Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes
Valorisation de l'Information pour la Gestion Intégrée Et la Surveillance

Février 2017 – ODE/VIGIES/17-05

Journées REPHY 2016

Nantes, 30 novembre et 1er décembre 2016

Tome 1/2

Compilation des interventions pour la session environnementale, surveillance et recherche

Journées REPHY 30 novembre et 1er décembre 2016

Centre Ifremer de Nantes

Organisation des Journées :
Nadine Neaud-Masson
Catherine Belin

Session environnementale, surveillance, observation et recherche

DCE phytoplancton : résultats de l'évaluation 2010-2015 et avancement des décisions sur l'inter-calibration européenne	*Stéphanie Pédron* *(Ifremer Nantes)*
Approche du compartiment phytoplanctonique par mise en place des analyses de pigments (HPLC) – Utilisation pour la définition d'un indice de composition pour la DCE	*Luis Lampert* *(Ifremer Brest)* Lampert L., Menet F., Belin C., Delmas D., Lefebvre A., Blondel C., Courtay G., M'Zari L., Cheve J., Legendre A., Dagault F., Terre-Terrillon A., Duval A., Cochennec N., Retho M
Utilisation de modèles linéaires dynamiques pour l'évaluation des incertitudes	*Dominique Soudant* *(Ifremer Nantes)*
Combiner séries temporelles biotiques et abiotiques avec des modèles autorégressifs pour inférer les effets de l'environnement et des interactions sur la dynamique du plancton	*Coralie Picoche* *(Université de Bordeaux)*
Contrôle de la variabilité interannuelle de la composition du phytoplancton de la Baie de Calvi (Corse) par les facteurs environnementaux	*Anne Goffart* *(Université de Liège, Belgique* *STARESO, Calvi)* Goffart, A., Andral B., Baldi Y., Marco-Miralles F., Lejeune P.
Recherche d'un INDice d'EUTROphisation Intégré pour évaluer l'état des eaux littorales à partir des archives sédimentaires (projet INDEUTROI)	*Clémence Caulle* *(Ifremer Brest)* Caulle C., Andrieux-Loyer F., Siano R., Daniel A.
Contribution des séries phytoplanctoniques au calcul d'indicateurs de surveillance des habitats pélagiques (DCSMM), et perspectives issues des récents travaux sur l'indice composition (DCE) et l'utilisation des techniques semi-automatisées	*Felipe Artigas* *(ULCO Wimereux)*
Rythmes annuels des communautés planctoniques microbiennes de la baie de Banyuls (SOLA) *en cours de publication non intégré à cette compilation.*	*François-Yves Bouget* *(Laboratoire Arago, Banyuls sur mer)*

Observation des coccolithophoridés de l'espace dans le Golfe de Gascogne, comparaison aux données des campagnes PELGAS	*Francis Gohin* *(Ifremer Brest)* Gohin F., Perrot L., Lampert L., Malestroit P.
Effets de l'hydroclimat local sur les groupes de phytoplancton dans l'estuaire de la Charente	*Stéphane Guesdon* *(Ifremer La Tremblade)* Guesdon S., Stachowski-Haberkorn S., C. Lambert, Beker B., Brach-Papa C., Auger D., Béchemin C.
Effets du cuivre et d'un mélange d'herbicides sur les communautés phytoplanctoniques de l'estuaire de la Charente	*Sabine Stachowski-Haberkorn* *(Ifremer Nantes)* Stachowski- Haberkorn S. & al.
Présentation de l'ouvrage édité par l'UNESCO : Harmful and toxic Miroalgae of the World Ocean (Microalgues toxiques et nuisibles de l'océan mondial)	*Patrick Lassus* *Nicolas Chomérat* *Philipp Hess* *Elisabeth Nézan*

DCE phytoplancton : résultats de l'évaluation 2010-2015 et avancement des décisions sur l'inter-calibration européenne
Pédron, S.

Approche du compartiment phytoplanctonique par mise en place des analyses de pigments (HPLC) – Utilisation pour la définition d'un indice de composition pour la DCE
Lampert L., Menet F., Belin C., Delmas D., Lefebvre A., Blondel C., Courtay G., M'Zari L., Cheve J., Legendre A., Dagault F., Terre-Terrillon A., Duval A., Cochennec N., Retho M.

L'étude du compartiment phytoplanctonique par leurs pigments ne permette pas d'accéder à leur diversité « spécifique », mais au niveau de la « classe algale », qui est suffisant pour les études de diversité fonctionnelle en intégrant les tailles pico-, nano- et microphytoplanctoniques. Une étude préliminaire sur l'utilisation des pigments dans la mise en place d'un indice de composition phytoplanctonique pour la DCE a été réalisée en 2015 pour l'ONEMA. Sur la base de cette étude et des résultats prometteurs de cette technique, une nouvelle étude en « grandeur nature » concernant la Manche-Atlantique a été démarrée en 2016. Elle concerne une période d'échantillonnage en 2016-2017 sur 16 points à une fréquence de 15 jours. Cette échantillonnage est financé par le réseau REPHY et les agences de l'eau et régions concernées. L'étude en lui-même sera réalisée en 2018 et sera financé par l'ONEMA. En parallèle, le même type d'études est mené en Méditerranée sur les mêmes périodes. A l'issus de ces deux études, une étude de synthèse, en croissant les données, fera le point sur cet indice en France.

Utilisation de modèles linéaires dynamiques pour l'évaluation des incertitudes
Soudant, D.

L'incertitude associée à une mesure a pour origine d'une part la variabilité environnementale et d'autre part l'ensemble du processus d'acquisition depuis le prélèvement jusqu'à la saisie de la donnée dans une base. L'estimation de l'ensemble de cette variabilité est un exercice complexe à réaliser dans le cadre d'un plan d'expérience. En revanche, les séries temporelles présentent la caractéristique d'intégrer toutes les variabilités et ainsi l'analyse de ces séries en terme de signal et bruit doit permettre de quantifier l'amplitude des incertitudes. Toutefois, les séries temporelles d'observation présentent un nsemble de caractéristiques les rendant difficiles à analyser. Les modèles linaires dynamiques constituent une approche adaptée à ces données particulières en faisant l'hypothèse de paramètres variables dans le temps. Ainsi, l'objet du présent travail consiste à estimer les variances liées au processus d'observation à l'aide de modèles linéaires dynamiques.
Plus particulièrement, les mesures considérées sont la chlorophylle a et l'abondance phytoplanctonique aux lieux de surveillance REPHY « Arcachon-Bouée- 7 » et « Teychan bis ». Les résultats montrent que pour la chlorophylle a, la variabilité d'observation est responsable de l'ordre de 80 % de la variabilité totale. Pour l'abondance phytoplanctonique, elle est également de 80 % à « Arcachon-Bouée 7 » mais de l'ordre de 70 % à « Teychan bis ». Ainsi la part de « bruit » est liée au lieu et au paramètre considéré. Exprimée en pourcentage de la médiane de la chlorophylle a, la variance d'observation place les bornes de l'intervalle de confiance à 95 % des observations à des valeurs de l'ordre de -40 % et +120 % de la médiane, l'intervalle étant sous-estimé car ne prenant pas en compte la variabilité structurelle. Pour l'abondance phytoplanctonique en log 10 cell./L, les ordres de grandeur correspondant en pourcentage de la moyenne sont de ± 13.5 %. Pour les deux paramètres, ces valeurs sont compatibles avec l'expérience des experts. Ainsi, l'approche mise en œuvre s'est avérée riche d'enseignements en matière d'incertitude de mesure et les nombreuses améliorations méthodologiques envisagées ouvrent des perspectives fécondes à tout point de vue.

Combiner séries temporelles biotiques et abiotiques avec des modèles autorégressifs pour inférer les effets de l'environnement et des interactions sur la dynamique du plancton

Picoche, C.

Les séries temporelles à long terme offertes par le REPHY et les autres réseaux de l'IFREMER sont très riches en information. Nous proposons ici une méthode statistique (les modèles multivariés autorégressifs, ou MAR) pour en optimiser le traitement malgré les difficultés inhérentes à la variabilité des processus environnementaux et observationnels. Les modèles MAR permettent de prendre en compte le passé d'une communauté phytoplanctonique, que ce soit ses interactions ou ses conditions de croissance, afin de mieux en comprendre et prédire la dynamique. Cela offre notamment une nouvelle approche du paradoxe du plancton, qui souligne la surprenante diversité phytoplanctonique dans un environnement relativement homogène qui semblerait peu adapté à la coexistence d'espèces en compétition. Les données du bassin d'Arcachon offrent un point de vue complémentaire sur cette question, avec très peu de compétition entre les espèces et des niches peu différenciées, dans la mesure de ce qui est observable. Cette méthode est utilisable sur tous les points du réseau REPHY, permettant de confronter les perspectives apportées par des ensembles écologiques variables.

Contrôle de la variabilité interannuelle de la composition du phytoplancton de la Baie de Calvi (Corse) par les facteurs environnementaux

Goffart, A., Andral B., Baldi Y., Marco-Miralles F., Lejeune P.

Le but de la présentation est de synthétiser les connaissances sur le contrôle de la dynamique du phytoplancton par les contraintes environnementales dans un site de référence méditerranéen. L'étude est réalisée en Baie de Calvi (Corse) à la station PHYTOCLY (42°34.85'N, 08°43.71'E) où des séries temporelles haute fréquence de données physiques, chimiques et biologiques sont réalisées depuis 1979. Depuis 2006, l'acquisition des données de subsurface et le traitement des échantillons, incluant des analyses HPLC de contenu pigmentaire du phytoplancton et des comptages de flore totale, sont réalisés grâce au soutien de la DCE.

En Baie de Calvi, l'intensité de la rigueur hivernale, identifiée par deux proxys, la température de l'eau et le nombre de jours de vent fort, contrôle le réapprovisionnement en sels nutritifs des couches de surface et le développement du bloom phytoplanctonique (détails dans Goffart *et al.*, 2015, Progress in Oceanography). Lors des années caractérisées par un hiver rigoureux (e.g. 2010), le bloom phytoplanctonique hivernal se développe pendant la période d'eau froide (eau de subsurface ≤13.5°C). Il est dominé par les diatomées et les cryptophycées, deux groupes qui montrent une préférence marquée pour les eaux froides et riches en sels nutritifs. Lorsque l'hiver est très doux (e.g. 2007), la disponibilité en sels nutritifs est réduite et le bloom ne se développe pas. Les diatomées et les cryptophycées sont absentes, et les communautés phytoplanctoniques sont dominées par les prymnesiophycées pico- et nanoplanctoniques et les cyanobactéries.

Les résultats de l'étude permettent aussi :

- de fixer les limites de la variabilité naturelle du phytoplancton dans un site de référence méditerranéen,
- d'expliquer les variations interannuelles de biomasse et de composition phytoplanctonique,
- de définir les préférences écologiques des différents groupes phytoplanctoniques,
- d'établir des courbes d'évolution saisonnière des principaux groupes phytoplanctoniques qui intègrent la variabilité interannuelle liée aux variations climatiques.

La connaissance acquise au cours de cette étude permet de contribuer au développement d'indices de qualité intégrant la composition du phytoplancton (e.g. indice de composition I C MEDIT) et de tester des méthodes de surveillance à grande échelle (e.g. croisement des suivis pigmentaires réalisés à haute fréquence et de l'imagerie satellitaire), contribuant ainsi à la mise en œuvre des politiques publiques (DCE, DCSMM).

Recherche d'un INDice d'EUTROphisation Intégré pour évaluer l'état des eaux littorales à partir des archives sédimentaires (projet INDEUTROI)
Caulle C., Andrieux-Loyer F., Siano R., Daniel A.

Le projet INDEUTROI a pour but d'explorer le sédiment comme source d'information sur les états d'eutrophisation passés et présents, en combinant des proxies chimiques et minéraux (carbone organique, composés du soufre, azote, phosphore organique et inorganique, silice biogénique), des proxies génétiques (métabarcoding des protistes) et des proxies faunistiques (foraminifères). Pour ce faire, des carottes de sédiment prélevées sur des sites soumis à différents types de pression anthropique (Cherbourg, baie de Seine, rade de Brest) ont été analysées et inter-calibrées avec les données acquises depuis plus de 30 ans par les réseaux de surveillance (REPHY, RHLN, RNO). L'efficacité de chaque proxy et de différentes combinaisons de proxies a été évaluée en tant que traceur d'eutrophisation.

Contribution des séries phytoplanctoniques au calcul d'indicateurs de surveillance des habitats pélagiques (DCSMM), et perspectives issues des récents travaux sur l'indice composition (DCE) et l'utilisation des techniques semi-automatisées
Artigas, F.

Rythmes annuels des communautés planctoniques microbiennes de la baie de Banyuls (SOLA)
Bouget F-Y.

Observation des coccolithophoridés de l'espace dans le Golfe de Gascogne, comparaison aux données des campagnes PELGAS
Gohin F., Perrot L., Lampert L., Malestroit P.

Les produits satellite proposés par l'Ifremer et peu à peu incorporés dans le projet européen de surveillance CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service) intègrent la chlorophylle-a et les matières en suspension non-algales (MES). Les MES satellite sont un bon indicateur de la présence des coccolithophoridés au printemps dans le Golfe de Gascogne. Une excellente cohérence a ainsi été mise en avant entre les MES satellite et la turbidité des coccolithophoridés observées (essentiellement des coccolithes détachés) lors des campagnes PELGAS de 2012 à 2016. L'étude des profils de turbidité *in situ* a également permis de montrer la bonne représentativité des observations de surface par rapport aux mesures plus profondes, et ainsi de l'aptitude des satellites à rendre compte de la présence des coccolithophoridés dans la couche mélangée de surface. Lors des années étudiées, la présence des coccolithophoridés était plus forte lorsque le milieu marin était le moins stratifié, comme en 2013. Le printemps 2014, avec une couche de surface relativement stratifiée, montra une faible abondance de coccolithophoridés. Fin mai 2016, des prélèvements effectués sur la marge du plateau continental au large de la Bretagne lors de la campagne PELGAS ont montré la présence de plus de quinze espèces de coccolithophoridés, avec des concentrations modérées atteignant environ 300 000 cellules par litre.
A l'issue de travaux de thèse (CNES/Ifremer) de Laurie Perrot, nous avons donc une vue beaucoup plus précise de la présence des coccolithophoridés dans le Golfe de Gascogne et en Mer Celtique. La capacité des satellites de la couleur de l'eau à observer certains groupes de phytoplancton est un point qu'il faudra développer à l'avenir en côtier, en particulier dans le but de surveiller l'évolution de l'Habitat Pélagique pour la DCSMM.

Effets de l'hydroclimat local sur les groupes de phytoplancton dans l'estuaire de la Charente
Guesdon S., Stachowski-Haberkorn S., C. Lambert, Beker B., Brach-Papa C., Auger D., Béchemin C.

Acquises dans le cadre du projet TOPHYAC (financé par le programme "Pesticides" du Ministère chargé de l'Écologie), les données de groupes phytoplanctoniques (du pico- au mircrophytoplancton) ont été décrites d'un point de vue écologique grâce aux nombreuses variables de l'environnement mesurées pendant 3 ans (2011-2014) sur un gradient de salinité de l'estuaire de la Charente.
Parmi les résultats, il apparaît que (1) la dynamique générale du phytoplancton de l'estuaire charentais est principalement gouvernée par l'environnement physique, (2) les nanoeucaryotes et les dinoflagellés semblent plus sensibles à l'hydroclimat que d'autres groupes comme les diatomées, et (3) les phosphates et le cuivre jouent un rôle non négligeable dans la structure des groupes phytoplanctoniques.

Effets du cuivre et d'un mélange d'herbicides sur les communautés phytoplanctoniques de l'estuaire de la Charente
Stachowski- Haberkorn S. & al.

Des communautés naturelles de phytoplancton ont été prélevées dans l'estuaire de la Charente et transférées en laboratoire, où elles ont été exposées (2h) à des herbicides en mélange ainsi qu'au cuivre (27 expérimentations). Les herbicides testés aux concentrations environnementales (0.1 à 1 µg/L) n'ont pas entraîné d'effets significatifs après 2h d'exposition. En revanche, le cuivre a provoqué des effets sur l'efficacité photosynthétique globale des communautés testées et en particulier sur les groupes des *Synechococcus sp.* et nanoeucaryotes : à plusieurs reprises, ces effets se sont manifestés à des concentrations faibles et environnementales de l'ordre du µg/L. Ces résultats soulignent i) la sensibilité marquée au cuivre des groupes de petite taille composant les communautés phytoplanctoniques ; ii) les préoccupations suscitées par le cuivre, son utilisation comme fongicide et agent antisalissure et sa dispersion dans l'environnement.

Présentation de l'ouvrage édité par l'UNESCO : Harmful and toxic Miroalgae of the World Ocean (Microalgues toxiques et nuisibles de l'océan mondial)
Lassus P., Chomérat N., Hess P., Nézan E.

Cette monographie examine les espèces de micro-algues marines connues dans le monde entier pour leur caractère toxique ou nuisible. L'étude a été entreprise dans le contexte des travaux menés par le Panel d'experts intergouvernemental sur les efflorescences algales nuisibles (IPHAB) de la Commission océanographique intergouvernementale (COI). Les informations ont été obtenues à partir de la littérature scientifique mais aussi à partir des actes de conférence (principalement les Conférences internationales sur les algues nuisibles et sur la salubrité des coquillages) et des rapports du Groupe de travail du CIEM sur la dynamique des efflorescences algales nuisibles. Le premier chapitre examine les facteurs connus pour contribuer à l'évolution des proliférations algales nuisibles et modifier leur répartition mondiale. Par la suite, les occurrences et l'évolution de chaque espèce de micro-algue toxique et/ou nuisible ont été analysées à travers une description taxinomique courte, la distribution mondiale de l'espèce, les principaux épisodes régionaux toxiques et/ou nuisibles et enfin l'information disponible sur les toxines produites. Le dernier chapitre compare les informations contenues dans les deux premiers avec des études de tendance portant sur des périodes plus longues, à savoir quelques décennies. Dans l'ensemble, ces études convergent pour conclure que les proliférations algales sont en augmentation dans de nombreuses régions à l'échelle mondiale. Un ensemble de microphotographies de qualité est inclus dans cet ouvrage et devrait faciliter l'identification des espèces de même que la clarification des données historiques relatives aux proliférations côtières.
Cet ouvrage peut être très utile pour les unités impliquées dans la surveillance des proliférations algales nuisibles (HAB), pour les administrations en charge des pêches et de l'aquaculture, et pour tout spécialiste devant faire face localement à un nouvel événement de type HAB. Le fait qu'il s'agisse d'une édition bilingue devrait le rendre encore plus utile dans les pays de l'Afrique francophone.
Les auteurs sont particulièrement reconnaissants pour le soutien financier de la Principauté de Monaco, de la région des Pays de la Loire, de la COI, de l'ISSHA et d'Ifremer. Enfin, cet ouvrage se présente à la fois comme un transfert de connaissances (le premier auteur est retraité d'Ifremer depuis 2013) et comme un travail collectif associant biologistes et chimistes.

Session sanitaire, surveillance et recherche

La compilation des diaporamas présentés durant cette session sont disponibles dans un deuxième tome : Journées REPHY 2016. Tome 2. Compilation des interventions pour la session sanitaire, surveillance et recherche.

Actualités DGAL : actualités réglementaires (FR et UE)/ bilan PSPC / bilan TIAC phycotoxines.	*Pauline Favre* *(DGAL)*
Evolutions de la surveillance sanitaire en 2017-2018. Modalités de transfert de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre.	*Philippe Riou* *(Ifremer ODE adjoint)* *Yan Louguet* *(DGAL)*
Bilan de la surveillance des phycotoxines – 2014-2016	*Coordination REPHY* *(Ifremer Nantes)*
Etude de *Vulcanodinium rugosum* (Dinoflagellé producteur de pinnatoxines) se développant dans la lagune méditerranéenne de l'Ingril.	*Eric Abadie* *(Ifremer Sète)*
Croissance, caractéristiques physiologiques et toxicité de *Dinophysis sacculus* en relation avec la présence de proies.	*Thomas Lacour* *(Ifremer Nantes)* Lacour T., Raimbault V., Sibat M., Séchet V.
Phytorisk : Effets des changements environnementaux sur les efflorescences d'algues toxiques	*Annie Chapelle* *(Ifremer Brest)* Bacher C., Guallar-Morillo C., Chapelle A., Le Magueresse A.
Impact des bassins versants sur les efflorescences d'algues toxiques en Baie *de* Seine	*Philippe Riou* *(Ifremer ODE adjoint)*
Effet du changement global sur la production de toxines amnésiantes chez Pseudo-nitzschia spp.	*Nour Ayache* *(Ifremer Nantes)* Ayache N., Raimbault V., Hervé F., Retho M., Gabellec R., Caruana A & Amzil Z.
L'analyse chimique dans le tourbillon du changement global - l'analyse ciblée envers l'analyse non-ciblée.	*Philipp Hess* *(Ifremer Nantes)*

Actualités DGAL : actualités réglementaires (FR et UE)/ bilan PSPC / bilan TIAC phycotoxines.
Favre P.

Actualités réglementaires

- Au niveau national, une note "réglementation sanitaire applicable aux zones de production de coquillages" du 30 mai 2016 constitue une synthèse réglementaire et vient préciser certains points spécifiques. Des actualités sont également à noter concernant les coquillages du groupe 1 (échinodermes, gastéropodes, tuniciers : prise en compte dans les PSPC, mise en oeuvre d'une étude contamination décontamination dédiée), et au niveau du dispositif de veille d'émergence (appelé anciennement dispositif de vigilance), qui sera rénové à compter de 2018.
- Au niveau communautaire, une réflexion est conduite concernant la surveillance sanitaire des pectinidés. L'objectif est d'harmoniser et de clarifier la réglementation des Règlements 853 et 854 /2004. La méthode de référence PSP, c'est à dire qui fait foi en cas de litige ou utilisée à des fins d'échantillonnage, pourrait devenir la méthode chimique de Lawrence en lieu et place du bio essai souris. La surveillance de routine PSP continuerait cependant à être réalisée via le bioessai souris. A la suite de la mise en évidence de tétrodotoxines dans des coquillages dans les eaux euroopéénnes (à des niveaux très faibles), la Commission européenne a saisi l'EFSA en vue d'une évaluation scientifique des risques. Les Pays Bas conduisent en parallèle une surveillance des tétrodotoxines dans leurs zones de production. Les autres Etats membres souhaitent avoir plus d'éléments au plan scientifique et concernant la méthode d'analyse avant toute décision de surveillance et de gestion pour les tétrodotoxines. Enfin, un working group européen est conduit par le LRUE sur les modalités de surveillance du phytoplancton.

Bilan PSPC

Le taux de conformité du PSPC phycotoxines 2015 (analyses toxines lipophiles, ASP, PSP sur des coquillages mis sur le marché) est très satisfaisant : 99.71 % des résultats sont conformes pour les coquillages des groupes 2 et 3. Les 3 non conformités constatées concernent des dépassements en toxines lipophiles sur des moules, avec des coquillages en provenance d'autres Etats membres (Espagne et Irlande). Le taux de conformité pour les coquillages du groupe 1 est de 100 %. Ces résultats signent l'efficacité du dispositif de surveillance des zones de production de coquillages, permettant la mise sur le marché de coquillages conformes.

Bilan TIAC

Entre 1000 et 1400 cas de TIAC sont déclarés par an, avec 7 à 10 % d'entre elles qui ont une origine coquillière. La première cause de TIAC coquillière en France est le norovirus (50 % des cas, typiquement huîtres en hiver), suivi par les toxines lipophiles (25 % des cas, typiquement moules en été). Dans de nombreux cas, la cause de la TIAC reste inconnue.
En 2015, 1323 TIAC ont été recensées, dont 96 ont concerné des coquillages. En 2016 (au 1er septembre) 1006 TIAC, dont 124 ont concerné les coquillages. L'année 2016 est marquée par un grand nombre de TIAC à norovirus.

Evolutions de la surveillance sanitaire en 2017-2018. Modalités de transfert de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre.
Riou P. & Louguet Y.

Dans un contexte scientifique et financier en pleine évolution et conformément à son Contrat d'Objectifs, l'Ifremer souhaite faire évoluer ses missions régaliennes, et notamment sur le dispositif de "surveillance sanitaire" des coquillages. En effet, l'Ifremer souhaite passer d'un statut de maitre d'œuvre à un statut de maitre d'ouvrage, tout en garantissant la qualité de son expertise. Pour ce faire, l'Ifremer transférera au 1er janvier 2018 la maitrise d'œuvre des prélèvements et des analyses sanitaires vers de nouveaux opérateurs. Des documents supplémentaires à ceux produits jusqu'à présent vont accompagner et cadrer cette évolution et ce transfert, afin de soutenir au mieux les nouveaux maitres d'œuvre et de garantir une continuité de la qualité du service auprès de la DGAL.

Bilan de la surveillance des phycotoxines – 2014-2016
Belin C.

Pour chacune des trois familles de phycotoxines (diarrhéiques, paralysantes, amnésiantes) régulièrement observées dans les coquillages du littoral français, sont présentés : le rappel de la stratégie d'échantillonnage des coquillages, le nombre annuel d'analyses par laboratoire, un bilan cartographique des résultats sur la période 2014-2016 avec les principaux faits marquants. Les éléments de communication mis à disposition sur internet sur le phytoplancton toxique et les toxines, sont également rappelés.

Etude de *Vulcanodinium rugosum* (Dinoflagellé producteur de pinnatoxines) se développant dans la lagune méditerranéenne de l'Ingril.
Abadie E.

Les efflorescences phytoplanctoniques nuisibles et / ou toxiques sont connues depuis longtemps pour avoir un impact sur les écosystèmes marins dans le monde. Ces développements massifs ont un effet négatif sur les écosystèmes et leur exploitation. Les lagunes de la région Languedoc-Roussillon sont touchées depuis des décennies. En plus des risques récurrents pour la santé dûs à *Dinophysis* (toxines DSP) et *Alexandrium* (toxines PSP), une nouvelle espèce *Vulcanodinium rugosum* a été identifiée en 2011 dans la lagune Ingril. Cette espèce produit des pinnatoxines (neurotoxines). A travers le travail réalisé ici sur des cultures en laboratoire et par la surveillance de l'environnement, la biologie de cette nouvelle espèce (état de croissance, production de toxines), sa capacité de contamination des mollusques et sa répartition géographique dans les lagunes voisines ont été étudiées.

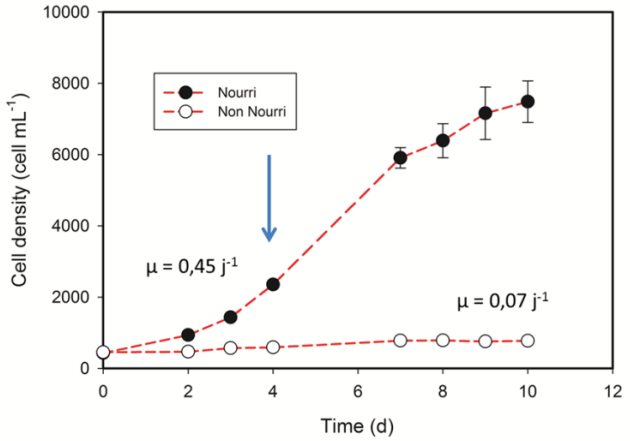
Les résultats de cette étude ont démontré ses caractéristiques thermophiles et euryhalines (salinité optimale et température de 25 ° C et 40 respectivement) et sa gamme de croissance, située entre 20 et 30 ° C. Sa capacité à se développer sur une source d'azote organique (urée) a été démontrée in vitro. Son expansion dans d'autres lagunes du Languedoc-Roussillon a été confirmée par la contamination des moules par la pinnatoxine G. La survie de cet organisme dans le tube digestif des moules et des huîtres prouve que le transfert des coquillages est potentiellement une source de contamination de nouveaux écosystèmes non encore touchés par cette espèce toxique.

Cette étude met en évidence la croissance d'une espèce thermophile émergente qui pourrait avec d'autres et grâce au changement climatique apporter des problèmes sanitaires et économiques importants dans les écosystèmes lagunaires vulnérables de la Méditerranée.

Croissance, caractéristiques physiologiques et toxicité de *Dinophysis sacculus* en relation avec la présence de proies.

Lacour T., Raimbault V., Sibat M., Séchet V.

La chaine trophique de *Dinophysis* se caractérise par deux niveaux de kleptoplastidie ; *Dinophysis* acquière sa capacité de phototosynthèse en capturant intacts et fonctionnels les plastes que *Mesodinium rubrum* conserve de sa proie, le cryptophyte *Teleaulax*. Nous avons étudié l'influence de la nutrition sur la croissance et la physiologie de *Dinophysis* sacculus. Nous avons montré que *Dinophysis sacculus* n'est pas capable de croitre en l'absence de proies (Figure). Pourtant, cette espèce conserve des plastes fonctionnels en absence de proie. Nous avons aussi montré que *Dinophysis* était capable de survivre de très longues périodes sans proies, et de croitre à nouveau dès que les proies redeviennent disponibles. Ces résultats permettront de mieux comprendre la répartition spatio-temporelle de *Dynophysis* dans le milieu naturel.



Croissance de *Dinophysis sacculus* en fonction de la présence de proie.

Phytorisk : Effets des changements environnementaux sur les efflorescences d'algues toxiques

Bacher C., Guallar-Morillo C., Chapelle A., Le Magueresse A.

Ce travail a à la fois l'objectif de répondre à la question "pourquoi une microalgue toxique prolifère et comment éviter les épisodes de toxicité" posée par la société et à l'enjeu de recherche "pourquoi une espèce parmi d'autres apparait, prolifère et disparait à un endroit donné et un moment donné". Pour cela, l'espèce modèle *Alexandrium minutum* a été choisie en raison de ses conséquences sanitaires et du jeu de données conséquent récolté par le REPHY. L'impact des contrôles abiotiques est testé par différentes méthodes (analyse de niche, phénologie et modélisation déterministe). Il en résulte que la température est le facteur clé d'initiation des blooms d'*Alexandrium minutum* et que le maximum du bloom de cette espèce est lié à la disponibilité en nutriments, elle-même dépendante de la compétition qui existe avec les autres espèces de phytoplancton.

Impact des bassins versants sur les efflorescences d'algues toxiques en Baie de Seine
Riou P.

Les eaux côtières continentales de la Manche Orientale, de la Normandie à la Picardie, sont soumises à l'influence majeure des apports déséquilibrés de nutriments de la Seine. En parallèle, plusieurs épisodes d'efflorescences microalgales indésirables compromettant les activités de pêche et de conchyliculture ont été observés dans cet écosystème en 2004 et 2011-2012. Systématiquement, la microalgue *Pseudo-nitzschia spp.* était observée. Sa présence est concomitante à un excès d'azote par rapport au silicium et au phosphore. Depuis, les expérimentations en laboratoire ont permis de mettre en relation un déficit en silicium (stress siliceux) et la production d'acide domoïque, phycotoxine produite par cette microalgue. Les activités anthropiques (agriculture et industries) dans cette région contribuent à un dysfonctionnement de l'écosystème marin, via notamment des déséquilibres en nutriments (issus notamment des excès en azote). Les engrais chimiques constituent une part importante des flux azote arrivant à l'écosystème marin mais leur réduction et la limitation du surplus diffus sont possibles en réorganisant la chaine de production agricole et alimentaire. Deux ateliers de science participative ont permis de construire avec des acteurs du bassin versant mais aussi du littoral des scénarios d'évolution/modification des pratiques agricoles. Le couplage d'un modèle de bassin versant avec un modèle d'écosystème marin a permis de tester l'impact de ces scénarios sur les niveaux d'eutrophisation et d'apparition des efflorescences algales en mer.

Effet du changement global sur la production de toxines amnésiantes chez *Pseudo-nitzschia* spp.
Ayache N., Raimbault V., Hervé F., Retho M., Gabellec R., Caruana A & Amzil Z.

Les travaux réalisés lors de la première année de thèse portent essentiellement sur l'effet de la variation de salinité, en termes de choc salin, sur la physiologie et la production d'acide domoïque (AD) chez deux souches de Pseudo-nitzschia australis (IFR-PAU-01T et IFR-PAU-02T isolées par le LER-BO). Le choc salin est réalisé par un transfert direct des cellules initialement à 35 psu dans un milieu de salinité différente (10, 20, 30, 40 psu). Ainsi le choc hyposalin extrême à 10 et 20 psu entraîne une forte lyse cellulaire (83-93%) associée à un relargage potentiellement élevé d'AD dans le milieu. Lors d'un choc hypersalin à 40 psu, les cellules subsistent (22% de lyse cellulaire, peu de croissance), maintenant leur activité photosynthétique puis se dégradent plus ou moins rapidement selon les souches avec une libération progressive d'AD qui augmente au cours du temps. Dans le cas d'un transfert à 30 psu, les cellules subissent un stress léger qui leur permet une reprise de croissance après 24 à 48H selon la souche, une activité photosynthétique similaire à celle à 35 psu, entraînant une production d'AD intracellulaire inversement liée à la croissance et une libération progressive d'AD dissous dans le milieu sur plusieurs jours de suivi.

En complément des travaux d'écophysiologie, une campagne de terrain réalisée entre Avril et Juillet 2016, en collaboration avec le LER-MPL, a permis de collecter 86 échantillons pour l'analyse de l'AD particulaire et dissous sur 2 sites généralement impactés par des blooms de Pseudo-nitzschia sur la côte atlantique : « Men Er Roué et Ouest Loscolo ».

L'analyse chimique dans le tourbillon du changement global - l'analyse ciblée envers l'analyse non-ciblée.

Hess P.

Les écosystèmes littoraux et marins fournissent de multiples services à l'homme, y compris les fruits de mer et l'eau potable, l'espace pour les transports maritimes, les espaces de recréation ainsi que les énergies fossiles et renouvelables._Les efflorescences d'algues toxiques et nuisibles ou Harmful Algal Blooms (HAB) impactent potentiellement de manière négative tous ces services. La détection des toxines a été un défi depuis toujours puisque les HAB sont difficiles à prédire et dû à la consommation des fruits de mer frais il y a un besoin d'une détection rapide. Les changements globaux accentuent ce défi encore plus, ainsi nécessitant un besoin d'un périmètre de plus en plus large de composés. La découverte récente des tétrodotoxines dans les bivalves est un exemple qui souligne cette diversification des toxines dans différents compartiments des écosystèmes. En conséquence, les méthodes d'analyse non-ciblées gagnent en importance ; ces méthodes permettent non seulement de détecter des dizaines de composés mais de cribler les échantillons pour des centaines voire milliers de composés. Nos récents développements utilisant les techniques d'échantillonnage passif en combinaison avec l'analyse non-ciblée basée sur la spectrométrie de masse haute résolution et les essais biologiques miniaturisés sont discutés. Enfin, les défis restants en termes de validation de méthode, évaluation des risques et la surveillance sont revus.

DCE Phytoplancton

Résultats de l'évaluation 2010-2015 et avancement des discussions sur l'intercalibration

Le REPHY

REPHY :

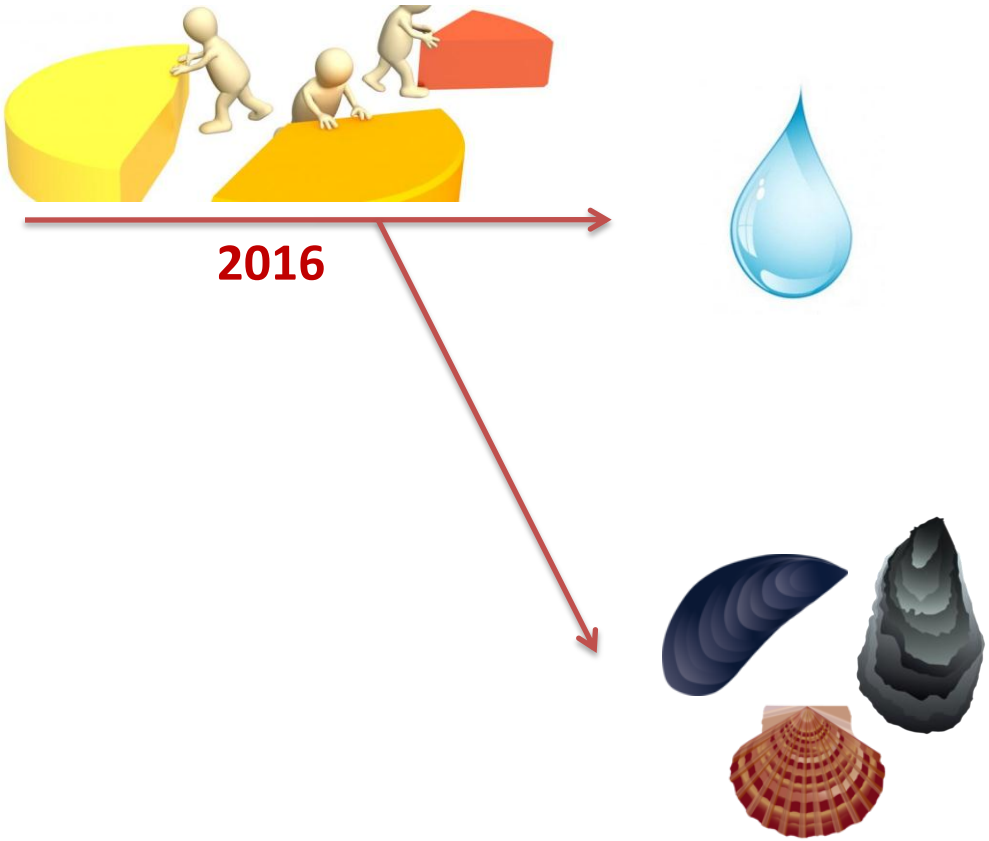
Réseau d'Observation et de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines :

Réfléchit en termes de paramètres et de stratégies appliquées aux points:
Flores totales/indicatrices et partielles, incluant le Phytoplancton toxique
+ Phycotoxines

Le REPHY

REPHY :

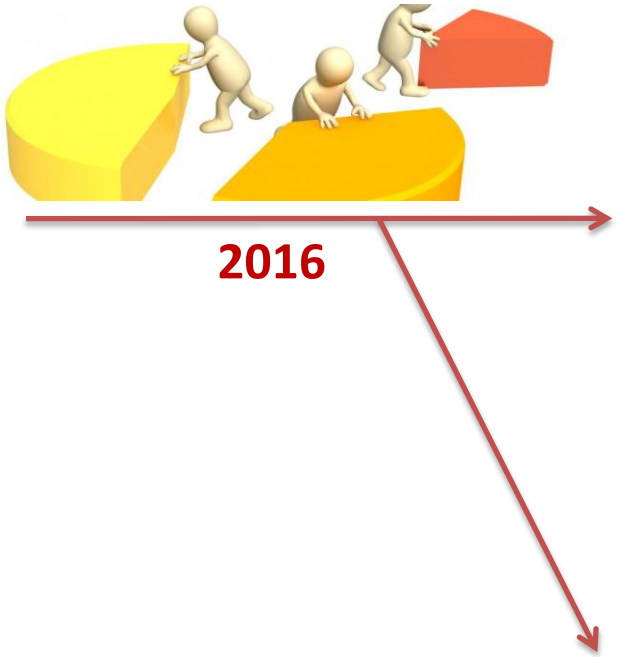
Réseau d'Observation et de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines



Le REPHY

REPHY :

Réseau d'Observation et de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines

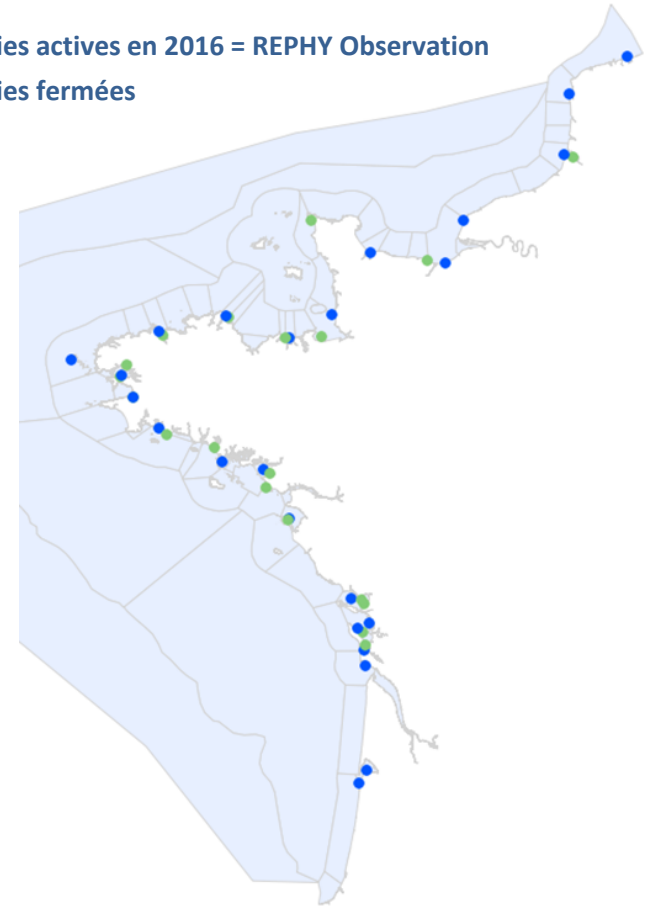


- **REPHY** : Réseau d'Observation et de Surveillance du **Phytoplancton** et de l'**Hydrologie** dans les eaux littorales
  - REPHY Observation
  - REPHY Surveillance
  - REPHY Sanitaire

- **REPHYTOX** : Réseau de Surveillance des **Phycotoxines** dans les organismes marins
  - phytoplancton toxique seulement
  - phycotoxines

REPHY Observation

- Séries actives en 2016 = REPHY Observation
- Séries fermées



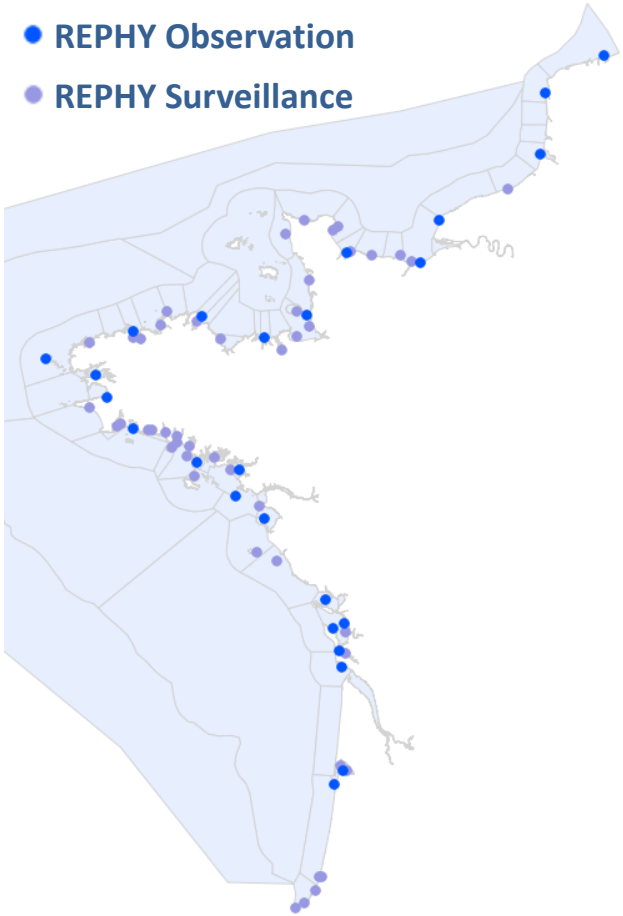
Objectif : répondre aux questions de recherche

toutes les quinzaines, toute l'année

- phytoplancton **total**
- chlorophylle-a
- température
- salinité
- turbidité
- oxygène dissous
- nutriments

- + pigments sur une dizaine de points en 2016

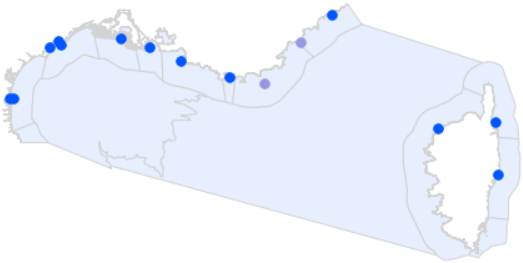
REPHY Surveillance



Objectif : répondre aux Directives DCE et DCSMM, calcul d'indicateurs

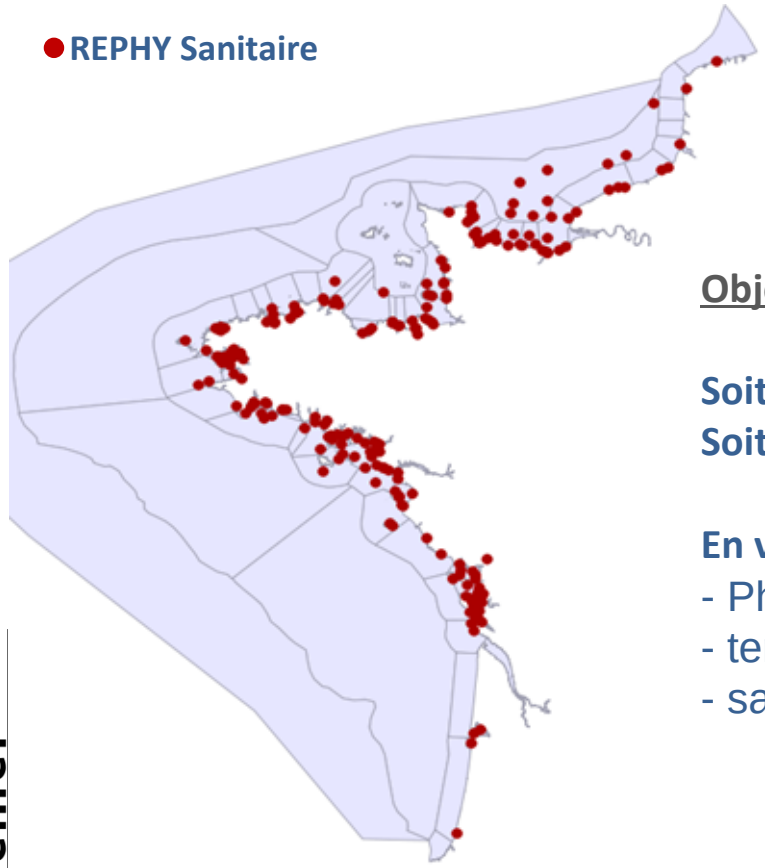
tous les mois, toute l'année

- phytoplancton **indicateur** (taxons dominants + taxons toxiques)
- chlorophylle-a
- température
- salinité
- turbidité
- oxygène dissous, **seulement l'été**
- nutriments, **seulement l'hiver**



REPHY Sanitaire

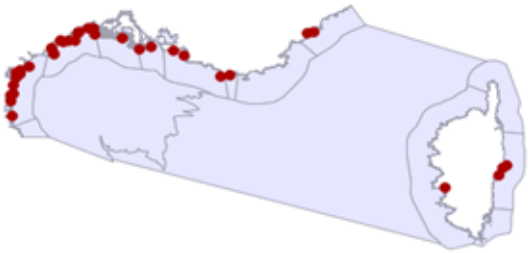
- **REPHY Sanitaire**



Objectif : répondre aux questions sanitaires

Soit tous les 15 jours, toute l'année
Soit toutes les semaines, en T de crise

En veille, sur la base des analyses sur eau
- Phytoplancton toxique
- température
- salinité



Indicateur phytoplancton pour la DCE

Indicateur phytoplancton DCE

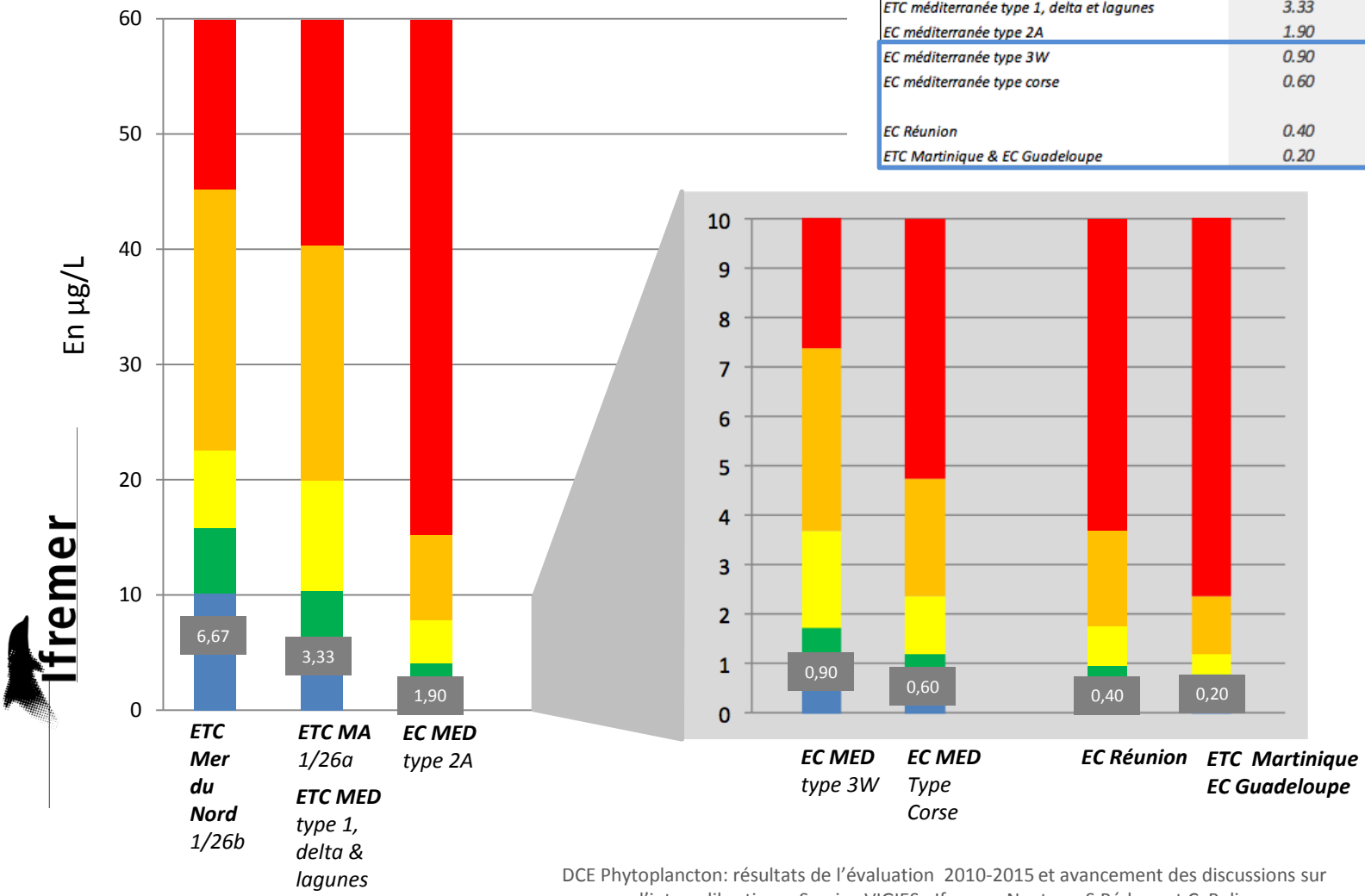
- composé de trois indices pour les MEC

Indice	Paramètre	Métrique	Intercalibration européenne
Biomasse	Chlorophylle-a	Percentile 90	Validé par GIG NEA et GIG MED. Reste nuances sur seuils
Abondance	Blooms micro-phyto (microscopie)	% d'échantillons avec bloom grandes cellules > 100 000 cells/L petites cellules > 250 000 cells/L	Non validé par GIG NEA et GIG MED
	LAGUNES méditerranéennes Concentrations en nano et pico-phyto (cytométrie en flux)	Percentile 90	Non validé par GIG MED
Composition	Etude réalisée dans le cadre de la convention Ifremer / ONEMA 2013-2015 : pigments, cytométrie en flux, biodiversité génétique		Non discuté

Grilles eaux côtières Métropole et DOMs

- biomasse (chl-a – P90)

GroupeME	Reference (en µg/L)	Seuils d'Etat Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
ETC mer du nord 1/26b	6.67	10	15	22,5	45
ETC manche atlantique 1/26a	3.33	5	10	20	40
ETC méditerranée type 1, delta et lagunes	3.33	5	10	20	40
EC méditerranée type 2A	1.90	2.4	3.6	7.2	14.4
EC méditerranée type 3W	0.90	1.1	1.8	3.6	7.2
EC méditerranée type corse	0.60	0.75	1.22	2.44	4.88
EC Réunion	0.40	0.6	0.9	1.8	3.7
ETC Martinique & EC Guadeloupe	0.20	0.3	0.6	1.2	2.4



