



Programme national LEFE Les Enveloppes Fluides et l'Environnement

Appel à projets (AAP) 2023

**Les personnes désirant soumettre un projet à l'AAP LEFE 2023
doivent lire très attentivement le guide des programmes
nationaux qui présente les nouveaux outils programmatiques du
CNRS-INSU**



1. Présentation de l'AAP LEFE 2023

La communauté scientifique française travaillant dans les domaines de l'océan, de l'atmosphère et de leurs interfaces a identifié des priorités fortes lors de ses dernières prospectives en 2017¹. Une attention particulière a été portée aux processus physiques, physico-chimiques et biogéochimiques qui contrôlent la dynamique et la variabilité de ces milieux sur une large échelle de temps et d'espace. L'avancement des connaissances dans ce domaine repose en grande partie sur des approches mêlant l'acquisition et le traitement d'observations appropriées, en climats actuel et ancien, au développement et à l'amélioration de modèles numériques des milieux concernés et de leurs interfaces. Cela permettra notamment de mieux simuler tout ou partie du système Terre, pour mieux en comprendre l'évolution passée, pour en suivre et prévoir l'évolution future, aussi bien dans un contexte opérationnel que pour établir des projections climatiques solides.

Le programme national et inter-organismes² LEFE a pour vocation de soutenir des recherches visant à répondre aux priorités définies lors des prospectives océan-atmosphère. Il souhaite favoriser l'émergence d'idées nouvelles tant aux frontières de la connaissance dans un domaine spécifique que sur les frontières entre disciplines ou entre milieux.

Le cadre de l'appel d'offres recouvre ainsi des questions importantes de recherche fondamentale et de développement mais s'adresse également à l'émergence de nouvelles approches d'observation et de prévision pour la production de résultats dont la finalité sera utile aux acteurs/décideurs.

En adéquation avec le cadre programmatique du CNRS-INSU, le programme LEFE soutiendra des projets qui devront s'inscrire dans un des 3 outils suivants (voir le guide des programmes nationaux):

- **Des projets à risque ou de rupture** sur 2 ans, avec un budget compris entre 5 et 15 k€ en moyenne par an (les montants annuels sont modulables selon les besoins du projet en pluriannuel).

Ils permettent des recherches exploratoires, des preuves de concept, théoriques, méthodologiques, technologiques, expérimentales, observationnelles, l'émergence de nouvelles idées, modèles et concepts, et favorisent la prise de risque. Les projets autour des dispositifs instrumentaux innovants sont également encouragés dans ce cadre. C'est un financement incitatif, accordé à une ou un scientifique ou à un groupe de scientifiques. Leur thématique est libre, mais en adéquation avec l'appel d'offres du programme considéré. Les montants annuels sont modulables selon les besoins des projets pluriannuels.

- **Des projets visant l'exploitation des données et services des IR/TGIR** sur 2 ans, avec un budget compris entre 10 et 20 k€ en moyenne par an (les montants annuels sont modulables selon les besoins du projet en pluriannuel).

Ces projets doivent renforcer la valorisation des infrastructures de recherche et des services nationaux d'observation (y compris pour le spatial) auprès d'une large communauté scientifique. Ils s'appuieront sur l'exploitation des données et services pour en développer des travaux de recherche innovants, incluant le développement de modèles ou de dispositifs analytique ou expérimentaux, l'utilisation des moyens de calcul intensif et la structuration des

¹ <https://www.insu.cnrs.fr/fr/identifier-les-enjeux-futurs-les-prospectives-scientifiques>.

² Le programme LEFE, géré et coordonné par le CNRS-INSU, est mis en œuvre par l'ADEME, le CEA, le CNES, le CNRS (INSU, INSMI, INC, INP), la Fondation Air Liquide, l'IFREMER, l'INRIA, l'IRD, le MTE, Météo-France, et Mercator-Océan.



communautés utilisatrices. Les financements des coûts d'accès aux plateformes ou instruments nationaux sont éligibles mais ne peuvent constituer le seul but du projet.

Les porteurs sont encouragés à réfléchir à un plan de gestion de leurs données (en se basant par exemple sur les ressources mises à disposition sur le site DMP OPIDoR ; <https://dmp.opidor.fr>) dans le contexte FAIR (trouvable, accessible, interopérable, réutilisable) des directives nationales et européennes, en se concertant avec les infrastructures de données possiblement liées à leurs projets.

Un financement en dehors des montants indiqués pourra être demandé et sera analysé au cas par cas par les comités scientifiques.

- **Des projets collaboratifs** sur 2 à 3 ans, impliquant idéalement a minima 3 partenaires et avec un budget compris entre 10 et 30 k€ en moyenne et par an (les montants annuels sont modulables selon les besoins du projet en pluri-annuel).

L'outil cible pour des projets de recherche collaboratifs ayant pour objectif le rassemblement ou la structuration d'équipes autour des thématiques de l'appel d'offres du programme considéré. La logique de ces projets est de décliner la prospective des domaines en maximisant la synergie au sein de la communauté, donc idéalement sur plusieurs unités. Dans le cas de très grosses unités, des projets pourront être examinés s'ils impliquent plusieurs équipes d'une ou deux unités.

Un dépassement des montants indiqués est possible uniquement pour les projets d'envergure qui ont été annoncés par une lettre d'intention au printemps 2022. Le programme soutiendra un à deux de ces projets d'envergure annoncés (entre 90 et 150 k€) suivant le financement disponible.

Une attention particulière sera donnée aux projets portés par de jeunes chercheurs, en particulier lorsqu'ils seront de nature à construire dans la durée des synergies entre différents laboratoires.

Le programme s'organise autour de 5 actions scientifiques :

- **CHAT** (Chimie atmosphérique)
- **IMAGO** (Interactions Multiples dans l'Atmosphère, la Glace et l'Océan)
- **CYBER** (Cycles biogéochimiques, environnement et ressources)
- **MANU** (Méthodes mathématiques et numériques)
- **GMMC** (Océanographie opérationnelle)

Il est possible de soumettre des projets impliquant plusieurs actions. Une procédure spécifique est mise en place pour les projets qui seraient communs à EC2CO et LEFE (voir ci-dessous).



2. Les ressources financées et labellisées par l'AAP LEFE 2023

Le programme LEFE peut soutenir directement les ressources suivantes :

- Le fonctionnement général du projet : consommables, petits équipements (<15 k€), missions, et publications.
- Le gros équipement indispensable pour le projet (<50 k€/instrument) : **le programme LEFE ne finance pas d'équipement qui ne serait pas adossé à un projet scientifique spécifique** pour lequel cette instrumentation est cruciale. Les devis et les spécificités techniques devront être fournis en annexe du dossier scientifique et des co-financements sont recommandés.
- Les coûts d'accès officiels affichés pour l'utilisation de moyens nationaux.
- Les analyses (*in situ*, au laboratoire ou dans des services nationaux d'analyses) : **la justification du coût unitaire de l'analyse et du nombre d'analyses** devra être donnée, et l'annexe proposée dans le dossier scientifique devra être remplie (coût unitaire et nombre d'analyses prévues).
- La valorisation scientifique de missions spatiales³ et de campagnes déjà réalisées (ballon, avion, gliders, bateau, etc.).
- Les frais de missions⁴ (congrès, réunions, etc.).
- Les frais de transport de matériel liés aux campagnes sur le terrain, en dehors des soutiens déjà accordés par ailleurs (par exemple par le fonds de soutien aux campagnes pour la logistique des campagnes océanographiques).

Le programme LEFE peut aussi faciliter l'accès à d'autres ressources :

1. Le programme LEFE procure une priorité d'accès à un ensemble de soutiens complémentaires associés à un projet scientifique, dont les AO coordonnés par l'INSU et en lien avec l'AO LEFE :
 - Campagne avion utilisant les moyens aéroportés de l'infrastructure SAFIRE (www.safire.fr, AO au fil de l'eau, voir le document spécifique à compléter en interaction avec SAFIRE).
 - Mise à disposition de flotteurs profileurs (programme ARGO).
 - Personnel ou soutien DT/INSU (voir l'AO DT/INSU).
 - Mise à disposition des moyens de carottages continentaux, océaniques et dans les glaces par la DT INSU/C2FN.
2. Le programme LEFE peut se prononcer sur les demandes d'accès à un ensemble de soutiens complémentaires et décerner des labels sur demande pour :
 - Les campagnes à la mer via les moyens de la Flotte Nationale côtière et hauturière (voir l'AO de la flotte océanographique).

