

Compte rendu de l'atelier scientifique LOAF2015

Titre : L'Océan Austral vu par les chercheurs en France : comment la circulation océanographique interagit-elle avec la cryosphère, et affecte-t-elle les cycles biogéochimiques et les écosystèmes (LOAF)
Lieu : Université Pierre et Marie Curie
Date : 12 et 13 Octobre 2015
Organisateur : Jean-Baptiste Sallée
Gestion admin. : LOCEAN (C. Le Helley) / CNRS (G. Devesa)
Table des matières :

A. Synthèse.....	p.1
B. Programme des sessions.....	p.2
C. Résumé des sessions.....	p.3
D. Liste de participants.....	p.7

A. Synthèse

Thème

Le changement climatique est l'un des problèmes les plus urgents auxquels notre société actuelle est confrontée. L'océan tend à modérer l'impact du changement climatique en absorbant de larges proportions de chaleur et de carbone associés au changement climatique actuel. L'océan Austral a une importance majeure dans cette absorption de carbone et de chaleur anthropique. Il est estimé que l'Océan Austral absorbe environ 50% de carbone océanique anthropique, et de plus de 75% de chaleur océanique anthropique.

Mais cette capacité à faire tampon au changement climatique terrestre se répercute et met à mal l'ensemble du système climatique et écosystémique austral : acidification, réchauffement des eaux profondes, désalinisation, fonte des glaciers flottants, réorganisation spatiale de la glace de mer, réduction de la population de krill. Par ailleurs, ces changements du système austral affecteraient sa capacité future à absorber la chaleur et le carbone atmosphérique, et in fine, sa capacité à faire tampon au changement climatique.

Si nous voulons comprendre et prédire les changements climatiques, il est urgent de comprendre la circulation océanique australe, son interaction avec la cryosphère et son impact sur les cycles biogéochimiques. Si nous voulons appréhender l'importance des futurs changements sur les écosystèmes et la chaîne alimentaire, nous devons mieux comprendre comment les écosystèmes utilisent l'habitat polaire antarctique.

Le workshop

La réunion qui a eu lieu le 12 et 13 octobre 2015 à l'Université Pierre et Marie Curie a couvert un certain nombre de domaines de recherche océanographiques liés à l'océan austral : de la dynamique de la cryosphère, aux écosystèmes austraux, en passant par les interactions océan/glace, la circulation océanique grande échelle, et les cycles biogéochimiques. Elle a permis de rassembler 48 océanographes français, observationnistes et modélisateurs, travaillant sur les questions mentionnées ci-dessus, afin d'échanger sur leurs derniers travaux.

Conclusions du workshop

Les présentations et discussions scientifiques qui ont eu lieu au cours de cette réunion démontrent une très bonne dynamique scientifique, et des activités complémentaires entre différents groupes de recherches basés en France sur les questions abordées au cours de la réunion. Cette complémentarité se traduit par une richesse des activités sur un large faisceau de thématique. Nous avons notamment noté un focus important sur la cryosphère et son interaction avec l'océan et les écosystèmes. Il a été convenu que ces rencontres étaient bénéfiques pour les recherches des différents groupes, et que nous nous réunirons dans un an dans le même cadre. Bien que nous n'ayons pas pu, par manque de temps, aborder la question des interactions entre questions climatiques contemporaines et paléocéanographiques, il existe une volonté d'aborder ces questions dans le cadre de ce groupe, dans le futur.

B. Programme des sessions

La réunion s'est organisée autour de neuf sessions. Chacune de ces sessions avait pour objectif de répondre à une problématique donnée. Nous listons les sessions et problématiques associées ci-dessous :

(Session 1) La glace de mer antarctique

Quelle est la dynamique en jeu dans les changements de distribution de glace de mer observés en antarctique ?

(Session 2) Influence des glaciers flottants et iceberg sur l'océan et la glace de mer

Quelle est l'importance de l'influence des glaciers antarctiques et des icebergs sur la circulation océanique régionale et la glace de mer ?

(Session 3) Interactions entre glace de mer et océan

Comment les interactions et rétroactions entre glace de mer et océan impactent-elles les caractéristiques océaniques et de glace de mer ?

(Session 4) Circulation grande échelle de l'Océan Austral

Quels sont les processus régionaux moteurs de la circulation grande échelle de l'Océan Austral ?

(Session 5) Impact de la circulation sur le cycle du carbone

Comment la circulation grande échelle et les processus locaux associés influence-t-ils le cycle du carbone ?

