

MÉMOIRE

Présenté par : *FORMAN Pierre*

Dans le cadre de la **dominante d'approfondissement** :

Ingénierie de l'environnement IDEA

Stage effectué du (jj/mm/aa) : 09/03/2009 au 12/09/2009

À :

Fondation Total
2, place Jean Millier – La Défense 6
92078 Paris La Défense Cedex - France

Sur le **thème** :

Gestion d'une base de données biodiversité des grands fonds marins

Rapport confidentiel : OUI Date d'expiration de confidentialité : 31 / 12 / 2010

Pour l'obtention du :
DIPLÔME D'INGÉNIEUR D'AGROPARISTECH
Cursus ingénieur agronome
et du DIPLÔME D'AGRONOMIE APPROFONDIE

Enseignant/e-tuteur responsable de stage : Jean-Marc Gilliot

Maître de stage : Laure Fournier

Soutenu le: 23/09/2009

"Connaître l'océan, ce n'est pas seulement satisfaire notre curiosité. Il est probable que l'avenir de l'humanité en dépend"

(John Kennedy)

Remerciements

Je souhaite avant tout remercier l'ensemble de la Fondation Total où j'ai effectué mon stage de fin d'études, et plus particulièrement Laure Fournier, ma maître de stage, qui m'a appuyé et conseillé durant ces six mois, et avec qui j'ai eu grand plaisir à travailler mais aussi à discuter sur de nombreux et divers sujets. Je la remercie de la confiance qu'elle m'a accordée à la fois dans la gestion du projet Syndeep mais également pour mes autres missions.

Merci également à Karen Stocks, gestionnaire de bases de données au sein de Scripps Institution of Oceanography basée à San Diego pour m'avoir expliqué le fonctionnement d'Access et son application pour le projet.

Je pense aussi à toutes l'équipe du projet Syndeep pour leur aide lors de mes nombreuses interrogations sur la manière d'intégrer les champs dans la base de données: Paul Snelgrove, Eva Ramirez, Ashley Rowden, Craig Smith, Camilo Mora et Lenaick Menot. Sans oublier tous les scientifiques spécialisés dans les grands fonds marins qui ont participé au projet en fournissant les bases de données issus de leurs travaux de recensement.

Merci enfin à Stephanie, Samantha et Isabelle, pour leur accueil chaleureux, leur soutien et leur bonne humeur quotidienne.

Résumé

La présente étude a été réalisée au sein de la Fondation Total, et plus spécifiquement dans son champ d'activité de protection de la biodiversité marine. Le pôle biodiversité de la Fondation soutient aujourd'hui près d'une cinquantaine de projets dont le programme international de recensement de la biodiversité marine "Census of Marine Life" (CoML). Au travers de ce programme, le projet SYNDEEP a pour vocation de faire une synthèse des connaissances actuelles sur la biodiversité d'un milieu encore fortement méconnu : les grands fonds marins.

Cette synthèse a pour objectif de répondre à deux questions majeures.

- ❖ Quelles relations existent-ils entre l'hétérogénéité des habitats des grands fonds marins et la biodiversité qui y vit ?
- ❖ Quels sont les facteurs déterminant la diversité des communautés benthiques (proches du fond des mers ou des océans) profondes ?

Pour répondre à ces questions, le projet s'articule en deux parties : une première partie de création d'une base de données organisant l'ensemble des informations issues des inventaires de biodiversité dans les grands fonds marins et une seconde partie d'analyses basées sur la base de données créées.

L'objectif de mon projet consistait à créer cette banque de données. Les analyses des objectifs de Syndeep et des bases collectées auprès des scientifiques ont permis de penser le modèle conceptuel de la base (tables, champs indispensables, liens entre les tables). La structure physique de la base a ensuite été créée avec le logiciel Access, jugé le plus judicieux pour un tel projet international. La base se divise en six tables reliées entre elles par des clés primaires assurant l'unicité de chaque enregistrement. Ces tables contiennent les champs indispensables pour la synthèse Syndeep : identification des organismes, habitat, abondance, coordonnées, profondeur, matériel utilisé.

L'intégration des données dans la table a suivi. La base Syndeep contient aujourd'hui près de 60 bases de données collectées auprès de scientifiques spécialisés dans le domaine des grands fonds marins. Son alimentation par d'autres données doit cependant continuer (jusqu'à fin 2009).

L'exploitation de ces éléments, en dehors du projet Syndeep, pose une vraie question. Les responsables de Syndeep se sont en effet engagés à utiliser les données collectées uniquement dans le cadre du projet. Cependant, avec l'accord des scientifiques une fois leurs données exploitées, la publication de cette base permettrait de créer des liens et d'alimenter d'autres bases de données concernant les fonds marins (base OBIS de recensement global de la biodiversité marine, bases spécifiques à certains habitats).

Il est enfin essentiel de mettre en évidence l'importance d'un tel projet face aux enjeux de la découverte des grands fonds marins. En effet, l'immensité des ressources (tant au niveau biologique qu'énergétique et minéral) et les applications qui en découlent attisent les convoitises. Cependant, dans un objectif de préservation de ces écosystèmes, il est indispensable d'explorer et de mieux connaître ces milieux avant une exploitation future.

Le soutien de la Fondation apporté au projet Syndeep en accord avec le Groupe Total répond à cette nécessité. La mer est, en effet, un milieu dans lequel le Groupe exerce une grande partie de son activité industrielle. Total a déjà été partenaire de plusieurs campagnes d'études des grands fonds marins mais dans des zones géographiques d'intérêts énergétiques (Afrique de l'ouest, nord-est de l'océan Atlantique). Le partenariat mis en place avec Syndeep, projet géographiquement plus vaste, correspond à une logique et une volonté de la Fondation et du groupe Total d'élargir ses connaissances sur les fonds marins. C'est en effet en connaissant ces écosystèmes qu'il sera plus aisé de les préserver.

Table des matières

Remerciements	- 2 -
Résumé	- 3 -
I. Le contexte du projet SYNDEEP	- 7 -
A. La Fondation Total.....	- 7 -
1. Une Fondation historiquement dédiée a la biodiversité marine.....	- 7 -
2. Un statut particulier.....	- 7 -
3. Les missions du pôle biodiversité de la Fondation	- 8 -
B. Le programme « Census of Marine Life » (CoML).....	- 9 -
1. Les objectifs du CoML	- 10 -
2. Les projets du CoML	- 11 -
a) Connaître le passé	- 11 -
b) Faire un état des lieux du présent.....	- 11 -
c) Modéliser le futur.....	- 12 -
d) Laisser une empreinte concrète.....	- 12 -
3. Les projets du CoML soutenus par la Fondation	- 12 -
II. Le projet SYNDEEP : création d'une base de données	
« biodiversité des grands fonds marins »	- 14 -
A. Le modèle conceptuel de la base de données.....	- 15 -
1. Analyse des objectifs du projet Syndeep	- 15 -
2. Les champs indispensables	- 16 -
a) L'identification des organismes recensés	- 16 -
b) Les habitats des grands fonds marins.....	- 16 -
c) Les équipements utilisés lors des campagnes	- 19 -
d) L'abondance.....	- 21 -
e) La profondeur - Les coordonnées géographiques.....	- 21 -
f) La cession des droits pour les bases de données.....	- 21 -
3. Analyse des bases de données collectées.....	- 24 -
a) La collecte des bases de données	- 24 -
b) L'analyse des bases de données fournies par les scientifiques	- 24 -
B. Le modèle physique de la base de données.....	- 27 -
1. Le choix du logiciel Microsoft Access	- 27 -
2. La construction de la base de données.....	- 27 -
C. La démarche type d'importation dans la base Syndeep.....	- 31 -
1. Le travail préliminaire.....	- 31 -
2. L'intégration à la base Syndeep	- 33 -
III. La Base de données et ses applications	- 36 -
A. Le résultat et les applications potentielles de la base de données Syndeep	- 36 -
1. La base de données	- 36 -
2. Les applications potentielles	- 38 -
B. L'intérêt d'une meilleure connaissance des grands fonds marins : exemple du groupe Total	
40 -	
1. Les autres ressources à enjeu:	- 40 -
a) Les ressources énergétiques	- 40 -
b) Les ressources minérales.....	- 41 -
c) Les ressources en eau.....	- 41 -
2. Les bénéfices pour le groupe Total	- 42 -
CONCLUSION	- 43 -
Acronymes	- 45 -
Bibliographie	- 46 -

INTRODUCTION

L'industrie pétrolière est très souvent critiquée pour les impacts environnementaux qu'elle engendre. Les catastrophes écologiques et marées noires ont fortement marqué l'opinion publique (De l'Amoco Cadiz à l'Erika). Extraire, transformer et distribuer le pétrole est, en effet, une activité à fort risque pour les grands compartiments du milieu que sont les eaux, l'air, les sols, et par voie de conséquence pour les biotopes et leur biocénose. Produisant de l'énergie à partir de ressources naturelles, le Groupe Total a depuis longtemps compris les enjeux l'associant au respect de l'environnement et à la protection de la biodiversité.

Total S.A est une société anonyme de droit français, créée en France en mars 1924. C'est aujourd'hui, hors grandes compagnies nationales (RAMCO en Arabie Saoudite, PDVSA au Venezuela), le cinquième major pétrolier mondial par sa capitalisation boursière, derrière Exxon/Mobil, Shell, BP et Chevron/Texaco. La société affiche, en 2008, un chiffre d'affaires de 187 milliards de dollars, et une capacité de production de 2,34 millions de barils équivalent pétrole par jour. Présent dans plus de 130 pays, le Groupe exerce ses activités dans tous les segments de l'industrie pétrolière : Amont¹, Aval² et Chimie³. TOTAL détient en outre des participations dans des mines de charbon et dans le secteur des énergies renouvelables (photovoltaïque, éolien) et a établi, en début d'année 2008, un partenariat avec Areva et Suez pour proposer un projet de centrale nucléaire à Abu Dhabi.

La biodiversité, qui fait aujourd'hui partie des exigences du Groupe en matière environnementale et sociétale, s'inscrit dans une démarche de longue date. Avec la politique biodiversité validée en Comité exécutif, la parution du « Guide pratique Biodiversité », et dès 1992 la création de la Fondation Total, le Groupe se veut un acteur important dans la préservation de la biodiversité.

La Fondation a pour but de soutenir des projets en lien avec la biodiversité marine (projets de recherche, de réhabilitation et de sensibilisation). Un partenariat a ainsi été établi avec un programme international de recherche sur la biodiversité marine, le Census of Marine Life. La Fondation est contributeur de ce programme sur trois projets majeurs et une synthèse concernant les grands fonds marins : le projet Syndeep

¹ Dans le vocabulaire pétrolier, l'Amont, ou *Upstream* en anglais, regroupe les activités premières de la chaîne pétrolière : exploration des sous-sols en vue de localiser les gisements d'hydrocarbures, et mise en production des gisements.

² Dans le vocabulaire pétrolier, l'Aval, ou *Downstream* en anglais, regroupe les activités en aval de la production de pétrole brut, c'est à dire le raffinage, la distribution (transport, stockage et vente), et le négoce.

³ Pétrochimie, fertilisants, spécialités telles que résines et adhésifs, transformation des élastomères avec par exemple Mapa Spontex, chimie industrielle...

L'objectif du projet Syndeep est de réaliser une synthèse des connaissances sur la biodiversité des grands fonds marins. Pour cela, deux questions ont été posées:

- ❖ Quelles relations existent-ils entre l'hétérogénéité des habitats des grands fonds marins et la biodiversité qui y vit ?
- ❖ Quels sont les facteurs déterminant la diversité des communautés benthiques (proches des fonds marins) profondes ?

Pour répondre à ces questions, il était nécessaire de regrouper le maximum de données accumulées depuis des décennies concernant le profond marin. La présente étude a donc pour but de créer cette base de données et d'en analyser les utilisations potentielles et les enjeux.

Ce rapport présente tout d'abord la Fondation Total, organisme dans lequel j'ai réalisé mon stage de fin d'études ainsi que le programme Census of Marine Life, partenaire de la Fondation et initiateur du projet Syndeep. Suivra ensuite la démarche de création de la base de données: du modèle conceptuel (réflexion concernant les objectifs du projet, identification de champs indispensables, analyse des bases de données collectées) au modèle physique (création de la base et intégration des données). Enfin, les utilisations possibles de la base créée et les enjeux liés à la connaissance de la biodiversité des grands fonds sont analysés.

I. Le contexte du projet SYNDEEP

A. La Fondation Total

1. Une Fondation historiquement dédiée à la biodiversité marine

A sa création en 1992, la Fondation était consacrée à la sauvegarde de l'environnement, en particulier à l'aide au maintien de la diversité végétale et à la protection des écosystèmes dans trois zones privilégiées : Bassin méditerranéen, Asie du sud-est et Moyen orient.

En 1997, la Fondation a choisi de recentrer ses projets sur le domaine de la biodiversité marine et côtière. En effet, la mer est un élément dans lequel Total exerce une grande partie de son activité industrielle. Le choix d'un axe spécifique cohérent avec les activités du Groupe a permis également d'éviter une banalisation de la Fondation Total dans un contexte d'émergence de plusieurs Fondations de recherche.

En janvier 2008, la prorogation de la « Fondation Total pour la biodiversité et pour la mer » s'est traduite par un élargissement de ses domaines d'actions ainsi que de son budget pluriannuel. La « Fondation Total », ainsi renommée, déploie aujourd'hui son activité dans trois champs d'activité :

- La solidarité, au travers de deux programmes complémentaires : dans les pays d'implantation du Groupe, la prévention des pandémies aux côtés de l'institut Pasteur, et en France la lutte contre l'exclusion sociale et plus particulièrement l'éviction scolaire ;
- La culture, au travers d'un partenariat avec la Fondation du Patrimoine et diverses institutions qui font rayonner la culture française et le dialogue des cultures ;
- L'environnement, et plus particulièrement la biodiversité marine.

La refonte de la Fondation a probablement entraîné une perte de visibilité concernant les actions spécifiques au pôle biodiversité marine. Toutefois, la visibilité globale de la Fondation s'en est trouvée valorisée.

2. Un statut particulier

La Fondation d'entreprise possède un statut particulier. C'est une personne morale à but non lucratif. Elle est financièrement dépendante du Groupe (dotation de 50 M€ pour 5 ans pour les trois

pôles, soit 3,3 M€ par an pour chaque pôle) mais indépendante structurellement. Elle a, en effet, libre-arbitre dans le choix des projets et est libre de gérer son budget.

Ce statut « Fondation d'entreprise » confère à la structure un caractère indépendant intéressant. En effet, si l'entreprise fondatrice est amenée à disparaître, la Fondation continuera à fonctionner pour achever sa période d'activité. Les projets de recherche soutenus ont donc la garantie d'être aidés financièrement jusqu'au bout de la période prévue.

L'entreprise fondatrice, elle, trouve dans la création d'une Fondation également un avantage, d'ordre fiscal cette fois. En effet, la dotation délivrée à la Fondation est déductible des bénéfices de l'entreprise. Le groupe Total bénéficie également de la Fondation en termes d'image. En effet, les trois champs d'activités développés aujourd'hui par la Fondation (santé, culture et biodiversité) sont des thématiques consensuelles et sont des excellents facteurs d'intégration sociétale. Le Groupe peut ainsi renforcer son « acceptabilité » auprès des différentes parties prenantes.

3. Les missions du pôle biodiversité de la Fondation

Concernant le pôle biodiversité, trois axes directeurs d'intervention ont été définis:

❖ La recherche dans le domaine de la biodiversité

Les programmes de recherche visent à mieux connaître les ressources du milieu marin, à renforcer la connaissance des écosystèmes marins et des enjeux liés à leur préservation. Le maintien du potentiel évolutif des espèces et la sauvegarde des milieux naturels constituent les enjeux fondamentaux de ce volet.