³ LEFE peut également financer les travaux utilisant des données validées issues de missions spatiales en excluant les aspects de démonstration, calibration ou validation qui relèvent directement de comités scientifiques du CNES.

⁴ Nous encourageons toutefois les porteurs de projet à rationaliser et à minimiser les déplacements pour réduire l'empreinte carbone de leur projet. Par exemple, nous suggérons d'avoir recours aux outils de visio-conférence lorsque c'est possible.



- Le calcul intensif (voir l'AO GENCI, etc.).
- L'utilisation des équipements nationaux (AO ARTEMIS, etc.).
- La coordination internationale.
- Autres.

Il est important de noter que les labellisations par le LEFE donnent un plus au projet, mais nécessitent de répondre spécifiquement aux divers AO auprès des organismes partenaires ou agences reconnaissant ce label parmi leurs critères de sélection. Les porteurs sont invités à soumettre leur(s) document(s) de réponse aux AO précédemment cités (ou tout document en lien avec ces AO qu'ils jugent utile) en tant que fichiers annexes lors de la soumission de leur projet à l'AAP LEFE, ceci à titre d'information pour le CS LEFE (par exemple, extraction PDF de leur dossier soumis à la FOF, formulaire d'utilisation des avions de SAFIRE, ou retour des comités sur leur soumission si disponible).

Nous rappelons les points importants ci-dessous :

- Le programme LEFE ne finance ni CDD, ni gratifications de stages, en application des règles financières qui s'appliquent au CNRS-INSU.
- Le programme LEFE ne soutient pas d'aides uniquement dédiées à de l'animation, de la valorisation ou de la coordination. Cette inéligibilité concerne notamment le soutien pour des colloques, pour des réunions de coordination ou pour la publication d'ouvrages spéciaux. Une exception concerne les projets de l'action MANU pour lesquels les réunions de « brainstorming » pour la constitution de gros projets collaboratifs sont éligibles au financement.
- Le programme LEFE pourra soutenir de la recherche valorisant les IR/TGIR et les SNO/SI mais il n'a pas vocation à soutenir des actions qui doivent être prises en charge dans le cadre des SNO, SI, IR, TGIR et autres structures ayant pour objectif de maintenir des observations pérennes.
- Les demandes budgétaires devront absolument être justifiées de manière détaillée, et construites de manière raisonnable. Lorsque le projet implique des cofinancements (autre programme national, ANR, Europe, Région, Institutionnels, etc.), il est nécessaire de bien les expliciter et de préciser la valeur ajoutée de la demande LEFE. Quand les thématiques sont financées par les grands programmes nationaux, les porteurs sont invités à positionner leur projet par rapport aux AO de ces grands programmes (par ex. PPR, PEPR).



3. Modalités de réponse à l'AAP LEFE 2023

Critères de recevabilité des projets :

- Toutes les demandes doivent être soumises via le formulaire informatisé avant la clôture de l'AO. Aucune soumission après la date et l'heure limites ou par courrier électronique ne sera acceptée.
- Le dossier scientifique devra impérativement être signé par la direction du laboratoire porteur.
- Les projets collaboratifs dont le budget total demandé dépasse les montants renseignés (« projets d'envergure ») dans le nouveau cadre programmatique devront obligatoirement avoir fait l'objet d'une lettre d'intention en réponse à l'AO du printemps 2022. Pour ces projets, il est nécessaire que la majorité du budget (75% au moins) soit demandée pour l'année 1 du projet.
- **Le dossier scientifique ne devra pas excéder 15 pages TOUT COMPRIS (police 11 minimum), page de garde et tableau récapitulatif du budget inclus.** Les projets dépassant les 15 pages ne seront pas considérés. Ce critère vaut aussi pour les projets à l'interface LEFE-EC2CO. Il convient de déposer sous forme de fichier « annexe » le budget récapitulatif des analyses ou de demande floteurs (le cas échéant) et tout autre document apportant des éléments supplémentaires au projet.
- Les projets soumis sans que leur demande financière soit inscrite dans les tableaux budgétaires du formulaire informatisé ne seront pas considérés.
- Le cas échéant, le porteur de projet doit être à jour dans la remise des fiches de rendu des précédents projets LEFE portés, pour pouvoir soumettre à nouveau un projet.
- Les projets peuvent être rédigés en français ou en anglais.
- Pour les projets portés par des chercheurs non permanents⁵ :
 - i. il doit être fait mention d'un chercheur permanent du même laboratoire comme co-porteur, pleinement engagé dans la réussite du projet. Ce dernier s'engage à poursuivre le projet en cas de rupture de contrat du porteur avant la fin du projet financé par le programme et à rédiger la fiche de rendu le cas échéant (demandée 1 an après la fin du projet) ;
 - ii. la durée du projet ne doit pas dépasser la durée du contrat du chercheur non permanent ;
 - iii. une attestation d'emploi signée du directeur de laboratoire listant le type de contrat du non permanent, la source de financement, la durée du contrat, les dates de début et de fin du contrat, et le nom et adresse email du co-porteur permanent est à joindre en annexe lors de la soumission.

3.1 Durée des projets

Les projets peuvent être soumis pour 2 ou 3 ans suivant l'outil programmatique choisi. Toutefois, selon les résultats de l'évaluation scientifique des projets et le budget disponible, ou à la demande spécifique du porteur, les CS ont la possibilité de financer les projets pour une durée différente de celle demandée par le porteur, et notamment de ne financer que la première année du projet.

Les propositions sélectionnées sur 2 ou 3 ans n'auront pas à être resoumises pendant cette période.

⁵ Les chercheurs non permanents ne peuvent pas soumettre à l'interface LEFE-EC2CO.



3.2 Demandes transverses intra LEFE, LEFE-EC2CO, avec les autres programmes du CNRS-INSU

- **Intra-LEFE.** Un projet peut concerner plusieurs actions du programme LEFE. Comme indiqué dans le dossier de demande, il convient alors de préciser, par année, le budget demandé à chaque action LEFE.
- **LEFE-EC2CO.** Les projets LEFE-EC2CO devront respecter les nouveaux outils programmatiques du CNRS-INSU. Ils devront être soumis à l'AO spécifique LEFE-EC2CO disponible sur la plateforme informatisée. Ils seront évalués par les commissions scientifiques des actions principales de chaque programme, puis interclassés par un comité LEFE-EC2CO. Les chercheurs non permanents ne peuvent pas soumettre un projet à l'interface LEFE-EC2CO.

Le porteur du projet devra clairement identifier les actions du programme LEFE auxquelles le projet est soumis et expliciter les volets scientifiques et financiers s'y rattachant. Il est également nécessaire de préciser si un financement restreint à une seule des actions du programme a du sens.

- **Autres AO gérés par le CNRS-INSU.** Les projets peuvent aussi concerner d'autres programmes du CNRS-INSU. Dans ce cas, les porteurs de projet devront clairement l'exprimer dans leur dossier scientifique et l'indiquer lors de la soumission en cochant la case ad hoc. Le projet devra être soumis à chacun des programmes concernés.

Concernant l'AO spécifique Instrumentation Innovante et Transverse (IIT) : l'instrumentation transverse à plusieurs domaines de l'INSU relève de l'AO IIT, et l'instrumentation mono-domaine relève de l'AO LEFE.

- **Appel spécifique Météo France** : En plus du soutien récurrent apporté par Météo-France au programme LEFE, un appel spécifique est lancé pour l'AAP 2023, avec un financement particulier de 45 k€ pour soutenir un ou plusieurs projets contribuant à ses axes prioritaires de recherche dans le domaine de la modélisation à échelle fine du temps et du climat. Ces axes prioritaires sont :

- le développement d'un système de modélisation couplée « système terre » à échelle kilométrique, reposant sur le modèle AROME pour la partie atmosphérique et sur le modèle NEMO pour la partie océanique ;
- le développement d'une version hectométrique (500 m) du modèle AROME pour la prévision du temps sur des zones à enjeu.

Ces projets pourront concerner les paramétrisations physiques et/ou les noyaux dynamiques de ces modèles, ainsi que les problématiques de couplage dans le modèle « système terre ». Outre un soutien financier, Météo-France pourra selon les cas allouer au(x) projet(s) retenu(s) du temps de calcul sur son supercalculateur. Dans ce cas, le nombre d'heures de calcul demandées devra être justifié, et après examen par Météo-France sera pris sur le quota réservé à la recherche sur son supercalculateur.

