

Compte rendu du 1^{er} atelier du CES ODATIS CO₂/pH Marin

Judi 31 mars et vendredi 1^{er} avril 2022

Campus de Jussieu, Paris

1. Participant(e)s

Présent(e)s : Eva Ferreira, Bruno Lansard, Pascale Lherminier, Paola Fiscaro, Daniela Stoica, Gaëlle Capitaine, Joel Sudre, Sabine Schmidt, Laurent Coppola, Nathalie Lefevre, Dominique Lefevre, Marine Fourier, Nathalie Labourdette, Sebastien Petton, Mohamed Herbal, Claude Mignon, Jonathan Fin, Nolwenn Lamandé , Christian Legall, Romain Davy, Leo Lacour, Coraline Lesseure, Margaux Brandon, Léa Olivier, Kirtana Naeck, Thibaut Wagener, Claire Lo Monaco, Sabrina Speich

Présent(e)s par visioconférence : Steeve Comeau, Linn Sekund, Franck Touratier, Catherine Goyet, Jean-Pierre Gattuso, Hervé Claustre, Laurence Beaumont, Jacqueline Boutin, Trang Chau, Nicolas Metzl, Yann Bozec, Lidia Caracedo, Eric Douville, Marion Gehlen, Frédéric Gazeau, Remy Asselot, Aline Tribollet, Gilles Reverdin, Raphaëlle Bajon, Denis Diverrès, Diana Ruiz-Pino, Han Wang, Samir Aliouane, Mathilde Tinchant, Aurélien Paulmier.

Excusé(e)s mais intéressé(e)s : Peggy Rimmelin, Thierry Cariou, Florence Salvetat

2. Déroulé de la réunion

2.1. Journée du jeudi 31 mars

La journée a débuté à 10h00. Suite à une courte introduction et un tour de table des participant(e)s, cette journée a été consacrée aux exposés des activités des participant(e)s, suivi de questions et de discussions.

Matin

- **Jonathan Fin** (LOCEAN) : Service National d'Analyse des Paramètres Océaniques du CO₂ (SNAPO-CO₂)

- **Nathalie Labourdette** (EPOC) : Mesure du pH par spectrophotométrie : Les effets de la turbidité.
- **Romain Davy** (IFREMER Brest): CHEMINI pHT
- **Coraline Leseurre** (LOCEAN) : Mesures du DIC et du $\delta^{13}\text{CDIC}$ par spectrométrie à cavité optique (CRDS)
- **Steeve Comeau** (LOV): Mesures de la chimie des carbonates dans la rade de Villefranche sur Mer
- **Sebastien Petton** (IFREMER Argenton): Réseau national d'observation du pH : projet CocoriCO2
- **Yann Bozec** (SBR) : Les séries temporelles des paramètres des carbonates aux sites SOMLIT Brest et Roscoff

Après-midi

- **Pascale Lherminier** (LOPS) : Evolution du carbone anthropique dans le gyre subpolaire (OVIDE)
- **Laurent Coppola** (LOV) : Système d'observations intégrées du CO₂ océanique en Méditerranée Nord Occidentale
- **Claire Lo Monaco / Claude Mignon** (LOCEAN) : Mesures de CO₂ dans l'Océan Indien Austral (programme OISO)
- **Léa Olivier** (LOCEAN) : pCO₂ dans l'Atlantique tropical ouest: Eurec4A (2020) et Tara-Microbiomes (2021)
- **Denis Diverrès** (IMAGO) : Mesure automatique de la pCO₂ sur les navires de commerce: Atlantique Nord / Tropical
- **Bruno Lansard** (LSCE) : De l'importance de quantifier le système des carbonates à l'interface eau-sédiment
- **Leo Lacour** (LOV) : BGC-Argo et variables du CO₂
- **Jean-Pierre Gattuso** (LOV) : High-frequency, year-round time series of the carbonate system in a coastal Arctic station (Spitsbergen)
- **Jean-Pierre Gattuso** (LOV) : Présentation du Package R Seacarb
- **Jacqueline Boutin** (LOCEAN) : Carioca SOCHIC
- **Daniela Stoica** (LNE): Qualité des observations océanographiques : rôle des Laboratoires Nationaux de Métrologie
- **Nolwenn Lamandé** (IFREMER Brest): Actions de l'IFREMER sur la métrologie du pHT
- **Gaëlle Capitaine** (LNE) : Application des matériaux de référence pour les mesures de pHT
- **Thierry Cariou** (IMAGO) : Présentation des activités sur PIRATA

La première journée a été clôturée à 19h00.

