

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue - ETABLISSEMENTS - ...

pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagneouest.fr/sml> au format PDF

Identification du projet

Acronyme du projet (8 caractères *maximum*) : BioDOMPO

Intitulé du projet en langue française : Biogéochimie de la matière organique dans l'océan Pacifique

Intitulé du projet en langue anglaise : Biogeochemistry of dissolved organic matter in the Pacific Ocean

Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

Cocher le DIS prioritaire au sein duquel le projet de thèse s'intègre.

DIS 1 : Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative

DIS 2 : Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité

DIS 3 : Activités maritimes pour une croissance bleue

DIS 4 : Technologies pour la société numérique

DIS 5 : Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie

DIS 6 : Technologies de pointe pour les applications industrielles

DIS 7 : Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

« Projet Blanc »

Préciser le sous-domaine correspondant : 7a

DIS secondaire si nécessaire : DIS3

Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)

Établissement porteur du projet : Université de Bretagne Occidentale

Ecole Doctorale : EDSML

Identification du-de la responsable du projet (futur-e directeur-trice de thèse)

Nom du laboratoire d'accueil : Laboratoire des sciences de l'environnement marin

Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...) : UMR 6539

Directeur du Laboratoire : Luis tito de morais

Nom de l'équipe de recherche : CHIBIDO

Nombre HDR dans le laboratoire : 48

Nombre de thèses en cours : 47

Nombre de post-docs en cours : 12

Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet :

- e-mail : Riso@univ-brest.fr

- Téléphone : 0298498752

- **Publications récentes du directeur-trice de thèse** (nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années) :

Nombre de publications : 62

Choix de 5 :

(2015) Waeles, M; Tanguy, V.; **Riso, R.D.** On the control of copper colloidal distribution by humic substances in the Penzé estuary. *Chemosphere* 119 : 1176 – 1184.

(2015) Marie, L; Pernet-Coudrier, B; Waeles, M; Gabon, M; **Riso, R.** Dynamics and source of reduced sulfur, humic substances and dissolved organic carbon in a temperate river system affected by agriculture practices. *Science of the Total Environment* 537: 23 – 32

(2017) Marie, L; Pernet-Coudrier, B; Waeles, M; **Riso, R.** Seasonal variation and mixing behaviour of glutathione, thioacetamide and fulvic acids in a temperate macrotidal estuary (Aulne, NW France). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 184, 177 – 190.

(2018) Dulaquais, G ; Breitenstein, J., Waeles, M ; Marsac, R ; and **Riso, R** . Measuring dissolved organic matter in estuarine and marinewaters : size-exclusion chromatography with various detection methods. *Environmental Chemistry*, 15(7), 436 – 449.

(2018) Dulaquais, G ; Waeles, M ; Gerringa, L.J.A. ; Middag, R ; Rijkenberg, M.J.A. and **Riso, R.** The biogeochemistry of electroactive humic substances and its connection to iron chemistry in the north east atlantic and western mediterranean sea. *Journal of Geophysical Research : Oceans* 123, 5481 – 5499.

- **Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

Direction de Thèses période 2012 – 2018

BREITENSTEIN Johann : Soutenance prévue décembre 2019

Titre de la Thèse : Etude de la distribution et de la dynamique de la matière organiques dissoute dans des écosystèmes marins côtiers par LC-OCD-UVD-OND.

Financement : 100% Ministère

Situation actuelle : Doctorant

COTTE Laura : Thèse soutenue le 6 décembre 2017

Titre de la Thèse : Devenir des éléments métalliques en milieu hydrothermal profond : partition dissous particulaire effective et spéciation dans le mélange fluide hydrothermal – eau de mer précoce.

Financement : 50% Ifremer – 50% Ministère

Situation actuelle : Ingénieur Euro pôle Mer

MARIE Laurianne : Thèse soutenue le 8 décembre 2016

Titre de la Thèse : Composition transfert et dynamique de la matière organique dissoute (MOD) dans les eaux fluviales et estuariennes : impact des activités agricoles.

Financement : 50% ARED – 50% Ministère

Situation actuelle : Enseignante

AUMOND Virginie : Thèse soutenue le 19 décembre 2013

Titre de la Thèse : Spéciation du cuivre en milieu hydrothermal profond et dans les zones de suintements froids.