3.3 Le dossier scientifique

Le dossier décrira précisément le contexte scientifique dans le cadre international et national, les questions scientifiques abordées et la méthodologie choisie pour les résoudre. Le dossier présentera aussi un calendrier de réalisation pour atteindre les objectifs. Les collaborations nationales, européennes ou internationales doivent être mentionnées. Le financement demandé sera présenté et justifié dans ce dossier, par type de ressources et par année pour les projets pluriannuels. Les cofinancements accordés ou demandés (autres programmes nationaux, soutien interne d'organisme, projet européen) doivent être précisés. L'ensemble du budget sera synthétisé dans le tableau récapitulatif du budget. L'annexe financière relative aux analyses devra être remplie le cas échéant. Pour les demandes de campagnes



avion, des fiches spécifiques disponibles sur le site informatisé sont à joindre en annexe à ce dossier scientifique. La liste des participants est à renseigner uniquement dans le formulaire informatisé.

Les demandes financières en soutien à la DT-INSU demandées au LEFE devront être explicitement indiquées dans la demande budgétaire.

Les demandes de « label » sont à argumenter dans le dossier scientifique, de manière visible (par un encadré par exemple).

Le porteur devra préciser dans le dossier quel est le type de sa demande (projet à risque ou de rupture, projet visant à l'exploitation des données et services des IR/TGIR, ou projet collaboratif). Un document précisant le rattachement des services labellisés aux IR/TGIR du domaine AO est disponible sur la plateforme de soumission.

Les porteurs sont invités à utiliser pour le dossier scientifique les trames proposées pour les projets LEFE ou à l'interface LEFE-EC2CO. Les dossiers scientifiques devront être soumis au format PDF.

3.4 Le formulaire informatisé

Les porteurs de projet devront utiliser le formulaire unique informatisé mis en ligne sur le site du CNRS pour déposer leur dossier scientifique et soumettre leur projet : <https://sigap.cnrs.fr>

Ce formulaire prend en compte toutes les demandes financières pour consolider le projet en partenariat avec d'autres organismes ou agences partenaires. Les ressources obtenues ou demandées en réponse à d'autres appels d'offres (européens, nationaux, régionaux, etc.) doivent être indiquées permettant d'obtenir ainsi le coût consolidé de chaque projet (voir tutoriel disponible sur le site de soumission). Il est important de vérifier la cohérence de la demande financière indiquée dans le formulaire informatisé et la demande financière détaillée et argumentée dans le dossier scientifique (voir tutoriel disponible sur le site de soumission).

Pour les demandes de flotteurs, sans demande de financement, déposées à l'action LEFE-GMMC : le formulaire informatisé a été adapté. Les porteurs sont invités à soumettre sous l'onglet « LEFE GMMC-flotteurs uniquement » (voir aussi le texte de l'AO de l'action LEFE-GMMC ci-dessous).

3.5 Engagements des porteurs si leur projet est financé par le programme LEFE

À son échéance, tout projet financé devra faire l'objet d'une **fiche de rendu** qui sera accessible sur le site internet du programme LEFE (<http://programmes.insu.cnrs.fr/lefe>).

Il est indispensable que le programme LEFE soit remercié dans toutes communications : articles, posters, communications orales, communiqués de presse, annonces de workshop, etc. Le logo LEFE devra être utilisé dans ces mêmes occasions quand cela est possible.

Il sera demandé aux porteurs de transmettre au pôle de données concerné (AERIS⁶, ODATIS (inclus la base LEFE-CYBER)⁷, THEIA⁸, etc.) les données et produits issus du projet soutenu par le programme LEFE.

⁶ <http://www.aeris-data.fr>

⁷ <https://www.odatis-ocean.fr>

⁸ <https://www.theia-land.fr>



4. Évaluation des projets déposés à l'AAP LEFE 2023

Le programme LEFE est piloté par un Comité Inter-Organismes (CIO) formé par les représentants des organismes et agences partenaires. Le CIO décide, sur recommandation du Conseil Scientifique LEFE, des projets retenus et des ressources qui leur sont attribuées.

Le Conseil Scientifique LEFE s'appuie, pour émettre ses recommandations, sur les évaluations menées par les cinq Conseils Scientifiques des différentes actions qui le composent. Ces évaluations sont guidées par des expertises externes au programme.

Les différents critères d'évaluation pris en compte sont :

- la qualité scientifique du projet, sa pertinence, l'originalité de son questionnement scientifique et la solidité de sa méthodologie ;
- la compétence scientifique des équipes ;
- le caractère novateur du projet ;
- la pertinence du projet au regard de l'appel d'offres et sa qualité rédactionnelle ;
- la faisabilité du projet en particulier en regard du calendrier, des ressources financières et humaines et d'accès aux moyens lourds (avion, flotte, ballon, temps de calcul, etc.) ;
- l'adéquation du budget demandé aux objectifs ;
- le rôle fédérateur du projet ;
- le lien du projet avec d'autres programmes le cas échéant et ses perspectives d'évolution et de valorisation.

Enfin, en raison de l'aspect inter-organismes du programme LEFE et des attentes qui en découlent, les projets allant vers des résultats utiles aux décideurs ou impliquant des pays du Sud ou utilisant des données spatiales sont les bienvenus.

Le Comité Inter-Organismes peut, pour des raisons scientifiques ou budgétaires, ne proposer qu'un financement partiel des projets.



5. Clôture de l'AAP LEFE 2023

La date de clôture de l'appel d'offres est fixée au **15 septembre 2022 à 17h**.

Seuls les projets soumis via le formulaire informatisé d'appel d'offres et validé par le directeur d'unité du porteur seront considérés.

Le formulaire informatisé est accessible ici : <https://sigap.cnrs.fr/>

Toutes les questions concernant cet AAP sont à adresser à Mme Bouthaina Ben Hassen Bouthaina.BENHASSEN@cnrs-dir.fr

Nota : Les porteurs de projet appartenant à une unité associée au CNRS devront impérativement faire pré-renseigner les demandes dans l'application Dialog via leur Directeur d'unité.



Action CHAT

Chimie Atmosphérique

Les principales classes de composés réactifs dans l'atmosphère — photo-oxydants, acides, aérosols, radicaux, ainsi que leurs précurseurs — affectent à la fois la qualité de l'air et le climat de façon directe ou indirecte. L'évaluation des synergies et antagonismes de l'impact des composés réactifs sur ces deux cibles, ainsi que leur évolution dans le contexte des changements globaux, est capitale. Pour y parvenir, une meilleure compréhension et quantification des mécanismes de transformations chimiques et physiques des espèces dans les différentes phases, de leur transport dans les différents compartiments de l'atmosphère, et de leurs échanges aux interfaces (émissions, dépôts), est indispensable. Des efforts d'intégration de ces processus, de leur impact et de leur rôle dans les réservoirs atmosphériques, géophysiques et hydrosphériques sont indispensables pour traiter le système Terre dans sa globalité.

Les projets éligibles doivent privilégier une synergie forte entre études de laboratoire, mesures de terrain et modélisation et favoriser le passage entre échelles spatiales. Les propositions de développements instrumentaux novateurs appliqués à la chimie atmosphérique sont également sollicitées dans le cadre de cet appel à projets.

Des projets permettant une valorisation vers l'aide à la décision (qualité de l'air) sont attendus. Ces projets devront expliciter les retombées possibles pour les acteurs /décideurs (amélioration des outils opérationnels, éléments d'aide à la décision...).

Certaines questions relatives aux interfaces avec la biosphère et les systèmes biologiques devront être soumises de manière conjointe au programme EC2CO.

Les questions scientifiques prioritaires identifiées pour la chimie atmosphérique se déclinent suivant les axes ci-dessous.

Thème 1. Processus régissant la capacité oxydante dans la troposphère, la formation de l'aérosol et l'évolution de ses propriétés physico-chimiques

L'étude de la capacité oxydante dans la troposphère est importante, notamment à travers une meilleure connaissance des sources et puits des composés organiques, compte tenu de leur importance pour la chimie atmosphérique (composés polyfonctionnels, bilan des radicaux HOx, réservoir pour les oxydes d'azote, précurseurs d'aérosols organiques secondaires (AOS)). Les voies de formation et les évolutions de ces composés pour la formation d'AOS restent aujourd'hui mal comprises. Pour avancer dans ce domaine, il est capital de considérer l'évolution de la matière organique conjointement en phases gazeuse, aqueuse et particulaire.