❖ La réhabilitation des écosystèmes

Les projets soutenus sont destinés à réhabiliter des écosystèmes fragiles (prioritairement les zones humides), à préserver les espèces rares et menacées qui y vivent et à lutter contre les espèces envahissantes qui en perturbent l'équilibre.

❖ La sensibilisation et l'éducation

Une partie du budget est consacrée à la diffusion des connaissances par des opérations d'information, de sensibilisation et d'éducation centrées sur les enjeux d'une utilisation rationnelle des ressources naturelles.

La Fondation assure ainsi le soutien de projets de recherche, de réhabilitation ou de sensibilisation concernant des problématiques de biodiversité marine. Quelques exemples de projets de la

Fondation et de partenariats mis en place sont disponibles en annexe (cf. « *Exemples de projets de la Fondation Total* » *Annexe 1*)

Aujourd'hui, le pôle biodiversité de la Fondation soutient une cinquantaine de projets. Les projets soutenus par le pôle biodiversité de la Fondation peuvent avoir deux origines :

- Les projets dits « internes » émanant de propositions des filiales ou des collaborateurs du Groupe. Les projets sont alors évalués par un comité d'évaluation présidé par Laure Fournier et regroupant des représentants de chaque branche du groupe Total (E&P, R&M, GEN, Chimie, Communication, DDE, DS).
- Les projets dits « externes » proposés par des partenaires extérieurs (organismes de recherche). Les projets externes sont, eux, évalués par le Comité de direction. Celui-ci est présidé par Thierry Desmaret et regroupe trois collaborateurs du Groupe ainsi que neuf personnalités extérieures représentant des partenaires scientifiques « historiques » de la Fondation tels que le CNRS, l'IFREMER, l'IUCN, le Museum national d'Histoire Naturelle, le Conservatoire du littoral.

L'évaluation des projets se réalise sur la base d'une fiche projet qui comprend plusieurs critères de validation (pertinence scientifique, partenaires bien identifiés, budget détaillé et volet sensibilisation).

Parmi les programmes retenus de recherche sur la biodiversité marine, la Fondation a établi un partenariat avec un vaste programme d'inventaire mondial de la biodiversité marine : le programme « *Census of Marine Life* ». La Fondation soutient, en effet, sur les dix-sept projets du programme en cours, trois projets sur la connaissance des fonds marins (CheSS, COMARGE, DNA Barcoding) et une synthèse des connaissances sur la biodiversité des grands fonds marins : le projet SYNDEEP.

B. Le programme « *Census of Marine Life* » (CoML)

La convention des Nations-Unies sur la diversité biologique définie à Rio de Janeiro le 5 juin 1992, incite à la collecte d'informations sur les ressources vivantes. De nombreuses études et bases de données existent pour le milieu terrestre mais il y a moins d'une dizaine d'années, il n'existait pas encore de pendant pour le monde sous-marin. En effet, la mer est encore aujourd'hui un milieu fortement méconnu et la majeure partie des océans reste inexplorée.

Or, le maintien de la pêche commerciale, la conservation de la biodiversité, la réhabilitation de certains habitats et la réduction des impacts liés à la pollution et aux changements climatiques sont

autant de raisons d'ordre aussi bien biologiques que politiques et économiques de relever ce défi de la connaissance du milieu marin et de la vie qu'il abrite.

Les études réalisées par le programme « Censu of Marin Life » ont pour but de combler ces lacunes. Elles permettront de mieux comprendre l'état actuel de ce milieu et d'ainsi aider les futures décisions de gestions des ressources marines (notamment biologiques).

1. Les objectifs du CoML

Le CoML, soutenu par la Fondation, est un vaste programme international sur 10 ans (2000-2010). Un réseau international de chercheurs de plus de 80 pays prend part au programme, financé par des instances gouvernementales d'une cinquantaine de pays et par des agences spécialisées des Nations-Unies à hauteur de 1 milliard de dollars sur 10 ans.

Le CoML a pour but de coordonner, durant les dix années de projet, les activités d'exploration biologique du monde marin de manière à parvenir à une évaluation de l'état de la biosphère océanique et à modéliser son évolution. Le programme tente de répondre à trois questions :

- **Qu'est-ce qui vivait hier dans l'océan ?**
- **Qu'est-ce qui y vit aujourd'hui ?**
- **Qu'est-ce qui y vivra demain ?**

L'état des lieux de la biodiversité marine doit notamment porter sur trois points majeurs : diversité, distribution et abondance.

➤ Diversité:

Ce volet a pour objectif d'obtenir, pour la première fois, une liste globale de toutes les formes marines existantes. Avant 2000, on dénombrait approximativement 230 000 espèces marines répertoriées dans les muséums d'histoire naturelle. Depuis le début du projet Censu, presque 6 000 nouvelles espèces ont été identifiées. La base de données réalisée pour le projet inclut déjà plus de 16 millions d'enregistrements du passé ou plus récents. En parallèle, une estimation du nombre d'espèces encore inconnu est en cours. On compterait jusqu'à 1,5 millions le nombre d'espèces sous-marines encore à découvrir en incluant les protistes soit approximativement le nombre d'espèces terrestres végétales et animales.

➤ Distribution :

Le but de celui-ci est de réaliser des cartographies des distributions des espèces mais également des milieux où elles sont potentiellement présentes. Il a également pour mission de définir les possibles modifications dues aux changements climatiques.

➤ Abondance :

Ce dernier volet doit enfin permettre de recenser l'abondance des espèces par comptage ou par la quantité de biomasse, calculée en Kg.

Pour atteindre ses objectifs, le CoML s'est organisé en 17 projets.

2. Les projets du CoML

Parmi ces 17 projets, le CoML regroupe aussi bien des projets globaux de découverte de la vie passée et de modélisation du futur, que des projets plus spécifiques s'intéressant à des habitats ou des espèces. La stratégie mise en place se divise en quatre grands objectifs.

a) Connaître le passé

Les chercheurs du CoML veulent retracer l'histoire des populations animales. Ce programme s'appelle « History of Marine Animal Populations » (HMAP). Des équipes de scientifiques, d'historiens et d'économistes travaillent donc ensemble pour réaliser des études dans une dizaine de régions du globe (Australie, Afrique...) et ainsi donner un aperçu de ce que pouvait être le monde marin dans le passé. Cet historique se révèle majeur pour distinguer la contribution des effets de l'activité humaine aux évolutions actuelles de la biodiversité marine.

b) Faire un état des lieux du présent

Le but est de découvrir ce qui vit aujourd'hui dans les océans. 14 projets (sur les 17 du CoML) ont ainsi été lancés. Ils concernent aussi bien des types d'habitats spécifiques que des groupes d'organismes marins.

On peut, par exemple, citer « Census of Coral Reefs » (CReefs) qui veut faire un bilan des écosystèmes coralliens, ou encore « Tagging of Pacific Predators » (TOPP) qui utilise des techniques de marqueurs pour étudier la migration des grands prédateurs marins.

c) Modéliser le futur

Qu'est ce qui vivra dans les océans dans le futur ? Les scientifiques du projet « Future of Marine Animal Populations » (FMAP) tentent de répondre à cette question à l'aide de simulations et de modélisations pour réaliser des prévisions sur les populations marines et les écosystèmes du futur.

d) Laisser une empreinte concrète

Depuis 9 ans maintenant, les chercheurs du Census ont découvert des nouvelles formes de vie mais également de la vie dans des lieux insoupçonnés. Ils ont utilisé des nouvelles technologies sophistiquées qui permettent et permettront encore des découvertes inattendues. Au vu de la quantité immense de données récoltées, il est apparu indispensable pour le CoML de travailler sur la manière de laisser une empreinte de toutes ces études.

La constitution du premier catalogue de recensement de la vie marine jamais réalisé sera ainsi le rendu majeur du programme. Il doit paraître en 2010. En parallèle, la création de bases de données et la rédaction de synthèses concernant certains habitats, certaines espèces sont devenues des priorités.

Dans cet objectif, une synthèse sur les connaissances actuelles de la biodiversité des grands fonds marins va voir le jour : c'est le projet SYNDEEP. Jusque dans les années 1970, on pensait toute vie impossible dans les grands fonds, mais à partir de la seconde moitié des années 1970, on a commencé à y trouver de nombreuses espèces vivantes et des types d'habitats vraiment spécifiques abritant des oasis de vie intense. Dès lors, des campagnes ont permis de récolter des données d'observation d'espèces, d'habitats, de caractéristiques du milieu, d'analyses des fonds marins... L'étendue de ces découvertes ont alors incité les responsables du programme CoML à vouloir réaliser une synthèse sur ce milieu des grands fonds marins.

Cette synthèse, en plus de trois autres projets sur les 17 du CoML, est soutenue par la Fondation.

3. Les projets du CoML soutenus par la Fondation

Trois projets du CoML et une synthèse sont ainsi soutenus par la Fondation:

- **ChEss** (Chemosynthetic Ecosystem Science)

Ce projet a pour but de déterminer la répartition biogéographique des écosystèmes chimiosynthétiques profonds à une échelle globale et de comprendre les processus qui dirigent leur fonctionnement.

- **COMARGE** (Continental Margins)

L'objectif général de COMARGE est de décrire la biodiversité des communautés benthiques dans différents types d'habitats sur les marges continentales et d'évaluer les liens entre l'hétérogénéité de l'habitat et la biodiversité des communautés benthiques.

- **DNA Barcoding**

Ce programme a pour objectif l'étude et la classification par Code barre ADN des espèces coralliennes de la Grande Barrière de corail en Australie. L'identification des espèces par code barre ADN est une technique de recensement par la génétique qui se développe fortement. On estime à 50 000 le nombre d'espèces répertoriées en 2010 grâce à cette technologie.

- **SYNDEEP**

Parmi les trois projets d'origine soutenus par la Fondation Total, deux (ChEss, COMARGE) concernent les grands fonds marins. Il était donc logique pour la Fondation d'être partie intégrante de ce projet de synthèse sur la biodiversité des grands fonds marins.

Le travail à réaliser pour cette synthèse se divise en deux étapes bien distinctes : une première partie de création d'une base de données regroupant le maximum d'observations concernant les grands fonds marins et une seconde partie d'analyse de cette base.

Le soutien de la Fondation pour ce type de projet est financier mais elle m'a également mis à disposition du projet Syndeep pour l'étape de création de la base de données.

II. Le projet SYNDEEP : création d'une base de données

« biodiversité des grands fonds marins »

Le projet SYNDEEP a été initié, en 2008, par les responsables de cinq projets du CoML actuellement en cours d'étude sur les grands fonds marins :

- **COMARGE**
- **ChEss**
- **CeDAMar** (Census of Diversity of Abyssal Marine Life)

Projet de recensement de la diversité des plaines abyssales pour comprendre l'évolution et les facteurs écologiques qui ont un impact sur la biodiversité.

- **CenSeam** (Global Census of Marine Life on Seamounts)

Etude des écosystèmes des monts sous-marins afin de déterminer leurs rôles au niveau de la biogéographie, de la biodiversité et de la productivité mais également afin d'évaluer les effets de l'exploitation humaine.

- **MAR-ECO** (Mid-Atlantic Ridge Ecosystem Project)

Etude d'exploration de la macrofaune de la marge océanique atlantique.

L'objectif de Syndeep est de faire la synthèse des connaissances de la biodiversité des grands fonds marins. Pour cela, la synthèse devra répondre à deux questions majeures :

- ❖ Quelles relations existent-ils entre l'hétérogénéité des habitats des grands fonds marins et la biodiversité qui y vit ?
- ❖ Quels sont les facteurs déterminant la diversité des communautés benthiques profondes ?

Pour répondre à ces deux questions posées, il était nécessaire de regrouper le maximum de données d'inventaires de la biodiversité marine au sein d'une unique base de données. Ce recensement doit être la base de l'analyse entreprise.

Mais les nombreuses campagnes de recensement réalisées depuis plusieurs décennies avaient des objectifs différents. Les bases de données créées répondent à leurs propres objectifs et présentent donc une diversité de structure et de champs. La difficulté consistait alors à structurer une unique base de données, de telle sorte qu'elle puisse intégrer tous les champs nécessaires à l'étude et que son utilisation soit optimisée pour l'analyse future.

Pour cela, en tant que créateur et gestionnaire de la base de données, ma mission était de construire la structure de la base et d'intégrer les observations collectées. Je devais donc tout d'abord réfléchir

aux deux questions posées et analyser les bases de données récoltées pour imaginer le modèle conceptuel de la base. Ont suivi la création du modèle physique de la base et l'importation des données.

A. Le modèle conceptuel de la base de données

1. Analyse des objectifs du projet Syndeep

Le projet Syndeep pose donc deux grandes questions :

❖ Quelles relations existent-ils entre l'hétérogénéité des habitats des grands fonds marins et la biodiversité qui y vit ?

L'environnement profond dans sa grande majorité est constituée de vastes étendues de sédiments meubles mais ils existent également des habitats très particuliers tels que les sites hydrothermaux, les suintements froids, les massifs de coraux. Chacun de ses habitats se caractérise par des communautés animales distinctes. A ceci se superpose le fait que la répartition des communautés animales varie en fonction de la profondeur, quelque soit les habitats considérés.

La question est de savoir quelle est la contribution de chacun de ses habitats à la biodiversité du profond ? Y a-t-il une relation entre hétérogénéité des habitats et diversité des organismes ?

Il s'agit donc de quantifier le taux de renouvellement des espèces en fonction des d'habitats (diversité beta).

❖ Quels sont les facteurs déterminant la diversité des communautés benthiques profondes ?

L'objectif est ici de comprendre les variations de diversité alpha, c'est à dire la diversité propre à chacun des habitats. Par exemple, pourquoi le milieu abyssal est en général moins diversifié que le milieu bathyal, les suintements froids moins diversifiés que les sédiments meubles....L'une des hypothèses est que la diversité est une fonction parabolique de la productivité (capacité de l'écosystème à accumuler de la biomasse): la diversité est faible lorsque la productivité est faible ou lorsque la productivité est forte et la diversité est maximale pour des valeurs intermédiaires de productivité. Il faut aussi noter que ces écarts de productivité sont énormes en milieu profond: variations suivant un gradient bathymétrique, du haut de la pente vers les abysses mais aussi différences entre écosystèmes chimiosynthétiques et écosystème détritique (basé sur les détritiques de

la production primaire de surface) et différences entre écosystèmes chimiosynthétiques (les sites hydrothermaux sont en général plus productif que les suintements froids).

L'objectif est donc de trouver une relation entre diversité et productivité.

A partir de l'analyse de ces objectifs, il était possible de faire ressortir les principaux champs utiles pour répondre à ces questions.

2. Les champs indispensables

a) L'identification des organismes recensés

Il est tout d'abord important de noter que les différents équipements de recensement ne permettent pas de cibler les mêmes organismes. Il nous sera donc indispensable de connaître en premier lieu quels types d'organismes sont visés lors des campagnes : la microfaune (bactéries), la méiofaune (entre 32 μm et 1mm), la macrofaune (entre 250 μm et 1mm) ou encore la mégafaune (supérieur à 2cm).