2.2. Journée du vendredi 1 avril

La journée a débuté à 9h00 avec une série de présentations suivi de discussions.

- Marion Gehlen (LSCE) : Le point de vue de la modélisation
- Catherine Goyet (IMAGE-dev) : Importance de la position (lieu) et de la précision des mesures
- Sabine Schmidt / Joel Sudre (pour le pôle ODATIS) : ODATIS Le Pôle Océan de l'IR Data Terra
- Pascal Lherminier (LOPS) : IR OHIS
- Sabrina Speich (ENS) : Global Ocean observing System GOOS and the UN Decade
- Nathalie Lefevre (LOCEAN) : Présentation de ICOS OCEAN France

A partir de 11h00, une discussion générale réunissant l'ensemble des participant(e)s a été conduite (avec une certaine difficulté pour les participant(e)s en visio). Cette discussion visait à faire une synthèse des discussions ayant eu lieu à la suite des exposés et à identifier les actions qui pourraient être entreprises pour garantir la qualité des mesures et faciliter la mise en base de données de paramètres CO₂/pH marins.

La réunion a été clôturée à 13h00.

3. Synthèse des discussions

Au cours de l'atelier de nombreux points ont fait l'objet de discussion à la suite des exposés et au cours de la séance de discussion. Les points discutés « librement » au cours de la réunion sont ici synthétisés autour de trois axes :

1. Mesure des paramètres CO₂/pH marins
2. Gestion et exploitation des données CO₂/pH marins
3. Contexte institutionnel national et international

3.1. Mesure des paramètres CO₂/pH marins

- Matériaux de Référence -

Des inquiétudes sur l'approvisionnement en CRMs (*Certified Reference Materials*) par l'Université de Californie – San Diego (UCSD) utilisés pour les mesures d'alcalinité totale (AT), de carbone inorganique total (CT) et de pHT ont vu le jour ces dernières années suite aux difficultés de production liées à l'épidémie de COVID, et plus généralement en raison de l'augmentation de la demande et du départ à la retraite dans les années à venir de Andrew Dickson de UCSD (seul fournisseur de CRMs pour ces paramètres).

Nous nous sommes interrogés sur la pertinence de réfléchir à une alternative au niveau national ou au niveau européen. Au niveau européen, des étalons secondaires pour les mesures de AT et CT sont produits depuis 2021 à GEOMAR et distribués aux partenaires ICOS. La capacité de production

reste cependant limitée (450 flacons en 2021). Le LNE, laboratoire national de métrologie en France, peut faire remonter un besoin plus conséquent de la communauté océanographique au niveau du réseau européen des laboratoires de métrologie (via Paola Fiscaro).

Au niveau national, des CRMs pour les mesures de pH sont en cours de développement par le LNE (tampon TRIS dans des matrices à forte force ionique, eau de mer artificielle). Une synthèse des premiers résultats sur ces CRMs va être réalisée dans le cadre du projet [SApHTIES](#). Des questions sont posées sur la formule de l'eau de mer utilisée et sur la représentativité par rapport à l'eau de mer naturelle. Certain(e)s participant(e)s soulèvent le coût important de ces CRMs pour les laboratoires. Le LNE indique que la production de CRMs est très coûteuse et seul un soutien institutionnel conséquent (comme cela est fait aux USA) pourrait permettre de réduire le coût d'acquisition pour les utilisateurs.