Par ailleurs, l'aérosol, mais aussi d'autres types de surfaces (neige, glace, sol...) sont considérés comme d'éventuels catalyseurs de réactions chimiques affectant directement le bilan des radicaux HOx et halogénés.

Il est également important de s'intéresser à l'évolution chimique de l'aérosol (état du black carbon, de la matière organique...), et des modifications des propriétés physico-chimiques (granulométrie, propriétés oxydantes, hygroscopicité, propriétés optiques, viscosité, etc.) qu'elle engendre. Ceci doit permettre de réduire les incertitudes relatives à l'impact des aérosols sur le bilan radiatif, la microphysique des nuages, mais aussi la qualité de l'air et notamment l'exposition des populations et des écosystèmes.

Ces axes de recherche seront abordés en termes d'expérimentation en laboratoire, de mesures sur le terrain, et de modélisation, en développant autant que possible des synergies entre ces approches.



Thème 2. Couplage transport-chimie : impact sur la qualité de l'air et le climat

L'étude couplée des processus chimiques et des processus de transport dans et entre les différents compartiments de l'atmosphère (couche limite polluée, troposphère, stratosphère), aux différentes échelles spatiales (de la turbulence à l'échelle globale) et dans différents environnements (urbains et naturels) est indispensable pour pouvoir comprendre les interactions entre chimie de l'atmosphère et climat, et prédire leur variabilité. Ces études s'effectueront de manière privilégiée par la modélisation multi-échelle et l'analyse d'observations chimiques, obtenues par des méthodes in situ et par des suivis satellitaires. L'exploitation de ces modes d'observations est une priorité, mais des campagnes de mesures ciblées pourront être soutenues.

Concernant la stratosphère, les contributions des HCFCs et d'autres espèces au bilan radiatif et à la destruction de l'ozone doivent être étudiées. De même, concernant le couplage chimie-climat, la distribution spatiale et temporelle et les caractéristiques des aérosols stratosphériques, ainsi que certaines de leurs réactions hétérogènes devraient être étudiées.

Les projets concernant la modélisation couplée du transport et de la chimie aux différentes échelles spatiales seront bien accueillis, en vue de favoriser l'intégration des connaissances nouvelles dans ces modèles (en passant éventuellement par des modèles de processus dédiés).

Enfin, les processus de haute énergie en lien avec l'électricité atmosphérique devraient être mieux compris afin d'évaluer leur impact sur la chimie, de la haute troposphère à l'ionosphère.

Thème 3. Interactions surface-atmosphère : une interface active

La modélisation des émissions et dépôts des gaz et particules aux interfaces continentales ou océaniques, biosphère ou cryosphère, urbanisées ou naturelles, et de leur variabilité spatiale et temporelle à échelle fine, requiert de reconnaître ces interfaces comme régulateurs interactifs, en dépassant la vue traditionnelle de cadastre statique. Un défi identifié est l'intégration des sources ponctuelles à une échelle sous-maille (feu, volcan, écosystèmes...). Des projets visant à une meilleure prise en compte des processus d'échange et de transformation au sein des écosystèmes, de leur variabilité spatiale à des échelles fines, et des impacts des dépôts sur les écosystèmes pourront pleinement justifier d'une soumission conjointe au programme EC2CO.

Concernant les émissions anthropiques, une meilleure prise en compte du continuum entre émissions de composés organiques volatils, semi-volatils et condensés est nécessaire. La quantification de l'incertitude des différents cadastres ou modélisations reste indispensable. Pour ceci, la mesure de flux sur sites spécifiques ou chambres modèles, ponctuellement ou sur la durée, reste un défi important, de même que l'évaluation régionale de ces flux.

Thème 4. Étude des espèces atmosphériques par spectroscopie

Des projets combinant travaux spectroscopiques propres et leur application à la chimie atmosphérique (inversion des observations satellitaires, calcul de bilan radiatif, développements instrumentaux) seront considérés en priorité. Les travaux porteront d'une part sur l'étude des molécules d'intérêt climatique telles que le méthane, le dioxyde de carbone, l'ozone et la vapeur d'eau, d'autre part sur leurs différentes formes isotopiques, ainsi que d'autres molécules peuvent présenter un intérêt fort pour leur rôle dans la chimie radicalaire ou en phase aqueuse et dans le traçage de sources. La combinaison d'études de spectroscopie en laboratoire et de spectroscopie moléculaire théorique est encouragée.



Action CYBER

Cycles Biogéochimiques, Environnement et ressources

L'objectif général de CYBER est d'approfondir notre compréhension des cycles biogéochimiques et du fonctionnement des écosystèmes marins afin d'appréhender leurs évolutions passées et futures en réponse aux pressions naturelles et anthropiques (dérèglement climatique, exploitation des ressources, polluants...). Les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan moderne et passé doivent être étudiées à différentes échelles spatiales et temporelles. Ceci implique de quantifier les stocks et les flux des éléments biogènes, des éléments en traces et de leurs isotopes, d'étudier les processus liés à la production de matière organique ainsi que sa transformation, dégradation, son transfert vers les niveaux trophiques supérieurs, ou sa séquestration dans l'océan profond et les sédiments. Le rôle des organismes dans les cycles biogéochimiques doit être considéré, y compris sous l'angle de la biodiversité fonctionnelle. L'océan échange en permanence matière et énergie avec les autres compartiments du système Terre. Les processus qui se déroulent à ses interfaces doivent être étudiés pour comprendre leurs impacts sur le fonctionnement de l'océan, mais aussi pour quantifier le rôle de celui-ci dans le système Terre. Pour atteindre ces objectifs, CYBER favorise la structuration des recherches pluridisciplinaires en lien avec les grands programmes internationaux de Future Earth et du SCOR (IMBeR, Future Earth Coasts, SOLAS, GEOTRACES, GlobalHAB).

Les objectifs de chacun des thèmes sont présentés ci-dessous.

Thème 1. Processus biologiques et biogéochimiques aux différentes échelles clés dans l'océan de surface

Nos connaissances sur l'hétérogénéité spatio-temporelle des propriétés physiques, chimiques et biologiques du milieu marin se sont fortement renforcées ces vingt dernières années. Des observations récentes issues de capteurs (gliders, BGC float, biologgeurs...), de satellites ainsi que des simulations numériques suggèrent que les structures méso- et sub-mésoéchelles, telles que les filaments, tourbillons et méandres (1 à 100 km) sont omniprésentes dans l'océan, affectant la distribution des espèces chimiques, la croissance et la distribution du plancton et les processus et flux biogéochimiques qui en découlent. La méso- et la sub-mésoéchelle correspondent à des échelles spatiales et temporelles écologiquement importantes dont il reste à explorer la traduction en fonctions biogéochimiques. Les fluctuations de l'océan de surface aux micro-échelles peuvent également être pertinentes pour les organismes, ce qui nécessite de développer les mesures à haute fréquence. La compréhension du contrôle de ces échelles jusqu'aux échelles plus grandes (régionales à globales, saisonnières à pluri-décennales) sur les éléments biogènes représente un enjeu majeur, de même que les réponses non linéaires des cycles biogéochimiques et biologiques à ces divers forçages. Afin d'affiner nos connaissances des grands cycles de la matière dans l'océan, des études plus intégrées, couplant la physique, les cycles biogéochimiques, et la biologie des organismes à de multiples échelles sont à considérer.

Thème 2. Processus biologiques et biogéochimiques du milieu mésopélagique au milieu benthique

Pour mieux comprendre et modéliser la pompe biologique de carbone et prévoir sa réponse aux changements environnementaux globaux, il est essentiel d'améliorer nos connaissances sur les processus couplant la dynamique des particules et leur transport sur l'ensemble de la colonne d'eau, jusque dans les zones méso- bathy-pélagique et benthique.



La question de la qualité de la matière organique pour la zone non éclairée, impliquant des mécanismes de colimitation, les processus de spéciation, ainsi que le lien entre la biodiversité et la biodisponibilité des éléments majeurs et en traces, est primordiale. Les processus et les facteurs de contrôle des interactions entre phases dissoutes et particulaires, organiques et inorganiques, tels que les mécanismes d'agrégation et désagrégation et le rôle des micro-organismes associés à ces particules doivent être étudiés.

La question des contrôles exercés par les facteurs écologiques, tels que la composition et la structure de l'écosystème, sur le fonctionnement de la pompe biologique (notamment les facteurs de contrôle de l'efficacité d'export et du transfert du C dans la colonne d'eau) représente un verrou majeur qui doit être abordé avec des projets intégrés, favorisant l'utilisation de techniques et d'outils émergents. L'ensemble des informations sur ces processus devra permettre l'amélioration substantielle des modèles couplés physique-biologie-biogéochimie.