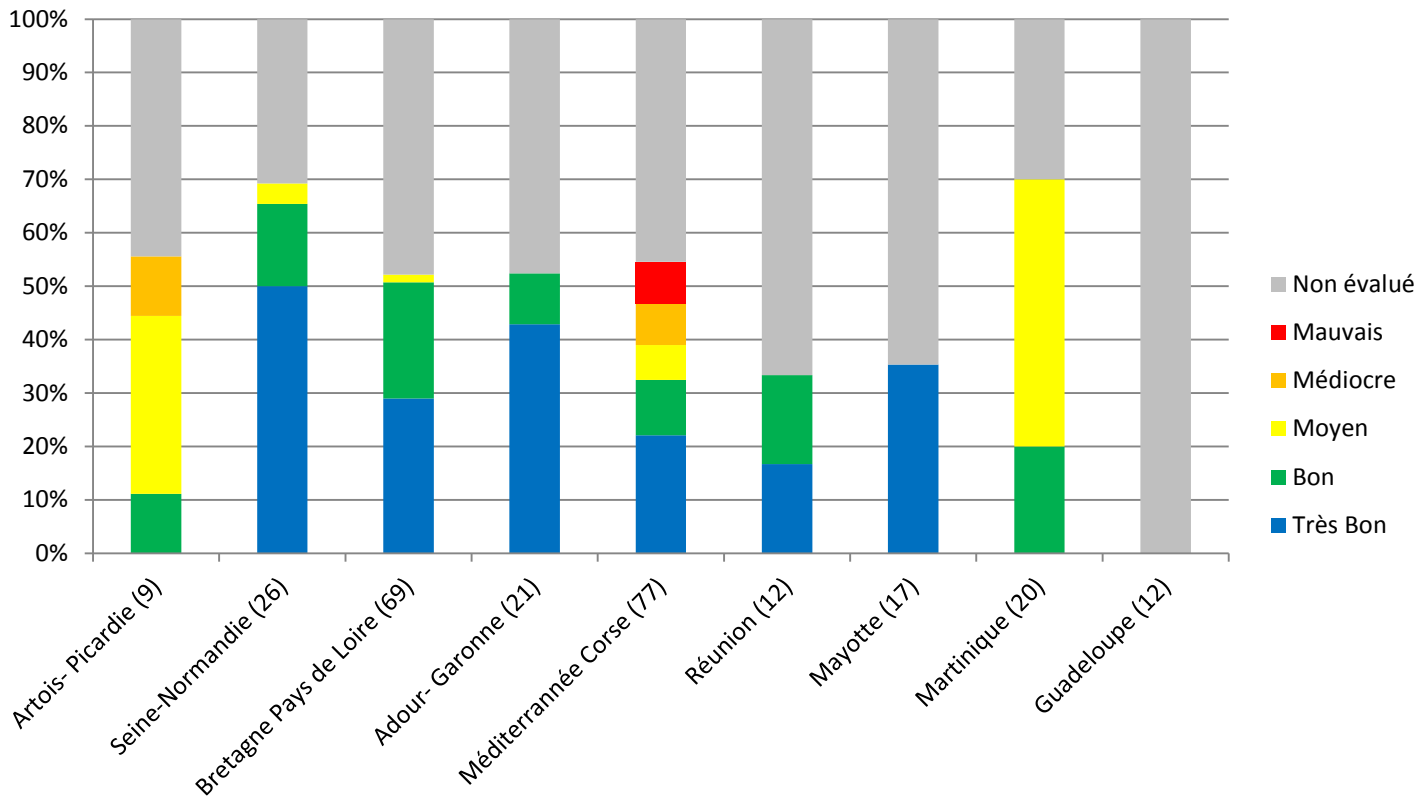
Grilles eaux côtières Métropole et DOMs

- abondance (blooms phyto)

	Seuils d'état				
valeur de référence	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
16.7 %	< 20	20	39	70	> 90

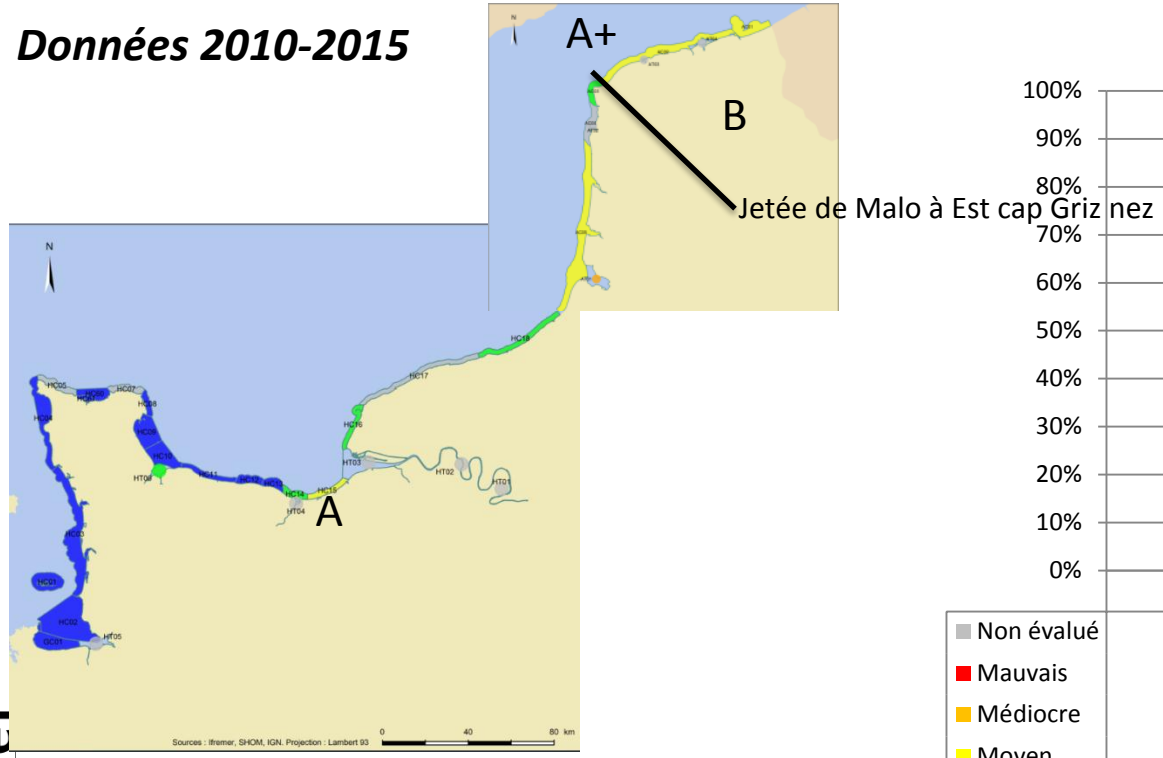
Evaluations indicateur phytoplancton

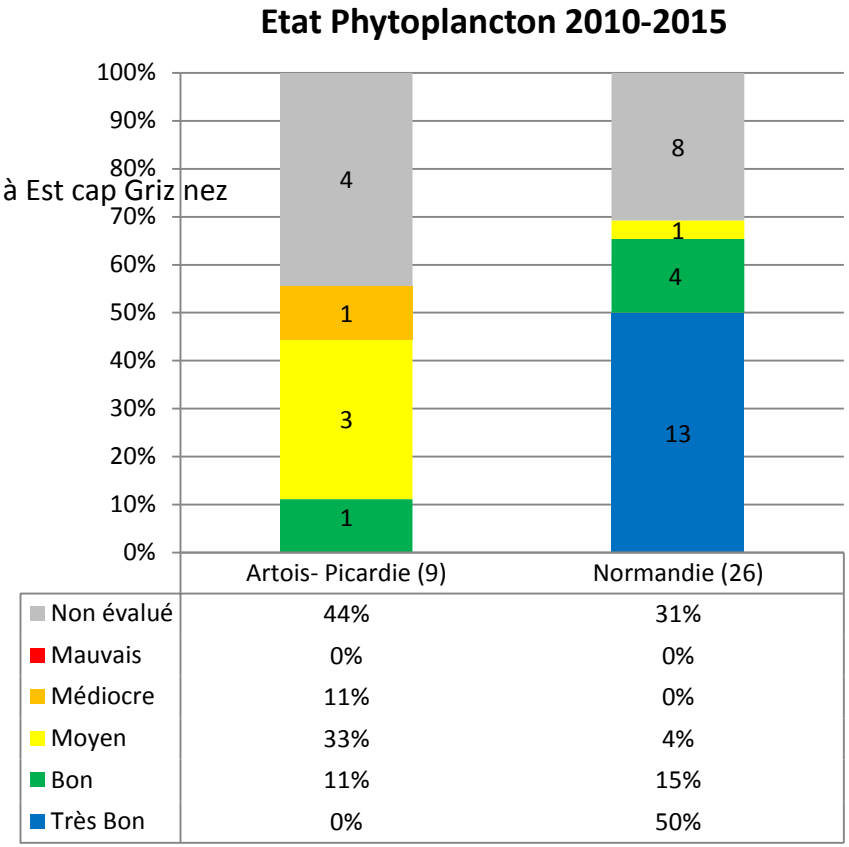
Données 2010-2015



Evaluations indicateur phytoplancton

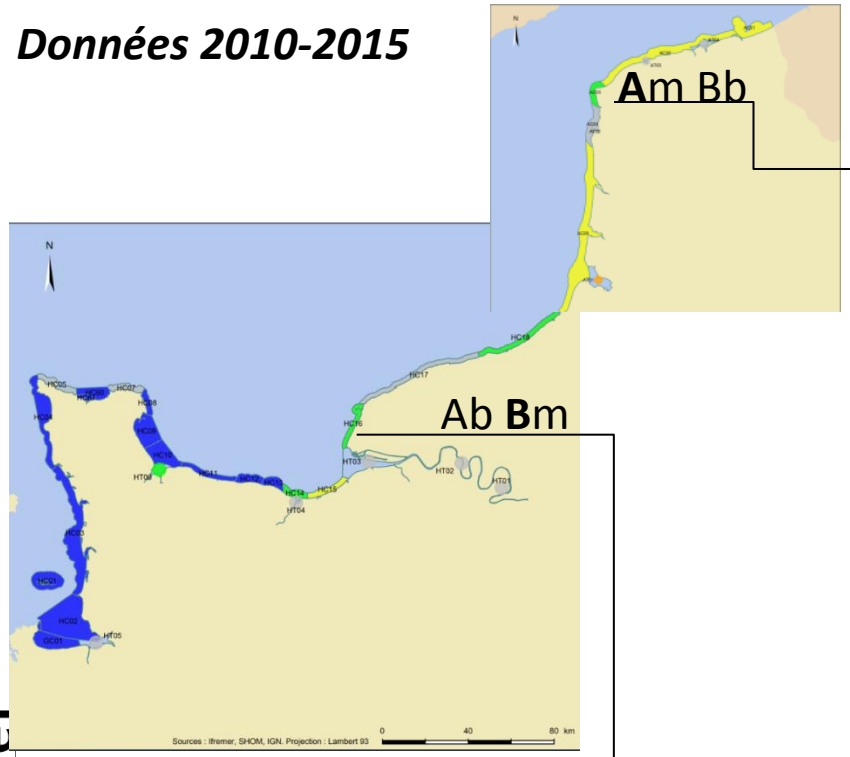
Données 2010-2015





Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



FRAC03 – Cap Griz nez a Slack

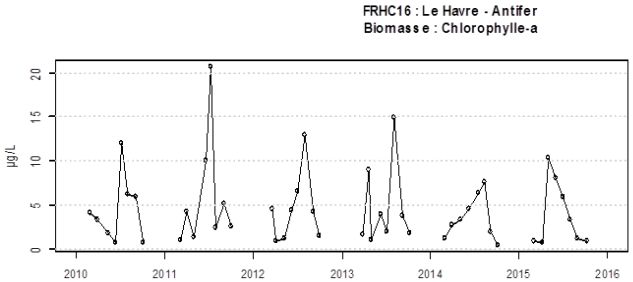
Biomasse

N	43 (48)
Indice	12.3
Grille de l'indice	(10 - 15 - 22.5 - 45)
EQR [IC]	0.54 [0.39;0.76]
Grille	(0.15 - 0.3 - 0.44 - 0.67)
Classe	2
Confiance	5-76-19-0-0

Abondance

N	61 (72)
Indice	50.8
Grille de l'indice	(20 - 39 - 70 - 90)
EQR [IC]	0.33 [0.28;0.41]
Grille	(0.19 - 0.24 - 0.43 - 0.84)
Classe	3
Confiance	0-1-99-0-0

FRHC16 – Le Havre - Antifer

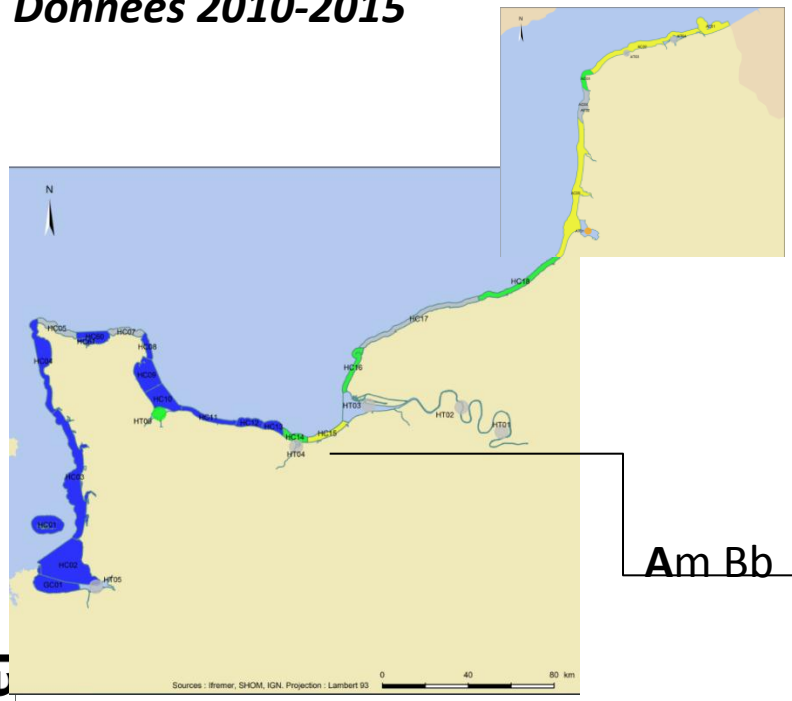


Biomasse

N	48 (48)
Indice	10.1
Grille de l'indice	(5 - 10 - 20 - 40)
EQR [IC]	0.33 [0.25;0.5]
Grille	(0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67)
Classe	3
Confiance	0-42-58-0-0

Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



Am Bb

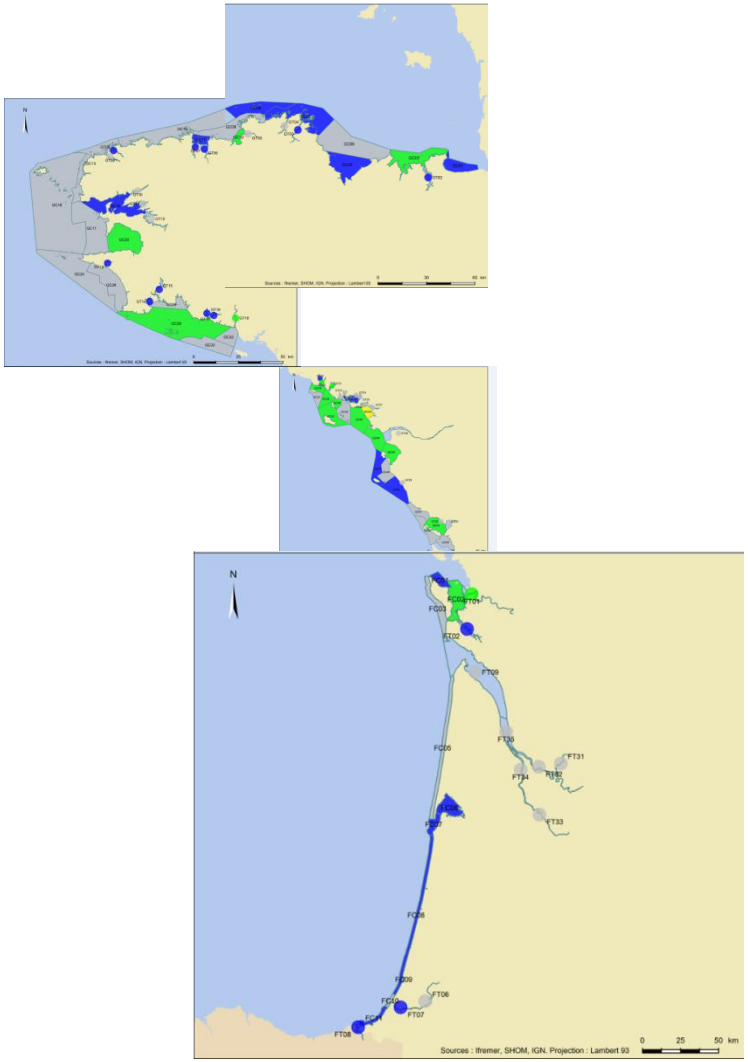
FRHC15 – Cote Fleurie

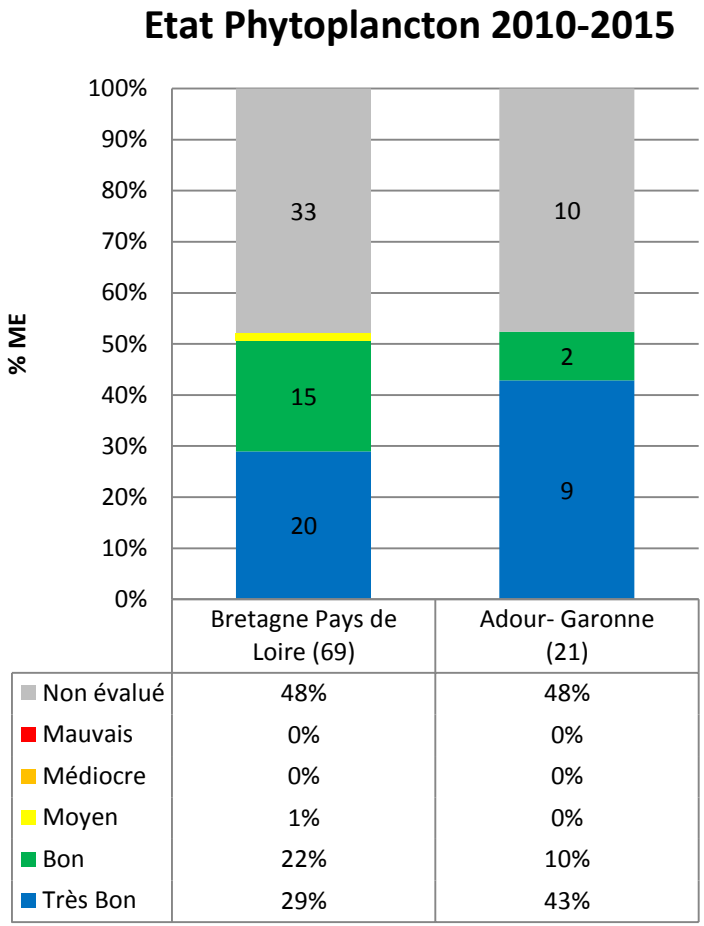
Biomasse	N	48 (48)
	Indice	9.6
	Grille de l'indice	(5 - 10 - 20 - 40)
	EQR [IC]	0.35 [0.27;0.43]
	Grille	(0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67)
	Classe	2
	Confiance	0-64-36-0-0

Abondance	N	72 (72)
	Indice	44.4
	Grille de l'indice	(20 - 39 - 70 - 90)
	EQR [IC]	0.38 [0.32;0.46]
	Grille	(0.19 - 0.24 - 0.43 - 0.84)
	Classe	3
	Confiance	0-12-88-0-0

Evaluations indicateur phytoplancton

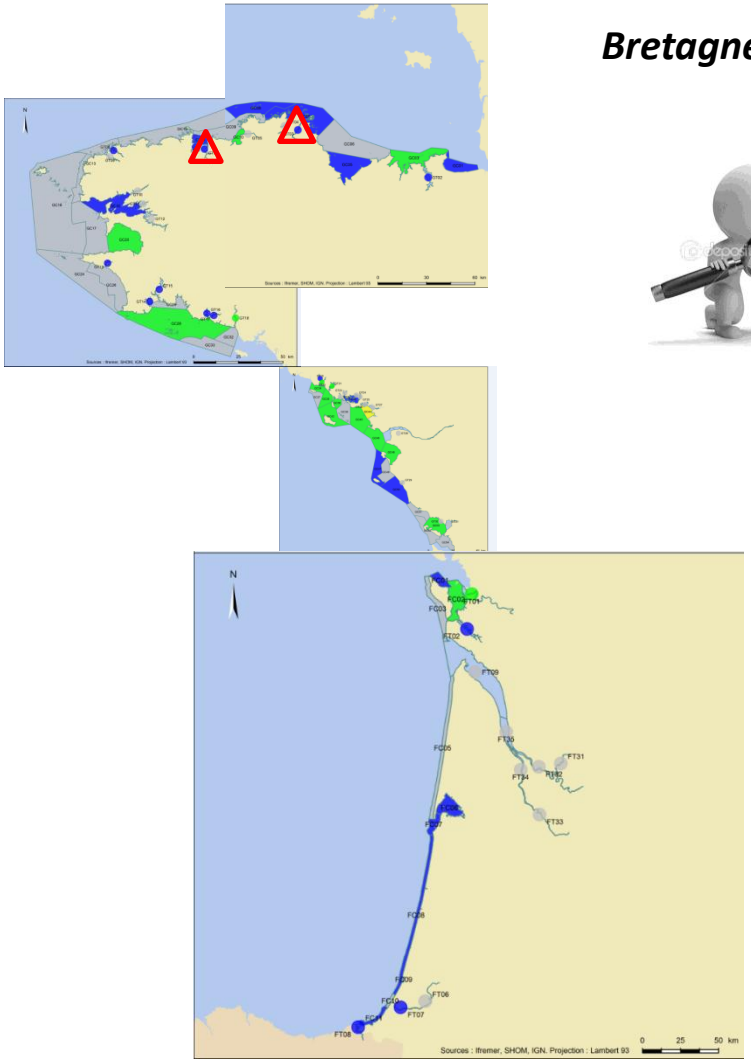
Données 2010-2015





Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



Bretagne Nord: Bon et TBE des METC

FRGT03 : Point Pont de Lézardrieux : 29 valeurs

FRGT06 : Point Chenal aval Locquenolé Dourduff

Réhabilité en 2014 => 22 valeurs

Biomasse

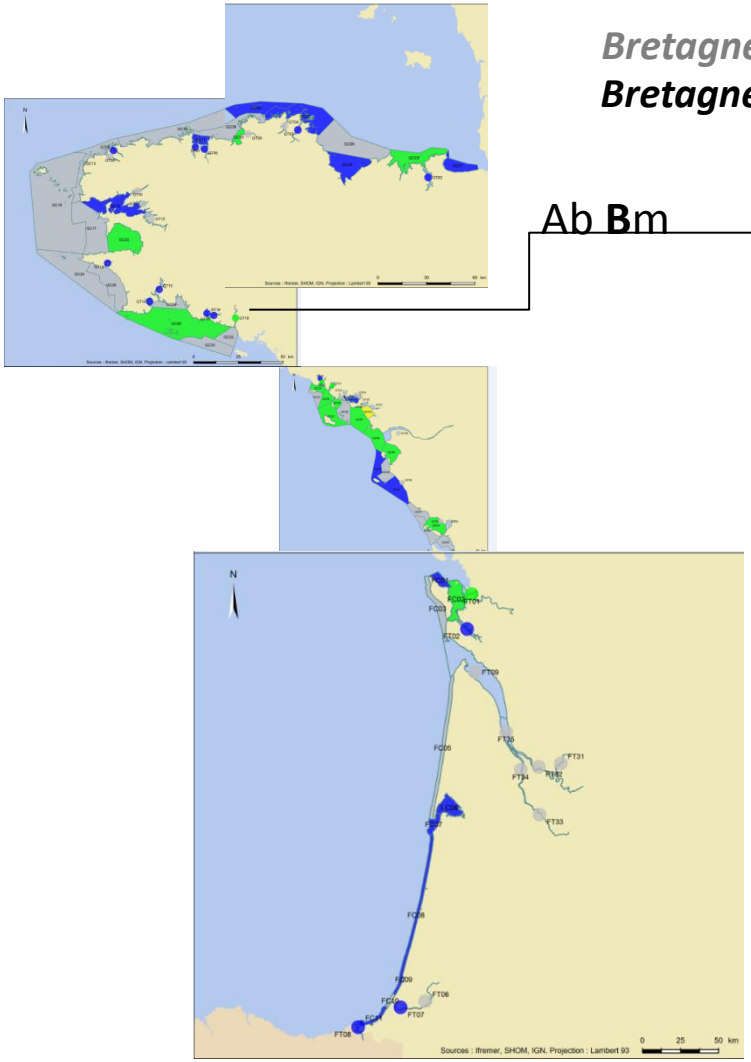
N	15 (48)
Indice	2.1
Grille de l'indice	(5 - 10 - 20 - 40)
EQR [IC]	1 [1;1]
Grille	(0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67)
Classe	1
Confiance	100-0-0-0-0

Abondance

N	18 (72)
Indice	5.6
Grille de l'indice	(20 - 39 - 70 - 90)
EQR [IC]	1 [1;1]
Grille	(0.19 - 0.24 - 0.43 - 0.84)
Classe	1
Confiance	100-0-0-0-0

Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



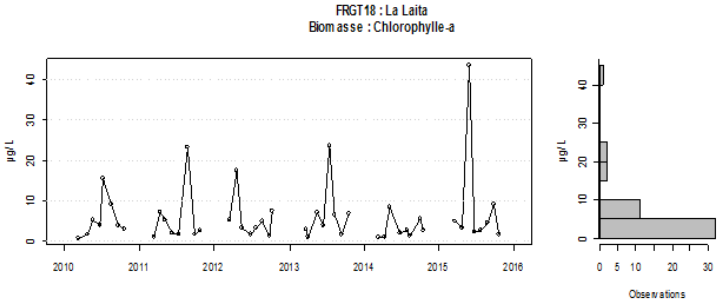
Bretagne Nord: Bon et TBE des METC

Bretagne Ouest: Bon et TBE des METC pour les 2 métriques

Ab **B**m Sauf **FRGT18 – La Laita**

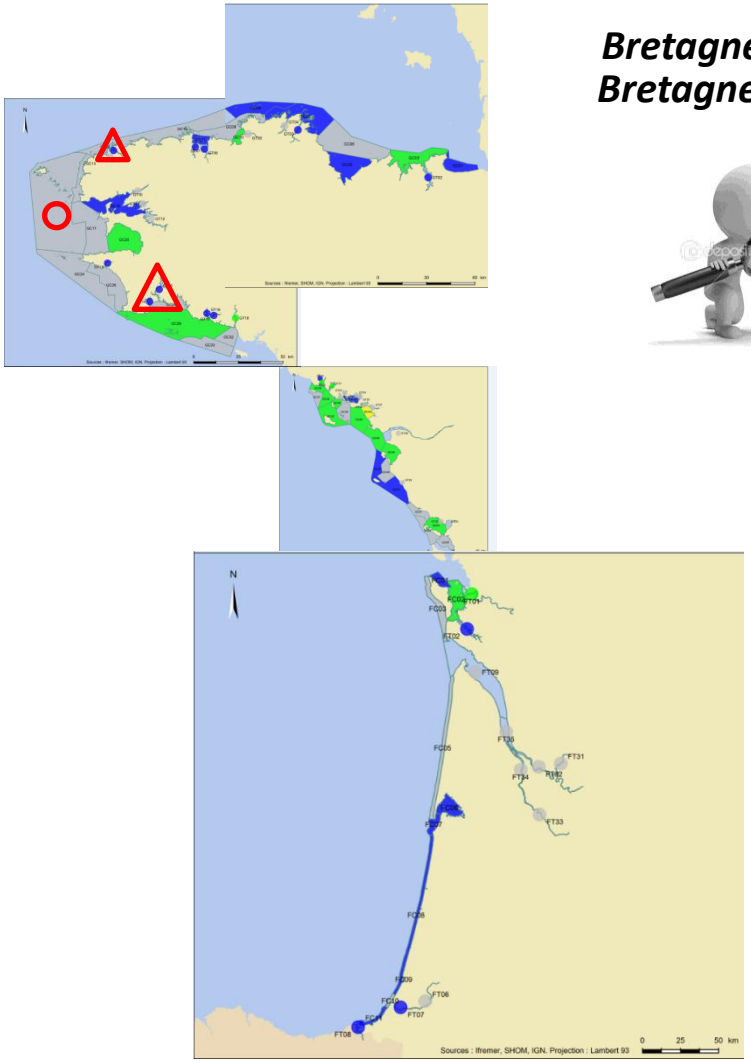
Biomasse	
N	48 (48)
Indice	10.3
Grille de l'indice	(5 - 10 - 20 - 40)
EQR [IC]	0.32 [0.14;0.48]
Grille	(0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67)
Classe	3
Confiance	0-46-48-6-0

Abondance	
N	72 (72)
Indice	30.6
Grille de l'indice	(20 - 39 - 70 - 90)
EQR [IC]	0.55 [0.43;0.8]
Grille	(0.19 - 0.24 - 0.43 - 0.84)
Classe	2
Confiance	2-96-2-0-0



Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



Bretagne Nord: Bon et TBE des METC
Bretagne Ouest:

FRGC18 - Iroise: pas d'évaluation (Ao Bn)
FRGT08 - L'Aber Wrac'h/ Aval Moulin de l'Enfer

Réhabilité en 2014 => 16 valeurs

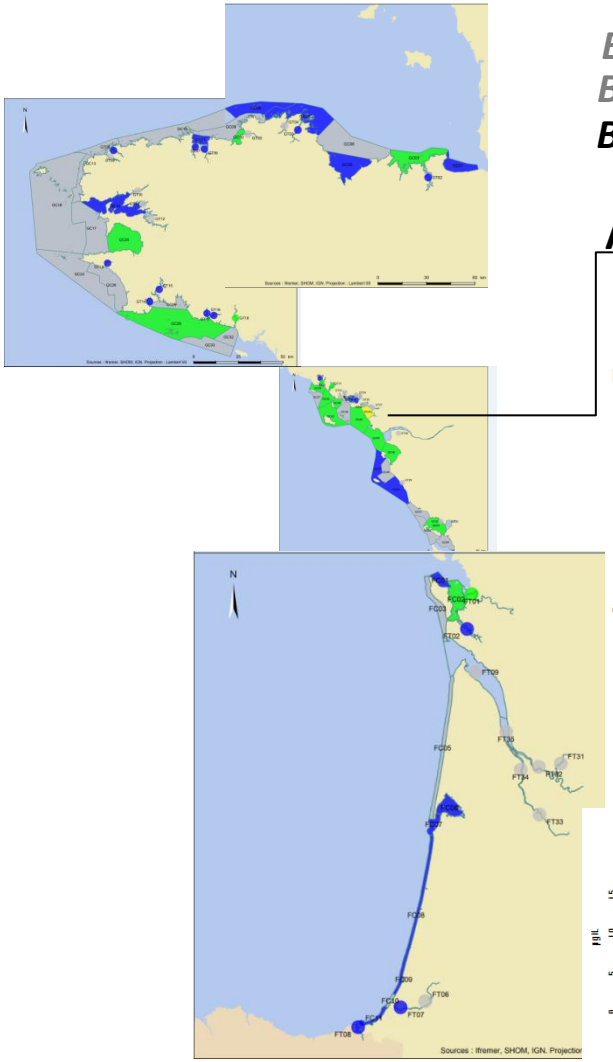
FRGT14 - Riviere de Pont-l'Abbe

FRGT15 - L'Odet

Réhabilité en 2014 => 16 et 15 valeurs *respectivement*

Evaluations indicateur phytoplancton

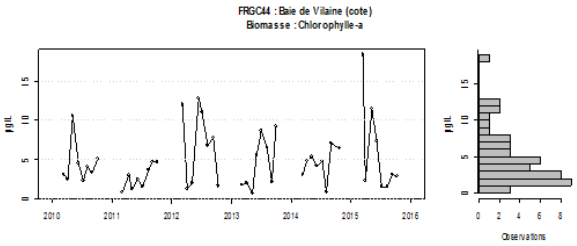
Données 2010-2015

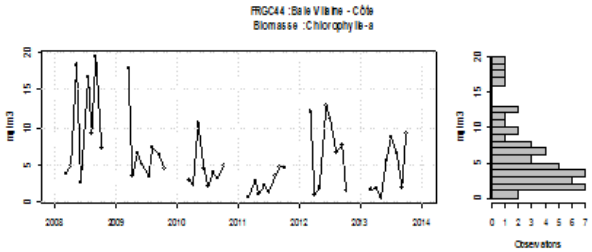


Bretagne Nord: Bon et TBE des METC
Bretagne Ouest: Bon et TBE des METC
Bretagne Sud et Loire : Bon et TBE des METC

Am Bm Sauf **FRGC44 - Baie de Vilaine (cote)**

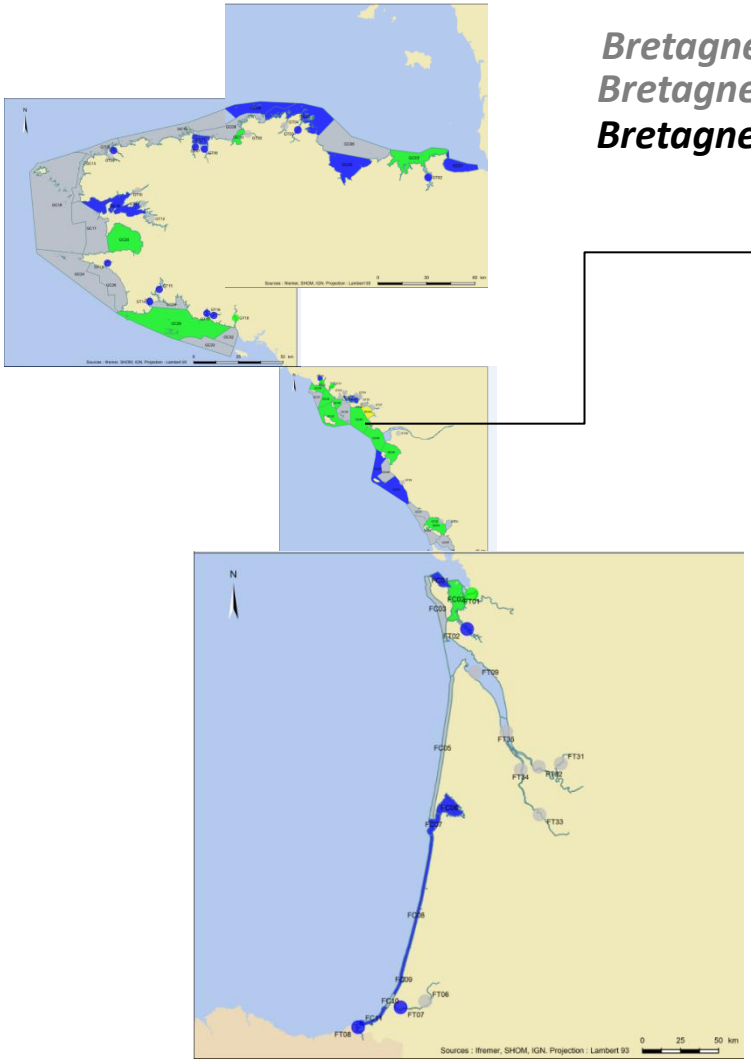
	2010-2015		***2008-2013***	
Biomasse	N	48 (48)	N	48 (48)
	Indice	10.7	Indice	12.3
	Grille de l'indice	(5 - 10 - 20 - 40)	Grille de l'indice	(5 - 10 - 20 - 40)
	EQR [IC]	0.31 [0.27;0.46]	EQR [IC]	0.27 [0.19;0.38]
	Grille	(0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67)	Grille	(0.08 - 0.17 - 0.33 - 0.67)
	Classe	3	Classe	3
	Confiance	0-42-58-0-0	Confiance	0-13-87-0-0
Abondance	N	72 (72)	N	72 (72)
	Indice	44.4	Indice	55.6
	Grille de l'indice	(20 - 39 - 70 - 90)	Grille de l'indice	(20 - 39 - 70 - 90)
	EQR [IC]	0.38 [0.32;0.46]	EQR [IC]	0.3 [0.26;0.35]
	Grille	(0.19 - 0.24 - 0.43 - 0.84)	Grille	(0.19 - 0.24 - 0.43 - 0.84)
	Classe	3	Classe	3
	Confiance	0-12-88-0-0	Confiance	0-0-100-0-0





Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



Bretagne Nord: Bon et TBE des METC
Bretagne Ouest: Bon et TBE des METC
Bretagne Sud et Loire : Bon et TBE des METC

Sauf **FRGC44 - Baie de Vilaine (cote)**

2008-2013

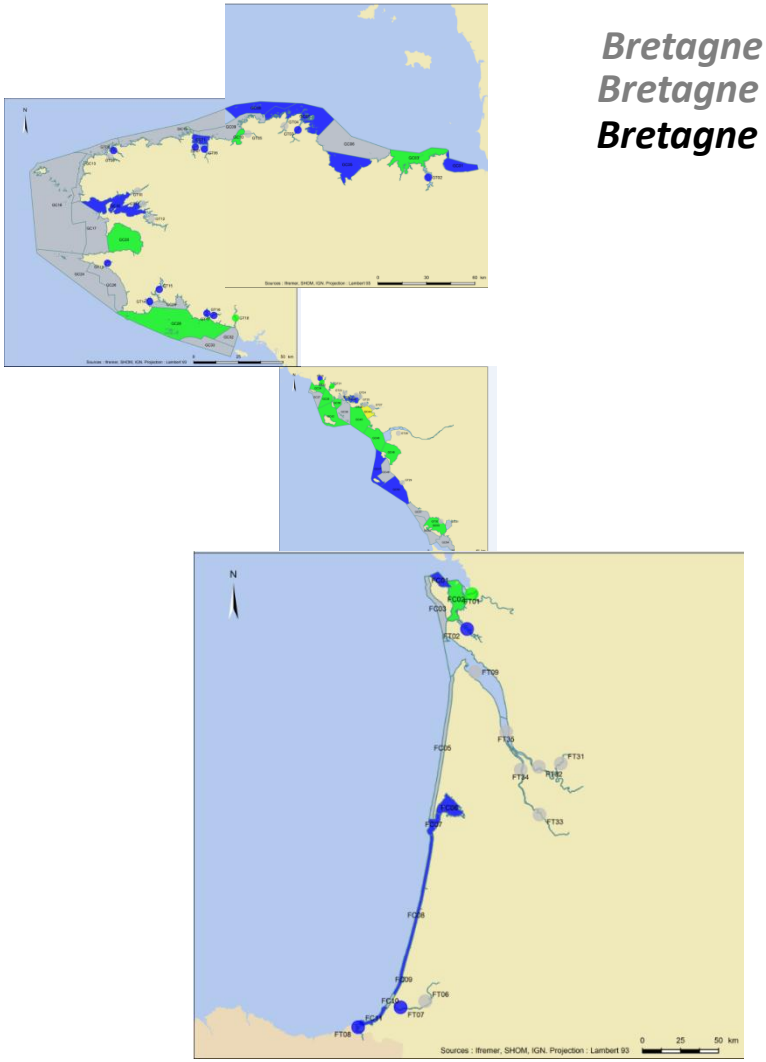
Phytoplancton		
	EQR [IC]	0.29 [0.23;0.35]
	Grille	(0.13 - 0.2 - 0.38 - 0.75)
	Classe	3
	Confiance	0-0-100-0-0

2010-2015

EQR [IC]	0.34 [0.31;0.43]
Grille	(0.13 - 0.2 - 0.38 - 0.75)
Classe	3
Confiance	0-23-77-0-0

Evaluations indicateur phytoplancton

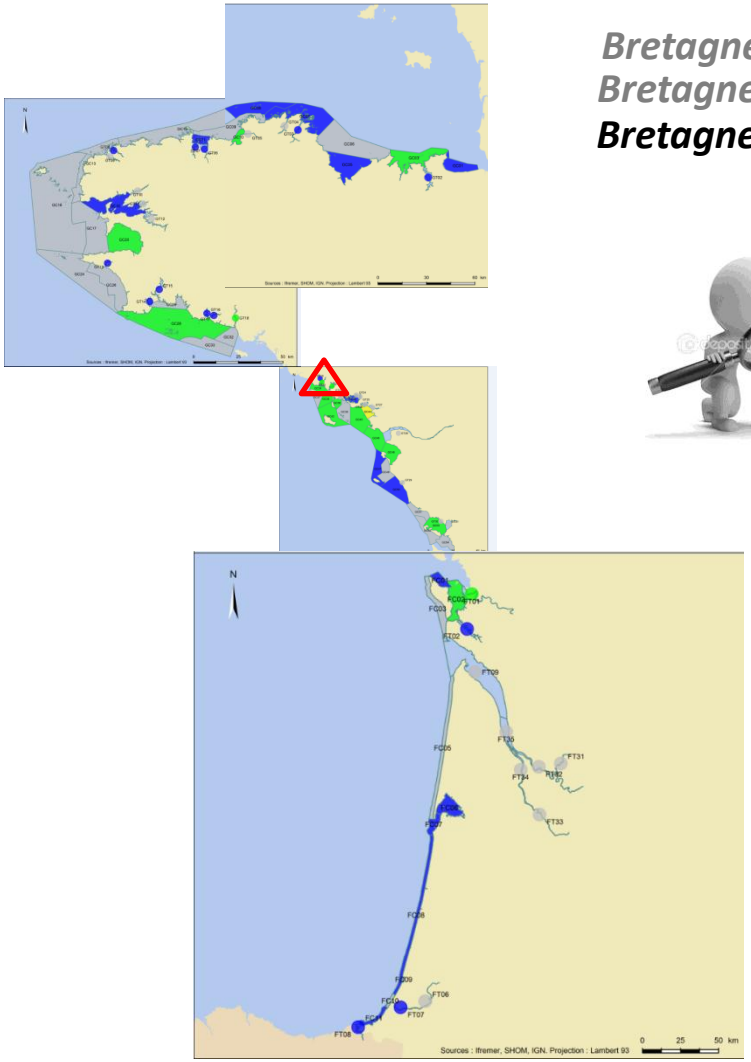
Données 2010-2015



Bretagne Nord: Bon et TBE des METC
Bretagne Ouest: Bon et TBE des METC
Bretagne Sud et Loire : Bon et TBE des METC

Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



Bretagne Nord: Bon et TBE des METC
Bretagne Ouest: Bon et TBE des METC
Bretagne Sud et Loire :

FRGT19 - Le Scorff

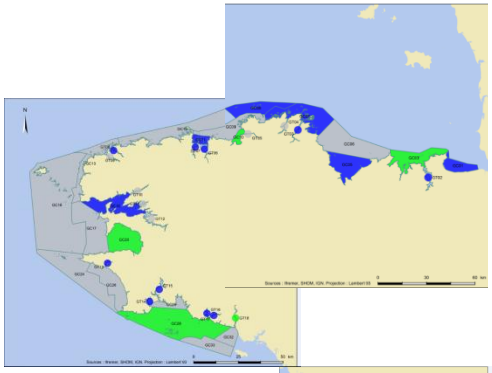
FRGT20 - Le Blavet

FRGT21 - Rivière d'Etel

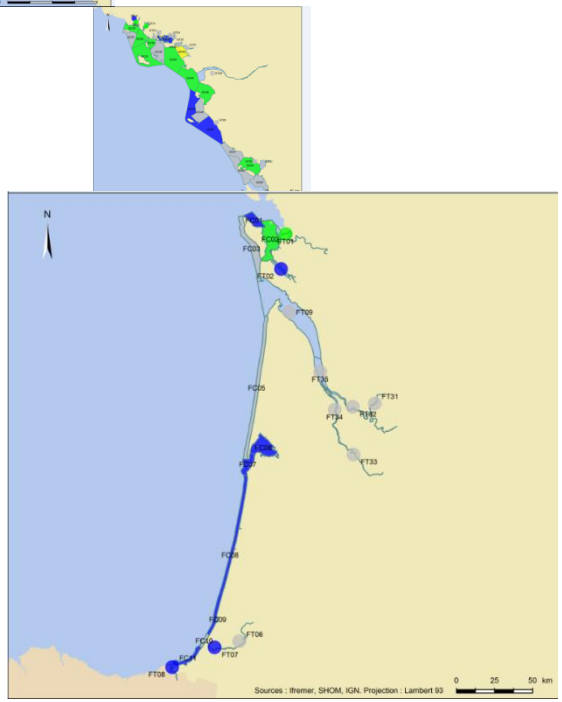
reclassées NON turbide en 2014 => 16 valeurs

Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



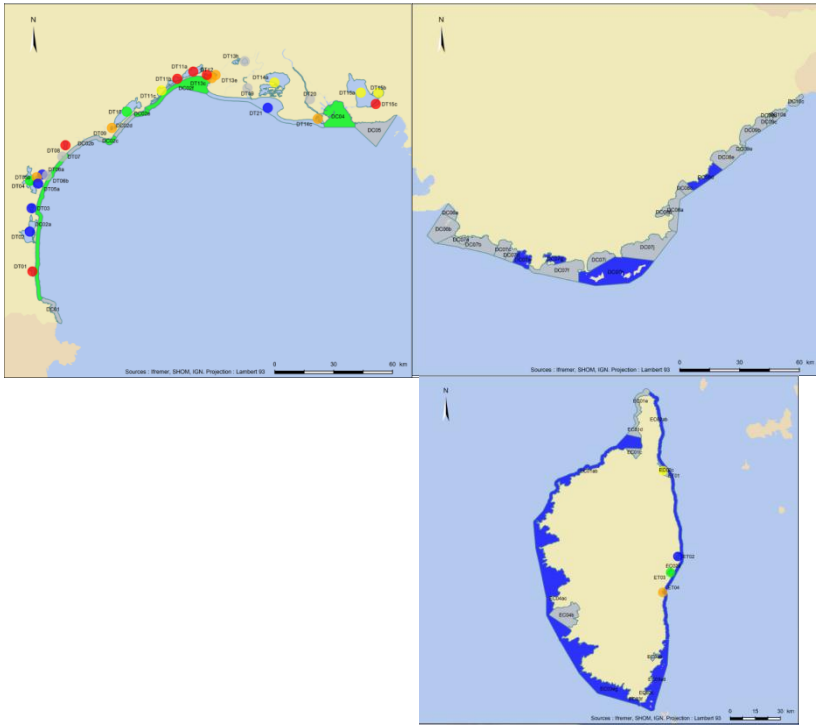
Bretagne Nord: Bon et TBE des METC
Bretagne Ouest: Bon et TBE des METC
Bretagne Sud et Loire : Bon et TBE des METC

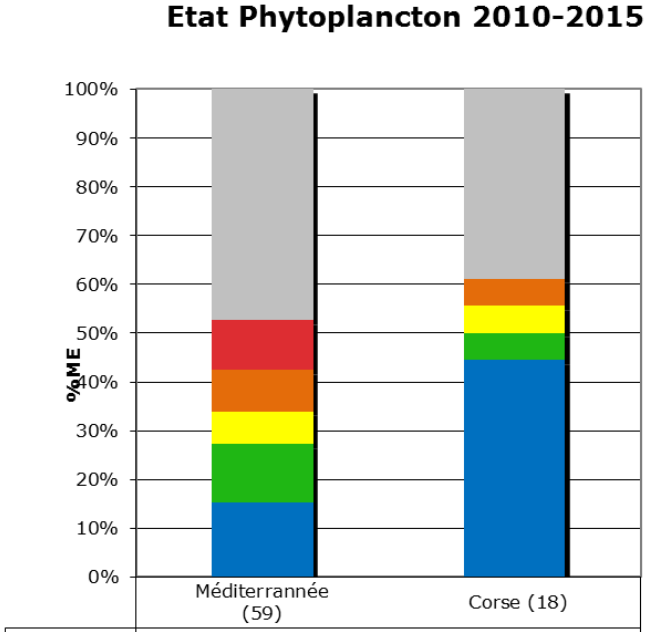


Adour- Garonne: Bon et TBE des METC

Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015

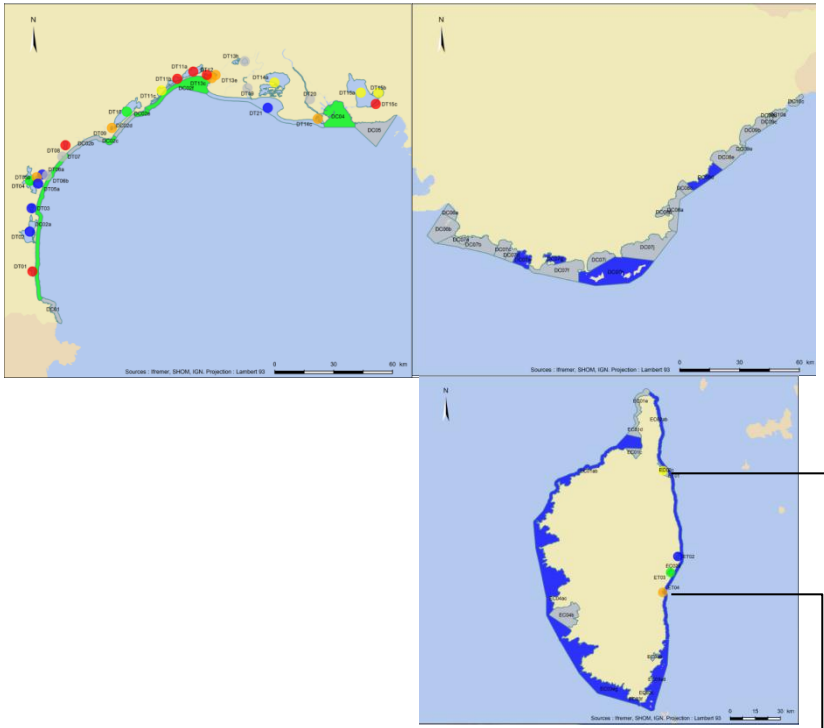


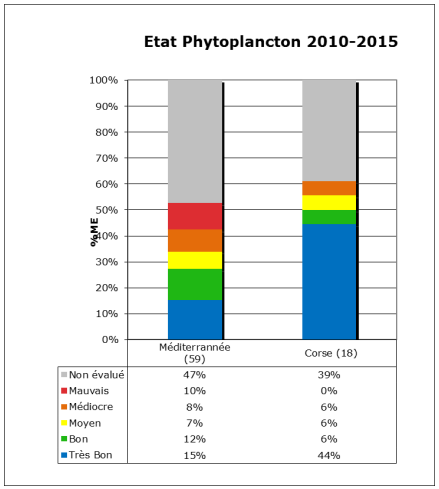


	Méditerrannée (59)	Corse (18)
Non évalué	47%	39%
Mauvais	10%	0%
Médiocre	8%	6%
Moyen	7%	6%
Bon	12%	6%
Très Bon	15%	44%

Evaluations indicateur phytoplancton

Données 2010-2015



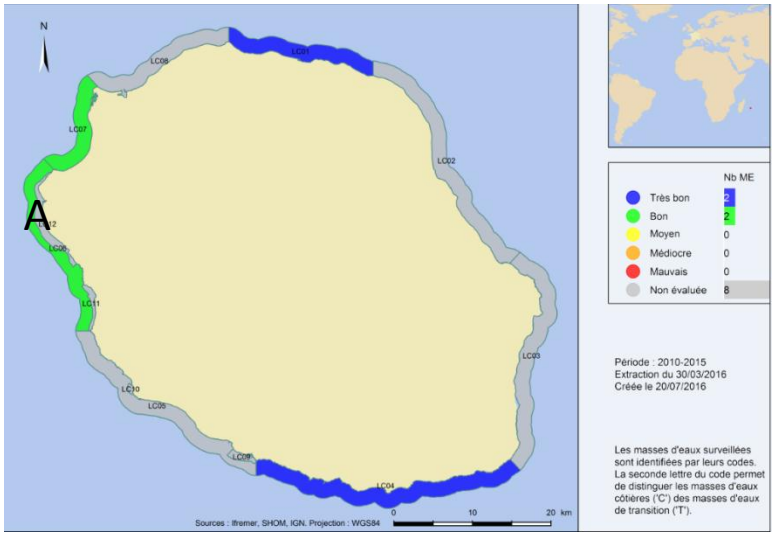


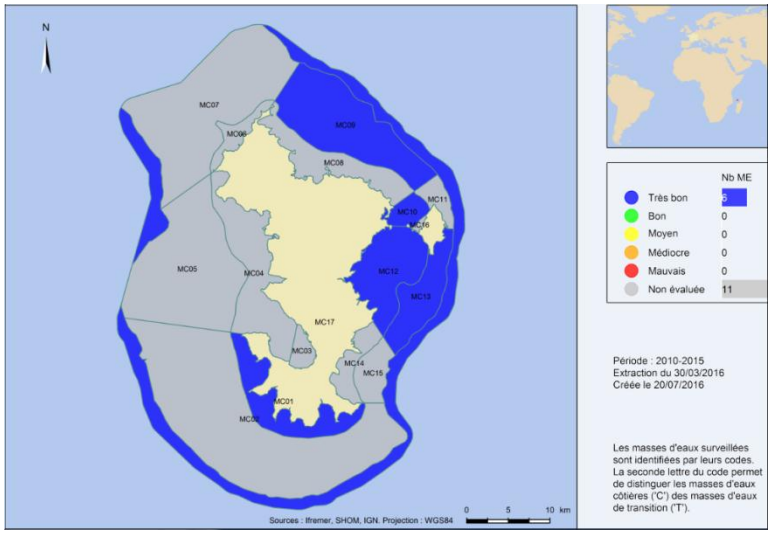
Med Ouest : MEC en Bon ou TBE
Etangs/Lagunes…
Med Est : TBE