Financement : 50% Ifremer – 50% Ministère

Situation actuelle : Ingénieur HSE chez ALPA

Co-directeur-trice de thèse et co-encadrant scientifique : (précisé si HDR)

- **Laboratoire de recherche co-encadrant** (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) : LEMAR UMR6539
- **e-mail** : gabriel.dulaquais@univ-brest.fr
- **Téléphone** : 0298498696
- **Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

Co-Direction de thèses période 2012 – 2018

BREITENSTEIN Johann : Soutenance prévue décembre 2019

Titre de la Thèse : Etude de la distribution et de la dynamique de la matière organiques dissoute dans des écosystèmes marins côtiers par LC-OCD-UVD-OND.

Financement : 100% Ministère

Situation actuelle : Doctorant

Présentation du projet (en langue française ou anglaise, 2 à 3 pages)

Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :

La matière organique dissoute (MOD) est une composante majeure du flux de carbone sous la couche euphotique, soutient la respiration des bactéries hétérotrophes et détermine la spéciation, la réactivité et le transport d'éléments métalliques micro-nutritifs (e.g. Fe, Cu, Co) essentiels au développement du phytoplancton dans l'océan. Cependant sa grande hétérogénéité physico (taille) –chimique (réactivité) est une barrière à sa caractérisation, elle est donc souvent étudiée de manière globale (carbone organique dissous) ou à travers des propriétés spécifiques (absorption, UV, fluorescence). **Durant cette thèse nous nous proposons d'étudier la biogéochimie, la spéciation et la réactivité de la MOD à grande échelle dans l'océan Pacifique. Cette étude s'appuiera sur l'analyse d'échantillons d'eau de mer prélevés le long d'une section s'étendant de l'Alaska à Tahiti dans le cadre d'une collaboration internationale (GEOTRACES US-GP15).** Au cours de cette étude la MOD sera étudiée de manière globale, semi spécifique et spécifique afin de caractériser les sources et les puits des différentes fractions composant la MOD. Les analyses seront effectuées à l'aide de techniques chromatographiques, électrochimiques, fluorimétriques et de spectrométrie de masse. Les résultats permettront d'étudier pour la première fois de manière fine le continuum taille réactivité, l'implication de la MOD dans le cycle de l'azote ainsi que de définir si la MOD est une source ou un puit de CO₂ à grande échelle. Au cours de cette thèse de doctorat une attention particulière sera portée sur les interactions entre la MOD et les éléments traces métalliques. **Ce projet de thèse est l'un des premiers à proposer d'étudier les éléments traces et la matière organique comme un seul ensemble au sein duquel les processus régissant le cycle de la MOD ne peuvent être distincts de la réactivité des éléments traces.** Dans ce sens, des collaborations seront engagées avec les scientifiques impliqués dans l'étude du cycle des éléments traces et de leur spéciation physico-chimique afin de mettre en relation le jeu de données acquis dans le cadre de cette thèse et les distributions des éléments traces bio essentiels et ainsi d'identifier les connections entre les cycles des éléments traces et de la MOD. **Ces travaux de thèse s'inscrivent dans le cadre du programme internationale GEOTRACES. Le financement pour le fonctionnement et la valorisation scientifique (congrès, publication) sont acquis. Ce projet est la seule contribution française à l'expédition US-GP15.**

Présentation détaillée du projet :

1 - Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques

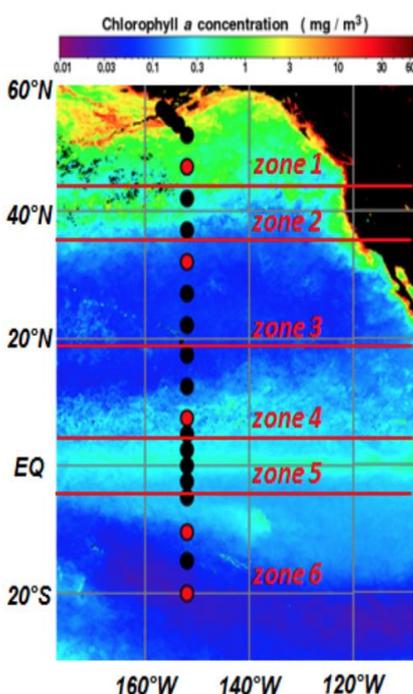


Figure 1 Tracé et stations de prélèvement de la section US- GEOTRACES GP15. Les couleurs indiquent les concentrations de surface en Chlorophylle *a* au printemps.