(Session 6) Impact des fines échelles sur la circulation de l'Océan Austral,...

Les fines échelles physiques (échelles horizontales de 1-10 km) sont-elles importantes pour la circulation grande échelle de l'Océan Austral ?

(Session 7) ...et sur les flux de fer

Comment ces fines échelles physiques sont-elles susceptibles d'impacter le micronutriment fer, essentiel à la production primaire dans l'Océan Austral ?

(Session 8) La production primaire...

Comment la production primaire s'organise-t-elle régionalement et autour de structure océanique fine échelle ?

(Session 9) ...et sur les écosystèmes de l'Océan Austral

Comment les structures fines échelles et de glace de mer structurent-elles l'habitat des écosystèmes de l'Océan Austral ?

C. Résumé des sessions

(Session 1) La glace de mer antarctique

Une des questions centrales abordées sur le thème de la cryosphère antarctique a été celle de la glace de mer. Les observations montrent une légère augmentation de la couverture glace de mer antarctique que les modèles climatiques n'arrivent pas à reproduire. Deux approches motivées par ce problème ont été présentées : d'une part l'étude des forçages atmosphériques au niveau de la glace de mer dans des modèles climatiques (F. Codron) ; d'autre part l'étude de la thermodynamique de la glace de mer dans ces mêmes modèles climatiques (M. Vancoppenolle). La glace de mer est fortement affectée par les structures de vents grande échelle et régionales. Certains résultats tendent à montrer qu'une augmentation des vents telle qu'observée à l'heure actuelle provoquerait une augmentation transitoire de la couverture de glace de mer, avant une diminution continue à long terme (ce régime en deux temps serait expliqué par la réponse de la circulation océanique à ces vents). Par ailleurs, de manière plus régionale, la redistribution de glace de mer répondrait à des structures atmosphériques régionales possiblement forcées par des forçages atmosphériques venant des tropiques : d'où l'importance d'une bonne représentation globale du système climatique Terre. Il a également été noté l'importance de la température de la glace en elle-même, pour ce qui est de la représentation et la compréhension des cycles de fonte/croissance de glace de mer, et la photosynthèse associée. Cette façon originale d'étudier la glace de mer présente l'avantage d'être synthétique et permet une évaluation des modèles climatiques et de la réalité de leur représentation. Il a cependant été noté la limitation au niveau du nombre des observations disponible en Antarctique. Une des limitations est notamment le déséquilibre au niveau du nombre d'observations arctique/antarctique : notre connaissance de la glace de mer est grandement influencée par la connaissance arctique, potentiellement associée à une dynamique très différente de celle de l'antarctique.

(Session 2) Influence des glaciers flottants et iceberg sur l'océan et la glace de mer

Le réchauffement des eaux polaires antarctique a déclenché de fortes décharges locales des glaciers antarctiques. Par exemple, la région ouest antarctique a connu de très importantes décharges. Ces fontes, ainsi que les fontes associées aux icebergs, influencent les caractéristiques de l'océan, ainsi que la circulation grande échelle. Ces processus à l'œuvre dans le système climatique sont très peu connus dus au manque crucial d'observations dans ces régions très dures d'accès (base des glaciers flottants ou des icebergs), et, car ils sont classiquement ignorés dans les modèles climatiques. Deux études sur les glaciers flottants (N. Jourdain) et les icebergs (J. Le Sommer) ont été présentées dans lesquels des efforts sont menés pour représenter ces processus dans les modèles océaniques afin de mieux comprendre les processus en jeu et leurs implications. Le couplage entre océan et glacier flottant permet de mesurer l'impact de la fonte à la base des glaciers pour la circulation sous les glaciers et devant les glaciers : ces deux circulations semblent lourdement affectées par les taux de fonte (de manière linéaire). Ces résultats préliminaires démontrent la nécessité de représenter, ou au moins paramétriser, les glaciers flottants dans les modèles climatiques si l'on veut pouvoir représenter de manière réaliste les eaux denses de l'océan planétaire et la circulation associée. Les glaciers flottants peuvent également se casser et former des icebergs, qui sont en général également oubliés dans les modélisations numériques. Pourtant les icebergs peuvent être transportés très loin de leur zone de formation par les courants et ainsi affecter l'océan loin des glaciers flottants. Une des principales limites pour s'attaquer à cette question est le manque d'observation. L'étude qui nous a été présentée propose un modèle de transport d'iceberg, avec des sources d'iceberg dans le modèle basées sur des observations. Le modèle est couplé à un modèle océanique. Les trajectoires et concentrations d'iceberg représentées par le modèle sont cohérentes avec les observations. Prendre en compte ces icebergs dans le modèle a un impact important pour la profondeur et distribution de glace de mer. L'étude propose également une façon de paramétriser l'effet des icebergs à partir de carte de flux de surface climatologique.