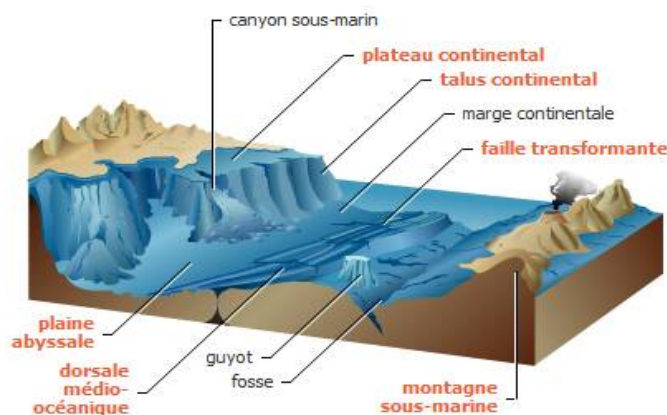
Ensuite, pour pouvoir mettre en évidence différents facteurs agissant sur la biodiversité, il est nécessaire d'identifier les organismes en présence. L'identification la plus précise est désirée ; il est ainsi espéré le genre et l'espèce de chaque individu. Mais la provenance très large des données collectées nous laisse penser que certaines identifications ne seront pas toujours précises (objectifs du scientifique autres que le recensement des espèces). Il sera donc nécessaire de se procurer le niveau taxonomique déterminé le plus précis (par ordre décroissant de précision : Règne, Phylum, Classe, Ordre, Famille). Ce taxon servira à prénommer l'organisme et sera utilisé comme unique identifiant dans une table regroupant les informations taxonomiques.

Pour compléter cette table (niveaux taxonomiques supérieurs au taxon déterminé), nous utiliserons le programme en ligne du site internet WoRMS (World Register of Marine Species). En effet, ce programme permet à partir du taxon identifié de connaître et remplir automatiquement tous les taxons supérieurs.

b) Les habitats des grands fonds marins

Pour mettre en relation biodiversité et habitats, il est également nécessaire de connaître l'habitat de la zone géographique étudiée.

Le fond des océans présente, en effet, une morphologie très en relief avec des chaînes de montagne sous-marines, des volcans tout au long de la dorsale océanique et d'immenses plaines abyssales bordées de fosses gigantesques.



Coupe des fonds océaniques (Source: Encarta)

La diversité de ces fonds marins crée de nombreux types d'habitats divers et variés où les organismes se sont installés en développant des métabolismes bien particuliers face aux conditions extrêmes de l'environnement. Ces habitats, dans leur grande majorité, sont constitués de vastes étendues de sédiments meubles mais ils existent également des habitats très particuliers tels que les sites hydrothermaux, les suintements froids, les massifs de coraux. Chacun de ces habitats se caractérise par des communautés animales distinctes.

- Les plaines abyssales et les sédiments meubles:

La distinction entre « sédiments meubles » et « plaines abyssales » n'est aujourd'hui encore pas très bien définie. La profondeur est généralement prise comme facteur de distinction (sédiments meubles <3000m < plaines abyssales). Cela n'est cependant pas accepté par toute la communauté scientifique.

Ce type de fond constitue un habitat aux conditions extrêmes (pour les plaines abyssales : température aux environs de 2°C, pression énorme (400 Bar à 4000m), absence de lumière, nourriture rarissime). En l'absence de lumière et donc de production photosynthétique locale, la vie dépend pour premier maillon de la chaîne alimentaire, des apports organiques de surface (pluie de particules issues du plancton, déjections, carcasses...).

La faune est ici très dispersée mais la surface représentée (57% de la surface terrestre) font des sédiments meubles et des plaines abyssales des habitats où l'on peut trouver une biodiversité immense.

- Les sites hydrothermaux :

La circulation hydrothermale provient de l'eau de mer (dense et froide) qui réagit avec la roche chaude magmatique (températures excédant 350°C). Le fluide chaud transformé et moins dense remonte vers la surface et jaillit à l'axe de la dorsale sous la forme de « fumeur noir ». Sa composition varie en fonction des roches traversées mais le fluide est généralement très chaud (350°C), anoxique et acide (pH voisin de 3). Il est très riche en éléments tels que les sulfures, le méthane, le gaz carbonique, l'hélium, l'hydrogène et contient de nombreux éléments peu représentés dans l'eau de mer (Li, Mn, Fe, Ba, Cu, Zn, Pb, SiO₂). Il ne contient en revanche que très peu de sulfates, de nitrates, de phosphates et de magnésium.

Lorsque le fluide est émis sans dilution préalable, les sulfures polymétalliques précipitent pour former les édifices hydrothermaux lors du mélange avec l'eau de mer.

On peut noter différents types de sources:

- Les fumeurs noirs : décrits ci-dessus, ces sources se développent sur l'axe des dorsales océaniques. Elles se présentent sous forme de cheminées.
- Les fumeurs blancs : ils rejettent du sulfate de calcium à des températures moins élevées (entre 200 et 300 degrés), leurs eaux n'ayant pas pénétré aussi profond dans la croûte océanique. Et entre les noirs et les blancs, il y a toutes les nuances de gris.

Au niveau des sources hydrothermales des grands fonds océaniques, les fluides expulsés contiennent, comme nous venons de le voir, de nombreux composés chimiques réduits (dont l'hydrogène, le méthane, le gaz carbonique, etc). En absence de lumière, les microorganismes à la base de la chaîne alimentaire tirent leur énergie de l'oxydation de composés minéraux (ils sont dits chimiotrophes) et utilisent le CO₂ ou les carbonates comme source de carbone (ils sont à ce titre autotrophes) pour produire leurs constituants cellulaires. Ils sont dits "chimiosynthétiques".

Les peuplements d'organismes associés aux émissions hydrothermales sont localisés principalement dans la vallée axiale de la dorsale. Un site hydrothermal couvre des surfaces réduites (quelques centaines de mètres carrés) et regroupe en général plusieurs cheminées ainsi que des zones d'émissions diffuses. Les peuplements sont en général limités à la zone où est détectée une anomalie de température.

Dans un site hydrothermal, les organismes se répartissent en fonction de leurs préférences écologiques et de leur capacité à résister à l'agressivité du milieu. Les différentes espèces sont disposées en auréoles concentriques autour des bouches hydrothermales. Ainsi, les cheminées sont le plus souvent habitées par une vie microbienne bien développée. Aux alentours, des palourdes,

des vers, des crabes et autres macroorganismes se nourrissent de ces communautés microbiennes qui forment le premier maillon de la chaîne.

- Les suintements froids :

On les trouve le long des marges continentales. Dans les zones où le fond est meuble, les sédiments laissent suinter du pétrole, des gaz ou de l'eau chargée de lipides et autres substances organiques. Ces substances chimiques complexes deviennent des sources d'énergie pour des communautés locales d'organismes microscopiques ou macroscopiques qui s'en nourrissent.

- Les monts sous-marins :

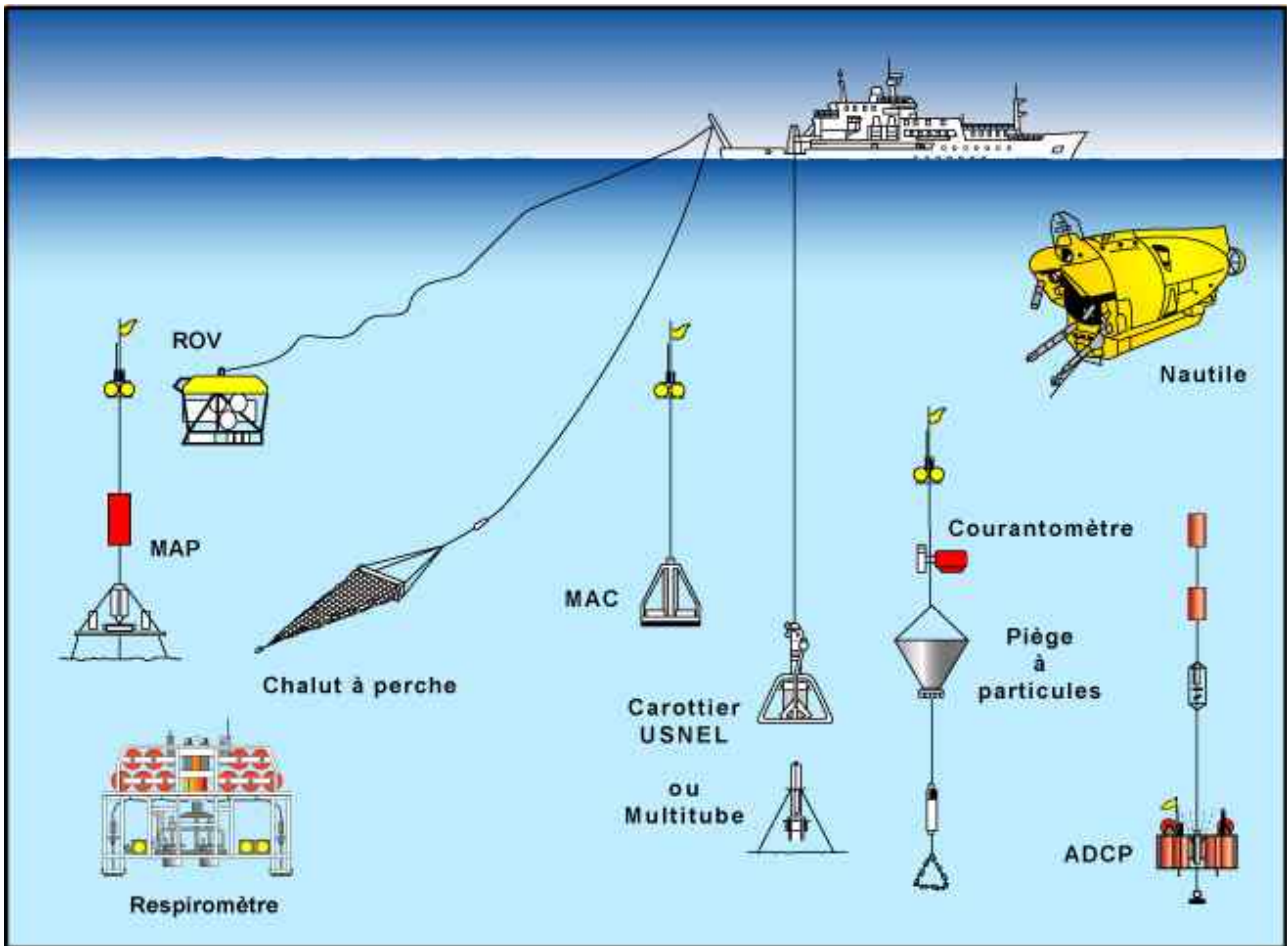
Les monts sous-marins ont généralement une origine volcanique et certains habitats peuvent donc être associés aux sites hydrothermaux. Les monts sous-marins forment souvent des zones peu profondes, hospitalières à la vie marine, fournissant des habitats pour des espèces marines endémiques, et dont certaines sont désormais très pêchées. On y trouve des communautés typiques de coraux froids, d'éponges qui servent d'habitats à plusieurs espèces de poissons ayant une valeur écologique et commerciale (espadons, thons, requins, tortues, baleines).

c) Les équipements utilisés lors des campagnes

Plusieurs méthodes de prélèvement permettent d'obtenir un échantillon des espèces présentes dans un milieu. Ensuite, on déterminera en laboratoire, quelles espèces sont présentes et en quelle quantité.

Dans les grands fonds marins, nous avons pu voir qu'il est possible de trouver des étendues de zones à inventorier très variable en fonction du type d'habitat. Ainsi, les plaines abyssales et les zones de sédiments meubles peuvent s'étendre sur des centaines de kilomètres. La biodiversité est alors largement dispersée (biomasse benthique abyssale généralement comprise entre quelques grammes et quelques milligrammes de matière organique par mètre carré). En revanche, la biodiversité des sites hydrothermaux et suintements froids est véritablement localisée et concentrée à proximité des bouches.

Les méthodes de recensement utilisées sont donc logiquement différentes selon le milieu étudié. Il est alors primordial de bien prendre en considération les méthodes et les surfaces inventoriées afin de pondérer les résultats obtenus.



Principaux équipements utilisés par les biologistes en environnement profond (Source: IFREMER)

Pour exemple, nous pouvons citer trois méthodes de prélèvements couramment utilisées :

- Le carottier USNEL

Il est muni d'une boîte cubique qui va prélever un échantillon de sédiments de l'ordre du demi-mètre cube. Il est utilisé pour l'étude de la macrofaune benthique.

- Le carottier multitubes

Constitués de plusieurs tubes, il permet le prélèvement de sédiments. Le diamètre des tubes est de l'ordre de 25cm² donc la meiofaune et la microfaune sont principalement visées par cet équipement.

- Le chalut à perche

Il est utilisé pour la récolte de la mégafaune. Pour exemple, les chaluts utilisés par l'IFREMER ont un filet d'une longueur de 16m, une largeur de 6m à l'ouverture et 1,4m au cul. La taille des mailles décroît de 2cm à l'ouverture à 1cm au cul.

Les équipements utilisés constituent un champ fondamental. Cette donnée doit être accompagnée du maximum de détails (taille des mailles du filet pour un chalutage, surface inventoriée, nombres de tubes étudiés pour un carottier multitubes...) pour permettre des comparaisons entre échantillonnages.

d) L'abondance

Pour mettre en évidence les facteurs déterminant la diversité des communautés benthiques profondes, il sera nécessaire de trouver une relation entre diversité et productivité. Pour cela, il est important de connaître l'abondance de chaque organisme répertorié dans son habitat. Cette abondance peut-être obtenue de deux manières :

- Le comptage : chaque individu répertorié est compté.
- La quantité de biomasse : on mesure ici le poids représenté par chaque espèce recensée (unité choisie : le gramme).

Dans une table regroupant les informations propres à l'observation (nom de l'organisme, site de l'inventaire...), deux colonnes distinctes permettront de gérer ces deux méthodes de détermination de l'abondance.

e) La profondeur - Les coordonnées géographiques

Deux autres facteurs se révèlent indispensables pour remplir les objectifs de notre étude : la profondeur, présentée comme ayant une influence potentielle majeure sur la diversité biologique mais également les coordonnées géographiques pour pouvoir localiser les habitats en question et mettre en relation des habitats de zones géographiques différentes.

f) La cession des droits pour les bases de données

Ce champ ne nous sera pas utile pour l'analyse à proprement parler mais est indispensable dans la démarche scientifique de Syndeep. Les scientifiques disposent, en effet, de droits de propriétés sur les données. Il est donc indispensable, lors de l'utilisation d'une base collectée, de demander aux chercheurs ou aux auteurs des publications, l'autorisation d'utiliser leurs données.

En tant que gestionnaire de la base de données, j'ai donc rédigé un « Data Use Agreement » (cf. page suivante) qui doit être rempli et signé par le scientifique. Ce contrat permet l'utilisation des données mais engage les responsables de Syndeep à utiliser ces données uniquement dans le cadre du projet Syndeep.

Ce contrat présente brièvement le CoML, Syndeep et reprend les principales informations concernant la base de données envoyée (contacts du scientifique, nom de la base de données, types d'habitats, type de substrat, type d'organismes inventoriés). Il est surtout demandé au scientifique de bien compléter les champs des partenaires financiers du projet mais aussi les références des publications (ou la manière de citer les données utilisées si celles-ci ne sont pas encore publiées).

Please return this form to:
 Pierre Forman
 Syndeep data manager
 Email: pforman@sdsc.edu
 Fax: +1 858 534 5117

Data Use Agreement

Census of Marine Life's SYNDEEP project

The Census of Marine Life is a ten-year initiative to describe the biodiversity of the world's oceans. The main goal in SYNDEEP is to conduct a meta-analysis of patterns of deep-sea biodiversity and the potential processes that drive those patterns. To achieve these goals, SYNDEEP is seeking to access deep-sea data from key regions, taxa, and ecosystems (e.g. continental margins, seamounts, abyssal plains, mid-ocean ridges, vents and seeps).

Dataset Name:

Provider name:

Date:

Affiliation:

Email:

Phone:

Fax:

All data used will be fully credited in any publications.