D'autre part, le NIST (Laboratoire national de métrologie des USA) travaille sur la production de pourpre de meta-cresol (*meta-cresol purple* - mcp) purifié qui pourrait être utilisé comme référence pour les mesures de pH. Il est probable que le coût de ce matériel sera extrêmement élevé. Il peut être envisagé de produire au niveau national du mcp purifié qui pourrait être caractérisé vis à vis du matériel certifié du NIST avant d'être distribué à la communauté nationale. Peggy Rimmelin (IUEM) a de l'expérience dans la purification du mcp en collaboration avec des collègues chimistes de Brest et son expertise pourrait être sollicitée.

La production au niveau national de CRMs pour les mesures de AT et CT n'est à ce jour pas envisagée. La production d'étalons secondaires a été discutée. Cela nécessiterait l'accès à de très larges volumes d'eau de mer et cela passerait donc nécessairement par une collaboration entre des laboratoires de métrologie et des laboratoires d'océanographie (notamment ceux impliqués dans des SNO). Cette piste doit être explorée et une prise de contact avec le laboratoire GEOMAR pourrait être prévue.

Pour les mesures de deltaC13 dans l'eau de mer, il n'existe pas de CRMs. La valeur en deltaC13 des CRMs produits par la UCSD est connue mais n'est pas communiquée car sa stabilité dans le temps n'est pas garantie. Un groupe de travail dans cadre de US-OCB est mis en place et il faudra rester attentif à leurs recommandations.

Les points suivants ont également été soulevés en lien avec la problématique des CRMs :

- Quel volume de CRMs ou d'étalons secondaires devrait être produit pour couvrir nos besoins ?
- Quels bouchons utiliser pour une bonne conservation des étalons ?
- L'utilisation de chlorure mercurique pour la conservation des étalons devient problématique pour le transport dans certains pays.
- [Nepal/Quasimeme](#), société certifiée spécialisée dans les exercices d'inter-comparaison en chimie de l'environnement (www.wepal.nl), peut-elle produire des CRMs ?

A l'issue des discussions, il a été décidé de la formation d'un groupe de travail animé par Florence Salvetat, Paola Fiscaro, Jonathan Fin et Thibaut Wagener pour poursuivre cette discussion au cours de l'année à venir.

- Comparaisons Inter-Laboratoire (CIL) -

Deux projets européens seront l'occasion de réaliser des CIL avec des objectifs différents au cours des deux années à venir :

Pour les mesures de pH spectrophotométriques, il est prévu dans le cadre du projet EURAMET [SApHTIES](#) de distribuer, au cours de l'année 2023, des flacons de TRIS pour une inter-comparaison entre laboratoires. L'interlocutrice est Daniela Stoica.

Des ateliers d'inter-comparaison d'instruments de mesure sont prévus en 2023 ou 2024 à Brest ou Marseille dans le cadre du projet H2020 [MINKE](#). Le contour de cet atelier sera défini dans les prochaines semaines. Les interlocuteurs sont Dominique Lefevre et Florence Salvetat.

Il est souligné l'importance de communiquer très largement sur ces initiatives pour que la communauté française puisse pleinement s'investir.

- Mesure de pH par spectrophotométrie -

De nombreuses discussions ont eu lieu au cours de l'atelier sur la méthodologie mise en œuvre pour les mesures de pHT par spectrophotométrie. Les questions soulevées portent notamment sur :

- La nature du mcp utilisé
- Les méthodes d'injection du mcp
- L'utilisation d'autres indicateurs que le mcp
- L'effet de la turbidité des eaux dans certaines zones côtières
- L'effet de la filtration des échantillons
- L'impact de l'empoisonnement des échantillons.
- L'effet de l'augmentation de température des échantillons pour atteindre 25°C pour la mesure
- Les méthodes employées pour estimer les valeurs de pH à des températures différentes de celle de la mesure

Plusieurs travaux récents sur la technique de mesure du pHT par spectrophotométrie ont été réalisés et sont en cours. En particulier, le LNE réalise un bilan d'incertitude de la mesure de pH dans le cadre de la thèse de Gaëlle Capitaine. Le projet [SApHTIES](#) vise à améliorer les procédures existantes de mesures de pHT par rapport au [SOP-6b](#) de Dickson et al 2007. De nouvelles procédures doivent être écrites dans ce cadre (contact : Daniela Stoica).