(Session 3) Interactions entre glace de mer et océan

Les interactions entre glace de mer et océans influencent profondément tant l'océan que la glace de mer, mais sont encore peu connues. La glace de mer en se formant, rejettent du sel et densifie

l'océan de surface. Au contraire quand elle fond, elle relâche de l'eau douce et restratifie l'océan. En retour, les éventuelles remontées d'eau chaude (provoquées p.ex. par déstratification de la couche de surface) viennent fondre la glace, et pourraient causer des phénomènes rares observés des polynies hauturières. Ces interactions entre océan et glace de mer nous ont été présentées à travers deux études : une de l'océan de surface sur le pourtour antarctique à partir d'un jeu de données inédit (V. Pellichero), et l'autre à partir de simulation numérique cherchant à expliquer la dynamique océanique à l'œuvre lors d'événements de polynies hauturières. Les observations de l'océan sous la glace disponibles actuellement sont en grande partie dues aux observations des capteurs déployés sur des éléphants de mer. Même si certaines régions restent peu couvertes, il nous est aujourd'hui, et pour la première fois, possible de décrire le cycle saisonnier de l'océan de surface sous la glace de mer. Ce cycle saisonnier est très distinct du cycle saisonnier décrit dans l'océan libre de glace. La salinité a un rôle unique sur la stabilité de la colonne d'eau. Ce rôle de la salinité est quantifié, et est en grande partie expliqué par les échanges glace/océan au moment de la fonte et de la formation de glace, ainsi que par l'entraînement d'eau chargée en sel sous la couche de surface estivale. Cette stratification sous la glace de mer semble également avoir un rôle primordial pour l'apparition de polynie hauturière. Une stratification importante, principalement dominée par la salinité, permet de limiter les échanges entre océan profond et océan intérieur. Ainsi, l'eau relativement chaude des eaux profondes (l'eau en contact avec la glace de mer est plus froide qu'en profondeur) s'accumule au fur et à mesure des années. L'expérience numérique montre qu'une recharge de chaleur de ce type peut avoir lieu sur plusieurs années (voire des dizaines d'années), jusqu'à ce que la déstabilisation en température (eaux froide au-dessus, eau chaude en dessous) vainque la stabilisation en salinité. Alors, la colonne d'eau se mélange et l'eau chaude qui atteint la surface empêche la formation de glace, et force l'apparition d'une polynie hauturière. Il est intéressant de noter l'importance de l'overflow des eaux denses vers le fond des océans qui permet de maintenir une stabilité en salinité assez importante, permettant de créer ce phénomène cyclique et intermittent : recharge de chaleur profonde, relâche, polynie, etc.

(Session 4) Circulation grande échelle de l'Océan Austral

Les interactions entre cryosphère et océans évoqués plus haut, forment et transforment des masses d'eaux et sont le moteur d'une circulation océanique grande échelle dans l'océan Austral. Cette circulation est associée à des échelles de temps de l'ordre de la dizaine au millier d'années et permet le transport de large quantité de chaleur, d'eau douce et de carbone autour des océans planétaires. Malgré son rôle crucial pour le climat, cette circulation grande échelle est mal connue, en partie à cause de notre capacité à la mesurer qui a toujours fait défaut. La circulation grande échelle de l'Océan Austral s'organise autour de deux axes qui nous ont tous deux été présentés : une circulation qui suit les surfaces de densité (C. Chapman), et une circulation à travers les surfaces de densité (J-B. Sallée). Ces deux études ont présenté des estimations inédites de l'intensité de la circulation grande échelle à partir d'observations. Les transferts méridiens le long des surfaces de densité sont intensifiés régionalement dans les régions caractérisées par de fortes structures bathymétriques. Localement le flux méridien de volume est principalement expliqué par les flux géostrophiques qui dominent les flux tourbillonnaires. Mais le flux net, sur l'ensemble de l'océan austral, est fortement impacté par les flux tourbillonnaires. De la même manière que pour la circulation le long des surfaces de densité, la circulation à travers les surfaces de densité semble intensifiée dans la région du passage de Drake caractérisée par des structures bathymétriques importantes. La circulation à travers les surfaces de densité est estimée à partir de cinq ans d'observations répétées d'un traceur artificiel déployé en profondeur dans l'océan. Il est estimé que cette circulation à travers les surfaces de densité représenterait 10-25% de la circulation d'overturning totale.