Credits- Data are:

Published, please provide the reference of the paper:

Unpublished, please provide credits (authors, title of the dataset,...):

Syndeep can also acknowledge funding support. Please indicate how to acknowledge your funding if desired:

Habitats:

Abyssal <input type="checkbox"/>	Canyon <input type="checkbox"/>	Coral Mound <input type="checkbox"/>	OMZ <input type="checkbox"/>	Open slope <input type="checkbox"/>
Ridge <input type="checkbox"/>	Seamount <input type="checkbox"/>	Seep <input type="checkbox"/>	Vent <input type="checkbox"/>	

Substrate:

Soft <input type="checkbox"/>	Hard <input type="checkbox"/>	Biogeneous <input type="checkbox"/>
----------------------------------	----------------------------------	--

Class size:

Protozoan <input type="checkbox"/>	Metazoan Meiofauna <input type="checkbox"/>	Macrofauna <input type="checkbox"/>	Megafauna <input type="checkbox"/>
---------------------------------------	---	--	---------------------------------------

Comments:

Terms of the Agreement

Data provider, is granting Syndeep, a project of the Census of Marine Life (CoML), permission to use the data listed above. Syndeep's sole objective for compiling databases is to publish paper(s) describing the large-scale patterns and drivers of deep-sea biodiversity. Data providers will have opportunity to read the manuscript(s) prior to submission for publication to ensure data are presented accurately. We expect timeframes to comment on the manuscripts to be very tight.

By receiving this notice and providing the data, _____, data provider, and Syndeep agree with the following terms and conditions:

- Syndeep and the CoML acquires no right to these data except for those uses checked above, nor are they authorized to transfer any rights to any other person or organization.
- The credit information listed above must be acknowledged in papers resulting from meta-analysis done by Syndeep.

Accepted by _____

Date _____

Pour répondre aux questions posées, il est donc indispensable de faire ressortir au moins six grands domaines de champs (et un domaine pour la partie utilisation des données) :

- Un nom spécifique (genre et espèces si possible ou bien taxon supérieur);
- L'habitat de l'observation (Abysses, monts sous-marins...);
- Le matériel utilisé avec le maximum d'informations (taille des mailles du filet, surface inventoriée...);
- L'abondance, qu'il s'agisse d'un compte ou bien d'une quantité de biomasse ;
- Les coordonnées géographiques (latitude et longitude) ;
- La profondeur ;

- La propriété des données (références des publications).

Cette première analyse a permis de cerner les champs indispensables à inclure dans la base Syndeep et nous permet de penser les premières tables de notre base de données. Ainsi, une table sera créée pour la taxonomie des organismes, une pour les échantillonnages et le site de l'inventaire (méthodes, coordonnées du site, profondeur, habitat...) et une autre pour les observations (nom de l'organisme, nom du site et abondance).

Cette réflexion doit cependant être complétée par l'analyse des bases de données collectées auprès des scientifiques.

3. Analyse des bases de données collectées

a) La collecte des bases de données

Parallèlement à la réflexion portant sur les objectifs de Syndeep, la récolte des bases de données a commencé. Le contact se réalisait par mail. Les scientifiques recevaient une première lettre officielle de demande provenant de la coordinatrice du projet Syndeep : Dr Eva Ramirez-Llodra (cf. « *Lettre de prise de contact avec les scientifiques* » *Annexe 2*). Si la réponse était affirmative, je les recontactais personnellement pour leur expliquer plus en détail le projet et les attentes concernant les données. Je leur procurais le « Data Use Agreement » créé et une feuille de conseils que j'avais également rédigé pour aider le transfert des données et les éclairer sur les champs principaux (cf. « *Feuilles explicatives destinées aux scientifiques* » *Annexe 3*). J'ai également relancé indépendamment chaque scientifique qui ne répondait pas, pour leur expliquer plus précisément le projet et l'intérêt que nous portions à leurs données.

Cette prise de contact avec les scientifiques a permis d'élargir la liste initiale des personnes à contacter (réseau du monde profond sous-marin).

Aujourd'hui, plus de soixante bases de données ont été collectées et une quinzaine sont encore en attente. Seule une dizaine de scientifiques ont répondu par la négative pour des causes différentes (travail toujours en cours, documents pas encore publiés).

Toutes ces bases m'ont permis de mieux définir la structure de la base de données Syndeep (tables et champs inclus).

b) L'analyse des bases de données fournies par les scientifiques

Comme nous pouvions le penser, les données, provenant des quatre coins du monde (océan Atlantique, Pacifique, Indien, mer Méditerranée, mer du Japon...), présentent une grande hétérogénéité. Les champs inclus dans les bases diffèrent véritablement selon l'objectif de l'étude du scientifique.

Au niveau de l'identification des organismes, les bases nous procurent majoritairement le genre et l'espèce des individus inventoriés. Dans les autres bases, le niveau taxonomique déterminé peut être très variable (du règne à la sous-famille...). Ainsi, il est aisé de reconnaître une étude avec un objectif écologique (identification par un taxonomiste au niveau de l'espèce) et une étude portant sur d'autres objectifs (identification au niveau de la classe, de l'ordre ou de la famille).

Les méthodes de recensement sont nombreuses (chalut, carottier, vidéo, photo) et généralement fournies. Toutes ces méthodes ciblent le milieu benthique ce qui correspond bien aux objectifs de Syndeep. En revanche, peu d'informations sont disponibles sur ces méthodes. Il sera donc nécessaire d'étudier les publications scientifiques correspondant à chaque base pour trouver ces informations. On y trouve souvent la surface inventoriée, la taille des mailles des filets, la longueur du chalut... Il faudra également prendre soin de bien identifier les unités des différents champs. Pour exemple, les unités des surfaces inventoriées varient de cm² au Km² (fonction du type d'équipement).

Le type d'habitat et son substrat sont définis dans la quasi-totalité des bases collectées. Quand ceux-ci manquent, il est généralement aisé de les retrouver (dans les publications ou en recontactant le scientifique). Pour certaines bases, le type d'habitat n'est pas encore défini (problème de distinction entre sédiments meubles et plaines abyssales par exemple).

Les coordonnées géographiques et la profondeur des inventaires sont également toujours fournies. Il est à noter que, parfois, la profondeur et les coordonnées de début de recensement ne sont pas les mêmes que ceux de la fin de l'échantillonnage (pour des chalutages sur plusieurs Km par exemple). Il faudra donc inclure les nouveaux champs « profondeurs minimale » et « profondeur maximale » et des coordonnées géographiques de début et de fin d'échantillonnage.

En revanche, les sites d'études (non pas les sites des inventaires) sont généralement mal identifiés. Certaines bases (« seamounts base ») nous fournissent des informations précises (coordonnées, profondeur) pour le site de l'étude mais d'autres restent vagues. Il n'est alors pas possible de déterminer un nom et un point bien précis pour le site considéré. Il sera donc utile de créer une table (que l'on nommera « LOCATION_NAME ») pour répertorier les sites bien identifiés (comme les monts sous-marins). Cette table sera en lien avec la table « SAMPLES » regroupant toutes les informations concernant les inventaires (coordonnées, profondeur, méthodes ...). Un lien sera créé entre ces deux tables pour mettre en évidence que tel site d'inventaires (lieu où a été réalisé l'inventaire) est trouvé dans tel site d'étude (monts sous-marins, plaines abyssales...).

L'abondance des organismes est souvent fournie sous forme de matrice (nom de l'organisme en abscisse, nom du site inventorié en ordonnée et l'abondance remplissant le tableau). Le temps nécessaire pour exploiter un tel tableau peut se révéler très long (plusieurs centaines d'organismes inventoriés dans une centaine de sites). Un programme a ainsi été créé par un spécialiste pour obtenir facilement trois colonnes à partir de la matrice fournie : la première contenant le nom de l'organisme, la deuxième le site de recensement et la troisième, l'abondance de l'organisme inventorié. Ces trois champs constitueront donc la structure de la table OBSERVATIONS. A cela

s'ajoute parfois des informations sur l'état de l'organisme recensé (mort, état de larve, fragment...). Ce champ sera également à inclure dans cette table.

La création de liens se révélera fondamentale pour cette table. En effet, des identifiants uniques pour les noms des sites et les noms des organismes seront mis en relation avec l'abondance dans cette table.

La plupart des études correspondent à des inventaires à l'instant t. Mais certaines études s'intéressent à l'évolution de zones bien particulière au cours du temps : évolution tous les ans, tous les six mois, comparaison entre saisons... Ainsi, il est important de bien faire ressortir la date de l'observation. On peut prendre pour exemple la base de données concernant l'habitat « carcasse de baleine ». Les données collectées comprennent se divisent en trois feuilles excel, chacune représentant une certaine période après l'implantation de la carcasse (4,5 ans, 5,8 ans et 6,8 ans). Ce champ sera introduit dans les informations concernant les inventaires (table « SAMPLES »).

En ce qui concerne les droits d'utilisation des données, deux cas sont à signaler. Les données sont issues d'une publication ou d'un document en cours ; Les scientifiques remplissent alors le « Data Use Agreement » pour nous informer de la manière de citer ces données. Les données peuvent sinon provenir d'une autre base existante (« Seamounts base », « biocean », « OBIS »). Il faut alors citer la base d'origine et trouver le maximum d'informations concernant ces données. Pour exemple, l'Ifremer a fourni plusieurs bases provenant de « Biocean » sans publication. En revanche, ces bases contenaient toutes les informations concernant les campagnes (nom du bateau, dates des expéditions, chef scientifique, institution partenaire). Ces informations peuvent ainsi nous servir pour « citer » ces bases. Il sera donc indispensable de créer une table « EXPEDITION » concernant les expéditions et comprenant les champs ci-dessus.

Cette nouvelle table peut également être intéressante pour déterminer une date approximative des inventaires réalisés. En effet, certains recensements ne sont pas datés mais la période de l'expédition nous apporte ces informations (souvent au mois près).

Une table sera également créée pour enregistrer les informations générales sur la base collectée. Cette table « DATA_SETS_NAME » servira de lien indispensable entre toutes les autres tables.

Le travail d'identification préliminaire des champs fondamentaux et le fait de prendre contact avec les scientifiques pour leur expliquer les attentes de Syndeep ont ainsi permis de collecter des bases avec les critères désirés. Ensuite, analyser ces bases a permis de bien finaliser la structure à donner à la base Syndeep.

B. Le modèle physique de la base de données

1. Le choix du logiciel Microsoft Access

Pour créer le modèle physique de la base, le choix d'Access s'est naturellement imposé. Trois critères se sont avérés déterminants dans ce choix :

La simplicité d'importation des feuilles d'un tableur excel sous un format Access s'est ainsi révélée primordiale. En effet, lors de l'étude de la base de données, nous avons pu observer que la majorité des données se trouvaient sous le format excel.

Access est également un logiciel reconnu à travers le monde ce qui est un facteur majeur dans un tel projet international. Il accepte de grosses masses de données (déjà plus de 50 000 enregistrements aujourd'hui pour la table « OBSERVATIONS »). Il permet la création de liens entre les différentes tables grâce à des champs clés dits « clé primaire » ce qui est ici indispensable.

De plus, la prise en main d'Access est assez intuitive. L'utilisation de requêtes permet facilement d'ajouter, de modifier ou de supprimer des données. Les actions de tri et de filtres se font facilement ce qui est important pour l'analyse qui suivra la création de la base de données. Les requêtes permettent également d'automatiser de nombreuses tâches de gestion de données (comme pour notre base, l'identification des redondances).

Les autres systèmes envisagés de gestion de bases de données (Oracle, PostgreSQL...) sont peut-être plus puissants mais beaucoup plus complexes d'utilisation. La période de la mission étant réduite (6 mois), j'ai choisi le logiciel Access.

2. La construction de la base de données

Les réflexions précédant la création de la base Syndeep m'ont amené à construire cette base en 6 tables. Chaque enregistrement dans l'une de ces tables sera identifié par une clé primaire (champ qui permet d'assurer l'unicité de l'enregistrement et ainsi de permettre des liens entre les tables).

➤ DATA_SETS

Cette table est dédiée à la présentation de la base à intégrer. Le nom de la base et le contact du scientifique qui a fourni la base y sont intégrés. On y trouve également la zone géographique inventoriée, le taxon et la taille des organismes recensés. Cette table constitue la première étape indispensable de toute nouvelle importation de bases de données. En effet, la clé primaire « DATA_SETS_ID » unique à chaque nouvelle base introduite et présente dans les autres tables nous permettra de bien identifier la provenance de tous nouveaux enregistrements.

➤ EXPEDITION

Cette table regroupe les informations concernant les campagnes ayant permis les inventaires (nom du navire, dates de campagne, institution finançant l'expédition, chef scientifique). Elle n'est pas toujours définie par les bases de données mais est utile d'un point de vue démarche scientifique (citer les noms des campagnes, les institutions, les chefs scientifiques). La clé primaire « EXPEDITION_ID » permet de relier les inventaires de la table « SAMPLES » à l'expédition.

➤ LOCATION_NAME

Cette table a été créée pour répertorier les sites bien déterminés (monts sous-marins, plaines abyssales, sites hydrothermaux...). Les coordonnées géographiques, la profondeur et le type d'habitat y sont demandés. Cependant, ces informations sont rarement communiquées. En effet, la zone élargie d'inventaire peut contenir plusieurs sites ou plusieurs habitats. Cette table a donc été utilisée avec parcimonie pour des sites dont on était sûr de la location. Elle est reliée à la table « SAMPLES ».

➤ SAMPLES

Sont répertoriés dans cette base de nombreuses informations qui seront fondamentales pour l'étude. On y trouve notamment toutes les informations concernant les sites des recensements (coordonnées, profondeur, habitat, substrat) mais également tout ce qui concerne la méthode utilisée lors des inventaires (équipement, surface inventoriée...). Chaque site est représenté par la clé primaire « SAMPLE_ID ».

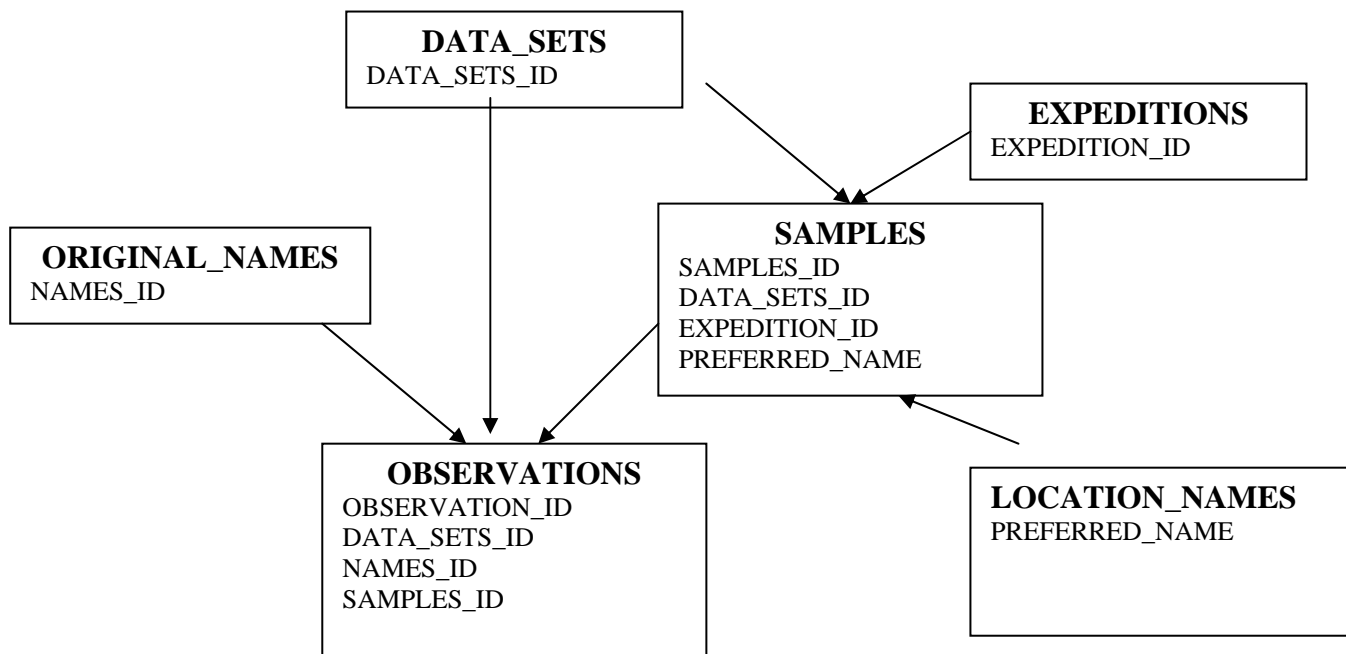
➤ ORIGINAL_NAMES

Dans cette table sont recensés tous les organismes répertoriés. Toutes les informations taxonomiques connues y sont répertoriées. Chaque nouvelle espèce recensée est identifiée par la clé primaire « NAMES_ID ».

