mobiliser dans le cadre du projet :

| | |
|---|------|
| 28. Mohamed Toumi | 20% |
| 29. Doctorant en modélisation numérique du Milieu Marin à définir | 100% |

- Résumé et objectifs

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Le milieu marin le long des côtes centre-est de la Tunisie est sûrement le moins bien connu comparé à d'autres régions marines tunisiennes. Pourtant ce milieu est constitué d'une multitude d'écosystèmes aussi riches les uns que les autres mais qui subissent une très forte pression due aux innombrables activités économiques et sociales qui les caractérisent. Ce projet a pour but de comprendre le fonctionnement d'un écosystème clef de ce milieu, la baie de Monastir, pour contribuer à son développement durable et assurer une pérennité des activités économiques et sociales qui s'y trouvent. La situation environnementale de la baie de Monastir a atteint ces dernières années un niveau critique avec un conflit d'intérêt entre intervenants qui nécessite une intervention urgente.

La baie de Monastir forme une aire marine presque fermée bordée au nord-ouest par la presqu'île de Monastir et au sud-est par les hauts fonds qui joignent la presqu'île de Thapsus aux îles Kuriat. La superficie de la baie est de l'ordre de 17 000 hectares. Le littoral de la baie a une longueur d'environ 35 Km allant de la pointe nord de la ville de Monastir jusqu'à la pointe de Ras Dimas. La limite de la baie vers le large correspond environ à la profondeur 20 m qui colle quasiment à la pointe nord la ville de Monastir et à celle de la grande île de Kuriat. La bathymétrie de la baie est relativement faible en particulier à l'ouest entre Khnis et Lamta, formant une zone confinée et à l'est entre T Boulba et Ras Dimas formant une lagune de très faible profondeur. Le littoral de baie connaît une érosion importante dans sa partie nord à l'endroit des anciennes salines mais avec une formation de plages dans sa partie sud au niveau de la digue. Entre Khnis et Sayada, le littoral est formé essentiellement de falaises de 1 à 2 m de hauteur et de micro falaises. A l'est de Sayda le littoral renferme des aménagements portuaires, une route côtière et différents ouvrages de protection. Deux principaux écosystèmes caractérisent la baie, un écosystème littoral avec un fond à dominance vaseuse avec une forte biomasse d'algues nitrophiles et des conditions d'eutrophisation élevées et un second au large relativement équilibré sur un fond sableux avec une flore, assez diversifiée, largement dominée par les herbiers de posidonie et une faune dont la biodiversité est relativement importante (APAL, 2010). La morphologie sous marine caractérisée par des zones très basses entre Khnis et Lamta ainsi que le cordon Ras Dimas - Iles Kuriat réduisent considérablement les effets des vagues venant du large, contribuant ainsi à la concentration des polluants dans la baie (Souissi et al., 2014).

Plusieurs constructions, villes, industries, ports de pêches et stations d'épuration des eaux usées bordent le littoral de la baie lui faisant subir une forte pression environnementale. Une densité de

population parmi les plus élevées du pays caractérise cette zone. L'aquaculture en plein développement dans la zone exerce aussi un fort impact sur la baie. Le drain construit aux débuts des années 1970 sur l'ancien lit de l'Oued Khnis pour permettre le drainage des eaux de la sebkha de Monastir vers la mer en période de crue déverse directement dans la baie. Les travaux d'aménagement ont été réalisés pour éviter l'inondation de l'aéroport de Skanès-Monastir. D'autres travaux d'aménagement ont été réalisés pour relier le drain à l'Oued El Melah qui constitue le principal cours d'eau de la région et collecte les eaux usées domestiques et industrielles des agglomérations riveraines. Ces aménagements semblent être à l'origine de la création de la zone confinée au voisinage d'El Enf- Khnis. L'ensemble des apports terrestres de différentes origines semblent être le facteur principal ayant engendré la détérioration de la qualité des eaux de la baie ces dernières années. Les études faites au sein des sédiments de la baie (Sassi et al., 1998) montrent que la zone au voisinage du déversement du drain est affectée par une pollution à la fois organique et minérale. Les métaux polluants (Cu, Pb) sont associés à la matière organique dissoute ou particulaire amenée par les eaux usées urbaines déversées sur un littoral affecté par le faible hydrodynamisme. Des bio-marqueurs ont aussi montré une altération biochimique critique au voisinage de Khnis et Ksibat à l'inverse des valeurs plus faibles dans des sites de référence au voisinage de l'île de Kuriat (Jebali et al., 2011). Des aménagements sont en cours pour remédier, au moins en partie, à la situation environnementale actuelle de la baie comme le dragage de la sortie du drain et le remblayage de zone avoisinante. Le suivi rigoureux de la situation de la baie est devenu une action urgente. Ceci a été une des recommandations des études précédentes en particulier celle de l'APAL (2010).

Références:

APAL, 2010 : Etude de la frange littorale de Monastir – Stratégie de réhabilitation. Rapport de la phase II.

Souissi R., Turki I. and Souissi F., 2014 : Effect of submarine morphology on environmental quality : Case of Monastir Bay (eastern Tunisia). Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, August 2014, Vol. 9, No. 3, p. 231 – 239.

Sassi H., Souissi F., Charef A. , S. Abdelhaoued, S., 1998 : Diagnostic environnemental du nord de la baie de Monastir (Tunisie orientale) par l'étude géochimique des sédiments superficiels. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées -218. Réf. 4215 - pp 49-58.

Objectifs :

- Etudier l'état environnemental de la Baie de Monastir ainsi que son interaction avec les exploitants et les riverains et son impact sur les ressources.
- Comprendre le fonctionnement de cette zone (hydrodynamique, biogéophysique, ressources,...).
- Reproduire le fonctionnement de cette zone dans un modèle numérique, puis le prédire.
- Etudier les impacts des changements climatiques sur la toute la zone et sur la baie en particulier.
- Fournir des orientations pour une meilleure gestion et pour le développement de ses ressources.

- Quels seraient les objectifs spécifiques et les résultats attendus du projet de recherche ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Objectif | Résultat attendu |
|---|---|
| 1. Faire une synthèse des connaissances sur la baie : | Fournir un rapport sur l'état des connaissances le plus étendu possible qui servira comme point de départ pour le projet. Le rapport fera l'objet d'un article scientifique commun. |

| | |
|--|---|
| <p>2. Comprendre le fonctionnement hydrodynamique et hydrobiologique, pollution en métaux lourds et hydrocarbures des eaux de la baie (qualité de l'eau physique et chimique).</p> | <p>Fournir des cartes saisonnières de déplacement des masses d'eau et de leurs caractéristiques: physiques (température, salinité, densité, oxygène dissous) chimiques (éléments nutritifs, métaux lourds et hydrocarbures apports terrestres) et biologique (populations phytoplanctoniques, ultraphytoplanctoniques et microbiennes,)</p> <p>Relier la distribution des populations ultraphytoplanctoniques et microbiennes d'une part avec les propriétés physico-chimiques des masses d'eau prévalant dans le système et d'autre part avec la teneur des métaux lourds et hydrocarbures afin de déterminer leur effet sur cette distribution.</p> |
| <p>3. Comprendre l'état des sédiments de la baie et de la dynamique littorale</p> | <p>Fournir des cartes moyennes de distribution de la qualité des sédiments et des apports terrestres et des cartes de modification des lignes de côtes</p> |
| <p>4. Mettre en place un modèle numérique hydrodynamique-biogéochimie</p> | <p>Le modèle est un outil d'aide à la décision qui servira à anticiper l'impact d'un aménagement dans la baie et de son évolution. Le modèle inclura certaines infrastructures et activités importantes (e.g. aquaculture, ONAS, drain,...)</p> |
| <p>5. Evaluer la qualité du milieu et tracer la contamination et la dégradation de cet écosystème</p> | <p>Sélectionner de nouveaux outils et des procédés biomarqueur de la pollution -sonde moléculaire spécifique</p> |
| <p>6. Scénarios d'aménagement</p> | <p>Proposition de scénarios d'aménagement pour la baie intégrant les infrastructures existantes et les aménagements en cours (aquaculture, pêche, déversements....)</p> |
| <p>7. Scénarios d'évolution à long terme de la baie tenant comptes des impacts des changements climatiques</p> | <p>Proposition de scénario d'évolution pour la baie en relation avec les changements climatiques.</p> |

- Méthodologie de réalisation du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Le projet a 4 composantes :

1. Dynamique et évolution à long terme (impacts des CC)

- § Eau : Ali Harzallah
- § Biogéochimie/Ecologie : Bechir Béjaoui
- § Morphodynamique sédimentaire : Oula Amrouni

2. Qualité de l'eau et du sédiment :

- § Physique : Dynamique sédimentaire et granulométrie des sédiments de surface : Mouldi Brahim
- § Géochimie des sédiments : Noureddine
- § Chimie : Lassad, Noureddine, Fourat Akrouf, Sabri Massoudi, Nadia Mzouhi, Rym Ennouri, Béchir Béjaoui
- § Biologie : Sami Zaafrane, Kaouther Maatoug, Amel Zouari, Zina Armi, Asma Hamza, Dorra Zouiten , Lamia Trabelsi, Bechir Béjaoui, Lamia Damak, Rafika Challouf.

3. Interaction aquaculture-environnement : Naceur dhraief, Imen Ghanem, Dorra Zouiten

4. Evolution, aménagement et Orientation : toute l'équipe

Equipe de soutien : Houaida Bouali, Nouha Barraï

La gestion scientifique projet sera assurée conjointement par

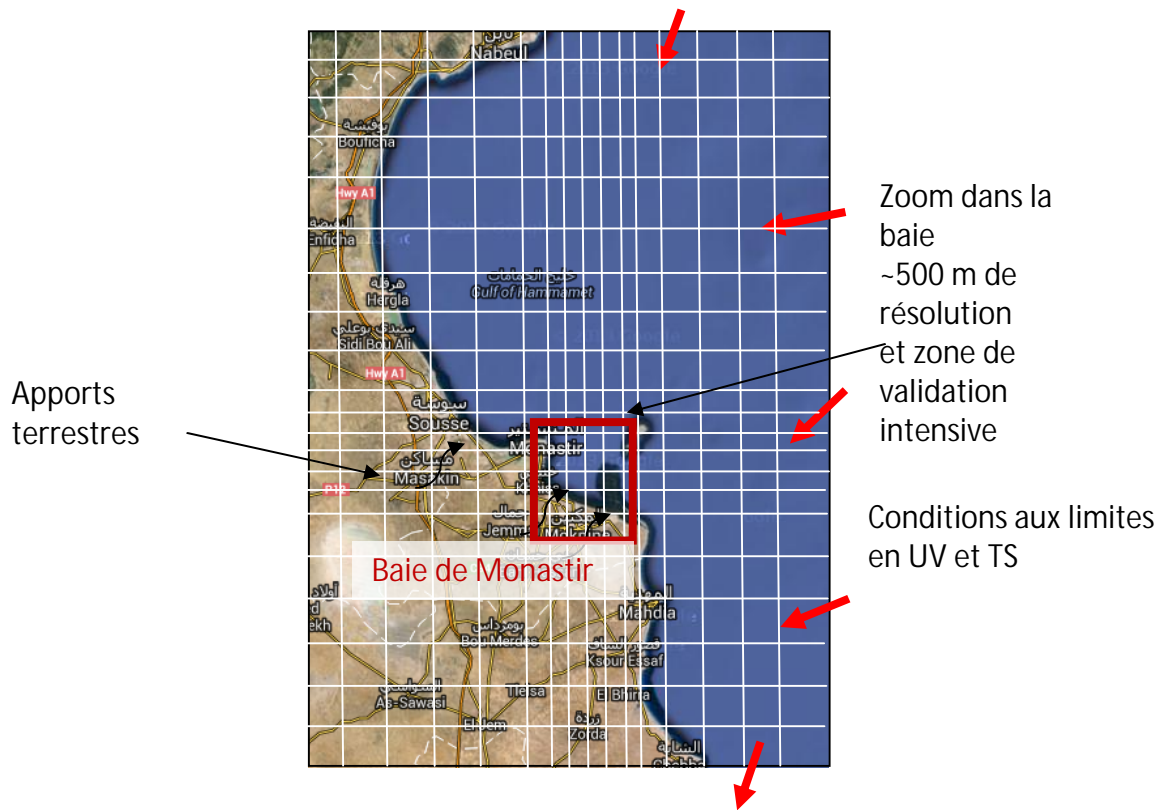
Ali Harzallah : pour tous les aspects en relation avec la modélisation numérique

Noureddine Zaaboub : pour toutes les mesures, prises d'échantillons et analyses.

La mise en place du projet se fera par taches :

| | |
|------------|---|
| Spécialité | Modélisation numérique, Ali Harzallah |
| Tache | Modélisation numérique de la dynamique marine dans la zone cotes-est, des apports terrestres et des différentes interactions. |
| Approche | <p>Le modèle utilisé est basé sur le modèle de l'INSTM (POM). Ce modèle a déjà été utilisé à l'INSTM dans plusieurs études (mer Méditerranée, ensemble des côtes tunisiennes, lagune de Bizerte). Le modèle fournira l'évolution de la température de l'eau, de sa salinité et de la vitesse de déplacement des masses d'eau. Un cycle saisonnier complet sera au préalable simulé et validé avec les observations. Des simulations pluriannuelles seront ensuite faites. Le modèle inclura l'ensemble des côtes centre-est mais un zoom sera fait dans la baie de Monastir. La résolution moyenne sera d'environ 2 à 4 km et augmentera à environ 500 m dans la baie. La baie sera ainsi simulée avec au minimum 30X30 points de grille. Ce modèle fournira la base pour les composantes (bio-géochimie, sédiments, etc.)</p> <p>Comme forçage extérieur le modèle utilisera :</p> <ul style="list-style-type: none"> - température, salinité et vitesse de déplacement des masses d'eau à partir de modèles opérationnels validés : (MyOcean). -conditions météorologiques à partir des ré-analyses ERA40-ERAinterim et les conditions météorologiques de l'INM. -Les apports d'eau terrestres de différentes natures (oueds, déversements, ONAS, ...) <p>Pour la validation :</p> |

| | |
|---------------------|---|
| | <p>- température et salinité à partir des observations déjà faites ou celles qui seront faites dans le cadre du projet.</p> <p>-Vitesse d'écoulement à partir de courantomètres ou bouées dérivantes.</p> <p>Le modèle permettra de comprendre l'évolution à long terme de toute la zone sous les effets des changements climatiques.</p> |
| Zone d'intervention | Toute la zone centre-est avec zoom sur la baie de Monastir |
| Résultats tangibles | -Mise en place d'un modèle comme outil d'aide à la décision. -Fourniture de cette aide aux intervenants. |



| | |
|------------|--|
| Spécialité | Modélisation numérique, Béchir Béjaoui |
| Tache | Couplage d'un modèle biologique au modèle hydrodynamique de la zone côtière Centre-Est. |
| Approche | <ul style="list-style-type: none"> - Intégration et couplage du modèle biogéochimique (N, P) de l'INSTM au modèle hydrodynamique de la zone côtière centre-est, - Intégration des apports externes (rivières, rejets urbains et industriels), - Intégration d'autres éléments si cela s'avère nécessaire, - Calibration et validation du modèle. |