L'objectif principal du doctorant sera d'étudier la biogéochimie de la MOD à grande échelle dans le but de contraindre ses dynamiques et ainsi de quantifier la contribution de la MOD à la pompe biologique de carbone océanique. Dans ce but nous étudierons les sources et puits de la MOD en domaines océaniques contrastés, sa contribution au réservoir d'azote biodisponible ainsi que son implication dans le cycle biogéochimique d'éléments traces métalliques bio-essentiels (Fe, Cu, Co). L'ensemble des méthodes analytiques et des stratégies sont détaillés en section (2). Cette étude s'appuiera sur des échantillons qui acquis durant l'automne 2018 le long de la section US-GEOTRACES Pacifique 15. **Cette zone d'étude** (Figure 1 ; 23 stations 36 profondeurs, ~820 échantillons) **comporte une grande diversité de domaines biogéochimiques** (HNLC, subtropicale, résurgence équatoriale), **des zones d'apports sédimentaires** (marge aléoutienne), **hydrothermaux** (arc aléoutien, Juan de Fuca) **et atmosphériques** (ITCZ). De plus, durant cette expédition, des **zones d'oxygénations contrastées** (OMZ), le système **d'upwelling équatorial** et les eaux profondes du Pacifique Nord ont été prélevés. Cette diversité de zones biogéochimiques permettra de dessiner une vue d'ensemble de la MOD dans l'océan Pacifique, de caractériser les différents types de MOD océanique (réfractaire, labile, complexant vis-à-vis des métaux, ...), de quantifier leurs contributions au pool de COD ainsi que de définir les sources et puits spécifiques à chaque fraction. Par ailleurs selon le modèle du continuum taille-réactivité les classes de matière organique de plus grande taille seraient plus

biodisponibles et reminéralisées plus rapidement par les microbes que les classes de plus petite taille suggérant ainsi une accumulation de molécules de bas poids moléculaire et fortement oxydées le long de la circulation thermohaline [1]. Cependant des études [2] suggèrent une accumulation de substances humiques d'origine microbienne et issus de la condensation de composés organiques labile le long de cette même circulation thermohaline. Pour vérifier ces deux hypothèses antagonistes nous **établirons, à l'aide d'une technique chromatographique, la première distribution du spectre de taille des composés organiques dissous à l'échelle d'un bassin océanique ainsi que la première étude quantitative de la distribution des substances humiques offrant une vision à grande échelle du continuum taille-réactivité.** La production primaire étant limitée par la disponibilité de l'azote en zone oligotrophe du Pacifique [3], en définissant la composition azotée de la MOD et en étudiant les variations du rapport carbon/azote à travers les différentes zones biogéochimiques ou au cours du processus de minéralisation, cette étude permettra de définir **si la MOD constitue un réservoir d'azote biodisponible pour les communautés planctoniques en zone subtropicale oligotrophe du Pacifique.** Enfin, les interactions entre MOD et éléments traces bioessentiels seront explorées. Nous étudieront notamment la capacité complexante des substances humiques, les distributions de ligands spécifiques du cuivre et du cobalt comme la glutathionne et la vitamine B₁₂. Ces analyses permettront de quantifier les concentrations en ligands spécifiques et d'identifier des connections directes entre les cycles de la MOD et des éléments micronutritifs tel que le fer et le cuivre [4] (identifiés comme éléments clefs par le programme international GEOTRACES). **Ce projet propose d'étudier les éléments traces et la matière organique comme un seul ensemble au sein duquel les processus biologiques de production/minéralisation de la MOD ne peuvent être distincts de la réactivité géochimique (scavenging/ oxydation-précipitation) des éléments traces bio-essentiels.** Dans ce sens, des collaborations seront engagées avec les scientifiques impliqués dans l'étude du cycle des éléments traces et de leur spéciation physico-chimique notamment M. Saito et D. Repeta (WHOI, MA, USA), et J. Moffett (USC, CA, USA) et P Lam (UCSC, CA, USA) afin de mettre en relation le jeu de données acquis dans le cadre de ce projet et les distributions des éléments traces bio essentiels et ainsi d'identifier les connections entre les cycles des ETM et de la MOD.