Thème 3. Cycles biogéochimiques des Éléments en Traces et Isotopes (TEIs) et macro- et micronutriments marins

La compréhension du fonctionnement des écosystèmes océaniques et de leur évolution en relation avec la variabilité climatique naturelle et anthropique dépend en grande partie de notre connaissance de la dynamique des macro- (N, Si, P...) et micro-nutriments (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Ni...), de leur biodisponibilité, de leur utilisation, de leur transfert trophique et de leur recyclage. Parce que les processus physico-chimiques ou biologiques s'accompagnent d'un fractionnement isotopique ou élémentaire, les TEIs constituent des traceurs (ou indicateurs ou « proxies ») de ces processus dans l'océan moderne et passé. En plus des TEIs, les assemblages faunistiques d'organismes et des composés organiques spécifiques (biomarqueurs) peuvent aussi être utilisés comme traceurs des changements environnementaux.

Les connaissances restant à acquérir sur les fractionnements isotopiques ou élémentaires, et l'usage de nouveaux traceurs permettront une meilleure calibration des « paléo-proxies » destinés à la reconstitution de la variabilité passée des processus biogéochimiques tels que la production primaire et l'exportation du matériel organique néoformé à la surface des océans et à mieux estimer l'impact du changement global sur le fonctionnement de l'océan. Paramétrer les « effets vitaux » est notamment nécessaire pour utiliser de manière fiable la composition isotopique et élémentaire des biominéraux et de la matière organique comme traceurs des variables climatiques et environnementales océaniques (niveau de la mer, température, pH, oxygène...). Le développement des approches couplées d'observation en culture et de modélisation devrait permettre d'améliorer la compréhension et l'utilisation quantitative de ces traceurs. Aux interfaces eau-sédiment et croûte océanique-eau, les enjeux résident en une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans la modification des éléments en traces, ou leur remise en suspension, ainsi qu'au niveau des mécanismes biotiques et abiotiques qui soustraient des éléments à la colonne d'eau lors de la sédimentation des particules. Il est donc nécessaire de mieux comprendre les mécanismes de transformation chimique des composés particulaires (ou adsorbés) et dissous en fonction du contexte physique, physico-chimique, et sédimentaire (y compris la diagenèse précoce).

Thème 4. Biodiversité fonctionnelle, fonctionnement des écosystèmes et cycles biogéochimiques

Les cycles biogéochimiques marins impliquent des communautés de micro- et macro-organismes caractérisées par une grande diversité taxonomique et fonctionnelle. La dernière décennie a vu l'explosion de nouvelles approches et de nouveaux savoir-faire issus des approches « omiques », de



l'imagerie haute-fréquence (y compris in situ) et des techniques isotopiques et de marquage cellulaire pour l'étude de la diversité, des fonctionnalités et de l'activité individuelle des micro-organismes marins, notamment en ce qui concerne la régulation des flux des éléments majeurs et en traces par la structure et la diversité des communautés biologiques. Ces apports peuvent améliorer notre connaissance du fonctionnement des cycles biogéochimiques à différentes échelles. À l'échelle des organismes, l'association des études globales du fonctionnement des communautés (interactome) et de la description de la biodiversité associée à celles des gènes jouant un rôle clé dans les flux biogéochimiques doit permettre des avancées importantes. À l'échelle de l'organisme individuel, un ensemble d'approches descriptives hautement résolutive constitue une voie très prometteuse afin d'étudier la régulation de gènes clés en fonction de paramètres environnementaux abiotiques ou biotiques.

La prise en compte des conditions biogéochimiques, des caractéristiques biologiques des organismes et de leur organisation au sein de l'écosystème vise à mieux comprendre la résilience ou la dégradation des écosystèmes, des communautés et de leurs fonctions dans un contexte climatique changeant, notamment face aux événements extrêmes, ou en réponse à l'exploitation des ressources marines.

Thème 5. Fonctionnement de l'océan côtier et flux biogéochimiques aux interfaces

Il apparaît aujourd'hui encore essentiel de comprendre de manière précise la structure et le fonctionnement des écosystèmes côtiers dans leurs composantes pélagiques et benthiques pour estimer leur contribution dans les flux globaux de carbone, de macro-/micro-nutriments, de contaminants et prédire leur trajectoire dans un contexte de pressions climatiques et anthropiques croissantes. Ces objectifs nécessitent de renforcer les approches intégrées pluridisciplinaires des systèmes pélagiques et benthiques côtiers tout en prenant en compte certaines particularités de ces écosystèmes complexes : hétérogénéité spatiale, variabilité temporelle, interactions d'échelles, anthropisation.

Les objectifs principaux devront se concentrer sur :

1. Une quantification améliorée des flux chimiques aux interfaces des zones côtières : continent-océan (apports fluviaux), colonne d'eau-sédiment (bioturbation, diagenèse...), et côte-large (transfert par les structures physiques mésoéchelle) ;
2. La compréhension des réponses des zones côtières (en termes de structuration et de fonctionnement) face à des perturbations anthropiques et climatiques extrêmes ou récurrentes (crues, pollution, cascading, eutrophisation, hypoxie, acidification...) ;
3. L'identification d'effets de seuils et des impacts sur les réseaux trophiques pélagiques et benthiques en matière de résilience ou de basculement ;
4. La caractérisation de l'évolution des habitats côtiers pour les ressources vivantes sur la base d'approches pluridisciplinaires couplées physique-biologie conduites jusqu'à des échelons prédateurs supérieurs de manière à contribuer à l'approche écosystémique des pêches.

Thème 6. Flux biogéochimiques à l'interface océan-atmosphère

L'océan de surface constitue une interface-clé entre l'atmosphère et l'océan de sub-surface et profond, incluant en particulier la couche mélangée et le micro-film de surface. En effet, les échanges avec l'atmosphère impactent directement ou indirectement les radiations solaires et le climat, mais également la production primaire et les écosystèmes globalement et dans des zones d'intérêt (upwellings, zones de minimum d'oxygène ou OMZ, formation d'eaux profondes). Une meilleure connaissance des échanges d'éléments biogéochimiques majeurs (C, O, N, S...) et traces, de leurs impacts dans le fonctionnement des écosystèmes (incluant les problématiques majeures de la désoxygénation et de l'acidification) ainsi



que de leur variabilité spatio-temporelle extrême, est nécessaire à des échelles allant de l'intra-saisonnier au décennal.

Les efforts à l'interface océan – atmosphère devront se concentrer sur :

1. les échanges de gaz en particulier l'oxygène, les gaz à effet climatique (p. ex. CO₂, N₂O, CH₄), et les gaz toxiques (p. ex. H₂S) ;
2. les émissions:
 - i. d'aérosols contrôlés par des facteurs biologiques et biogéochimiques encore mal connus ;
 - ii. des liquides volatils et particules qui interviennent dans la formation des nuages et l'albédo de la planète (e.g. DMS, aérosols océaniques anthropiques et naturels issus notamment de la matière organique);
3. le rôle et devenir des aérosols pénétrant dans l'océan (dépôt de poussières, pluies acides...) : solubilisation, rôle de la matière organique (océanique et atmosphérique), biodisponibilité des apports atmosphériques, impact selon les régions océaniques concernées (fertilisation ou pollution), devenir des dépôts dans la colonne d'eau;
4. le rôle et le devenir de la glace de mer et son impact sur la biogéochimie et les écosystèmes marins ainsi que dans le relargage de gaz d'intérêt climatique vers l'atmosphère.

Mise à disposition de flotteurs profileurs biogéochimiques.

Le CS CYBER rappelle également que dans le cadre du volet GMMC de cet appel d'offres LEFE, un certain nombre de flotteurs profileurs biogéochimiques (Chl, CDOM, PAR, rétrodiffusion, Oxygène) sont mis à disposition. Les porteurs de projets CYBER qui souhaitent utiliser ces flotteurs pour mener leur action de recherche devront explicitement l'argumenter dans leur projet CYBER, et doivent en sus effectuer une demande de flotteurs auprès du GMMC (voir l'AO LEFE GMMC et en particulier la section 3).