| | |
|---------------------|---|
| Zone d'intervention | Toute la zone avec zoom sur la baie de Monastir |
| Résultats tangibles | -Outil d'aide à la décision -Orientations et scénarios |

| | |
|---------------------|---|
| Spécialité | Morphodynamique sédimentaire, Oula Amrouni |
| Tache | Morphodynamique sédimentaire du système littoral de la baie, sédimentologie et géomorphologie des composantes sédimentaires du système littoral. |
| Approche | Etude sédimentologique (granulométrique, pétrographique et minéralogique) de l'avant côte de la baie. Morphodynamique de la zone interlittorale (couplage des modèles hydro-sédimentaires) pour identifier la dynamique spatio-temporelle des cellules hydro-sédimentaires de la baie. Mettre en place une meilleure Gestion Intégrée des Zones Côtières GIZC en collaboration avec des organismes (APAL, ONAS), en proposant des scénarii de dynamique sédimentaire appropriés avec les ouvrages anthropiques (digues, émissaires, etc) à plusieurs échelles de temps (tempête, et saisonniers). Proposer des solutions réductrices des phénomènes d'eutrophisation et du transit sédimentaire (ensablement, pullulation algale, etc). Collaboration avec les acteurs socio-économiques). |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir (système littoral, dunes côtières si elles existent, haut de plage, ligne de rivage et zone sous marine côtière, 0 à 15 m). |
| Résultats tangibles | Fourniture d'un nouveau schéma géomorphologique du paysage côtier pour une meilleure GIZC. |

| | |
|---------------------|--|
| Spécialité | Sédimentologie, Mouldi Brahim |
| Tache | Dynamique sédimentaire |
| Approche | Etude granulométrique et facteurs intervenant dans la dynamique sédimentaire |
| Zone d'intervention | Entre 0 et 20 m dans la Baie de Monastir |
| Résultats tangibles | Erosion / Sédimentation et déplacement des sédiments dans la zone |

| | |
|------------|---|
| Spécialité | Abondance des populations phytoplanctoniques, Asma Hamza, Amel Bellaaj Zouari, Lamia trabelsi, Zina Armi, Lamia Dammak, Emna Sehli, Mohamed Yacine Ben kacem, Mahfoudhi Mabrouka |
| Tache | Distribution saisonnière des populations phytoplanctoniques ultraphytoplanctoniques dans la baie de Monastir et essentiellement au niveau de points ou de zones à intérêt écologique particulier (zone de rejets, ferme aquacole, frontière hydrodynamique....) |
| Approche | La connaissance des populations planctoniques (diversité, abondance, distribution, espèces toxiques, espèces introduites...) est sans doute une étape élémentaire dans cette composante car elle nous permettra de définir le statut trophique de la région mais c'est aussi une diagnose cruciale pour comprendre le fonctionnement de cet écosystème. Une étude établie dans les campagnes ESPOIR (PNM de l'INSTM 2006) pour la |

| | |
|---------------------|--|
| | <p>composante planctonique a mis en évidence d'innombrables particularités pour cette région. Les espèces phytoplanctoniques déterminés dans la zone sont pour la plupart des espèces océaniques et d'origines atlantiques.</p> <p>L'ultraphytoplancton représente les organismes autotrophes ayant une taille inférieure à 10 µm constituant le picophytoplancton (< 2 µm) et le nanophytoplancton (2-10 µm). De nombreuses études ont montré que dans les eaux oligotrophes l'ultraphytoplancton représente la fraction la plus importante du phytoplancton et joue un rôle majeur dans la production primaire (Denis et al., 2010). Les populations bactériennes hétérotrophes sont aussi d'une grande importance ; elles dominent les océans en terme d'abondance, de diversité et d'activité métabolique (Azam & Malfatti 2007) et elles représentent un maillon essentiel des transferts de carbone dans la boucle microbienne (Sherr & Sherr 1994),</p> <p>L'échantillonnage sera réalisé à 3 niveaux de profondeurs de la colonne d'eau (surface, mi-colonne et fond) et à une cadence saisonnière (une fois/saison). Grâce à leur auto fluorescence liée à la présence de pigments photosynthétiques à savoir la phycoérythrine et la chlorophylle qui fluorescent respectivement dans l'orange (FL2/590 ±50 nm) et dans le rouge (FL3/675 ± 20nm), les organismes phytoplanctoniques sont directement analysés en cytométrie alors que les bactéries hétérotrophes sont préalablement marquées au Syber Green.</p> <p>L'application de nouvelles technologies (Chimootaxonomie moyennant le HPLC, sondes moléculaire, microarray , FISH...) sont aussi des approches qui peuvent être testées pour appréhender la qualité de ce milieu et doser sont état de perturbation</p> <p><u>Références</u> : Azam F, Malfatti F (2007) Microbial structuring of marine ecosystems. Nature Reviews Microbiology 5:782-791 Sherr EB, Sherr BF (1994) Bacterivory and herbivory: key roles of phagotrophic protists in pelagic food webs. FEMS Microb. Ecol. 28:233-235. Denis,M.,Thyssen,M.,Martin,V.,Manca,B.,Vidussi,F.,2010.Ultraphytoplankton basin-scale distribution in the eastern Mediterranean Sea in winter: link to hydrodynamism and nutrients.Biogeosciences7,2227–2244.</p> |
| Zone d'intervention | La Baie de Monastir : Stations d'échantillonnage marines et apports terrestres |
| Résultats tangibles | <p>-Détermination de la composition, de l'abondance et de la biomasse carbonée des populations phytoplanctoniques et ultraphytoplanctoniques dans la baie de Monastir. Comparaison avec le Golfe de Gabès.</p> <p>-Etude de l'impact des facteurs environnementaux et anthropiques sur ces populations.</p> <p>-Identification de population phytoplanctonique type qui peut être sélectionnée comme traceur de la perturbation du milieu et moyennant plusieurs méthodes de diagnostic depuis la morphologie jusqu'à l'identité moléculaire ou encore le comportement biologique et physiologique</p> |
| Spécialité | Biogéochimie, Nouredine Zaaboub, Sabri Massoudi, Fourat Akrouf |

| | |
|---------------------|--|
| Tache | -Biogéochimie et qualité de l'eau et du sédiment au niveau des principaux plans d'eau en communication avec la baie de Monastir. -Influence des apports externes sur les différents compartiments de la colonne d'eau: pollution, toxicité et santé |
| Approche | -Flux des nutriments dans les zones les plus touchées par la pollution- Fractionnement chimique des métaux ; détermination des SEM et AVS dans les zones les plus confinées |
| Zone d'intervention | Toute la baie |
| Résultats tangibles | -Détermination des flux des nutriments dans les zones sous forte anthropisation. -Biodisponibilité des métaux dans la zone d'accumulation et toxicité (SEM, AVS) |

| | |
|---------------------|---|
| Spécialité | Pollution Marine, Rym Ennouri |
| Tache | Etude de la composition en Carbone et en Azote des sédiments de la Baie de Monastir. |
| Approche | Réalisation d'un suivi des taux du Carbone et de l'Azote dans les sédiments de la Baie de Monastir et leurs effets sur l'accumulation des contaminants et la qualité des sédiments. |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir |
| Résultats tangibles | -Etablir une répartition spatiale du Carbone et de l'Azote dans les sédiments de la zone d'étude - Identifier l'influence de ces deux composés sur l'accumulation des contaminants organiques et minéraux. |

| | |
|----------------------------------|--|
| Spécialité | Bioremédiation, Trabelsi Lamia |
| Tache | Bioremédier les eaux de rejets de l'ONAS dans la zone marine côtière. |
| Approche | -Sélectionner les microalgues aptes à survivre dans les eaux de rejets.- Optimiser la culture des microalgues sélectionnées. -Etudier la capacité épuratoire des microalgues vis à vis de certains polluants. -Tester le pouvoir épuratoire à une échelle semi pilote. |
| Zone d'intervention | La sortie des eaux de rejets. |
| Moyens financiers pour les 4 ans | Moyens de cultures de microalgues, moyens d'évaluation du pouvoir épuratoire des microalgues, moyens pour conception d'un bassin semi pilote test, workshop. |
| Résultats tangibles | -Sélectionner des microalgues à pouvoir épuratoire. -Tester ce pouvoir à une échelle semi pilote. |

| | |
|---------------------|--|
| Spécialité | Pollution Marine inorganique, Lassâad Chouba |
| Tache | Etude de la contamination inorganique et éco-toxicologique dans les différentes matrices (sédiments, faune et flore) de la Baie de Monastir. |
| Approche | Evaluation de la qualité chimique et éco-toxicologique des polluants inorganiques et leurs effets sur l'équilibre de l'écosystème. Proposer un système de suivi des phénomènes de contamination par les polluants. |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir |

| | |
|---------------------|--|
| Résultats tangibles | -Sources de pollution et impacts -Proposition des solutions pour les zones à forte contamination. |
|---------------------|--|

| | |
|---------------------|--|
| Spécialité | Microbiologie environnementale, Sami, Zaafrane Sami, Kaouther Maatoug |
| Tache | Etudier l'évolution de la population bactérienne autochtone et allochtone au niveau de la colonne d'eau et du sédiment |
| Approche | Etablir un schéma de succession des populations bactériennes autochtones (Vibrions) et allochtones (SF, CT) dans la zone d'étude, en fonction des paramètres endogènes (la température, charge en MES, etc) et exogènes (la force et la direction des vents, précipitations, radiation solaire etc...) du milieu marin. Possibilité d'évaluer ou de coupler les résultats dans la colonne d'eau à des indicateurs de contaminations telles que la charge bactérienne. |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir, émissaires et hots spots de la baie |
| Résultats tangibles | Aperçu détaillé : Couplage dynamisme bactérien - dynamismes biologiques et géo-biochimique de la colonne d'eau et de la dynamique et composition sédimentaire. |

| | |
|---------------------|---|
| Spécialité | Pollution Marine organique, Nadia Mzoughi |
| Tache | Etude des hydrocarbures et des pesticides dans les différentes matrices (sédiments, faune et flore). |
| Approche | Etude des zones vulnérables par cette contamination et détecter les conséquences engendrées par cette pollution. Proposer un système de suivi de la contamination par les hydrocarbures |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir |
| Résultats tangibles | -Sources de pollution et impacts -Proposition des solutions pour les zones à forte contamination. |

| | |
|---------------------|--|
| Spécialité | Gestion aquacole, Mohamed Naceur Dhraief, Dora Zouiten, Imen Ghanem |
| Tache | Caractériser l'activité aquacole dans la zone d'étude. |
| Approche | -Faire un diagnostic sur la situation actuelle de l'activité aquacole dans la zone d'étude.-Évaluer la taille réelle de l'activité aquacole surtout dans les cages off-shore. -Analyse des données zootechnique (quantité des alevins, des aliments distribués....) -Suivi des indicateurs de croissances en cages flottantes. -Établir un schéma de progression en fonction de la production et de la capacité de production alloué. |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir |
| Résultats tangibles | Caractérisation réelle de l'activité aquacole dans la zone d'étude ; cartes de distribution, analyse spatiale des données recueillies. |

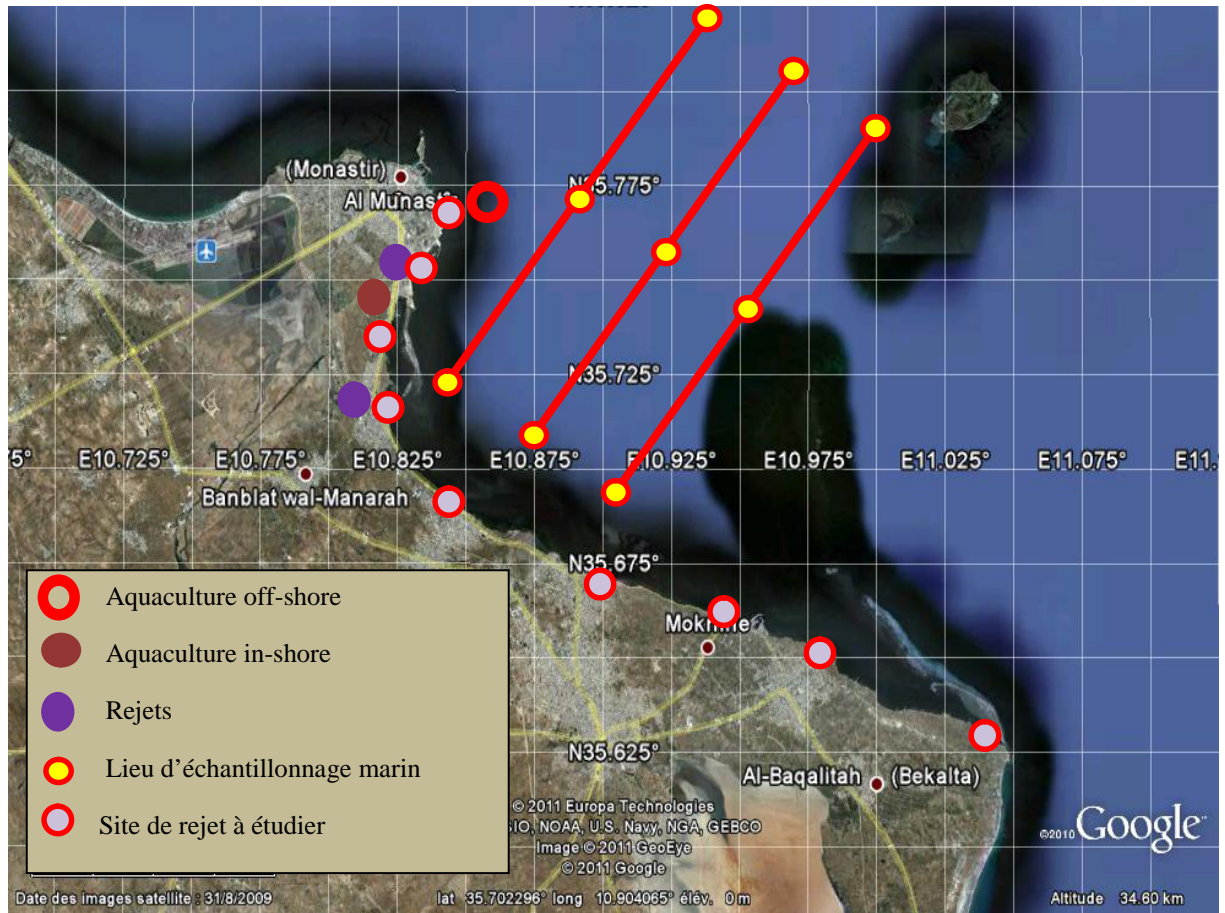
| | |
|---------------------|--|
| Spécialité | Alimentation larvaire, Dora Zuiten |
| Tache | Etudier l'évolution du plancton marin |
| Approche | <p>Le plancton est le premier maillon des chaînes alimentaires marines. Le phytoplancton est mangé par le zooplancton et par une multitude d'organismes marins. Dans certaines conditions (apports élevés de nutriments, généralement des matières organiques, nitrates ou phosphates), un "excès" de plancton conduit à une situation d'eutrophisation, voire de dystrophisation, c'est-à-dire de mort ponctuelle ou durable de la plupart des organismes aquatiques.</p> <p>Pour cette action, il serait utile d'établir un schéma de succession des populations planctoniques au niveau des zones d'étude, spécialement au point de rejet des émissaires et au niveau de la colonne d'eau, en fonction des paramètres endogènes (température, courant d'eau, teneur en oxygène, pH, etc.) et exogènes (saisons, ensoleillement...) du milieu marin.</p> |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir, émissaires et des cages d'aquaculture |
| Résultats tangibles | Evaluer la biodisponibilité des aliments pour les espèces marine et par conséquent évaluer l'impact de l'urbanisation et de la pollution sur la baie de Monastir |

| | |
|---------------------|---|
| Spécialité | SIG, Nouha Barraï |
| Tache | Mise en place d'un SIG pour la baie de Monastir |
| Approche | Les Systèmes d'information géographique sont des systèmes d'information conçus pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques. Donc une fois les données sont prélevées et traitées nous aurons besoin d'un système pour le stockage ainsi que la mise en valeur de ces derniers. Ces systèmes sont aussi le moyen pour publier et rendre accessible tout type de donnée. |
| Zone d'intervention | Toute la zone |
| Résultats tangibles | Donnée sous format cartographiques, graphes, image géo-référencée, des distributions spatiales des données |

| | |
|---------------------|---|
| Spécialité | Développement informatique, traitement de données, Houaida Bou Ali |
| Tache | Traitement des données |
| Approche | <p>Traitement des données et des sorties de modèles</p> <p>Harmonisation des données dans un seul format facilement accessible</p> <p>Intégration des différents résultats dans une même base de données.</p> |
| Zone d'intervention | Baie de Monastir |
| Résultats tangibles | <p>CDROM avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Séries numériques des évolutions de paramètres clefs et des indices. -Distributions spatiales des variables et des indices. |