[1] Benner, R., & Amon, R. M. (2015). The size-reactivity continuum of major bioelements in the ocean. *Annual review of marine science*, 7, 185-205.

[2] Yamashita, Y., & Tanoue, E. (2008). Production of bio-refractory fluorescent dissolved organic matter in the ocean interior. *Nature Geoscience*, 1(9), 579.

[3] Moore, C. M., Mills, M. M., Arrigo, K. R., Berman-Frank, I., Bopp, L., Boyd, P. W., ... & Jickells, T. D. (2013). Processes and patterns of oceanic nutrient limitation. *Nature Geoscience*, 6(9), 701.

[4] Dulaquais, G., Waeles, M., Gerringa, L. J., Middag, R., Rijkenberg, M. J., & Riso, R. (2018). The biogeochemistry of electroactive humic substances and its connection to iron chemistry in the North East Atlantic and the Western Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*.

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

Cette étude propose d'étudier la MOD selon 3 approches analytiques complémentaires. La MOD sera quantifiée de manière globale (analyse du COD) ainsi que de manière semi-spécifique à l'aide d'une technique chromatographique par exclusion de taille avec détecteur de carbone, d'azote et d'absorbance à 254nm (SEC-LC-OCD)^[1]. Outre la quantification du COD, cet appareillage permet la quantification de la composition en carbone et en azote des différentes classes de taille de la MOD et notamment des substances humiques et des biopolymères (protéines, lipides, saccharides). La MOD sera aussi étudiée spécifiquement à l'aide de techniques électrochimiques et de spectrométrie de masse et potentiellement fluorimétrique. En effet des analyses spécifiques par spectrométrie de masse (LC-MS/MS)^[2] sur la fraction biopolymère collectée en sortie de la colonne à exclusion de taille permettront de définir plus finement le type de protéine composant la MOD et ainsi de tracer la production de matière organique labile ou des stress spécifiques (e.g. production de NtcA en cas de stress en azote^[3]). L'utilisation de techniques électrochimiques permettra d'étudier les liens entre MOD et élément traces métalliques. En effet ces techniques permettent de quantifier les substances humiques complexant les métaux ^[4] ainsi que des ligands spécifiques du cuivre ou le cobalt tel que le glutathion ^[5] et la vitamine B₁₂^[6]. L'acquisition de données par SEC-LC-OCD ne nécessite pas de développement analytique mais simplement une phase de calibration de l'appareillage. Les techniques d'analyse des substances humiques électroactives et du glutathion par électrochimie sont actuellement utilisées en routine par le groupe chimie marine et leur calibration/mise en place ne comporte pas de point de blocage particulier. Le principal verrou analytique de ce projet est le développement d'une méthode de dosage des protéines marines par chromatographique liquide combinée à un double spectromètre de masse (LC-MS/MS). Le but est ici d'isoler la fraction biopolymère en sortie de la colonne à exclusion de taille afin de déterminer sa composition protéinique.

- [1] Dulaquais, G., Breitenstein, J., Waeles, M., Marsac, R., & Riso, R. (2018). Measuring dissolved organic matter in estuarine and marine waters: size-exclusion chromatography with various detection methods. *Environmental Chemistry*, 15(7), 436-449.
- [2] Peng, J., Elias, J. E., Thoreen, C. C., Licklider, L. J., & Gygi, S. P. (2003). Evaluation of multidimensional chromatography coupled with tandem mass spectrometry (LC/LC-MS/MS) for large-scale protein analysis: the yeast proteome. *Journal of proteome research*, 2(1), 43-50.
- [3] Saito, M. A., McIlvin, M. R., Moran, D. M., Goepfert, T. J., DiTullio, G. R., Post, A. F., & Lamborg, C. H. (2014). Multiple nutrient stresses at intersecting Pacific Ocean biomes detected by protein biomarkers. *Science*, 345(6201), 1173-1177.
- [4] Sukekava, C., Downes, J., Slagter, H. A., Gerringa, L. J., & Laglera, L. M. (2018). Determination of the contribution of humic substances to iron complexation in seawater by catalytic cathodic stripping voltammetry. *Talanta*, 189, 359-364.
- [5] Pernet-Coudrier, B., Waeles, M., Filella, M., Quentel, F., & Riso, R. D. (2013). Simple and simultaneous determination of glutathione, thioacetamide and refractory organic matter in natural waters by DP-CSV. *Science of the Total Environment*, 463, 997-1005. Bianchi, T. S. (2011). The role of terrestrially derived organic carbon in the coastal ocean: A changing paradigm and the priming effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19473-19481.
- [6] Sawamoto, H. (1985). Cathodic adsorption stripping analysis of vitamin B12. *Journal of electroanalytical chemistry and interfacial electrochemistry*, 195(2), 395-404.