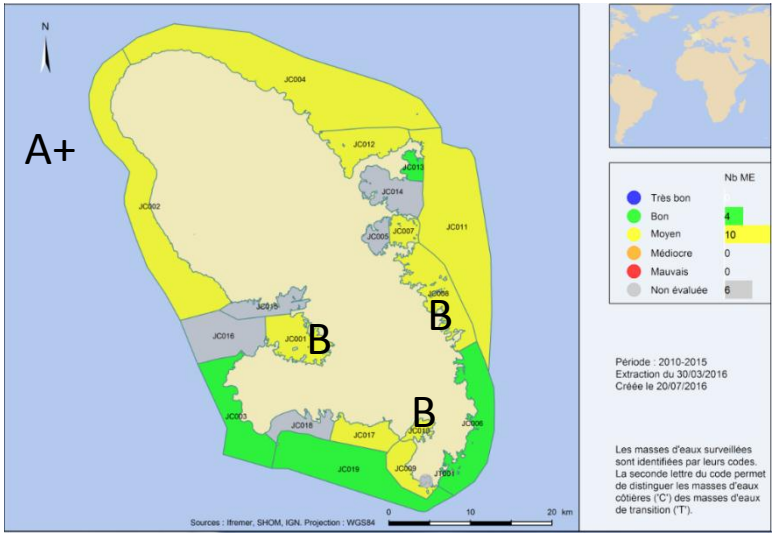
Ame Bm **FRET01 – Etang de Biguglia**

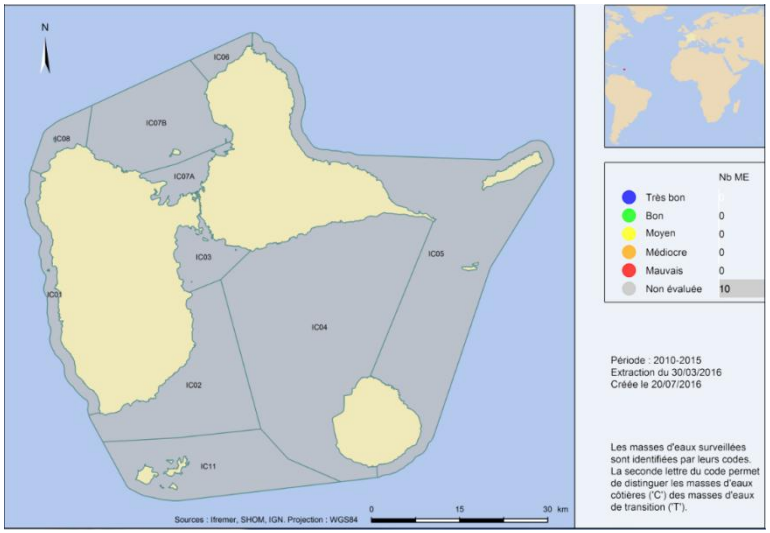
Am Bme FRET04 - Etang de Palu

Evaluations indicateur phytoplancton



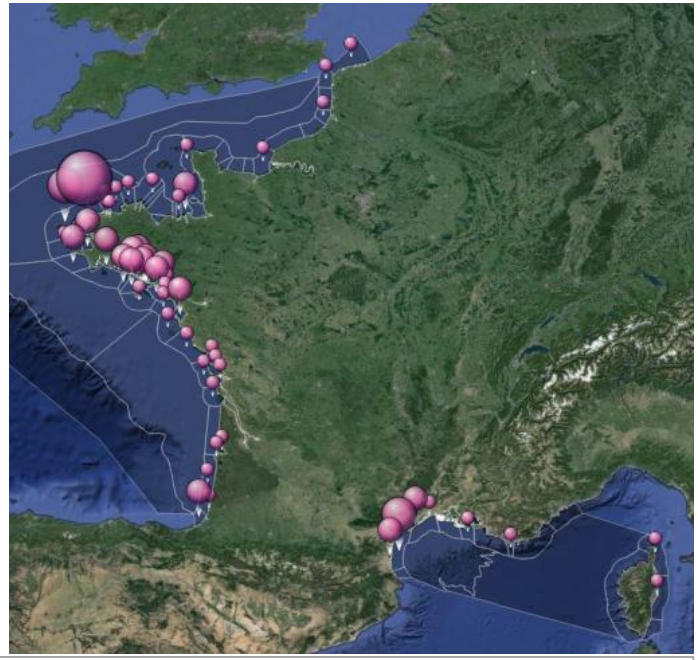






Disponibilité et accessibilité des produits de synthèse

- Exemple des **ParamMaps** : max par an et par zone pour un taxon phyto => 20-30 taxons supplémentaires



http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/parammaps/phytoplancton/

Disponibilité et accessibilité des produits de synthèse

- Exemple des **ParamMaps**
- Production automatique de car
  et d'une fiche par masse d'eau

Point(s) contributif(s)

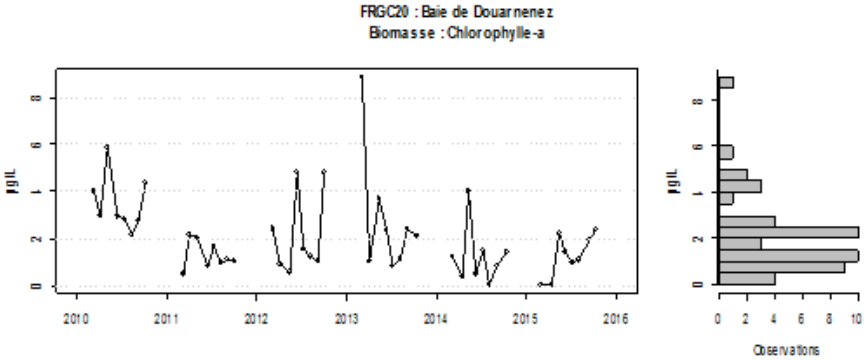
Biomasse

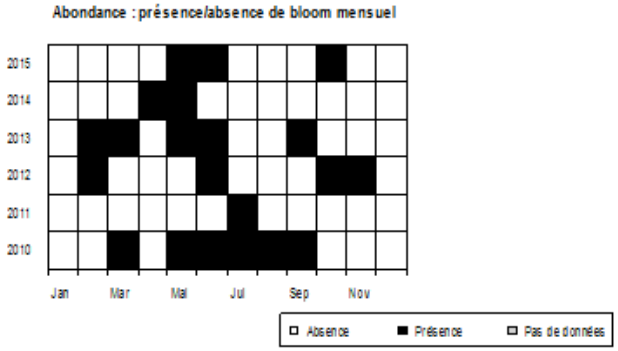
Mnemo point	Libellé point	Nombre de mesures utilisées	Statut
040-P-017	Kervel large	48	DCE

Abondance

Mnemo point	Libellé point	Nombre de mesures utilisées	Statut
040-P-017	Kervel large	72	DCE

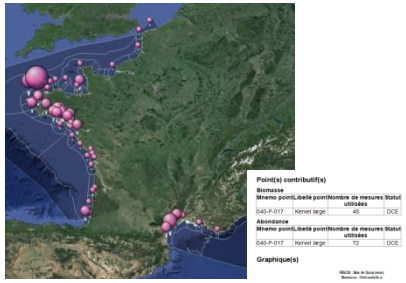
Graphique(s)





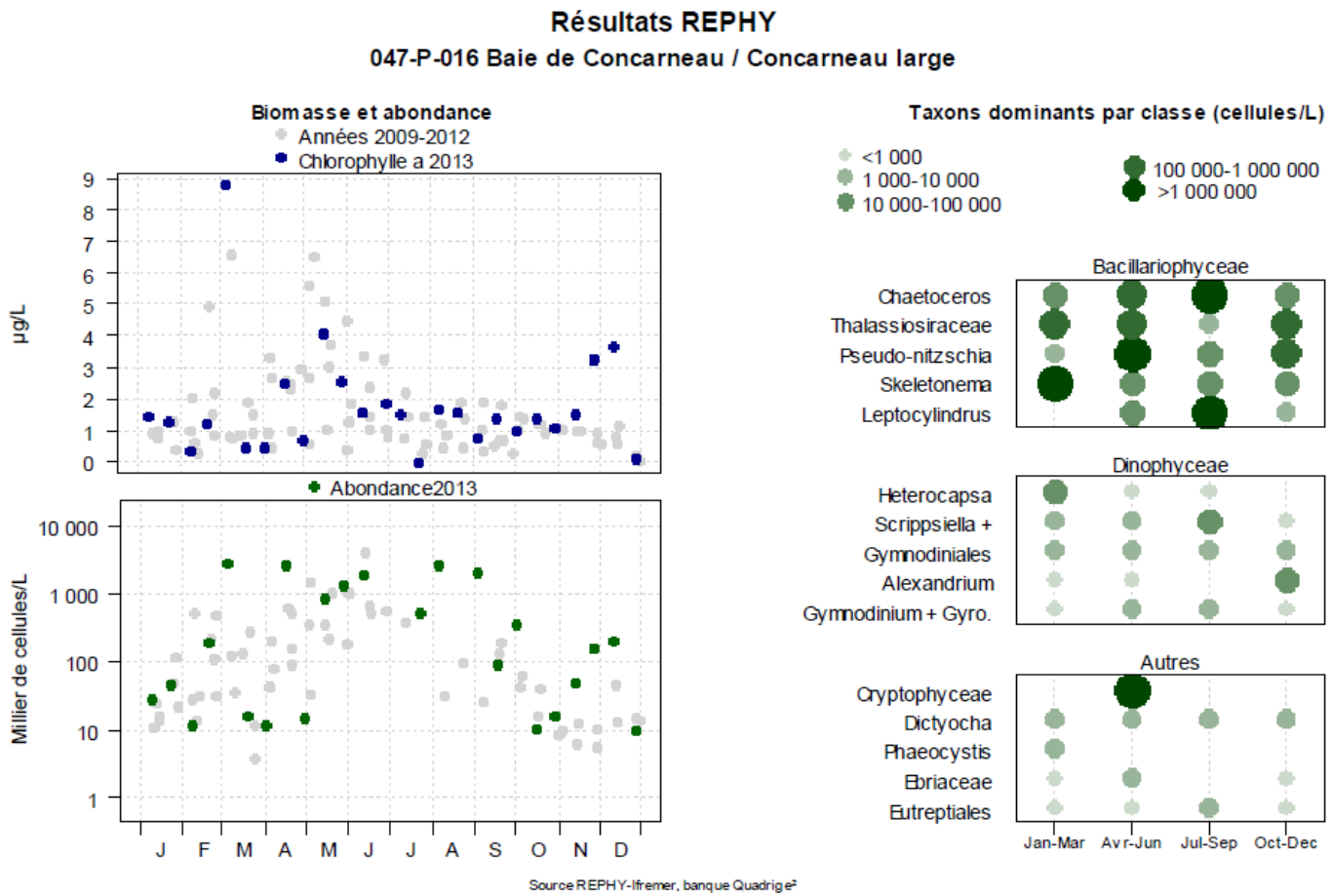
Disponibilité et accessibilité des produits de synthèse

- Exemple des **ParamMaps**



- Production a[illegible] et d'une fich[illegible]

- **Bulletins** de [illegible] abondance t[illegible]



Merci de votre attention !

Crédit photo: Nadine Neaud Masson

Approche du compartiment phytoplanctonique par mise en place des analyses de pigments (HPLC)

Utilisation pour la définition un indice de composition pour la DCE

L.Lampert, F.Menet, C.Belin, D. Delmas, A.Lefebvre, C.Blondel, G.Courtay, L.M'Zari, J.Cheve, A.Legendre, F.Dagault, A.Terre-Terrillon, A.Duval, N.Cochennec, M.Retho

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

Approche du compartiment phytoplanctonique par mise en place des analyses de pigments (HPLC)

Utilisation pour la définition un indice de composition pour la DCE

L.Lampert, F.Menet, C.Belin, D. Delmas, A.Lefebvre, C.Blondel, G.Courtay, L.M'Zari, J.Cheve, A.Legendre, F.Dagault, A.Terre-Terrillon, A.Duval, N.Cochennec, M.Retho

PIGMENTS PHYTOPLANCTONIQUES

TECHNIQUE HPLC

CHEMOTAXONOMIE

CHEMOTAXONOMIE **MICROSCOPE**

ALGUES BRUNES

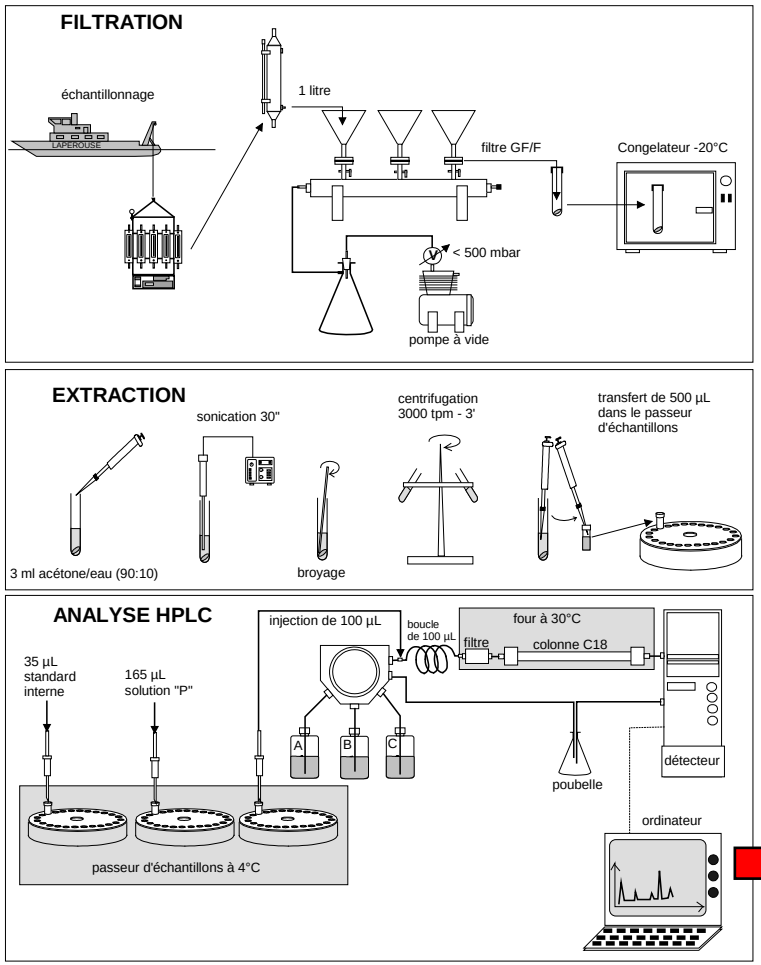
DIVISION	CLASSE	ORDRE	FAMILLE	GENRES	N° Sp	TAILLE µm
CHRYSOPHYTA	Chrysophyceae	Dichtyocales (silicoflagellés)		Dictyocha	Environ 1000	20-100
		Parmales (siliceuses)		Tetraparma		2 - 5
	Raphidophyceae	Raphidomonadales (Chloromonades)		Chatonella Fibrocapsa Heterosigma	9	30 - 100
	Pelagophyceae			Pelagococcus Aureococcus Pelagomonas		2 - 3
HAPTOPHYTA	Prymnesiophyceae	Prymnesiales	Phaeocystaceae	Phaeocystis	500	5 - 20
		Isochrysidales	Gephyrocapsaceae	Gephyrocapsa Dicrateria Imantonia Parachrysidalis		
			Isochrysidaceae	Isochrysis		
		Pavlovales	Pavlovaceae	Pavlova		
		Coccosphaerales	11 Familles	Emiliania Coccolithus Umbellosphaera Calcopappus		
BACILLARIOPHYTA	Sous-classe des Centrophyceae	Coscinodiscales Rhizosoleniales Biddulphiales		Coscinodiscus Rhizosolenia Biddulphia	5000/10000	5 - 200
	Sous-classe des Pennatophyceae	Diatomales Eutoniales Achnatales Naviculales		Navicula		
DINOPHYTA (PHYRROPHYTA)	Dinophyceae	Dinophysidae		Dinophysis	4000	
		Gonyaulacales		Gaunyaulax		
		Gymnodiniales		Gymnodinium		
		Noctilucales		Noctiluca		
		Oxyrrhinales		Oxyrrhis		
		Peridiniales		Heterocapsa		
		Pfiesteriales		Pfiesteria		
		Prorocentrales		Prorocentrum		
CRYPTOPHYTA			Cryptomonadiaceae	Chroomonas Cryptomonas Rhodomonas Guillardia Rhinomonas	> 50	6 - 20
			Goniomonadiaceae			
			Hemiselmisadiaceae			
			Teleaulaxadiaceae			
EUSTIGMATOPHYTA				Nannochloropsis	12	< 12

CHEMOTAXONOMIE

- Perte spécificité

+ Accès au nano et picophytoplancton

Chémotaxonomie pigmentaire et biomarqueurs

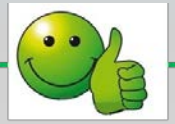


Matrice pigmentaire

st	C3	c2+c1	peri	19BF	fuco	19HF	prasi	viola	allo	zea	Chl b	Chl a
1	68.4	172.9	0	0	89.3	261	0	0	27	0	160	832
2	0	121	0	9.6	87	67	46	12	43	21	171	702
5	32	160	0	22	110	120	55	19	50	22.5	215	851
6	109.3	290	0	28	133.1	521.6	51.8	33.7	41	0	179	1301
7	39.6	228.8	0	15.2	194.5	144.1	63.8	11.7	39.3	0	203	1123
8	61.4	198.4	0	22	71.9	278.9	30.1	9.3	50.3	0	119	908
9	44.5	185	24.2	22.2	92.5	195.5	28	10.8	68.2	0	163	1006
15	23.7	102.4	0	0	65.5	113.8	27.3	9.9	35.6	30.8	107	580
16	38.1	156.5	19.5	16.8	83.8	148	43.3	13.8	69.1	27.4	141	831
23	0	276.3	38.3	20.8	108.2	107.3	0	0	155	22.3	104	1330
26	28.5	163.4	17.9	11.4	123	106.2	118.7	22	47.8	12.8	396	1188
27	114	565.4	154.5	60.4	480.1	627.1	162.4	51.1	78.9	13.7	503	3133
28	108.7	393.1	0	23.5	275.7	561.2	151.2	40.7	60.8	29.7	473	2278
29	13.4	177.9	17.5	18.3	102.3	131.3	135.1	27.9	69.4	20.6	456	1319
30	0	194.6	0	0	107.2	94.9	162.4	57	105.7	25.6	552	1490
31'	39.1	265.8	54.9	161.5	40.9	334	67.3	21.5	91.9	34.9	241	1528
32'	0	131.7	0	0	68.3	112.9	47.9	20.2	53.6	35.7	172	785
33	117.2	459.4	38.9	40.9	369.5	350.5	227	58.3	156.3	17.4	712	2588
34	0	69	0	0	45.3	72.3	47.3	10.5	23.6	42.2	142	523
35	73.1	347.1	32	33.9	284.7	309.9	125.7	29.7	128.9	15.5	426	1928
36'	97.8	269.4	0	0	186.7	338.5	0	0	84.8	0	147	1236
39	31.2	211.3	20.7	25.7	201.9	104.3	128.7	24.7	61.7	22.9	407	1384
40	84.2	303.6	0	0	223.3	413.5	0	0	111.5	0	102	1479
41	33.5	207.2	0	18.7	146.4	149.9	81	22.6	57.2	0	212	994
42	39.1	149.6	0	0	99.9	206.2	33.3	13	21.2	0	92	666
43	64.1	196.4	0	0	115.8	243.2	55.6	0	49.3	0	221	1011
44	0	123.3	27.5	21.7	96	77.1	57	0	28.5	20.5	180	730
46	40.3	227	0	14	165	270.1	47.7	20.1	28.8	0	134	972
47	65.8	231.9	0	27.1	142.2	293.6	50.8	21.8	30.6	0	195	1073

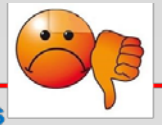
Chémotaxonomie pigmentaire et biomarqueurs

PIGMENT	MESSAGE TAXONOMIQUE
Chlorophylles	
Chl*a*	**Biomasse autotrophe totale** moins prochlorophycées
DV-chl*a*	**Prochlorophycées**
Chl*b*	**Algues vertes** : chlorophycées, prasinophycées, euglénophycées
DV-chl*b*	Prochlorophycées
Chl*c* totale	Chromophycées
Chl*c1*	Diatomées, quelques prymnésiophycées, raphidophycées
Chl*c2*	Diatomées, dinoflagellés, prymnésiophycées, raphidophycées, cryptophycées
Chl*c3*	Quelques prymnésiophycées, une chrysophycée, plusieurs dinoflagellés et diatomées
Caroténoïdes	
Allo	**Cryptophycées**
19BF	Qqs. prymnésiophycées, **pélagophycées**, **chrysophycées**, dinoflagellés
Fuco	**Diatomées**, prymnésiophycées, chrysophycées, raphidophycées, qqs. dinoflagellés
19HF	**Prymnésiophycées**, dinoflagellés
Lut	Algues vertes : **chlorophycées**, prasinophycées
Neo	Algues vertes : **chlorophycées**, **prasinophycées**, euglénophycées
Peri	**Dinoflagellés**
Prasi	Quelques **prasinophycées**
Sipho	Plusieurs prasinophycées, une euglénophycée
Viola	Algues vertes : chlorophycées, prasinophycées, eustigmatophycées
Zea	**Cyanophycées**, prochlorophycées, rhodophycées, chlorophycées, eustigmatophycées
Dino	Dinoflagellés
DDX	Diatomées, dinoflagellés, prymnésiophycées, chrysophycées, raphidophycées, euglénophycées



Avantages

1) Bonne reproductibilité (écarts <5%)
2) Bonne résolution sur toutes les classes de taille
3) Bonne représentativité (environ 1 L filtré)
4) Rapidité d'exécution (environ 20-40 mn par échantillon)



Inconvénients

1) Impossibilité de déterminer l'espèce
2) Utilisation de rapports constants
3) Difficulté à connaître les rapports représentatifs
4) Manque de spécificité de certains biomarqueurs

Pour définir l'état d'une masse d'eau DCE :

- Etat chimique
- Etat écologique
  - ☆ Elément qualité Hydromorphologuique
  - ☆ Elément qualité Physico-chimique
  - ★ Eléments qualité biologiques

Indicateur Phytoplancton

- ➡ Indice de Biomasse (I_B)
- ➡ Indice d'Abondance (I_A)
- ➡ Indice de Composition (I_C)

La DCE exige que les futures évaluations de la qualité biologique comprennent aussi des indicateurs qui prennent en compte la **composition phytoplanctonique** à cause de la réactivité du phytoplancton aux changements de l'environnement.

Etude préliminaire de l'indice de composition pigmentaire Ic

Convention Onema/Ifremer 2013-2015

Action 3 : Définition d'un indice composition pour le phytoplancton à partir des données du micro-phytoplancton du REPHY et des réseaux régionaux, et des mesures complémentaires de la flore phytoplanctonique acquises avec des techniques novatrices.

- Manche-Atlantique : L.Lampert (Ifremer Dyneco/pelagos Brest)

  Lampert, Luis. 2014. « Test d'un Indice de composition pigmentaire pour les secteurs Atlantique et Manche (DCE) ». Scientifique et technique 2015-02. Brest: IFREMER. http://archimer.ifremer.fr/doc/00254/36556/.

- Méditerranée : A.Goffart (Stareso, Université de Liège)

  Goffart, Anne, et Bruno Andral. 2014. « Validation de l'indice composition IC MEDIT dans des masses d'eau côtières méditerranéennes caractérisées par un gradient croissant d'eutrophisation ». Scientifique et technique Action Indice Composition. Livrable n° B. ONEMA.

EN MANCHE-ATLANTIQUE

OBJECTIFS

- Réaliser une première évaluation de l'utilisation des pigments phytoplanctoniques en Atlantique et en Manche pour construire un indice de composition (au sens de la DCE)
- Estimer, à travers cet indice, le degré d'éloignement des points de suivi par rapport à un point « référence » et le placer dans une grille de qualité

METHODOLOGIE

- Utilisation des données pigmentaires des campagnes existantes pour calculer un indice de composition (Manche et Atlantique)
- Calcul des indices similarité de Bray-Curtis et de Kulczynski
- Confrontation avec indicateurs de pressions disponibles, essentiellement nutriments et biomasse chlorophyllienne

Matrices de distances ou similarités

Station	peri	fuco	allo	zea	19HF	chlb
St 1	12	20	4	0	1	1
St 2	25	35	7	2	1	0
St 3	0	0	1	54	25	36
St 4	*	*	*	*	*	*

Matrice pigmentaire

$$D1(x1, x2) = \sqrt{\sum_{j=1}^{p} (y1j - y2j)^2}$$

Théorème de Pythagore

	St1	St2	St3	St4
St1	0	0.1	0.9	*
St2		0	0.8	*
St3			0	*
St4				0

Existent des nombreux indices de similarité et distance dans la bibliographie

A et B = somme pigments/échantillon
W = Somme de minimums entre les deux échantillons

$$Bray - Curtis\ (BCSI) = S_{17} = \frac{2W}{A+B}$$

$$Kulczynski\ (KI) = S_{18} = \frac{1}{2}\left[\frac{W}{A} + \frac{W}{B}\right]$$

Legendre, Pierre, et Louis Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier Sience B.V. Developments in Environmental Modelling 20. Amsterdam: Elsevier.

ELSEVIER
Available online at www.sciencedirect.com
SCIENCE DIRECT®
Science of the Total Environment 361 (2006) 97–110
Science of the Total Environment
www.elsevier.com/locate/scitotenv

Combining HPLC pigment markers and ecological similarity indices to assess phytoplankton community structure: An environmental tool for eutrophication?

N.J. Sherrard [a,b], M. Nimmo [a], C.A. Llewellyn [b,*]

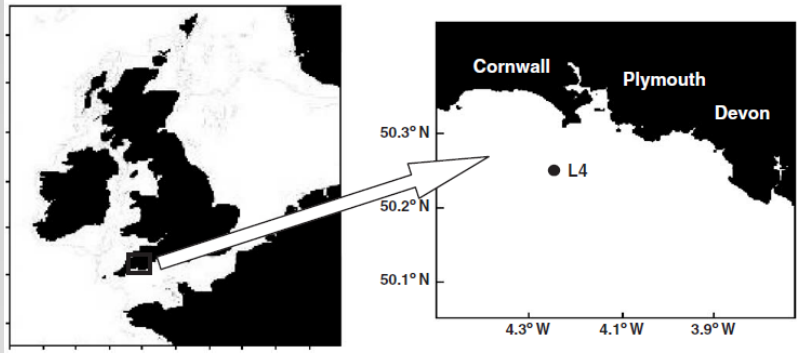
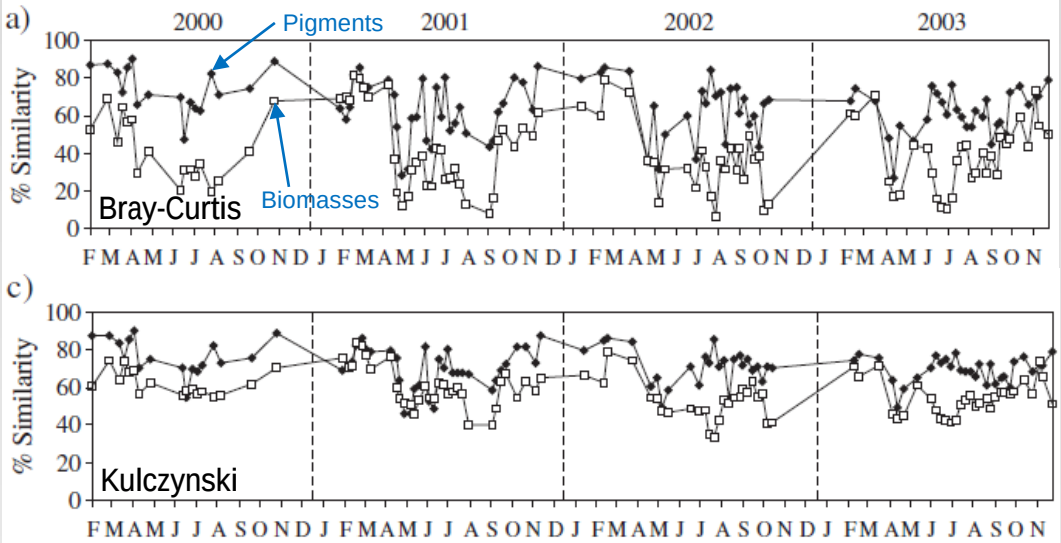


Fig. 1. Map showing the location of the study area. Modified from www.pml.ac.uk/L4/ (accessed 20/07/2004).



Etude sur série temporelle 2000-2003

Comparaison 6 indices similarité sur 3 matrices de données (pigmentaire, biomasses espèces [C] et biomasses classes [C].

Bon accord entre pigments et biomasses avec indices BCSI et KI

Les blooms sont également mis en évidence par les indices pigmentaires

Pas d'étude avec pressions

Pas de calcul sur réseau de stations

Test d'un Indice de composition pigmentaire pour les secteurs Atlantique et Manche (DCE)

Luis LAMPERT

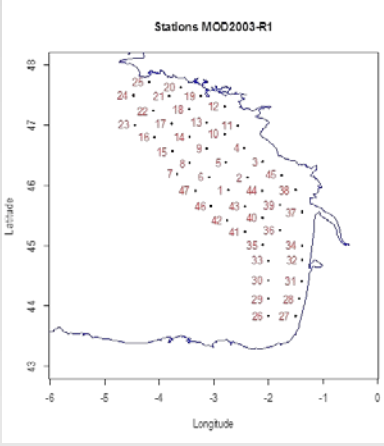
Décembre 2014 R.INT.DIR ODE/DYNECO/PELAGOS 2014-06

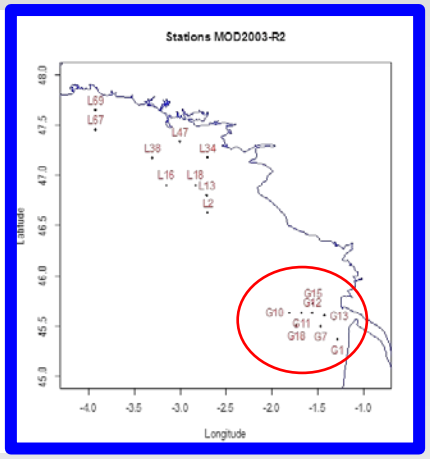
Deux chantiers d'opportunité avec des données pigmentaires

ATLANTIQUE

Campagne MODYCOT
2003 (Shom)

- Pigments
- Nutriments (pressions)
- Réseau régional R1
- Réseau local R2 (Gironde)

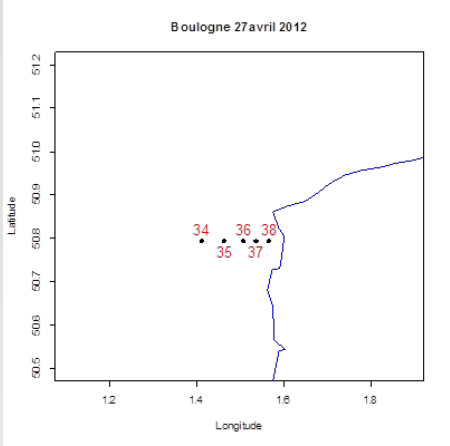


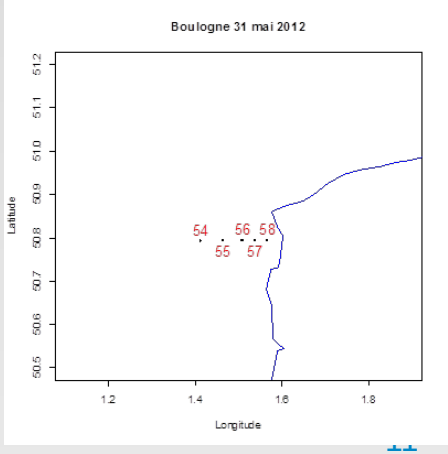


MANCHE

Campagne DYPHAMY 2012
Univ. Wimereux/Ifremer

- Pigments
- Biomasse chla (pressions)
- Échantillonnage 27 avril 2012
- Échantillonnage 31 mai 2012



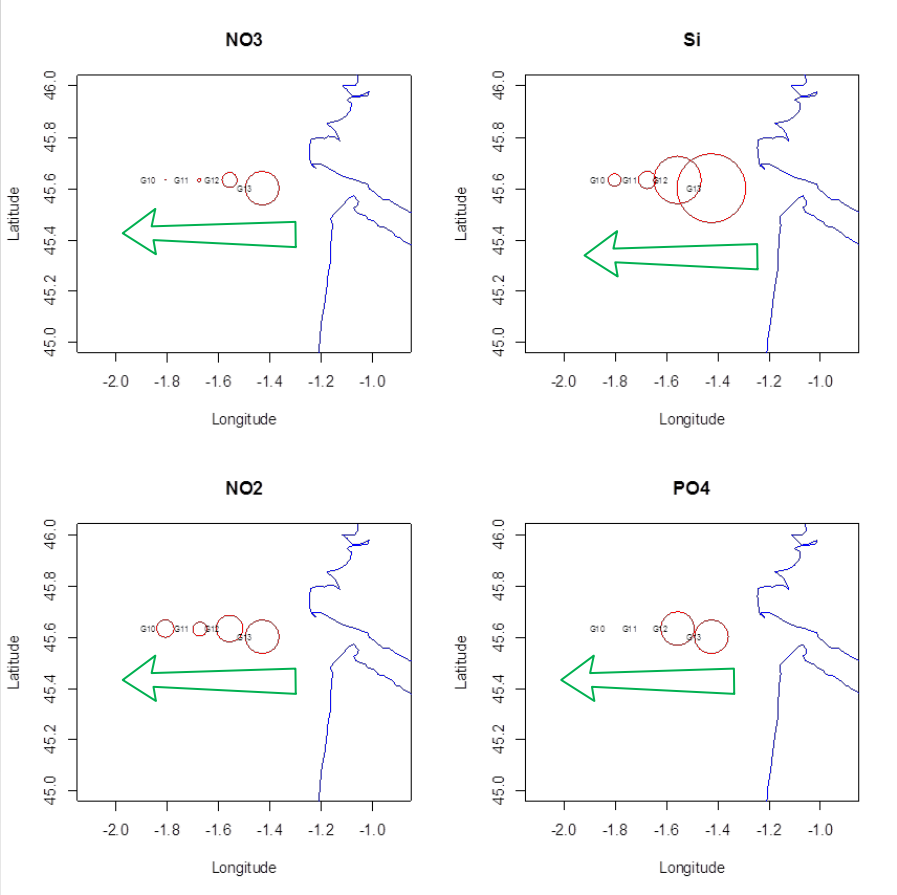


Indice de composition Atlantique

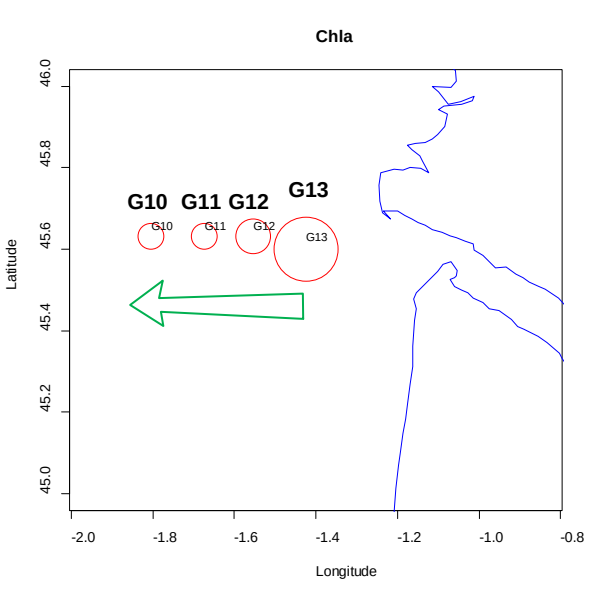
Radiale Gironde G10-G13

P r e s s i o n s

Nutriments



Biomasse chlorophyllienne



Pigments biomarqueurs retenus :
c3, c1c2, peri, 19BF, fuco, 19HF, prasi, allo et chlb

G10 => point « référence »

Indice de composition Atlantique

Radiale Gironde G10-G13

Valeurs indices

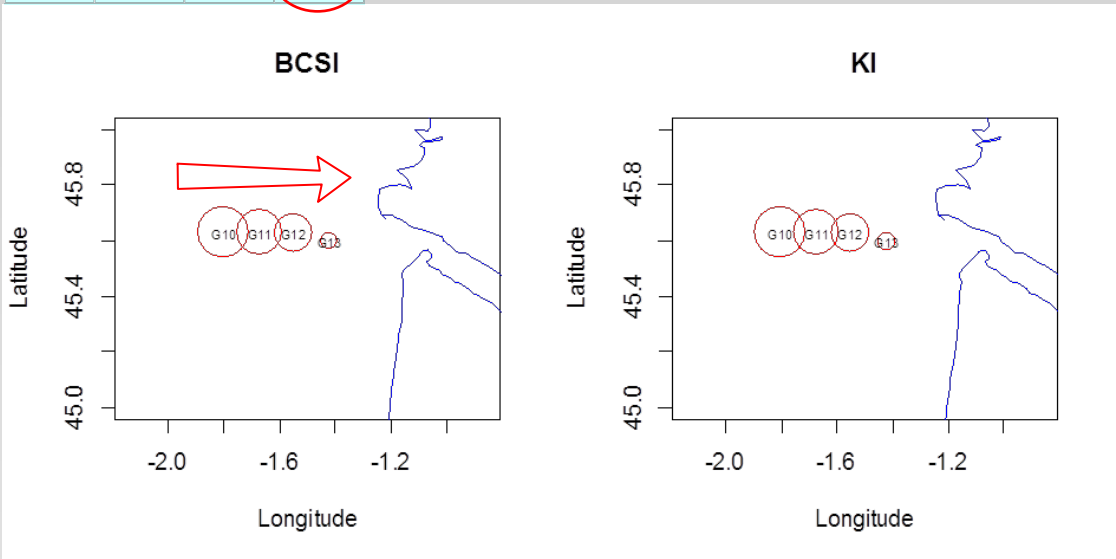
> BCSI

G10	G11	G12	G13
1	0.88	0.74	0.34

> KI

G10	G11	G12	G13
1	0.88	0.76	0.36

BCSI et KI = Indice de composition = I_{BCSI} et I_{KI}



L'indice BCSI est plus discriminant

Les deux indices suivent bien le gradient de pressions

Bonnes corrélations Indices-pressions

Corrélations Indices-pressions

	NO3	Si	NO2	PO4	turbi	chla	KI
Si	0.98						
NO2	0.95	0.97					
PO4	0.86	0.94	0.93				
turbi	0.98	0.93	0.91	0.76			
chla	0.97	0.92	0.91	0.74	1.00		
KI	-0.99	-0.95	-0.90	-0.79	-0.99	-0.98	
BCSI	-0.99	-0.96	-0.91	-0.80	-0.99	-0.98	1.00

Grille de qualité (fictive)

	TB	B	My	Me	Mv
niveau	1-0.8	0.8-0.6	0.6-0.4	0.4-0.2	0.2-0

Indice de composition pigmentaire

- IC_{BCSI} : meilleur candidat pour indice pigmentaire

- Il permet d'intégrer toutes les classes de taille (pico, nano et microphytoplancton)

- Il pourrait être utilisé avec des abondances cellulaires aussi

- Possibilité d'utiliser des matrices binaires (à tester)

- Sensibilité de la matrice pigmentaire : sensible aux pigments majoritaires seulement

- Rapide et facile à le mettre en place. Pas besoin d'expertise poussé pour l'interprétation (ce qui est le cas avec CHEMTAX)

Etude généralisé de l'indice de composition pigmentaire IC (2016-2018)

Une fois démontré l'intérêt des indicateurs pigmentaires et leurs avantages à partir des données disponibles, pour aller plus loin, il faut faire de l'acquisition de données à grande échelle sur le réseau DCE lui-même

Indice composition (Ic) basé sur les pigments

Etudes (2018) : financé par l'Onema (convention Onema/Ifremer 2016-2018)

Prélèvements et analyses (2016-2017) : REPHY, Agences de l'eau et Régions

Etude Manche-Atlantique : Travaux L. Lampert, Ifremer, Brest

- l'indice de **Bray-Curtis (IC_{BCSI})** pourrait répondre aux attentes d'un indice de composition en mettant en évidence les dérives (anthropiques et non anthropiques) des points de suivi côtiers par rapport à un point de référence

---

Etude Méditerranée : Travaux de A. Goffart, STARESO, Calvi

- IC_{medit} est un indice de composition phyto adapté aux spécificités des eaux côtières méditerranéennes, et basé sur la signature pigmentaire du phyto

Etude croisée Manche-Atlantique / Méditerranée : A.Goffart et L.Lampert

- Utilisations des Ic avec les données croisées des façades

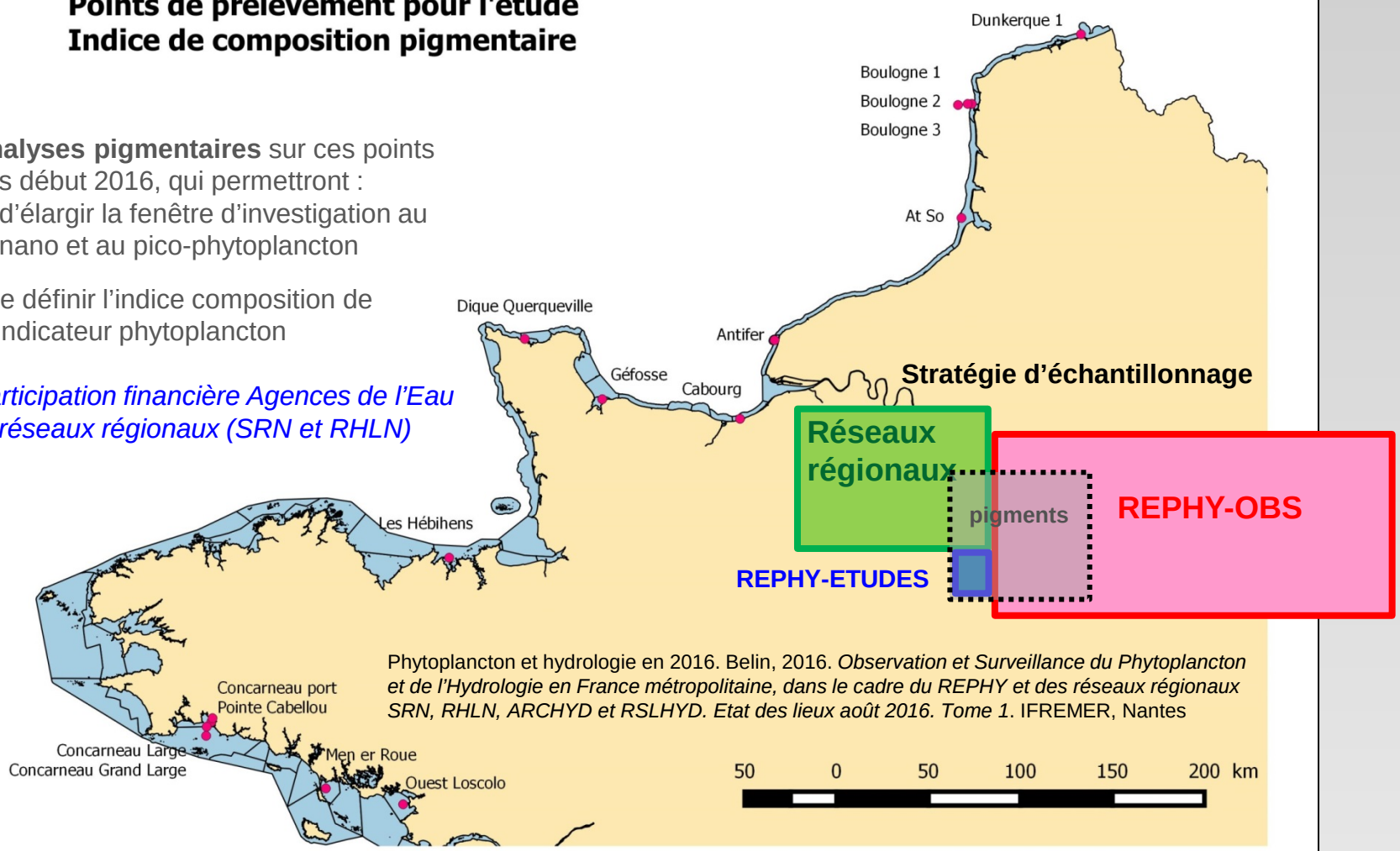
Indice composition (IC_{BCSI}) Manche-Atlantique

Points de prélèvement pour l'étude
Indice de composition pigmentaire

Analyses pigmentaires sur ces points dès début 2016, qui permettront :

- d'élargir la fenêtre d'investigation au nano et au pico-phytoplancton
- de définir l'indice composition de l'indicateur phytoplancton

Participation financière Agences de l'Eau et réseaux régionaux (SRN et RHLN)



Phytoplancton et hydrologie en 2016. Belin, 2016. *Observation et Surveillance du Phytoplancton et de l'Hydrologie en France métropolitaine, dans le cadre du REPHY et des réseaux régionaux SRN, RHLN, ARCHYD et RSLHYD. Etat des lieux août 2016. Tome 1*. IFREMER, Nantes

Indice composition (Ic) basé sur les pigments

Pour les résultats de cette étude

« grandeur nature », RDV en fin 2018

MERCI !

Choix de la « référence »

- Référence locale : comparaison avec un point non impacté échantillonnée au même moment que les points de surveillance
- Référence passée : référence historique sur un point et sur plusieurs années
- Référence intra : chaque point de surveillance est sa propre référence (intégrant une période de « n » années passés)

En absence de pressions sur les points de surveillance, on devrait trouver la même composition floristique que dans le point 'référence'

- Est-ce que les points DCE référence répondent à cette définition ? Pour le moment non ! **(Buchet 2010 ; Belin, Lamoureux, et Soudant 2014)**
- Une étude sur la redéfinition des points référence serait souhaitable

Les « Pressions »

- Nous avons utilisé les nutriments et la biomasse
- Possibilité d'utiliser les déversements des villes, constructions côtières, état du littoral, aménagements divers, indices composites… **(Devlin et al. 2007 ; Lugoli et al. 2012)**
- Choix des pressions non arrêté par les états membres
- Indice de composition englobe toutes les pressions, mais ne pourra pas faire la différence entre pression naturelle ou anthropique (locale ou globale)

Recherche d'un Indice de composition phytoplanctonique

- Vitesse de changements de la composition phyto => qqs jours
- Forte variabilité dans la composition sans qu'il y ait des pressions
- Fréquence d'échantillonnage des points de surveillance => au mieux tous les 15 jours
- Dans la Manche-Est, la pression des nutriments n'explique que 20% de la variabilité phyto. Facteurs prépondérants => broutage, interactions biologiques, réseau trophique, nouvelles espèces… **(Hernández-Fariñas et al. 2013)**

Quel est le bon Indice de composition phytoplanctonique ?

Impossible de le dire sans plus de données

N'oublions pas que pour mettre en place les stratégies DCE actuelles en métropole il a fallu plusieurs années, et ceci malgré l'existence des plus de 30 années de données des réseaux

Les Propositions

- Acquisition de données pigmentaires sur trois chantiers (2 en Manche et 1 en Atlantique) à haute fréquence (tous les 15 jours) sur 2 années (2016-2017). Etude de ces données en 2018.

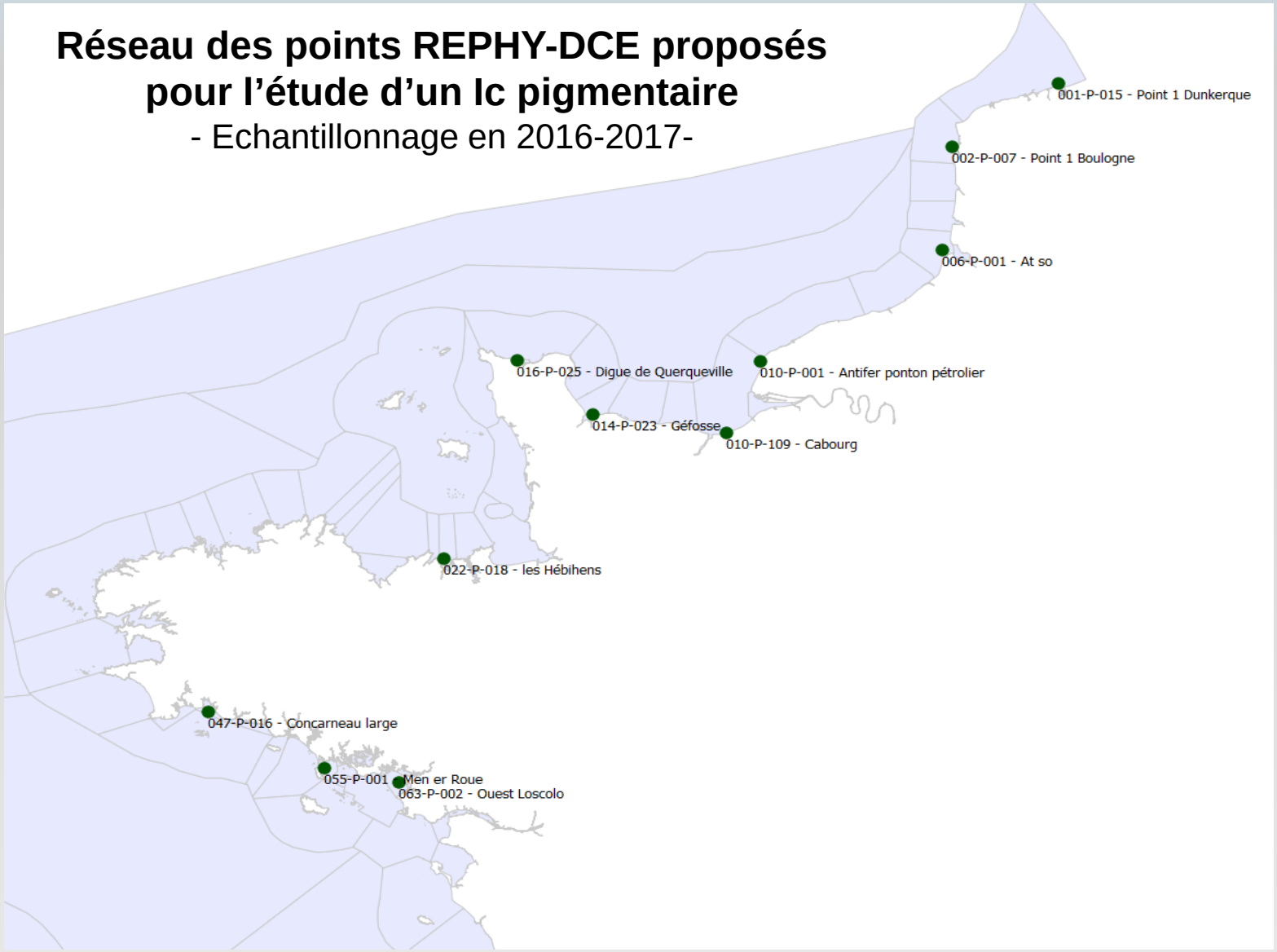
- Dès 2019, mise en place des indices pigmentaires sur toute la façade Manche-Atlantique sur un plan de gestion (6 ans) afin de statuer sur leur pertinence. Le REPHY adoptera les analyses pigmentaires en routine sur son réseau « observation »

- Etude d'un indicateur « Phytoplancton » avec seulement des analyses pigmentaires (I_B, I_A, I_C) à l'étude

- Si acquisition des données aussi en Méditerranée, il serait intéressant de tester les indices Atlantique et Méditerranéen sur le jeux de données croisés

Réseau des points REPHY-DCE proposés pour l'étude d'un Ic pigmentaire

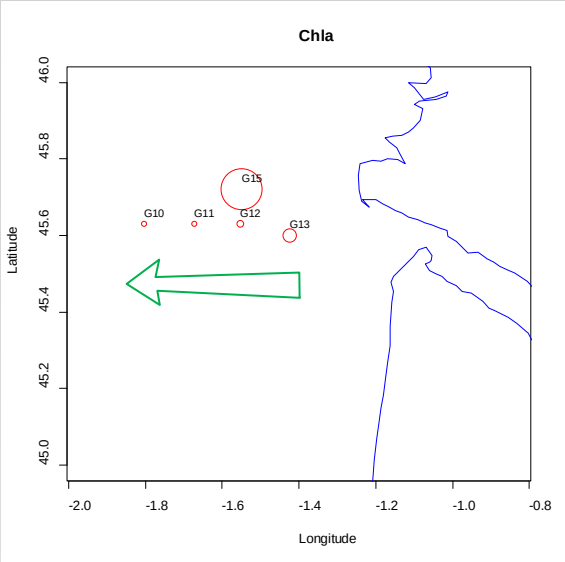
- Echantillonnage en 2016-2017-



Indice de composition Atlantique

Radiale Gironde G10-G13 + G15

Pressions



Pas de nutriments dans G15

Valeurs indices

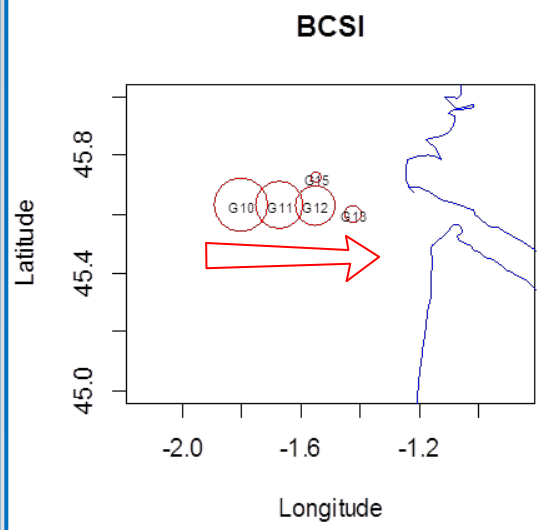
> BCSI

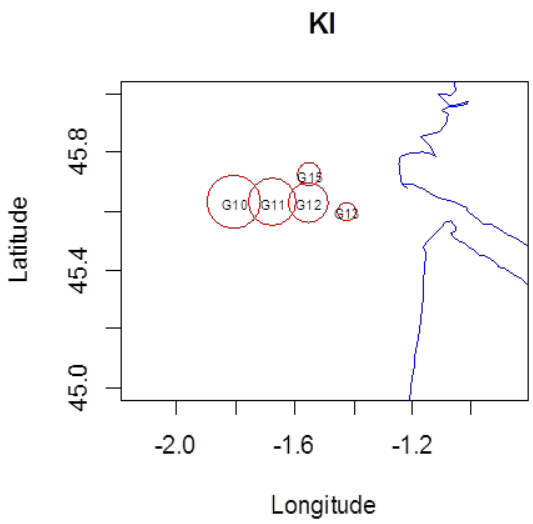
G10	G11	G12	G13	G15
1	0.88	0.74	0.34	0.21

> KI

G10	G11	G12	G13	G15
1	0.88	0.76	0.36	0.44

Pigments biomarqueurs retenus :
c3, c1c2, peri, 19BF, fuco, 19HF, prasi, allo et chlb