Action GMMC

Groupe Mission Mercator-Coriolis

Le périmètre de l'action GMMC est l'Océanographie Opérationnelle (OO) dont les missions principales sont la description en temps réel et la prévision opérationnelle de l'océan dans sa diversité (physique, biogéochimie, banquise) et son étendue (globale, mers marginales, surface et profondeur), la production de réanalyses à haute résolution sur les décennies récentes et la production de services océanographiques hautement qualifiés. Le GMMC a pour objectif de favoriser les interactions entre une communauté de recherche couvrant un large spectre d'expertises scientifiques et les acteurs de l'OO française que sont le centre de prévision opérationnelle MERCATOR OCEAN INTERNATIONAL (MOI) et le centre de données CORIOLIS. A ces fins, le GMMC apporte un soutien à des projets de recherches fondamentales pouvant être en lien avec les grands programmes internationaux (p. ex., Copernicus, Future-Earth, WCRP Grand Challenges, WCRP-CLIVAR, WCRP-GEWEX, GODAE, CLIVAR-GSOP, ...) exploitant les produits de l'OO. Les projets appliqués pouvant bénéficier au développement de l'OO sont aussi les bienvenus. Les demandes de mise à disposition de flotteurs profileurs Argo pour les campagnes d'observations et pour le maintien et l'exploitation du réseau Argo lui sont également adressées pour évaluation. Enfin, le GMMC demande aux équipes retenues de présenter leurs travaux lors de ses Journées Scientifiques annuelles.

1. Spécificités du GMMC

Les projets proposés doivent être soumis selon les modalités de réponse à l'appel d'offre général de LEFE sous la forme de projets incitatifs ciblant une ou plusieurs des thématiques soulignées par l'appel d'offre (en Section 2). Cependant le GMMC sollicite également deux autres types de projets, l'un pour favoriser la coopération avec les centres opérationnels et l'autre pour l'attribution des flotteurs Argo.

Projet en Partenariat Renforcé. D'une durée optimale de 3 ans, ce type de projet collaboratif sera proposé par un consortium d'équipes de recherche auquel sera associé du personnel de Mercator-Océan et/ou de Coriolis qui apportera une contribution significative à l'étude. Le soutien accordé à un PPR pouvant être important, il est recommandé que sa soumission soit précédée d'une Lettre d'Intention (LI) (brève description du projet, des partenaires et du budget estimé en moins de 3 pages). La LI peut être soumise au printemps à l'appel d'offre LEFE dédié, ou un an avant la soumission du projet. Dans ce dernier cas, un soutien (1 an maximum) pourra être accordé pour couvrir les dépenses nécessaires à la mise en réseau des partenaires.

Mise à disposition de flotteurs profileurs Argo. Les demandes de flotteurs Argo doivent être adressées au GMMC selon une procédure précise qui est décrite en Section 3. Des annexes spécifiques pour toutes demandes sont disponibles sur le site de soumission. Le CS en évalue la pertinence et émet un avis et des recommandations pour leur attribution. Les demandes flotteurs peuvent tout aussi bien relever des autres actions de LEFE ou d'autres projets évalués avec des exigences scientifiques correspondant à celles de LEFE (chantiers INSU, ANR, etc.).

2. Thématiques scientifiques pour les projets

La pertinence d'un projet vis-à-vis des missions de l'OO française est un facteur important pour son évaluation, mais doit être considéré dans un sens large. Les proposant sont donc encouragés à soumettre des travaux qui soient en lien avec les enjeux de recherche que représentent la consolidation, l'amélioration et l'évaluation des différentes composantes des systèmes et des produits de MERCATOR OCEAN et CORIOLIS, ou qui concernent l'enrichissement à moyen ou long terme des dimensions multi-



échelles et pluri-disciplines de l'océanographie opérationnelle. Des études en amont de l'OO comportant des travaux de nature fondamentale (processus, théorie, algorithmique) sont les bienvenues, et pourraient, si elles s'avèrent pertinentes, bénéficier d'une soumission dans le cadre de propositions transverses avec les autres Actions LEFE ou EC2CO. Des projets spécifiques de recherche et/ou de développement en aval d'applications du Service Marin Copernicus (ou Copernicus Marine Service) et dans le domaine côtier, cherchant à tirer le meilleur profit du service Marin Copernicus, sont également sollicités.

Les activités de recherche couvrant ces enjeux se déclinent principalement (mais pas exclusivement) autour des axes thématiques et méthodologiques brièvement décrits ci-après. Le bureau du CS⁹ pourra être contacté à l'avance par les proposant afin d'affiner la pertinence de leur projet.

2.1. Physique et dynamique océanique

Les thèmes scientifiques prioritaires (non exclusifs) sont la représentation :

- i. de la marée à l'échelle globale et régionale,
- ii. de la circulation océanique (3D) et des propriétés de la couche de mélange océanique,
- iii. des phénomènes océaniques de la grande échelle aux fines échelles et leurs interactions.

Sont sollicitées des études démontrant un potentiel à améliorer les performances ou les utilisations des systèmes d'analyse et de prévision opérationnels, soit par des avancées sur les méthodologies de simulation (p.ex. la modélisation de la marée dans un OGCM, le downscaling régional sur base de produits opérationnels, l'assimilation du signal de marée, etc.), soit par une amélioration des connaissances fondamentales permettant des avancées sur la compréhension, représentation ou paramétrisation de processus clés (p.ex. les processus mélange et dissipation à l'interface air-mer, dans les détroits, les seuils et les courants de bord, les flux air-mer, les forçages de surface), soit par la création de produits dérivés des produits opérationnels. Ces études pourront concerner toutes les latitudes et régions océaniques (des océans tropicaux aux mers semi-fermées ou englacées).

2.2. Biogéochimie/biologie

Il s'agit ici de favoriser l'émergence de nouvelles approches en modélisation/assimilation couplant la physique, la biogéochimie/biologie en vue de répondre aux objectifs de grands programmes internationaux tels que le WCRP (p.ex. *Perturbed Carbon Cycle*) ou la Décennie des Nations Unies pour les sciences océaniques au service du développement durable (p.ex. les défis *A healthy and resilient ocean* ; *A productive ocean* ; *A predicted ocean*). Les projets qui permettront de répondre à ces défis en enrichissant la qualité et la variété des observations à long terme et des produits opérationnels seront particulièrement appréciés. Ces projets pourront viser à améliorer la compréhension/représentation de processus régionaux (p.ex. upwellings, OMZ) et la qualité des outils numériques (p.ex. PISCES) et/ou à identifier les limites des outils numériques communautaires. Ces projets pourront être complémentaires de demandes de flotteurs profileurs BioGeoChemical-Ago (BGC-Argo) dont les déploiements devront être en cohérence avec les programmes globaux et/ou régionaux d'observations à long terme des océans (GOOS et OOS régionaux). Une démarche à l'interface entre approche numérique (se basant sur les produits MOI) et approche observationnelle sera particulièrement appréciée quand pertinente pour les objectifs scientifiques du projet.

⁹William.llovel@ifremer.fr



2.3. Modélisation numérique : assimilation de données, couplages, conception de systèmes d'observations, quantification d'incertitude

L'objectif de l'appel d'offre est de susciter des études scientifiques permettant :

- (i) de faire progresser les systèmes d'assimilation de données
- (ii) de développer les systèmes d'observation nécessaires à la prévision opérationnelle ou la construction des réanalyses.

Des études sont donc sollicitées sur la caractérisation et la paramétrisation des différentes sources d'incertitudes sur les modèles et les observations (p.ex. contrôle qualité), l'évaluation de la qualité des produits opérationnels, et l'exploration d'approches nouvelles qui prennent en compte le caractère multi-échelles/multidisciplinaires du système. Parmi les sujets importants à traiter, sont mis en avant pour cet appel d'offre :

- l'assimilation de données dans un système opérationnel considérant un couplage entre l'océan et l'atmosphère ;
- l'intégration/assimilation des informations fournies par les capteurs/données satellites (p.ex. altimétrie spatiale, gravimétrie, SST, SSS, etc) dans les modèles résolvant une large gamme d'échelles spatio-temporelle ;
- les questions liées à la « conception optimale » des systèmes d'observation de l'océan (par exemple au travers d'OSSEs) ; la synergie entre les approches d'observation spatiale et in situ actuelles (p.ex. OceanColor vs BGC-Argo, Altimétrie/SSS/SST vs Argo).
- les questions de dynamique multi-échelles, à partir de produit MOI à résolution basse ou moyenne jusqu'à des systèmes à haute-résolution (sub-mésoéchelle par exemple).

Sont attendus ici des projets en modélisation répondants aux objectifs de l'OO. De plus, les projets multi actions GMMC-MANU sont fortement encouragés.