3 - Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, national et international :

A l'échelle régionale, ce projet se fera en collaboration avec les partenaires du LSOL (Laboratoire de spectrométrie et optique laser) de Brest (Pr P. Giamarchi) et du LUBEM (Laboratoire Universitaire de Biodiversité et d'Ecologie Microbienne). A l'échelle internationale des collaborations étroites avec le Pr K Casciotti (Stanford University), Phoebe Lam (University of California Santa Cruz) et Mak Saito (Woods Hole Oceanographic Institute) seront engagées.

4 - Pour la région Bretagne: adéquation du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire).

Ce projet est en adéquation avec la DIS 7 car ce projet permettra de **placer la région Bretagne au premier plan de la recherche internationale sur la thématique de l'étude du cycle océanique du carbone**. Ceci renforcera l'excellence bretonne en science de la mer ainsi que sa capacité à financer des formations de haut niveau en océanographie chimique sur des thématiques environnementales globales et sensibles. **En effet 50% de la recherche océanographique française est effectuée à la pointe bretonne, cette excellence est un atout majeur pour la région et participe grandement à son attractivité.**

5 - Si « projet blanc » (hors DIS), préciser les raisons de ce choix :

6 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel : aucun

7 - Autres informations utiles (CPER, FEDER, concernant la politique régionale) :

Le budget fonctionnement et valorisation scientifique nécessaire à ce projet est acquis (ISBLue 5k euros ; LEFE-CNRS : 22keuros)

8 - Le cas échéant, précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

- la régulation du climat par l'océan
- les interactions entre la Terre et l'océan
- la durabilité des systèmes côtiers
- l'océan vivant et les services écosystémiques
- les systèmes d'observation à long terme

Le cas échéant (si financement ISblue demandé): en regard de la formation par la recherche du futur docteur, perspectives d'insertion professionnelle dans le milieu académique et non académique

Ce projet de recherche fondamentale sur une des thématiques les plus sensibles de la recherche environnementale moderne (cycle du carbone) s'établit dans le cadre d'un programme international qui inclut plus d'une centaine de scientifiques provenant de 46 pays différents. Les perspectives d'insertion professionnelle à l'issue de la thèse dans le milieu académique sont multiples et inclus entre autre le post-doctorat, l'ATER, l'ingénierie de recherche ainsi que le consulting pour des organismes de financement publique. Par ailleurs les compétences en chimie analytique ainsi que

les qualités rédactionnelles qui seront acquises par le(la) candidat(e) lui permettront d'envisager une insertion dans le monde non-académique en tant que chargé(e) de mission auprès d'organismes publique, d'ingénieur(e) HSE du secteur privé, ingénieur(e) procédé du secteur privé et publique et ceci à l'aide du réseau professionnel des encadrants (liste non exhaustive : *Ifremer, Eau du ponant, Labocea, Europole mer, Methrom, Agence de l'eau*)

9 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

Ce projet de thèse s'inscrit au sein de thèmes 1, 2 et 4 de ISBlue. En effet en étudiant le cycle biogéochimique du carbone océanique ce projet de thèse a pour but de **quantifier la pompe biologique océanique de carbone atmosphérique**, de quantifier l'échelle de temps de la **séquestration du carbone organique d'origine terrestre dans l'océan** ainsi que les **interactions** (toxicité, limitation) **et rétroactions** (consommation/production/diversité de populations) **entre matière organique dissoute, éléments traces et les communautés phytoplanctoniques et bactériennes**. Au-delà des collaborations locales et régionales ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre du programme international GEOTRACES en collaborations avec des chercheurs d'université et institut de recherche à la pointe de la recherche en océanographie chimique (UCSC, WHOI, Stanford).