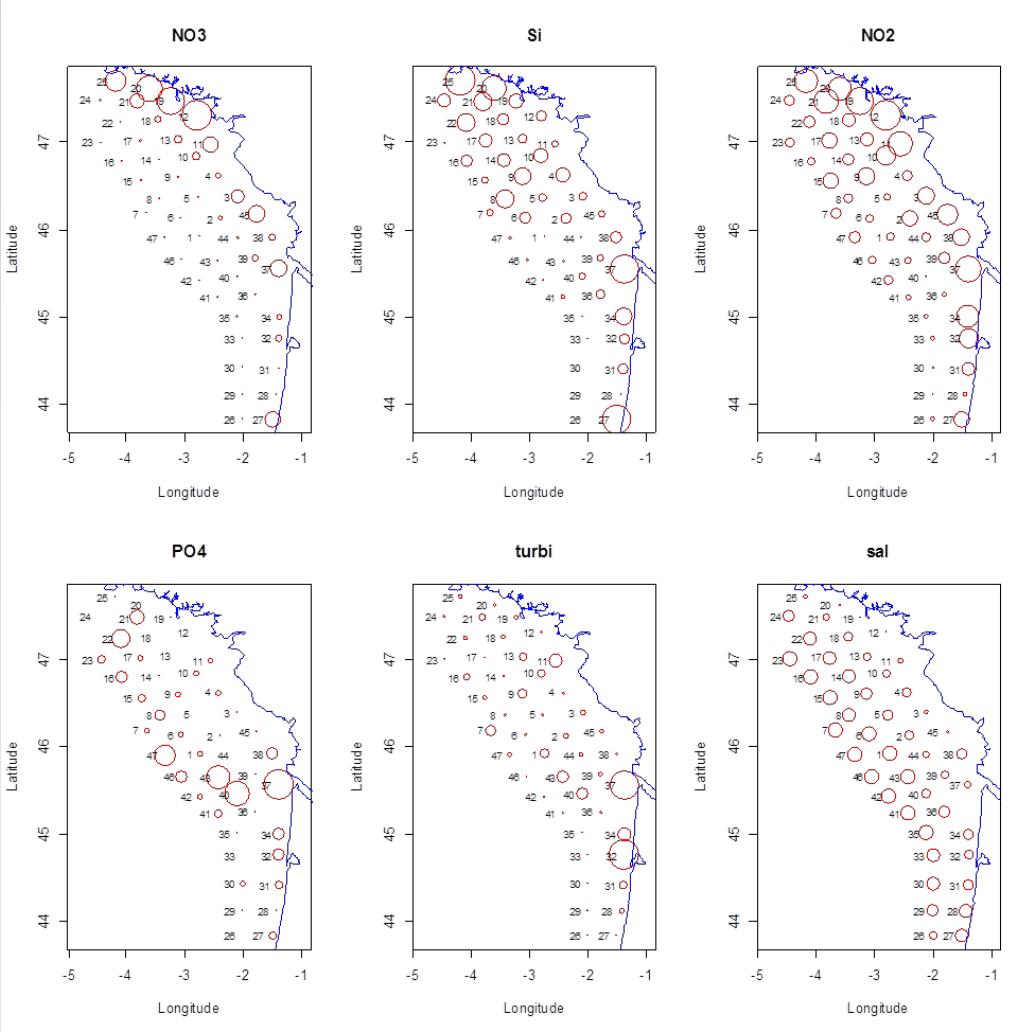
L'indice BCSI toujours plus discriminant

Gradient de pressions toujours bien suivi, avec plus faible similarité au point G15 pour BCSI

Indice de composition Atlantique

Radiale R1 - Plateau Continental Atlantique

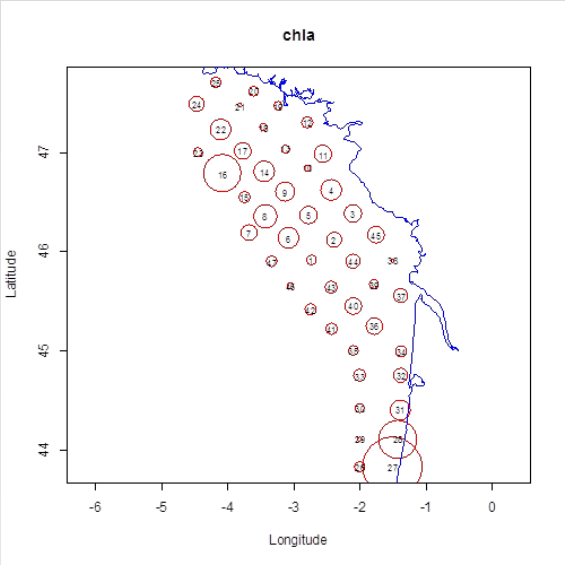
Nutriments



Pigments retenus :

c1c2, peri, 19BF, fuco, 19HF, prasi, allo, zea et chlb

Biomasse chlorophyllienne

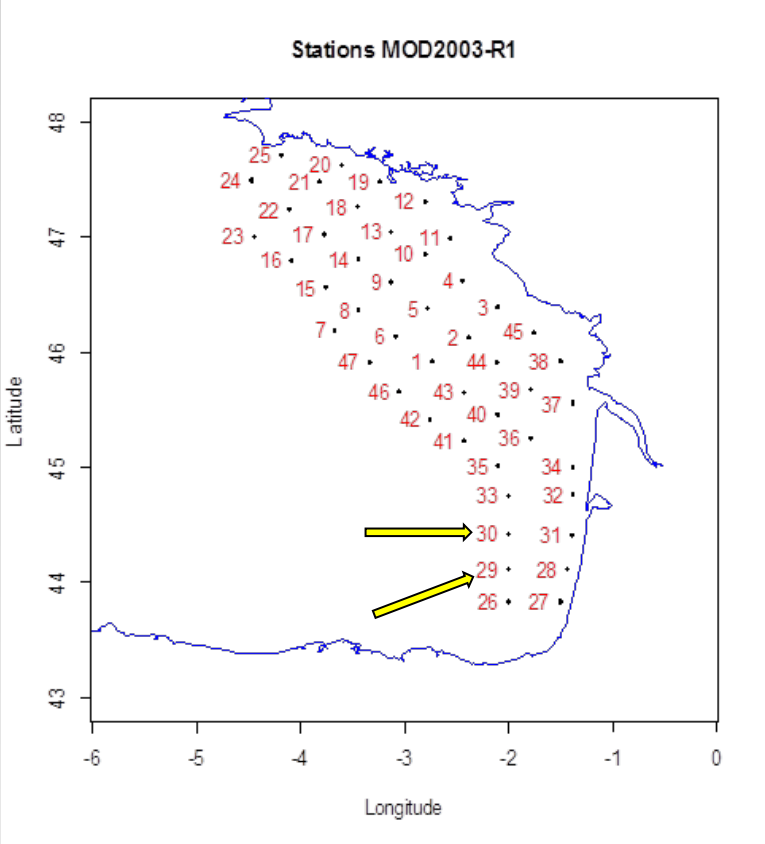


Indice de composition Atlantique

Radiale R1 - Plateau Continental Atlantique

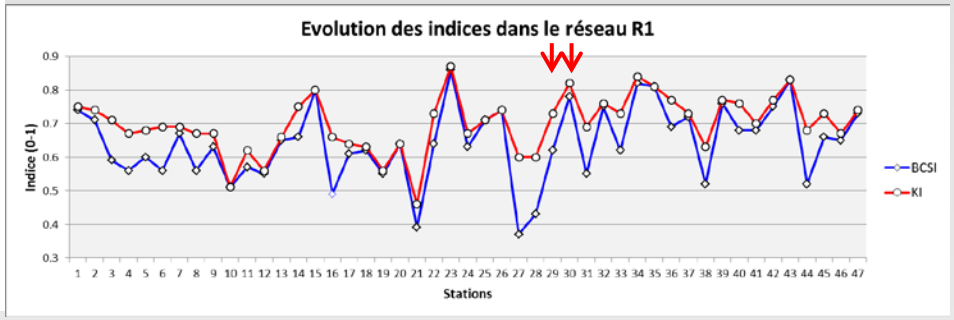
Problème du point « référence »

Point « référence » virtuel composé de la moyenne des pigments des deux points présentant la plus faible combinaison de NO3, NO2, Si(OH)4 et Chla (points 29 et 30)



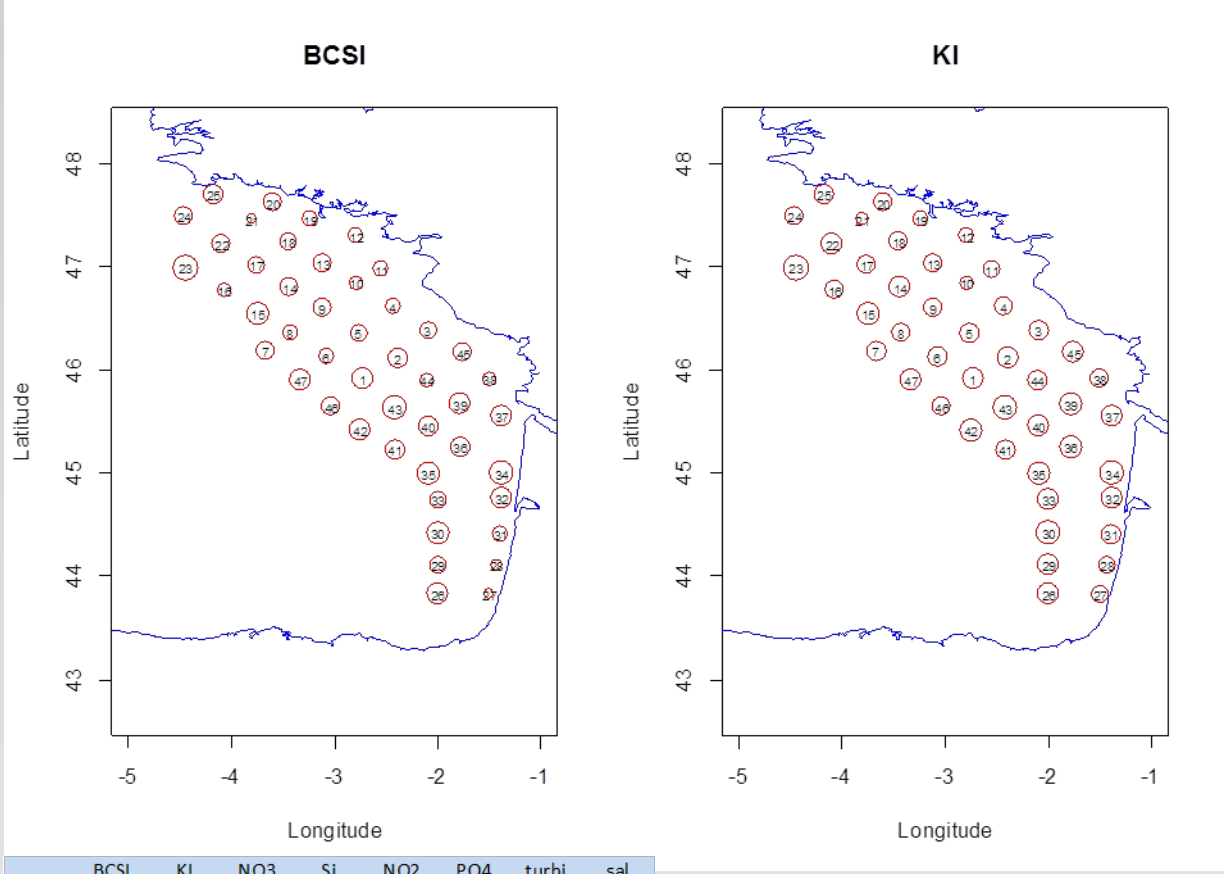
Valeurs indices

st	BCSI	KI	st	BCSI	KI
1	0.74	0.75	25	0.71	0.71
2	0.71	0.74	26	0.74	0.74
3	0.59	0.71	27	0.37	0.6
4	0.56	0.67	28	0.43	0.6
5	0.6	0.68	29	0.62	0.73
6	0.56	0.69	30	0.78	0.82
7	0.67	0.69	31	0.55	0.69
8	0.56	0.67	32	0.75	0.76
9	0.63	0.67	33	0.62	0.73
10	0.51	0.51	34	0.82	0.84
11	0.57	0.62	35	0.81	0.81
12	0.55	0.56	36	0.69	0.77
13	0.65	0.66	37	0.72	0.73
14	0.66	0.75	38	0.52	0.63
15	0.8	0.8	39	0.76	0.77
16	0.49	0.66	40	0.68	0.76
17	0.61	0.64	41	0.68	0.7
18	0.62	0.63	42	0.75	0.77
19	0.55	0.56	43	0.83	0.83
20	0.64	0.64	44	0.52	0.68
21	0.39	0.46	45	0.66	0.73
22	0.64	0.73	46	0.65	0.67
23	0.86	0.87	47	0.73	0.74
24	0.63	0.67			



Indice de composition Atlantique

Radiale R1 - Plateau Continental Atlantique



	BCSI	KI	NO3	Si	NO2	PO4	turbi	sal
KI	0.87							
NO3	-0.29	-0.50						
Si	-0.31	-0.37	0.57					
NO2	-0.20	-0.44	0.86	0.63				
PO4	0.15	0.18	-0.12	0.20	0.04			
turbi	0.17	0.09	0.14	0.27	0.35	0.53		
sal	0.25	0.42	-0.86	-0.36	-0.70	0.26	-0.14	
chla	-0.47	-0.14	-0.05	0.29	-0.11	0.06	-0.01	0.21

Faible différentiation avec les deux indices

Faible corrélation avec les pressions

Trop grande zone ?

Faible impact des pressions en s'éloignant des côtes ?

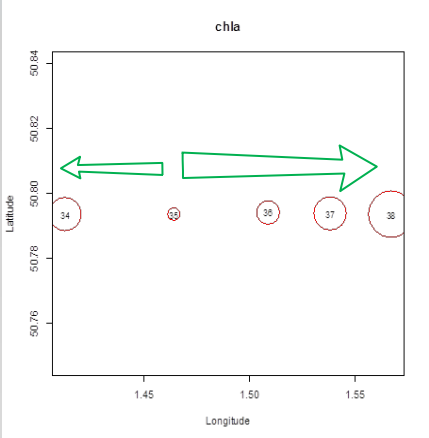
Populations phyto trop hétérogènes

Point 'référence' non représentatif de l'ensemble de populations phyto du plateau

Indice de composition Manche

Radiale Boulogne-sur-Mer 27 avril 2012

Pressions



Forte abondance Phaeocystis sp.

Pigments retenus :

c3, MgDVP, c2, c1, peri, BF, fuco, kfuco, viola, HF, diadino, allo, diato, D.D, zea, chlb, bbCar

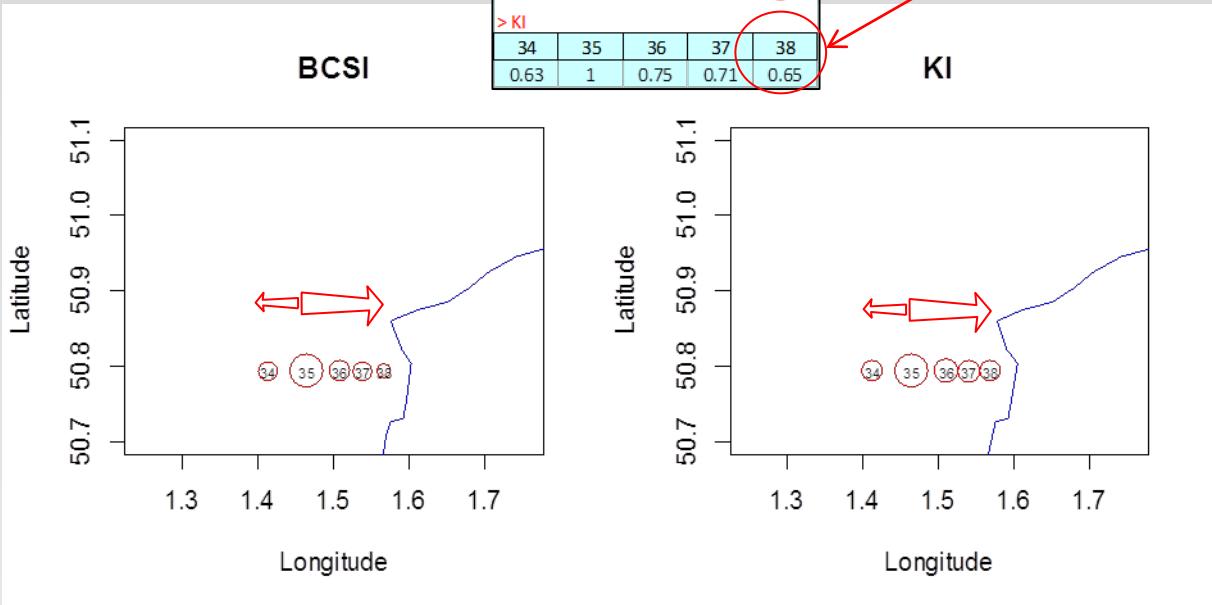
L'indice BCSI est le plus discriminant

Valeurs indices

>BCSI				
34	35	36	37	38
0.58	1	0.67	0.6	0.45

> KI				
34	35	36	37	38
0.63	1	0.75	0.71	0.65

Les deux indices suivent l'évolution des pressions (ici Chla)



Corrélations indice-chla

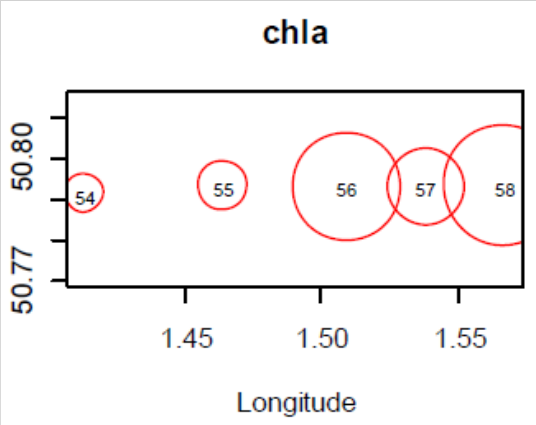
BCSI	KI
-0.95	-0.87

Indice de composition Manche

Radiale Boulogne-sur-Mer 31 mai 2012

Pressions

Forte abondance Diatomées



Pigments retenus :

c3, MVc3, MgDVP, c2, c1, peri, fuco, kfuco, viola, HF, diadino, allo, diato, D.D, zea, bbCar

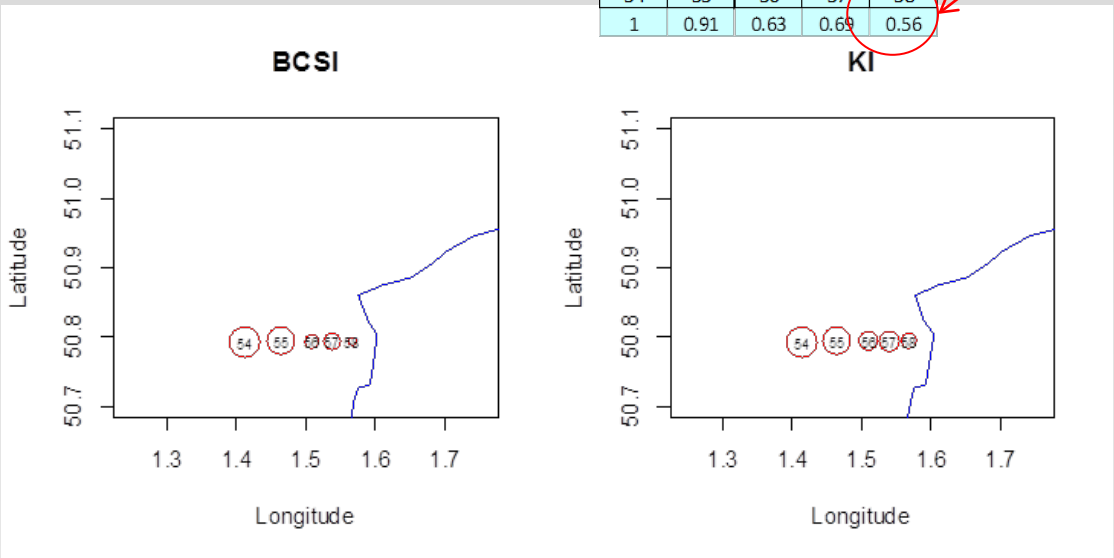
Valeurs indices

>BCSI				
54	55	56	57	58
1	0.91	0.51	0.63	0.32

> KI				
54	55	56	57	58
1	0.91	0.63	0.69	0.56

L'indice BCSI est le plus discriminant

Les deux indices suivent l'évolution des pressions (ici Chla)



Corrélations indice-chla

BCSI	KI
-0.98	-0.97

Utilisation de modèles linéaires dynamiques pour l'évaluation des incertitudes

Soudant D., Miossec L., Neaud-Masson N., Auby I., Maurer D., Daniel A.

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

AQUAREF
Consortium scientifique et technique
BRGM, IFREMER, INERIS, Irstea et LNE

ODE / Vigies / Nantes

Ifremer

Utilisation de modèles linéaires dynamiques pour l'évaluation des incertitudes

Soudant D., Miossec L., Neaud-Masson N., Auby I., Maurer D., Daniel A.

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

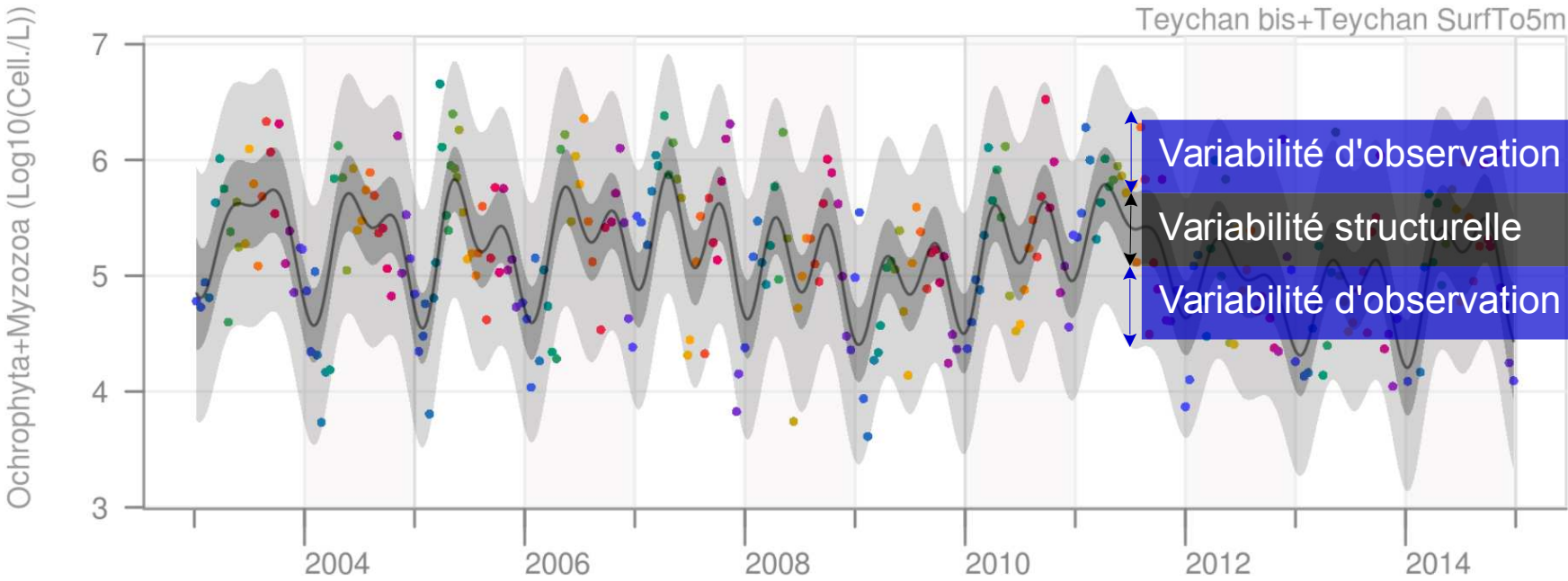
Incertitudes

Définition

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Incertitudes

Évaluation : proposition



Variabilité d'observation ~ incertitudes ?

Avis d'experts

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes
Méthode

Dynamic Linear Models*

Modèles linaires (*e.g.* régression) dont les paramètres peuvent être variables dans le temps

Possibilité d'identification et de traitement approprié des valeurs exceptionnelles et changements de niveau

→ Impact sur l'estimation de la variabilité d'observation

=> Validation finale par informations exogènes et avis d'expert

« Tous les modèles sont faux, mais certains sont utiles », G.E.P. Box

* Bayesian forecasting, Kalman filter, state space models, structural time-series models

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes
Résumé

Deux temps :

1. modélisation et expertise des modèles ;
2. appréciation de la variance d'observation au titre d'incertitude.

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes
Données

Période
- 2003-2014

Profondeur
- Surface à 1m

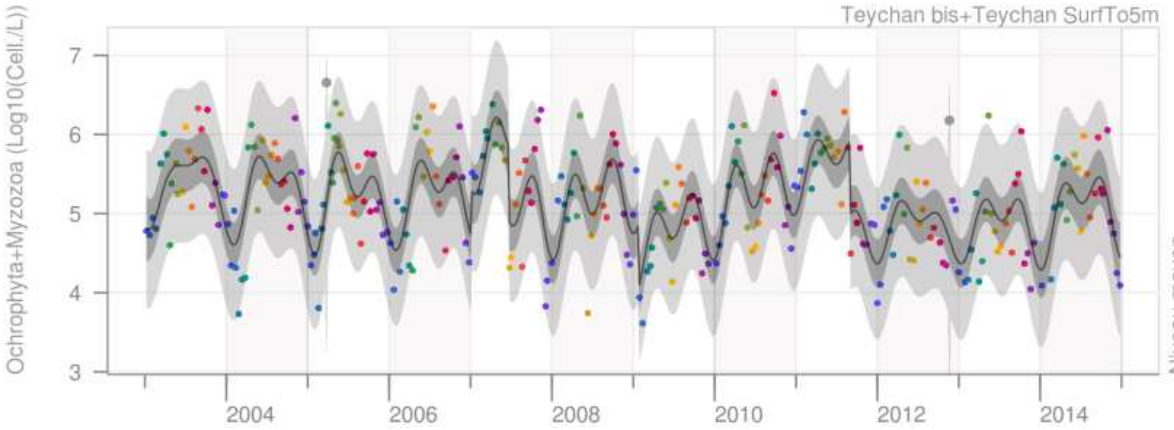
Abondance
- Nb Cell. Ochrophyta+Myzozoa

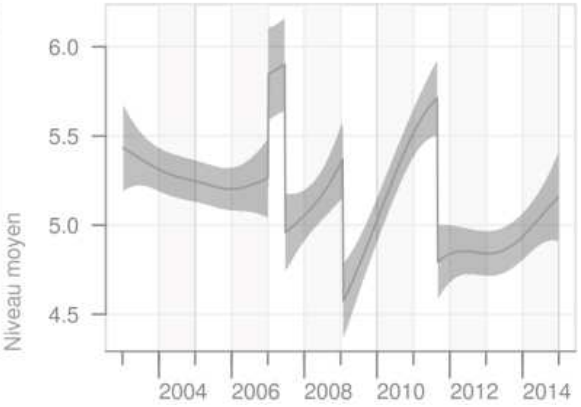
Biomasse
- Chlorophylle *a*

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan





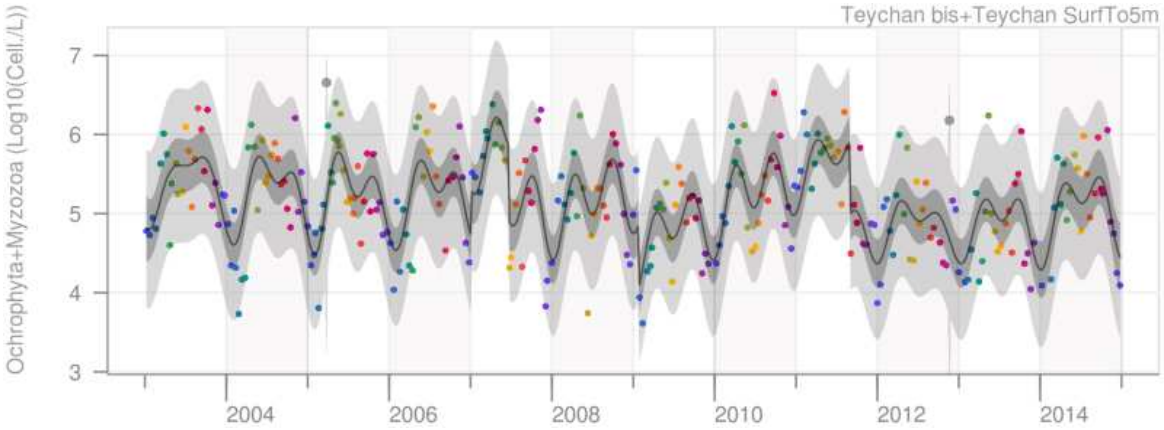
ODE / Vigies / Nantes

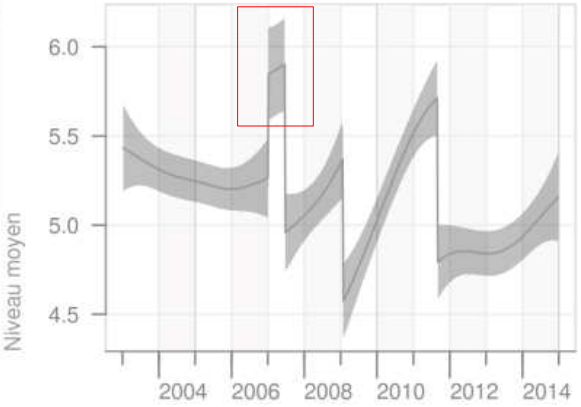
Ifremer

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan





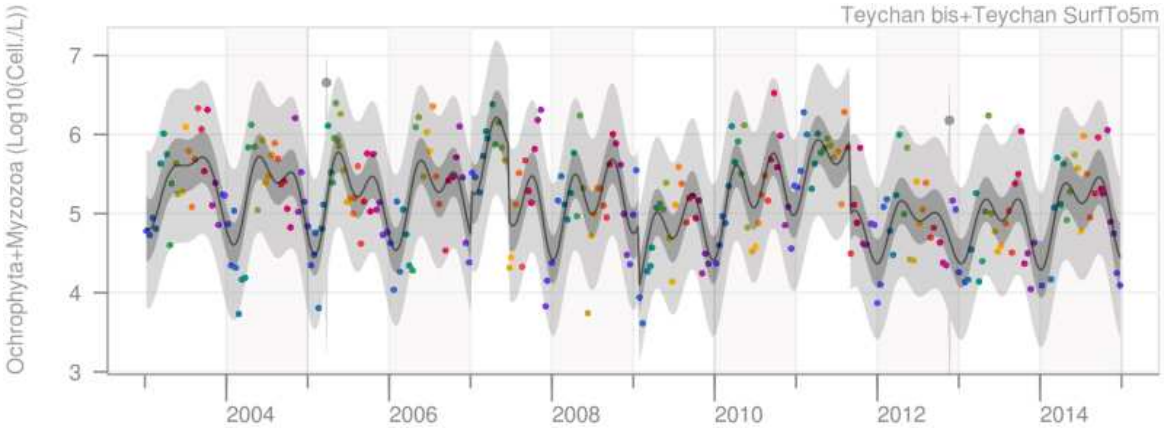
*En début d'année 2007, sur le point "Teychan bis", les abondances microphytoplanctoniques ont été **supérieures à celles des 9 années précédentes**. Le pic de floraison printanière s'est produit en avril. Des niveaux d'abondance très élevés ont été observés en **mars, avril**.*

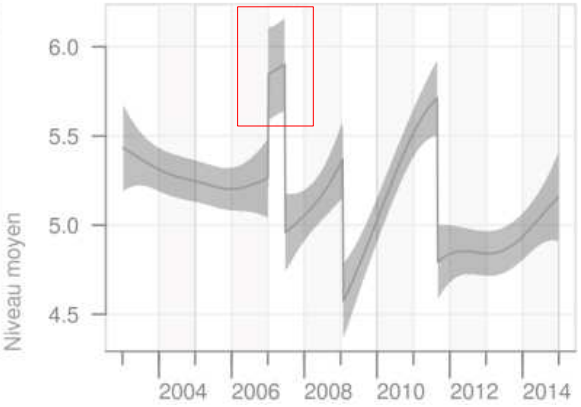
Source : Bulletin de la surveillance, LER Arcachon

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan



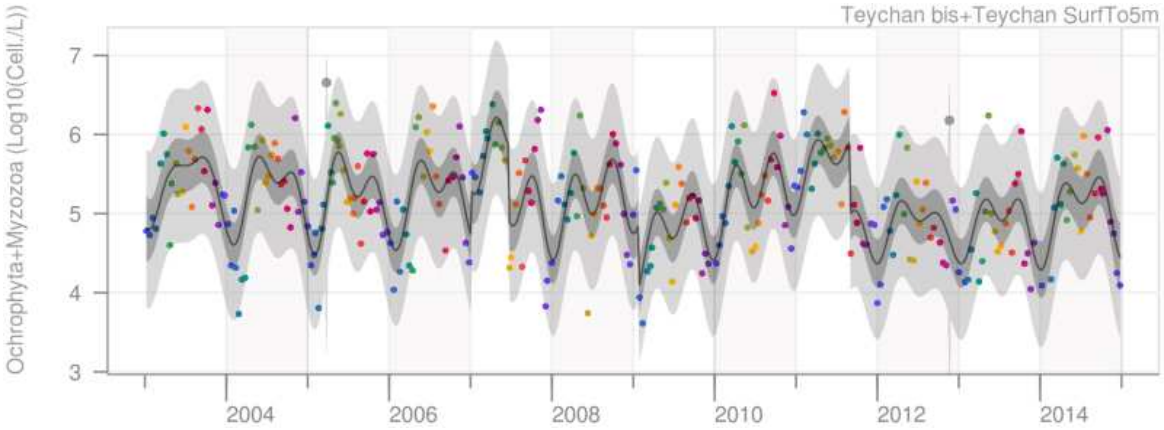


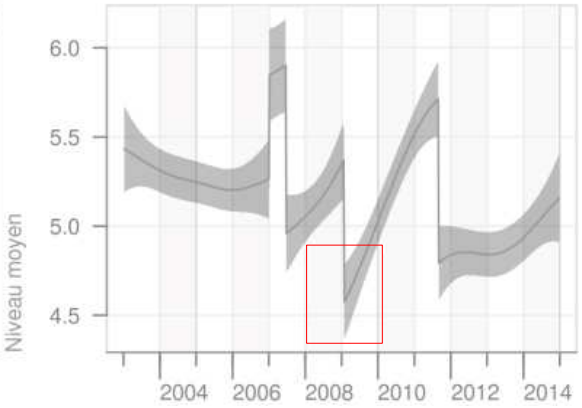
*La France a connu un **hiver** exceptionnellement **chaud**, se situant au second rang des hivers les plus chauds observés depuis 1900.*
*Le **printemps** 2007 a été exceptionnellement **chaud** en France, se situant au premier rang des printemps les plus chauds observés depuis 1900.*
*Le **bilan pluviométrique** a été contrasté : le plus souvent **supérieures à la normale** sur les régions proches de **l'Atlantique**, sur le Limousin, dans le **Sud-Ouest***
Source : Météo-France

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan





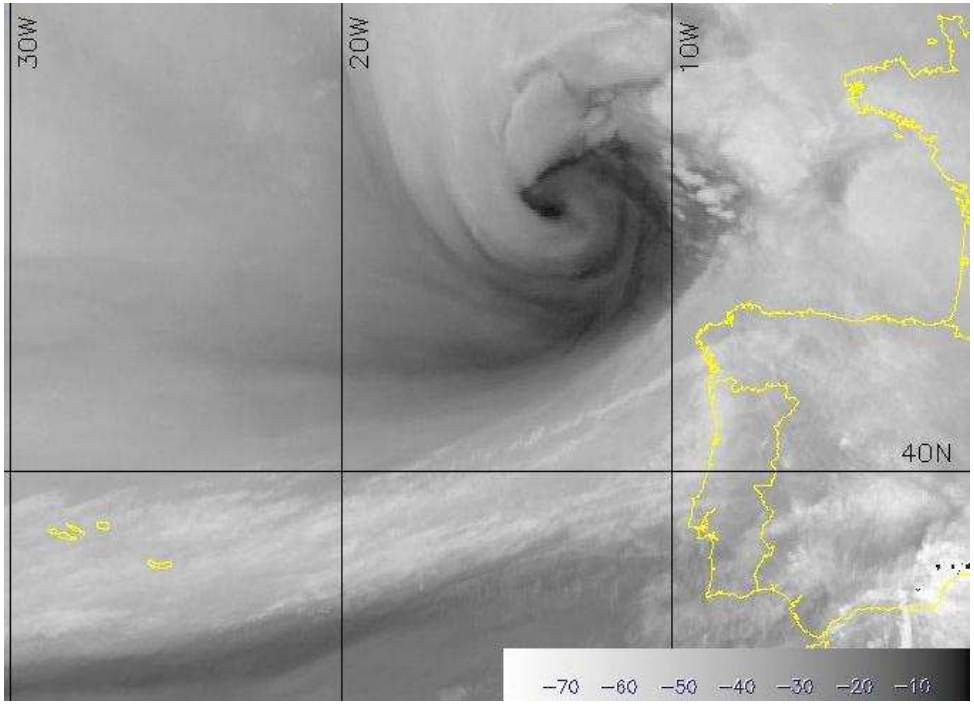
Durant presque toute l'année 2009, sauf en janvier, les abondances microphytoplanctoniques ont été très ***inférieures à celles des 10 années précédentes****. Les maxima ont été observés en janvier et durant l'été. Fin juillet, les abondances atteignaient à peine 400 000 cellules/L. L'année 2009 est donc caractérisée par une* ***pauvreté phytoplanctonique*** *très marquée, sans floraison printanière notable. Au regard de la série historique dont on dispose,* ***cette situation n'avait pas été observée depuis 1993****.*

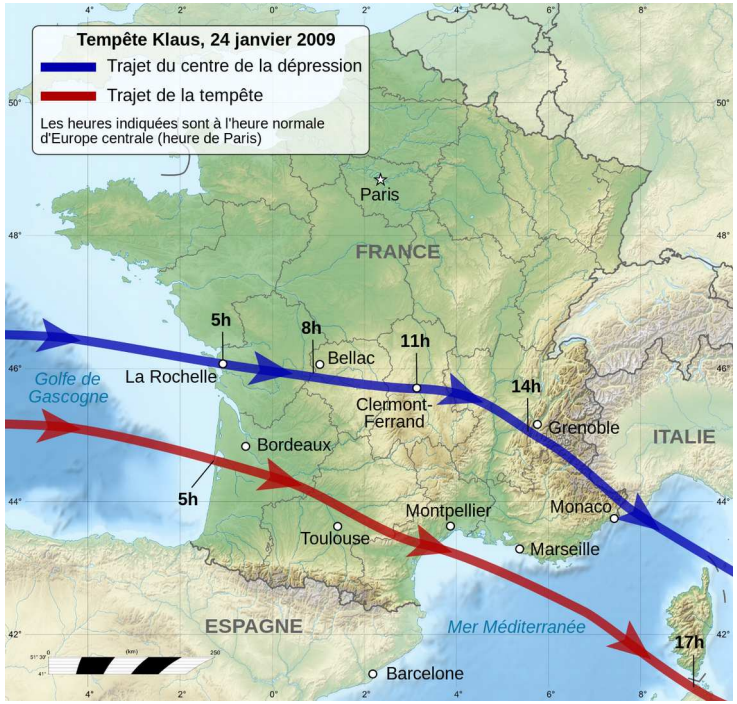
Source : Bulletin de la surveillance, LER Arcachon

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan



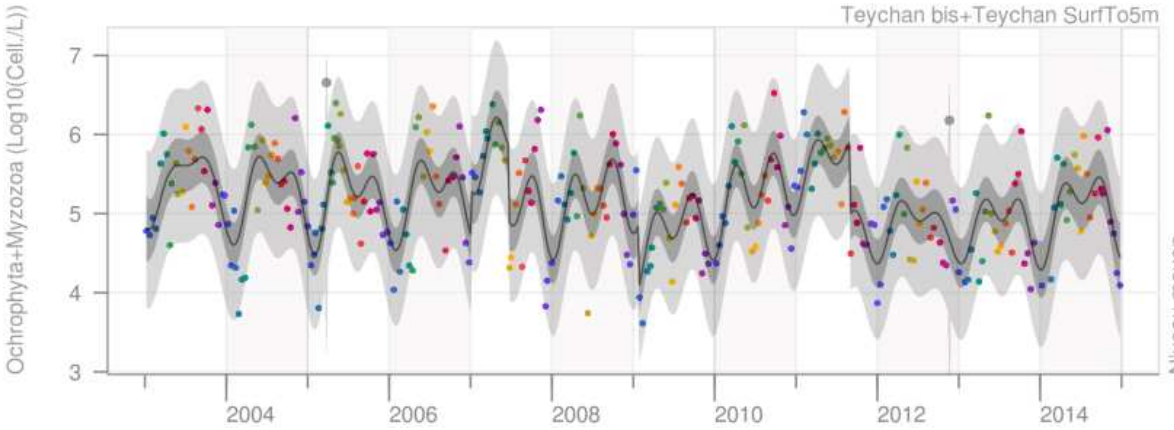


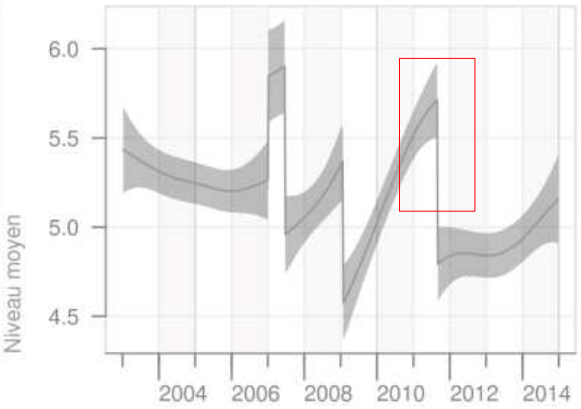
Durée : 3 jours
Vent max : 216 km/h

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan





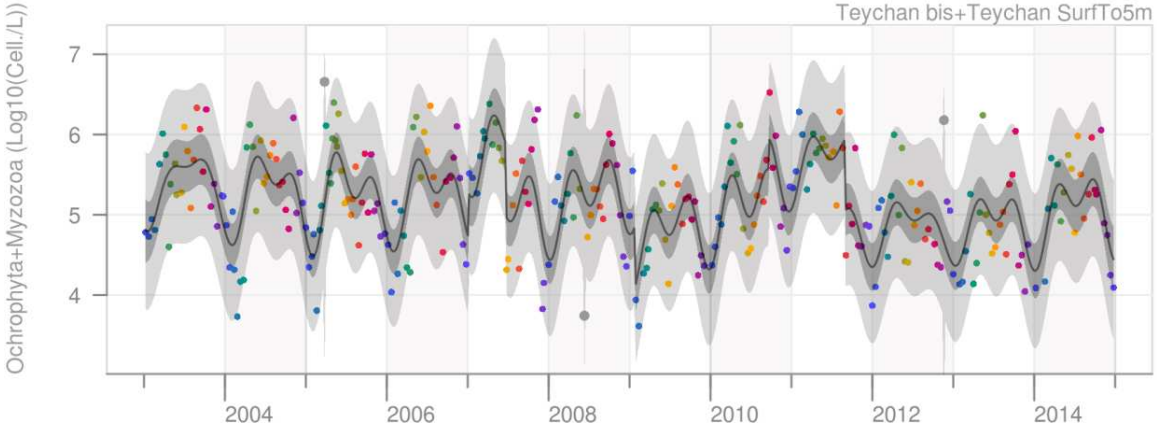
ODE / Vigies / Nantes

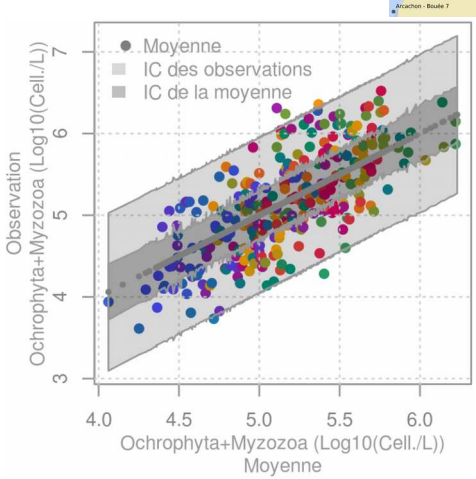
Ifremer

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan





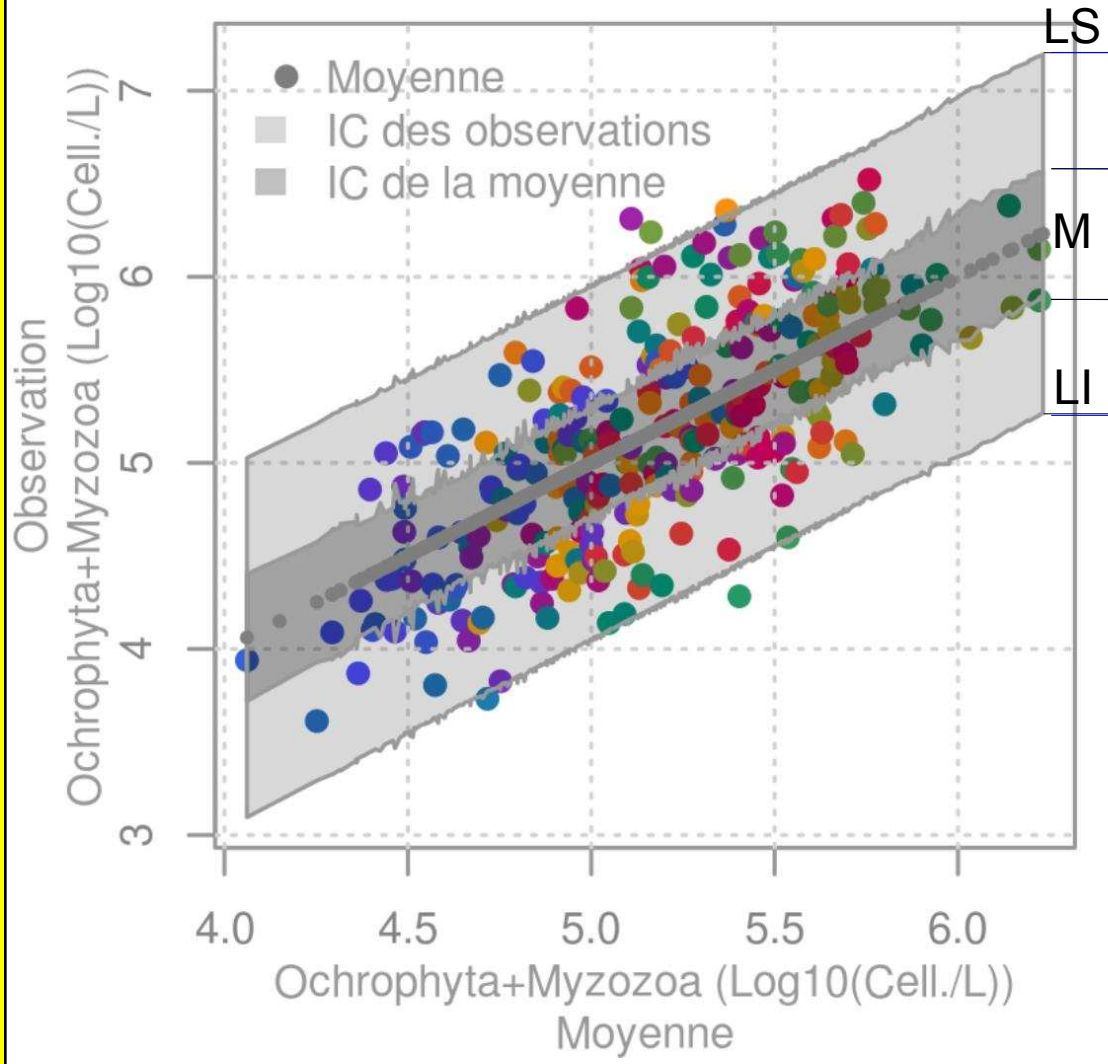
ODE / Vigies / Nantes

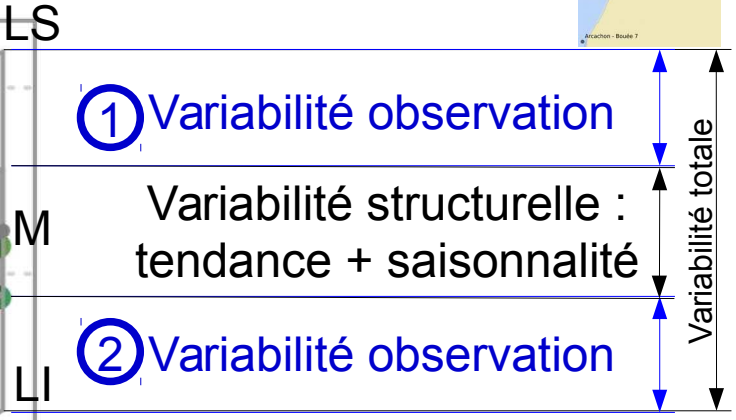
Ifremer

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan





Aminot & Kérouel 2004

Précision P :

M ± P %

M ∈[M-M.P;M+M.P] à 95 %

M ∈[LI;LS] à 95 %

=>

P = (M-LI)/M=(LS-M)/M

Précision non structurelle :

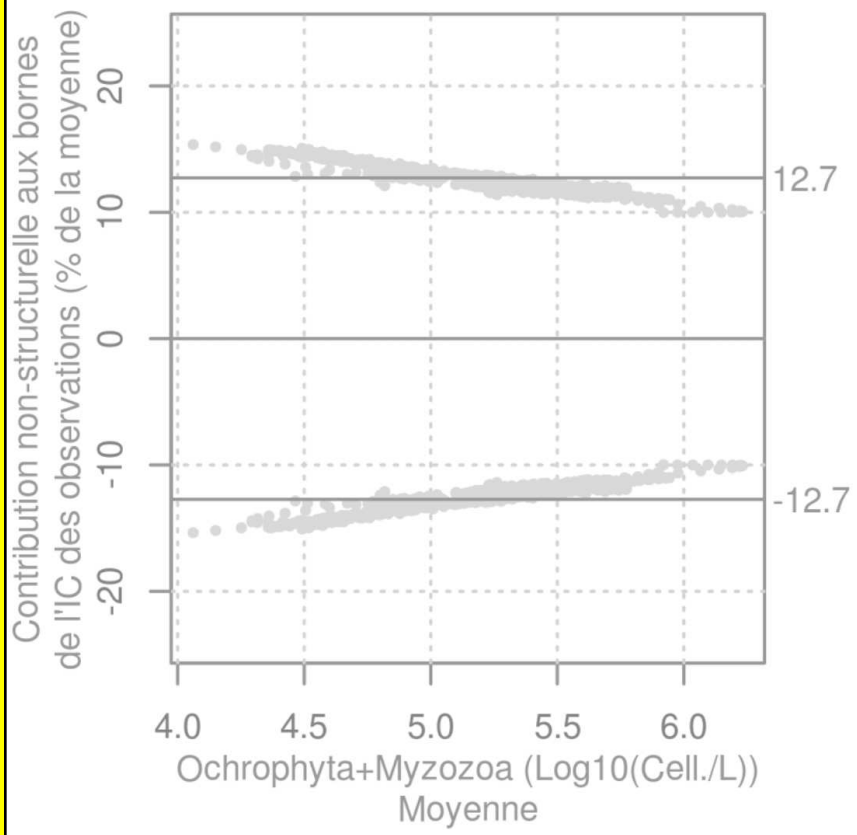
1 /M et 2 /M

Ifremer

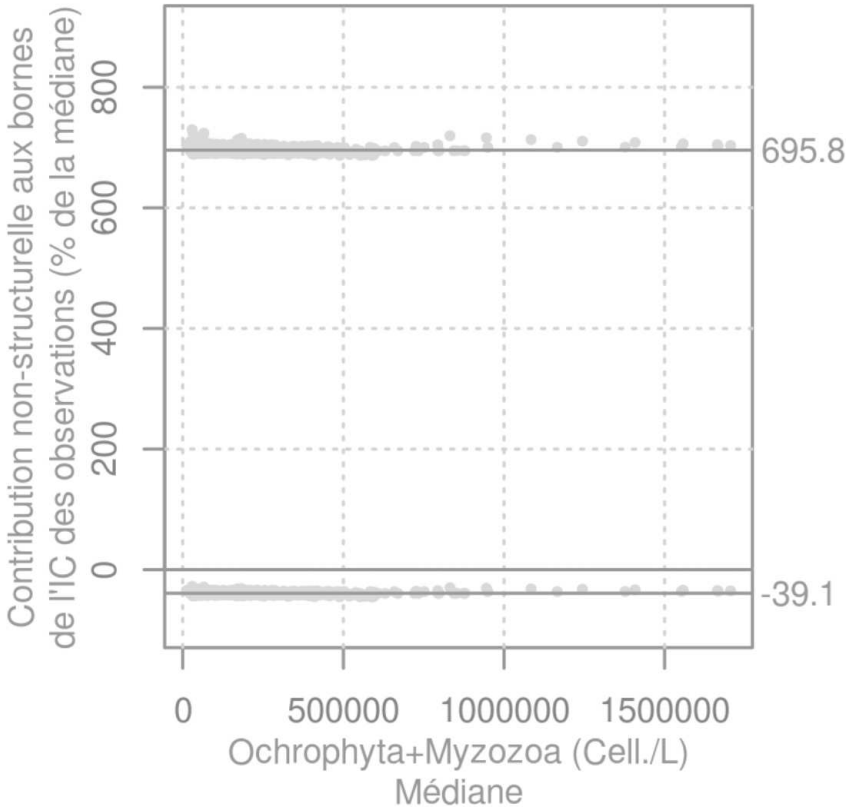
Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (1/4)