Compagnes de mesures :

Quatre sorties multidisciplinaires en mer et le long du littoral seront effectuées, une par saison. Au cours de chaque sortie en mer les mesures et les prises d'échantillons seront faites dans au moins 9 stations d'échantillonnages. Les niveaux considérés sont la surface de l'eau, la mi-profondeur, et le fond. Le long du littoral, les débits et les concentrations des différentes sources seront identifiées. Les mesures et les prises d'échantillons seront faites dans les lieux sources significatifs.



Baie de Monastir et localisation des sites d'échantillonnage.

- Echancier de mise en œuvre du projet

- 1^{ère} année :

- Réalisation d'une étude de synthèse globale sur la baie et rédaction d'un article scientifique.
- programmation des quatre sorties
- première sortie de diagnostic le long du littoral et identification des points de rejets.
- Mise en place du modèle hydrodynamique
- Première sortie multidisciplinaire (saison été ou hiver)
- Analyse et traitement des données de la sortie.
- Premières validations du modèle hydrodynamique

- 2^{ème} année :

- Réalisation de la deuxième sortie en mer (saison opposée à la première)
- Analyse et traitement des données de la sortie et des différents diagnostics.
- Mise en place du modèle bio-géochimique
- Premier couplage hydrodynamique-bio-géochimique
- Rédaction d'articles scientifiques
- Rédaction de rapport mi-parcours
- Séminaire régional sur les résultats préliminaires.

- 3^{ème} année :

- Réalisation de la troisième et quatrième sortie en mer (saisons intermédiaires)
- Diagnostic approfondi des différentes composantes
- Analyse et traitement des données de la sortie.
- Réalisation des premières simulations couplées hydrodynamique-bio-géochimique
- Calibration et validation
- Présentation des premières cartes de distributions complètes

- 4^{ème} année :

- Réalisation des cartes finales selon un SIG.
- Mise en forme des résultats sous forme finale exploitable
- Scénarios d'aménagement et d'évolution de la baie selon le modèle.
- Orientations basées sur l'ensemble des résultats du projet.
- Rapport final
- Articles scientifiques
- Second séminaire régional sur les résultats du projet.

- Partenariat dans le cadre du projet

| |
|--|
| <p>Le projet fait-il l'objet d'un contrat avec une entreprise ou organisme concerné dans le cadre de l'ouverture sur l'environnement socio-économique? Si oui, préciser :</p> <p>-Noms des partenaires socio-économiques :</p> <ul style="list-style-type: none">- Le projet établira le lien avec les exploitants de la baie (e.g. Aquaculture, pêche) et les intervenants (e.g. ONAS).- Le projet se concertera aussi avec le CTA (un stage est en cours au la CTA Monastir pour une tentative de modélisation de poissons dans les cages flottantes).- Etablissement de contact avec les ONG qui sont actives dans la baie, en particulier dans le cadre da le du projet CEPF de conservation des îles Kuriat et de la baie de Monastir. Ce projet a démarrée le 8 mars 2015. <p>-Nature et objet du partenariat :</p> <p>Le partenariat est à présent informel. Des personnes de l'équipe suivent de près les différentes manifestations et projets en cours. Le partenariat sera renforcé par l'établissement de conventions.</p> |
| <p>Le projet fait-il l'objet d'un partenariat scientifique international? Si oui, préciser :</p> <p>Nom du bailleur de fonds :</p> <p>Noms des partenaires institutionnels étrangers :</p> <p>Type de coopération : bilatérale <input type="checkbox"/> multilatérale <input type="checkbox"/></p> |

- Consistance des résultats attendus du projet

Les orientations et les scénarios d'aménagement et d'évolution, résultats de ce projet, s'insèrent complètement dans l'attente des différents intervenants de la baie de Monastir. En effet les intervenants d'une façon directe ou indirecte dans la baie de Monastir sont nombreux et les intérêts son parfois contradictoires. L'approche multidisciplinaire basée sur la connaissance approfondie de l'écosystème et des différentes pressions qui s'y exercent est nécessaire. Les résultats fourniront une vue d'ensemble globale, anticipative qui permettra de prouver la pérennité, la durabilité et l'intérêt partagé à accepter les solutions proposées.

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- La pertinence des résultats attendus du projet de recherche

Par rapport à la problématique posée au départ et aux objectifs spécifiques visés, explicitez la plus value identifiable et évaluable du projet :

Ce projet apportera une vision complète et objective de la situation globale de la baie de Monastir. Il apportera aussi un diagnostic des sources de nuisance environnementale, des ressources de la baie et des différentes interactions. Cette connaissance de la baie permettra de proposer des solutions d'aménagement et de développement de la baie, en particulier une meilleure gestion de ses ressources.

- En quoi consisterait la pertinence scientifique ou l'originalité des résultats attendus du projet?

Il s'agit d'un projet multidisciplinaire où une synergie sera créée au sein de l'équipe et permettra d'apporter une vision globale et donc une vision plus facile à interpréter permettant d'apporter des solutions de développement cohérentes.

- Ces résultats visent-ils à améliorer la connaissance scientifique?

La baie de Monastir est une région très peu étudiée par rapports à d'autres milieux marins tunisiens. Ce projet permettra d'améliorer notre connaissance scientifique de cette zone.

- Ces résultats visent-ils une innovation technologique?

Le projet est orienté vers le développement durable, pour une meilleure gestion des ressources de la baie.

- En quoi le projet peut-t-il contribuer au développement économique et/ou ou culturel du pays?

Le projet peut contribuer au développement économique en apportant une orientation vers une gestion partagée des ressources de la baie et pour un meilleur cadre de vie pour les riverains de la baie et des intervenants.

- En quoi ses résultats seraient-ils socialement pertinents?

Les orientations qui seront apportées permettront des fournir des informations précises et objectives des interactions qui existent entre les différents intervenants : pêche, aquaculture, industrie, tourisme, service d'assainissement.

L'évolution à long terme de l'état de la baie constitue aussi une information importante pour tous les intervenants dans la baie.

- La consistance des résultats attendus du projet de recherche en termes de production scientifique formation diplômante (habilitations, thèses, mastères) :

- Nombre estimatif d'articles scientifiques dans les revues indexées, à comité de lectures.

Le projet fera l'objet d'un article de synthèse des connaissances au démarrage. Il est projeté qu'au moins 6 articles à comité de lecture soient publiés dans des revues indexées dans le cadre de ce projet.

- Nombre estimatif de brevets d'invention ou d'obtentions végétales (sur les 4 ans)

1

- Nombre estimatif de communications à des manifestations scientifiques internationales et nationales avec actes.

Au moins 10

- Liste nominative des enseignants-chercheurs du corps B susceptibles de soutenir leurs habilitations au terme du mandat de 4 ans du laboratoire.

Bécher Bejaoui
Amel Bellaaj Zouari
Mouldi Brahim
Oula Amrouni
Asma Hamza
Noureddine Zaaboub

- Liste nominative des doctorants susceptibles de soutenir leurs thèses de doctorat au terme du mandat de 4 ans du laboratoire.

Au moins deux thèses

- Nombre estimatif d'étudiants susceptibles de soutenir leurs mémoires de mastère au terme du mandat de 4 ans du laboratoire.

4

-Intitulé du projet

GAMA

Gabes Assessment, Modeling & Adaptation

-Responsable du projet et équipe impliqué

| | |
|---|------------------------|
| Nom du responsable du projet : | Grade : |
| Malika Bel Hassen | Maître de conférences |
| Nom des chercheurs impliqués : | Grade : |
| Malika Bel Hassen 70% | MC INSTM |
| Asma Hamza 70% | MA INSTM |
| Amel Zouari 60% | MA INSTM |
| Sana Ben Ismail 20% | AR INSTM |
| Cherif Sammari 15% | Pr INSTM |
| Sabri Messaoudi 10% | MA INSTM |
| Fourat Akrouf 20% | Ingenieur INSTM |
| Walid Medhioub 70% | CR INSTM |
| Amel Medhioub 20% | MR INSTM |
| Rym Ennouri 10% | CTL INSTM |
| Asma Sakka 20% | Pr FSB |
| Habib Aydi 15% | Pr FSS |
| Rabeh Attia 20% | Pr EPT |
| Adel Ben Zina 20% | MA EPT |
| Issam MABROUKI 20% | MA EPT |
| Mohamed Tlich 20% | Dr /ingenieur codentek |
| Nouha Barraïj 70% | Ingénieur INSTM |
| Emna Essahli 60% | Ingenieur INSTM |
| Bécher Béjaoui 60% | MA INSTM |
| Ali Harzallah 20% | Pr INSTM |
| Noureddine Zaaboub 20% | MA INSTM |
| Mahmoud Moussa 10% | Pr ENIT |
| Emna Gargouri 10% | MA ENIT |
| Rim Chérif 10% | MA ENIT |
| Ahmed Hannefi 10% | Pr ENIG |
| Khouthir Tounsi 10% | Ingénieur INM |
| Lamia Dammak 70% | Ingénieur INSTM |
| Mahfoudhi Mabrouka 70% | TP INSTM |
| Nom des doctorants à mobiliser dans le cadre du projet : | |
| Yosra Khammari, Ismail Hamza, Malika Moncer, Fatma Abdelmouleh, Sirin Ouni, Achref Othmani, Fatma Ben Rajeb+ lamia dammak | |

-Résumé et objectifs

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Le Golfe de Gabès est un des plus grands plateaux continentaux du bassin oriental de la Méditerranée. En contraste avec le caractère ultra-oligotrophe de la Méditerranée orientale, le golfe du Gabès a la particularité d'être très productif, contribuant à environ 65% à la production halieutique nationale. Cette région est une pépinière pour plusieurs espèces de poissons. Un grand nombre d'espèces à fort intérêt commercial y sont exploités a savoir les éponges, mollusques, coquillages (palourdes), et les crustacés.

Les études antérieures ont montré un comportement saisonnier de l'advection de l'eau atlantique dans le golfe de Gabès et ont contribué à la mettre en relation avec les variations de la composition phytoplanctonique. Durant la période de stratification estivale la biomasse autotrophe n'a pas montré de variation en fonction des propriétés physiques des masses d'eau. En conditions hivernales, caractérisées par un mélange vertical de la colonne d'eau, la distribution du phytoplancton a montré une accumulation « modérée » de la biomasse autotrophe dans la masse d'eau atlantique. Toutefois, le cadre physique qui prévaut ne semble pas fortement affecter la composition de la communauté phytoplanctonique en termes de contribution à la biomasse autotrophe. D'autres investigations, à très haute fréquence d'observation, sont donc nécessaires afin de déterminer la particularité de chaque masse d'eau identifiée en termes d'apport chimique, de stock de carbone et de composition du plancton, en particulier du phytoplancton.

Basé sur 10 années d'observation par satellite, D'Ortenzio et Ribera d'Alcalà (2009) ont démontré la forte productivité du golfe de Gabès, en renforçant le contraste avec le bassin de la Méditerranée orientale. Cette productivité élevée semble être liée à la disponibilité des nutriments. La limitation des nutriments potentiels sur la biomasse de phytoplancton a montré des tendances saisonnières et spatiales. Toutefois, les nutriments ne présentent pas un épuisement complet (Belhassen et al., 2010). L'apport de nutriments par la poussière saharienne (Barkan et al., 2005), non encore quantifié, pourrait également être une source potentielle d'enrichissement (Bonnet et al., 2005).

Une prévalence des classes nano et picophytoplanctoniques a été signalée dans le Golfe (Belhassen et al, 2008;. 2009b) qui est en accord avec les études précédentes en Méditerranée. Le réseau trophique microbien est susceptible d'être la voie trophique répandue dans le golfe de Gabès. Toutefois, la nature de cette voie pourrait changer étant donné que des variations saisonnières et spatiales importantes ont été observées dans les communautés des producteurs et des consommateurs (Drira et al., 2009). Ceci a des implications majeurs sur le transfert de carbone jusqu'aux niveaux trophiques supérieurs et par conséquent sur la capacité productive de l'écosystème. De plus, le contrôle top-down de la biomasse des producteurs primaires est fortement suggéré dans cet écosystème (Hamdi et al., 2015). Elucider les principaux transferts trophiques et les mécanismes afférents restent à déterminer.

Par ailleurs, une diversité surprenante des organismes picoplanctoniques eucaryotes a été observée (Bellaej-Zouari et al, sous presse), elle est plus importante que celle décrite dans le sud-ouest

de la Méditerranée (Diez et al., 2001), la mer de Ross (Gast et al., 2004), la mer du Nord (Hamilton et al., 2008) et les lacs tibétains (Qinglong et al., 2009). Les séquences déterminées sont très similaires à celles d'organismes picoeucaryotiques qui ont été isolés des Océans Pacifique, Atlantique, Indien et Austral ; et des mers Méditerranée, Rouge, de Ross, du sud et du nord. Ce résultat expliquerait la grande diversité recensée au niveau du golfe de Gabès. Une variabilité spatio-temporelle a été aussi enregistrée, elle est plus prononcée à l'échelle horizontale entre la côte et le large. La diversité spécifique des assemblages picoeucaryotiques est plus importante en printemps qu'en été et en automne. Identifier les principaux organismes picoplantoniques qui contribuent à la biomasse autotrophe et à la production de carbone biogène reste à approfondir et surtout à élucider les mécanismes qui régissent leurs variabilités temporelles.