Les participant(e)s à la réunion discutent de l'importance d'impliquer la communauté nationale dans ces discussions car les expériences sont nombreuses (dans le cadre du projet SOMLIT mais également dans le cadre d'autres projets). Il est également mentionné que la prudence s'impose pour modifier un protocole utilisé par une très large part de la communauté scientifique. Un nouveau protocole doit pouvoir être revu par des pairs au niveau international pour assurer la cohérence des mesures dans le monde.

- Services nationaux (SNAPO-CO₂, Service national d'étalonnage CARIOCA) -

L'importance des services nationaux d'analyse est largement reconnue parmi les participant(e)s. Un très grand nombre de suivis dans le cadre des SNO (Service National d'Observation) et en dehors des SNO repose sur ces services nationaux.

Des questions ont été soulevées sur l'adéquation des moyens en personnel dans ces services, en particulier si ces services sont amenés à évoluer pour s'adapter à de nouveaux besoins. Les personnels sont souvent largement occupés par les analyses de routine et ne peuvent consacrer que peu de temps à de nouveaux développements.

Des initiatives régionales de services d'analyse ont également été mentionnées comme en région Bretagne.

Dans le cas du SNAPO-CO₂, la réduction du volume d'échantillon nécessaire (500 mL) pour une analyse a été évoquée, notamment pour l'eau interstitielle dans les sédiments ou pour les mesures en culture. Le problème de conservation des échantillons a été également évoqué. Plusieurs participant(e)s mentionnent une moins bonne reproductibilité entre répliqués au cours des dernières années, dont l'origine n'a pas été identifiée. Un délai maximum de 6 mois est recommandé pour la conservation des échantillons. Le type de flacon/bouchon utilisé a également été discuté. Des tests de vieillissement vont être réalisés au SNAPO-CO₂ pour évaluer le temps de conservation maximum des échantillons prélevés dans un nouveau type de flacons SCHOTT.

Dans le cas du service national d'étalonnage pCO₂, la possibilité d'étalonner d'autres capteurs que les capteurs CARIOCA a été soulevée (par exemple les capteurs SAMI). Ceci implique des modifications du banc étalonnage et du personnel pour réaliser ces modifications. **Il est proposé de créer un groupe de travail pour réfléchir à ces modifications (animé par Diana Ruiz Pino, Laurence Beaumont et Dominique Lefevre)**

- Instruments de mesure *in situ* et développement instrumental :

De nombreuses discussions ont porté sur les instruments permettant de réaliser des mesures *in situ* et le développement de nouveaux instruments.

Le développement d'un capteur Chemini pHT par l'IFREMER de Brest dans le cadre du projet PIANO doit permettre d'obtenir un capteur immergeable à grande profondeur et relativement compact pour pouvoir être déployé sur des flotteurs profileurs BGC-Argo. Ce capteur permettrait de suivre la dérive éventuelle des capteurs de pH basé sur la technologie ISFET.

Cette nouvelle génération de capteurs, basé sur le même principe de fonctionnement que les capteurs SAMI (mesure spectrophotométrique), serait plus compacte. Un tel capteur pourrait également être déployé sur des mouillages instrumentés pour des durées de plusieurs mois voire plusieurs années.

Les participant(e)s ont pu échanger sur leur expérience des capteurs. Les capteurs SAMI sont assez largement utilisés et les améliorations récentes semblent avoir fortement amélioré leur fiabilité. L'analyseur automatique d'alcalinité totale CONTROS est décrit comme peu fiable à ce jour.