➤ OBSERVATIONS

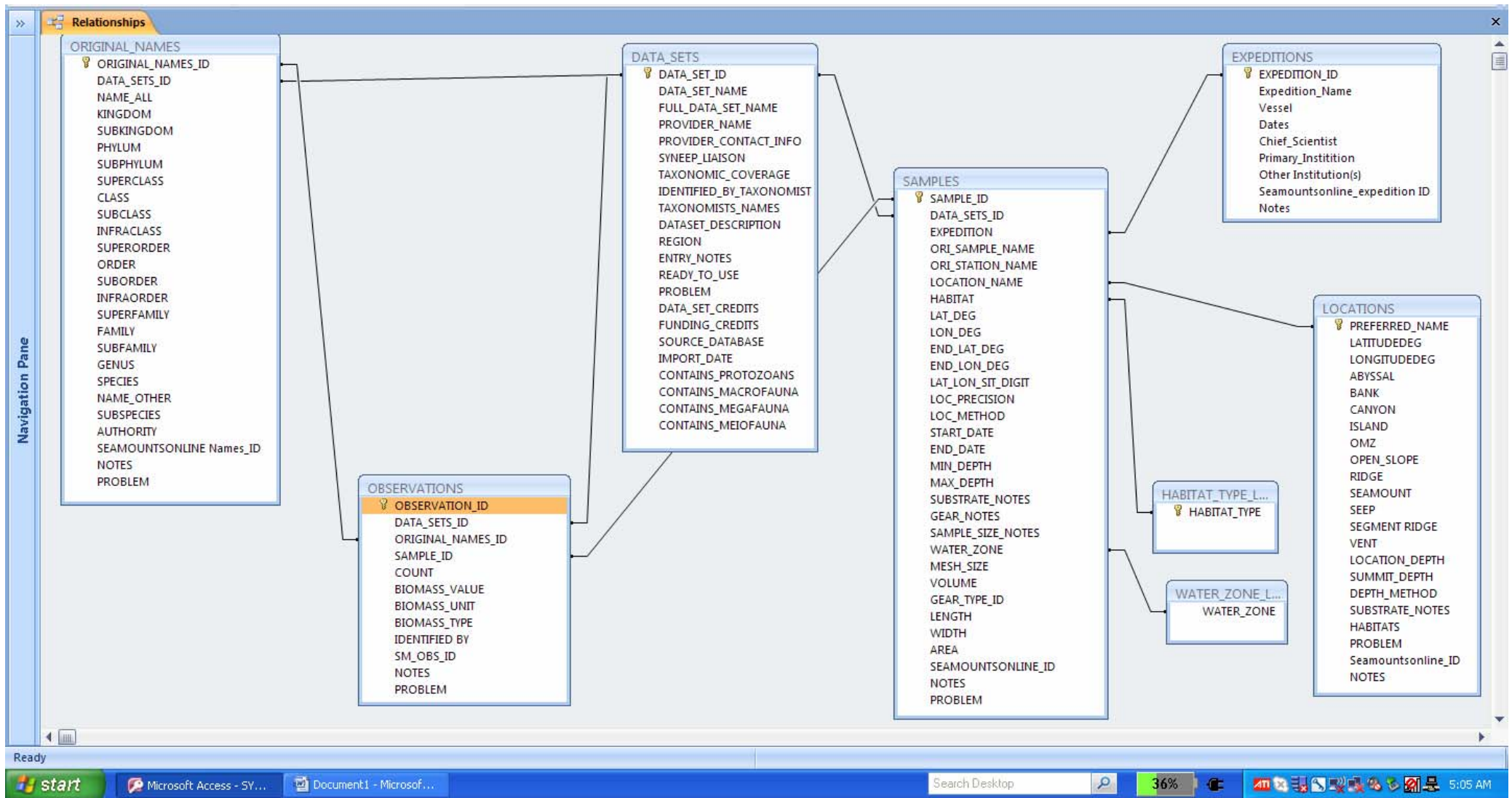
Cette dernière table regroupe toutes les informations concernant chaque observation. Elle est en lien avec les 3 autres grandes tables de la base (DATA_SETS, SAMPLES, ORIGINAL_NAMES). Chaque individu recensé (identifié par « NAMES_ID ») est donc en lien avec la base de données d'origine (par le champ « DATA_SETS_ID ») et le site où il a été répertorié (par le champ « SAMPLES_ID »). Elle contient également les champs concernant l'abondance et un champ de description de l'état de l'organisme observé si il est spécifique (mort, œuf, larve, fragment...).

Pour clarifier les liens existants entre ces bases (créés grâce aux clés primaires), voici un schéma simplifié de ces liens :



Liens entre les tables de la base Syndep

Les tables et leurs liens bien définis, le modèle physique de la table pouvait être construit avec tous les champs de chaque table (cf page suivant).



Le modèle physique de la base de donnée

C. La démarche type d'importation dans la base Syndeep

Cette partie importation est très longue et se répète pour chaque base de données. Près de 70% de ma période de stage fut consacrée au réarrangement et à l'importation des bases de données collectées. Les champs des bases reçues différaient véritablement d'une base à l'autre. Cependant, toutes les bases étant sous format excel, la démarche restait similaire. Nous allons donc suivre une démarche type à l'aide d'un exemple concret.

La base de données concernée est aujourd'hui dans le domaine public. Il n'y a donc pas obligation de citer la publication mais celle-ci nous sera très utile.

Pequenat, W.E. et al. 1983. *The ecological communities of the continental slope and adjacent regimes of the northern Gulf of Mexico*

Txt, photographic atlas, and appendices. Prepared for the U.S. Dept. of th Interior, Mineral Management Service, New Orleans, LA. Contract #AA851-CTI-12. 696pp.

1. Le travail préliminaire

Avant tout travail sur une base reçue, il est indispensable de bien remplir la première table Access, base de tous les futurs liens : la table « DATA_SETS » avec les informations concernant la base, le scientifique etc... Toutes ces informations nous sont communiquées (issues de la base OBIS, publication, zone géographique Golf du Mexique, megafaune inventoriée...). Nous disposons ainsi d'un nouvel enregistrement unique qui est associé à un numéro unique (DATA_SETS_ID). Cela nous permettra d'identifier cette base dans toutes les autres tables. Nous appellerons cette base « GofM_Carney » (GofM pour Golf of Mexico et Carney du nom du scientifique qui nous a procuré la base).

L'étape suivante consiste à analyser la base reçue ; Les données récoltées se trouvent ici sous le format OBIS (base de données globales du projet CoML) et ont été fournies sous un tableau excel regroupant 3547 observations. Il faut ensuite supprimer les champs inutiles de la base.

Voici une impression écran de quelques observations de cette base. Les champs inutiles ont déjà été supprimés.

1	Institution Code	Scientific name	Citation	Phylum	Class	1	Field Number	Year Collected	Ocean	Longitude	Latitude	Coordinate Precision
2	MMSINODC	Ampheraster alaminos	Pequegnat, W.E. et al.	Echinodermata	null	2	67A5-16E	1967	Gulf of Mexico	-86,06000	25,40500	Loran A
3	MMSINODC	Chlidonophora incerta	Pequegnat, W.E. et al.	Brachipoda	Rhynchonellata	3	68A7-17B	1968	Gulf of Mexico	-87,03333	29,15833	Loran A
4	MMSINODC	Stephanocyathus diadema	Pequegnat, W.E. et al.	Cnidaria	Scyphozoa	4	66A9-15	1966	Gulf of Mexico	-87,06667	28,44167	Loran A
5	MMSINODC	Systellaspis pellucida	Pequegnat, W.E. et al.	Arthropoda	Malacostraca	5	67A5-9A	1967	Gulf of Mexico	-86,95000	29,45000	Loran A
6	MMSINODC	Systellaspis pellucida	Pequegnat, W.E. et al.	Arthropoda	Malacostraca	6	68A13-7	1968	Gulf of Mexico	-96,30000	26,28333	Loran A
7	MMSINODC	Systellaspis pellucida	Pequegnat, W.E. et al.	Arthropoda	Malacostraca	7	72A13-45	1972	Gulf of Mexico	-94,79167	27,77833	Loran A
8	MMSINODC	Tetraxanthus rathbunae	Pequegnat, W.E. et al.	Arthropoda	Malacostraca	8	68A7-8C	1968	Gulf of Mexico	-86,55833	29,55000	Loran A

Mininum Depth	Maximum Depth	Notes
	3255	3255 Sampling Device = Skimmer
	900	900 Sampling Device = Skimmer
	1200	800 Sampling Device = MWT on bottom
	752	752 Sampling Device = Skimmer
	274	274 Sampling Device = Skimmer
	412	412 Sampling Device = 20m Trawl
	199	199 Sampling Device = Skimmer

Base de données OBIS-« GofM_Carney »

L'analyse de la base obtenue permet de vérifier les champs, de voir les manques. Si manque il y a, il est indispensable de recontacter le scientifique pour tenter de compléter la base.

Si on se réfère aux champs importants mis en évidence auparavant, on note :

- La présence d'un nom scientifique complet (genre espèce avec deux des taxons supérieurs) ;
- Les indications sur la géographie des observations (Golf du Mexique, latitude, longitude, précision de la location) ;
- Les profondeurs minimales et maximales ;
- Le nom des équipement utilisés lors de ces observations (sampling device : « skimmer », « 20m trawl », ...) ;
- L'année de l'observation du prélèvement ;
- Les informations nécessaires concernant les remerciements (référence de la publication, institution).

Il nous manque en revanche un champ particulièrement important : l'abondance. Il faut donc recontacter le scientifique qui nous a transmis la base de données. Celui-ci nous informe qu'il n'y a pas eu de comptes ni de quantification de biomasse pour ces observations. Dans ces cas-là, je

prends la décision d'introduire ou non les données sans les informations manquantes. Ici, l'information présence/absence nous satisfait.

Il serait également intéressant d'avoir plus d'informations concernant les méthodes utilisées pour les observations. Il faut alors reprendre la publication qui contient généralement de plus amples informations concernant les expéditions (campagnes), les méthodes d'échantillonnage, etc...

La lecture de la publication nous procure alors des informations concernant certaines surfaces d'inventaires, certains dragages (taille des mailles), le chalutage (longueur du chalutage). En revanche, les observations proviennent de plusieurs campagnes en mer qui ne sont pas développées donc nous ne pouvons pas retirer d'informations sur les expéditions. Une fois les informations désirées relevées et intégrées au tableau excel, on peut donc importer le tout sur le logiciel Access.

2. L'intégration à la base Syndeep

La simple manipulation « Importer une table excel » permet d'introduire la feuille excel désirée sous une table Access. Des requêtes permettent ensuite d'obtenir des tables spécifiques avec uniquement les champs désirés : une table pour les expéditions, une table pour les sites d'études, une table pour les noms des organismes répertoriés et une table pour les observations.

Tenir compte des liens entre les bases implique une démarche logique. Ainsi, la deuxième et la troisième table à remplir seraient respectivement les tables « EXPEDITIONS » et « LOCATIONS ». Cependant, pour cette base de données, nous ne disposons pas d'informations concernant les expéditions ni concernant un habitat précis (large zone géographique des inventaires). Ensuite, nous nous intéressons à la table « SAMPLES ». Un identifiant unique fourni dans le tableau Excel permet de répertorier chaque site d'étude (cf. fichier excel : le champ « Field number »). Ce champ sera considéré comme le nom des sites d'inventaires. Il sera automatiquement lié à un nombre : la clé primaire de notre table (SAMPLES_ID).

La table créée contient les informations récoltées (coordonnées, profondeur, méthodes utilisées et détails...). Dans les 3547 observations, plusieurs se situent sur des sites identiques. Or, nous ne voulons pas insérer plusieurs fois le même site d'étude avec les mêmes caractéristiques. Une requête nous permet d'éviter ces redondances (cf. « Impression écran de la requête pour supprimer les redondances » *Annexe 4*). Nous obtenons alors 168 sites d'études différents que nous pouvons introduire par une requête « ajout » à la table « SAMPLES » existantes. Chaque nom spécifique de sites sera associé automatiquement à un nombre unique : SAMPLE_ID.

Nous pouvons voir ici, une impression écran de la table « SAMPLES » avec certains enregistrements issus de la base « GofM_Carney ».

SAMPLE_ID	DATA_SETS_ID	LOCATION_NAME	ORI_STATION_N.	HABITAT	LAT_DEG	LON_DEG	E	LA	LOC_A	STAR	MIN	MAX	SUBSTR
1	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-10		25.45	-95.4		5	Loran A	1964	1756	1756	
2	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-10-2		25.5	-95.5		5	Loran A	1964	1401	1401	
3	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-11		27.48333333	-95.51666667		5	Loran A	1964	1392	1392	
4	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-12		27.50833333	-94.95		5	Loran A	1964	885	885	
5	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-12-12		27.5	-94.91666667		5	Loran A	1964	732	732	
6	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-13		27.875	-94.93333333		5	Loran A	1964	183	183	
7	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-13C		27.875	-94.56		5	Loran A	1964	121	181	
8	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-2		27.66666667	-93.71666667		5	Loran A	1964	379	379	
9	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-3		27.3	-93.5		5	Loran A	1964	189	189	
10	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-5		25.93333333	-92.58333333		5	Loran A	1964	2244	2244	
11	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-6		25.21666667	-92.38333333		5	Loran A	1964	3475	3475	
12	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-6C		25.225	-92.38333333		5	Loran A	1964	3356	3356	
13	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-7		25.06666667	-94.26666667		5	Loran A	1964	3801	3801	
14	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-7-2		25.06666667	-94.26666667		5	Loran A	1964	3762	3762	
15	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A10-9		25.41666667	-95.23333333		5	Loran A	1964	2811	2811	
16	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A13-1		27.9	-93.18333333		5	Loran A	1964	210	210	
17	GofM_Carney	Gulf of Mexico	64A13-2C		26.575	-93		5	Loran A	1964	549	549	
18	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A3-1		27.5	-95.5		5	Loran A	1965	827	827	
19	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A3-2		26.25	-95		5	Loran A	1965	2321	2321	
20	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A3-3		25.5	-95		5	Loran A	1965	3717	3717	
21	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A3-4		25.13333333	-94.96666667		5	Loran A	1965	3563	3563	
22	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A3-5		27.6	-94.73333333		5	Loran A	1965	417	511	
23	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A3-6		27.66666667	-94.75		5	Loran A	1965	240	240	
24	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A9-1		25.20833333	-80.05		5	Loran A	1965	190	190	
25	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A9-23		25.51666667	-86.21666667		5	Loran A	1965	3206	3206	
26	GofM_Carney	Gulf of Mexico	65A9-25		27.71666667	-90.93333333		5	Loran A	1965	797	797	
27	GofM_Carney	Gulf of Mexico	66A16-1		27.78333333	-91.41666667		5	Loran A	1966	329	329	
28	GofM_Carney	Gulf of Mexico	66A5-2		25.5	-89.03333333		5	Loran A	1966	3341	3341	
29	GofM_Carney	Gulf of Mexico	66A5-3-1		25.5	-86.325		5	Loran A	1966	3265	3265	
30	GofM_Carney	Gulf of Mexico	66A5-3-2		25.51666667	-86.16666667		5	Loran A	1966	3109		
31	GofM_Carney	Gulf of Mexico	66A5-3-3		25.55	-85.96666667		5	Loran A	1966	3212	3212	
32	GofM_Carney	Gulf of Mexico	66A5-3-4		25.51666667	-86.11666667		5	Loran A	1966	3214	3214	

Enregistrements de la table « SAMPLES » pour la base « GofM_Carney »

La table suivante à considérer est la table « ORIGINAL_NAMES ». L'identifiant spécifique pour chaque organisme est représenté par le taxon le plus bas connu. Pour éviter les redondances, il est ensuite important de bien supprimer les doublons que ce soit à l'intérieur de la base considérée (plusieurs fois le même organisme dans des sites différents issus de la même base) ou encore entre la table à importer et la table d'accueil (organisme déjà recensé dans une autre base et donc déjà répertorié). Une requête « ajout » nous permet finalement d'introduire les nouveaux organismes dans la table. « ORIGINAL_NAMES ». Chaque nom spécifique sera alors associé automatiquement à un nombre unique : NAMES_ID.