Le Golfe de Gabès est aussi le siège de prolifération d'espèces phytoplanctoniques toxiques. Leur composition et plus particulièrement leurs modèles de distribution spatio-temporelle a été étudié (Feki et al., 2014). La modélisation statistique de l'initiation de certains blooms toxiques demeure à étudier.

Par ailleurs, la problématique des microalgues toxiques est complexe et vaste. Outre les risques sanitaires, les efflorescences d'algues toxiques induisent des pertes économiques pour la pêche et l'industrie, le tourisme, la santé. Les coûts se chiffrent en millions de dollars (Hoagland et al., 2002 ; Tango et al., 2005). En effet, ces efflorescences de phytoplancton toxique peuvent avoir des effets sur les organismes sessiles (Medhioub et al., 2012; 2013 ; Bricelj et al., 2005 ; Hégaret et al., 2005 ; 2007a ; 2007b ; 2007c ; 2009a ; Rolland et al., 2014) pouvant provoquer un impact potentiel sur les stocks de pêches.

Etudier l'impact des phytoplanctons toxiques sur les ressources vivantes et notamment sur les organismes filtreurs dans le Golfe de Gabès reste aussi à appréhender. L'acquisition des connaissances et des données biologiques et physiologiques impliquées dans ces processus de contamination peuvent être intégrées en couplage avec les modèles du fonctionnement trophique de l'écosystème.

- Quels seraient les objectifs spécifiques et les résultats attendus du projet de recherche ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

L'objectif global du projet GAMA c'est de déterminer la capacité trophique du système Golfe de Gabès et examiner l'impact de l'anthropisation essentiellement le forçage physique et les apports des nutriments sur les premiers maillons des réseaux trophiques pélagiques. Ceci peut être scindé en objectifs spécifiques à savoir:

- ü Appréhender la circulation côtière dans le Golfe de Gabès afin de déterminer les principaux éléments de forçage physique dans le système et les mélanges qui régissent les masses d'eau et ce par le biais de système d'observation continue et distribué des paramètres physiques.
- ü Déterminer les sources d'enrichissement du Golfe par les apports externes en nutriments notamment par le biais des poussières sahariennes, la fixation d'azote par les organismes diazotrophes et des processus de relargage par le sédiment par la détermination du cycle de nutriment (surtout le phosphore) à l'interface eau-sédiment.

- ü Déterminer et modéliser les flux trophiques entre les principales composantes du système. Un intérêt particulier sera accordé aux principaux contributeurs à la biomasse autotrophes à savoir le pico et le nanoplancton.
- ü Modéliser les blooms des principales espèces toxiques (telle que *Karenia selliformis*) dans le Golfe de Gabes et étudier leurs impacts sur les producteurs secondaires
- ü Définir et sélectionner des indicateurs pouvant évaluer la perturbation et le stress que subit cet écosystème et ceci via le premier maillon réseau trophique pélagique à savoir le phytoplancton (enkystement, diversité, déformation structurale ,empreinte génétique).

Etant donné le caractère pluridisciplinaire du projet, les attendus seront très diversifiés:

- ü Un Schéma de la variabilité saisonnière ou à moyenne échelle des principaux masses d'eau qui régissent la circulation côtière dans le golfe, avec une caractérisation biologique de leur signature.
- ü Un modèle de la circulation des masses d'eau dans le golfe de Gabès à 3dimensions. Le modèle devra prendre en compte, à la fois, la marée qui représente une des composantes principales du déplacement et du mélange des masses d'eau.
- ü Des bilans des nutriments, essentiellement l'azote et le phosphore dans le golfe et identifier les principales sources d'enrichissement dans le système ainsi que les flux des nutriments (surtout le phosphore).
- ü Des schémas des relations trophiques qui règnent entre les principaux producteurs de C biogène (bactérioplancton et pico-, nano- et microphytoplancton) et les différents types de boteurs (bacterivores, microbivores, herbivores et mixovores) dans le but de caractériser les voies trophiques dominantes .
- ü Des modèles de flux de carbone qui vont expliquer le fonctionnement du réseau trophique planctonique et par suite évaluer son efficacité de transfert de carbone en vue de la mise en place d'un modèle biogéochimique.
- ü Une base de données sur la communauté picoeucaryotique dans le golfe de Gabès, afin d'identifier les taxons picoeucaryotiques présents, détecter la présence d'espèces dominantes et d'espèces rares. Ceci constituera un pré-requis indispensable pour comprendre le lien entre diversité et fonctionnement.
- ü Des modèles statistiques des paramètres qui régissent les blooms du phytoplancton toxique afin d'identifier les facteurs hydrométéorologiques qui agissent sur l'initiation de ces blooms.
- ü Des impacts des efflorescences des microalgues toxiques et/ou de leurs toxines sur la biologie et la physiologie des organismes filtreurs
- ü Des procédés de surveillance de la perturbation de l'écosystème via de nouvelles applications

-Méthodologie de réalisation du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

La méthodologie proposée dépendra de chaque composante du projet:

- ü La mise en place d'un système d'observation en continue des paramètres physicochimiques et biologiques à haute fréquence d'observation (moyennant des bouées d'observation multi paramètres couplées à un cytosence)
- ü La mise en place d'un protocole de transmission adapté aux données mesurées, à l'environnement et aux distances mises en jeu
- ü La mise en place d'une base de données satellitaires et déploiement de bouées dérivantes (base de données lagrangiennes) et détermination des structures à moyennes échelles.
- ü Compilation et analyse des mesures courantométriques et marégraphiques,
- ü Implantation de la configuration du modèle hydrodynamique du golfe de Gabès,
- ü Simulation de la marée à l'intérieur du golfe en l'imposant aux frontières ouvertes du modèle EST et NORD : Comparaison de la marée simulée avec les mesures disponibles,
- ü Validation du modèle hydrodynamique par de nouvelles mesures (courant & niveau d'eau),
- ü Comparaisons avec des sorties de modèles numériques à très hautes résolution MED16 et MED12 pour étudier le processus d'advection et de mélange des différentes masses d'eau présente dans le golfe.
- ü Compilation et analyses des paramètres hydrobiologiques disponibles et réalisation d'autres mesures si nécessaires,
- ü Mise en place d'un dispositif pour la mesure de dépôts de poussière afin de quantifier les apports atmosphériques en termes de nutriments
- ü Mesures in situ des flux des nutriments afin d'évaluer l'accumulation des nutriments et des éléments associés (Métaux) dans les sédiments afin de comprendre la biodisponibilité de ces nutriments (Cycle du phosphore).
- ü Expérimentations in situ, des mesures par cytométrie en flux pour l'estimation des organismes hétérotrophes et autotrophes et des outils de modélisation seront utilisés pour l'étude des flux trophiques en se basant sur le bilan du carbone entre les différents compartiments planctoniques.
- ü Mise en place de l'approche moléculaire récente à savoir le pyroséquençage ou Next Generation DNA Sequencing (NGS) pour décrire la diversité des taxons picoeucaryotiques.
- ü Mise en place des modèles de statistiques bayésiennes pour l'étude des blooms de *Karenia selliformis* dans le Golfe de Gabes
- ü Identification et quantification des principales toxines phytoplanctoniques via des mesures analytiques et étudier leurs risques potentiels sur la biologie et la physiologie des mollusques bivalves
- ü Utilisation d'outils moléculaires afin de déterminer les perturbations au niveau génomique
- ü Evaluation et dosage de la contamination et le stress du milieu via le phytoplancton

-Echéancier de mise en œuvre du projet

- 1^{ère} année :

- La mise en place des mesures de terrain pour les paramètres physico chimiques et biologiques. Une station d'observation côtière sera sélectionnée pour faire l'objet de mesure à haute fréquence. Un réseau de capteurs des paramètres physiques essentiellement TS sera déployé dans le Golfe pour caractériser les principales masses d'eaux
- Identification des capteurs à utiliser, réalisation d'un prototype unitaire, essais en mer
- Analyses de données courantométriques et marégraphiques disponibles et réaliser d'autres mesures si nécessaires
- Mesure des flux de nutriment à l'interface eau-sédiment
- L'analyse des données de routine pour le phytoplancton toxiques élaboré dans le cadre des réseau de surveillance pour la conceptualisation du modèle bayésien
- Essais expérimentaux relatifs à i) la culture des microalgues toxiques et ii) l'exposition des microalgues toxiques sur les bivalves filtreurs
- Sélection d'outils de diagnose les plus indicatifs au niveau du phytoplancton permettant de suivre les facteurs stress pour le phytoplancton

-2^{ème} année

- Généralisation à un réseau de capteurs, choix de la topologie, des protocoles en fonction des distances, étude de l'alimentation en énergie nécessaire
- Acquisition des bouées dérivantes pour un déploiement saisonnier dans le Golfe
- Validation du dispositif de mesure distribué des paramètres physiques: évaluation terrain et études des contraintes de mesure et de transmission de données
- Mise en place d'un modèle hydrodynamique du golfe de Gabès
- Préparer le forçage atmosphérique du modèle hydrodynamique
- Détermination du cycle des nutriments (phosphore) à l'interface eau sédiment.
- Analyses des données in situ et mettre l'esquisse du modèle trophique
- Quantifier les apports en éléments nutritifs et extrapolation des données sur l'ensemble du Golfe
- La mise en place du modèle bayésien et la publication des données
- Contribuer à la validation de l'approche méthodologique pour la mesure des toxines phytoplanctoniques

- 3^{ème} année :

- Mise en place du système global avec transmission, essais et validation
- Analyses des données des systèmes d'observation
- Valider le modèle hydrodynamique du golfe de Gabès. Le modèle hydrodynamique devrait reproduire les différentes composantes de la marée dans le golfe de Gabès ainsi que la circulation des masses d'eau.
- Ajustement du modèle trophique
- Développement d'une approche pluridisciplinaire pour l'acquisition de connaissances et de données biologiques et physiologiques des organismes filtreurs face aux HABs.

- Analyse des données obtenues suite au séquençage massif
- Analyse des données obtenues suite au séquençage massif

- 4^{ème} année :

- Simulation des modèles, validation des résultats et publication des données

-Partenariat dans le cadre du projet

Le projet fait-il l'objet d'un contrat avec une entreprise ou organisme concerné dans le cadre de l'ouverture sur l'environnement socio-économique?

Si oui, préciser :

-Noms des partenaires socio-économiques :

La faculté des Sciences de Bizerte

La Faculté des Sciences de Sfax

L'école polytechnique de Tunisie

L'école des ingénieurs de Sfax

La direction générale de la santé vétérinaire

La société Taparura

Le groupe chimique

La société codentek

Agence Nationale de la protection de l'Environnement (ANPE),

Agence de Protection et Aménagement du Littoral (APAL) ;

L'école des ingénieurs de Sfax

-Nature et objet du partenariat :

- Convention cadre entre l'INSTM et l'ANPE ;

- Convention cadre entre l'INSTM et le GC ;

- Convention cadre entre l'INSTM et l'APAL.

Le projet fait-il l'objet d'un partenariat scientifique international? Si oui, préciser :

Nom du bailleur de fonds :

L'union européenne

Union africaine

Noms des partenaires institutionnels étrangers :

L'université d'Aix Marseille
La station zoologique de Naples
UMR 51 19 Ecologie des systèmes marins côtiers (ECOSYM)
L'IFREMER- Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

Type de coopération :

bilatérale

multilatérale

-
-Consistance des résultats attendus du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- La pertinence des résultats attendus du projet de recherche
Par rapport à la problématique posée au départ et aux objectifs spécifiques visés, explicitez la plus value identifiable et évaluable du projet :

Les résultats attendus de ce projet visent à accroître les connaissances scientifiques d'un écosystème hautement productif comme le golfe de Gabes en vue d'une meilleure gestion de ses ressources et une meilleure maîtrise des risques qu'il pourrait subir.

Les approches méthodologiques proposées dans ce projet présentent une innovation technologie dans le domaine océanographique avec des mise en place de système d'observation distribué des paramètres avec se qui en découle en termes technologie de protocoles de communications entre les différents capteurs, de transmission et d'archivage de données de grande taille.

Le projet possède également une dimension industrielle nationale. En effet, il permettrait à terme de disposer d'une plateforme nationale à faible coût (relativement) qui pourrait être généralisée sur toute la côte tunisienne.

L'outil numérique qui sera mis en place dans le cadre du projet permettre de comprendre la dynamique des masses d'eau dans le golfe de Gabès, et de simuler également la distribution des polluants et des organismes planctoniques. L'information générée sera disponible à une large communauté telle que les exploitants et les différents acteurs travaillant dans les secteurs de la pêche et de l'industrie.

Le projet possède un caractère écosystémique puisque les modèles de fonctionnement trophique permettront d'évaluer d'une part la capacité trophique du système à supporter les activités de pêche et d'aquaculture, mais aussi d'appréhender les conséquences de n'importe quel forçage (apport nutritif, bloom de microalgues toxiques, perturbation physique,...) sur l'ensemble du système.

Le projet GAMA a aussi une dimension socioéconomique directe avec l'étude d'impact des micoalgues toxiques sur les producteurs secondaires et en particulier sur les bivalves filtreurs qui constituent une ressource exploitable à forte valeur économique et surtout dont l'exploitation et l'exportation sont étroitement liées aux phénomènes de bloom toxiques dans la région.

- En quoi consisterait la pertinence scientifique ou l'originalité des résultats attendus du projet?

- Ces résultats visent-ils à améliorer la connaissance scientifique?
- Ces résultats visent-ils une innovation technologique?
- En quoi le projet peut-t-il contribuer au développement économique du pays?
- En quoi ses résultats seraient-ils socialement pertinents?

-La consistance des résultats attendus du projet de recherche en termes de production scientifique formation diplômante (habilitations, thèses, mastères) au terme du mandat de 4 ans du laboratoire :

- Nombre estimatif d'articles scientifiques dans les revues indexées, à comité de lectures.

10

- Nombre estimatif de brevets d'invention ou d'obtentions végétales du projet de recherche

1

- Nombre estimatif de communications à des manifestations scientifiques internationales et nationales avec actes.