Abondance, Teychan



Échelle pertinente

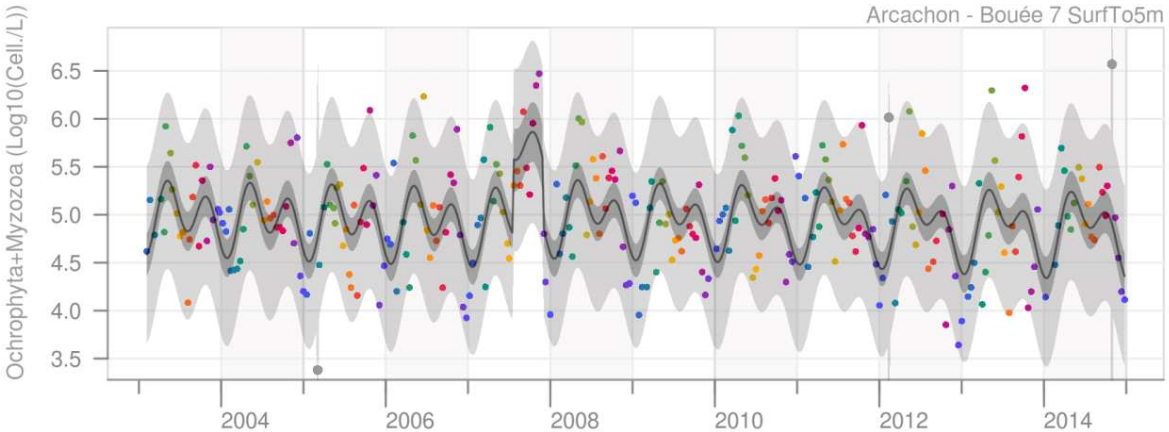


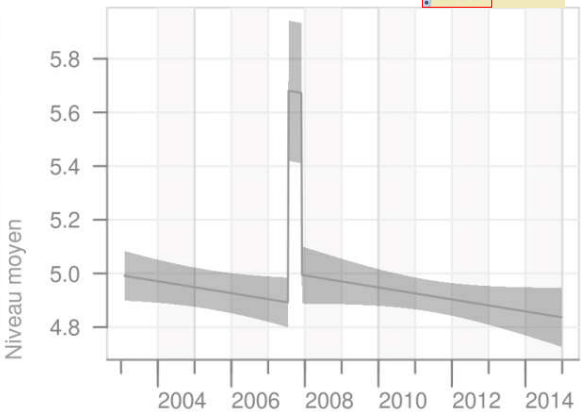
Échelle des experts

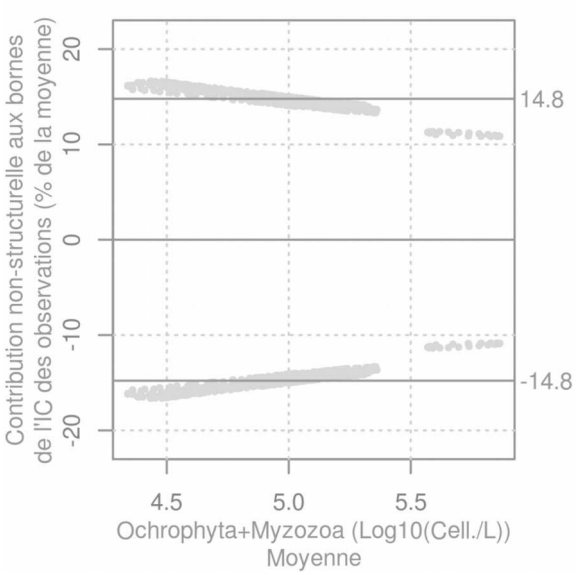
Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

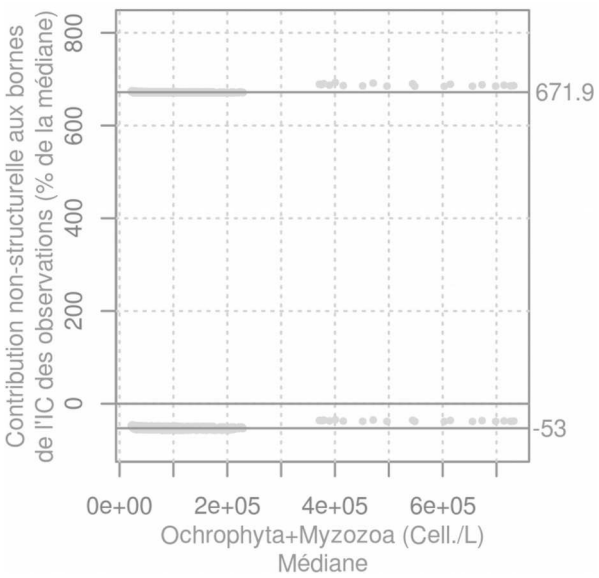
Résultats (2/4)

Abondance, Bouée 7





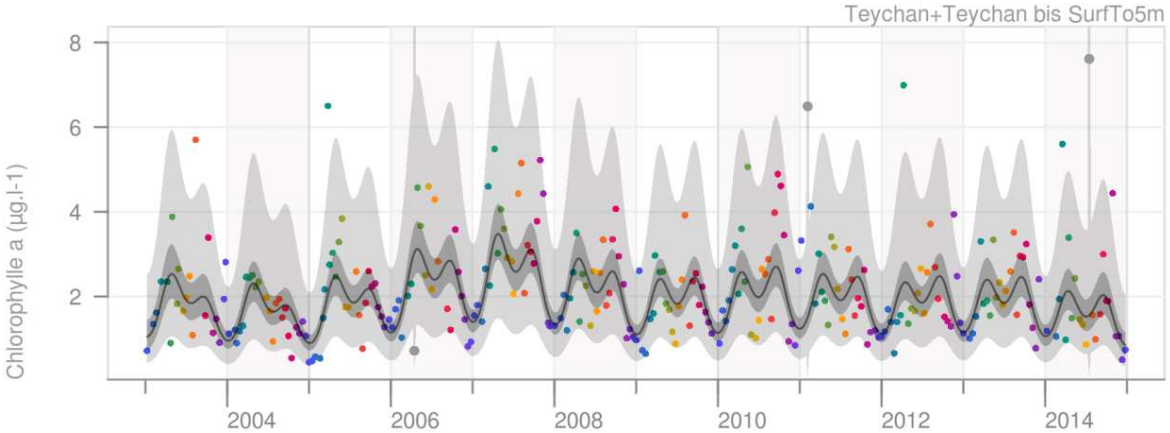


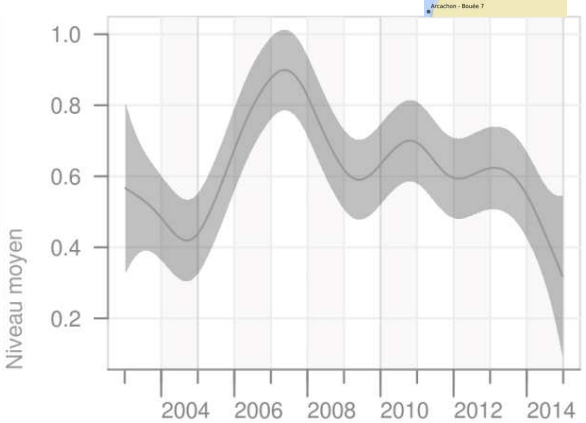


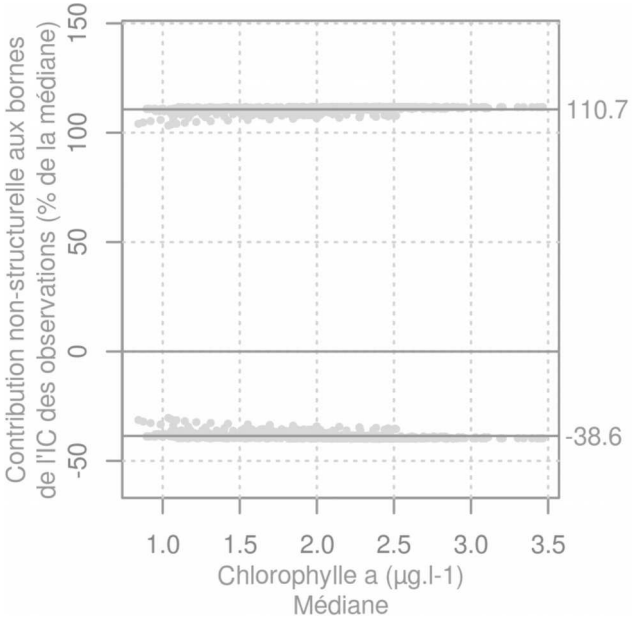
Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (3/4)

Chlorophylle *a*, Teychan



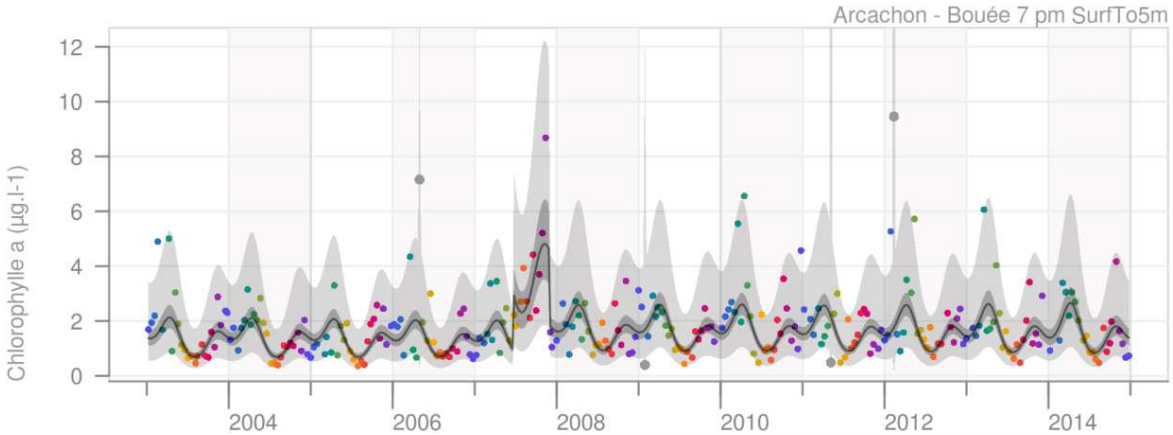


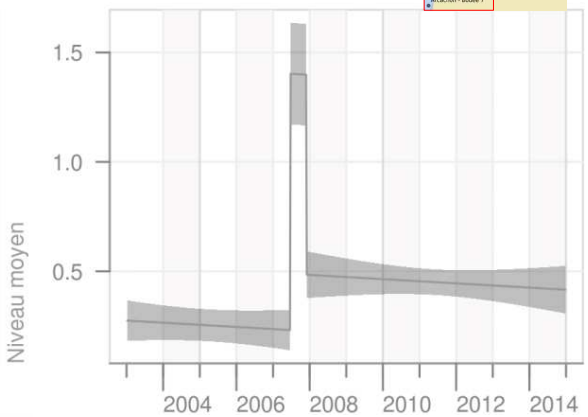


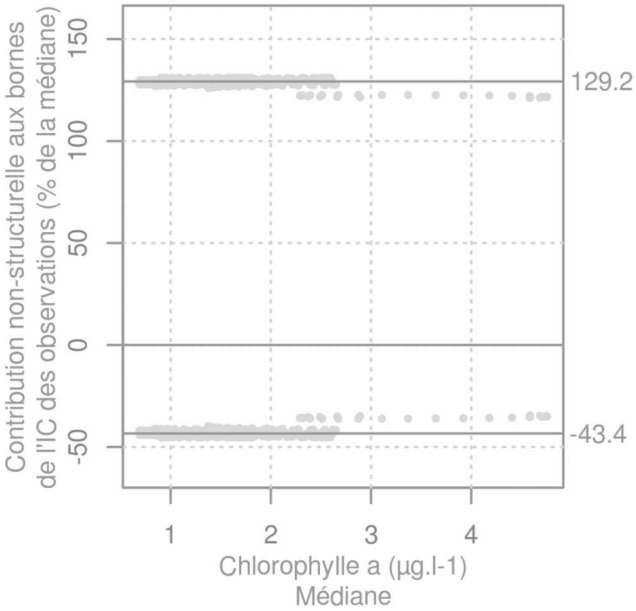
Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes

Résultats (3/4)

Chlorophylle *a*, Bouée 7







ODE / Vigies / Nantes

Ifremer

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes
Synthèse

Contributions non-structurelles aux bornes des intervalles de confiance des observations (% de la moyenne ou médiane)

	Teychan	Bouée 7
Log10 Abondance	± 12.7 %	± 14.8 %
Abondance	-39 %, 696 %	-53 %, 672 %
Chlorophylle *a*	-39 %, 111 %	-43 %, 129 %

« Ce qui n'est pas entouré d'incertitude ne peut être la vérité »
R. Feyman, prix Nobel de physique 1965

Utilisation de DLM pour l'évaluation des incertitudes
Conclusions

Expertise DLM

- différence entre les lieux ;
- différences entre les paramètres.

Incertitudes

Variance d'observation vraisemblable comme évaluation de l'incertitude de mesure

Perspectives

- hydrologie (T°C, nutriments, oxygène, turbidité, …) ;
- contaminants chimiques ;
- améliorations méthodologiques.

Merci de votre attention

Application de modèles autorégressifs multivariés aux série REPHY

C. Picoche, F. Barraquand*, L. Carassou, D. Maurer,*
I. Auby,M. Rumèbe, C. Méteigner

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

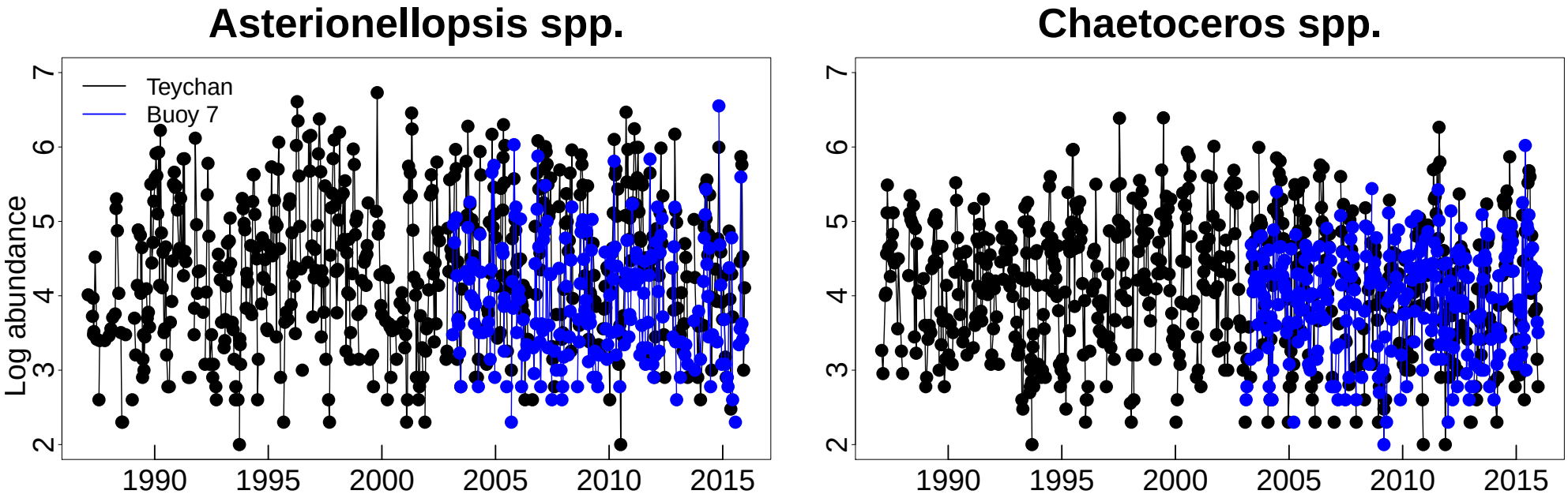
Application de modèles autorégressifs multivariés aux séries REPHY

C. Picoche*, F. Barraquand*, L. Carassou, D. Maurer, I. Auby, M. Rumèbe, C. Meteigner

LabEx COTE, Chaire ETI, U. Bordeaux
LER Arcachon, IFREMER

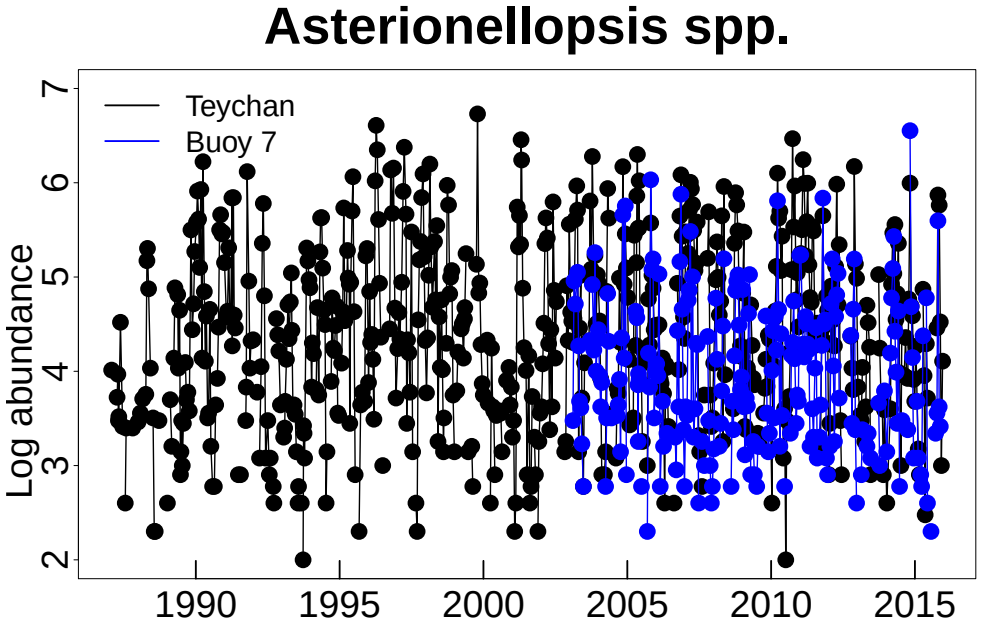
30 Novembre 2016

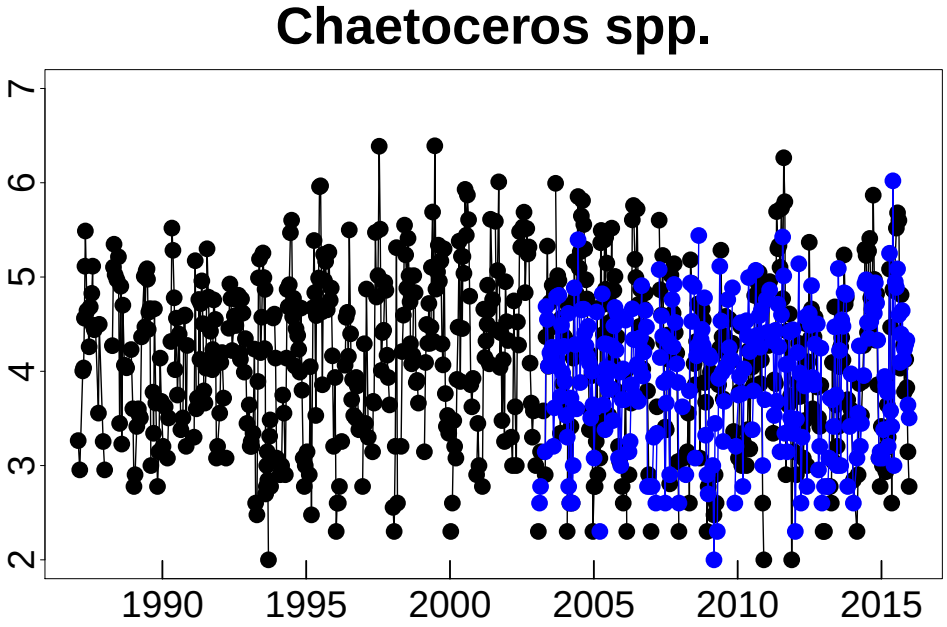
Données fortement variables



- Croissance et densité dépendence : processus autorégressif
- Paradoxe du plancton : quel est l'effet de la communauté ?
- Dynamique saisonnière : comment agit l'environnement ?

Données fortement variables





Partitionnement de la variabilité

$$\boldsymbol{x}_{t+1} = \underbrace{F(\boldsymbol{x}_t, \boldsymbol{x}_{t-1}, \ldots, \boldsymbol{x}_{t-i})}_{\text{interactions}} + \underbrace{G(\boldsymbol{u}_t, \boldsymbol{u}_{t-1}, \ldots, \boldsymbol{u}_{t-j})}_{\text{environnement}} + \underbrace{\boldsymbol{e}_t}_{\text{bruit}}$$

Modèle autorégressif univarié

$$\mu_{s,t} = a_s + \sum_{i=0}^{lag\ max-1} b_{s,i} n_{s,t-i} + \sum_{j=1}^{Var} c_{s,j} u_{j,t} + \epsilon_{s,t}, \epsilon_t \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$$

- $n_{s,t}$ log abondance de l'espèce s au temps t
- $\mu_{s,t} = n_{s,t+1} - n_{s,t}$ croissance de l'espèce s en Δt
- a croissance proche de 0
- $b_{s,i}$ coefficients d'autorégression au lag i
- $c_{s,j}$ effet de la variable environnementale $u_{j,t}$
- $\epsilon_{s,t}$ erreur de processus et d'observation (bruit blanc)

Modèle autorégressif univarié

$$\mu_{s,t} = a_s + \sum_{i=0}^{lag\ max-1} b_{s,i} n_{s,t-i} + \sum_{j=1}^{Var} c_{s,j} u_{j,t} + \epsilon_{s,t}, \epsilon_t \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$$

- Détermination de l'ordre d'autorégression optimale (théorème de Takens)
- Jeux de variables environnementales
  - Nutriments
  - Physiques
  - Indices climatiques
- Critère de choix : AIC

Modèle autorégressif multivarié (MAR)

Hypothèses de travail

$$\boldsymbol{n}_{t+1} = \underbrace{\boldsymbol{B}\boldsymbol{n}_t}_{\text{interactions}} + \underbrace{\boldsymbol{C}\boldsymbol{u}_t}_{\text{environnement}} + \underbrace{\boldsymbol{e}_t}_{\text{bruit}}, \boldsymbol{e}_t \sim MVN(0, \boldsymbol{S})$$

Ives, Dennis, Cottingham & Carpenter (2003). *Estimating community stability and ecological interactions from time-series data*. Ecol. Monogr., 73(2), 301-330

Hampton, Holmes, Scheef & al. (2013). *Quantifying effects of abiotic and biotic drivers on community dynamics with multivariate autoregressive (MAR) models*. Ecology, 94(12), 2663-2669

- Dynamique d'ordre 1
- Toujours : modèle de Gompertz et effets externes additifs
- Hypothèses sur la matrice $\boldsymbol{B}$

Modèle autorégressif multivarié (MAR)

Méthodes

$$\boldsymbol{n}_{t+1} = \underbrace{\boldsymbol{B}\boldsymbol{n}_t}_{\text{interactions}} + \underbrace{\boldsymbol{C}\boldsymbol{u}_t}_{\text{environnement}} + \underbrace{\boldsymbol{e}_t}_{\text{bruit}}, \boldsymbol{e}_t \sim MVN(0, \boldsymbol{S})$$

Ives, Dennis, Cottingham & Carpenter (2003). *Estimating community stability and ecological interactions from time-series data*. Ecol. Monogr., 73(2), 301-330

Hampton, Holmes, Scheef & al. (2013). *Quantifying effects of abiotic and biotic drivers on community dynamics with multivariate autoregressive (MAR) models*. Ecology, 94(12), 2663-2669

- Estimation par algorithme EM (maximisation de la vraisemblance)
- Intervalles de confiance par inversion de la Hessienne
- Attention à la surparamétrisation !

Package MARSS en R, Holmes *et al.* (2014)

Simulation de dynamique de communautés

Plan d'expérience

- 10 groupes, 2 covariables saisonnières
- 3 scenarii: environnement sans interaction, interaction sans environnement, effet des deux
- 10 répétitions

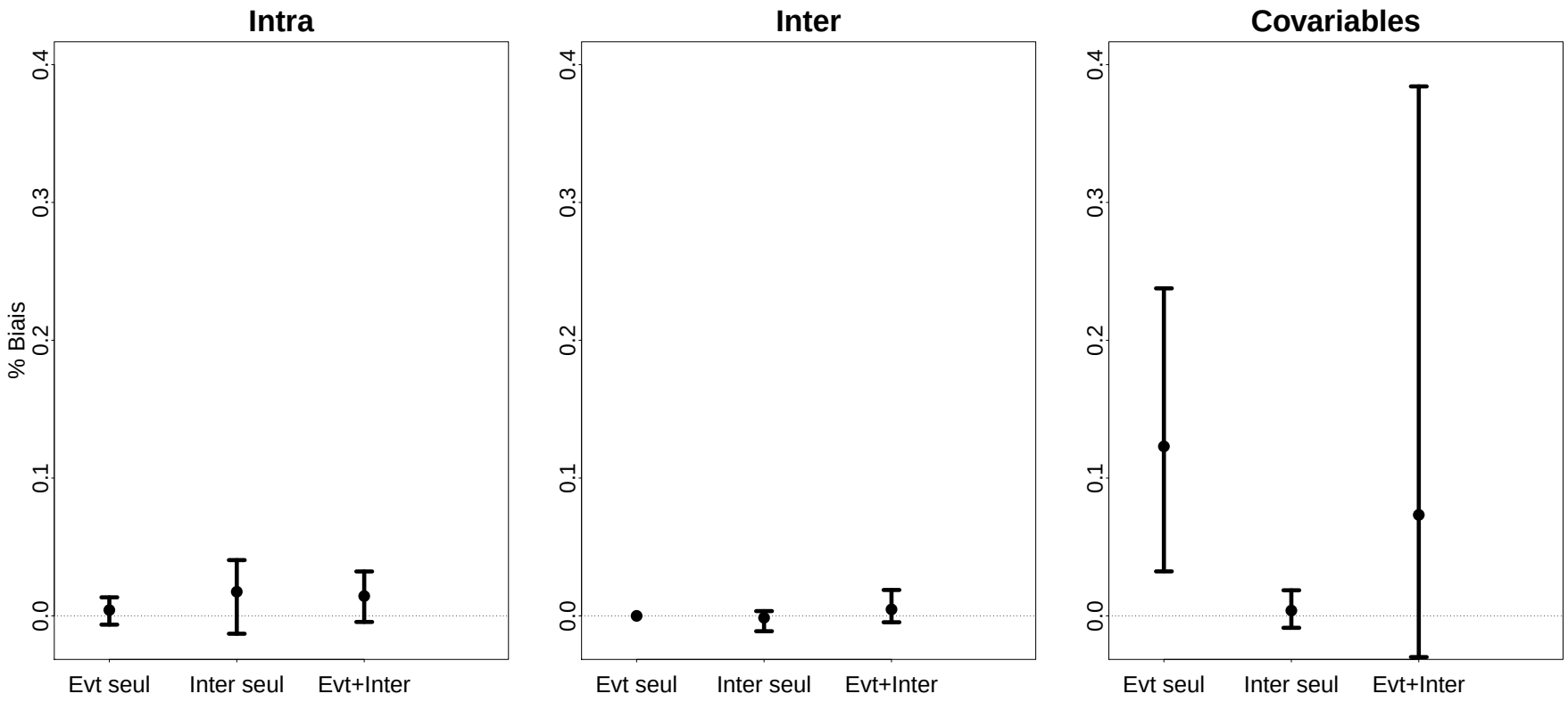
$\Rightarrow$ 30 simulations

Estimation

- Même contrôle sur les algorithmes
- Matrice de communautés diagonale ou non contrainte

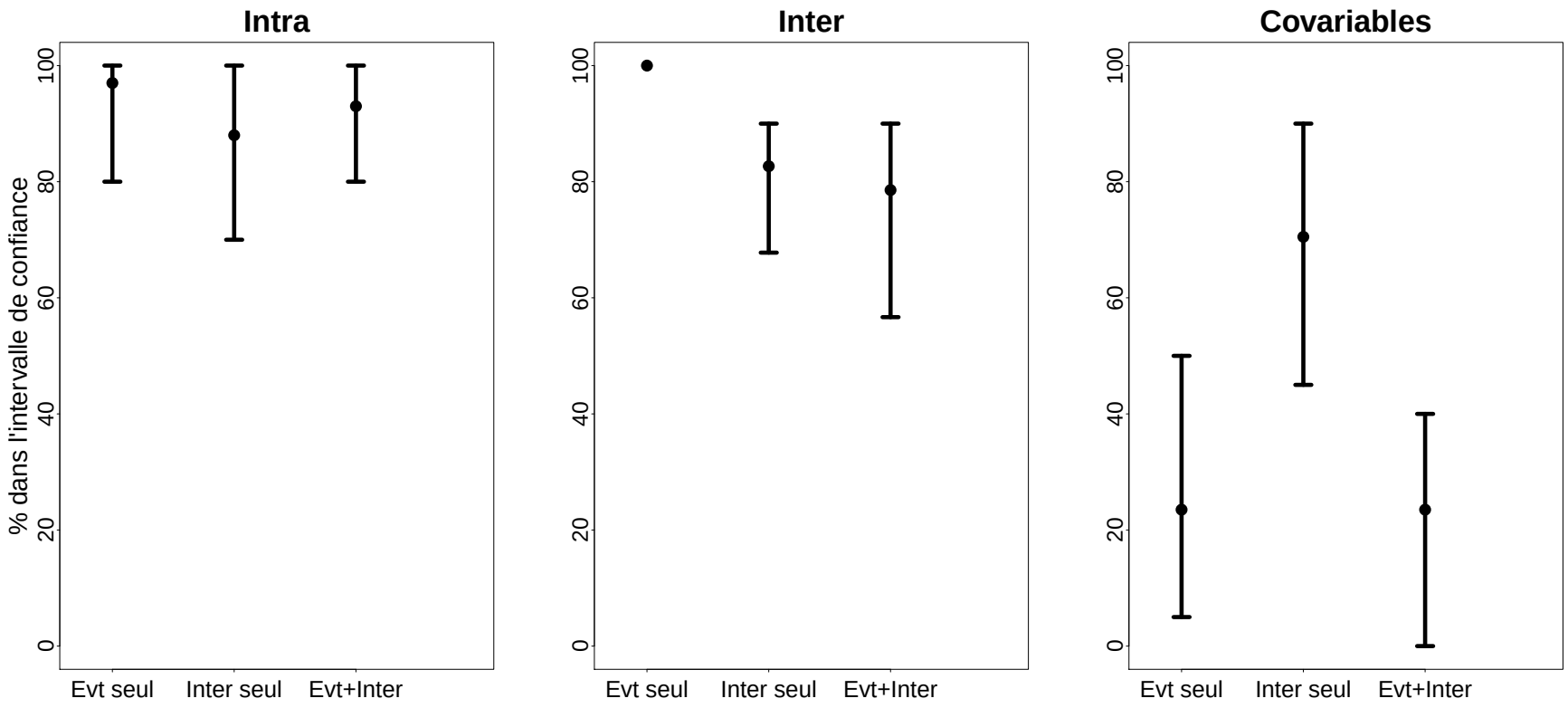
$\Rightarrow$ 2 modèles

Simulations : biais



- Tendance globale à sous-estimer les effets
- Sous-estimation plus forte pour les variables d'environnement

Simulations : intervalle de confiance à 95%



- Coefficients d'interactions bien retrouvés
- Variables environnementales problématiques pour effets mixtes

Simulations : effet sur les conclusions globales

Significativité

- Faux positifs : ≈ 0.4 pour les interactions entre groupes
- Faux négatifs : ≈ 3 pour les variables d'environnement

Signe des coefficients

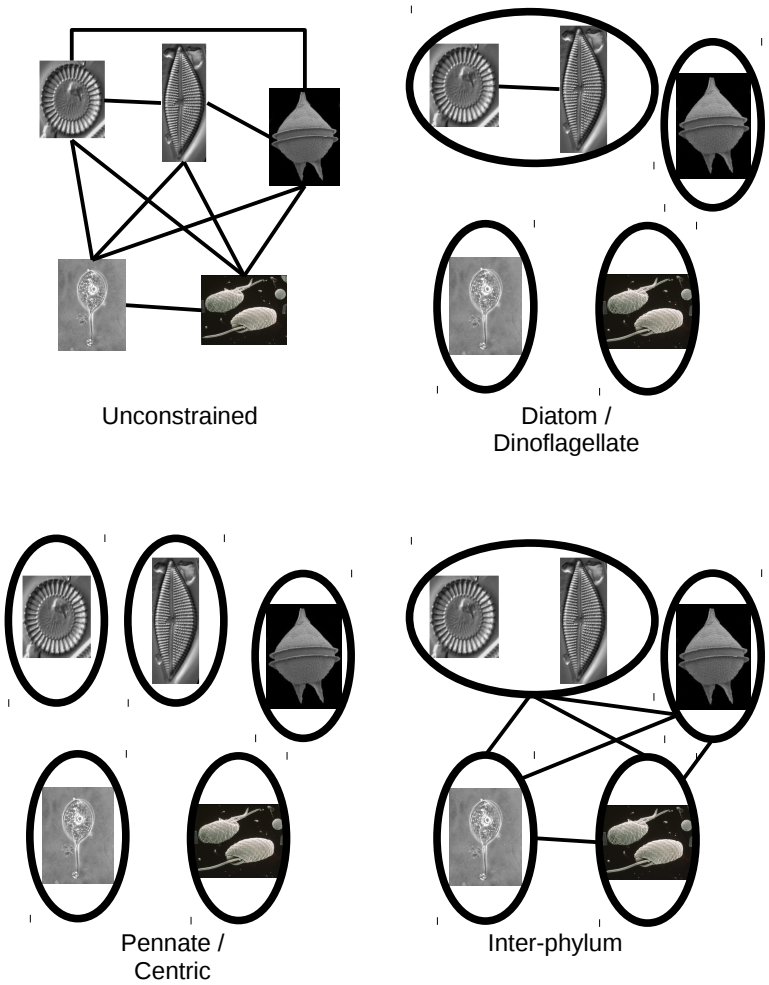
Pour les valeurs significatives

- Pas d'erreur pour intra-groupes
- ≤ 1 erreur pour inter-groupes (- $\rightarrow$ + ou + $\rightarrow$ -)
- Pas d'erreur pour covariables

Modèle d'Arcachon

- Séries longues : depuis 1987
- 2 sites, échantillonnés toutes les 2 semaines
- >300 taxa identifiés (12 genres conservés)
- Variables environnementales (REPHY, ARCHYD, Météo France...)

Test de plusieurs matrices d'interactions



- Environnement : variables physiques uniquement
- 12 genres ; 5 groupes principaux
- Entre 10 et 144 coefficients d'interactions
- Comparaison de critères de sélections : AIC et dérivés, BIC, cross-validation

Matrice consensus : pennées et centriques

$$
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccccccccccc}
\text{AST} & \text{NIT} & \text{PSE} & \text{SKE} & \text{CHA} & \text{GUI} & \text{LEP} & \text{RHI} & \text{GYM} & \text{PRP} & \text{CRY} & \text{EUG}
\end{array} \\
\begin{bmatrix}
0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/- & 0/+/- & 0/+/- & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0/+/-
\end{bmatrix}
\end{array}
\begin{array}{ll}
\left.\begin{array}{l}\text{AST}\\ \text{NIT}\\ \text{PSE}\\ \text{SKE}\end{array}\right\} & \text{Pennées} \\
\left.\begin{array}{l}\text{CHA}\\ \text{GUI}\\ \text{LEP}\\ \text{RHI}\end{array}\right\} & \text{Centriques} \\
\left.\begin{array}{l}\text{GYM}\\ \text{PRP}\end{array}\right\} & \text{Dinoflagellées} \\
\begin{array}{l}\text{CRY}\\ \text{EUG}\end{array} &
\end{array}
$$

- Cohérence des critères de sélection de modèle
- Même résultats aux deux stations (sauf modèle nul à Teychan)
- Interactions plus "fortes" entre groupes fonctionnels proches

Interactions biotiques

	AST	NIT	PSE	SKE	CHA	GUI	LEP	RHI	GYM	PRP	CRY	EUG
AST	-0.28/-0.33	0.089/0.15	0	0/0.03	0	0	0	0	0	0	0	0
NIT	0/-0.10	-0.40/-0.31	0/-0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSE	0.07/0	0	-0.32/-0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SKE	-0.05/0	0	0	-0.22/-0.40	0	0	0	0	0	0	0	0
CHA	0	0	0	0	-0.38/-0.57	0.06/0	0/0.13	0	0	0	0	0
GUI	0	0	0	0	0/-0.12	-0.27/-0.30	0	0	0	0	0	0
LEP	0	0	0	0	0	0.09/0	-0.35/-0.31	0	0	0	0	0
RHI	0	0	0	0	0.11/0	0	0	-0.32/-0.33	0	0	0	0
GYM	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.34/-0.49	0.07/0.21	0/0.01	0
PRP	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01/0	-0.38/-0.40	0/0.02	0
CRY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.02/0.10	-0.45/-0.46	0
EUG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.33/-0.36

- Très faibles interactions inter-genres
- $\approx$ 70% positives aux deux sites
- Réseaux différents pour les eaux internes et externes

Effets abiotiques

	Salinité		Radiation		Vent	
	Teychan	Buoy 7	Teychan	Buoy 7	Teychan	Buoy 7
AST			-0.14	-0.16		
NIT			0.20			
PSE					-0.09	
SKE						
CHA		-0.08	0.22	0.11		-0.13
GUI						
LEP	-0.14		0.18	0.16		
RHI	-0.07					-0.09
GYM	-0.10					
PRP	-0.11		0.19		0.03	
CRY			0.14			
EUG			0.19			

- Espèces côtières : réponse négative à la salinité
- Radiation solaire comme proxy de la saison ?
- Réponses homogènes : peu de de différenciation de niches

Conclusion

Une réponse au paradoxe du plancton ?

- Densité dépendence bien supérieure à la compétition entre groupes
- Effet de la phylogénie sur les interactions inter-genres
- Des niches différenciées mais difficiles à qualifier avec les données disponibles
- A venir très prochainement : effets non linéaires ? Causalité Granger ?

Et chez les autres ?

- MAR / VAR : un modèle de plus en plus utilisé en écologie
- Grande variabilité des interactions (type et force) en fonction du lieu/de l'étude

Contrôle de la variabilité interannuelle de la composition du phytoplancton de la Baie de Calvi (Corse) par les facteurs environnementaux

Anne GOFFART, Bruno ANDRAL, Yoann BALDI, Françoise MARCO-MIRALLES, Pierre LEJEUNE, Catherine BELIN

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

Ifremer

Journées REPHY 2016

rephy

Contrôle de la variabilité interannuelle de la composition du phytoplancton de la Baie de Calvi (Corse) par les facteurs environnementaux

Anne GOFFART [1,*], Bruno ANDRAL, Yoann BALDI, Françoise MARCO-MIRALLES, Pierre LEJEUNE, Catherine BELIN

[1] University of Liège, Belgium

** A.Goffart@ulg.ac.be*

STARESO
Station de Recherches Sous-Marines et Océanographiques

Université de Liège

30 11 2016

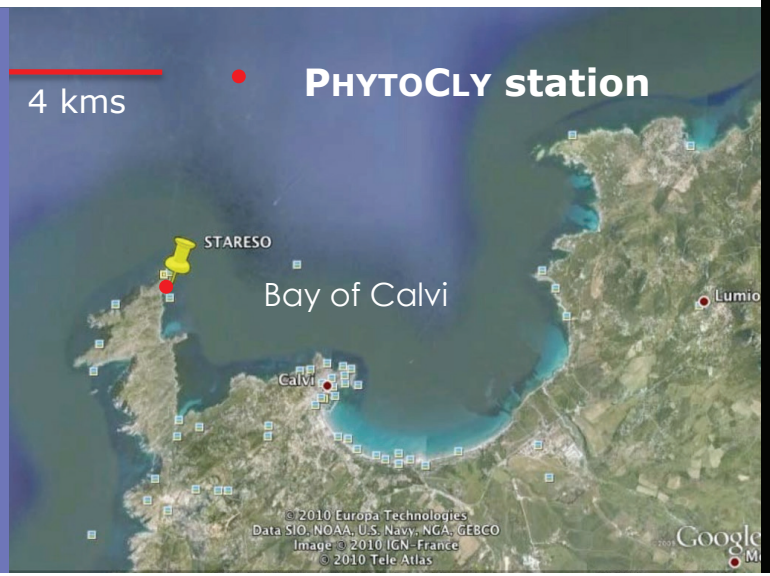
Objectifs

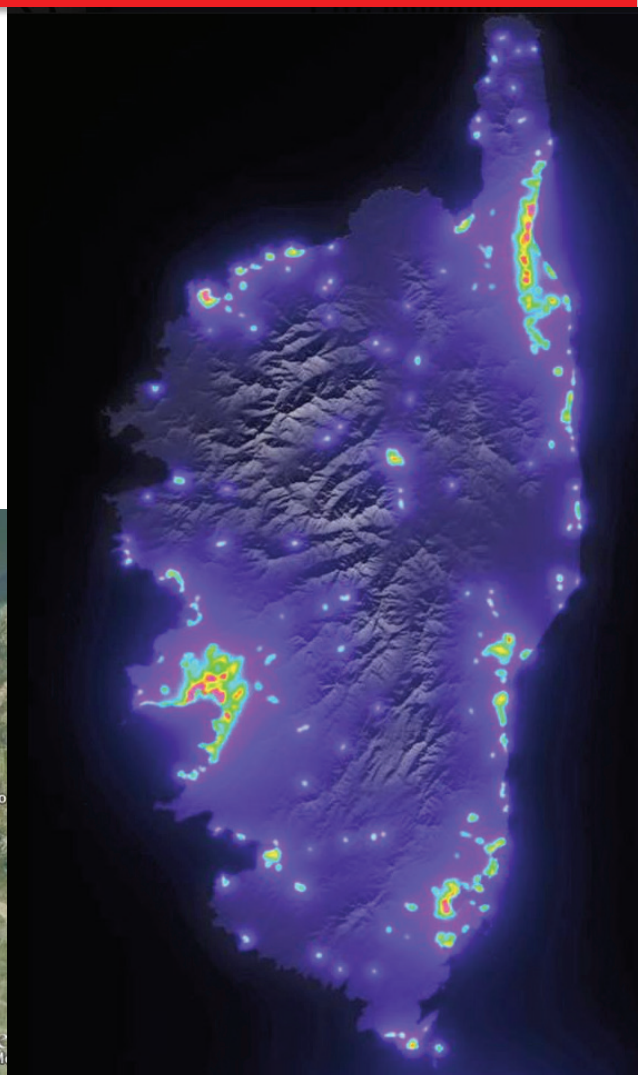
Synthétiser les connaissances sur le contrôle de la variabilité interannuelle du phytoplancton par les facteurs environnementaux dans un site côtier méditerranéen peu impacté par l'activité anthropique locale dans le but :

- **de définir les préférences environnementales et les niches écologiques des principaux groupes phytoplanctoniques,**
- **d'acquérir la connaissance nécessaire au développement d'indices de qualité basés sur le phytoplancton (e.g. indice de composition IC MEDIT).**

The studied area : the Bay of Calvi, Corsica, Western Mediterranean

- **Open bay and narrow shelf**
- **Presence of a deep canyon in front of the city of Calvi**
- **Few anthropogenic pressures**
- **Low-runoff system**
- **Reference for the WFD**





STARESO
Station de Recherches Sous-Marines et Océanographiques

Université de Liège

Long-term time series (surface data, 1979-2014)

STARESO
STAtion de Recherches
Sous-marines et Océanographiques de l'Université de Liège

Long-term time series (surface data, 1979-2014)

From 1979 :

- water temperature and wind (34 years)
- phytoplankton (chl *a*, 18 years; pigments, 15 years, continuous data from **2006**)
- zooplankton (16 years, continuous data from 2003)

From 1988 :

- nutrients (16 years, continuous data from **2006**)

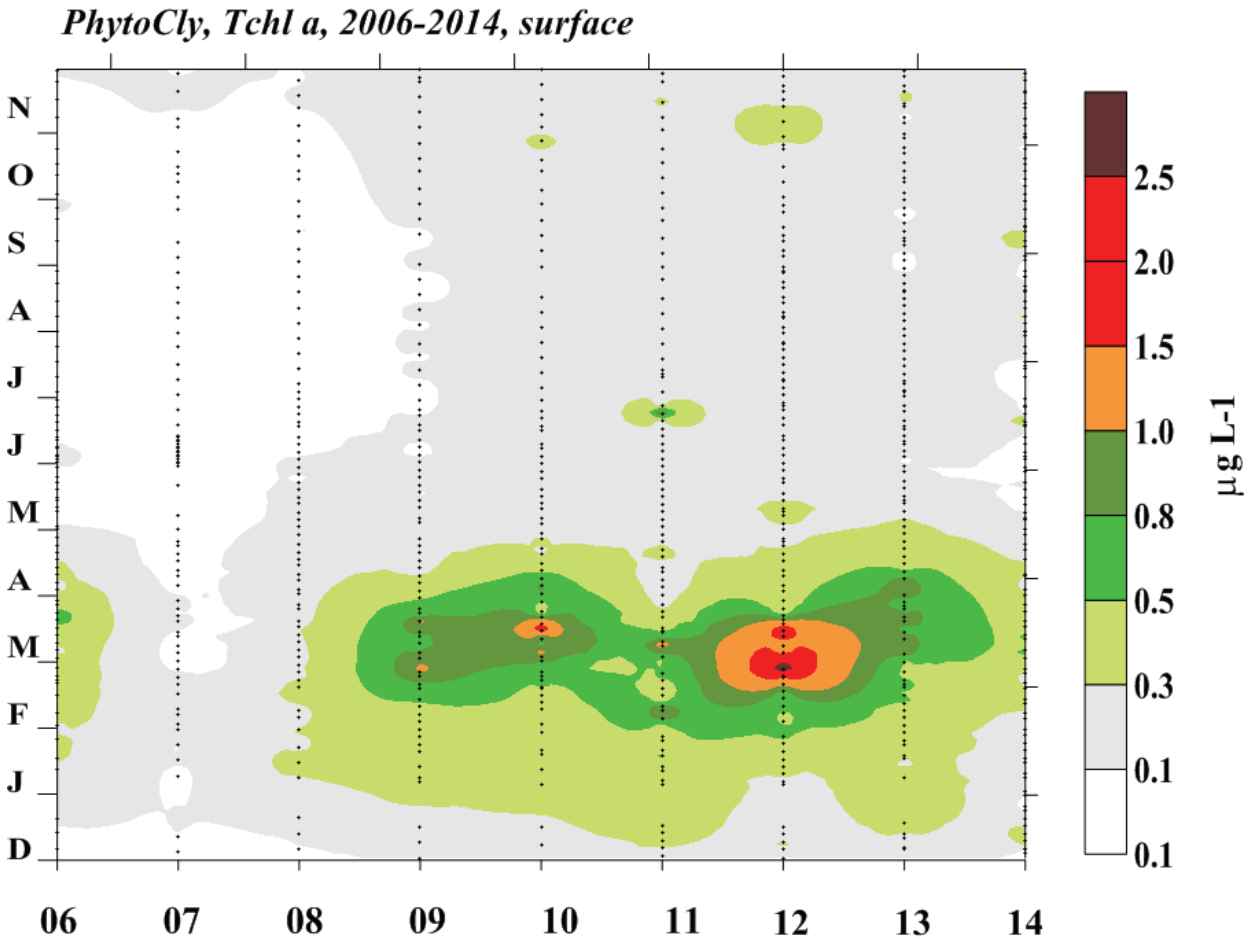
From 2006 :

- **WFD monitoring, including pigment survey (HPLC)**

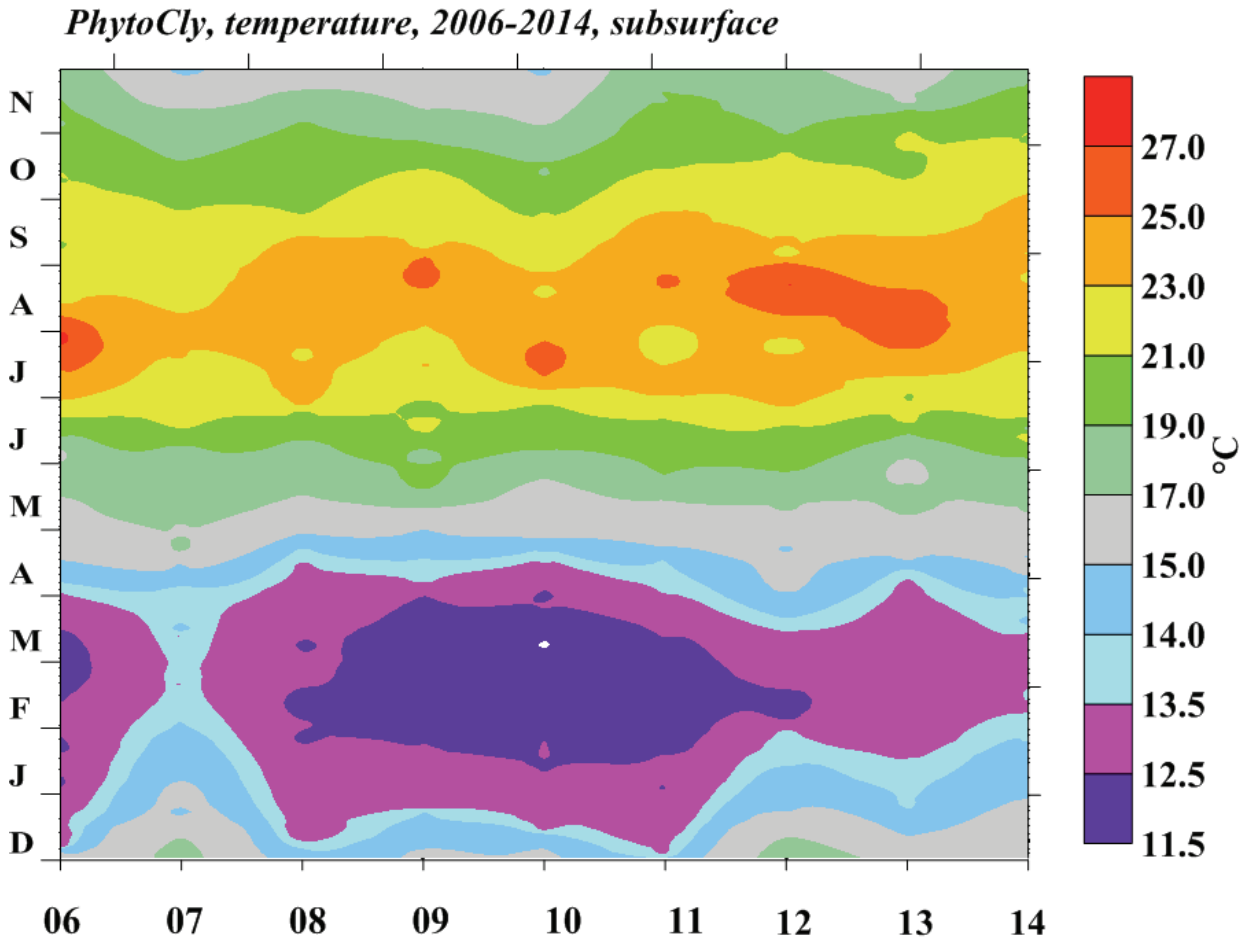
High sampling frequency during the winter-spring period :

- Phytoplankton and nutrients : daily to biweekly
- Zooplankton : weekly.

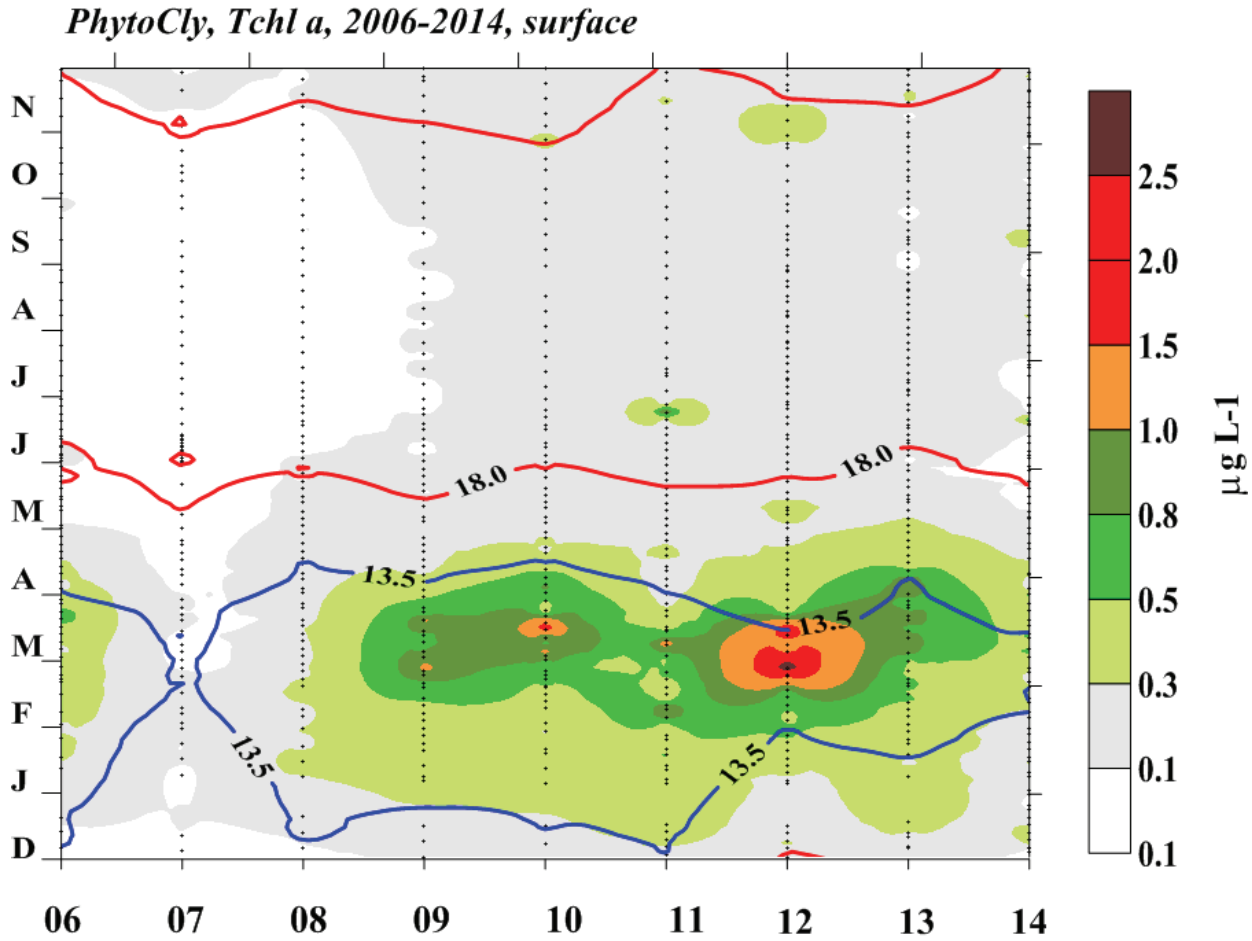
High seasonal and interannual variability in phytoplankton biomass



High seasonal and interannual variability in water temperature



High seasonal and interannual variability in phytoplankton biomass



Winter intensity index (WII)

Winter intensity index (WII)

WII : A WINTER INTENSITY INDEX

We define a Winter Intensity Index

$$WII = (CW \times WE) / 1000,$$

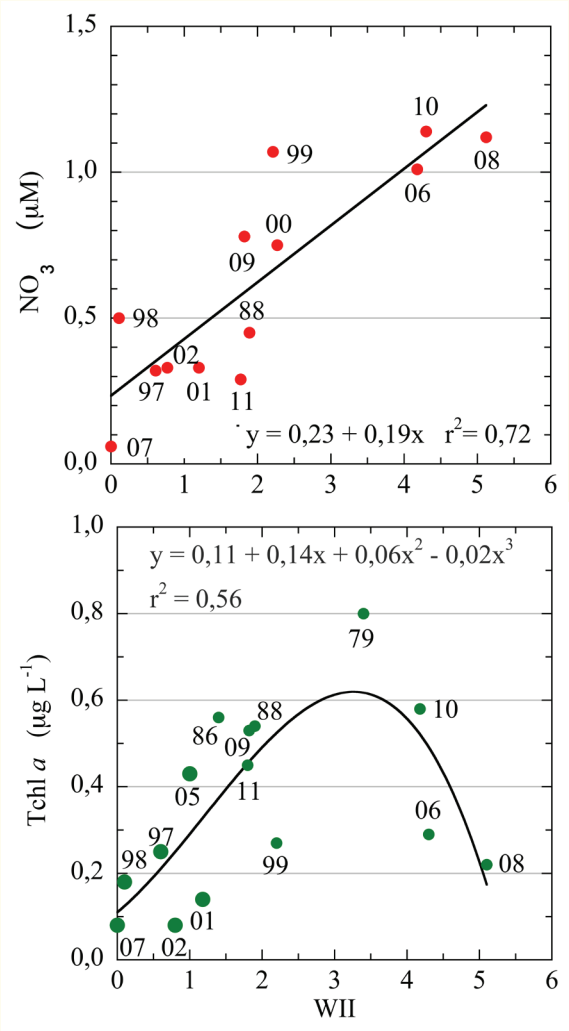
where CW is the duration (number of days) of the cold-water period, and WE is the number of wind events during the cold-water period (Goffart et al., Progress in Oceanography, 2015).