10 - Si projet de co-tutelle, internationale, précisez le pays et l'établissement

Pas co-tutelle envisagée

11 - Financements Région Bretagne acquis par le porteur au cours des 3 dernières années (titre, montant)

12 - Si projet cofinancé, nom du cofinancier (sollicité et ou acquis)

ISBlue

13 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées

CNRS (sollicité)

Allocation UBO (sollicité)

Le – la candidat.e

Profil souhaité du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Nous recherchons un(e) candidat(e) issu d'une formation universitaire (Bac +5) en chimie marine/environnementale ou ingénieur en chimie, sciences appliquées ou généraliste, ayant des capacités de synthèse et de rédaction. Le parcours du candidat devra démontrer d'une expérience (stage compris) sur au moins une des thématiques suivantes : chimie analytique, spéciation organique des éléments traces métalliques, (bio)géochimie de la matière organique, chimie océanographique. Des compétences en analyse par chromatographie liquide ou électrochimie ou spectrométrie de masse seront un plus. Une maîtrise de la langue anglaise est indispensable.

Projet de thèse en cotutelle internationale

S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale (oui/non) : non

Si oui, préciser l'établissement pressenti (et le pays de rattachement) :

Ce projet de thèse fera-t-il l'objet d'un cofinancement international (oui/non) : non

(Rémunération du doctorant par l'établissement implanté sur le territoire régional (18 mois sur 36 mois), et l'établissement étranger, qui s'engage également à rémunérer le doctorant dans le cadre de son séjour à l'étranger, soit durant 18 mois -a minima-)

En cas de cofinancement international, préciser -si vous en avez connaissance- l'organisation du calendrier des périodes de séjour :

Financement du projet de thèse

Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet :

Financement Région 100 %

Financement Région 50 % (préconisé)

En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié (oui/non) : oui

Si oui, préciser la nature du cofinancement (ANR, partenaire privé, Ademe, etc.) :

ISblue

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : 2^{ème} semestre 2019

En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (oui/non) : Oui

CNRS (50%)

Allocation UBO (50%)

Annexe : Domaines et sous-domaines d'innovation stratégique

Domaines d'innovation stratégique

- 1/ Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- 2/ Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- 3/ Activités maritimes pour une croissance bleue
- 4/ Technologies pour la société numérique
- 5/ Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- 6/ Technologies de pointe pour les applications industrielles
- 7/ Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Ventilation en sous-domaines

D1 – Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative

- 1A- Démarches d'innovation sociale et citoyenne
- 1B- E-éducation et e-learning
- 1C- Patrimoine et tourisme durable
- 1D- Industries créatives et culturelles
- 1E- Transitions et mutations des modèles économiques des filières et des entreprises

D2- Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité

- 2A- Qualité et sécurité sanitaire des aliments
- 2B- Nouveaux modèles de production agricole
- 2C- Usine agro-alimentaire du futur

D3- Activités maritimes pour une croissance bleue

- 3A- Energies marines renouvelables
- 3B- Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies (pour toutes les applications)
- 3C- Valorisation des ressources minières marines
- 3D- Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)
- 3E- Navire du futur
- 3F- Sécurité et sûreté maritime

D4- Technologies pour la société numérique

- 4A- Internet du futur : objets communicants, cloud computing et big data
- 4B- Images et contenus
- 4C- Conception logiciels
- 4D- Modélisation numérique
- 4E- Réseaux convergents, fixes mobile broadcast
- 4F- Cybersécurité

D5- Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie

- 5A- Prévention – santé – bien-être
- 5B- Nouvelles approches thérapeutiques alliant génétique, bio-marqueurs et biomolécules
- 5C- Technologies médicales, diagnostiques et thérapeutiques et e-santé

D6- Technologies de pointe pour les applications industrielles

- 6A- Photonique et matériaux pour l'optique
- 6B- Matériaux multi-fonctionnels
- 6C- Technologies en environnements sévères
- 6D- Electronique, robotique et cobotique pour l'ingénierie industrielle
- 6E- Systèmes de production avancés de petites et moyennes séries (usine du futur)

D7- Observation et Ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

- 7A- Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs inter-actions
- 7B- Réseaux énergétiques intelligents
- 7C- Système constructif performant et durable (éco-construction et éco-rénovation, TIC et bâtiment)
- 7D- Véhicules et mobilités serviciels durables
- 7E- Eco-procédés, éco-produits et matériaux bio-sourcés.