20

- Liste nominative des enseignants-chercheurs du corps B susceptibles de soutenir leurs habilitations

- Amel Zouari, Asma Hamza, Béchir Béjaoui, Nouredine Zaaboub

- Liste nominative des doctorants susceptibles de soutenir leurs thèses de doctorat

- Ismail Hamza, Yosra Khammari et Malika Moncer, Achref Othmani, Fatma Ben Rajeb, Fatma Abdelmouleh, Sirin Ouni, lamia Dammak

- Nombre estimatif d'étudiants susceptibles de soutenir leurs mémoires de mastère

8

PROJET 4

-Intitulé du projet

MODAPEX-Biz

MODélisation des effets des APports EXternes sur lagune de Bizerte

-Responsable du projet et équipe impliqué

| | | | |
|--------------------------------|-----|--|--------------|
| Nom du responsable du projet : | | Grade : | |
| Béchir Béjaoui | | Maitre Assistant ; Etablissement : INSTM | |
| Nom des chercheurs impliqués : | | Grade : | |
| Béchir Béjaoui | 60% | MA | INSTM |
| Awatef Issaoui | 60% | MA | INSTM |
| Zaaboub Noureddine | 40% | MA | INSTM |
| Zina Armi | 40% | AR | INSTM |
| Abderrazak Mastouri | 40% | AR | INSTM |
| Monia El Bour | 30% | MA | INSTM |
| Ali Harzallah | 20% | Pr | INSTM |
| Affef Fathalli | 20% | MA | INSTM |
| Sabri Messaoudi | 20% | MC | INSTM |
| Fourat Akrouf | 20% | Ing. | INSTM |
| Rym Ennouri | 20% | Ing. | INSTM |
| Chérif Sammari | 10% | Pr | INSTM |
| Sana Ben Ismail | 10% | AR | INSTM |
| Oula Amrouni | 10% | MA | INSTM |
| Lasaad Chouba | 10% | DR | INSTM |
| Dalila Taieb | 30% | Ing | ANPE |
| Nabiha Ben Mbarek | 30% | Dr. | ANPE |
| Hamadi Kobti | 10% | Dir. Reg. | ONAS |
| Imen Boukef | 20% | MA | ISPAB |
| Mohamed Salah Ben Romdhane | 10% | Pr | INAT |
| Najla Béjaoui | 10% | Pr | INAT |
| Chedia Zaara Ben Mosbah | 30% | MA | FSB |
| Msadok Ben Attia | 30% | Pr | FSB |
| Asma Sakka | 20% | Pr | FSB |
| Boutheina Grami | 20% | MA | ISBM |
| Mohamed Nejib Daly Yahia | 10% | Pr | FSB |
| Mohamed Emine Helali | 50% | MA | FST |
| Walid Oueslati | 30% | MA | FST |
| Mahmoud Moussa | 10% | Pr | ENIT |
| Emna Gargouri Ellouze | 10% | MA | ENIT |
| Rim Chérif | 10% | MA | ENIT |
| Raouf Jbali | 40% | MA | INRAP |
| Lotfi Aleya | 30% | Pr | CNRS |
| Maria Virginia Martinz | 30% | Pr | Portugal |
| Laurent Dezileau | 20% | MC | Univ. Montp2 |

Nom des doctorants à mobiliser dans le cadre du projet :

Waiel Kalfallah
Moez Shaiek
Essia Hamdi
Najet Chaabane
Rahma Hindili
Asma Taieb
Neyla Zmemlia
Wafa Omrani
Amira Hammami
Jihène Aroussi

-Résumé et objectifs

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

La lagune de Bizerte est située au nord de la Tunisie. Elle s'étend sur une superficie de 128 km² et correspond à un bassin d'effondrement d'âge fini-Pliocène. Elle communique avec la mer par un goulet de 6 km de long. La profondeur moyenne de la lagune est de 7 m. Les régions profondes sont le centre de la lagune (9 m) et le goulet (12 m).

La lagune est reliée dans sa partie ouest à un second plan d'eau, le lac Ichkeul, par l'intermédiaire du canal Tinja d'environ 5 km de long et de quelques mètres de profondeur (3 mètres en période de crue). Un jeu de courants et d'échanges d'eaux entre le lac et la lagune caractérise les deux milieux. Cet échange à deux sens varie avec les saisons et serait l'un des éléments les plus originale du complexe laguno-lacustre. Sa pérennité est primordiale d'un point de vue physique, géochimique et biologique pour l'intégrité du complexe en question. Le canal Tinja est actuellement équipé d'écluses permettant de gérer les échanges entre le lac Ichkeul et la lagune de Bizerte. Suite à la construction de trois barrages autour du lac Joumine en 1983, Ghezala en 1984 et Sejnane en 1994. Une autre série de trois autres nouveaux barrages, vont condamner prochainement le reste des apports des cours d'eaux servant dans lac Ichkeul. Il s'agit des Barrages El Tine, Douimiss et El Mellah. En plus une quantité importante d'eau douce fournie par le captage du Lac Ichkeul est maintenant détournée vers l'agriculture (ANPE, 2009).

La lagune de Bizerte draine un bassin versant de l'ordre de 380 km². Le réseau hydrographique se compose de plusieurs cours d'eau drainant les bordures Nord-Est et Sud de la lagune. Les cours d'eau qui se déversent dans la lagune de Bizerte sont nettement moins importants que ceux du lac Ichkeul. Les apports d'eau des différents cours d'eau qui se déversent dans la lagune sont d'environ 31 Mm³an⁻¹ en moyenne (ANPE, 1990).

Le bassin versant de la lagune de Bizerte constitue un pôle de développement socio-économique caractérisé par des activités industrielles, agricoles et commerciales importantes. Des villes en expansion urbaine et industrielle jonchent le pourtour de la lagune.

Malgré les efforts déployés pour la lutte contre la pollution surtout d'origine industrielle, ces activités restent les principales sources de pollution et contribuent à la dégradation de l'environnement et à la qualité des eaux de la lagune. En plus des apports terrigènes à travers les plans d'eau en communication avec la lagune, la pollution de la lagune résulte en grande partie d'apports de

particules atmosphériques qui sont d'origines terrigènes. Ces apports atmosphériques se présentent sous forme de dépôts humides (pluies) et secs (dépôts).

Pour un tel système complexe avec des rejets multiples, la modélisation numérique peut constituer un outil d'étude et de contrôle performant. La version actuelle du modèle de la lagune de Bizerte est constituée de plusieurs modules. Un module hydrodynamique qui constitue un noyau principal, un module de transport particulaire et de traceurs passifs et un module bio-géo-chimique (MODEB). La grille du modèle est constituée de 61x52 mailles et 11 niveaux verticaux. La lagune de Bizerte telle qu'elle est reproduite par le modèle est connectée à la mer Méditerranée à travers le goulet et au lac Ichkeul à l'ouest à travers le canal Tinja (Harzallah, 2003). Les rivières ainsi que le lac Ichkeul sont prises en comptes dans le modèle comme conditions aux limites latérales. Les forçages atmosphériques du modèle sont obtenus à partir des données NOAA (Kalnay et al., 1996). Le bilan de chaleur imposé à la surface inclut la chaleur à courte longueur d'onde, la chaleur sensible, la chaleur latente et le rayonnement solaire. La présente version du modèle intègre aussi la marée. Les conditions aux limites latérales du module biologique sont obtenues par une compilation de données des travaux antérieurs (ANPE, 1990; Hammami et al., 2005; Mensi, 2005). La version actuelle du modèle numérique MODEB est en cours de validation. La validation du modèle de la lagune de Bizerte ouvre la voie à la simulation et la prédiction des effets des interventions anthropiques (éventuels aménagements dans la lagune), des apports des rivières et des pluies (en eau et en nutriments) et des changements climatiques.

Le complexe Ichkeul-Lagune de Bizerte figure dans la liste non exhaustive des hotspots côtiers affectés par l'élévation du niveau de la mer (Satta, 2014). L'analyse met en évidence les risques qui menacent les écosystèmes côtiers de la Méditerranée sous l'effet du Changement Climatiques et intervention anthropiques.

Dans la mesure où le sédiment de la lagune constitue un réceptacle pour la matière organique, la minéralisation de cette dernière, et la libération des métaux qui lui sont associés, va engendrer des flux à l'interface eaux-sédiment, qui vont contribuer, en plus des apports détritiques directes, à alimenter la colonne d'eau en sels nutritifs, et en métaux lourds. Une quantification saisonnière de ces flux, à travers deux approches complémentaires (mesures directe in-situ des flux benthiques et mesure indirecte par diffusion) sera donc nécessaire afin d'évaluer le risque que pourrait engendrer le sédiment pour les eaux de la lagune.

Pour suivre l'évolution actuelle et passée d'une lagune, il est nécessaire d'évaluer son "taux d'évolution". Pour cela, une des méthodes généralement utilisée est d'employer la décroissance naturelle des éléments radioactifs. Dans la lagune de Bizerte, où la période d'intérêt est l'Holocène (les 10 000 dernières années) il y a de nombreux radioéléments adaptés (^{137}Cs , le ^{210}Pb et le ^{14}C). En effet, L'aspect datation est capital pour quantifier les changements de flux sédimentaires.

L'étude des sédiments de la lagune, permet la description détaillée de la nature des particules et la reconnaissance de leur origine, qui sont des informations indispensables à l'identification des termes "sources". Cette étude est une étape nécessaire pour une meilleure compréhension des processus de transfert et de dépôt dans les lagunes. Par ailleurs, la phase particulaire, est le principal vecteur de transport, capable d'enregistrer les différents processus survenus au cours du transfert ou du temps. Ainsi, l'objectif du projet est de caractériser l'état de la lagune et d'étudier l'effet des apports externes (Atmosphériques, Urbains, Industrielles) ainsi que l'effet des Changements Climatiques sur l'équilibre de cet écosystème en suivant une approche couplée expérimentale-numérique. Une attention particulière sera donnée à l'effet des apports des rivières, des rejets urbains, les apports atmosphériques ainsi que les échanges avec le lac Ichkeul. Dans ce contexte, des analyses de toxicité dans les deux compartiments l'eau et le sédiment sera réalisée.

- Quels seraient les objectifs spécifiques et les résultats attendus du projet de recherche ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- Mettre en place une base de données concernant les différents apports du bassin versant de la lagune en intégrant les apports du lac Ichkeul,
- Mettre en place une base des données des émissions atmosphériques issues de principales industries chimiques qui se situent autour de la lagune de Bizerte (Inventaires des émissions atmosphériques).
- Mettre en place une base de données de la composition, la distribution et la dynamique des communautés phytoplanctoniques de la lagune, identifier les taxons présents et déterminer les espèces dominantes pour pouvoir estimer l'impact des espèces nuisibles sur l'activité conchylicole au niveau de la lagune et d'évaluer, en seconde partie, la perturbation et le stress métallique chez ces communautés en tant qu'un indicateur de pollution.
- Déterminer la signature sédimentologique et géochimique des trois réservoirs : lagune, zone émergée et domaine d'avant côte et identifier l'origine des particules en comparant la signature des zones sources aux particules détritiques des archives sédimentaires,
- Connaître les changements climatiques quaternaires holocènes pour pouvoir estimer l'effet des changements climatiques futurs sur l'évolution de la lagune,
- Estimer les flux des nutriments à travers l'interface sédiment-eau dans la lagune de Bizerte,
- Mettre en place un modèle de transfert de flux (quantité de mouvement et chaleur) et couplage au modèle hydrodynamique de la lagune de Bizerte. Ce modèle sera validé par des données des paramètres météorologiques de la région de Bizerte. Ainsi, la nouvelle version du modèle sera forcée par des conditions météorologiques locales.
- Quantifier les apports en eau (ruissellement de surface) par un modèle couplé physico-stochastique. Le modèle sera validé par des mesures des flux de ruissellements de surface. Les résultats du modèle physico-stochastique seront incorporés dans le module hydrodynamique. Dans ce contexte, les échanges du lac Ichkeul - lagune de Bizerte seront intégrés de manière interactive en tenant compte du fonctionnement des écluses installées sur le canal Tinja.
- Evaluer les effets des rejets urbains et des apports externes (atmosphériques, rivières) sur l'écosystème de la lagune avec une approche couplée expérimentale-numérique,
- Déterminer les flux de matière (en tN) entre les différents compartiments de la chaîne trophique de la lagune,
- Etablir une Analyse de Cycle de Vie (ACV) des principaux procédés chimiques qui se situent autour de la lagune afin d'estimer leurs impacts environnementaux selon les normes ISO 1440 - ISO 1444.
- Faire deux scénarios par ACV : comparer la situation actuelle avec la situation une fois le projet Horizon 2020 de la dépollution de la lagune de Bizerte est réalisé.
- Mettre en place une version opérationnelle du modèle couplé hydrodynamique-biogéochimique et faire des prévisions à court-terme des paramètres physiques et biologiques

dans la lagune. Cette version constituera un outil de suivi et d'aide à la décision et à la gestion de la lagune de Bizerte.

-Méthodologie de réalisation du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- Faire des campagnes de mesures des paramètres physiques et hydrobiologiques dans la lagune de Bizerte et le lac Ichkeul,
- Faire des mesures des paramètres physico-chimiques, chimiques, géochimiques, biologiques et éco-biologiques dans les apports des rivières qui débouchent dans la lagune de Bizerte,
- Faire des campagnes de mesures des poussières (PM₁₀-PM₁) dans la lagune de Bizerte,
- Faire des analyses des métaux lourds dans les poussières atmosphériques.
- Prélever des carottes peu profonde au sein de la lagune et a ses alentours, pour pouvoir suivre sa composition minéralogique, ses caractéristiques sédimentologiques et géochimiques.
- Faire des analyses isotopiques du ¹³C et ¹⁸O pour pouvoir suivre les variations climatiques qui sont intimement liées avec l'évolution de la lagune et du lac.
- Faire des datations radiométriques adaptées au ¹³⁷Cs (demi-vie de 30.3 ans), le ²¹⁰Pb (demi-vie de 22.3 ans) et le ¹⁴C (demi-vie de 5500 ans).pour pouvoir connaître l'âge des dépôts en relation avec la formation et l'évolution de la lagune.
- Mesurer les écoulements de surface du bassin versant de la région et de l'évapotranspiration (ETP)
- Mettre en place un modèle de transfert de flux de quantité de mouvement et de chaleur (TFMC),
- Coupler le modèle TFMC au modèle hydrodynamique-biogéochimie de la lagune de Bizerte,
- Validation du modèle bactériologique de la lagune de Bizerte,
- Réaliser des simulations par le modèle couplé afin de déterminer l'effet des apports externes sur la chine trophique (production primaire) dans la lagune de Bizerte,
- Mettre en place une version opérationnelle du modèle numérique de la lagune de Bizerte. Cette action sera faite en collaboration avec l'Institut National de la météorologie (INM).