De manière plus générale, la discussion a mis en lumière l'importance de l'échange d'expérience et d'uniformisation des protocoles de suivi des capteurs. Les participant(e)s regrettent le manque de financements pour le développement de nouveaux capteurs (pas d'appel d'offre dédié). Des initiatives dans différents laboratoires (capteurs Apache, Chemini pHT, etc) gagneraient à échanger et à éventuellement mutualiser les ressources humaines (difficiles à maintenir dans les laboratoires). **Ces questions seront abordées par le groupe de travail 'Étalonnage et développement instrumental'.**

- Mesure de la pCO₂ à bord des navires -

Plusieurs exposés ont conduit à des discussions sur la mesure de la pCO₂ dans les eaux de surface. Les mesures sur des plateformes de petite taille (petit navire) par exemple sont confrontées à la problématique de l'encombrement des bouteilles de gaz de référence qui permettent de contrôler la qualité des données. Les plateformes automatiques de type *Saildrone* sont également équipées de bouteilles gaz de référence.

La discussion porte également sur les mesures de pCO₂ dans des zones de transition eau douce / eau de mer (exemple embouchure de l'Amazone). La particularité des mesures dans ces zones avantage les plateformes de petite taille qui permettent un pompage d'eau plus proche de la surface (environ 1m) par rapport aux navires de commerce ou les gros navires océanographiques (généralement entre 5m et 10m).

La discussion a également porté sur les systèmes de mesure de pCO₂ automatisés développés pour les navires de commerce qui pourraient aussi être installés dans les navires océanographiques (N.O). Le personnel scientifique et marin à bord des N.O. pourrait permettre un suivi de ces systèmes. Les N.O. Thalassa et Marion Dufresne pourraient être des navires prioritaires en raison de leur utilisation par les SNO OISO, MOOSE et PIRATA, ce qui faciliterait la qualification de ces données complémentaires et favoriserait leur exploitation scientifique. L'Astrolabe par ses visites régulières à Dumont D'urville présente un intérêt scientifique indéniable mais la maintenance des instruments sur ce navire est plus compliquée en raison de son armement par la Marine Nationale. Il est mentionné que la Flotte Océanographique Française (FOF) propose un AO spécifique Investissement pour équiper leurs navires.

Il est proposé de former un groupe de travail sur l'équipement des N.O. animé par Denis Diverrès, Claire Lo Monaco et Claude Mignon en prenant contact avec le personnel concerné à l'Ifremer (Marc Coquin / Guillaume Lenslain).

Mesures à partir de flotteurs BGC-Argo

Pour le système des carbonates, les flotteurs BGC-Argo permettent actuellement de mesurer uniquement le pHT, mais les données des flotteurs permettent d'estimer les autres paramètres du système des carbonates à partir d'approches type CANYON (réseau de neurones). Ceci rend possible des suivis à haute résolution temporelle dans des zones difficilement accessibles avec des incertitudes inférieures à la variabilité naturelle rencontrée (exemple sur des estimations de NCP).

Les données brutes de pH mesuré par un flotteur peuvent être corrigées en temps différé pour atténuer certains biais observés sur les mesures des capteurs de type ISFET.

La possibilité offerte par les flotteurs BGC-Argo de reprogrammer la profondeur de descente en cours de vie permet d'adapter l'échantillonnage à des évènements ponctuels comme les évènements de convection profonde dans l'Atlantique Nord.

Des développements sont en cours pour équiper des flotteurs de capteurs de pCO₂ à membrane. L'écoute du déferlement des vagues par des hydrophones sur les flotteurs dérivants en profondeur pourrait permettre d'estimer les vitesses de vent en surface, ouvrant la perspective d'une estimation directe du flux air-mer de CO₂.

- Stratégie d'échantillonnage dans le temps et dans l'espace -

Une approche rigoureuse basée sur des outils mathématiques pour déterminer la résolution dans le temps et dans l'espace nécessaire pour un échantillonnage discret optimum a été présentée. La mise à disposition d'un programme informatique permettant de facilement mettre en œuvre ces outils est évoquée.

- Acquisition de données dans des zones de haute latitude -

L'accessibilité des zones de glace par les navires de la FOF a été évoquée. Le Marion Dufresne descend très rarement au-delà de 60°S limitant les possibilités d'études dans les zones proches de la glace.

Les discussions ont également brièvement porté sur le projet Polarpod qui devrait réaliser des mesures de pCO₂ avec un capteur Carioca. Des questions se posent sur l'impact du mélange vertical potentiellement généré par la partie submergée du PolarPod.