2.4. Autres thématiques scientifiques

Les projets relevant d'autres thématiques scientifiques non évoquées ci-dessus, dont on démontrera le potentiel pour le développement (à court ou moyen-terme) de l'OO ou de ses services seront reçus favorablement. Cela peut concerner des études pilotes apportant des preuves de concept dans le domaine méthodologique, dans le domaine côtier/littoral, dans le domaine du vivant (p.ex. écosystèmes marins, ressources pélagiques), des énergies marines renouvelables, ou dans des domaines émergents dans notre discipline (p.ex. la science des données, intelligence artificielle, etc.).

Cet axe comprend toutes les études visant à évaluer (via des métriques de validation) ou utiliser (via des modifications/améliorations) les produits distribués par MOI/Coriolis. Les études de valorisation/amélioration des produits opérationnels centrés sur des applications côtières opérationnelles (par exemple recherche et sauvetage ou transport de polluant) sont pertinentes.

3. Mise à disposition de flotteurs profileurs Argo / BGC-Argo

Le présent volet concerne la mise à disposition, le déploiement, et le suivi de flotteurs de type Argo. Environ 50 flotteurs Argo (T-S), BGC-Argo (T-S, Chlorophylle, CDOM, Irradiance, PAR, coefficient de rétrodiffusion, O₂), et Deep-Argo (T-S-O₂, voir Annexe 1 pour les caractéristiques de différents types de flotteurs) pourront être mis à la disposition de projets scientifiques dans le cadre de cet appel d'offre. Les demandes de flotteurs doivent être soumises au GMMC en suivant la procédure décrite ci-après.



Les demandeurs doivent télécharger les annexes flotteurs 1 à 4 dans lesquelles des informations pratiques sont décrites¹⁰.

La demande de flotteurs sera faite suivant le schéma proposé dans l'Annexe 2. Les proposant doivent OBLIGATOIREMENT remplir ce formulaire et le transmettre « en ligne » via la procédure électronique du site LEFE pour que la demande soit prise en compte. L'action GMMC ne s'occupe que de la mise à disposition des flotteurs, et le proposant doit se préoccuper des coûts liés au transport de matériel (Annexe 2, section logistique). Si la demande ne concerne qu'une mise à disposition de flotteurs, le porteur doit soumettre dans la section « LEFE-GMMC-flotteurs uniquement ». Si une demande financière est associée à la mise à disposition, ou si la demande flotteur est inscrite dans un projet plus vaste demandant des ressources financières, la procédure standard de soumission à LEFE doit être suivie. Dans ce cas, l'Annexe 2 est toujours obligatoire.

Dans le cas d'une réponse positive, le PI du projet devra suivre les indications de l'Annexe 3 pour les flotteurs Argo et Argo-O2, et de l'Annexe 4 pour les flotteurs BGC-Argo. Les PIs s'engagent par ailleurs à assurer un suivi sur la qualité des données acquises et à interagir avec les équipes du SNO Argo-France (LOPS, LOV et Coriolis).

Calendrier. Pour des raisons liées au stock opérationnel, les flotteurs attribués lors de cet appel d'offre ne seront prêts pour déploiement qu'à partir de juin 2023 (déploiements de juin 2023 à juin 2024).

Pour les flotteurs Argo (T/S), la mise à disposition est recevable pour des demandes visant :

1. au maintien opérationnel du réseau Argo ;
2. au soutien des actions de terrain spécifiques et/ou ponctuelles, des sites d'observation pérennes ou des chantiers régionaux.

Dans le premier cas, la mise à disposition sera encouragée pour des déploiements dans les zones faiblement couvertes ou à forte dispersion¹¹. Les propositions devront clairement identifier leur complémentarité par rapport aux déploiements prévus dans le cadre international du projet Argo¹². Dans le deuxième cas, les proposant sont encouragés à argumenter le rôle des flotteurs dans le cadre de l'expérience ou du site d'observation, notamment pour en expliciter l'éventuelle complémentarité avec d'autres plateformes d'observation.

Pour les flotteurs BGC-Argo (T/S, Chlorophylle, CDOM, Irradiance, PAR, coefficient de rétrodiffusion, O2) ainsi que les Argo-O2 aucune zone prioritaire de déploiement n'est actuellement suggérée. Les porteurs doivent toutefois expliquer la pertinence de l'utilisation des flotteurs demandés dans le cadre de la mise en place de systèmes de contrôle de qualité des paramètres mesurés, ou de l'homogénéisation de ces paramètres avec les observations spatiales (voir paragraphe 2.2); ou si opportun dans le cadre d'études visant à la validation des modèles biogéochimiques opérationnels (voir paragraphe 2.3) et/ou à l'assimilation des données Argo dans les mêmes modèles (voir paragraphe 2.3).

Pour les flotteurs Deep-Argo, les zones de déploiement prioritaires sont l'océan Atlantique (du nord au sud) et l'océan Austral, bien que des déploiements dans d'autres zones restent envisageables. Les déploiements doivent privilégier les régions caractérisées par un signal dynamique fort et associées à un contexte scientifique permettant la qualification et la valorisation rapide des données. Les PIs s'engagent par ailleurs à assurer un suivi sur la qualité des données et à interagir avec les équipes du SNO Argo-France (LOPS et Coriolis). Le LEFE-GMMC recommande aux porteurs de prendre contact avec V. Thierry

¹⁰ Disponibles sur le site de soumission LEFE.

¹¹ Voir www.ocean-ops.org/ftp/Argo/Maps/density66.png

¹² Voir www.ocean-ops.org/share/Argo/Maps/plans-network.png



(vthierry@ifremer.fr) avant toute demande pour s'informer sur le fonctionnement des Deep-Argo et le travail requis pour le suivi et la qualification des données.

Sondes XBT. Coriolis dispose par ailleurs d'un lot de sondes XBT (15 cartons de 12 sondes T7 - 800 m) destinées à être déployées dans des zones sous-échantillonnées et le GMMC est disposé à évaluer et à faire des recommandations pour des demandes proposant l'utilisation de ces instruments.



Action IMAGO

Interactions Multiples dans l'Atmosphère, la Glace et l'Océan

L'action IMAGO vise essentiellement à mieux décrire, simuler et comprendre les fluctuations naturelles et les changements d'origine anthropique des états de l'atmosphère, des surfaces continentales, de la cryosphère et du milieu marin, à toutes les échelles spatio-temporelles. Des objectifs plus spécifiques de l'action IMAGO consistent à s'intéresser aux interactions entre échelles et les couplages entre les diverses composantes du système climatique. Il s'agit de favoriser cette synergie sur la thématique générale de la prévision du temps, de la variabilité et de l'évolution de notre système climatique.

Enjeux. Les travaux de la communauté française sur la dynamique des enveloppes fluides, le climat et les processus d'interaction qui les gouvernent ont pour enjeux d'améliorer :

- La prévision à court et moyen terme de la circulation atmosphérique et océanique, de l'état de l'atmosphère, de la cryosphère, des surfaces continentales et du milieu marin.
- La compréhension de la variabilité du climat et des mécanismes associés aux échelles intrasaisonniers à pluri-décennales, la compréhension et l'estimation de sa prévisibilité.
- La compréhension de l'évolution récente du climat, y compris via des études d'attribution, et des projections climatiques et des incertitudes associées.
- La caractérisation, la compréhension sur le plus long terme des climats passés.

Ces quatre enjeux scientifiques sont en pleine adéquation avec la prospective OA¹³ et les priorités des grands programmes internationaux (P. ex. WCRP Core Projects, WCRP Grand Challenges, CMIP, Future Earth).

Les activités de recherche couvrant ces enjeux se déclinent autour de 5 axes majeurs, décrits ci-dessous.

1. Étude des processus et des interactions d'échelle régissant l'état des différentes composantes du système climatique

Cet axe de recherche fondamentale doit favoriser les études des différents processus physiques et dynamiques qui régissent l'état moyen et la variabilité des différentes composantes du système climatique. Les processus sont souvent complexes, non linéaires et font intervenir de fortes interactions d'échelle ce qui nécessite des développements théoriques, de nouvelles approches de modélisation et des données observationnelles suffisamment longues ou à suffisamment haute résolution spatiale et temporelle pour couvrir la large gamme d'échelles impliquées.