-Echéancier de mise en œuvre du projet

| |
|--|
| <p>-1^{ème} année</p> <ul style="list-style-type: none">- Effectuer des campagnes d'échantillonnage dans la lagune de Bizerte et le lac Ichkeul pour faire des analyses physico-chimiques, chimiques, géochimiques et éco-biologiques,- Effectuer des campagnes d'échantillonnages des oueds qui se déversent dans la lagune afin de quantifier leurs contributions en apports vers la lagune.- Mesures des flux des nutriments au niveau de plusieurs stations dans la lagune,- Faire des campagnes de mesures des poussières atmosphériques et faire les analyses des métaux lourds dans les poussières.- Collecte des données relatives à l'activité industrielle (production, procédés...)- Faire des mesures des courants et de marée dans la lagune pour mieux comprendre la circulation dans le milieu,- Suivi des écoulements de surface, ETP,- Mettre en place les bases de données des paramètres météorologiques nécessaires à faire tourner le modèle – Forçage des conditions locales. |
| <p>-2^{ème} année :</p> <ul style="list-style-type: none">- Mise en place du modèle de transfert de flux de quantité de mouvement et le flux de chaleur,- Mesurer la fraction Biodisponible des métaux,- Analyse du fractionnement chimique des métaux par procédure séquentielle,- Effectuer des testes de toxicité des métaux,- Elaborer l'inventaire des émissions atmosphériques des industries- Effectuer des testes de toxicité des métaux,- Analyses bactériologiques dans différentes composantes du système tenant compte des différents paramètres du milieu,- Analyse chimique des métaux dans les différentes fractions sédimentaires par procédure d'extraction séquentielle,- Analyse minéralogique des sédiments prélevés à partir de la lagune et de lac Ichkeul et à partir des différents oueds,- Analyse des isotopes stables (18O et de 13C) pour mieux comprendre les changements climatiques récents- Datation radiométrique au 14C pour mieux connaître l'évolution de la lagune en relation avec les apports externes en sédiments par les biais des différents oueds qui se déversent dans cette zone,- Calage du modèle (GR4). |
| <p>- 3^{ème} année :</p> <ul style="list-style-type: none">- Réalisation de scénarios par le modèle numérique et quantification de l'effet des apports externes.- Mise en place d'une version opérationnelle du modèle en assimilant les paramètres météorologiques locaux de la région de Bizerte. |
| <p>- 4^{ème} année :</p> <ul style="list-style-type: none">- Exploitation des résultats. |

-Partenariat dans le cadre du projet

Le projet fait-il l'objet d'un contrat avec une entreprise ou organisme concerné dans le cadre de l'ouverture sur l'environnement socio-économique?

Si oui, préciser :

-Noms des partenaires socio-économiques :

- Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE),
- L'Agence de Protection et Aménagement du Littoral (APAL).
- L'Ecole polytechnique de Tunisie (EPT),
- Faculté des sciences de Tunis (FST),
- Faculté des Sciences de Bizerte (FSB),
- L'Institut National de Recherche et d'Analyse Physico-chimique (INRAP),
- L'Institut National Agronomique de Tunisie (INAT),
- Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT),
- Institut Supérieure de Pêche de Bizerte

-Nature et objet du partenariat :

- Partenariat scientifique pour la mise en place de protocoles ou d'approche méthodologiques

Le projet fait-il l'objet d'un partenariat scientifique international? Si oui, préciser :

- Nom du bailleur de fonds :
- L'union européenne – le projet « Melissa »

Noms des partenaires institutionnels étrangers :

- IFREMER - Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer ou IFREMER) est un établissement public à caractère industriel et commercial sous la tutelle du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
- MIO - Institut Méditerranéen d'océanologie. Ses autorités de tutelle sont le Centre National de Recherche Scientifique (CNRS), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), l'Université d'Aix-Marseille (AMU) et l'Université de Toulon (UTLN).
- Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette -France
- Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
- Universidade de Aveiro,
- Université de Montpellier 2 Géosciences Montpellier, UMR 5243 ,

Type de coopération :

bilatérale

multilatérale

-Consistance des résultats attendus du projet

- La pertinence des résultats attendus du projet de recherche
Par rapport à la problématique posée au départ et aux objectifs spécifiques visés, explicitez la plus value identifiable et évaluable du projet :
 - Caractérisation du fonctionnement hydrobiologique et hydrodynamique du complexe Lagune de Bizerte-Lac Ichkeul en tenant comptes des différents d'apports et échanges avec la mer.
 - Quantification du transfert de matière dans les différents compartiments du foodweb de la lagune.
 - Déterminer les zones à haut risque de biodisponibilités des métaux et proposer des solutions pour éviter le passage vers la colonne d'eau,
 - Evaluer les éventuels impacts du changement climatique du système Laguno-Lacustre : Lac Ichkeul et Lagune de Bizerte par méthode de datation.
 - Evaluer l'impact de l'activité industrielle sur la lagune par l'Analyse de Cycle de Vie et évaluer les éventuels impacts du projet de dépollution de la lagune de Bizerte (Horizon 2020).
 - Mettre à la disposition des exploitants de la lagune des prévisions à court-terme des paramètres physique, biologique et chimiques.

- En quoi consisterait la pertinence scientifique ou l'originalité des résultats attendus du projet?
- Ces résultats visent-ils à améliorer la connaissance scientifique?
- Ces résultats visent-ils une innovation technologique?
- En quoi le projet peut-t-il contribuer au développement économique du pays?
- En quoi ses résultats seraient-ils socialement pertinents?

-La consistance des résultats attendus du projet de recherche en termes de production scientifique formation diplômante (habilitations, thèses, mastères) au terme du mandat de 4 ans du laboratoire :

- Nombre estimatif d'articles scientifiques dans les revues indexées, à comité de lectures.
5
- Nombre estimatif de brevets d'invention ou d'obtentions végétales du projet de recherche
1
- Nombre estimatif de communications à des manifestations scientifiques internationales et nationales avec actes.
10
- Liste nominative des enseignants-chercheurs du corps B susceptibles de soutenir leurs habilitations
Noureddine ZAABOUB; Béchir BEJAOUI, Oula Amrouni, Chedia Zaara Ben Mosbah
- Liste nominative des doctorants susceptibles de soutenir leurs thèses de doctorat
2
- Nombre estimatif d'étudiants susceptibles de soutenir leurs mémoires de mastère
5

PROJET 5

-Intitulé du projet

DYMEDtun

Dynamique de la Méditerranée Centrale et circulation le long des côtes tunisiennes

-Responsable du projet et équipe impliqué

| | |
|--|-----------------------|
| Nom du responsable du projet : Chérif Sammari | Grade : Professeur |
| Nom des chercheurs impliqués : | Grade : |
| Cherif Sammari 70% | Prof INSTM |
| Sana Ben Ismail 80% | Ass INSTM |
| Mouldi Brahim 40% | MA INSTM |
| Ali Harzallah 20% | Prof INSTM |
| Malika Belhassen 15% | MC INSTM |
| Moncef Boukthir 30% | Prof IPEIT |
| Hela Sekma 80% | Postdoc INSTM |
| Rym Ennouri 20% | Chef de travaux INSTM |
| Nom des doctorants à mobiliser dans le cadre du projet : | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Fatma Jebri - Arwa Laabidi - Rim Triki | |

-Résumé et objectifs

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

Des études récentes ont mis en évidence que la dynamique qui prévaut en Méditerranée centrale est plus complexe que la description qui en est faite dans la littérature. En effet, le système bi-couches au niveau du canal siculo-tunisien n'est plus d'actualité (Ben Ismail et al., 2012) et surtout plusieurs (non seulement trois) masses d'eau coexistent. Certes, parmi les nouvelles masses d'eau décrites récemment (Ben Ismail et al, 2012, 2013 ; Bonnano et al, 2015) certaines sont présentes d'une manière plus ou moins intermittente et nécessitent donc davantage d'investigations. Il est donc impératif de mettre en place un ambitieux programme

d'observations mettant en œuvre toutes les techniques de mesures (hydrologie, courantométrie, imagerie satellitaire, bouées dérivantes, etc.). Ce programme concernera particulièrement les détroits et les aires adjacentes qui jouent un rôle clé dans la dynamique qui prévaut dans toute la région.

La mer Méditerranée est composée de deux bassins principaux qui communiquent par le canal Siculo-Tunisien (figure 1). Tunisian Sicily Chanel (TSC) est une région importante puisqu'elle contrôle les échanges de chaleur, de sel et d'autres propriétés biogéochimiques entre les deux sous-bassins.

L'analyse de quinze (15) ans de données hydrologiques recueillies nous a permis d'obtenir de nouveaux résultats quant aux propriétés hydrologiques dans cette région. C'est ainsi que de nouvelles masses d'eau ont été identifiées (Ben Ismail et al, 2013). Un autre résultat marquant de nos dernières investigations concerne le changement notable au cours des vingt (20) dernières années des caractéristiques hydrologiques des masses d'eau présentes dans la région.

Par ailleurs, la dynamique qui prévaut dans notre zone d'étude est marquée par la présence d'une veine de courant côtier d'origine atlantique (ATC, en anglais) qui est sujette à une importante variabilité saisonnière et aussi à moyenne échelle (Sammari et al., 1999, Ben Ismail et al., 2007).

La région centrale de la mer Méditerranée, à l'instar de tout le bassin, est siège d'un changement continu en relation avec les changements climatiques à grande échelle. Ce changement se reflète essentiellement par un changement des caractéristiques hydrographiques des masses qui circulent dans cette région. Une partie de ces masses arrive aux côtes tunisiennes et est donc susceptible d'influencer ou de modifier leurs écosystèmes. La compréhension de ces changements et leur influence sur nos côtes et donc fort importante.

Il apparaît clairement qu'en dépit des nouveaux résultats obtenus et sommairement décrits plus haut plusieurs questions demeurent en suspens et méritent non seulement un investissement national mais plutôt régional.

Parmi les questions qui méritent d'être clarifiées figure le devenir des eaux profondes notamment au niveau des seuils du canal siculo-tunisien. C'est d'ailleurs pour bien y répondre que notre stratégie d'échantillonnage spatio-temporel a été pensée (voir plus loin). Cette stratégie intégrera toutes les problématiques méditerranéennes comme par exemple la contribution à l'étude du front Nord-Baléares qui est considéré comme une séparation biologique au niveau de laquelle un changement important se produit dans la faune d'Euphausiacés. C'est le cas du krill *Meganyctiphanes norvegica* qui est retrouvé dans les contenus stomacaux de nombreux prédateurs marins comme le thon, les oiseaux marins et le rorqual commun dans la partie Nord. La zone de convection profonde de la Méditerranée Nord-Occidentale caractérisée comme la zone du bloom planctonique printanier en Méditerranée. Le courant Liguro-Provençal associé à un front permanent de densité et présentant une variabilité saisonnière marquée. Il constitue une barrière naturelle entre les eaux du plateau riches en nutriments et les eaux oligotrophes du large.

Le suivi continu de l'échange à travers ce détroit et la reconstruction de sa variabilité interannuelle est aussi fondamental pour notre compréhension du système climatique de la Méditerranée et du cycle hydrologique de ce bassin. C'est aussi l'une des questions à laquelle notre présente action s'attellera. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet.

Avec cette initiative, nous voulons proposer un effort conjoint des deux pays (Tunisie & Italie) pour une surveillance complète de l'eau traversant la totalité de l'extension du détroit. Un MoU avec l'OGS (Triste/Italie) est en cours de signature et nous aidera à mettre en place une partie de notre programme d'observations à savoir celle mettant en œuvre le déploiement de bouées dérivantes dans la zone d'étude.

Enfin, nous nous devons de conclure en mentionnant que ce projet s'inscrit dans la continuité de nos travaux de recherche instaurés depuis 1995 puisque nous allons consolider notre position au niveau international et renforcer notre savoir-faire via les échanges avec des équipes performantes et fortement impliquées.

- Quels seraient les objectifs spécifiques et les résultats attendus du projet de recherche ?

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- 1- Le premier objectif est de mieux appréhender la variabilité des masses d'eau et de leurs échanges entre l'est et l'ouest de la Méditerranée,
- 2- Identifier les forçages locaux et éventuellement à plus grande échelle de la dynamique dans la région,
- 3- Comprendre la dynamique qui prévaut dans la Méditerranée centrale et ses incidences sur les phénomènes biologiques est aussi un des objectifs important à atteindre lors de la réalisation de ce projet,
- 4- Identifier et quantifier les principaux groupes qui contribuent à la biomasse phytoplanctonique dans la Méditerranée centrale en prospectant tout le spectre de taille de ces organismes en collaboration avec nos partenaires,
- 5- Localisation des zones frontales en termes de température et de concentration phytoplanctonique.
- 6- Connaître l'évolution de l'environnement marin en Tunisie en relation avec les changements que connaît les masses d'eau du bassin méditerranéen et dans le contexte du changement global du climat (température de l'eau de mer, sa salinité, évolution du niveau marin, etc.).

-Méthodologie de réalisation du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

La réalisation de ce projet requiert une approche intégrée et fondée sur l'utilisation croisée de différents systèmes d'observations complémentaires en termes de contenu physique et d'échantillonnage. Il s'agit de s'appuyer tout particulièrement sur l'exploitation de données hydrologiques déjà collectées lors des 15 dernières années (Sammari et al, 1999 ; Ben Ismail et al, 2010, 2012, 2014)

Des données qui seront collectées lors des deux premières années du projet, à savoir des données de surface de très hautes fréquences à partir des capteurs automatiques de paramètres physico-chimiques et biologiques installés à bord du navire Tunisien C/f Carthage de la Compagnie Tunisienne de Navigation (CTN). Ce dernier effectue deux trajets hebdomadaires Tunis-Marseille et Tunis-Gênes (trajectoires en bleu, Figure 1). Suite à l'installation et à la validation des données collectées par le Ferrybox, il y aura un suivi régulier pour un maintien opérationnel du système ainsi qu'un étalonnage régulier des capteurs. Un travail d'analyse d'échantillons, de prise en compte des

paramètres d'étalonnage et de validation non automatique des données sera fait afin de corriger et de valider les mesures issues de la Ferrybox.

Les données validées seront intégrées dans le projet européen d'océanographie Coriolis - MyOcean. La figure 2 décrit le cheminement des données depuis les mesures insitu depuis la Ferrybox jusqu'au serveur de l'INSTM à partir duquel certaines données seront transmises en temps différé à la base de données Coriolis-MyOcean.

De manière plus explicite, les objectifs de ce projet seront atteints en adoptant l'approche méthodologique suivante :

- 1- Collecte de nouvelles données hydrologiques le long des côtes tunisiennes et en Méditerranée centrale. - Deux campagnes de mesures CTD par an, d'une semaine chacune, seront à programmer impérativement durant la période hivernale (Décembre à Mars) et estivale (Juillet-Octobre). Les radiales seront choisies selon le mappage des traces altimétriques. Le but étant d'améliorer la validation des mesures altimétriques par les données in-situ. Chaque radiale sera constituée d'environ une dizaine de stations (radiales en rouge Figure 1),
- 2- Collecte de données à hautes fréquences à partir de la FerryBox,
- 3- Déploiement de bouées dérivantes dans le canal siculo-tunisien et dans le golfe de Hammamet,
- 4- Déploiement d'Argofloat et de Glider,
- 5- Des données altimétriques du niveau de la mer le long de traces de satellites, traitées et corrigées en utilisant des méthodes récemment développées seront analysées et interprétées,
- 6- De nouveaux champs de courants grillés (altimétrie et/ou produits combinés) spécifiquement adaptés aux contraintes des environnements côtiers seront exploités
- 7- Des séries temporelles (courantométrie et marégraphie) déjà disponibles au sein du LMM seront exploitées et complétées si besoin est,
- 8- Des images satellites couleur de l'eau au moyen de capteurs MODIS seront exploitées,
- 9- Des simulations numériques océaniques (modèles ROMS et NEMO) déjà implémentées sur la zone par les modélisateurs du MIO, de l'IPEIT et de l'INSTM (modèle INSTMED06) et de l'ensemble de 5 modèles couplés océan-atmosphère et qui viennent d'être homogénéisés sur la zone marine tunisienne par une équipe de l'INSTM.
- 10- De la base de données MedCORDEX mise en place dans le cadre du programme MISTRALS. Cette base de données rassemble les simulations couplées mer Méditerranée-atmosphère ou mer Méditerranée forcée à haute résolution. Ces simulations couvrent la période 1950-2050 et seront donc utilisées pour l'étude des changements des caractéristiques hydrographiques des masses d'eau.
- 11- En s'appuyant sur les premiers résultats définissant le schéma de circulation de surface, il serait important de déployer un courantomètre au niveau de l'entrée du golfe de Hammamet,
- 12- L'utilisation d'un LADCP à bord du N/o Hannibal est nécessaire pour compléter les champs de vitesses de courant lors des campagnes océanographiques.