- Calcul en chimie des carbonates

Des discussions ont porté sur :

- les incertitudes associées au choix du couple de grandeurs utilisé pour estimer les paramètres du système des carbonates
- les valeurs des constantes de dissociation à utiliser dans les eaux très froides

L'utilisation de programmes informatiques pour la résolution du système des carbonates a également été évoquée. Le package « Seacarb » sous R est assez largement utilisé. La poursuite de la maintenance de ce package est évoquée. D'autres développements de package sont également évoqués (pyCO2SYS).

- Estimation de Carbone Anthropique CANT -

Suite à l'exposé sur les estimations de CANT le long de la section OVIDE rendues possibles grâce à une répétition régulière de la section (tous les deux ans), la possibilité de travaux similaires avec le jeu de données MOOSE-GE est évoquée. Les paramétrisations développées pour l'Atlantique Nord devront être réévaluées pour la Méditerranée.

- Conservation des échantillons-

La question de la conservation des échantillons pour la mesure de AT CT mais également le deltaC13 à moyen et/ou long terme a largement été évoquée. Une durée de conservation inférieure à 6 mois est recommandée mais largement irréaliste dans bien des cas. Le rôle important de la nature des bouchons utilisés a été discuté ainsi que la quantité de poison à utiliser.

- Suivi à long terme -

L'importance de suivi à long terme pour étudier des tendances a été évoquée au cours des discussions. Des modifications des tendances en AT sur des échelles de 5 à 10 ans montrent l'importance de suivis basés sur des données de grande qualité sur plusieurs dizaines d'années.

3.2. Gestion et exploitation des données de CO₂/pH marines

- Bancarisation des données -

Le pôle [ODATIS](https://www.odatis-ocean.fr) a pour mission de « Préserver, gérer et diffuser les données et produits d'observations des océans » au sein de l'IR Data-Terra.

Les bonnes pratiques pour la transmission des données sont disponibles sur le site ODATIS : <https://www.odatis-ocean.fr/donnees-et-services/principes-de-gestion-des-donnees/>

Les questions de vocabulaire sont cruciales pour améliorer l'accessibilité des données et l'interopérabilité des bases de données. Dans le cadre de ODATIS, de nombreux ateliers techniques ont été organisés sur ces questions de vocabulaire. Les présentations et compte rendus sont disponibles au lien suivant : <https://www.odatis-ocean.fr/activites/ateliers-techniques> .

La définition des thesaurus doit être discutée au sein de la communauté CO₂ vu le grand nombre de paramètres différents qui peuvent être mesurés sans être nécessairement comparables entre eux.

Une publication récente a également permis de synthétiser certaines recommandations à l'échelle internationale: <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.705638>

Il est possible d'organiser un atelier technique ODATIS dédié aux données de CO₂/pH (thesaurus et bonnes pratiques). Les équipes de ODATIS sont disponibles pour cela. Un tel atelier pourrait aussi permettre d'avoir un retour d'expérience de la part d'utilisateurs réguliers.

De nombreuses interrogations ont porté sur le cheminement des données entre les bases de données SEANOE, OCADS, SOCAT, GLODAP et GOA-ON. La communauté CO₂ océanique utilise souvent la base de données (BDD) OCADS (***Ocean Carbon and Acidification Data System***) de la NOAA pour déposer des données en vue de leur intégration dans GLODAP ou SOCAT et ne passe pas par une BDD nationale.

Depuis plusieurs années, le dépôt sur SEANOE est extrêmement facile à mettre en œuvre et permet d'obtenir un DOI pour les données. Il est alors recommandé d'inscrire ce DOI dans l'entête des fichiers de données pour éviter qu'un autre DOI soit créé par une autre base de données. Dans un premier temps, le DOI peut être transmis aux autres BDD pour qu'elles récupèrent les données et métadonnées. Lorsqu'une mise à jour des données est réalisée sur SEANOE, il est nécessaire de prévenir les autres BDD (pas d'alerte). A terme, les données archivées sur SEANOE pourraient être transmises automatiquement. Ceci permettrait à la communauté scientifique de réaliser un seul dépôt sur SEANOE et garantir la disponibilité des données pour de nombreuses initiatives internationales. Ceci pourrait constituer une incitation forte à l'archivage de données au niveau national.