2. Modes de variabilité, téléconnexions et prévisibilité climatique

L'objectif de cet axe est de mieux décrire et comprendre les modes de variabilité climatique, d'identifier les mécanismes qui les gouvernent et assurent leurs téléconnexions ainsi que de quantifier leur niveau de prévisibilité et leurs réponses à des forçages externes. Cet axe couvre un large espace temporel allant de l'échelle intra-saisonnaire à l'échelle des cycles glaciaire-interglaciaire en incluant le cas des changements climatiques abrupts.

¹³ <https://www.insu.cnrs.fr/fr/identifier-les-enjeux-futurs-les-prospectives-scientifiques>



3. Réponse climatique aux différents forçages anthropiques et naturels et rétroactions physiques et biogéochimiques associées

L'objectif est de renforcer le développement des méthodologies et analyses permettant de mieux comprendre les mécanismes physiques et biogéochimiques qui contrôlent la réponse climatique (état moyen, variabilité, extrêmes) aux différents forçages anthropiques et naturels. Cet axe s'appuiera sur des reconstructions, des réanalyses, et simulations climatiques. Il s'agit en particulier de déterminer la confiance qui peut être accordée aux différents résultats de modélisation climatique, d'évaluer la robustesse des résultats communs aux différents modèles ainsi que les causes de dispersion entre les modèles, et de proposer des contraintes observationnelles permettant d'identifier les modèles les plus crédibles et ainsi d'affiner les projections globales et régionales.

4. Spécificités régionales du climat : compréhension, prévision, descente d'échelles et rétroactions sur le climat à l'échelle globale

Il y a un réel besoin de mieux estimer et comprendre les parts respectives de la grande échelle et des phénomènes locaux sur les climats régionaux et l'état du milieu marin, de quantifier leur interaction, et d'examiner la prévisibilité de la variabilité locale. Il est donc essentiel de repousser les limites des méthodes actuelles de descente d'échelles pour l'atmosphère, l'océan, la cryosphère et les continents. Les approches permettant de mieux relier grandes échelles et échelles régionales sont encouragées.

5. Mécanismes relatifs aux interfaces

L'objectif de cet axe est d'améliorer la compréhension des processus d'échanges de matière et d'énergie aux interfaces des enveloppes océan-glace-atmosphère-continents. Un accent particulier doit être porté sur la compréhension et la prévision des évolutions spatiales et temporelles des différentes composantes du cycle de l'eau, ainsi que sur les possibilités de changements abrupts, de forte amplitude et/ou irréversibles.

Ces activités de recherche reposent sur deux piliers méthodologiques fondamentaux :

- **Acquisition, développement, calibration et pérennisation des jeux de données.** L'acquisition de mesures (campagnes de terrain, suivi environnemental, données paléoclimatiques, données des plateformes instrumentales, observations spatiales, production de réanalyses, etc.) avec une fréquence temporelle plus élevée et/ou une couverture spatiale plus dense, ainsi que l'acquisition de séries d'observations homogènes dans le temps et l'espace, constituent un pilier fondamental de l'activité de recherche en océan/atmosphère/cryosphère. Ainsi, une attention particulière sera donnée aux projets :

1. favorisant le développement d'instruments, de méthodologies, et de proxies innovants;
2. proposant l'acquisition, la pérennisation, et la valorisation des jeux de données avec une mise à disposition en termes simples et facilement accessibles
3. visant la mise à disposition de bases de données météorologiques, océanographiques et/ou climatiques ou la réalisation de synthèse d'observations spatiales ou temporelles.

- **Développement, amélioration et pérennisation des modèles.** Une attention particulière doit également être portée à la modélisation pour comprendre et réduire les biais systématiques des modèles actuels, quantifier la fiabilité de ces simulations en fonction de leur usage, et ouvrir de nouveaux champs d'utilisation par l'amélioration de la représentation des mécanismes existants, l'introduction de nouveaux processus ou de nouveaux couplages et une meilleure prise en compte des petites échelles. Le



développement, la mise à disposition et l'utilisation d'une hiérarchie de modèles de différentes complexités pourront aussi être proposés. L'intégration de simulateurs d'observables pour des comparaisons plus rigoureuses avec des mesures directes est encouragée.

Dans le cadre des axes décrits plus haut, les projets proposant des approches intégrées de type processus / climat, recherche / opérationnel, ou instrumentation / observation / modélisation / théorie seront encouragés, ainsi que les efforts de coordination thématique à l'échelle nationale.

Il est important que chaque projet ait des objectifs scientifiques réalisables à court terme sur la durée du projet, quels que soient les méthodes et les piliers sur lesquels reposent ces projets.



Action MANU

Méthodes Mathématiques et Numériques aux Interfaces

L'usage des « méthodes mathématiques et numériques (MMN) » au sens large est devenu indispensable pour l'étude de l'atmosphère et de l'océan, dans tous leurs aspects dynamiques, physiques, chimiques, et biologiques. Ces méthodes interviennent à tous les niveaux (modélisation, assimilation de données, quantification des incertitudes, analyse de données et apprentissage), et font appel à des notions mathématiques, algorithmiques et à des moyens de calcul de plus en plus sophistiqués. Les MMN ont permis ces dernières années des avancées scientifiques remarquables et l'amélioration des prévisions numériques dans de nombreux domaines OA, et leur rôle va encore s'amplifier dans les années à venir, ce qui en fait désormais un véritable sujet de recherche que cet Appel d'Offres propose de soutenir.

Le périmètre scientifique des projets attendus en réponse à cet appel d'offres LEFE-MANU peut être caractérisé par leur contenu méthodologique (comportant un fondement mathématique solide), éventuellement numérique (avec recours au calcul sur ordinateur), et générique (non totalement lié à une application ou un modèle spécifique). Ceci n'exclut bien sûr pas, bien au contraire, la présence d'un volet applicatif dans les projets, l'innovation pouvant émerger d'un domaine d'application spécifique. Les projets peuvent d'ailleurs être soumis conjointement à MANU et à une autre action de LEFE ou d'EC2CO. Ils peuvent également mentionner un lien éventuel avec les thématiques couvertes par le PNTS.

Les principaux axes de recherche auxquels on peut penser sont les suivants (pour plus de compléments, voir le site LEFE MANU¹⁴) :

- **Modélisation** : approches mathématiques, numériques et stochastiques pour

1. améliorer les modèles physiques et mathématiques ; développer les méthodes permettant de mieux prendre en compte les différents types de couplages (échelles / milieux / physiques / domaines);
2. développer des approches « alternatives » (modèles de complexité réduite, approches mixtes déterministes/statistiques, paramétrisations...);
3. analyser des systèmes dynamiques (p.ex. pour les modèles biogéochimiques).

- **Assimilation de données** : proposer de nouvelles méthodes d'assimilation de données. Progresser sur des difficultés méthodologiques récurrentes (modélisation des covariances d'erreur, prise en compte des biais et des erreurs modèles...) ou en forte émergence (traitement des fortes non-linéarités et de la non-gaussianité, application à des modèles et des observations multi-échelles et/ou multi-sources, prise en compte de nouveaux types de données comme les images...); estimer les paramètres d'un modèle; développer de nouvelles applications, notamment la prévision décennale et les projections climatiques; caractériser l'optimalité du triptyque modèle/données/méthode d'assimilation.

- **Quantification des incertitudes** : développer les méthodes (variationnelles et stochastiques) d'analyse de sensibilité afin d'identifier et de hiérarchiser les sources d'incertitudes (entre autres pour les sorties de modèles climatiques) ; mettre au point des méthodes de perturbation pour les systèmes d'assimilation et les simulations d'ensemble ; identifier et représenter les erreurs en modélisation directe et inverse (y compris pour les modèles (« opérateurs ») d'observation); utiliser des approches multi-modèles et travailler sur l'optimisation de systèmes d'observations.

¹⁴ <https://www.lefemanu.fr/laction-manu>



- **Données, analyse et apprentissage** : exploitation de masses de données issues d'observations ou de sorties modèles (à l'aide d'outils nouveaux ou issus de disciplines extérieures à la communauté océan-atmosphère: statistiques avancées, méthodes d'apprentissage, traitement du signal et des images, visualisation scientifique...) à des fins de classification, d'étude de processus, de paramétrisations, de développement de modèles de complexité réduite et pour des données complexes (grande dimension, chaos, extrêmes, non-stationnarités...).
- **Nouvelles technologies** : Développements d'algorithmes et utilisation d'outils adaptés aux nouvelles technologies logicielles et matérielles (supercalculateurs à 106-107 processeurs, GPU, entrées/sorties et stockage des données, nouveaux systèmes d'observations, langages dédiés...).