(Session 5) Impact de la circulation sur le cycle du carbone

En connectant la surface et les profondeurs océaniques, la circulation grande échelle de l'Océan Austral a un rôle majeur sur le cycle du carbone océanique. En effet l'océan est un puits de carbone. En d'autres termes, du carbone est transféré depuis l'atmosphère vers la surface océanique, puis enfouie dans l'intérieur de l'Océan Austral. Cependant la dynamique du transfert à l'interface air/mer n'est pas parfaitement connue et encore mal reproduite par les modèles. Par

ailleurs, encore peu d'observations permettent de recenser les quantités de carbones enfouies dans le fond des océans. Trois études sur ces thèmes nous ont été présentées : une sur l'évaluation du transfert air/mer dans les modèles climatique (P. Mongwe) ; une sur la dynamique du transfert air/mer et le rôle des vagues (R. Sférian) ; et une sur l'observation à long terme de l'enfouissement du carbone dans l'océan intérieur. Afin de correctement représenter le flux de carbone à la surface de l'océan, la représentation correcte des cycles saisonniers de la température de surface et du cycle saisonnier du carbone océanique est nécessaire. Le phasage entre ces cycles saisonniers semble ici critique. Or, les différents modèles climatiques simulent toute sortent de cycles saisonniers différents ce qui impactent directement les transferts de carbone à l'interface air/mer dans ces modèles. Par ailleurs, pour pouvoir rendre compte de la variabilité saisonnière et interannuelle des flux air/mer de carbone, la prise en compte des vagues apparaît très importante. Cette prise en compte n'est pas simple, mais la prise en compte classique dans les modèles climatiques semble trop sommaire. Un couplage entre un modèle océan-biogéochimie et un modèle de vague permet de mettre à jour l'importance de prendre en compte une représentation plus réaliste de l'effet complet des vagues (dont les bulles associées au déferlement). Une fois transféré en surface, le carbone est enfoui profondément. Le réseau français OISO permet de suivre cet enfouissement depuis presque vingt ans. Ces observations uniques permettent de mieux comprendre l'effet climatique à long terme, et de détecter les variations interannuelles du puits de carbone. Par exemple un ralentissement dans les années 2000-2010 a été détecté, puis suivi d'une reprise à la hausse de l'enfouissement. Cet enfouissement se traduit par un changement des propriétés des eaux, avec une claire tendance à une réduction de Ph détectée sur certaines couches d'eau.

(Session 6) Impact des fines échelles sur la circulation de l'Océan Austral,...

La circulation grande échelle de l'Océan Austral peut être largement affectée par de petites structures océaniques et des processus de petites échelles encore peu connus. Ces questions d'interactions d'échelles nous ont été présentées sous trois angles : deux se basant sur des modèles idéalisés abordant les questions de l'impact des tempêtes atmosphériques (X. Capet), ainsi que de l'impact de petite structure bathymétrique rugueuse (J. Jouanno) ; et une abordant les défis observationnels (S. Speich). Les tempêtes atmosphériques semblent avoir un impact important sur la circulation grande échelle : celles-ci font pénétrer de l'énergie proche inertielle sur la colonne d'eau, sous la couche de surface, ce qui affecte la circulation. Cependant, cet effet n'est observé que quand les processus océaniques de petites échelles peuvent se développer dans le modèle. On voit ici l'importance cruciale des petites structures océaniques qui se font le relais des coups de vent atmosphériques pour propager l'énergie sur la colonne d'eau et affecter la circulation grande échelle. De la même façon, ces petites échelles activées par des structures bathymétriques rugueuses du fond de l'océan peuvent affecter la circulation grande échelle. La présence d'une structure topographique grande échelle déstabilise le courant en aval de la structure bathymétrique. Mais lorsqu'en plus il existe une bathymétrie rugueuse, cette déstabilisation ne reste plus confinée en aval, mais s'étend plus loin : les échanges verticaux sont affectés et le courant se restabilise seulement plus loin. Alors que ces simulations idéalisées semblent pointer des effets très importants pour notre compréhension de la dynamique grande échelle, l'observation de ces petites échelles n'en est qu'à ces balbutiements. Des méthodes de colocalisation entre flotteurs autonomes et observations satellites des courants promettent certains progrès. Mais les observations in situ ciblées semblent inéluctables : certains espoirs se fondent sur des opportunités de déploiement de capteurs dans le cadre de projets internationaux comme celui autour du réseau de surveillance de la circulation grande échelle du bassin Atlantique Sud (SAMOC), ou sur des projets comme celui de la plateforme PolarPod qui dérivera dans l'Océan Austral (prochaine expédition de Jean-Louis Étienne).