La dernière étape consiste à introduire les enregistrements correspondants aux observations. Il faut alors relier chaque enregistrement à sa base de données d'origine (par la clé primaire DATA_SETS_ID), au site de l'inventaire (SAMPLES_ID) et au nom spécifique de l'espèce (NAMES_ID).

Ci-dessous, une impression écran de la table « OBSERVATIONS ».

OBSERVATION_ID	DATA_SETS_ID	ORIGINAL_NAMES_ID	SAMPLE_ID	COUNT	BIC	BIOM	BIOMASS_TYPE	IDENTIFIED BY	SM_OBS_ID
1	GofM_Carney	Abra longicallis americana		67					
2	GofM_Carney	Abra longicallis americana		69					
3	GofM_Carney	Abra longicallis americana		100					
4	GofM_Carney	Abra longicallis americana		99					
5	GofM_Carney	Abra longicallis americana		98					
6	GofM_Carney	Abra longicallis americana		48					
7	GofM_Carney	Abra longicallis americana		75					
8	GofM_Carney	Abra longicallis americana		52					
9	GofM_Carney	Abra longicallis americana		117					
10	GofM_Carney	Abra longicallis americana		92					
11	GofM_Carney	Abra longicallis americana		97					
12	GofM_Carney	Abra longicallis americana		81					
13	GofM_Carney	Abra sp.		74					
14	GofM_Carney	Abra lia veranyi		125					
15	GofM_Carney	Acanella eburnea		38					
16	GofM_Carney	Acanella eburnea		63					
17	GofM_Carney	Acanella sp.		98					
18	GofM_Carney	Acanella sp.		96					
19	GofM_Carney	Acanella sp.		18					
20	GofM_Carney	Isididae ?Acanella sp.		149					
21	GofM_Carney	Isididae ?Acanella sp.		162					
22	GofM_Carney	Isididae ?Acanella sp.		160					
23	GofM_Carney	Isididae ?Acanella sp.		66					
24	GofM_Carney	Isididae ?Acanella sp.		60					
25	GofM_Carney	Isididae ?Acanella sp.		158					
26	GofM_Carney	Acanthacaris caeca		168					
27	GofM_Carney	Acanthascus sp.		110					
28	GofM_Carney	Acanthephyra acutifrons		64					
29	GofM_Carney	Acanthephyra acutifrons		44					
30	GofM_Carney	Acanthephyra acutifrons		104					
31	GofM_Carney	Acanthephyra armata		53					
32	GofM_Carney	Acanthephyra armata		80					

Enregistrements de la table « OBSERVATIONS » pour la base « GofM_Carney »

Nous avons donc construit le modèle de la base de données et expliqué la technique d'importation des données collectées auprès des scientifiques. Ce travail servira de base pour la partie analyse du projet Syndeep.

Cependant, on peut imaginer d'autres applications possibles à cette base. Il est donc intéressant de voir ces applications potentielles mais également de les mettre en relation avec les grands enjeux de la découverte des grands fonds marins. Pour cela, un état des lieux de la base constituée est nécessaire.

III. La Base de données et ses applications

A. Le résultat et les applications potentielles de la base de données Syndeep

1. La base de données

Au premier septembre, on dénombrait 67 bases collectées. 57 sont déjà importées dans la base Syndeep. 10 sont actuellement en attente pour manque d'informations importantes (comptes, méthodes d'échantillonnage, type d'habitat). 13 bases devraient s'ajouter dans un futur proche, les scientifiques ayant confirmé leur participation.

Pour mettre en évidence l'état d'avancement du projet, j'ai créé un fichier Excel reprenant toutes les demandes et les classant par : bases collectées, en attente, pas de réponse de la part du scientifique, pas de données à fournir et études scientifiques connues mais pas de contact identifié.

Une impression écran de la feuille Excel des bases déjà collectées se trouve à la page suivante. On y répertorie les informations sur les données : le nom de la base et le contact, la zone géographique, l'habitat, les instruments d'échantillonnage, les organismes ciblés. On y entre également le statut de la base (importé ou en cours), et le nombre d'enregistrements pour les tables utiles à la synthèse (nombre de sites/stations, nombre d'espèces, nombre d'observations).

La feuille créée et l'explication des principaux champs introduits dans la base ont été transmises à la personne qui prendra la suite de mon travail : Camilo Mora. Sa réponse confirme le fait que les tables remplies permettront de répondre aux objectifs et aux questions posées par le projet Syndeep.

Cependant, des manques concernant cette base peuvent être soulignés. Par exemple, près de la moitié des observations concernent les habitats « sédiments meubles » et/ou « plaines abyssales ». En effet, certains habitats, dont les projets ont permis de récolter de nombreuses informations n'ont pas partagé leurs données. Je pense notamment aux études concernant les coraux froids des grands fonds marins qui représentent une source importante de biodiversité.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Dataset	Import on acces	Region(s)	Habitat(s)	Community comp	Gear	Sample site	Ori_names	Observations
2	Abyplaine program_BT_lfremer	Done	NE Atlantic	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	23	162	784
3	Aegean Sea_Lampadariou	Habitat requested	NE Mediterranean Sea (Aegean Sea)		Nematoda	Multicorer	39	136	1043
4	AFEN project 96_Narayanaswany	Done	NE Atlantic	Open slope	Macro	Multicorer, boxcorer,	189	1111	10423
5	AFEN project 98_Narayanaswany	Done	NE Atlantic	Open slope	Macro	Multicorer, boxcorer,	80	1066	5200
6	Aleutan Margin_Levin	Done	N Pacific	Margin	Macro	Tow cam camera	4	75	156
7	Antarctic Mollusca_Linse	Done	Antarctic	Abyssal	Macro	Epibenthic sledge	20	96	280
8	ATIE program_Danovaro	Done	SE Pacific	Open slope, Abyssal	Nematoda	Multi boxcorer	12	111	371
9	ATL Med_Danovaro	Done	NW Atlantic - Mediterran	Canyon, ridge, open slope	Nematoda	Multi boxcorer	127	422	4393
10	Balgim program_BT_lfremer	Done	NE Atlantic	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	48	165	698
11	Benbo_Gooday		NE Atlantic		Foraminifera				
12	Bengal program_BC_lfremer	Done	NE Atlantic	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Boxcore	24	55	560
13	Bengal program_BT_lfremer	Done	NE Atlantic	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	13	119	607
14	Benthedi program_BT_lfremer	Done	W Indian	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	5	130	206
15	Biocal program_BC_lfremer	Done	SW Pacific	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Boxcore	20	29	177
16	Biocal program_BT_lfremer	Done	SW Pacific	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	24	102	309
17	Biogas program_BC_lfremer	Done	NE Atlantic	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Boxcore	55	394	1674
18	Biogas program_BT_lfremer	Done	NE Atlantic	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	37	669	2178
19	BioGeocal program_BC_lfremer	Done	SW Pacific	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Boxcore	30	33	322
20	BioGeocal program_BT_lfremer	Done	SW Pacific	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	24	62	451
21	BioVema program_BT_lfremer	Done	Atlantic center	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	6	45	104
22	Biozaire program_BC_lfremer	on going	SE Atlantic (West Africa)	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Boxcore			
23	Biozaire program_BT_lfremer	Done	SE Atlantic (West Africa)	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Beam trawl	24	308	1567
24	CA OR Margin_Levin	Done	NE Pacific	OMZ	Macro	Multicorer	92	95	1293
25	CA OR seep_Levin	Done	NE Pacific	Seep	Macro	Multicorer	76	121	1161
26	Caracole expedition_BC_lfremer	Done	NE Atlantic	Abyssal//Open slope	Macro, mega, meio	Boxcore	14	84	274
27	Catalan Margin_Bamirez	requested	NW Mediterranean Sea	Canyon					

Feuille de bilan : Exemples de bases de données collectées

On remarque également que plusieurs bases collectées concernent des zones géographiques communes mais pas forcément les mêmes habitats. Ainsi le Golf du Mexique, la Méditerranée ou le nord-est de l’océan Atlantique sont des zones très étudiées. Cela concorde avec l’activité humaine dans ces régions (exploration-production de pétrole dans le golf du Mexique, zone de fort transport maritime pour la Méditerranée et les deux facteurs pour le nord-est de l’Atlantique). Il serait donc intéressant d’établir une comparaison de la biodiversité à l’intérieur de ces régions à caractéristiques similaires (impacts humains, climat) mais aux habitats différents.

2. Les applications potentielles

En signant le Data Use Agreement, les responsables du projet se sont engagés à n’utiliser les données collectées que dans le cadre du projet Syndeep. Cependant, à la fin du projet et une fois que les scientifiques auront publié leurs données, une demande spécifique leur sera adressée pour rendre publique la base Syndeep. Avec leur accord, des liens pourraient être en effet établis avec d’autres bases de recensement. Cette démarche serait bien évidemment exclue pour les études pas encore publiées.

La base OBIS qui regroupe déjà plus de 19 millions d’observations pourrait ainsi être alimentée. Les données provenant déjà du CoML (données provenant des monts sous-marins ou de la banque de données Biocean) sont déjà incluses dans la base OBIS mais de nombreuses autres observations concernant un habitat spécifique seraient les bienvenues.

Des habitats étudiés par le CoML pourraient également intégrer des études récentes que Syndeep s’est procurée. Par exemple, certaines données concernant les marges continentales seraient incluses dans la base CeDaMar et celles concernant les sites hydrothermaux dans la base ChEss.

La base Syndeep pourrait également servir à la réalisation d’une cartographie de la biodiversité des grands fonds marins. Les données récoltées (coordonnées, profondeur, habitats, espèces) permettraient, à l’aide d’un logiciel SIG d’obtenir un aperçu de la répartition de la biodiversité des grands fonds. Une bonne connaissance de la localisation géographique des habitats faciliterait la mise en relation habitat/biodiversité (dans le cadre du projet Syndeep). Cette étude ne serait pour l’instant réalisable que pour certains habitats (exemple des monts sous-marins très bien localisés).

La base Syndeep peut également s’avérer une aide à la gestion des activités d’exploitation des grands fonds. En effet, les précédentes études s’intéressant aux grands fonds marins sont généralement orientées vers un habitat spécifique ou une zone géographique exploitée par l’homme. La base Syndeep est novatrice car elle représente le premier inventaire de la biodiversité dans la

globalité des grands fonds marins. Il serait donc intéressant de mettre cet inventaire en lien avec les actuelles exploitations de la biologie des grands fonds marins que sont:

➤ La pêche :

Les pêcheurs chalutent certaines espèces profondes (empereurs, hoki...) depuis plusieurs décennies déjà. Mais les conditions d'exploitation sont extrêmement difficiles et la densité de la ressource est très faible comparé à celle que les pêcheurs trouvent sur le plateau continental (entre 0 et 200 m de profondeur) car les poissons croissent lentement dans les eaux glacées par 1000 ou 2000m de fond. Au-delà de 1500m, l'activité de pêche décroît donc parce qu'elle devient de plus en plus coûteuse tandis que l'abondance des ressources décline. Il n'y a pas de pêche commerciale au-delà de 2000m ni sur les plaines abyssales. Les poissons profonds commerciaux sont donc actuellement ceux de la pente continentale ou des monts sous-marins.

➤ L'utilisation des microorganismes en biotechnologie :

Ces ressources biologiques peuvent également trouver des applications très variées en biotechnologie. Les microorganismes « extrémophiles » découverts sont en effet capables de se développer à des pH, à des salinités, à des températures ou encore à des niveaux de radiations extrêmes et cette résistance leur confère des caractéristiques étonnantes. Ces microorganismes ont ainsi développé des composants cellulaires aptes à fonctionner dans des conditions extrêmes et possèdent également des protéines et des enzymes thermostables. Ils représentent à ce titre un gisement potentiel de molécules originales pour de nouvelles applications industrielles.

De nombreux groupes pharmaceutiques possèdent aujourd'hui des départements marins (Pfizer, Hoffman-Laroche...). Les bénéfices tirés, au niveau mondial, de la vente des produits de biotechnologie extraits de divers types de milieux marins se chiffrent à plusieurs milliards de dollars...

Exemples de produits commerciaux dérivés d'espèces et de matériel des grands fonds marins	
<i>Nom de la société</i>	<i>Produit et propriétés concernées</i>
Sederma	Enzymes extraites de bactéries des grands fonds, utilisées dans des produits de protection de la peau (résistants aux UV)
California Tan	Enzymes <i>T.thermophilus</i> (même type de produits que ci-dessus)
Roche	<i>T. thermophilus</i> , <i>Thermotoga maritime</i> et autres espèces de thermophiles des grands fonds bien adaptés aux températures élevées. Plusieurs polymérases d'ADN (les polymérases étant des enzymes qui fabriquent de nouvelles souches d'ADN)
Diversa Corporation	Enzyme Pyrolase™ 160, utilisée dans l'industrie pour réduire la viscosité ; ADN polymérase thermique ACE
New England BioLabs Inc.	ADN Polymérase Deep Vent®, Polymérase d'ADN Therminator
Aquaartis	BactoScreen™, bibliothèque d'extraits de quelque 1 000 bactéries marines tirées d'organismes et de sédiments marins, ayant plusieurs applications potentielles
HyTest Ltd	Polymérase d'ADN Taq Red de <i>thermus aquaticus</i>
Promega	Polymérase ^a d'ADN thermostable Tth

Planète **SCIENCE**, Vol. 4, No. 2, Avril – juin 2006

Ainsi, les utilisations potentielles du projet Syndeep (base de données et analyse) sont vastes et la réflexion reste encore aujourd'hui largement ouverte. Mais cette étude prend en compte uniquement l'aspect biodiversité. Or, les enjeux de la découverte des grands fonds marins sont beaucoup plus larges.

B. L'intérêt d'une meilleure connaissance des grands fonds marins : exemple du groupe Total

Les scientifiques considèrent la découverte des grands fonds marins comme un véritable défi pour la science (nouvelles théories, techniques sophistiquées...). Outre la vie intense découverte, des ressources immenses (notamment énergétiques, minérales) ont été mises en évidence ouvrant la voie à d'énormes enjeux économiques.