Winter intensity index (WII)

NUTRIENTS AND TCHL *a* VS WII

DURING THE COLD-WATER PERIOD

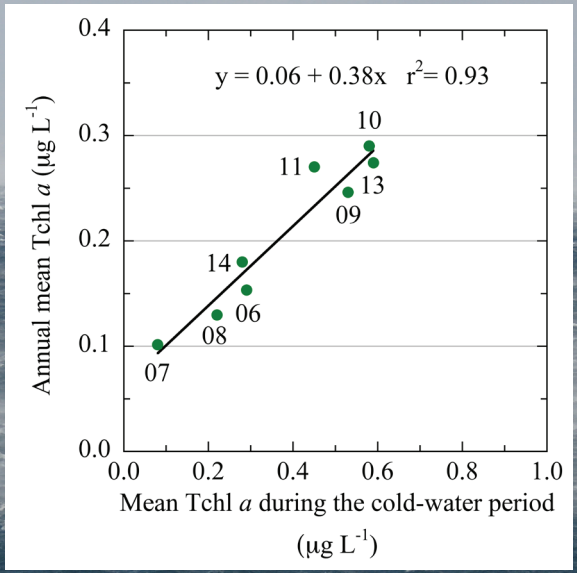
The plots of nitrate and Tchl *a* averaged over the cold-water periods as function of WII show highly significant relationships (Goffart et al., 2015, Progress in Oceanography).



Winter intensity index (WII)

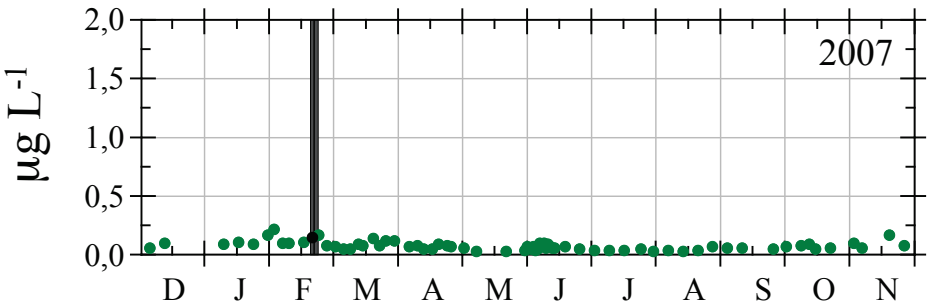
RELATIONSHIPS BETWEEN COLD-WATER PERIOD AND ANNUAL MEAN CONCENTRATIONS

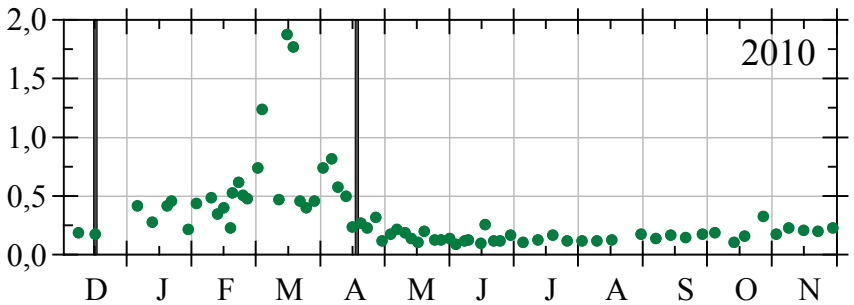
When nutrient and phytoplankton were sampled over the entire year, strong positive correlations are observed between cold-water period and annual mean concentrations.

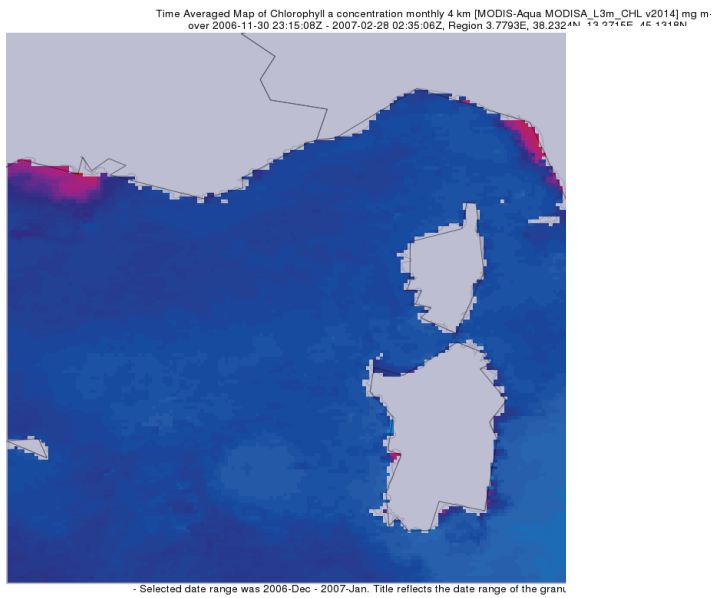


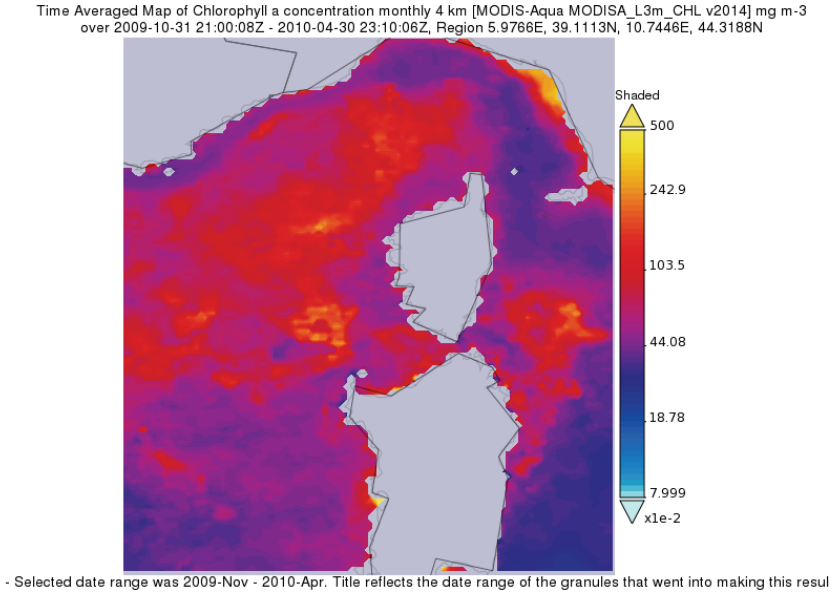
WINTER INTENSITY IS A KEY DRIVER OF PHYTOPLANKTON BIOMASS OVER THE YEAR

High seasonal and interannual variability in phytoplankton biomass









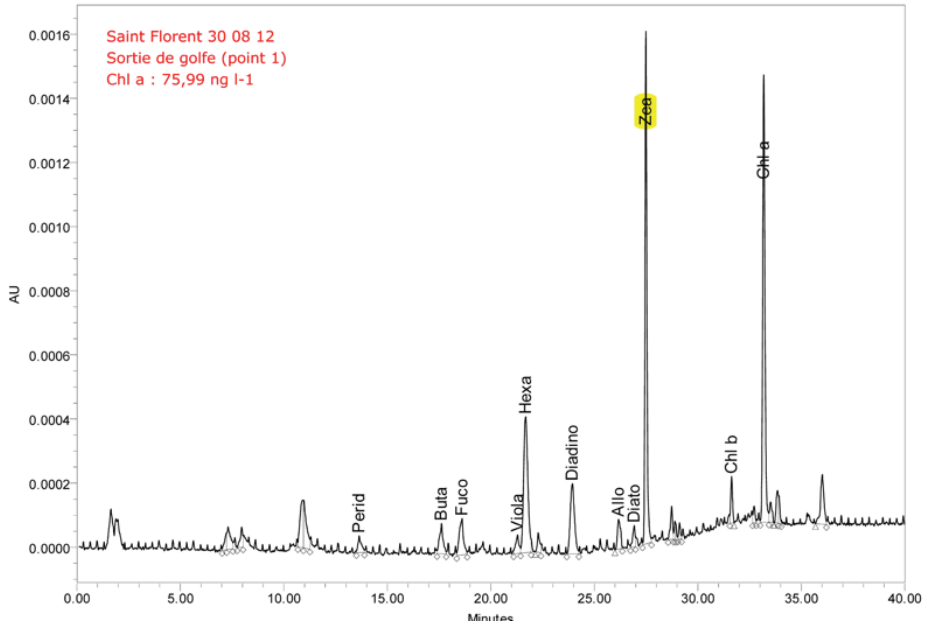
Control of phytoplankton composition by environmental factors

- **Comptages de flore totale (microphytoplancton, données Quadrige, *données Ifremer/Quadrige/Rephy*)**

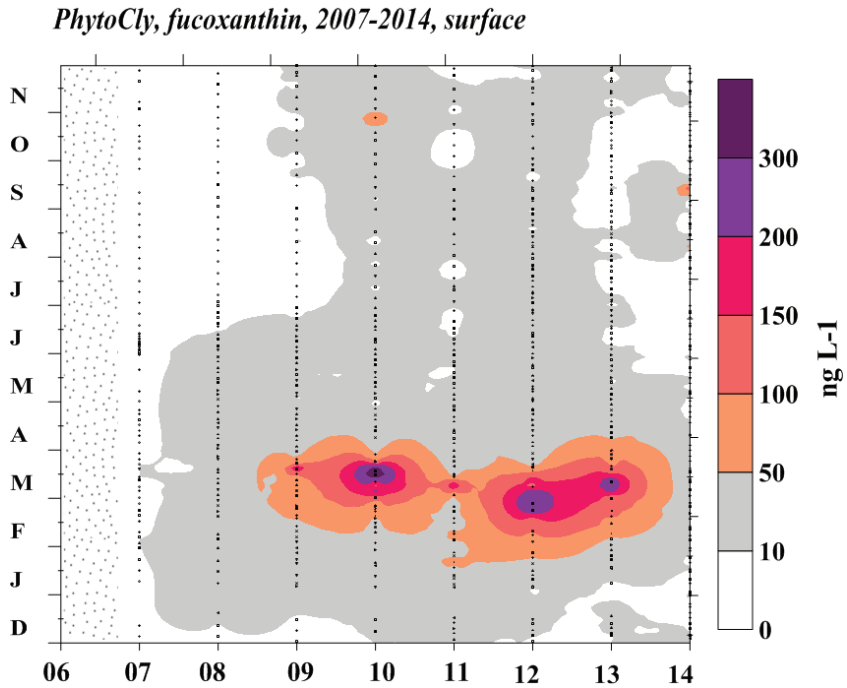
- **Etude de la signature pigmentaire du phytoplancton (chémotaxonomie) : mesures des concentrations en pigments et application de CHEMTAX**

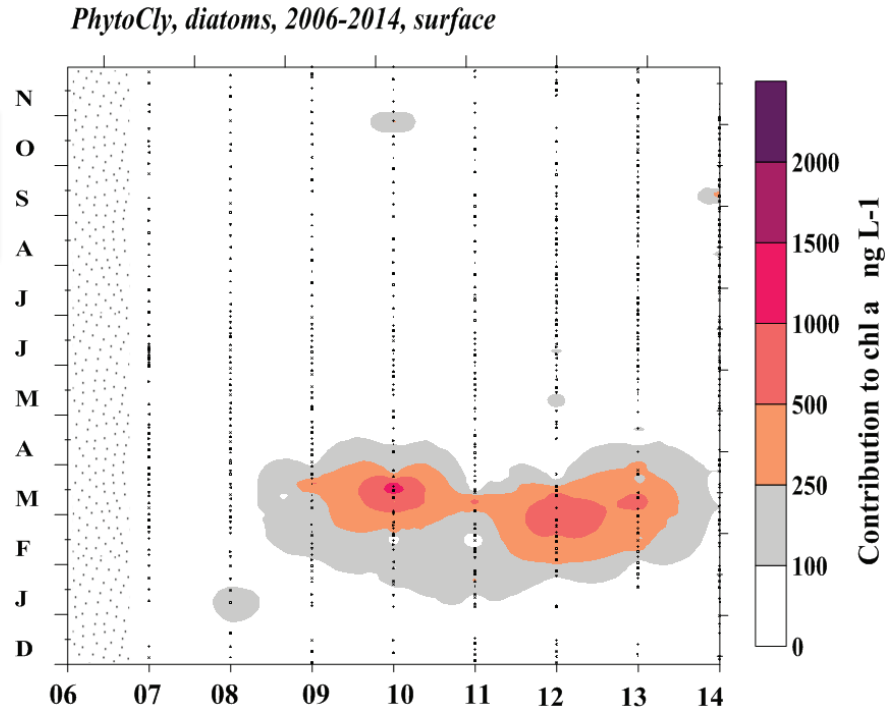
Avantages :

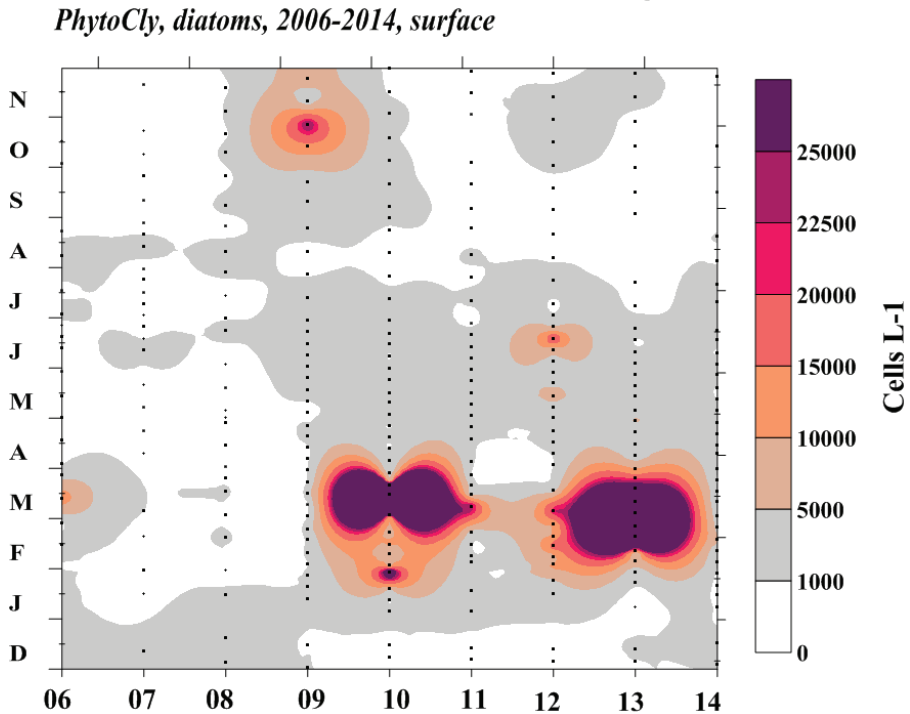
- **informations sur toutes les classes de taille**
- **biomasse totale et composition**
- **rapidité des analyses (40 min / éch)**
- **niveau d'information taxonomique suffisant pour la DCE**



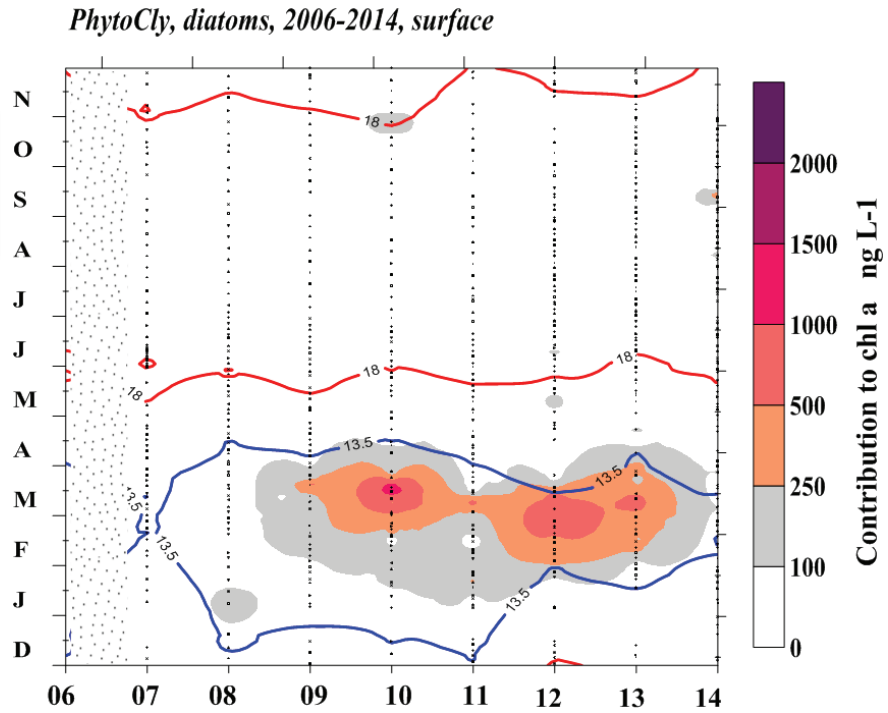
Microphytoplankton : diatoms

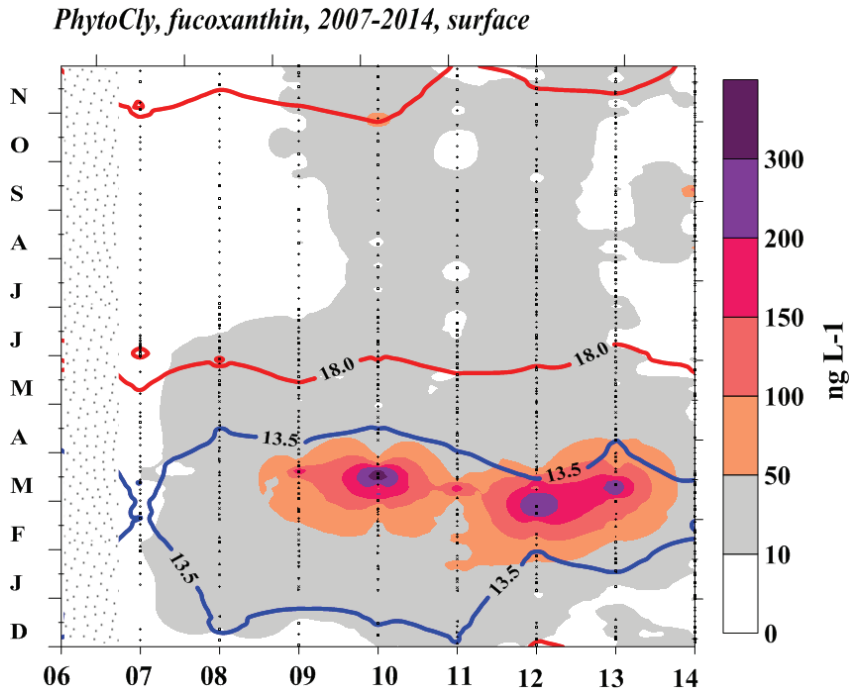


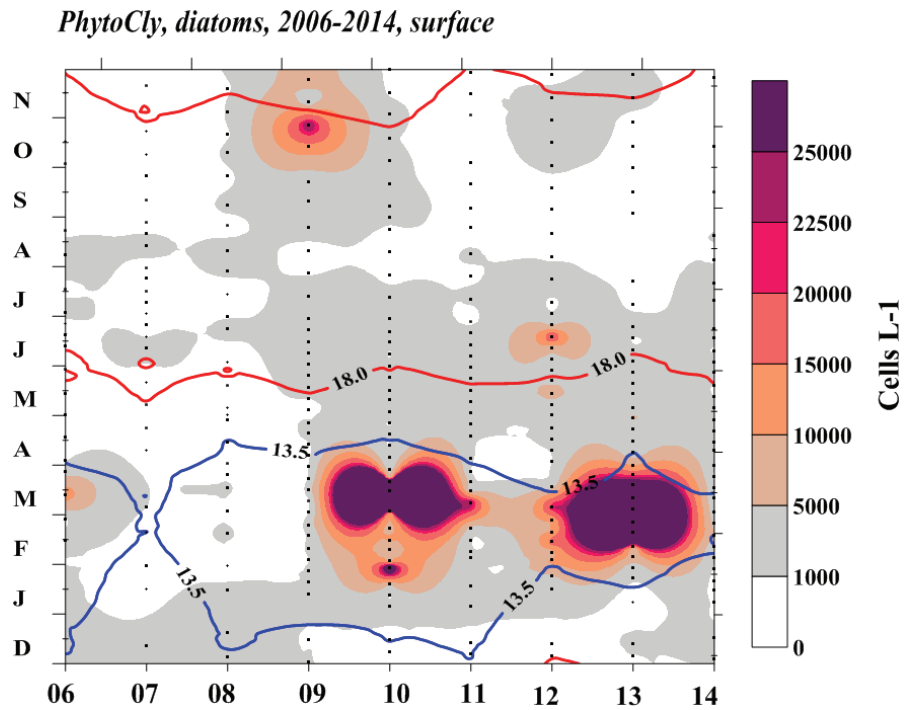




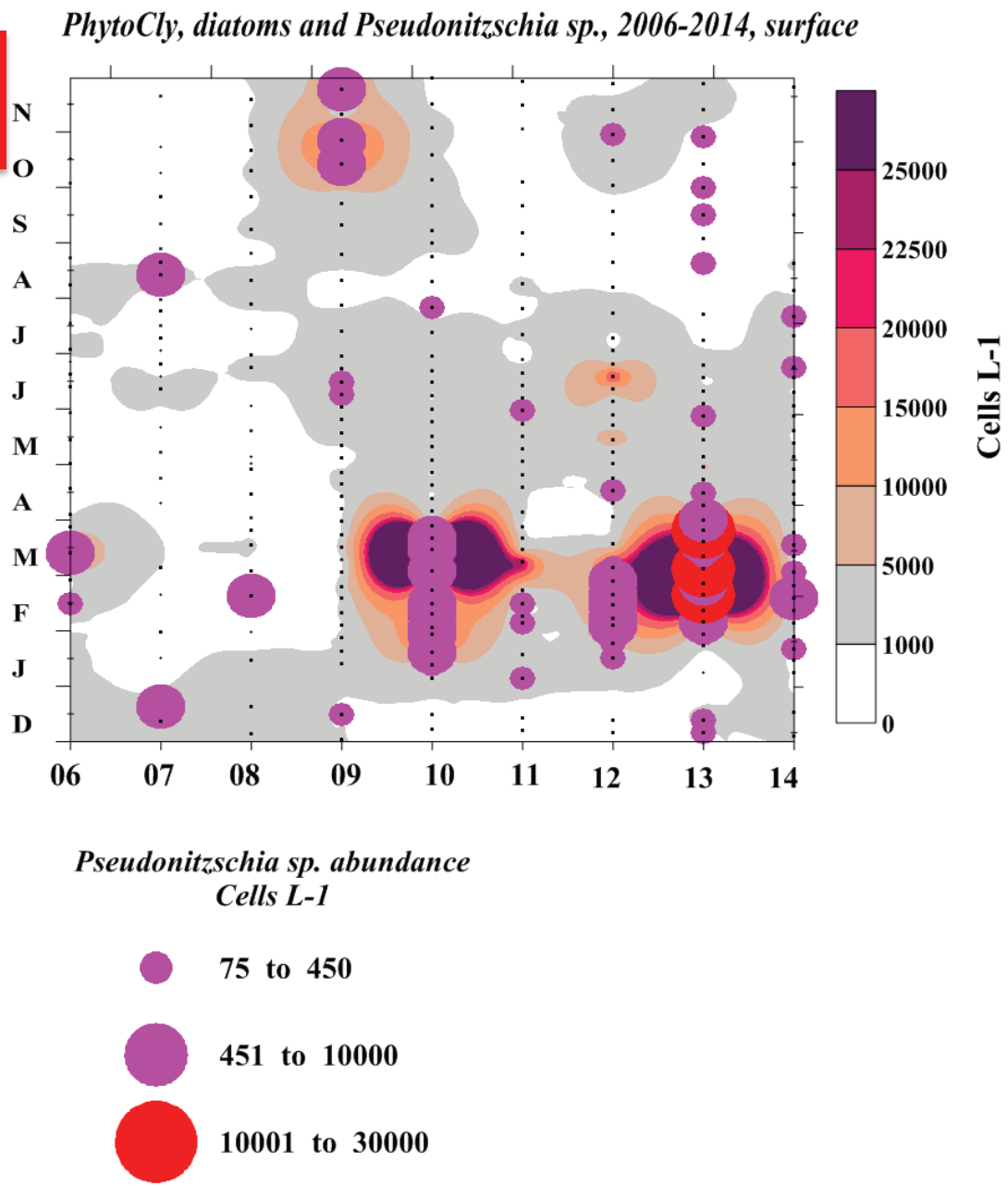
Microphytoplankton : diatoms





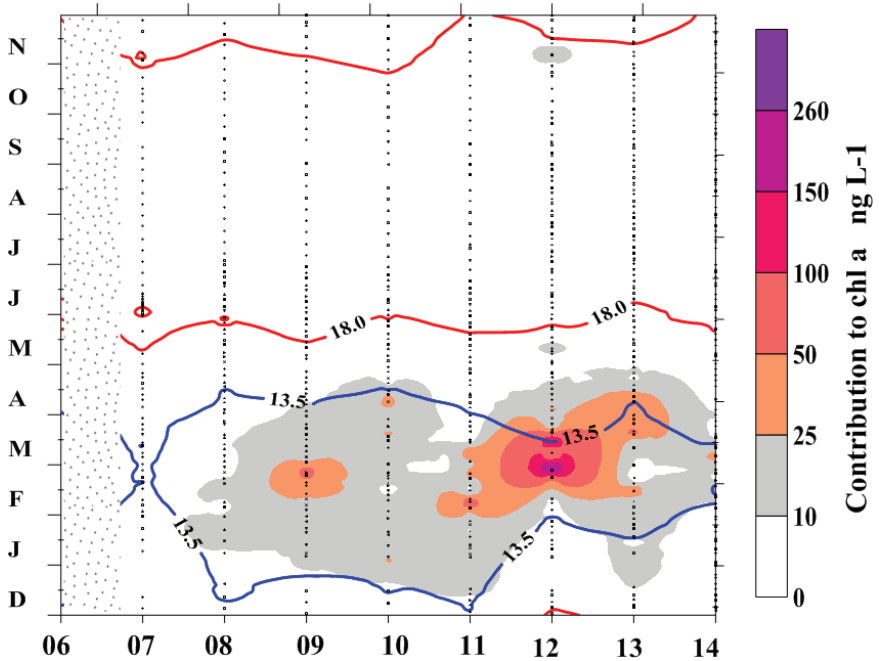


Pseudonitzchia sp.

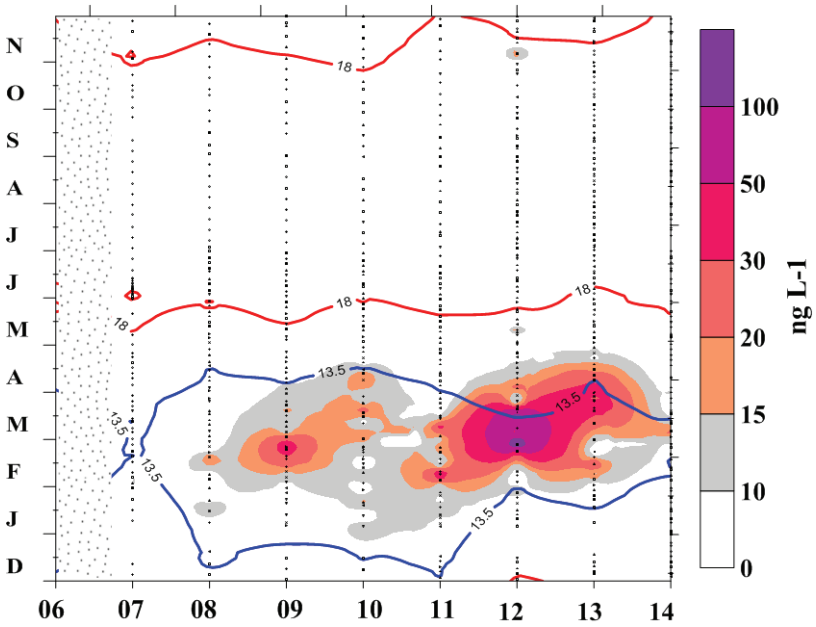


Micro- and nanophytoplankton : cryptophytes

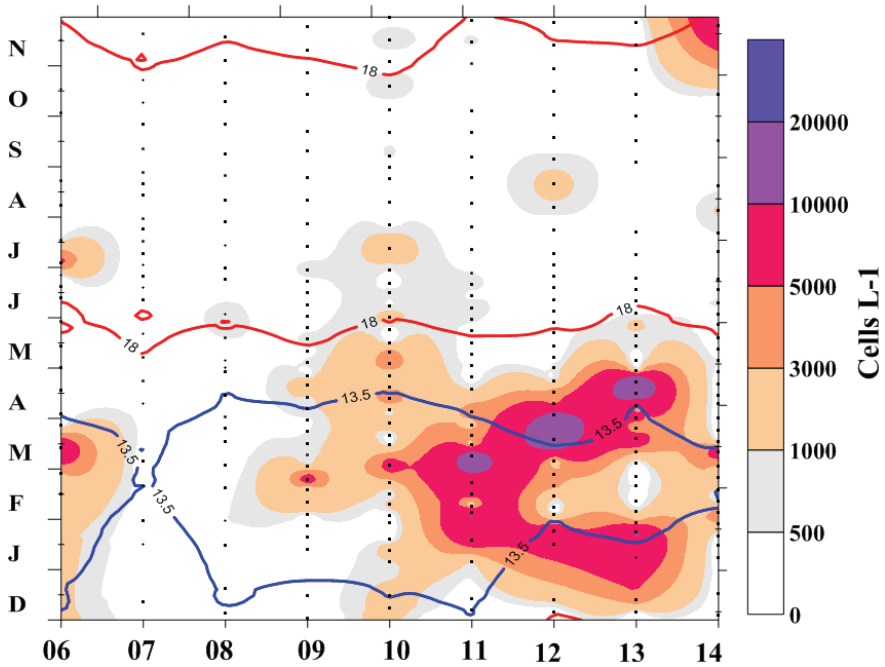
PhytoCly, cryptophytes, 2007-2014, surface



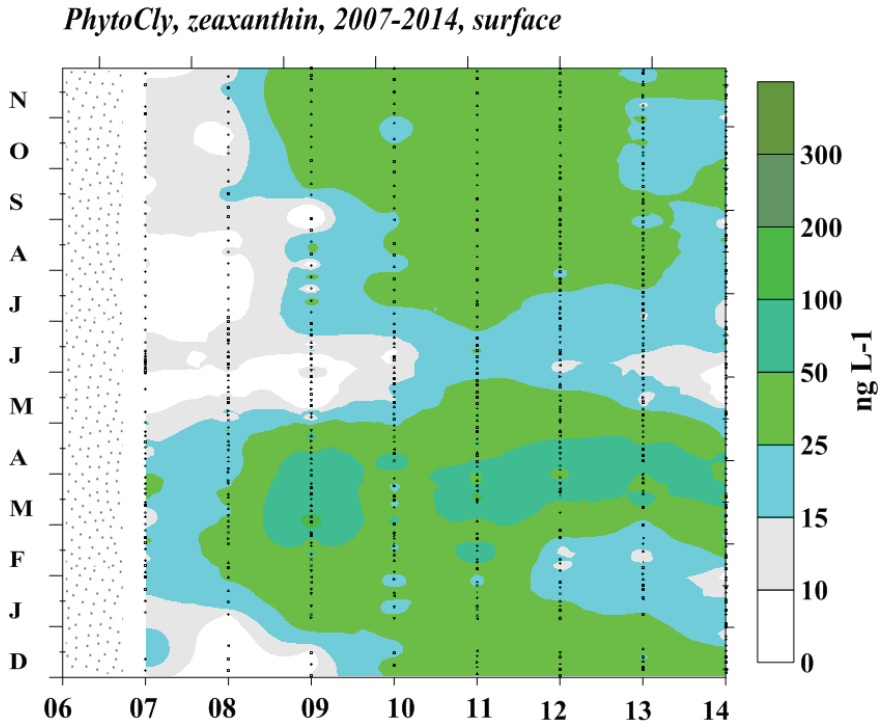
PhytoCly, alloxanthin, 2007-2014, surface

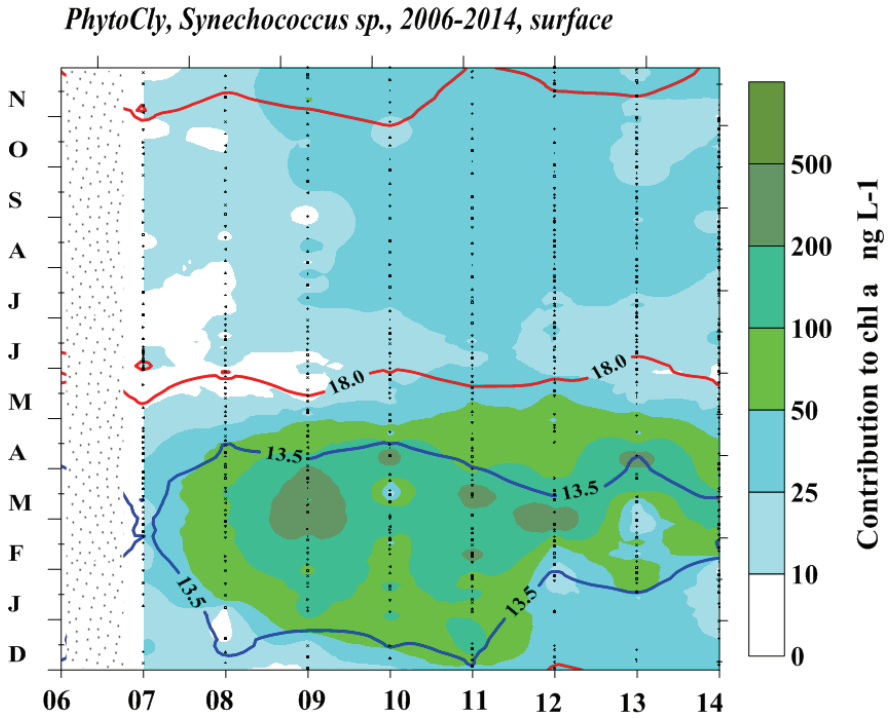


PhytoCly, cryptophytes, 2006-2014, surface

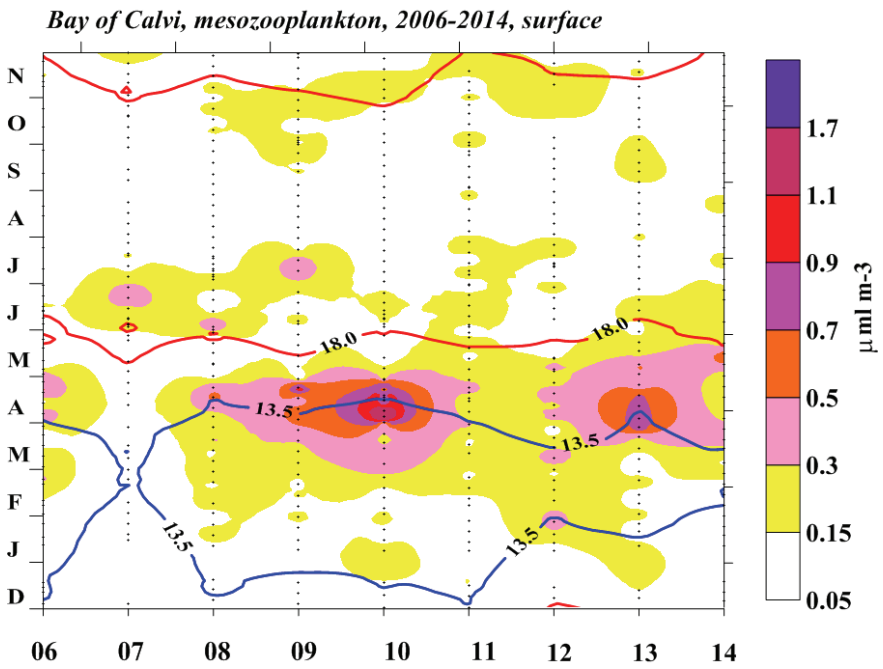


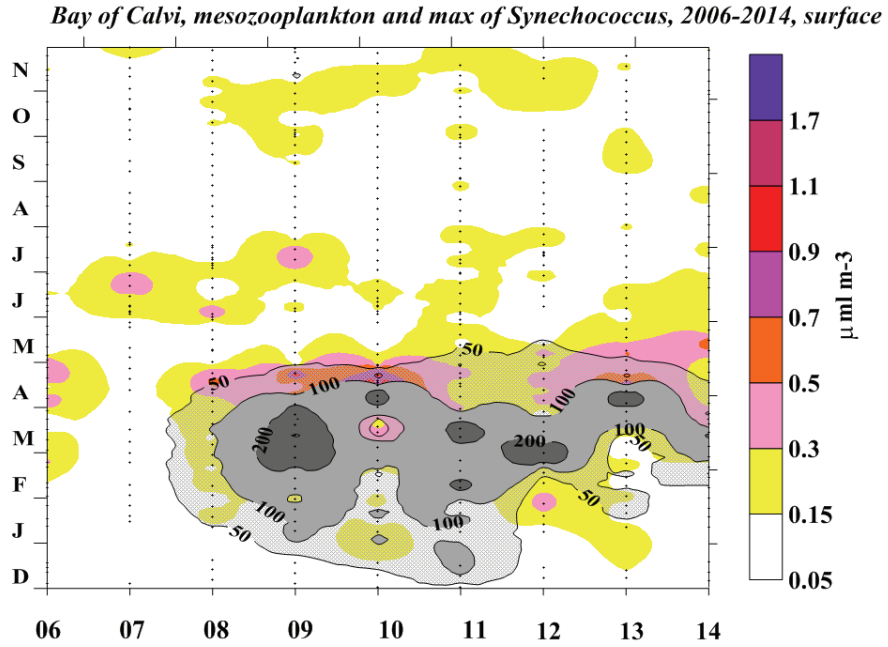
Picophytoplankton : cyanobacteria





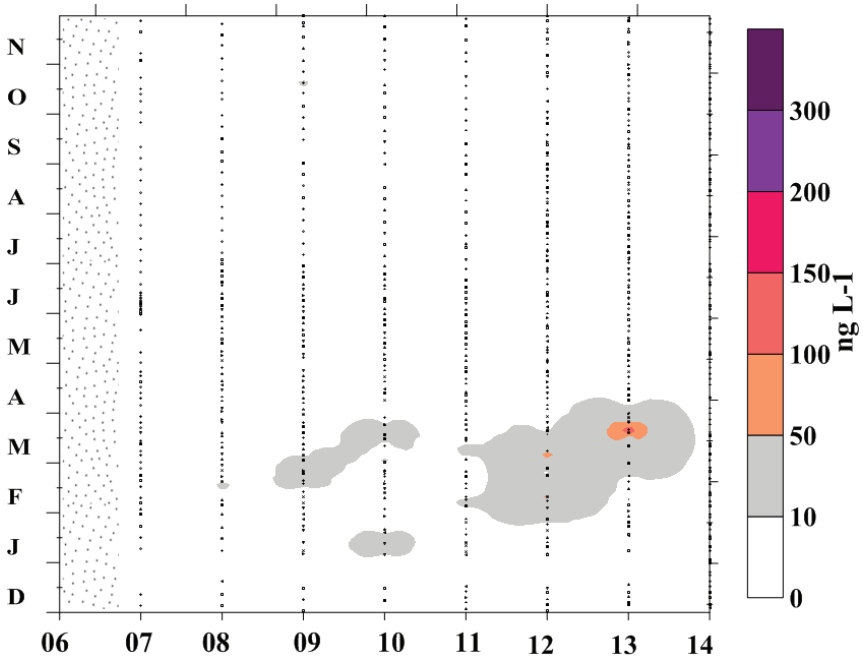
Picophytoplankton : cyanobacteria



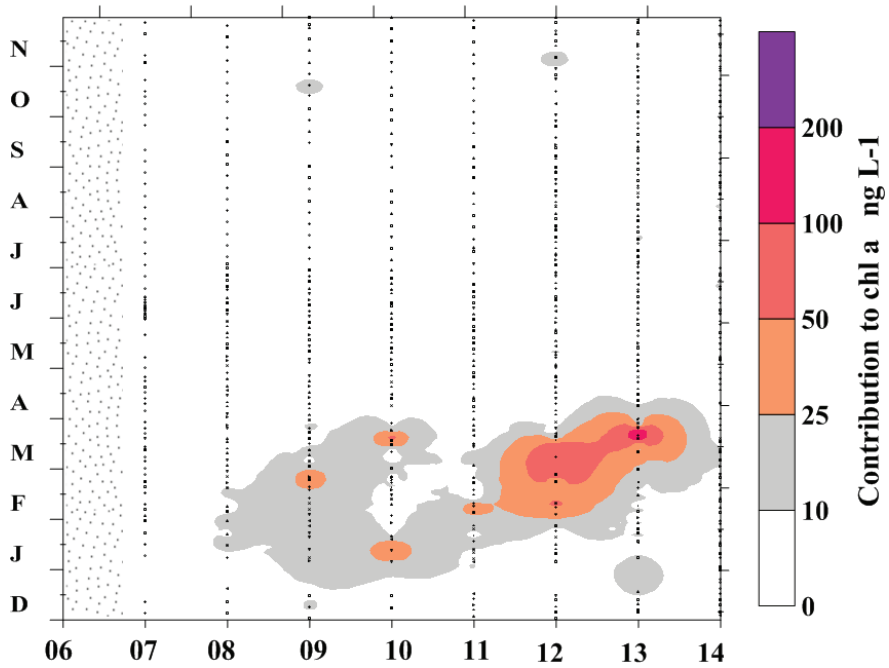


Microphytoplankton : dinoflagellates

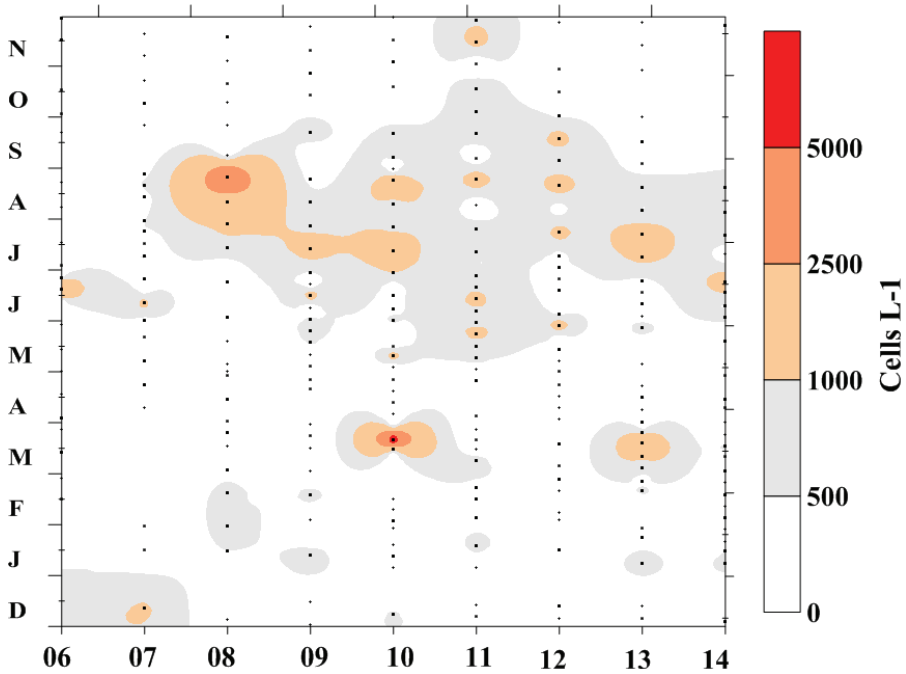
PhytoCly, peridinin, 2007-2014, surface



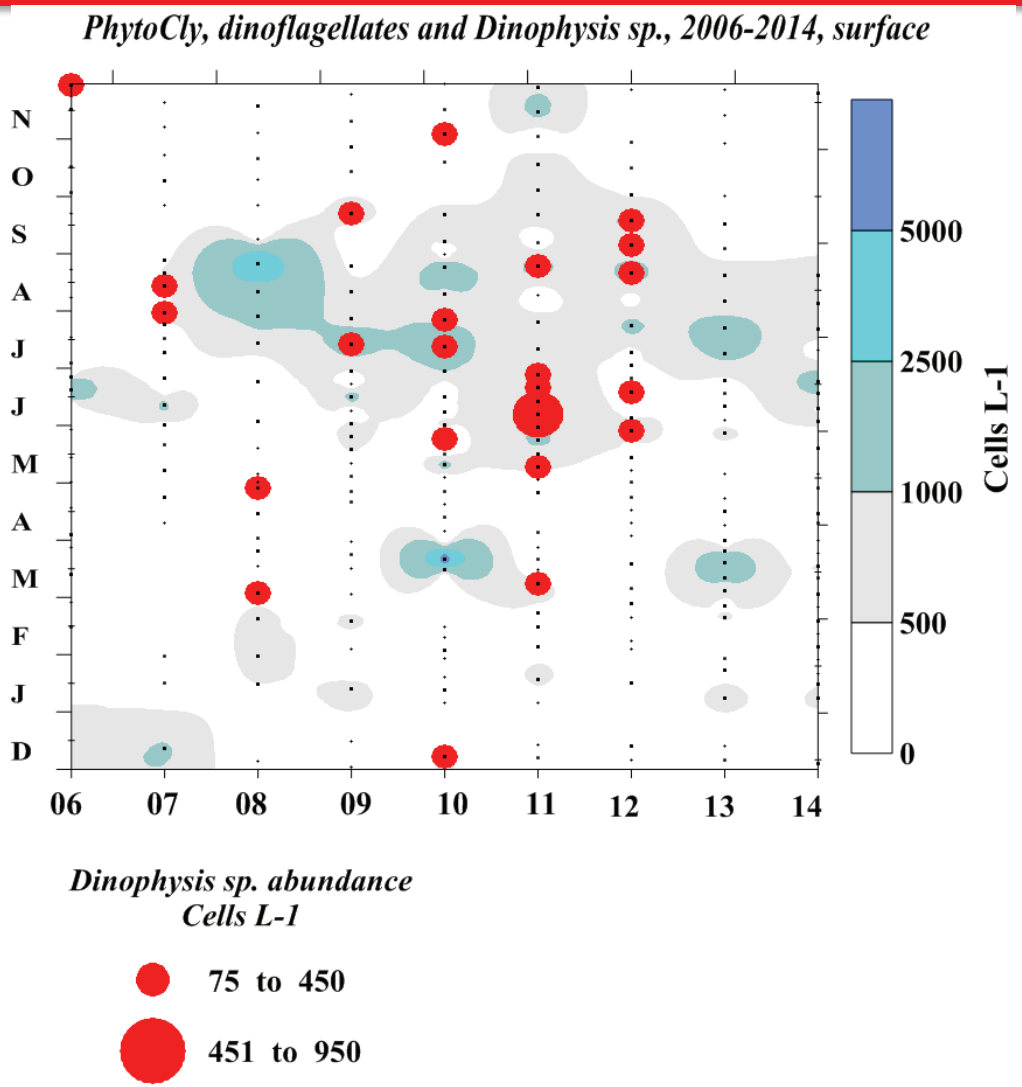
PhytoCly, dinoflagellates, 2007-2014, surface



PhytoCly, dinoflagellates, 2006-2014, surface



Dinophysis sp.



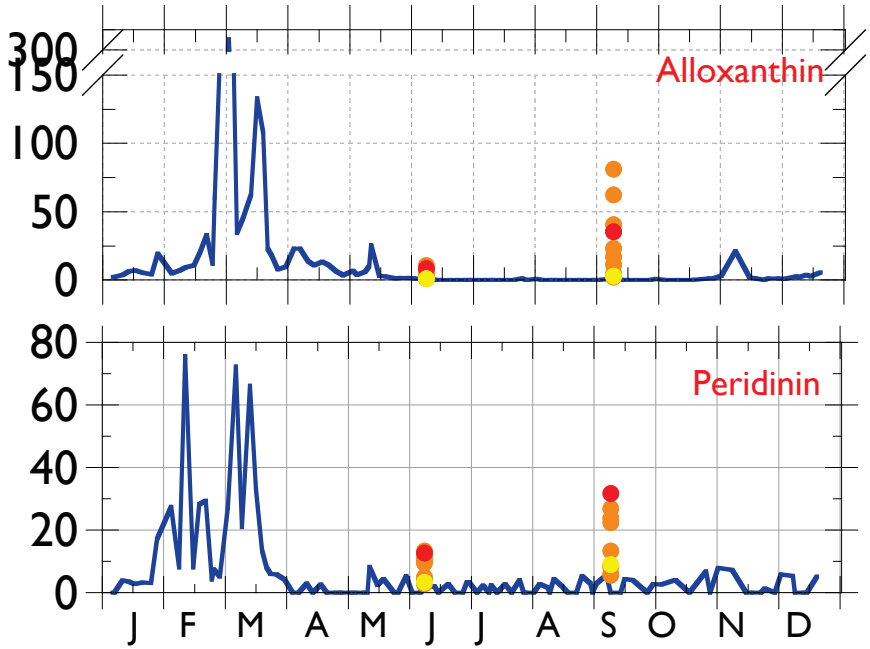
Université de Liège

Conclusions & perspectives

Les suivis haute fréquence et la combinaison des outils « composition pigmentaire » et « flore totale » fournissent les informations permettant de comprendre comment les facteurs environnementaux contrôlent la dynamique des communautés phytoplanctoniques en terme de biomasse et de composition.

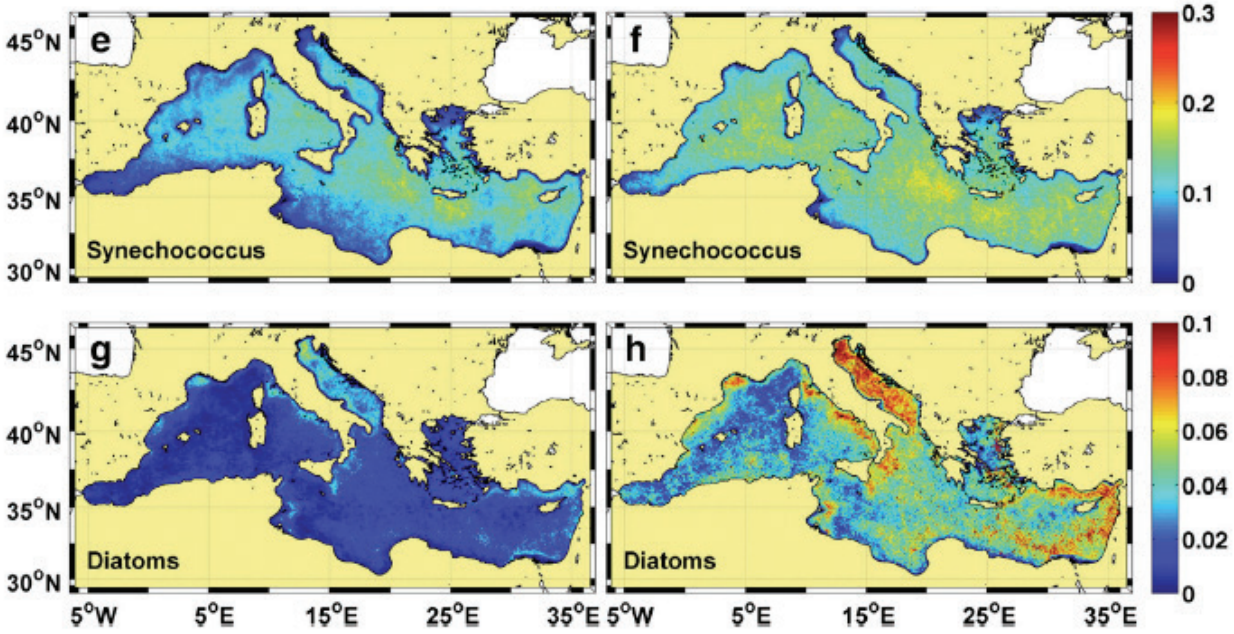
Conclusions & perspectives

Réalisés en zone de référence, les suivis haute fréquence permettent de construire des courbes de référence robustes indispensables à l'élaboration d'outils d'aide à la gestion (*e.g.* indice de composition IC MEDIT, projet ONEMA, collaboration IFREMER)



Conclusions & perspectives

Les suivis haute fréquence permettent une application croisée de méthode de terrain (signature pigmentaire du phytoplancton) et innovantes (imagerie satellitaire) pour déterminer la composition du phytoplancton à grande échelle (projet ONEMA, collaboration IFREMER de Toulon, Sylvain Coudray).