(Session 7) ...et sur les flux de fer

En plus de leur importance pour la circulation grande échelle, les petites échelles ont une importance majeure pour les flux de nutriments soutenant la production primaire de l'Océan Austral. La production biologique de l'Océan Austral est limitée en fer, et beaucoup de questions se posent sur les processus qui permettent un transfert de fer vertical vers les couches de surface qui permet de maintenir des blooms de phytoplanctons. Deux études mécanistiques nous ont été

présentées à ce sujet : l'une traite de la recharge de fer en surface par instabilité intrasaisonnière de la couche de surface (S. Nicholson), et l'autre à travers les instabilités créées par les topographiques du fond océanique (J. Collin). Les événements de déstabilisation de la couche de mélange (lors p.ex. d'un passage d'une tempête atmosphérique) peuvent recharger la couche de mélange en fer par au moins deux processus : par entraînement dû à l'approfondissement de la couche de mélange, et par diffusion verticale due à la forte turbulence générée par l'instabilité. L'étude de ces deux cas dans le cadre d'un modèle unidimensionnel idéalisé semble montrer que la recharge par diffusion verticale peut être très efficace et soutenir un bloom long sur la saison. La déstabilisation peut également venir du fond de l'océan. La rencontre entre le fort courant circumpolaire austral et une structure bathymétrique imposante (tel que p.ex. Kerguelen) déstabilise également la colonne d'eau. L'étude de ce deuxième cas dans un scénario idéalisé suggère une recharge en fer jusqu'en surface de l'océan dû aux fortes vitesses verticales générées. D'après ce cas idéalisé, une partie de ce flux de fer se fait le long des surfaces de densités.

(Session 8) La production primaire...

La production primaire de l'océan austral (et plus généralement de l'océan), est cruciale sur deux points majeurs : d'une part la séquestration de carbone à laquelle elle est associée, et d'autre part la chaîne alimentaire et les écosystèmes marins qui s'appuie entièrement sur elle. Un des principaux challenges de l'étude de la production primaire est son observation continue sur l'échelle de la saison et sur la colonne d'eau. Des programmes d'observation dédiés sont pour cela mis en place, avec notamment l'initiative SOCLIM ou encore la conception et déploiement de flotteurs autonomes biogéochimiques, qui nous ont été tous deux présentés (H. Claustre). Un des challenges de l'utilisation de ces flotteurs est la calibration des observations de chlorophylles, mais d'importants progrès sont faits. L'autre challenge est de pouvoir contextualiser une donnée ponctuelle faite par un flotteur. Pour cette contextualisation, l'utilisation de variables de l'environnement physique, et d'estimation de chlorophylle en surface par satellite est très utile (comme présenté par M. Ardyna). Par exemple des méthodes statistiques originales (réseau de neurones) sont utilisées pour utiliser l'ensemble de ces variables d'environnement afin de décrire des biorégions de l'Océan Austral. Ces différentes régions sont caractérisées par des cycles saisonniers distincts et semblent être partiellement associées aux principales limitations de la production primaire dans les différentes régions. Comme nous l'avons vu plus haut, la production primaire est principalement limitée en fer dans l'océan austral. Cette limitation a des conséquences sur le type de phytoplancton qui la soutient. Les diatomées ont tendance à être favorisées dans ces conditions et ceux-ci consomment le Silicate océanique (D. Cardinal). Ainsi l'Océan Austral limité en fer est caractérisé par des faibles taux du rapport silicate sur nitrate. Cette relation entre disponibilités du fer, phytoplancton et rapport silicate/nitrate, a donné lieu à des théories sur les passages entre ères glaciaire et interglaciaire avec notamment l'hypothèse du « silicium leakage ». Cependant des mesures dans un milieu naturellement fertilisé (Kerguelen) sembleraient indiquer que la relation disponibilité du fer et rapport silicate/nitrate, pourrait ne pas être aussi claire que présenté précédemment. Plus que nous faire remonter dans le passé, la signature isotopique en Silicate dans les masses d'eaux océaniques pourrait permettre d'indiquer les sources et échelles de temps de la circulation grande échelle mondiale.