1. Les autres ressources à enjeu:

a) Les ressources énergétiques

Le pétrole marin :

Le pétrole marin constitue près de 30% du pétrole mondial. Son exploitation se fait de plus en plus profonde. Les activités de production et de forage atteignent les 2000m dans le golfe du Mexique, et atteindront les 3000m d'ici quelques années. Les investissements élevés devraient être rentables, car

les ressources sont importantes et encore à découvrir (techniques d'exploration de plus en plus sophistiquées).

Les hydrates de gaz :

Les hydrates de gaz naturel sont des molécules de gaz (comme le méthane) entourées par un réseau de molécules d'eau disposées en cage. Dans la nature, ils sont stables dans certaines conditions de température et de pression. Ces poches de gaz constituent un fabuleux trésor énergétique, deux fois l'équivalent de méthane des réserves prouvées de charbon, pétrole et gaz réunis. On ne sait cependant pas encore l'exploiter.

b) Les ressources minérales

L'exploration des grands fonds marins a ouvert également de nouvelles perspectives en matière de disponibilité des ressources minérales. Dans quelques dizaines d'années, les fonds océaniques pourraient fournir un complément important aux ressources terrestres. Les dépôts océaniques possèdent en effet des caractéristiques intéressantes ; ils sont riches en métaux « nobles » et se situent directement sur le plancher océanique.

On trouve principalement de nodules polymétalliques, des sulfures hydrothermaux et des encroûtements cobaltifères mais également des diamants, des phosphates et des placers en quantité exploitables à grande échelle.

c) Les ressources en eau

Les eaux profondes peuvent être considérées comme ressource énergétique mais peut aussi avoir d'autres applications. En effet, la conversion de l'énergie thermique des océans (production d'énergie à partir d'une source et d'un puits de chaleur à températures différentes) est utilisée pour produire de l'électricité sous le nom de « Energie Thermique des Mers » (ETM).

L'eau profonde est également riche en substances nutritives, peu polluée et pauvre en germes pathogènes pour les organismes vivants dans les eaux de surface. Ces propriétés peuvent être utilisées dans une multitude d'applications (conditionnement d'air, réfrigération, production d'eau douce, aquaculture marine...).

2. Les bénéfices pour le groupe Total

L'immensité des ressources énergétiques fait des grands fonds marins un potentiel milieu d'exploitation très attractif pour un groupe comme Total. Déjà aujourd'hui, une grande partie de l'activité du groupe se concentre dans le milieu marin (exploration-production, tracé des pipes...). Un des grands défis de l'exploitation pétrolière aujourd'hui est développer et d'exploiter des champs pétroliers ou gaziers dans des milieux extrêmes (ici les grands fonds marins) dans des conditions de sécurité pour les hommes et l'environnement. Il lui est donc essentiel de participer au développement des connaissances des milieux qui l'entourent.

Le Groupe a déjà participé à des campagnes d'exploration des grands fonds marins sur des zones géographiques spécifiques. On peut citer le projet « Biozaire » (Afrique de l'ouest) et le projet « Hermes » (Nord-est de l'océan Atlantique) (projets qui ont été intégrés dans la base Syndeep par le biais des scientifiques). Ces projets ne concernaient cependant que des zones géographiques spécifiques à intérêts pour le Groupe.

Pour le projet Syndeep, la volonté du Groupe était réelle de participer, à travers la Fondation, à un projet plus global de recensement de la biodiversité des grands fonds marins. En effet, le Groupe a conscience de l'impact potentiel des activités d'exploration et de production sur les écosystèmes et sait que leur compréhension permettrait une meilleure préservation.

CONCLUSION

Le pôle biodiversité de la Fondation Total établit donc des partenariats pour des projets de recherche, de réhabilitation et de sensibilisation concernant la biodiversité marine. Ainsi, Le partenariat mis en place avec le programme de recherche en biodiversité marine « Census of Marine Life » s'inscrit dans la logique de la Fondation. Parmi les projets du CoML soutenus, Syndeep vise à réaliser une synthèse de la biodiversité des grands fonds marins.

Les objectifs du projet Syndeep ont été défini en deux questions majeures (relation habitat/biodiversité et relation productivité/biodiversité). Pour répondre à ces questions, il était nécessaire de regrouper en une unique base de données, le maximum de données d'observations collectées depuis plusieurs décennies dans les quatre coins du monde.

Le modèle physique de la base a ainsi été divisé en six tables liées entre elles, chaque table contenant des champs nécessaire pour répondre aux questions posées:

- Les informations globales concernant la base de données et son fournisseur ;
- Les détails de l'expédition de chaque étude ;
- Les informations sur les sites d'études (coordonnées, habitats) ;
- Les détails des recensements (méthodes, date, habitat du site d'inventaire, coordonnées, profondeur) ;
- Les informations taxonomiques sur les organismes ;
- Les informations liées à l'observation (nombre d'individus).

Cette base contient aujourd'hui les informations de 67 bases de données collectées auprès de scientifiques. Elle doit cependant continuer à être alimentée et, d'ici à la fin de l'année, représentera l'outil de travail pour répondre aux questions posées par le projet.

D'autres utilisations de cette base semblent aujourd'hui assez difficiles. L'engagement passé avec les scientifiques précise bien que l'utilisation des données collectées ne servira que dans le cadre de Syndeep. Avec l'accord des scientifiques, des liens pourraient cependant être établis avec d'autres bases de données (OBIS, bases spécifiques à certains habitats) et ainsi élargir les champs d'étude de Syndeep.

Cette étude est un pas important pour la connaissance de la biodiversité des grands fonds marins. Le changement climatique, la pollution, l'exploitation des ressources (biologiques, énergétiques et minérales) posent de nombreuses questions quant à l'avenir de ces écosystèmes. En effet, les organismes de ces milieux ont un taux de croissance et de régénération très faible. Or, les modifications potentielles de ces milieux pourraient entraîner des modifications irréversibles des

habitats et des disparitions importantes d'espèces. Il est donc aujourd'hui urgent de connaître, d'étudier ces organismes pour essayer de les préserver.

Pour le Groupe Total, la mer est source d'une grande part de son activité. Outre l'enjeu financier, explorer et exploiter ce « nouveau monde » représente également un enjeu vis-à-vis de la population. En effet, l'impact potentiel des activités humaines sur les écosystèmes marins sera très surveillé. Tout accident se répercutera notamment en termes d'image pour l'entreprise. Etudier et connaître ces nouveaux milieux afin de mieux les préserver est donc un véritable enjeu.

Enfin, en ce qui concerne les ressources non vivantes des fonds marins (hors eaux territoriales), elles sont aujourd'hui déclarées « patrimoine mondial de l'humanité ». Elles sont conservées à titre de sites d'importances pour l'héritage commun. Cela interdit donc toute exploitation mais n'interdit pas l'exploration. Or, ces activités d'exploration se développent énormément et l'appétit grandit. Il paraît donc important de surveiller ces activités d'exploration ou de prospection et d'évaluer l'incidence de ces activités sur l'environnement. Tel est le travail de l' « **Autorité internationale des fonds marins** ».

Acronymes

CeDAMar :	Census of Diversity of Abyssal Marine Life
CenSeam :	Global Census of Marine Life on Seamounts
CheSS :	Biogeography of Deep-Water Chemosynthetic Ecosystems
COMARGE :	Continental Margin Ecosystems
CoML :	Census of Marine Life
CNRS :	Centre National de la Recherche Scientifique
CReefs :	Census of Coral Reefs
DDE :	Direction Développement Durable et Environnement
DS :	Direction Scientifique
E&P :	Exploration et Production
ETM:	Energie Thermique des Mers
FMAP :	Future of Marine Animal Populations
FRB :	Fondation française pour la Recherche en Biodiversité
GEN :	Gaz et Energies nouvelles
HMAP :	History of Marine Animal Populations
IFREMER:	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
IUCN :	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
OBIS:	Ocean Biogeographic Information System
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
MAR-ECO :	Mid-Atlantic Ridge Ecosystem Project
PDVSA:	Petroleos de Venezuela SA
R&M:	Raffinage et Marketing
SIG:	Système d'information géographique
SYNDEEP :	Synthesis of Deep sea
UNESCO :	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
TOPP :	Tagging of Pacific Predators
WoRMS:	World Register of Marine Species

Bibliographie

Fondation Total, *Rapport d'activité*, document public, 2008

CoML, “*Census of Marine Life : Making ocean life count. Highlights report*”, 2007-2008

HERMES, *Deep-Sea biodiversity and ecosystems*, 2008

Ressources Internet

Fondation Total : <http://fondation.total.com/>

CoML : <http://www.coml.org/>

IFREMER : <http://www.ifremer.fr/francais/index.php>

Convention des Nations-Unies sur la diversité biologique :
<http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-un-fr.pdf>

UNESCO :
<http://www.unesco.org/mab/doc/articles/marineF.pdf>

World Register of Marine Species :
<http://www.marinespecies.org/>

ANNEXES

Table des annexes

Annexe 1 : Exemples de projets de la Fondation Total

Annexe 2 : Lettre de prise de contact avec les scientifiques

Annexe 3 : Feuilles explicatives destinées aux scientifiques

Annexe 4 : Impression écran de la requête pour supprimer les redondances

Annexe 1 : Exemples de projets de la Fondation Total

○ **Zones humides :**

Etude de la biodiversité des poissons et crustacés amphihalins des Galápagos

L'archipel des Galápagos, site emblématique pour son lien étroit avec l'élaboration de la théorie de l'évolution par Charles Darwin et pour sa faune originale, a fait l'objet de nombreuses études à partir de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle, notamment chez les mammifères, les oiseaux et les reptiles. Les poissons ont aussi été étudiés à diverses reprises, mais certains milieux ont été peu prospectés, c'est le cas des milieux côtiers saumâtres et dulçaquicoles des lagunes et des estuaires. Les crustacés décapodes de ces zones ont également fait l'objet de peu d'investigations.

Une des caractéristiques principales des îles Galápagos est leur condition désertique, liée aux influences des courants océaniques. Les ressources en eau y sont donc faibles et c'est probablement pour cela qu'aucun inventaire piscicole méthodique n'a été mené à ce jour. Si quelques espèces amphihalines d'origine néotropicale y sont connues, la découverte récente de plusieurs spécimens d'anguille d'origine indo-pacifique ouvre des perspectives nouvelles quant à une possible colonisation de l'archipel par d'autres immigrants indo-pacifiques.

Le Muséum national d'Histoire naturelle a donc décidé de mener un inventaire de la biodiversité des lagunes et des eaux douces et saumâtres de ces îles.

○ **Réhabilitation :**

Recolonisation en saumons du Bassin de la Loire

La Fondation a apporté son soutien au projet de création du Conservatoire national du saumon sauvage pour pérenniser et développer la Salmoniculture du Haut-Allier, plus grande pisciculture de repeuplement du saumon sauvage d'Europe. Les objectifs poursuivis visent à sauvegarder le saumon atlantique, à sensibiliser les populations aux enjeux environnementaux notamment à l'importance de la qualité de l'eau, et enfin à développer une économie durable par le biais de la préservation d'une espèce.

Par ailleurs, la Fondation poursuit son engagement dans le cadre d'un programme de recherche initié par le Conservatoire national du saumon sauvage portant sur la dévalaison et la survie des jeunes saumons lors de leur passage en mer.

○ Sensibilisation :

Les cartes du littoral français

Dans le cadre de son partenariat avec le Conservatoire du littoral, la Fondation d'entreprise Total a contribué à l'édition de cartes écologiques des rivages français et d'outre-mer, publiées depuis 1996: Normandie, Côte d'Opale, Bretagne, Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse, Guyane et Martinique.



Ces cartes régulièrement réactualisées font apparaître les parcs naturels régionaux, les sentiers de randonnée, les sites classés, les réserves naturelles, les sites du Conservatoire et les centres d'information sur la nature. Elles constituent également un outil d'identification des milieux, de la faune et de la flore, pour s'imprégner de la diversité des côtes françaises.

Les "Entretiens de Port-Cros"

Dans le cadre de son partenariat avec le Parc national de Port-Cros, la Fondation a mis en place les "Entretiens de Port-Cros". Ils ont pour objectif de réunir des personnalités d'horizons les plus divers (scientifiques, des économistes, des consultants, des spécialistes du secteur d'activité en question) autour d'un thème considéré comme crucial pour l'avenir afin de relever les problèmes concrets et de tenter d'y apporter des solutions.

En octobre 2009, se tiendra la 5^{ème} édition des Entretiens de Port-Cros sur le thème « Biodiversité et transports maritimes ». Il s'agira de faire l'état des connaissances sur les thématiques du transport maritime lié à la biodiversité (transferts d'espèces, eaux de ballast, peintures antifouling, pollutions et écosystèmes) mais également de rappeler les grands défis qui se dessinent aujourd'hui : l'ouverture des routes de l'Arctique, le démantèlement des navires, le management des ports intégrant les questions environnementales, l'évolution de la réglementation...

Les quatre précédentes éditions :

Biodiversité et tourisme

En 1999, la 1^{ère} session des "Entretiens de Port-Cros" sur le thème "Biodiversité et tourisme" entendait répondre à la question "comment concilier tourisme et préservation de l'environnement, alors que la sur-fréquentation de certains sites montre ses effets destructeurs"? Ce 1^{er} symposium a donné lieu à la publication d'un livre "Tourism, Biodiversity and Information".

Pêche et biodiversité

La Fondation a renouvelé l'expérience des "Entretiens de Port-Cros", du 21 et 23 septembre 2003 sur le thème "Pêche et biodiversité". Le débat a porté sur l'évolution de la pêche, une activité économique ayant un impact majeur sur la dégradation de la biodiversité marine. L'enjeu était aussi de s'interroger sur les possibilités d'un développement durable pour la pêche, et notamment dans les zones insulaires et côtières où elle constitue parfois la principale ressource économique.

Trois objectifs sous-tendent ces entretiens :

- définir les mesures nécessaires pour concilier les impératifs économiques et écologiques de la pêche ;
- sensibiliser les acteurs locaux aux mesures à prendre ;
- mobiliser les instances internationales pour les aider à agir.

Biodiversité des mers profondes

La Fondation d'entreprise Total a ouvert, en partenariat avec le Parc National de Port-Cros, l'Ifremer, l'UICN et le NOCS, la troisième session des « Entretiens de Port-Cros », sur le thème « Biodiversité des mers profondes ». Ces rencontres se sont déroulées du 5 au 7 octobre 2005 sur l'île de Porquerolles, au large d'Hyères, dans le Var.

Le symposium rassemble des personnalités d'horizons divers parmi lesquelles des scientifiques spécialisés dans l'océanographie, des économistes, des écologues, des experts et consultants travaillant au sein de grandes institutions internationales, des spécialistes en aménagement du territoire, des spécialistes dans le secteur de la pêche.

Les exposés se sont articulés autour des thèmes suivants :

- état des connaissances sur la biodiversité des mers profondes et sur les écosystèmes marins profonds ;
- impact des activités humaines sur la biodiversité marine des écosystèmes profonds, notamment le chalutage, la pêche de profondeur en général, les pollutions, les déchets et le changement climatique ;
- mesures de conservation (aspects juridiques, économiques et politiques).

Ces entretiens ont pour objectif de favoriser un meilleur équilibre entre les besoins d'une économie dynamique (pêcheries intensives) et la nécessité de préserver la biodiversité marine. Ils visent à apporter des solutions à des problèmes concrets.

Changements climatiques et biodiversité

La Fondation d'entreprise Total a organisé, du 3 au 5 octobre 2007 à Porquerolles, la 4^{ème} édition des Entretiens de Port-Cros en partenariat avec le Parc national de Port-Cros (PNPC), l'Union internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN), le Centre océanographique national de Southampton (NOCS) et l'Ifremer.