Dans le cadre du pôle ODATIS, une base de données dédiée au CO₂/pH pourrait être créée si la nécessité apparaît.

Parmi les avantages d'archiver correctement des données, est évoquée la mise en place d'outils de type ERDDAP disponibles **dans certains OSU pour permettre une extraction et visualisation facilitée des données archivées.**

La question de la place des données sédimentaires dans ODATIS a été évoquée. Les données de sédiments superficiels y trouvent toute leur place et le cas des données aux interfaces est spécifiquement traité dans le cadre de Data-Terra.

- Lien données / Modèles -

Au cours de l'atelier des discussions ont porté sur le lien entre les données et les modèles. Ces liens sont relativement intuitifs dans le cas de la validation de simulations ou l'assimilation de données dans les modèles. Les possibilités ouvertes par les techniques de réseaux de neurones (type CANYON) permettant de faire des estimations à partir d'un certain nombre de prédicteurs ont été discutées. Ce type d'approche s'est largement développée au cours des dernières années pour produire des données grillées à l'échelle globale (indispensable pour l'assimilation de données dans les modèles) mais ont également pris un rôle important dans la validation de mesures sur plateformes autonomes (validation des données BGC-Argo par exemple). L'ampleur prise par ses outils montre l'importance de l'archivage de données de haute qualité pour faciliter l'entraînement et la validation de ces réseaux de neurones. La question de la capacité de ces réseaux de neurones à prévoir les évolutions à long terme a été discutée.

Les interactions importantes entre données et modèles nécessitent une estimation des erreurs associées aux données de mesure dans les bases de données. Des pistes de réflexion sont évoquées sur l'ajout systématique d'une estimation de l'erreur associée à une donnée d'observation (au-delà des quality flag).

La possibilité offerte par les simulations de modèles d'estimer l'impact de nouveaux ou de modifications de réseaux d'observation sur la qualité des futures simulations à travers des « Observing System Experiments » est évoquée comme un outil que la communauté « observation » doit s'approprier.

3.3. Contexte institutionnel national et international

L'initiative OHIS d'infrastructure de recherche dédiée à l'océanographie hauturière a été présentée. Cette proposition n'a pas été retenue par le ministère sans réelle argumentation. Cette initiative sous une forme qui pourra être différente d'un IR reste soutenue par le CNRS-INSU. Un atelier national Océan Hauturier (en présentiel) est prévu les 15-16-17 juin. La communauté CO2 devra être bien représentée.

L'infrastructure de recherche européenne [ICOS](#) a également été présentée. Cette infrastructure regroupe 8 pays au niveau européen et son activité porte sur les stocks et flux de gaz à effet de serre (GES). Au niveau français, 1 seule série océan est labellisée dans l'ERIC ICOS, mais 22 séries océaniques sont incluses dans l'IR* ICOS-France.

Il est discuté du fait que ICOS (pour la partie Océan) se concentre sur les flux air-mer de GES et, de ce point de vu, le pH n'est pas un paramètre prioritaire. Celui-ci relève plutôt de l'initiative internationale GOA-ON.

Au niveau international, de nombreuses initiatives voient le jour dans le cadre de la « Décennie des océans ». Au niveau international également, dans le G7 « océan » (G7 FSOI, <https://www.g7fsoi.org>), un groupe est dédié aux activités sur le carbone. L'interlocuteur est Richard Sanders pour le programme « Carbon Budget ». Un autre groupe est dédié aux flotteurs BGC-Argo. L'importance de renforcer les interactions entre les groupes qui fournissent des mesures de référence (GO-SHIP,..) et les groupes qui fournissent des mesures moins précises (flotteurs, capteurs pCO2 à membrane pour voiliers) doit permettre d'obtenir une meilleure couverture spatiale et temporelle.