(Session 9) ...et sur les écosystèmes de l'Océan Austral

Les recharges de fer et d'autres nutriments en surface, et l'intensité de la production primaire associées, remonte la chaîne trophique en possiblement impactant des écosystèmes entiers. Ces questions, bien que centrales pour évaluer l'état des écosystèmes et leurs évolutions, sont extrêmement difficiles à traiter, car il est difficile d'obtenir des observations sur les écosystèmes. Ce qui est fait à l'heure actuelle est de tagger des prédateurs supérieurs, qui intègrent l'ensemble des processus de la chaîne alimentaire. Comme nous l'avons discuté, ces prédateurs sont largement influencés par leur environnement physique : que ce soit par les fines échelles océaniques, qui impactent les recharges en fer, le développement de production primaire et l'agrégation des écosystèmes (F. d'Ovidio), que les caractéristiques des masses d'eau et les structures de glace de mer (S. Labrousse). Ainsi, des observations de fur seals et de manchots, associées à des estimations de concentration de fer se basant sur des analyses des observations in

situ et des observations de courants satellitaires, pointent de manière convaincante que les régions région enrichie en fer, proche du plateau de Kerguelen, forcent l'agrégation de ces prédateurs. Il est intéressant de noter que ces régions enrichies en fer sont largement affectées par les courants grande de petites échelles, les barrières dynamiques, créant ainsi dans l'océan des « forêts dérivantes » et évoluant au grès des structures dynamiques contenant en leurs seins des écosystèmes riches. Dans les régions englacées, les seals sont également affectés par la glace de mer. Il a cependant été montré très clairement que la glace de mer affecte les males et les femelles de manière contrastée : alors que les femelles tendent à rester proches du bord de glace, les males rentrent plus loin dans le pack et s'aventurent jusque sur le plateau continental antarctique. Ainsi les anomalies de concentration de glaces et des anomalies saisonnières de la période englacées impactent directement ces mammifères marins. Ces résultats sur l'importance des structures océaniques petite échelle et sur l'importance de la glace, cachent une organisation précise des écosystèmes austraux encore insoupçonnés il y a peu.

D. Liste de participants

1	Mathieu Ardyna	LOV	25	Claire Lo Monaco	LOCEAN
2	Olivier Aumont	LOCEAN	26	Gurvan Madec	LOCEAN
3	Xavier Capet	LOCEAN	27	KAGEYAMA Masa	LSCE
4	Damien Cardinal	LOCEAN	28	Alain Mazaud	LSCE
5	Chris Chapman	LOCEAN	29	Liliane Merlivat	LOCEAN
6	Jean-Benoit Charrassin	LOCEAN	30	Zoé Messerli	LOCEAN
7	Laurent CHAUVAUD	IUEM	31	Elisabeth Michel	LSCE
8	Hervé Claustre	LOV	32	Precious Mongwe	CSIR/LOCEAN
9	Francis CODRON	LOCEAN	33	Sarah Nicholson	CSIR/LOCEAN
10	Jeremy Collin	UBO	34	James ORR	LSCE
11	Christine DAVID-BEAUSIRE	IUEM	35	Francesco d'Ovidio	LOCEAN
12	Casimir de Lavergne	LOCEAN	36	Violaine Pellichero	LOCEAN
13	Carolina Dufour	Princeton uni	37	Renaud Person	LOCEAN
14	Johan Etourneau	CNRS	38	Clement Rousset	LOCEAN
15	Mainsant Gildas	LGGE	39	Tilla Roy	ECOCIANA
16	Luke Gregor	CSIR/LOCEAN	40	Jean-Baptiste Sallée	LOCEAN
17	Haddam	LSCE	41	Roland Séférian	CNRM
18	Steven Herbette	IUEM	42	Sabrina Speich	ENS
19	Julien Jouanno	LEGOS	43	Emmanuelle Sultan	MHNH
20	Nico Jourdain	LGGE	44	Martin Vancoppenolle	LOCEAN
21	Sara Labrousse	LOCEAN	45	Natalia Vazquez	LSCE
22	Remi Laxenaire	ENS	46	Frederic Viver	LOCEAN
23	Julien Le Sommer	LGGE	47	Claire Waelbroeck	LSCE
24	Marina Levy	LOCEAN			