Ce symposium version 2007 a abordé de nombreuses questions concernant le thème scientifique majeur « Changement climatique et Biodiversité des écosystèmes marins ». Ces échanges ont permis de faire un point sur les connaissances scientifiques actuelles notamment les effets prévisibles induits par les changements climatiques, mais également de mieux appréhender certaines évolutions observées (en Arctique, dans les grands fonds...) et de discuter des perspectives à plus long terme (réversibilité/irréversibilité des changements, solutions et systèmes de gestion).

Annexe 2 : Lettre de prise de contact avec les scientifiques

Dr XXX
Institution
Country

Dr Eva Ramirez-Llodra
SYNDEEP coordinator
ICM-CSIC,08003 Barcelona, Spain
Tel. +34 932309544, mail: ezr@icm.csic.es

Barcelona, 22 May 2009

Dear Dr XXX,

I am writing to you on behalf of the Census of Marine Life's SYNDEEP project. The Census of Marine Life is a ten-year initiative to describe the biodiversity of the world's oceans. Our main goal in SYNDEEP is to conduct a meta-analysis of patterns of deep-sea biodiversity and the potential processes that drive those patterns. To achieve these goals, SYNDEEP is seeking to access deep-sea data from key regions, taxa, and ecosystems (e.g. continental margins, seamounts, abyssal plains, mid-ocean ridges, vents and seeps).

We are aware of your work sampling, which we think could be a valuable contribution to our effort. On behalf of SYNDEEP, I would like to invite you to participate in our synthesis project and contribute your data.

Our sole objective with the compiled databases will be to publish a paper describing the large-scale patterns and drivers of deep-sea biodiversity. Your data will be one of multiple datasets that we hope to work with; we are not seeking to publish or analyze your data, but rather to look at emergent patterns across many datasets worldwide. We will be using the guidelines for authorship provided by Hunt in Nature (1991), and therefore we will not offer co-authorship in return for data alone, however, we would be happy to have you contribute to the effort in additional ways if you are interested and thereby join our team of authors. However, any papers coming out of this effort will fully acknowledge you as collector of the data (or whatever group or program you would like credited) with a prominent table of data sources in the paper, citations of appropriate publications from the data if available, and acknowledgement of the funding sources supporting your data collection if desired.

Should you decide to participate, we would be happy to develop a formal data use agreement. (As you realize, despite our efforts it may be that sufficient comparable data do not become available to support analyses in certain regions. Given this limitation there is some chance that certain data we request may not be used.)

The SYNDEEP project also plans to make products it creates available to data providers and the larger ecological community. We have established a close relationship with the Future of Marine Animal Populations project, which is one of the analytical and modelling components of the Census of Marine Life. All state-of-the-art methods and routines we use for assessing data quality, constructing patterns and assessing of mechanistic hypotheses will be openly shared in a simple format for future research projects to use. Also important to note is the fact that we have a data manager person in charge of organizing all the databases together, so we are happy to work with whatever format your data is currently in. We will also be happy to return the standardized data file we create with your data to you so that you may be able to take advantage of that common format for other collaborations beyond our broad-scale analysis.

I really hope you can participate in our effort towards the characterization of the world's deep-sea biodiversity.

With best regards,

Dr Eva Ramirez-Llodra, on behalf of the SYNDEEP synthesis groups for deep-sea biodiversity.

Annexe 3 : Feuilles explicatives destinées aux scientifiques

Thank you for your willingness to contribute data to the SYNDEEP meta-analysis effort. Here is some information to help you provide the data.

DATA FORMATS

You are welcome to send your data in its original format – we can take most common spreadsheet and database formats, and also delimited text files. PDFs and text Word documents are more difficult to handle. Please title your data columns/fields as clearly as possible. We may have some follow-up questions about the details of your data, but we find it is easier to start with the data in its original format than to ask you to convert it to a standard format in advance. *Species by station matrices are a difficult format to convert – if possible, data in rows with the species, station, abundance, and other information is preferred.*

HOW TO SEND DATA

To send your data, please:

- Zip/compress the file if it is over 2MB.
- If the file is <10MB zipped, email it as an attachment, copied to pforman@sdsc.edu. Please then send a *second* email, without the attachment, alerting me that the data were sent. Sometimes email security software blocks attachments, so we want to make sure we know that we should be receiving it.
- if your file is >10MB, then please email Pierre Forman (pforman@sdsc.edu) for ftp file transfer instructions and other options.

DATA CONTENTS

As mentioned above, it is best to start with your full dataset in its present state. However, to help indicate the kinds of content that we would like to have, we have developed the list below. Note that this is the ideal situation – we do not expect every dataset to have every field. Some datasets may have abundance data, some may not, etc. Please just provide what is available. Those items with an asterisk (*) are particularly important.

Please fill out the attached Data Use Agreement. This collects information such as the name of the dataset, who the contact person is, and how it should be credited and cited. It is not necessary for our purposes to have an original signature from you. If you would like us to provide you with a signed copy of the agreement (with our signature testifying to the uses to which the data will be put), we would be happy to provide this upon request.

About the Species found:

* Taxon Name: have each taxonomic level as a separate field/column. Only identify the organism down to the lowest known level, so if you only have a genus identified, then leave species blank.

Genus

Species

Authority

Other Name parts - this is where to put items like "cf. articulata" or "sp. 1"

Family - if known

Higher taxa (if known) – each in their own field

* Number Collected

Biomass

* Sample and/or station Code

Identifier: person making the taxonomic identification

Problem: indicate "problem" if there is some kind of known problem or issue with the sample

Notes: describe the problem if the Problem field is filled out. Can also hold any other relevant notes.

About the Samples

*Sample/Station code

*Latitude - in decimal degrees

*Longitude - in decimal degrees

Lat/lon precision (or method - i.e. is it GPS?)

Date - mm/dd/yyyy

*Minimum depth (m)

*Maximum depth (m) - if the sample was taken from a point depth, fill that value into both the min and max depth fields.

*Habitat - seamounts, seep, canyon, abyssal plain, slope, vent

*Gear used

*Sample size: length of trawl, surface area of core, etc.

Notes - for any other important sample information

Site name (i.e. the name of the vent if it is from a vent, or the name of a canyon or seamount) - this may not be applicable for all dataset

Physical/Environmental data associated with the sample (such as temperature, salinity, organic matter content of the sediment, etc.) – please provide this as you have it.

About the Expedition (if these data were collected on a named expedition)

* Expedition/cruise name

Vessel (please leave of "RV")

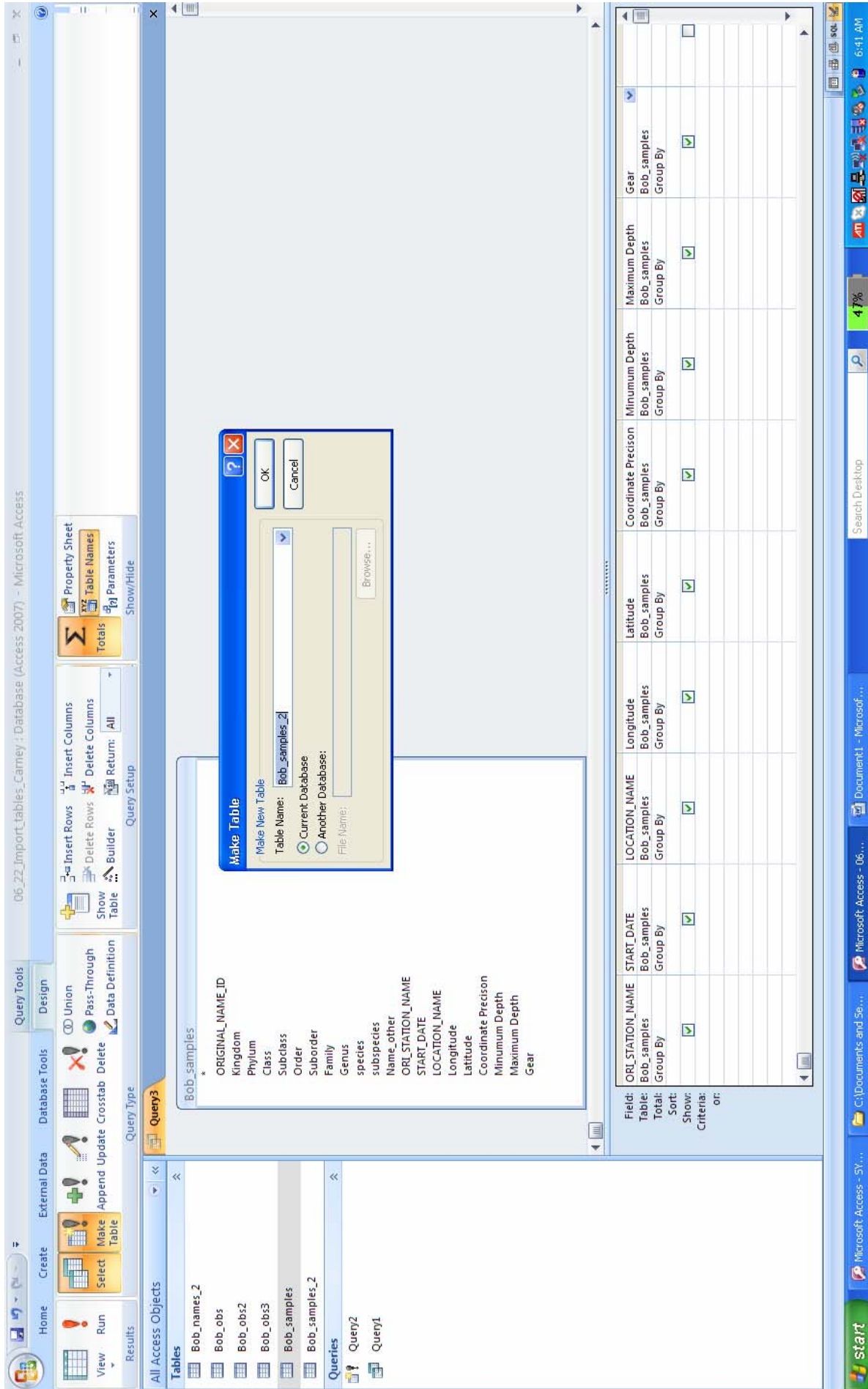
Departure Date

Return Date

Primary Institution responsible for the expedition

Chief Scientist

Annexe 4 : Impression écran de la requête pour supprimer les redondances



Summary

This project has been carried out within the Total Foundation in its marine biodiversity protection field. This Foundation funds more than fifty projects. One of those is an international inventory of marine biodiversity; the “Census of Marine Life” program (CoML). Through this program, the SYNDEEP project aims at making a synthesis of current knowledge about deep sea biodiversity.

This synthesis has two major objectives:

- ❖ Describe patterns of biodiversity in the deep sea scale predictable with scale across habitats.
- ❖ Describe patterns of biodiversity in the deep sea across depth and productivity.

This project will be structured in two steps: first, the database creation including all information about deep sea biodiversity inventories and secondly, an analysis based on this database.

The goal of my work is to create this database. Analysis and reflexion on Syndeep goals and on databases gathered make me able to think structure with tables, main fields and links between tables. Following this phase, I built a template with the Access software, which is appropriated for such an international project. The database is divided into six tables linked by primary keys. These primary keys make all records unique. Tables contain essential fields for Syndeep objectives: organisms’ identification, habitats, abundance, coordinates, depth and gears used.

Data integration was the next step. Syndeep database contains currently more than sixty databases. However, all data are not still gathered nor integrate.

Data exploitations out of Syndeep project is a main issue. Syndeep coordinators sign an agreement, which allows uses of data only in the scope of the project. At the end of Syndeep synthesis, scientists will probably be asked to make their data public. It would allow to create links and to complete other deep sea databases (OBIS base about global marine biodiversity inventory or special bases about habitats).

Finally, this project has to deal with what is at stake in the deep sea discovery. Variety of resources (biologic, energetic and mineral resources) and potential use inflame interests. However, and before all future exploitation, it is essential to enhance deep sea knowledge in a goal to protect the environment.

The Total company which supports the Total Foundation in its partnership with Syndeep understood this requirement. Indeed, The sea is an environment where Total has a main part of its business activity. The company already funded several deep sea expeditions in areas related to its business (West Africa, North East of the Atlantic Ocean). However, Syndeep is a world scale project. That shows a will of the Foundation and the Total company to improve their deep sea knowledge. Indeed, ecosystems knowledge makes easier their protection.

Résumé

La présente étude a été réalisée au sein de la Fondation Total, et plus spécifiquement dans son champ d'activité de protection de la biodiversité marine. Le pôle biodiversité de la Fondation soutient aujourd'hui près d'une cinquantaine de projets dont le programme international de recensement de la biodiversité marine "Census of Marine Life" (CoML). Au travers de ce programme, le projet SYNDEEP a pour vocation de faire une synthèse des connaissances actuelles sur la biodiversité d'un milieu encore fortement méconnu : les grands fonds marins.

Cette synthèse a pour objectif de répondre à deux questions majeures.

- ❖ Quelles relations existent-ils entre l'hétérogénéité des habitats des grands fonds marins et la biodiversité qui y vit ?
- ❖ Quels sont les facteurs déterminant la diversité des communautés benthiques (proches du fond des mers ou des océans) profondes ?

Pour répondre à ces questions, le projet s'articule en deux parties: une première partie de création d'une base de données organisant l'ensemble des informations issues des inventaires de biodiversité dans les grands fonds marins et une seconde partie d'analyses basées sur la base de données créées.

L'objectif de mon projet consistait à créer cette banque de données. Les analyses des objectifs de Syndeep et des bases collectées auprès des scientifiques ont permis de penser le modèle conceptuel de la base (tables, champs indispensables, liens entre les tables). La structure physique de la base a ensuite été créée avec le logiciel Access, jugé le plus judicieux pour un tel projet international. La base se divise en six tables reliées entre elles par des clés primaires assurant l'unicité de chaque enregistrement. Ces tables contiennent les champs indispensables pour la synthèse Syndeep : identification des organismes, habitat, abondance, coordonnées, profondeur, matériel utilisé.

L'intégration des données dans la table a suivi. La base Syndeep contient aujourd'hui près de 60 bases de données collectées auprès de scientifiques spécialisés dans le domaine des grands fonds marins. Son alimentation par d'autres données doit cependant continuer (jusqu'à fin 2009).

L'exploitation de ces éléments, en dehors du projet Syndeep, pose une vraie question. Les responsables de Syndeep se sont en effet engagés à utiliser les données collectées uniquement dans le cadre du projet. Cependant, avec l'accord des scientifiques une fois leurs données exploitées, la publication de cette base permettrait de créer des liens et d'alimenter d'autres bases de données concernant les fonds marins (base OBIS de recensement global de la biodiversité marine, bases spécifiques à certains habitats).

Il est enfin essentiel de mettre en évidence l'importance d'un tel projet face aux enjeux de la découverte des grands fonds marins. En effet, l'immensité des ressources (tant au niveau biologique qu'énergétique et minéral) et les applications qui en découlent attisent les convoitises. Cependant, dans un objectif de préservation de ces écosystèmes, il est indispensable d'explorer et de mieux connaître ces milieux avant une exploitation future.

Le soutien de la Fondation apporté au projet Syndeep en accord avec le Groupe Total répond à cette nécessité. La mer est, en effet, un milieu dans lequel le Groupe exerce une grande partie de son activité industrielle. Total a déjà été partenaire de plusieurs campagnes d'études des grands fonds marins mais dans des zones géographiques d'intérêts énergétiques (Afrique de l'ouest, nord-est de l'océan Atlantique). Le partenariat mis en place avec Syndeep, projet géographiquement plus vaste, correspond à une logique et une volonté de la Fondation et du groupe Total d'élargir ses connaissances sur les fonds marins. C'est en effet en connaissant ces écosystèmes qu'il sera plus aisé de les préserver.