Le Global Ocean Observing System (GOOS, un programme sponsorisé par WMO, l'ONU et l'ICS : <https://goosocean.org>), est en charge de coordonner le système d'observation global et d'établir, via ses comités (physique, biogéochimie et BioEco) la définition et les prérequis des « essential ocean variables ». Dans le cadre de GOOS, de GCOS (dans le quel GOOS représente la composante « océan », voir plus loin), du WCRP et de l'UNFCCC, la place du carbone océanique a pris ces dernières 2-3 années une place très importante.

Un atelier GOOS Ocean Decade Co-Design Workshop est prévu les 7-8-9 juin (https://goosocean.org/index.php?option=com_content&view=article&id=404:ocean-decade-co-design-workshop&catid=9&Itemid=411) et inclut un « exemplar » « The ocean carbon budget ». Une contribution française au groupe sur le carbone est largement souhaitée.

Le carbone océanique est donc aussi au cœur du système d'observation du climat global (Global Climate Observing System, GCOS : <https://gcos.wmo.int>). GCOS dépend du WMO, de l'ICS, de l'ONU. GCOS est officiellement mandaté par l'UNFCCC. GCOS vient de produire le draft du plan d'implémentation pour les prochaines 5 années. Ce draft est consultable pour review du 1^{er} mai au

1^{er} juin 2022 (<https://gcoss.wmo.int/en/news/public-review-new-global-climate-observing-system-gcoss-2022-implementation-plan>). De plus, GCOS organise cette année la deuxième conférence sur les observations du climat (17-19 octobre 2022). L'appel à contribution est ouvert jusqu'au 1^{er} juin ([https://www.eventsforce.net/eumetsat/frontend/reg/thome.csp?pageID=14409&eventID=34&CSPCHD=000001000000ZYrDORAddW\\$2APzeQInGAHbpOigFDDjTsn2IZ1](https://www.eventsforce.net/eumetsat/frontend/reg/thome.csp?pageID=14409&eventID=34&CSPCHD=000001000000ZYrDORAddW$2APzeQInGAHbpOigFDDjTsn2IZ1)).

Au niveau européen, un projet vise à construire un groupe transversal autour du Carbone océanique pour les ERIC Euro-ARGO, EMSO et ICOS (Projet GEORGE).

Certain(e)s participant(e)s proposent de clarifier l'organisation nationale et internationale des plateformes, IR, ERIC, bases de données et des liens entre eux. Un document de référence type « Glossaire » pourrait être créé pour faciliter la compréhension de ces multiples initiatives et organisations.

4. Organisation du CES

Une page dédiée au CES va être mise en place sur le site web ODATIS.

La mise en place d'un forum dédié pour poser des questions spécifiques est discutée. Il faut voir si celui-ci peut être mis en place sur la page du CES.

Une réunion plénière sera organisée l'an prochain pour la restitution des groupes de travail/réflexion.

Une liste de messagerie va être créée sur le serveur de messagerie de l'OSU Pytheas pour faciliter les échanges par mail.

5. Synthèse des décisions et des actions à entreprendre

Action à entreprendre	Animation
Groupe de travail « <i>Matériaux de références</i> »	Florence Salvetat, Paola Fiscaro, Jonathan Fin, Thibaut Wagener
Groupe de travail « <i>Équipement des N.O océanographiques pour la mesure de pCO2</i> »	Denis Diverrès, Claire Lo Monaco et Claude Mignon + personnes de la DFO ?
Groupe de travail « <i>Adaptation du banc d'étalonnage des capteurs pCO2 de la DT-INSU</i> »	Diana Ruiz Pino, Laurence Beaumont et Dominique Lefevre
Atelier technique ODATIS dédié aux données de CO2/pH	Equipe ODATIS, autres membres à prévoir

6. Remerciements

ODATIS pour l'initiative de la réunion et la prise en charge financière.

Sorbonne Université pour la mise à disposition de la salle de réunion.

Marie-Christine Echegoyen et Mohamed Herbal pour l'aide précieuse dans l'organisation de l'atelier.