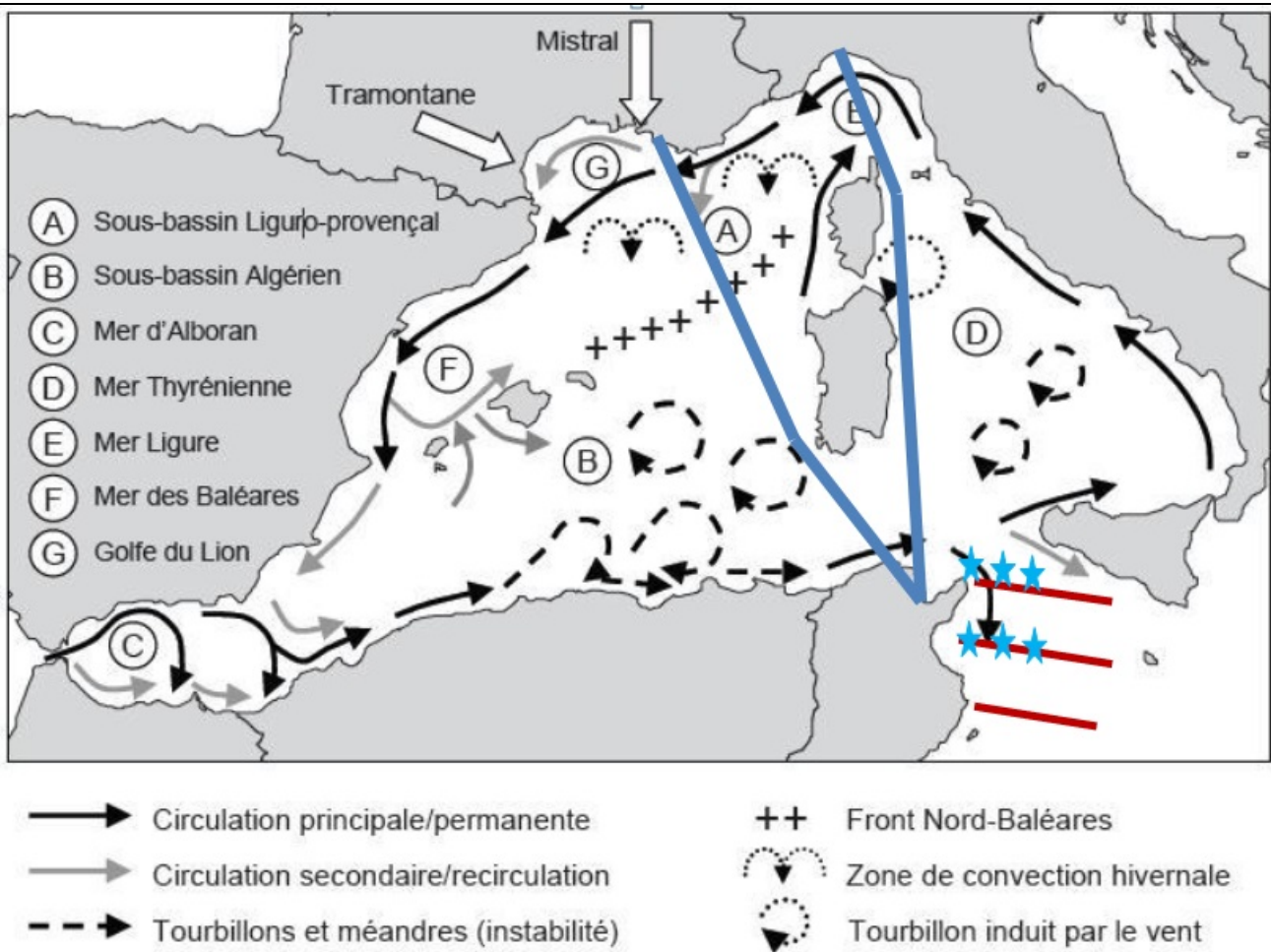


Figure 1. Schéma de circulation dans la Méditerranée Centrale. Y sont schématisées également les radiales hydrologiques (en rouge et à ajuster), les transects de la FerryBox (en bleu foncé) et les déploiements des bouées dérivantes et flotteurs (en bleu).

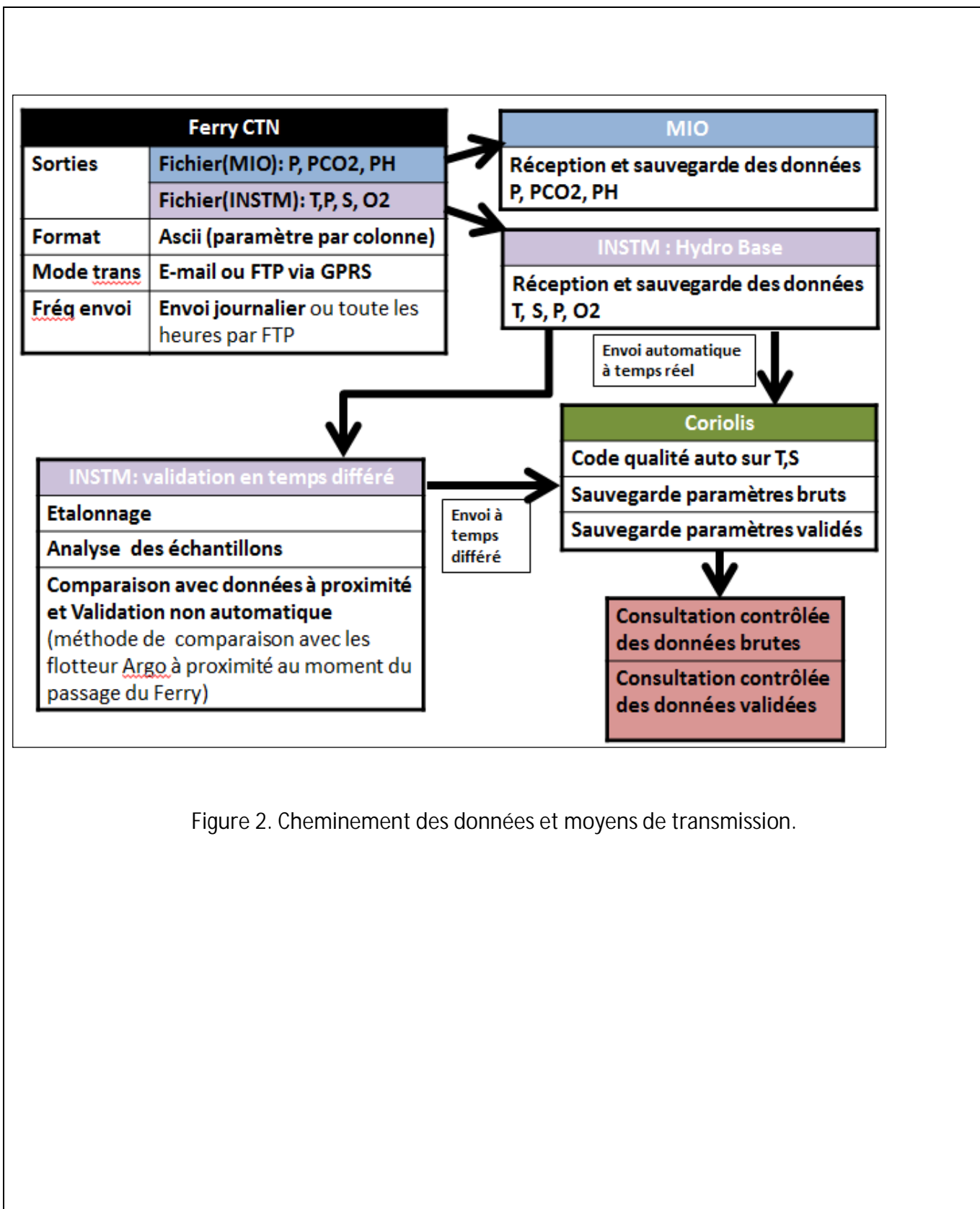


Figure 2. Cheminement des données et moyens de transmission.

-Echéancier de mise en œuvre du projet

| |
|---|
| <p>- 1^{ère} année :</p> <ul style="list-style-type: none">- Recueil bibliographique et actualisation de l'état de l'art,- Mise à jour de la stratégie d'échantillonnage,- Acquisition de bouées dérivantes et du LADCP,- Renforcement de la banque de données existante par des campagnes d'échantillonnage à bord du N/o Hannibal et par les radiales FerryBox à bord du Carthage,- Mise en place d'une stratégie pour assurer la pérennité des données.- Prétraitement des données à partir des différentes bases de données.- |
| <p>-2^{ème} année</p> <ul style="list-style-type: none">- Analyse des données collectées et traitement à partir de bases de données.- Interprétation préliminaire et rédaction de rapports minutes,- Réajustement des programmes de campagne suivant ce qui a été réalisé l'année-1,- Mise à jour des données et sorties en mer plus ciblées,- Esquisser les idées et les grandes lignes des articles scientifiques potentiels,- Définir des sujets de stages de Mastère et de thèse pour la période restante. |
| <p>- 3^{ème} année :</p> <ul style="list-style-type: none">- Analyse et interprétation des données- Traitement approfondi à partir de bases de données (modèles et analyses), interprétation et conclusion sur l'évolution à long terme.- Rédactions d'articles scientifiques- Participations à des manifestations nationales et internationales- Remise du rapport intermédiaire- Soutenance de Mastères dont les sujets émanent du projet |
| <p>- 4^{ème} année :</p> <ul style="list-style-type: none">- Suivi de la production scientifique et diplômante,- Rédaction du rapport final,- Soutenance de Mastères dont les sujets émanent du projet- Participation à des manifestations nationales et internationales- Elaboration de la stratégie à venir (perspectives) |

-Partenariat dans le cadre du projet

| |
|--|
| <p>Le projet fait-il l'objet d'un contrat avec une entreprise ou organisme concerné dans le cadre de l'ouverture sur l'environnement socio-économique?</p> <p>Si oui, préciser :</p> <p>-Noms des partenaires socio-économiques :</p> <p>-Nature et objet du partenariat :</p> |
|--|

Le projet fait-il l'objet d'un partenariat scientifique international? Si oui, préciser :

Pour mener à bien le présent projet, des partenariats ont été établis et d'autres le seront au fur et à mesure de l'exécution des différentes tâches du projet. Parmi les partenariats établis, nous citons les suivants :

- Projet Franco-Tunisie (CHROME/Initiative Amidex)
- Deux conventions cadres avec l'OGS et l'ISMAR (Italie)
- Convention cadre avec l'INGV (Bologne/Italie)
- Projet ENVIMED/TANGRAM.
- Projet ENVIMED/CozoMed-Mermex

Nom du bailleur de fonds : Nous planifions également de soumettre une action avec nos partenaires européens dans le cadre de l'initiative H2020 de l'union européenne.

Noms des partenaires institutionnels étrangers :

MIO, OGS, LEGOS, LOCEAN, IRD, IFREMER, CNRM, ENEA

Type de coopération : bilatérale multilatérale

-
-Consistance des résultats attendus du projet

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

- La pertinence des résultats attendus du projet de recherche
Par rapport à la problématique posée au départ et aux objectifs spécifiques visés, explicitez la plus value identifiable et évaluable du projet :

Même s'il semble à caractère académique, le présent projet apportera les éléments de réponses à de questions à fortes incidences socio-économiques. En effet, il offrira de meilleures conditions pour réaliser des études locales et esquissera les impacts des changements climatiques et notamment leurs incidences sur les pêcheries.

- En quoi consisterait la pertinence scientifique ou l'originalité des résultats attendus du projet?

Oui puisque nous allons mieux décrire la dynamique en Méditerranée centrale et ses incidences sur la circulation le long des côtes est tunisiennes et l'impact des changements à long terme.

- Ces résultats visent-ils à améliorer la connaissance scientifique?

- Ces résultats visent-ils une innovation technologique?

Aucun modèle dynamique local ne peut être développé sans une connaissance approfondie de la circulation générale qu'apportera le présent projet. L'innovation technologique y est présente à travers la mise en œuvre de nouvelles techniques d'observations. En effet, c'est la première fois que des observations à hautes fréquences seront réalisées et c'est aussi la première fois que seront combinées autant de techniques d'observations.

- En quoi le projet peut-t-il contribuer au développement économique du pays?

En plus des postes statutaires, le projet offrira l'occasion pour recruter et encadrer des jeunes diplômés de l'Université tunisienne. Il permet engagement d'acquérir du savoir-faire dans des thématiques qui n'ont pas été développées auparavant.

- En quoi ses résultats seraient-ils socialement pertinents?

A long terme, l'apport social se manifestera à travers une bonne contribution à l'optimisation du secteur et des zones de pêche.

-La consistance des résultats attendus du projet de recherche en termes de production scientifique formation diplômante (habilitations, thèses, mastères) au terme du mandat de 4 ans du laboratoire :

- Nombre estimatif d'articles scientifiques dans les revues indexées, à comité de lectures.

7 à 8 articles

- Nombre estimatif de brevets d'invention ou d'obtentions végétales du projet de recherche

- Nombre estimatif de communications à des manifestations scientifiques internationales et nationales avec actes.