Navarro et al 14, based on pigment concentrations

Université
de Liège
Merci de votre attention !

Recherche d'un INDice d'EUTROphisation Intégré pour évaluer l'état des eaux littorales à partir des archives sédimentaires (projet INDEUTROI)

Caulle Clémence, Andrieux-Loyer Françoise,
Siano Raffaele, Daniel Anne

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

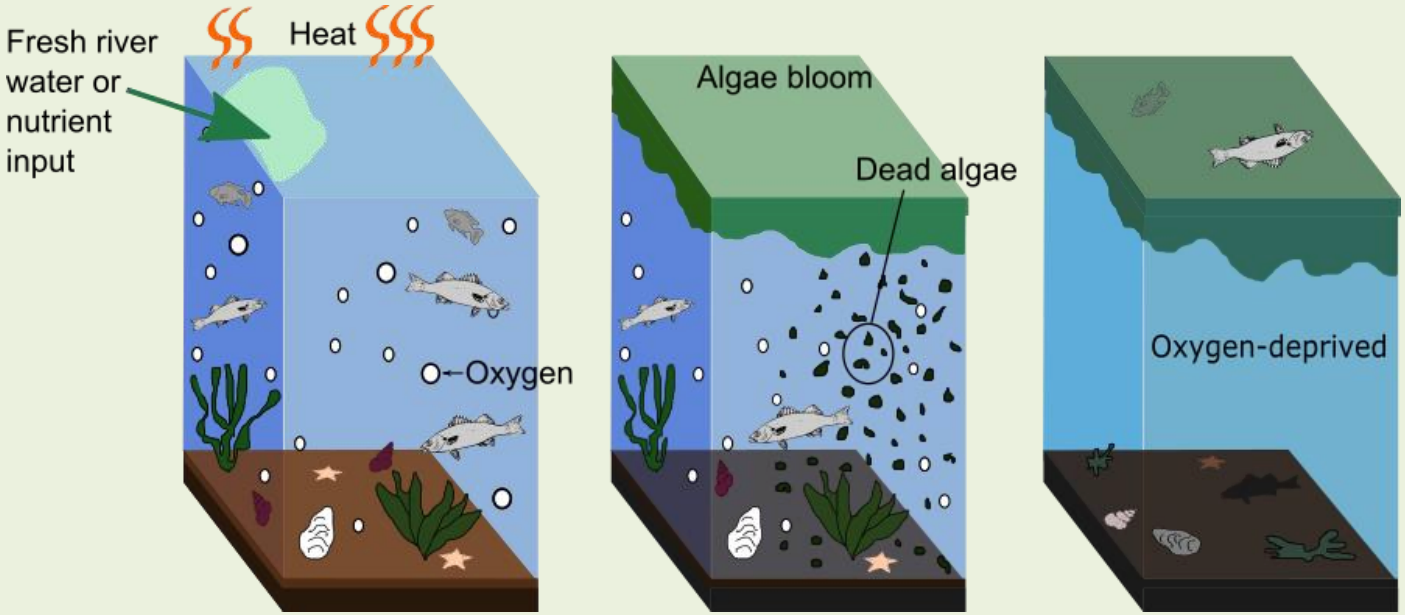
Recherche d'un INDice d'EUTROphisation Intégré pour évaluer l'état des eaux littorales à partir des archives sédimentaires (projet INDEUTROI)

Caulle Clémence, Andrieux-Loyer Françoise, Siano Raffaele, Daniel Anne

30 novembre 2016 – Journées REPHY 2016

Contexte – Evaluation de la qualité des eaux littorales

Eutrophisation : *Enrichissement de l'eau en nutriments, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures qui entraine une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau*

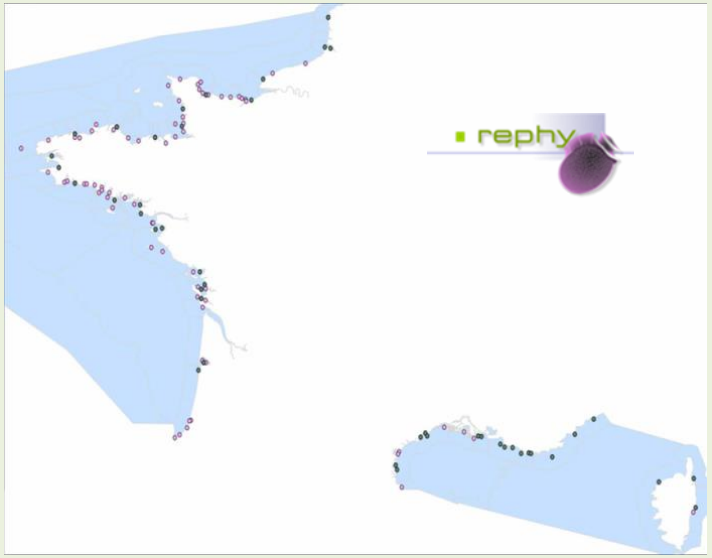


Source: Staff research

Contexte – Evaluation de la qualité des eaux littorales

Besoin
Directives européennes : DCE, DCSMM

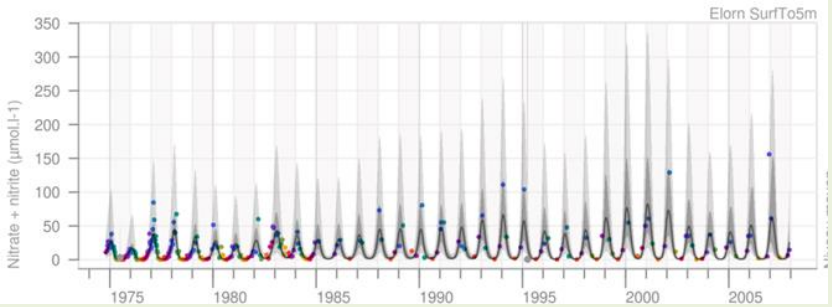
Sites d'études
Réseaux d'observation nationaux et régionaux : REPHY, RNO hydrologie, SRN, RHLN, ARCHYD, RSL



Paramètres "eutrophisation"

t°, salinité, turbidité, oxygène, nutriments, chlorophylle-a, flores phytoplantoniques

Période de suivi
Variable : annuelle, période productive, période estivale

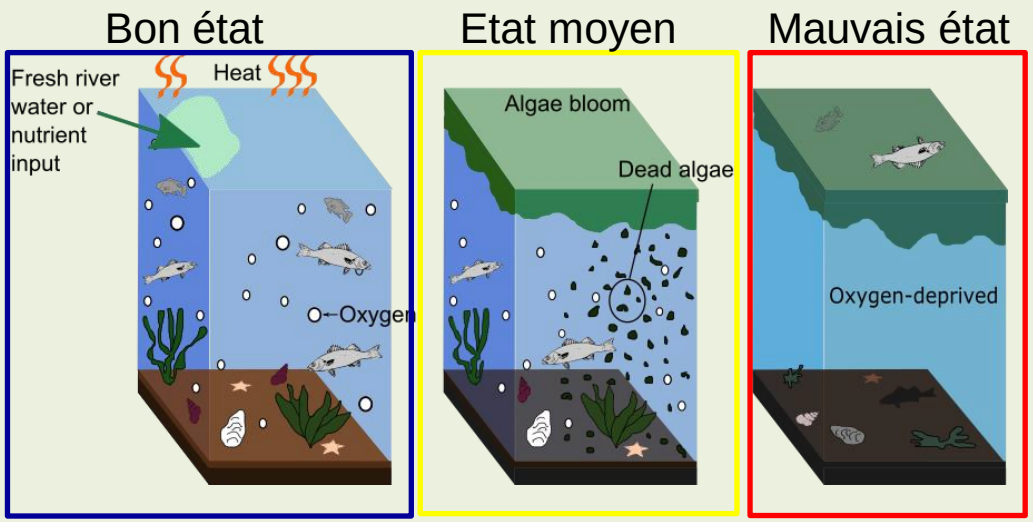


Fréquence
Variable : généralement 1/mois

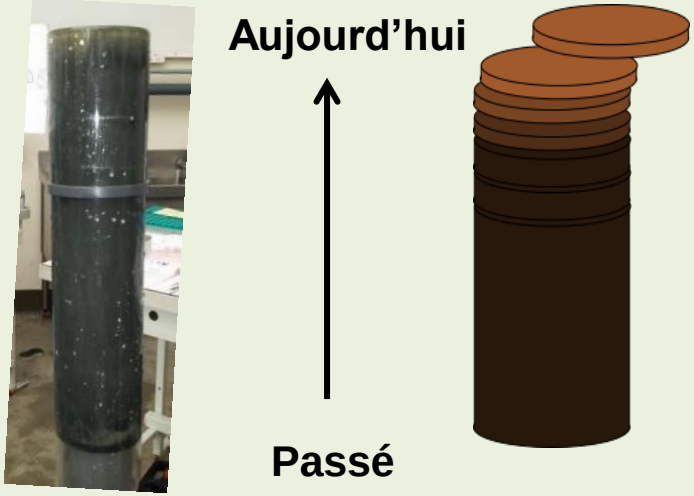
Contexte – Evaluation de la qualité des eaux littorales

Inconvénients des réseaux d'observation conventionnels :

- Peu ou pas de données avant les années 80,
- Fréquence de prélèvement pas toujours adaptée (ex : O_2)



Définition de la paléoécologie



La **Paléoécologie** est :

- "*The ecology of the past" (Birks and Birks, 1980)*

- *"The branch of ecology that studies the past of ecological systems and their trends in time using fossils and other chemical and biological proxies" (Rull, 2010)*

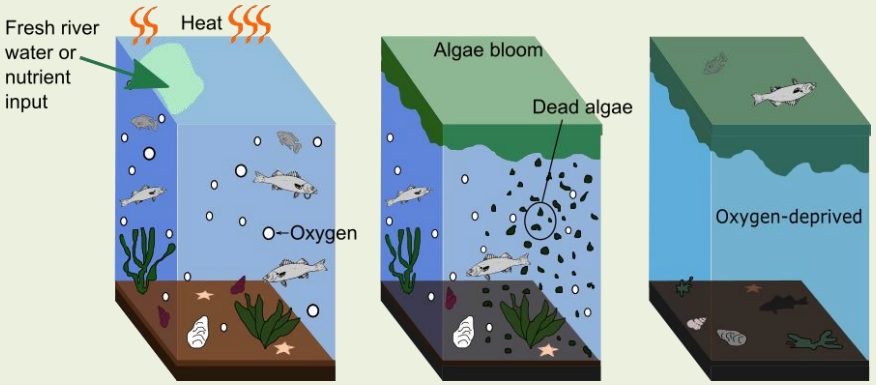
Objectifs du projet INDEUTROI

Utilisation des archives sédimentaires pour reconstruire l'état d'eutrophisation des eaux sus-jacentes des dernières décennies :

1- Analyser les sédiments de sites soumis à différents types de pression anthropique

2- Déterminer le ou les proxies les plus efficaces en tant que traceur d'eutrophisation

3- Intercalibration du(es) proxy(ies) avec les données acquises par les réseaux d'observation



Proxies issus de la bibliographie

Indicateur sédimentaire	Radioéléments (^{210}Pb, ^{137}Cs)	Vitesse de sédimentation et bioturbation
Indicateurs géochimiques	Sulfures (FeS, FeS_2)	Indicateurs des conditions hypoxiques et anoxiques
	C et N organique	Quantité et qualité de la matière organique
	Isotopes stable C et N	Origine de la matière organique
	Silice Biogénique *	Indicateur de production primaire des diatomées *

Dynamique de la silice dans le réseau hydrographique de la Seine. Rôle sur l'eutrophisation.

Josette Garnier, Amélie d'Ayguesvives, Daniel Conley, Gilles Billen, Séverine Pinault, Maïté Desruelle
UMR Sisyphe, UPMC, Tour 26, E
Josette .Garnie

Available online at www.sciencedirect.com
ScienceDirect
Estuarine, Coastal and Shelf Science 72 (2007) 534–542
ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE

Sedimentary processes in the Thau Lagoon (France): From seasonal to century time scales

Schmidt [a,*], Jean-Marie Jouanneau [a], Olivier Weber [a], Pascal Lecroart [a], Olivier Radakovitch [b], Franck Gilbert [c], Didier Jézéquel [d]

Contents lists available at ScienceDirect
Water Research
journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres

A multi-stable isotope framework to understand eutrophication in aquatic ecosystems

Daren C. Gooddy [a,*], Dan J. Lapworth [a], Sarah A. Bennett [b,c], Tim H.E. Heaton [b], Peter J. Williams [a], Ben W.J. Surridge [d]

[a] British Geological Survey, Maclean Building, Wallingford, Oxfordshire, OX10 8BB, UK
[b] NERC Isotope Geoscience Laboratory, British Geological Survey, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG, UK
[c] School of Life Sciences, University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, UK
[d] Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, LA1 4YQ, UK

Available online at www.sciencedirect.com
SCIENCE DIRECT
Estuarine, Coastal and Shelf Science 57 (2003) 1183–1193
ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE

Sources and fate of organic carbon and nitrogen from land to ocean: Identified by coupling stable isotopes with C/N ratio

Yuan Li [a,1], Haibo Zhang [a,1], Chen Tu [a], Chuancheng Fu [a], Yong Xue [b], Yongming Luo [a,*]

Pyritization: a palaeoenvironmental and redox proxy reevaluated

Alakendra N. Roychoudhury[a,*], Joel E. Kostka[b], Philippe Van Cappellen[c]

[a]Department of Geological Sciences, University of Cape Town, Rondebosch 7700, South Africa
[b]Department of Oceanography, Florida State University, Tallahassee, FL 32306, USA
[c]Department of Geochemistry, Utrecht University, P.O. Box 80021, 3508 Utrecht, The Netherlands

Proxies issus de la bibliographie

Indicateurs faunistiques	Foraminifères benthiques	Abondance, diversité et espèces influencées par la concentration en oxygène et la teneur en matière organique

Contents lists available at ScienceDirect

Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecss

Can benthic foraminifera be used as bio-indicators of pollution in areas with a wide range of physicochemical variability?

Maria Virgínia Alves Martins [a,b,*], Anita Fernandes Souza Pinto [a], Fabrizio Frontalini [c], Maria Clara Machado da Fonseca [a], Denise Lara Terroso [b], Lazaro Luiz Mattos Laut [d], Noureddine Zaaboub [e], Maria Antonieta da Conceição Rodrigues [a], Fernando Rocha [b]

Ecological Indicators 23 (2012) 66–75

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Ecological Indicators

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind

Benthic foraminifera provide a promising tool for ecological quality assessment of marine waters

Vincent M.P. Bouchet [a,*], Elisabeth Alve [a], Brage Rygg [b], Richard J. Telford [c]

[a] Department of Geosciences, University of Oslo, P.O. Box 1047, Blindern 0316 Oslo, Norway
[b] Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Gaustadalèen 21, 0349 Oslo, Norway
[c] Department of Biology, University of Bergen, Thormøhlensgate 53 A og B, 5006 Bergen, Norway

Proxies issus de la bibliographie

Indicateur biologique	Environnemental ADN	Révèle la présence d'organismes non-fossilisables, souvent sensibles aux changements des conditions environnementales

environmental microbiology

Environmental Microbiology (2015) **17**(10), 4035–4049 doi:10.1111/1462-2920.12955

Marine protist diversity in European coastal waters and sediments as revealed by high-throughput sequencing

Ramon Massana,[1*] Angélique Gobet,[2,3] Stéphane Audic,[2,3] David Bass,[4] Lucie Bittner,[2,3,5] Christophe Boutte,[2,3] Aurélie Chambouvet,[6]

[12]*Stazione Zoologica Anton Dohrn, Villa Comunale, I-80121 Naples, Italy*
[13]*Institute for Chemical Research, Kyoto University, Uji,*

Marine Geology 381 (2016) 29–33

Contents lists available at ScienceDirect

Marine Geology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/margo

Letter

Ancient sedimentary DNA reveals past tsunami deposits

Witold Szczuciński [a,*], Joanna Pawłowska [b], Franck Lejzerowicz [c], Yuichi Nishimura [d], Mikołaj Kokociński [e], Wojciech Majewski [f], Yugo Nakamura [d,g], Jan Pawlowski [c]

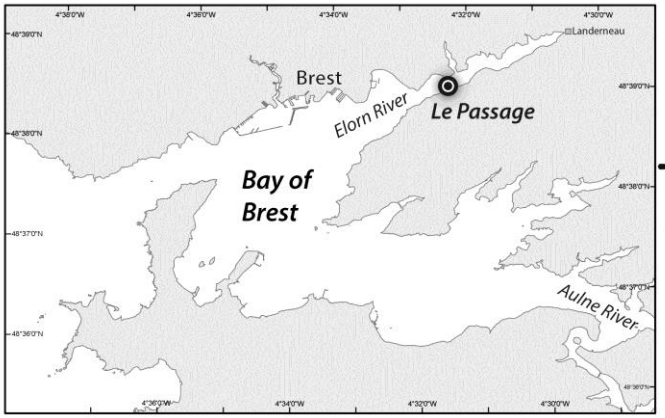
[a] *Institute of Geology, Adam Mickiewicz University in Poznan, Maków Polnych 16, 61-606 Poznań, Poland*
[b] *Institute of Oceanology, Polish Academy of Sciences, 81-712 Sopot, Poland*
[c] *Department of Genetics and Evolution, University of Geneva, 1211 Genève 4, Switzerland*
[d] *Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, N10W8 Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-0810, Japan*
[e] *Department of Hydrobiology, Adam Mickiewicz University in Poznan, Umultowska 89, 61-614 Poznań, Poland*
[f] *Institute of Paleobiology, Polish Academy of Sciences, 00-818 Warszawa, Poland*
[g] *Muroto Geopark Promotion Committee, 1810-2 Murotomisaki-cho, Muroto, Kochi 781-7101, Japan*

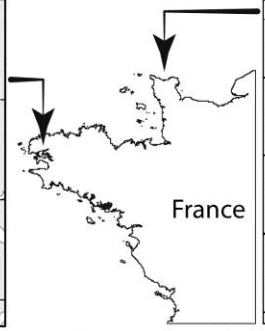
Ancient DNA Chronology within Sediment Deposits: Are Paleobiological Reconstructions Possible and Is DNA Leaching a Factor?

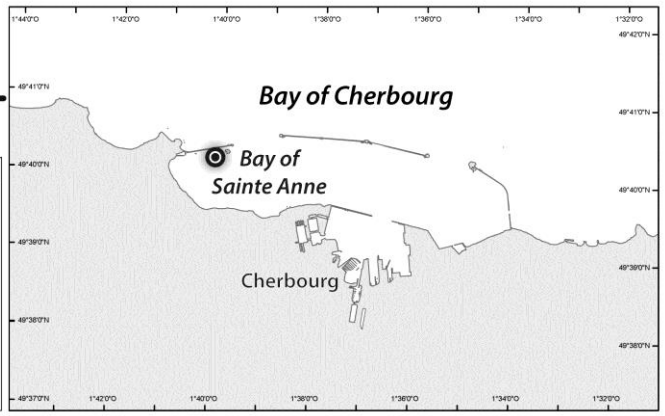
James Haile, Richard Holdaway,† Karen Oliver,* Michael Bunce,‡ M. Thomas P. Gilbert,§ Rasmus Nielsen,§ Kasper Munch,§ Simon Y. W. Ho,* Beth Shapiro,* and Eske Willerslev*§*

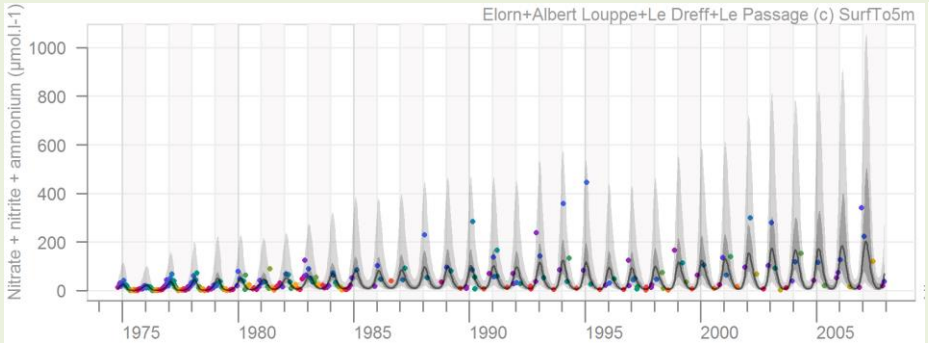
*Henry Wellcome Ancient Biomolecules Centre, Department of Zoology, University of Oxford, South Parks Road, Oxford, United Kingdom; †Palaecol Research Ltd, Christchurch, New Zealand; ‡Department of Biological Sciences and Biotechnology, Murdoch University, Perth, Australia; and §Centre for Ancient Genetics, Niels Bohr Institute & Biological Institute, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark

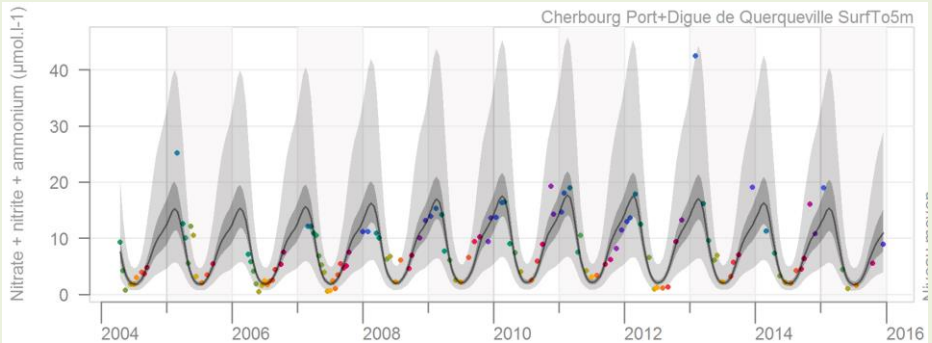
Sites d'études

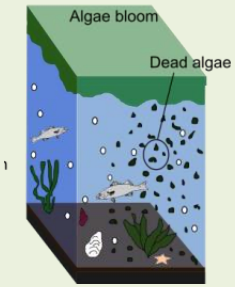




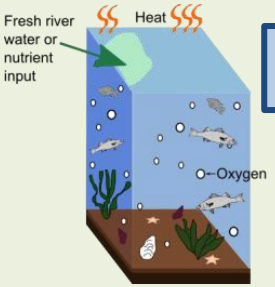








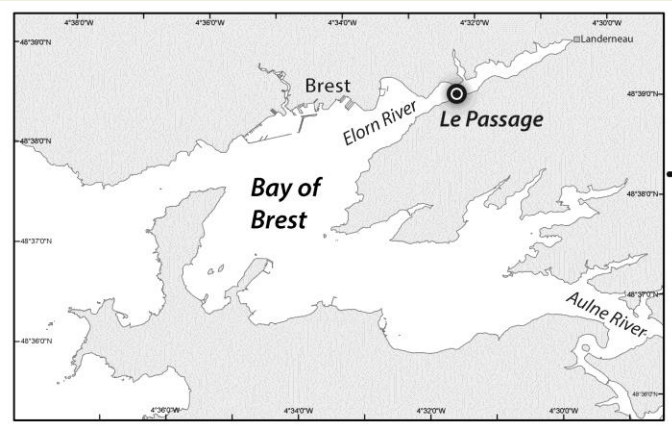
Site "eutrophe"



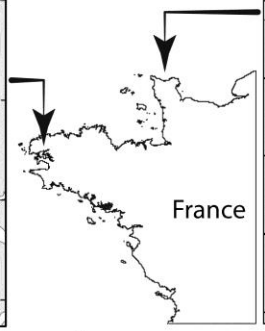
Site de "référence"