8

- Liste nominative des enseignants-chercheurs du corps B susceptibles de soutenir leurs habilitations

Sana Ben Ismail

- Liste nominative des doctorants susceptibles de soutenir leurs thèses de doctorat

Fatma Jebri, Rim Triki & un autre candidat

- Nombre estimatif d'étudiants susceptibles de soutenir leurs mémoires de mastère

Arwa Laabidi et trois autres candidats

III – MOYENS DEMANDES POUR LA MISE EN OEUVRE DE L'ENSEMBLE DES ACTIVITES DU LABORATOIRE

(A remplir pour chaque année budgétaire : 2015-2018)

Année budgétaire: 2015

III-1- EQUIPEMENTS DEMANDES

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| N° | Désignation | Quantité | Coût total (DT) |
|---------|---|----------|-----------------|
| 01 | Moyen de stockage numérique | 4 | 4000 |
| 02 | Bouées dérivantes | 5 | 30000 |
| 03 | LADCP | 1 | 30000 |
| 04 | Serveur | 1 | 8000 |
| 06 | Workstation | 01 | 15000 |
| 07 | Sondes amovibles | 05 | 5000 |
| 08 | Limnigraphes | 05 | 5000 |
| 05 | Lysimètres | 05 | 5000 |
| 10 | Collecteur de poussières | 01 | 5000 |
| 11 | Licence ACV | 01 | 5000 |
| 12 | Plateforme technologique : (capteurs, émetteurs-récepteurs, boîtiers étanches, batteries, cellules photovoltaïques, cartes électroniques, etc.) | 1 | 15000 |
| 13 | Fluorimètre de pailleasse | 1 | 15000 |
| 14 | ADCP | 2 | 40000 |
| 15 | Station Météo | 2 | 10000 |
| 16 | Rampe de filtration | 2 | 14000 |
| 17 | Analyseur du carbone organique | 1 | 30000 |
| 18 | Zooscan | 1 | 30000 |
| 19 | Matériels informatiques | 4 | 6300 |
| 20 | Carottier des eaux peu profondes | 1 | 15000 |
| Total : | | | 287300 |

III-2- SEJOURS SCIENTIFIQUES (en Tunisie ou à l'étranger)

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Grade | Nombre | Type du séjour (mission/stage) | Objet du séjour | Lieu et durée |
|----------------------|--------|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| Pr. | 1 | mission | Simulation numérique | France :6jours |
| Pr. | 1 | mission | Simulation numérique | Tunisie :6jours |
| Professeur | 2 | mission | collaboration | MIO |
| Maitre- assistant | 2 | mission | Congrès scientifique | OGS |
| Assistant | 2 | mission | Analyse des données | ISMAR |
| Ingénieur | 2 | mission | Formation technique | Roscoff |
| Postdoc | 1 | Stage | Analyse des données | MIO |
| MA | 01 | Mission | Modélisation | France/10 jours |
| Doctorant | 02 | Stage | Modélisation | France/1 mois |
| Ingénieur | 01 | Mission | ACV | France/07 jours |
| MA | 1 | Mission | Modélisation | France |
| MA | 1 | Stage | Modélisation | France |
| Doctorant | 3 | Stage | Modélisation/biologie | France |
| Mastère | 2 | Stage | Modélisation | France |
| Technicien (T) | 1 | stage | Formation | France (2 semaines) |
| Assistant (A) | 1 | mission | Formation | (2 semaines) |
| MA | 1 | Mission | Mission | France. Laboratoire HydroSciences Montpellier (7 jours) |
| Etudiant | 1 | Stage | Analyses isotopiques et MEB | France. Laboratoire HydroSciences Montpellier (15 jours) |

III-3- CONTRATS ET VACATIONS

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Qualité | Nom bre | Objet du contrat/vacation | Durée (en mois) | Rémunération totale (DT) |
|------------|------------|---|--------------------|-----------------------------|
| chercheur | 1 | | 12 | 21600 |
| Ingénieur | 1 | | 12 | 16800 |
| Technicien | 2 | | 12 | 8500 |
| Contr. | 1 | Doctorant modélisation | 12 | 6000 |
| Contr. | 1 | Master Modélisation | 12 | 4000 |
| Ing. | 1 | Modelisation parllele | 12 | 17000 |
| Doctorant | 02 | Modélisation | 12 | 10000 |
| Doctorant | 02 | Géochimie | 12 | 10000 |
| Technicien | 01 | Informatique | 12 | 5000 |
| Ingénieur | 01 | Ingénieur-Halieute | 12 | 10000 |
| Thèse | 4 | Thèse | 12 | 24000 |
| Ingénieur | 1 | Développement | 12 | 12000 |
| Ouvrier | 1 | Marin pêcheur | 12 | 7500 |
| Technicien | 1 | Collectes et analyses des échantillons | 12 | 10000 |
| Total : | | | | 162400 |

Année budgétaire: 2016

III-1- EQUIPEMENTS DEMANDES

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| N° | Désignation | Quantité | Coût total (DT) |
|---------|--|----------|--------------------|
| 01 | Moyen de stockage numérique | 4 | 4000 |
| 02 | Moyen de calcul (serveur Linux) | 1 | 5000 |
| 03 | Fluorimètre | 1 | 12000 |
| 04 | Bouées dérivantes (en fonction du taux de perte de la première année) | 3 | 18000 |
| 05 | Microscope tri-noculaire à phase inverse | 01 | 20000 |
| 06 | Distillateur ultra pur | 01 | 15000 |
| 07 | Pompe de filtration à vide | 01 | 4000 |
| 08 | Congélateur | 02 | 1000 |
| 09 | Système de transmission avec réseau de capteurs | 1 | 10000 |
| 10 | Congélateurs 80°C | 2 | 30000 |
| 11 | Courantomètres (ADV) | 1 | 30000 |
| 12 | centrifugeuse | 1 | 6000 |
| 13 | GPS portable | 1 | 600 |
| 14 | Pied à coulisses | 5 | 1000 |
| 15 | Congélateur | 1 | 2000 |
| Total : | | | 158600 |

III-2- SEJOURS SCIENTIFIQUES (en Tunisie ou à l'étranger)

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Grade | Nombre | Type du séjour (mission/stage) | Objet du séjour | Lieu et durée |
|-------------------|--------|--------------------------------|---|--|
| MA | 1 | mission | Analyse et discuter les résultats | France :5jours |
| Pr | 1 | mission | Simulation numérique | France :4jours |
| Pr | 1 | mission | Simulation numérique | Tunisie :6jours |
| MA | 1 | mission | Bioremediation | France :4jours |
| Pr | 1 | mission | modelisation | Tunisie : 4 jours |
| Etudiant | 1 | Stage | modelisation | Espagne/IMEDA :6jours |
| Professeur | 2 | mission | collaboration | MIO 4jours |
| Maitre assistant | 2 | mission | Congrès scientifique | OGS 4jours |
| Ingénieur | 1 | mission | Formation technique | Roscoff 4jours |
| Postdoc | 1 | Mission | Analyse des données | MOI 4jours |
| Pr. français | 01 | Mission | Modélisation | Tunisie |
| Doctorant | 02 | Stage | Modélisation | France/1mois |
| Ingénieur | 1 | stage | Zooplancton | 7jours |
| Maître assistante | 1 | stage | Le traitement des données de séquençage massif | 7 jours |
| MA | 1 | Mission | Modélisation hydro-dynamique côtière Coopération bilatérale, internationale INSTM/Groupe ingénierie GIOC, Cantabria | Espagne, Santander, Université de Cantabria (10 jours) |
| Thésard | 1 | Stage | Formation hydrodynamique et modélisation numérique. | Espagne, Santander, Université de Cantabria (20 jours) |
| MC | 1 | mission | Séminaire | Allemagne (7 jours) |
| MA | 1 | mission | Séminaire | Allemagne (7 jours) |

III-3- CONTRATS ET VACATIONS

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Qualité | Nombre | Objet du contrat/vacation | Durée (en mois) | Rémunération totale (DT) |
|------------|--------|--|--------------------|-----------------------------|
| Contr. | 1 | Doctorant modélisation | 12 | 6000 |
| Contr. | 1 | Master Modélisation | 12 | 4000 |
| Ing. | 1 | Modelisation parallele | 12 | 17000 |
| chercheur | 1 | | 12 | 21600 |
| Ingénieur | 1 | | 12 | 16800 |
| Doctorant | 02 | Modélisation | 12 | 10000 |
| Doctorant | 02 | Géochimie | 12 | 10000 |
| Technicien | 01 | Informatique | 12 | 5000 |
| Ingénieur | 01 | Ingénieur-Halieute | 12 | 10000 |
| ingénieur | 1 | Ingénieur cytometrie | 12 | 14000 |
| Thèse | 4 | Thèse | 12 | 24000 |
| Ingénieur | 01 | Développement | 12 | 14000 |
| Ouvrier | 1 | Marin pêcheur | 12 | 7500 |
| Technicien | 1 | Collectes et analyses des échantillons | 12 | 10000 |
| Thésard | 3 | Contrat de recherche | 12 | 18000 |
| | | | Total : | 187900 |

Année budgétaire: 2017

III-1- EQUIPEMENTS DEMANDES

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| N° | Désignation | Quantité | Coût total (DT) |
|---------|------------------------|----------|-----------------|
| 01 | Sonde multiparamteres | 1 | 12000 |
| 02 | Bouées dérivantes | 6 | 30000 |
| 03 | Workstation | 01 | 15000 |
| 04 | ADCP | 01 | 20000 |
| 05 | Benne de type boxcores | 1 | 4000 |
| Total : | | | 81000 |

III-2- SEJOURS SCIENTIFIQUES (en Tunisie ou à l'étranger)

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Grade | Nombre | Type du séjour (mission/stage) | Objet du séjour | Lieu et durée |
|------------------|--------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Pr | 1 | mission | Colloque/workshop | France :4jours |
| MC | 1 | mission | Colloque/workshop | France :4jours |
| Doctorant | 1 | stage | Modélisation | 10 jours |
| Doctorant | 1 | stage | Modélisation | 10 jours |
| Professeur | 2 | mission | collaboration | MIO |
| Maitre assistant | 2 | mission | Congrès scientifique | OGS |
| Ingénieur | 1 | mission | Formation technique | Roscoff |
| Postdoc | 1 | Mission | Analyse des données | MIO |
| Doctorant | 1 | Stage | Analyse des données | ISMAR |
| AR | 01 | Stage | Traitement de données | France/07 jours |
| Doctorant | 02 | Stage | Modélisation | France/10 jours |
| Pr. français | 01 | mission | Modelisation | Tunisie |
| MA | 01 | mission | Géochimie isotopique | France/10jours |
| AR | 1 | mission | Analyse des données | à déterminer |
| thèse | 1 | stage | Modélisation réseau trophique | Caen |
| MA | 1 | Mission | coordination | Europe (10 jours) |
| Thésard | 1 | Stage | Formation | Europe (20 jours) |
| MC | 1 | mission | Collaboration | Italie (7 jours) |
| A et MA | 1 | mission | Participation congrès | Europe (7 jours) |

III-3- CONTRATS ET VACATIONS

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Qualité | Nombre | Objet du contrat/vacation | Durée (en mois) | Rémunération totale (DT) |
|----------------|--------|--|-----------------|--------------------------|
| Contr. | 1 | Doctorant modélisation | 12 | 6000 |
| Contr. | 1 | Master Modélisation | 12 | 4000 |
| Ing. | 1 | Modélisation parallèle | 12 | 17000 |
| Ingénieur | 1 | | 12 | 16800 |
| Post-doctorale | 1 | | 12 | 21600 |
| Doctorant | 02 | Modélisation | 12 | 10000 |
| Doctorant | 02 | Géochimie | 12 | 10000 |
| Technicien | 01 | Informatique | 12 | 5000 |
| Ingénieur | 01 | Ingénieur-Halieute | 12 | 10000 |
| ingénieur | 1 | Ingénieur cytométrie | 12 | 14000 |
| Thèse | 3 | Thèse | 12 | 18000 |
| Ingénieur | 01 | Développement | 12 | 14000 |
| Post doc | 1 | Processus moléculaires | 12 | 12000 |
| Ouvrier | 2 | Marin pêcheur | 12 | 7500 |
| Technicien | 3 | Collectes et analyses des échantillons | 12 | 10000 |
| Etudiant | 3 | Contrat de recherche | 12 | 18000 |
| | | | Total : | 193900 |

Année budgétaire: 2018

III-1- EQUIPEMENTS DEMANDES

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| N° | Désignation | Quantité | Coût total (DT) |
|---------|-------------|----------|-----------------|
| | | | |
| Total : | | | 000 |

III-2- SEJOURS SCIENTIFIQUES (en Tunisie ou à l'étranger)

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Grade | Nombre | Type du séjour (mission/stage) | Objet du séjour | Lieu et durée |
|------------------|--------|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| MA | 1 | Mission | Congrès scientifique | France |
| Pr | 1 | mission | Colloque/workshop | France :4jours |
| Doctorant | 1 | Stage | Modelisation biogeochimie | Italie |
| Pr | 1 | Mission | Modelisation biogeochimie | Tunisie |
| Professeur | 2 | mission | collaboration | MIO |
| Maitre assistant | 2 | mission | Congrès scientifique | OGS |
| Ingénieur | 1 | mission | Formation technique | Roscoff |
| Postdoc | 1 | Mission | Analyse des données | MIO |
| Doctorant | 1 | Stage | Analyse des données et comparaisons | MIO |
| MA | 02 | Mission | Modélisation | France/10 jours |
| Doctorant | 01 | Stage | Géochimie | France/10 Jours |
| Thésard | 1 | Stage | Rédaction de la thèse et articles | France. Laboratoire HydroSciences Montpellier (30 jours) |
| MA | 1 | Mission | Formation | Europe (10 jours) |
| MC | 1 | mission | Collaboration | Italie (7 jours) |
| A et MA | 1 | mission | Participation congrès | Europe (7 jours) |
| thèse | 1 | stage | Modélisation réseau trophique | Caen (à déterminer) |

III-3- CONTRATS ET VACATIONS

(Insérer autant de lignes que nécessaire)

| Qualité | Nombre | Objet du contrat/vacation | Durée (en mois) | Rémunération totale (DT) |
|------------|--------|--|-----------------|--------------------------|
| Contr. | 1 | Doctorant modélisation | 12 | 6000 |
| Contr. | 1 | Master Modélisation | 12 | 4000 |
| Ing. | 1 | Modélisation parallèle | 12 | 17000 |
| Ing. | 1 | Ingénieur | 12 | 16800 |
| Doctorant | 02 | Modélisation | 12 | 10000 |
| Doctorant | 02 | Géochimie | 12 | 10000 |
| Technicien | 01 | Informatique | 12 | 5000 |
| Ingénieur | 01 | Ingénieur-Halieute | 12 | 10000 |
| Ingénieur | 1 | Ingénieur cryométrie | 12 | 14000 |
| Thèse | 3 | Thèse | 12 | 18000 |
| Ingénieur | 1 | Développement | 12 | 14000 |
| Technicien | 1 | Collectes et analyses des échantillons | 12 | 10000 |
| Thésard | 3 | Contrat de recherche | 12 | 18000 |
| | | | Total : | 152800 |

Tableau récapitulatif du budget demandé pour le laboratoire

| Rubriques | Demandés (DT) | | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | Montants | | | |
| | 1 ^{ère} année (2015) | 2 ^{ème} année (2016) | 3 ^{ème} année (2017) | 4 ^{ème} année (2018) |
| Equipements Scientifiques | 287300 | 158600 | 81000 | 0 |
| Sous-traitance | 26000 | 32000 | 32000 | 13000 |
| Consommables et petits matériels | 49000 | 61000 | 61000 | 23000 |
| Missions : Tunisiens allant à l'étranger : frais de transport, timbre et frais de séjour. | 22500 | 24500 | 29500 | 27500 |
| Stages à l'étranger : frais de voyage, timbre et subventions de séjour. | 15000 | 11500 | 16500 | 10500 |
| Déplacement et hébergement en Tunisie | 5000 | 7000 | 7000 | 7000 |
| Organisation de rencontres scientifiques | 2000 | 2000 | 8000 | 12000 |
| Rémunération des contractuels | 162400 | 187900 | 193900 | 152800 |
| Documentations et frais d'accès aux réseaux et banques de données | 3000 | 8000 | 8000 | 6000 |
| Divers et frais de maintenance | 6000 | 7000 | 7000 | 5000 |
| Total par année | 578200 | 499500 | 443900 | 256800 |
| Total 2015-2018 | 1778400 | | | |