Echantillonnage

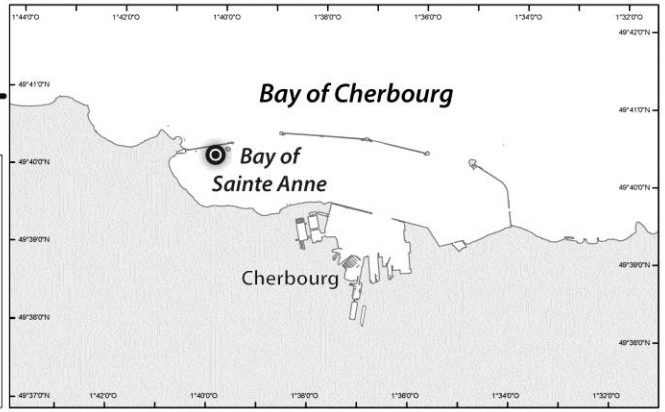
Rade de Brest



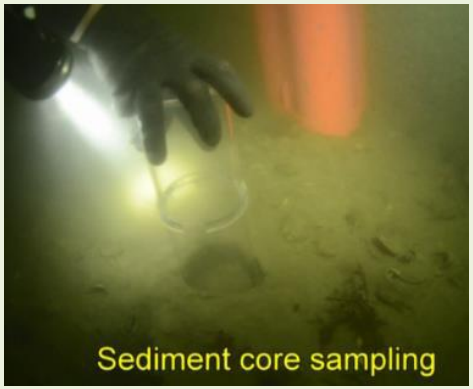
Profondeur 12 m



Rade de Cherbourg



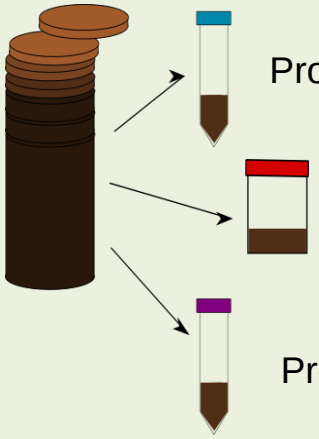
Profondeur 6 m



→

→

→



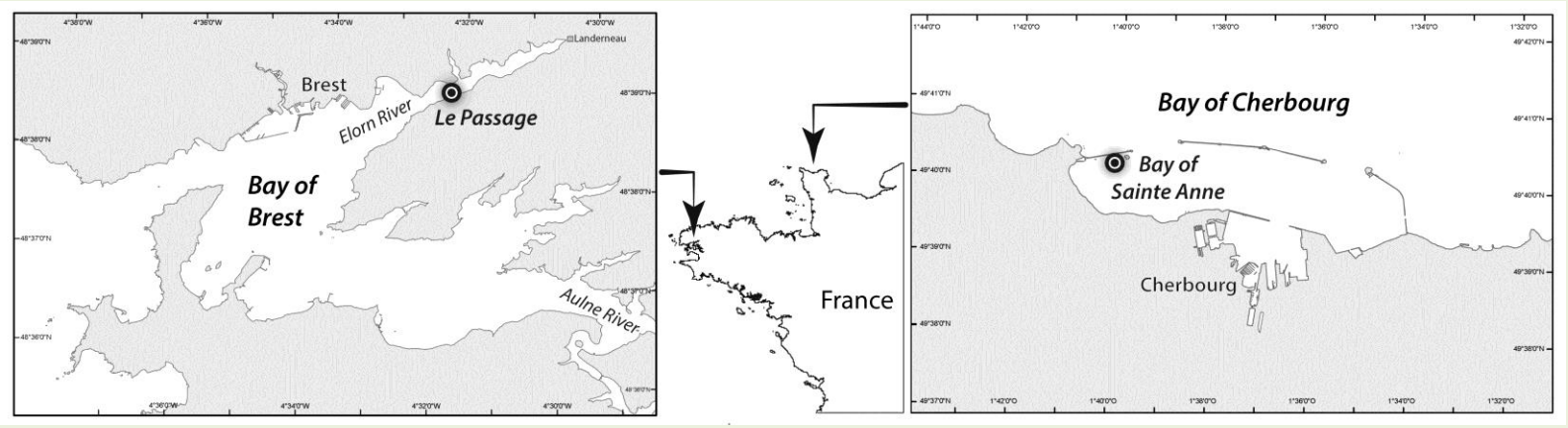
Proxies géochimiques

Proxies de méiofaune

Proxies biologiques

Echantillonnage

Rade de Brest



Rade de Cherbourg

Profondeur 12 m

Profondeur 6 m

2012

Brest

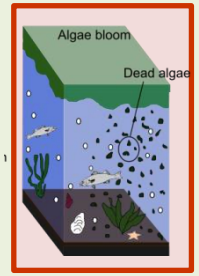
1965

2015

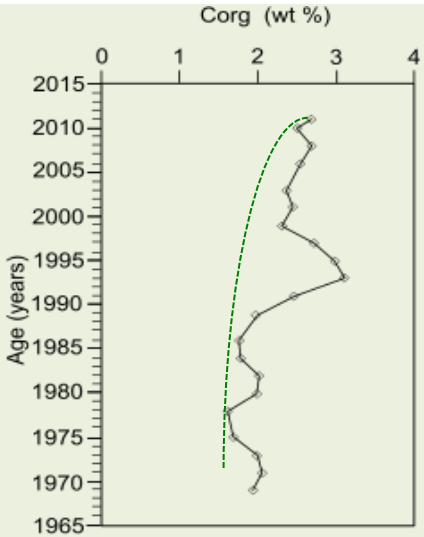
Cherbourg

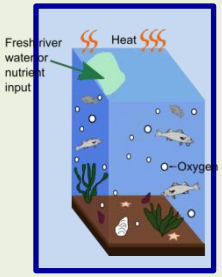
1995

Résultats

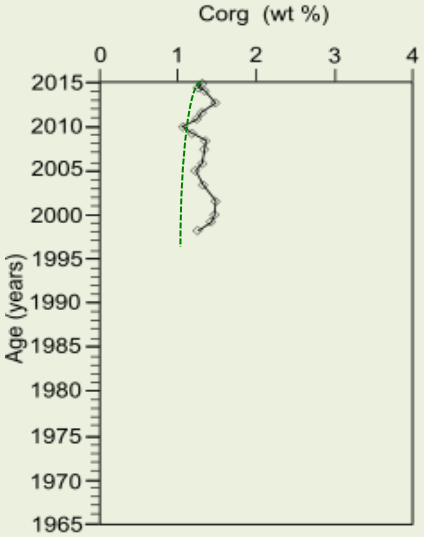


Brest

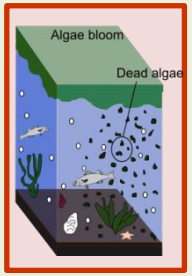




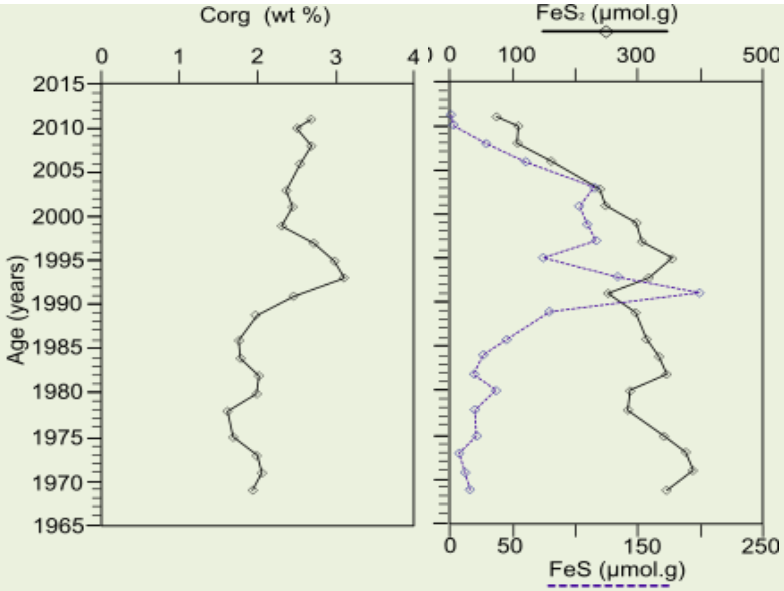
Cherbourg

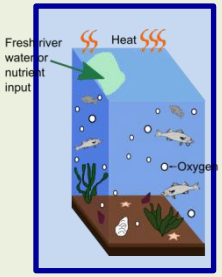


Résultats

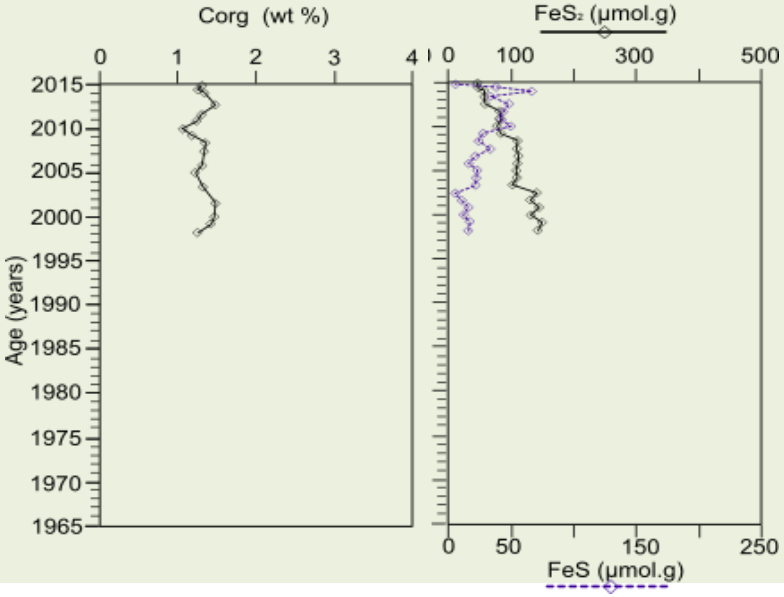


Brest

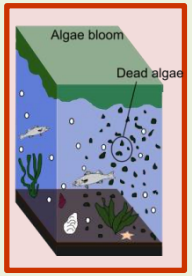




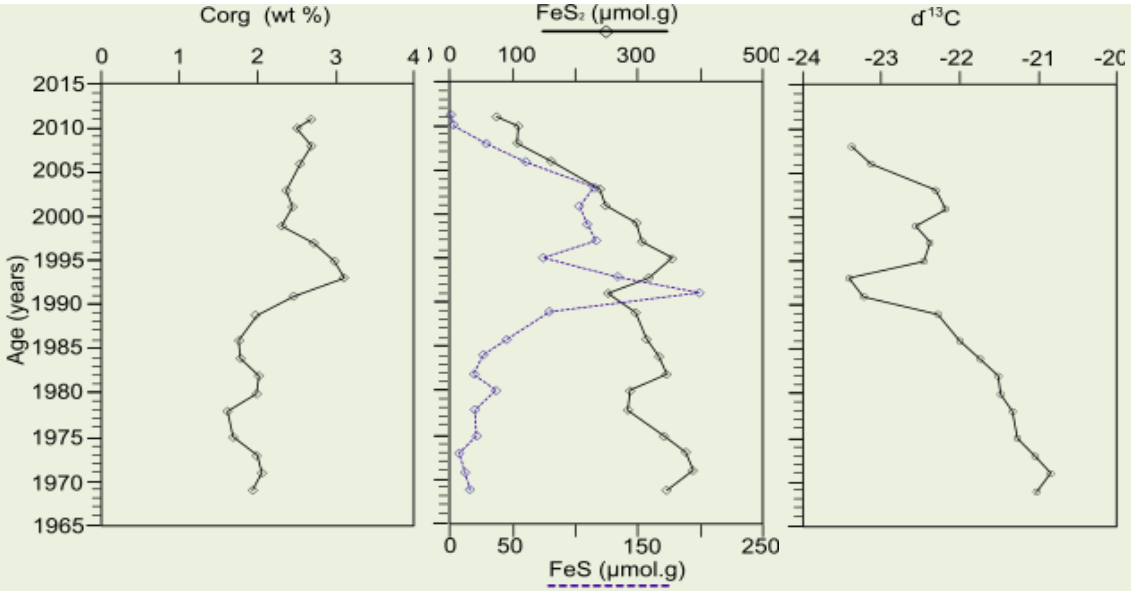
Cherbourg

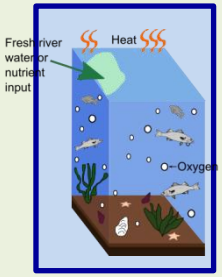


Résultats

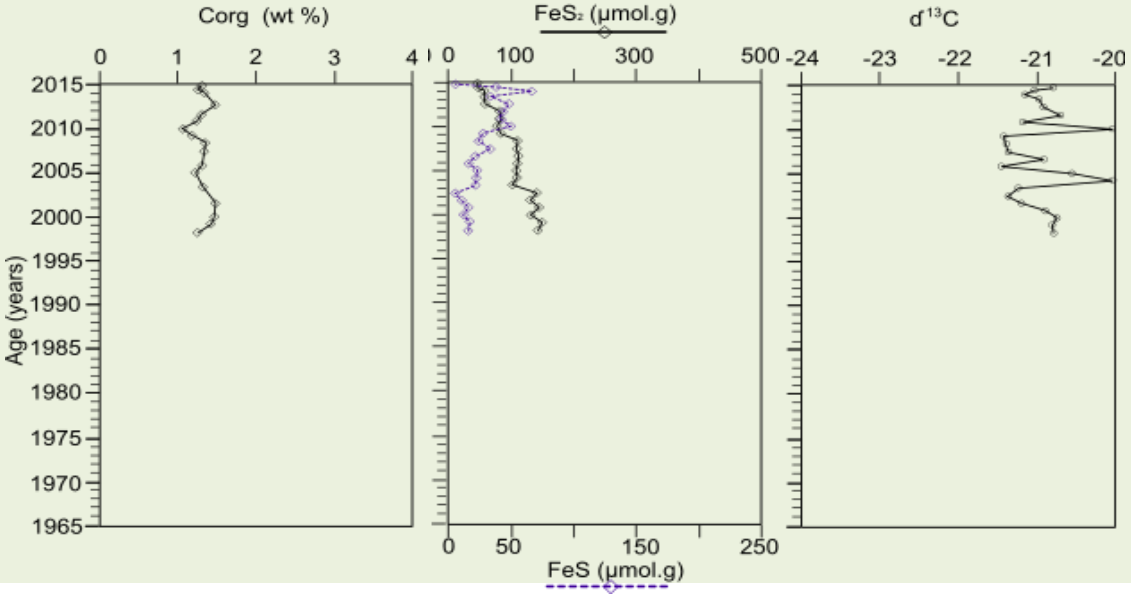


Brest

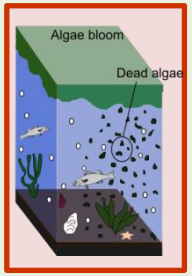




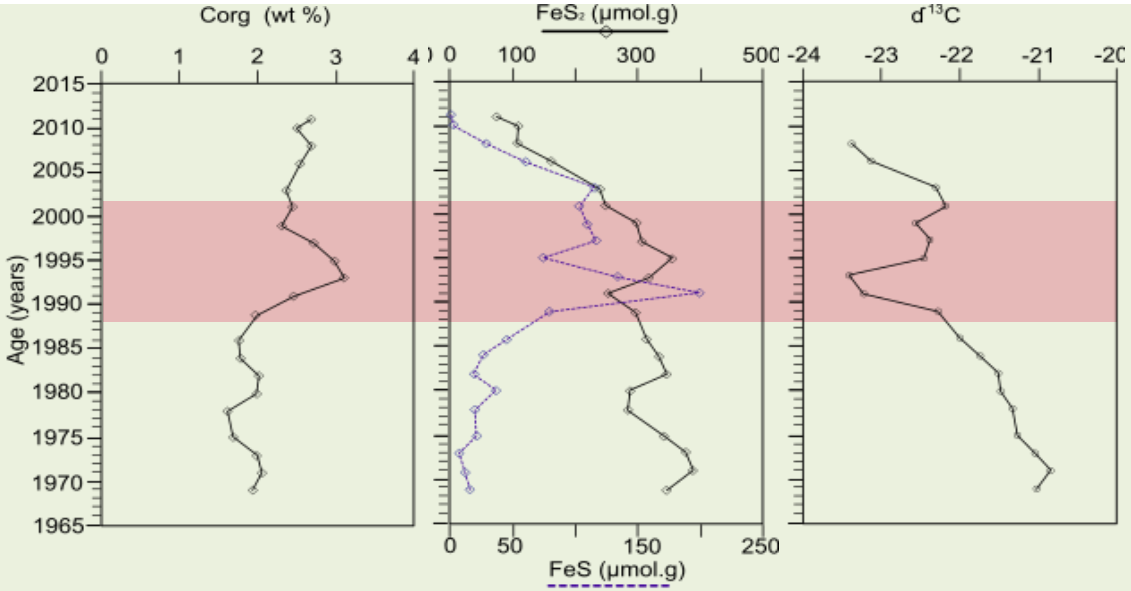
Cherbourg

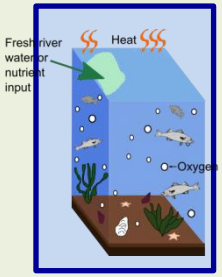


Résultats

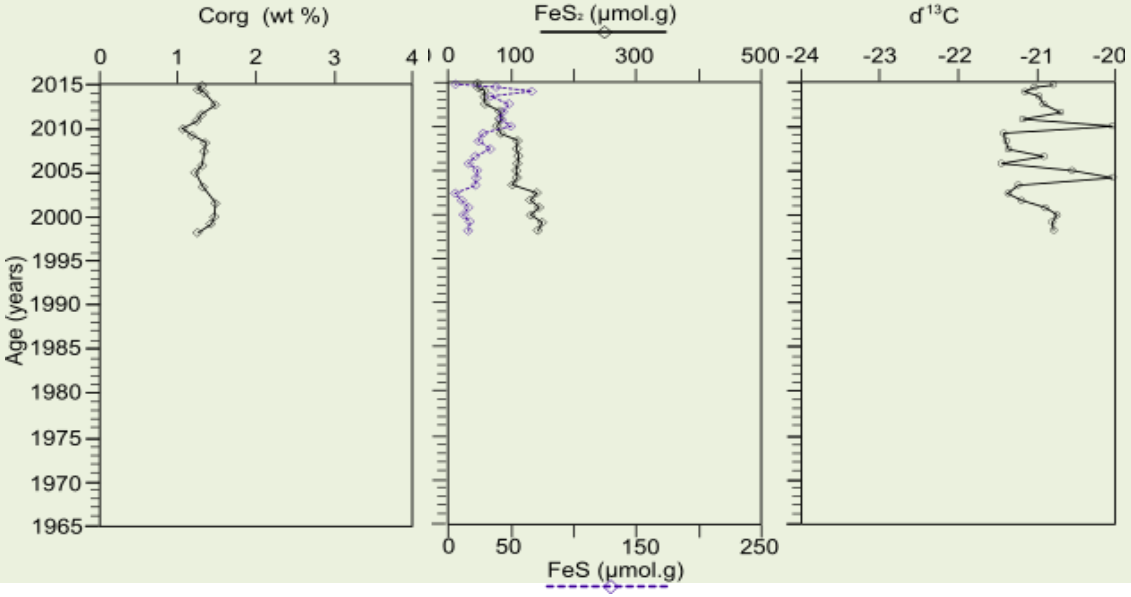


Brest



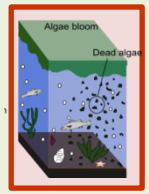


Cherbourg

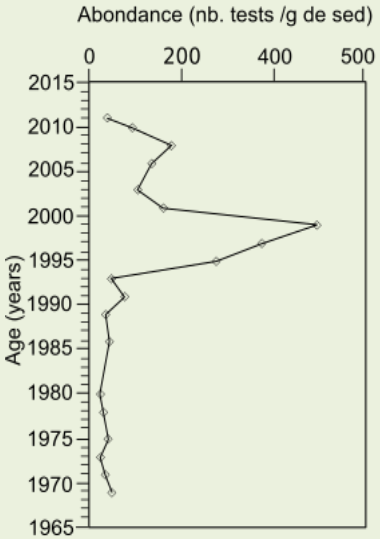


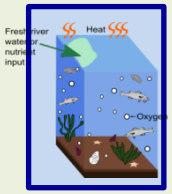
Résultats

Foraminifères benthiques

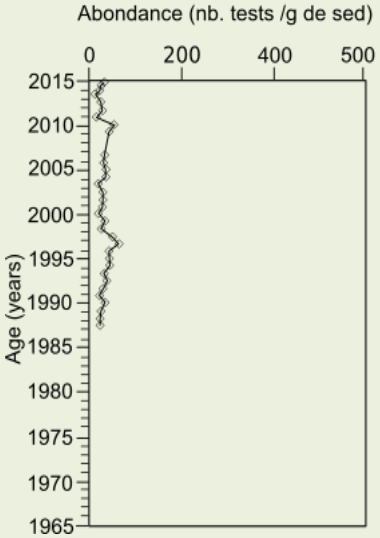


Brest



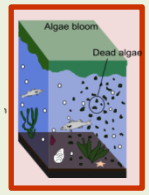


Cherbourg

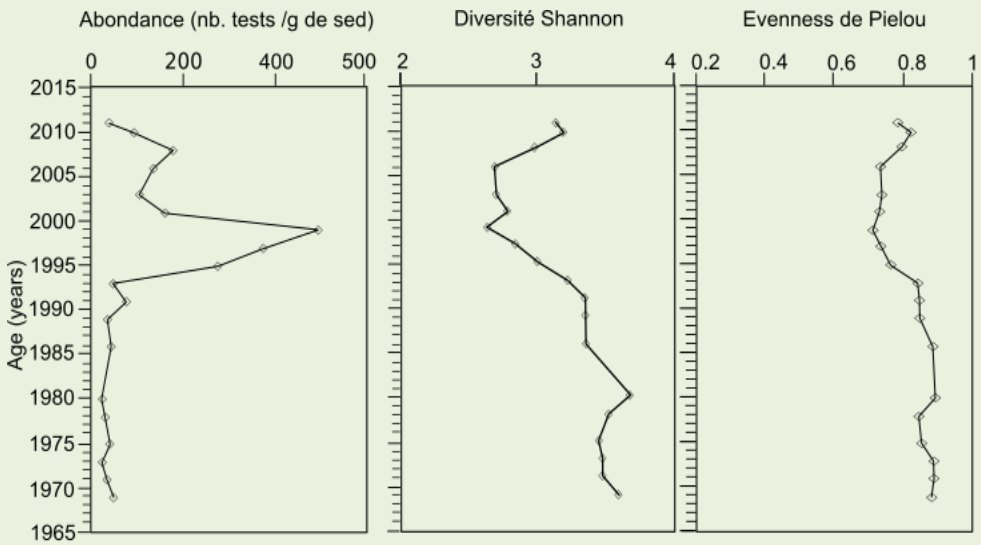


Résultats

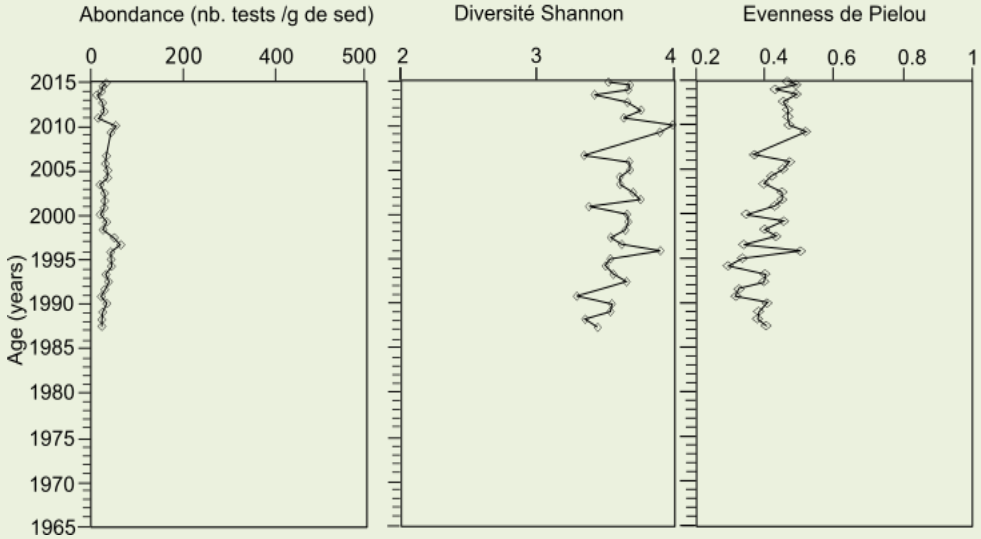
Foraminifères benthiques



Brest

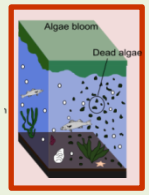


Cherbourg

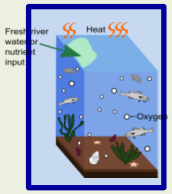


Résultats

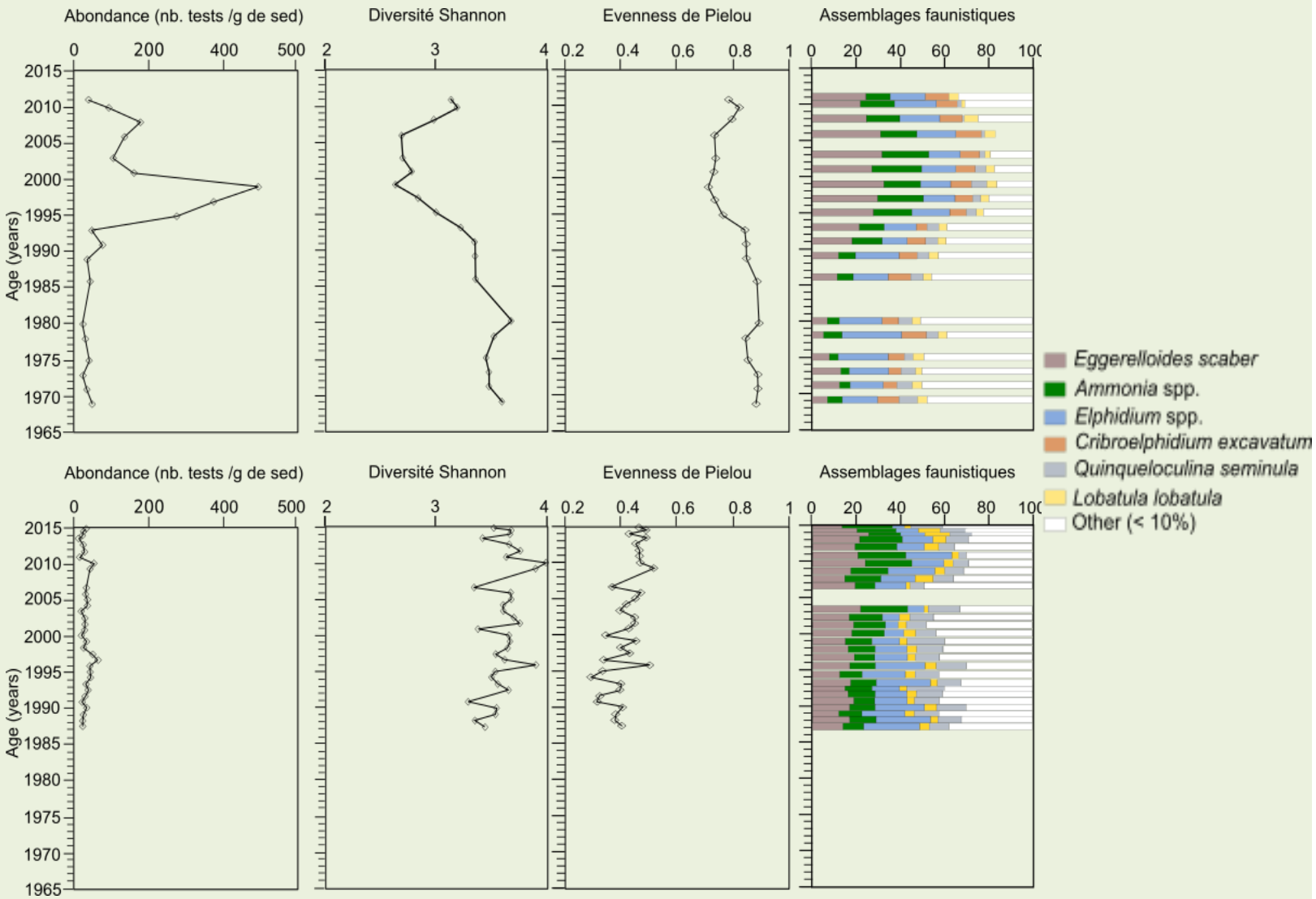
Foraminifères benthiques



Brest



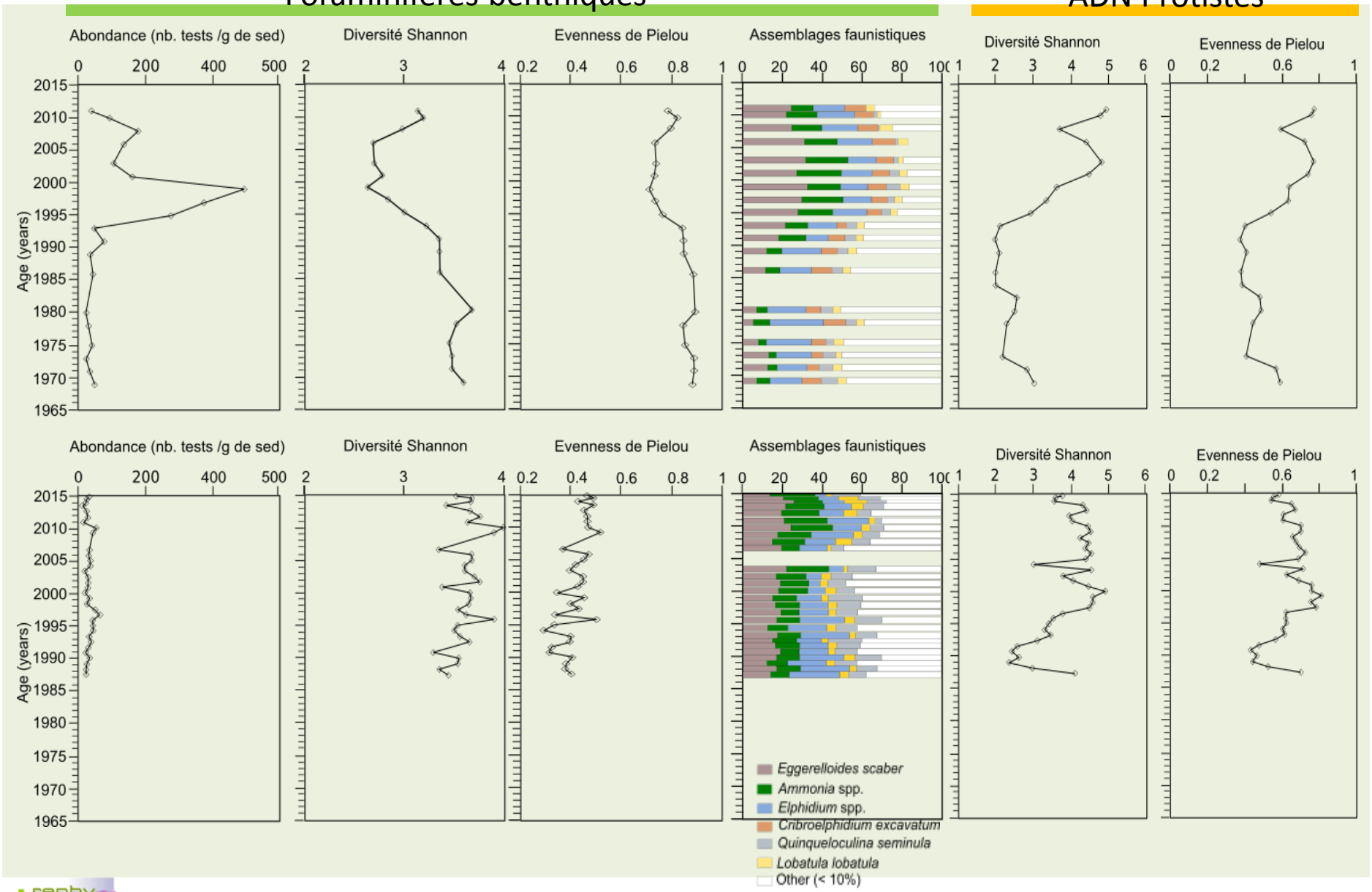
Cherbourg



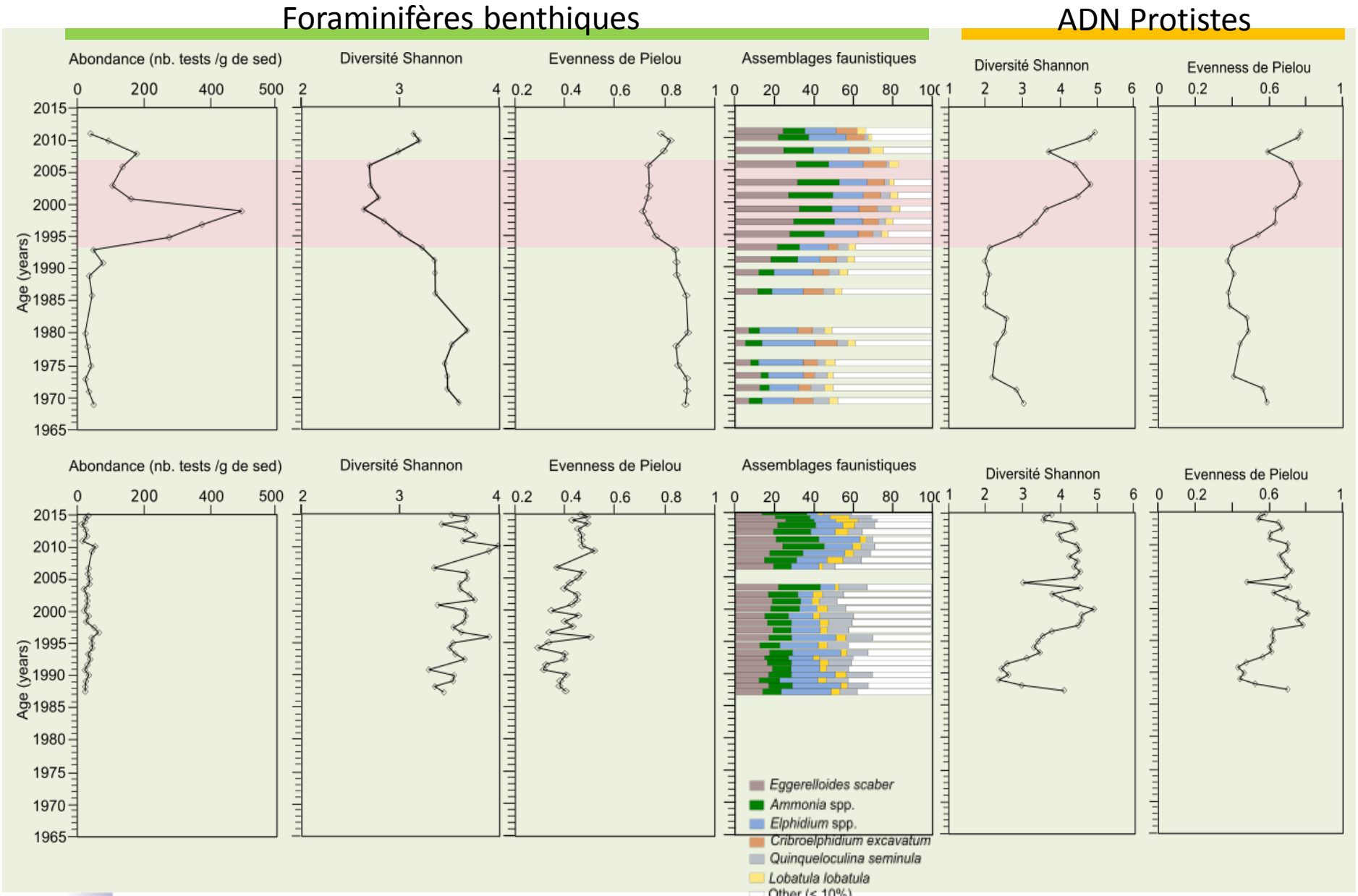
Résultats

Foraminifères benthiques

ADN Protistes

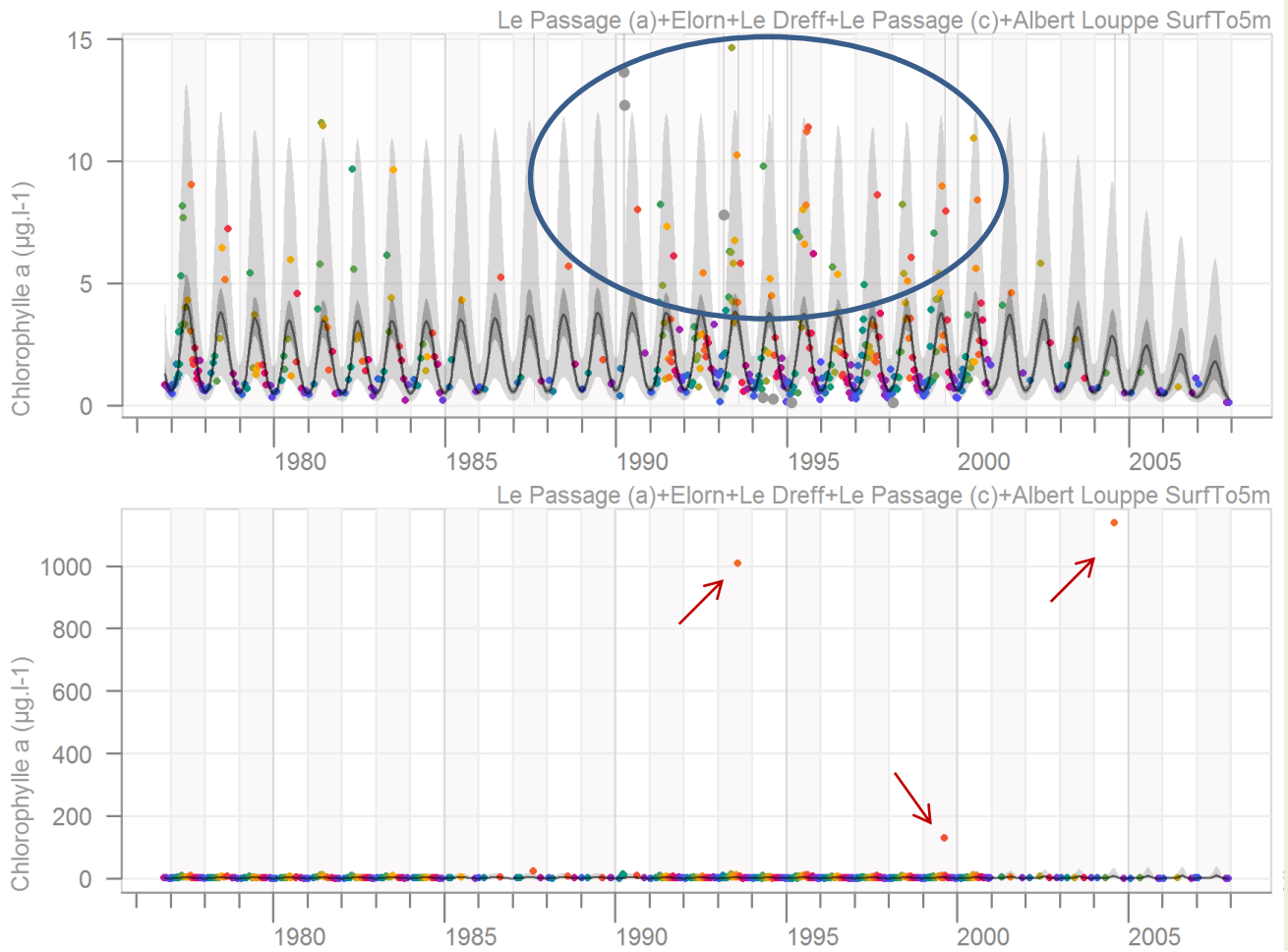


Résultats


Foraminifères benthiques
ADN Protistes
Abondance (nb. tests /g de sed)
Diversité Shannon
Evenness de Pielou
Assemblages faunistiques
Diversité Shannon
Evenness de Pielou
Age (years)
Eggerelloides scaber
Ammonia spp.
Elphidium spp.
Cribroelphidium excavatum
Quinqueloculina seminula
Lobatula lobatula
Other (< 10%)

Conclusions - Perspectives

- Changement des communautés phytoplanctonique et zooplanctonique → déjà observé dans la colonne d'eau par le REPHY et par des études en rade de Brest dans les années 90s.



Conclusions - Perspectives

- Rade de Brest :

Changement des communautés phytoplanctonique et zooplanctonique → déjà observé dans la colonne d'eau par le REPHY et par des études en rade de Brest dans les années 90s.

► changements du milieu enregistré dans les sédiments
► sédiments peuvent être utilisés comme sources d'informations pour tracer les changements des milieux côtiers.

- Rade de Cherbourg :

Faible changement du milieu en rade de Cherbourg.

► cohérent avec les données issues des réseaux de surveillance (REPHY)

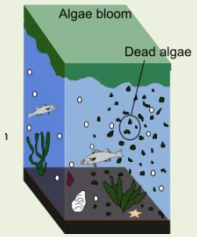
Conclusions - Perspectives

- Première étude multiproxies sur les archives sédimentaires côtières française
- Corréler les données sédimentaires avec celles issues des réseaux de surveillance (→ DLM)
- Vers un indicateur d'eutrophisation intégré transposable sur d'autre sites ?

Collaborations

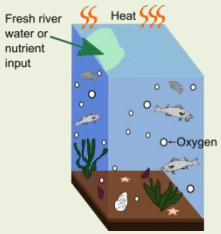
- **Ifremer**
  - DYNECO/PELAGOS
  - LERN Port en Bessin
  - VIGIES
  - BE/LBCM
- **Université de Bordeaux**
- **Université de Caen**
- **Université de Genève**
- **Intechmer**

Résultats - datation



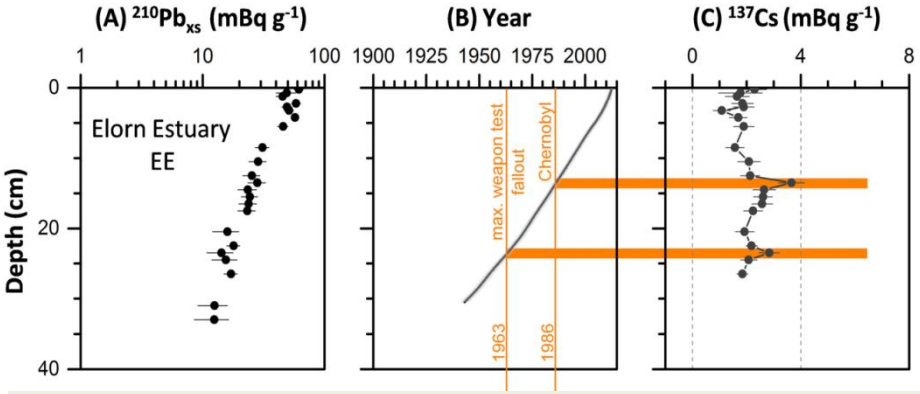
Rade de Brest

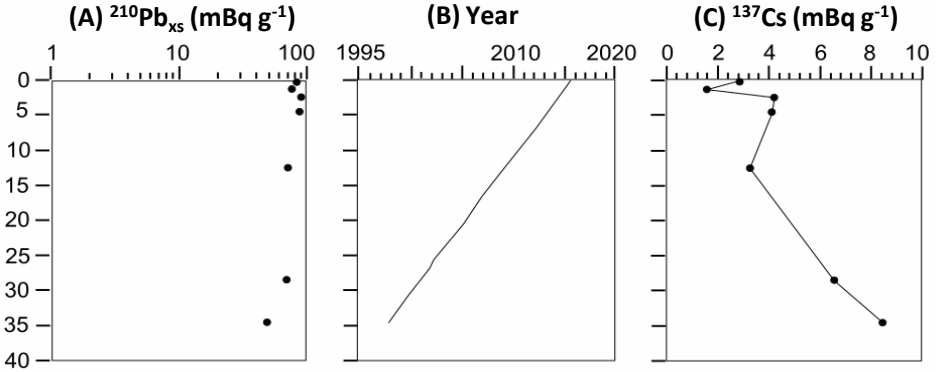
0,9 cm.an^{-1}



Rade de Cherbourg

1,9 cm.an^{-1}





2012

Brest

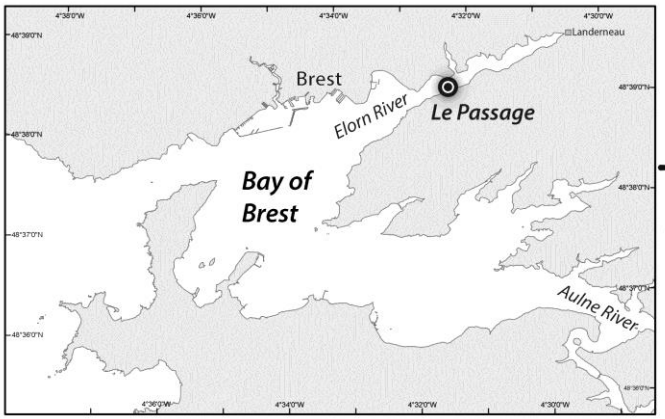
1965

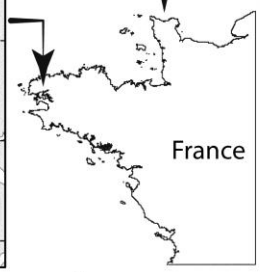
2015

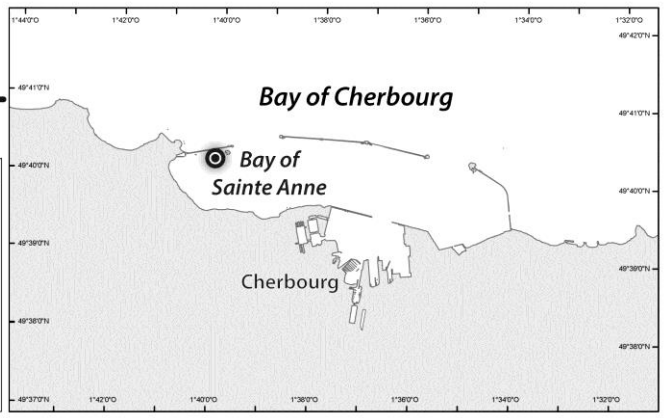
Cherbourg

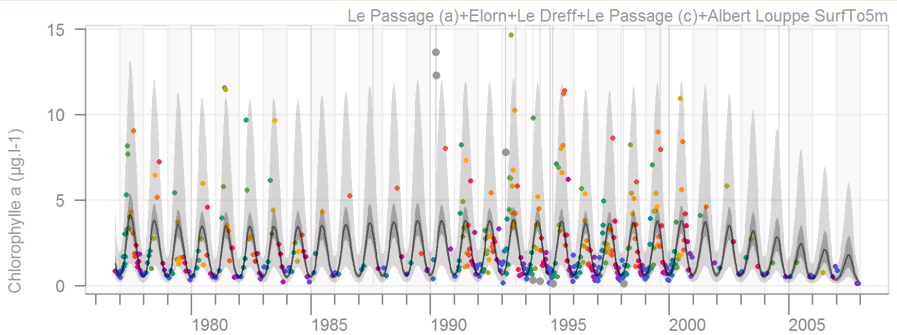
1995

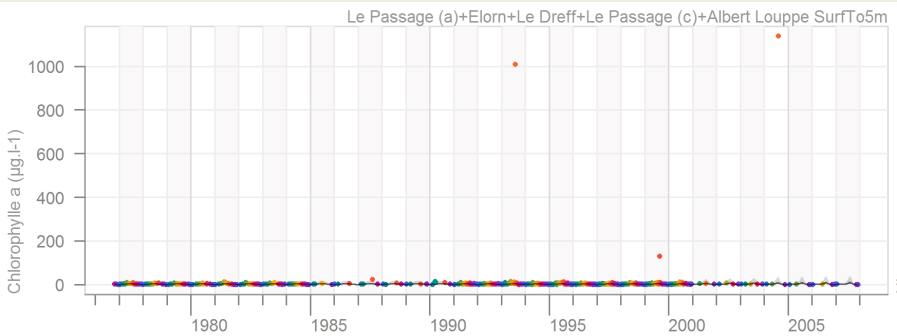
Sites d'études

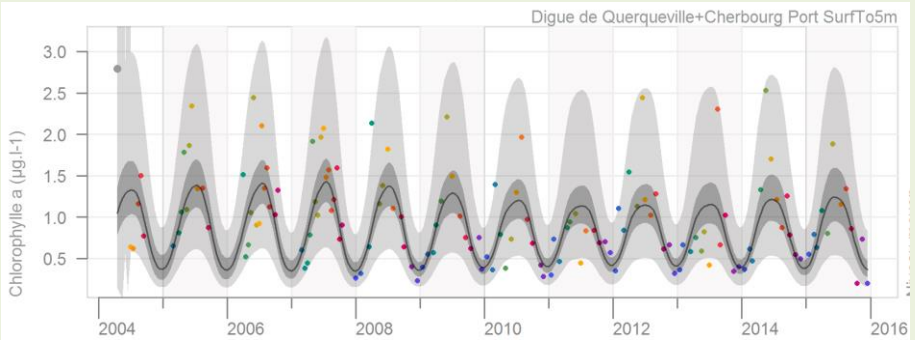




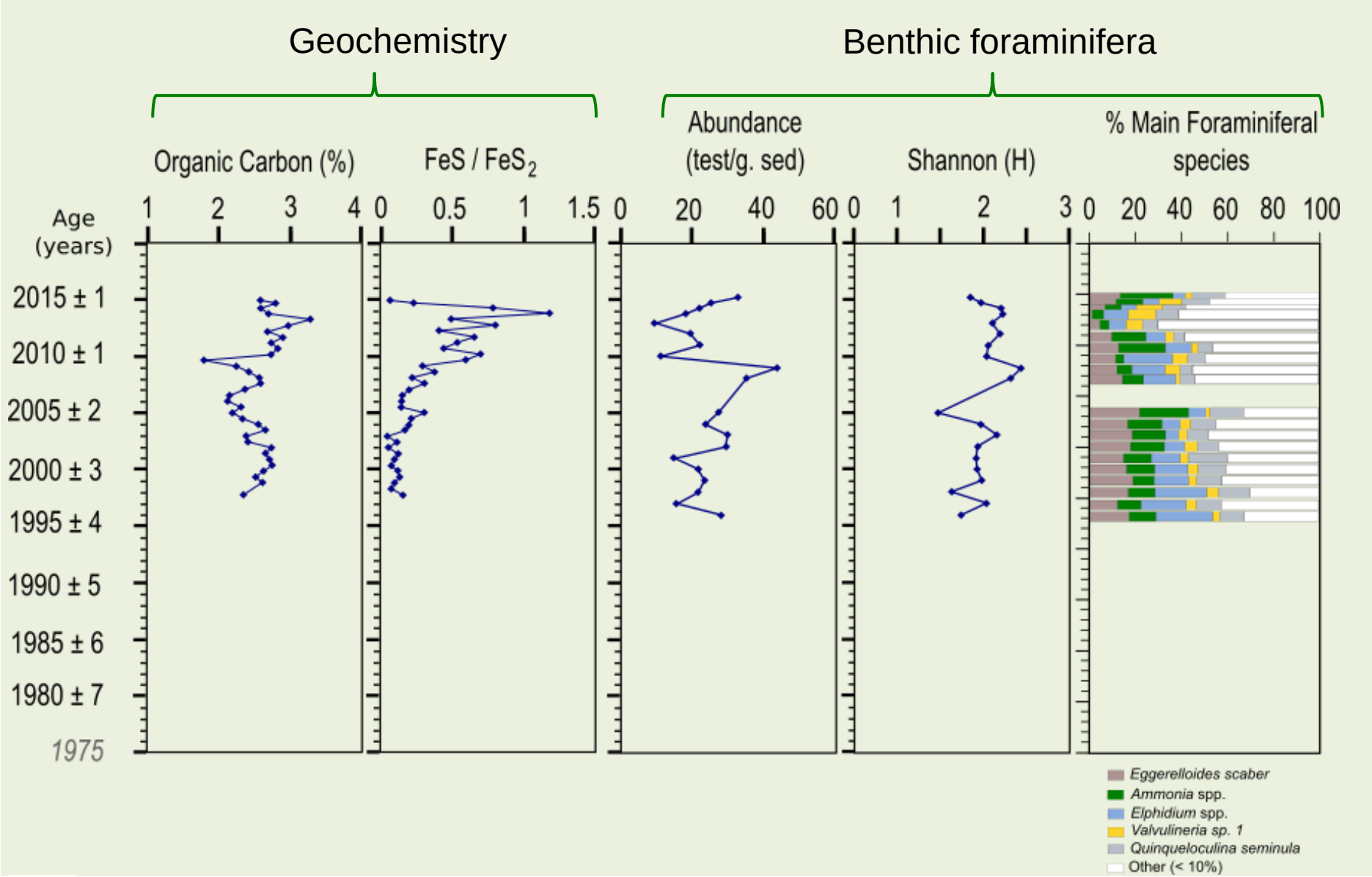




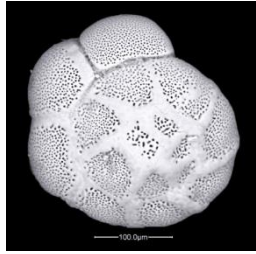


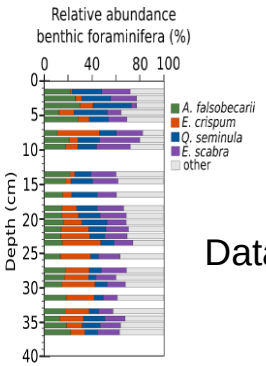


Results – Bay of Cherbourg

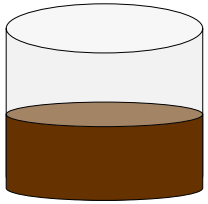


Méthodologie - Meiofaune



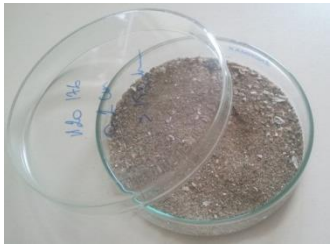


Data



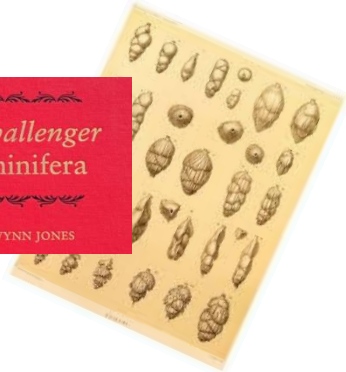
Dry or preserved sediment (formol or ethanol stained in Rose Bengal solution)

Tamisage humide à 300, 150, 125 et 63 µm (~ 2h / ech)



Drying(45°C) (~ 24H)

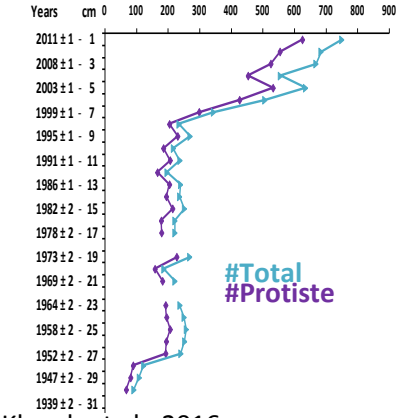
Observation and « picking » of all foraminifera present in the sub-sample



Taxonomy and count

Micropaleontologica cell

Méthodologie – Analyse Génétique



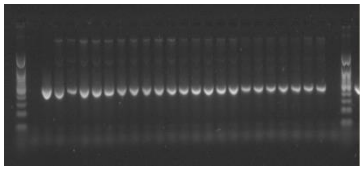
Klouch et al., 2016

Données

Analyse Bio-statistique (Roscoff)

Séquençage (Plateforme GeT-PlaGe; Toulouse)

Purification



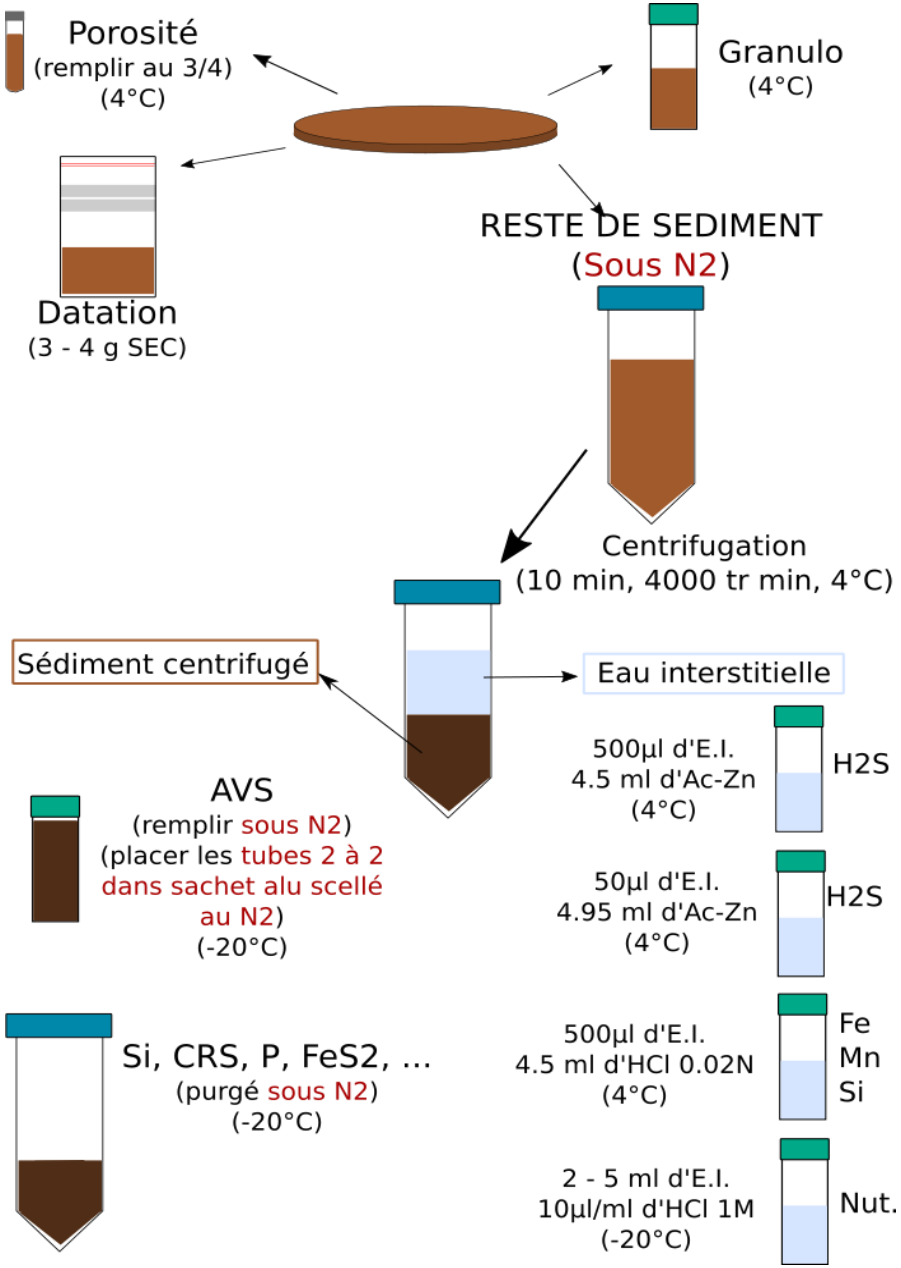
Gel de vérification de l'amplification (25 ech x 5 en 3h)

Amplification de l'ADN ciblé par l'amorce (e.g. Protistes) (7ech x 5 en 2h)

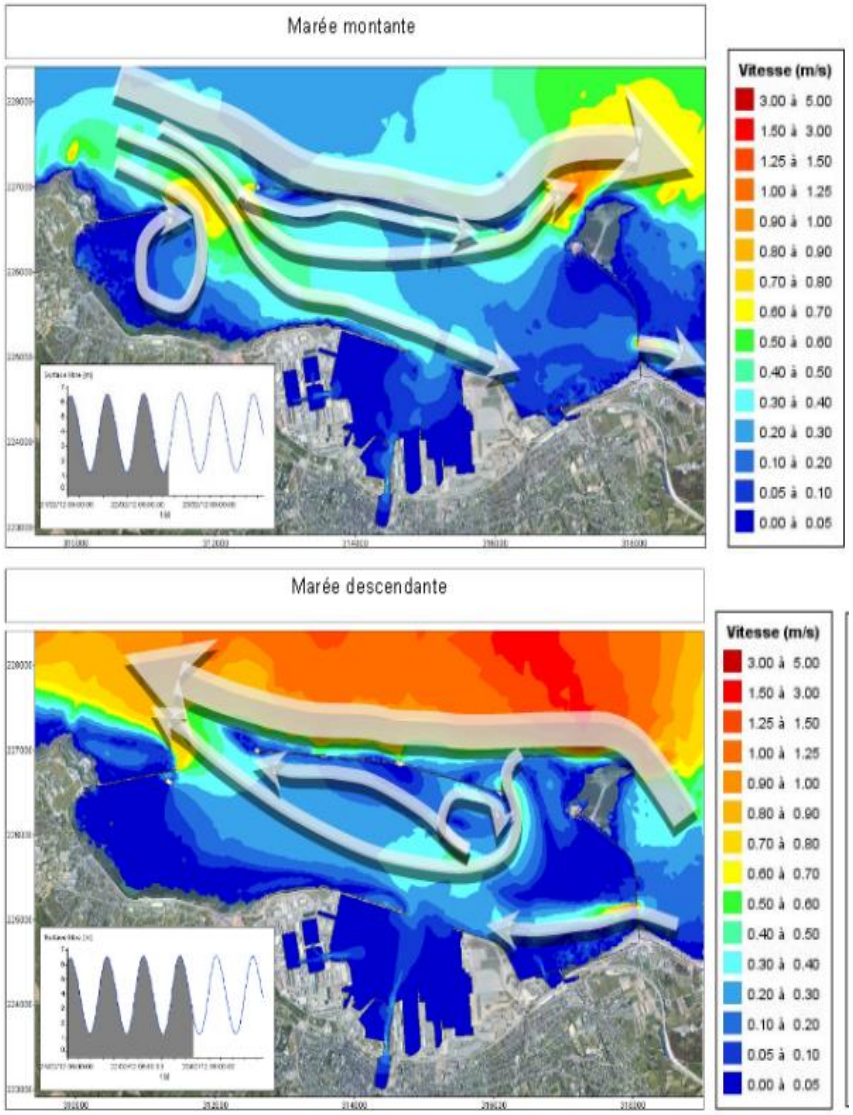
Amorce « Protiste »

Extraction ADN total sur 10g de sédiment (6 échantillons en 3h)

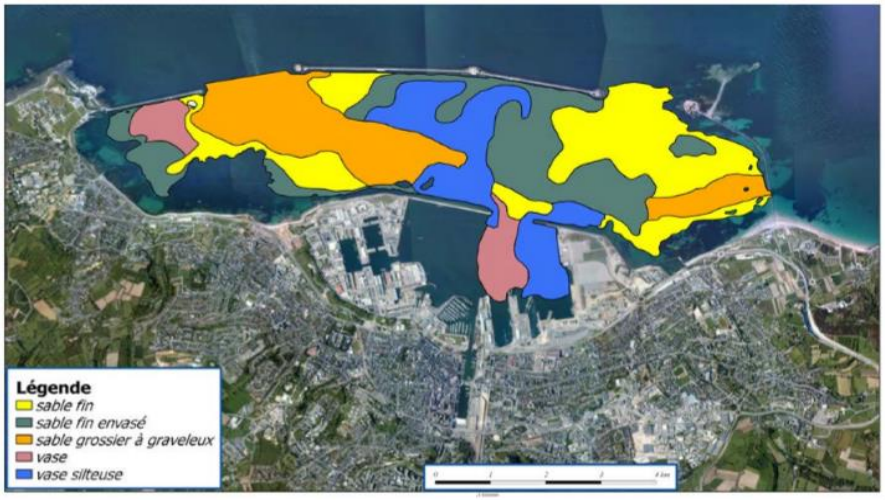
Méthodologie – Biogéochimie



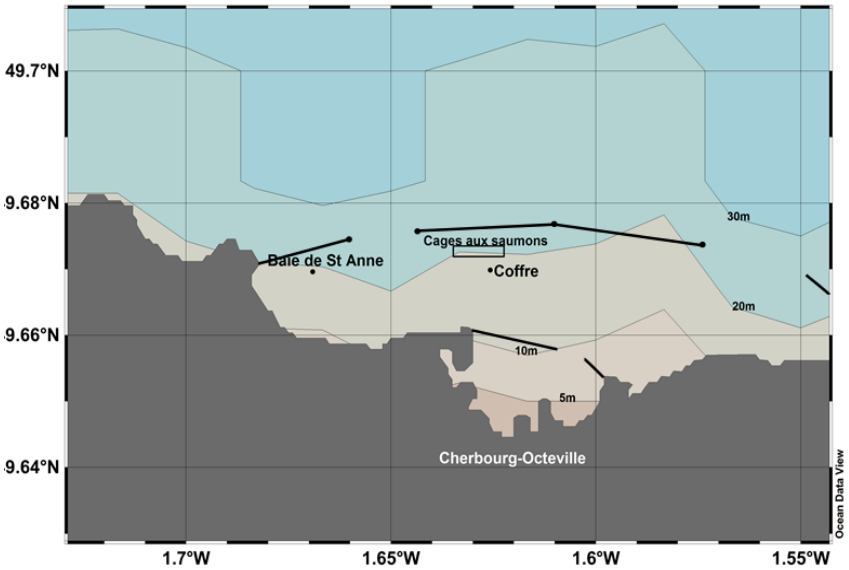
Campagnes exploratoires – Rade de Cherbourg (Site dit de « référence »)



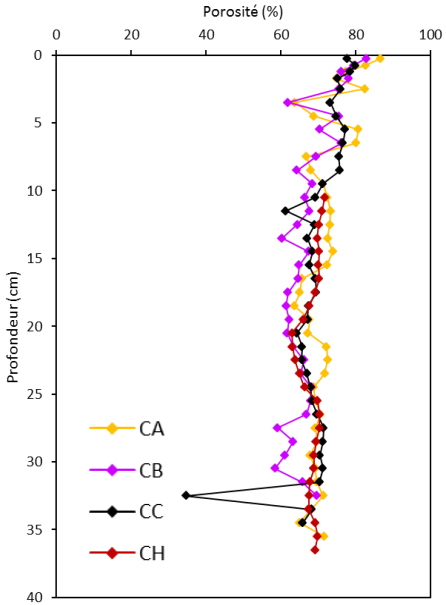
(Source : PNA, 2013)



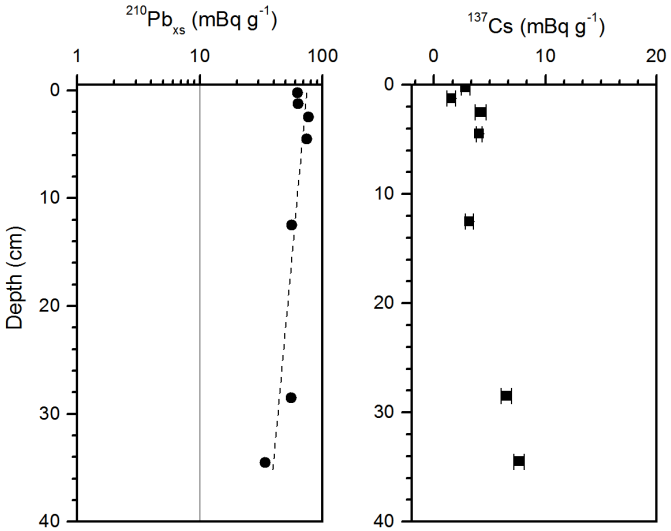
(Source : INTECHMER)

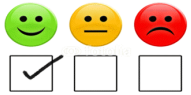


Rade de Cherbourg – Baie de Ste Anne



Rade de Cherbourg - carotte CC - octobre 2015





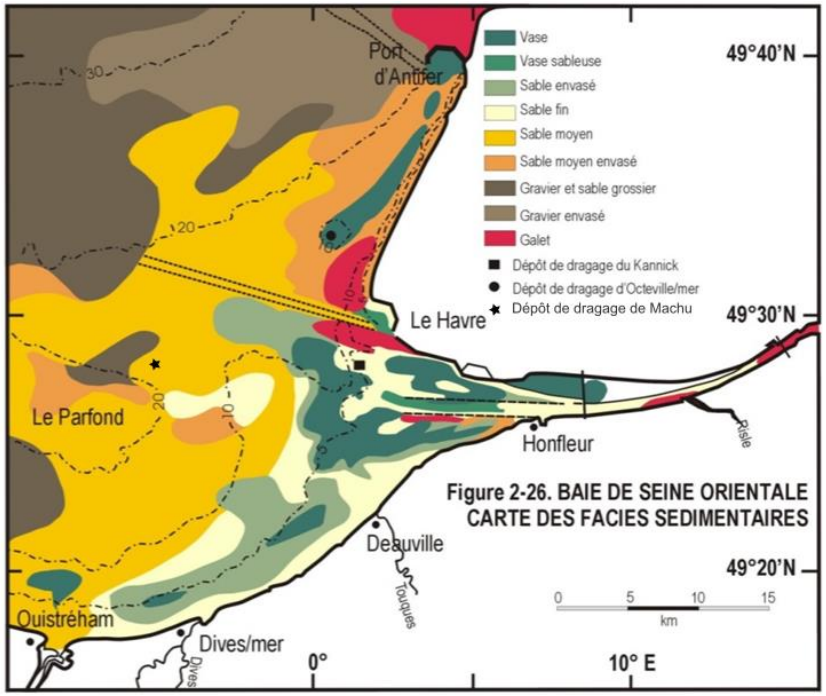
Décroissance modérée de $^{210}Pb_{xs}$ avec la profondeur →

Vitesse apparente moyenne (modèle CF/CS): environ 1.9 cm an^{-1}

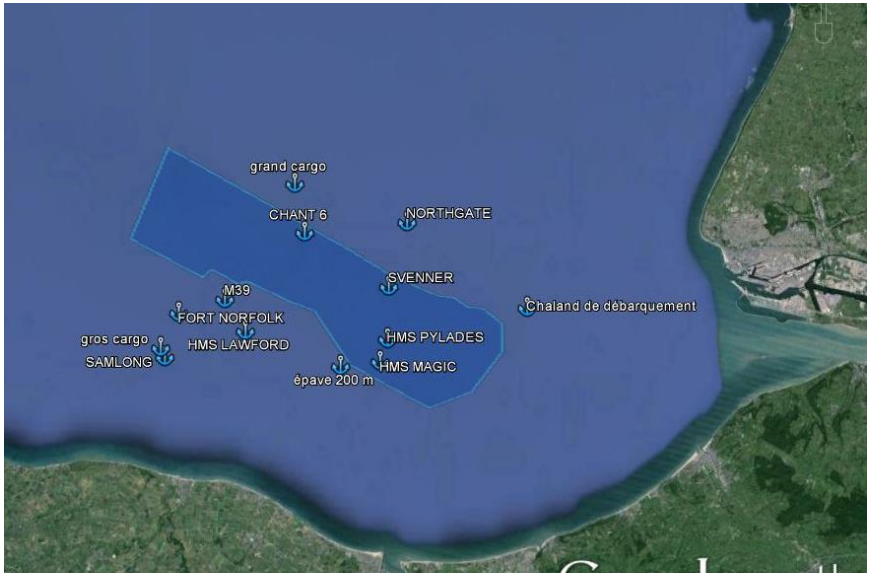
Traces de ^{241}Am

à la base de la carotte
âge probable environ 18 ans

Campagnes exploratoires – Baie de Seine



(Lesourd, 2000)



Contribution des séries phytoplanctoniques au calcul d'indicateurs de surveillance des habitats pélagiques (DCSMM)…

Perspectives issues des récents travaux sur l'indice composition (DCE) et l'utilisation de techniques semi-automatisées

Luis Felipe Artigas et coll.

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

Journées REPHY - 30 nov. – 1er déc. 2016

Contribution des séries phytoplanctoniques au calcul d'indicateurs de surveillance des habitats pélagiques (DCSMM)…

…perspectives issues des récents travaux sur l'indice composition (DCE) et l'utilisation de techniques semi-automatisées

Luis Felipe Artigas et coll.

CNRS UMR 8187 LOG- ULCO

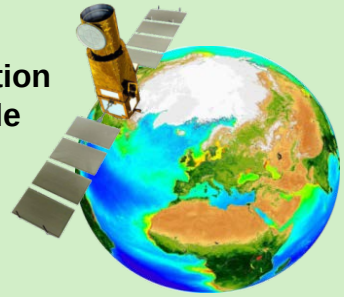
felipe.artigas@univ-littoral.fr

Approches et techniques de suivi du phytoplancton

Navires de recherche ou d'opportunité

Mouillages Bouées

Téledétection satellitale

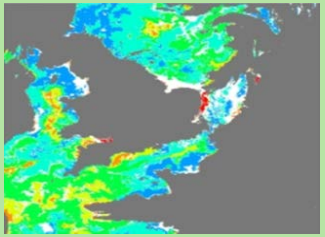


Stratégie d'observation et surveillance

Echantillons discrets

Profils

Pompage et mesures en continu



Approche régionale

Type d'échantillonnage

Au laboratoire → Microscopie, HPLC, Fluorimétrie extractive, Cytométrie en flux, Analyse d'image, Méthodes moléculaires

En temps réel → CTD, Fluorimétrie *In vivo*, Sondes optiques, Méthodes molléculaires

En temps réel → CTD, Fluorimétrie *in vivo*, Cytométrie en flux, Analyse d'image, Méthodes moléculaires

En temps réel → Optique marine satellitale, Algorithmes

Analyse

Techniques

(source : www.dymaphy.eu)

Programme de surveillance : paramètres

PdS pour la thématique Habitats Pélagiques décliné en plusieurs sous-programmes :

- **Paramètres abiotiques (support) :**
  - Météo
  - Hydrodynamisme et hydrologie
  - Physico-chimie

  Communs avec D7 Changement hydrographiques et D5 Eutrophisation

- **Paramètres biotiques :**
  - Microorganismes hétérotrophes
  - Phytoplancton (commun avec D5 et D4)
  - Zooplancton (commun avec D4)

Programme de surveillance : réseaux/actions d'observation

- **En milieu côtier :**
  - REPHY
  - RESOMAR-Pelagos
  - SOMLIT
  - Autres réseaux et projets régionaux/locaux (SRN, RHLN, DYPHYRAD, IGA, AAMP, …)

- **En milieu hauturier**
  - Campagnes scientifiques ponctuelles
  - Réseau MOOSE en Méditerranée
  - Navires d'opportunité avec capteurs automatisés (CPR, etc.)
  - Campagnes halieutiques (optimisées, IFREMER)
  - Campagnes exploratoires et dédiées (demande MEEM-CNRS INSU) à pérenniser et à étendre aux différentes SRM?

  -> Opportunités d'observation plateaux continentaux/talus en Manche et en Atlantique

Contribution des séries phytoplanctoniques au calcul d'indicateurs de surveillance des habitats pélagiques (DCSMM)

co-pilotage HP DCSMM - L. Felipe Artigas et Alain Lefèbvre

Approches développées dans le cadre d'OSPAR

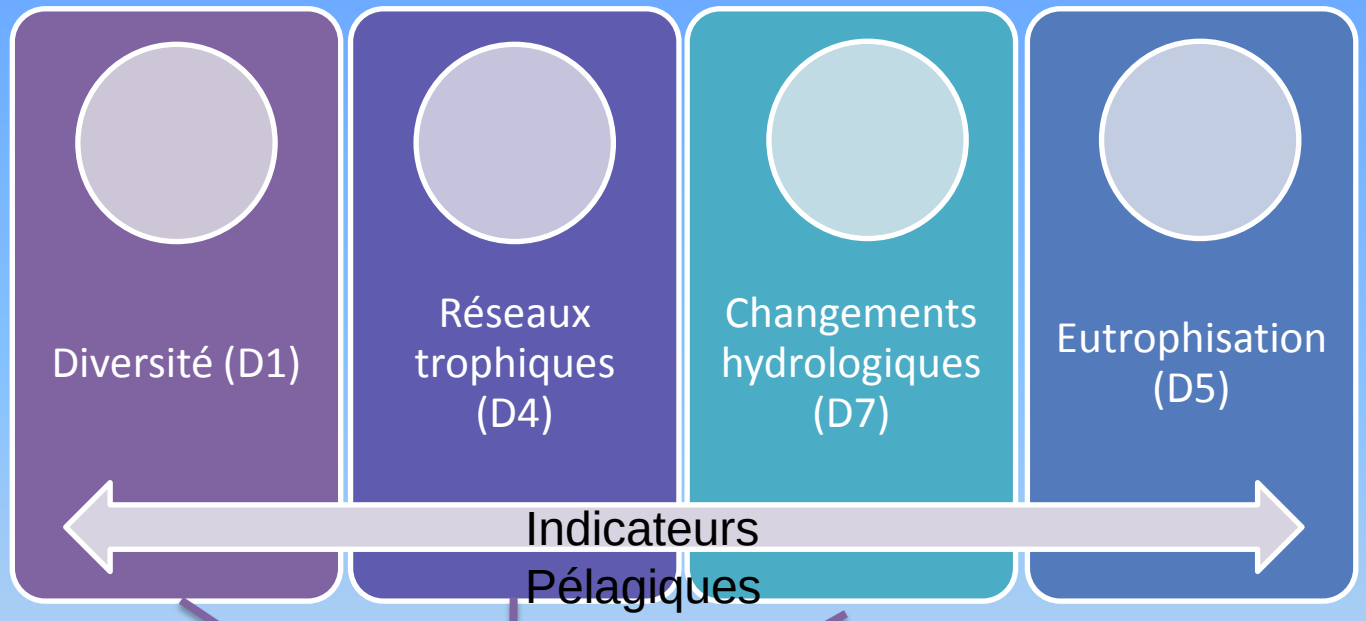
L. F. Artigas[1], A. Aubert[2], A. Budria[2], M.Duflos[1] & I. Rombouts[2]

[1]UMR 8187 CNRS LOG Wimereux, [2]MNHN CRESCO Dinard

A vec la contribution de: C. Ostle[3], G. Graham[3], M. Johansen[4], B. Padegimas[5] & A. McQuatters-Gollop[6]

[3]SAHFOS, Plymouth, [4]SMHI, Gothenburg, [5]OSPAR, London, [6]University of Plymouth, Plymouth

Le défi: des indicateurs pertinents



Choix des indicateurs

Concept: changements? lien avec pressions? etc.

Application: disponibilités des données? cohérence autres Etats Membres CE? etc.

Les communautés pélagiques

- Phytoplancton
- Zooplancton
- Gélatineux

Développement d'indicateurs : PH1, PH2 et PH3 (EcApRHA)

- Microorganismes hétérotrophes et viraux
- Necton

Critères du BEE

- Critère D1C6 :
  - L'état du type d'habitat, sa structure biotique et abiotique, ses fonctions, ne sont pas affectées :
    - composition d'espèces caractéristiques (→D4C1)
    - abondance relative de celles-ci
    - espèces particulièrement sensibles ou fragiles ou d'espèces assurant une fonction clé,
    - structure par taille des espèces (→D4C3)

- 3 indicateurs développés dans le cadre du projet européen EcApRHA (2015-2017): PH1, PH2, PH3

Ecosystem Approach for a Regional Habitat Assessment

Project rationale:

- MSFD: European Commission Art. 12 assessment report on the 1st cycle
- Gaps identified by ICG-COBAM (biodiversity) expert groups for habitats
- Need to integrate regional and local scale plankton data
- Need to combine methods for a holistic assessment of plankton community state
- Need to understand spatial representativity

Objectives:

- To advance in the development of regionally coherent assessment methods and indicators
- To address the gaps and shortcomings identified and to propose solutions
- To guide the development of programme of measures

Partners:

OSPAR COMMISSION
Protecting and conserving the North-East Atlantic and its resources

cnrs dépasser les frontières

MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA 1914

NIOZ

CONTINUOUS PLANKTON RECORDER SURVEY SAHFOS

JNCC Joint Nature Conservation Committee

BIO CONSULT Schuchardt & Scholle GbR

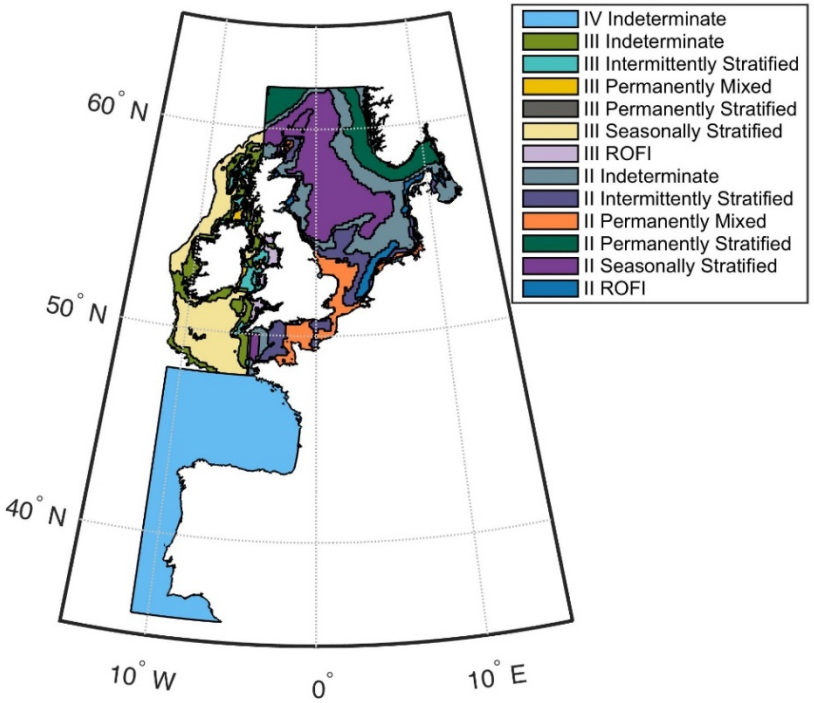
Cefas

Approche Régionale

1st Phase:

Pilot OSPAR sub-regions

- OSPAR Region II (Greater North Sea)
- OSPAR Region III (Celtic Seas)
- OSPAR Region IV (Bay of Biscay & Iberian coasts)
- Ecohydrodynamic regions (van Leeuwen et al., 2015)



2nd Phase:

Development of guidance for application to other OSPAR sub-regions (I, V) and any generic element that could be applied to/from other Regional Seas (Baltic, Mediterranean Sea)

Approche EcApRHA

3 thèmes de travail:

Pelagic Habitats (PH), Benthic Habitats (BH) , Food Webs (FW)

Etape 1
- Recherche des données adéquates déjà acquises dans des programmes de surveillance ou dans un objectif de recherche

Etape 2
- Analyse de la pertinence des indicateurs existants afin d'évaluer l'état de la diversité à une échelle géographique donnée

Etape 3
- Sélection et test des indicateurs jugés pertinents dans le cadre de la DCSMM

Etape 4
- Définitions des conditions de référence et leurs déviations acceptables

Etape 5
- Application des indicateurs dans une évaluation réelle

Work packages

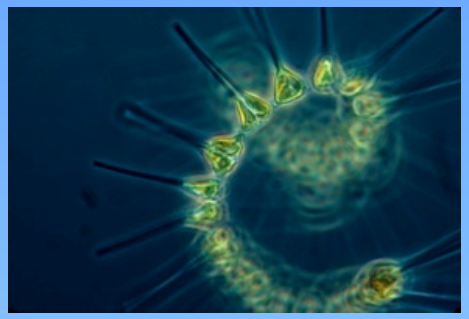
WP 1 *Pelagic Habitats*

WP 2 *Benthic Habitats*

WP 3 *Food Webs*

WP 4 *Ecosystem Perspective*

WP 5 *Project Management*



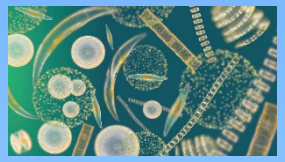
Lead: SAHFOS (Technical) OSPAR (admin)

Co-lead: MNHN

OSPAR code	Pelagic indicator title
PH 1 (Functional level)	Changes of plankton functional types (life form) index ratio
PH 2 (Community level)	Plankton biomass and/or abundance
PH 3 (Diversity level)	Changes in biodiversity index

Données utilisées

Phytoplankton



Marine sub-region	Available data	Data base	Geographic coverage	Development
Greater North sea	Roscoff (2007-2013) CPR	RESOMAR-PELAGOS SAFHOS	1 point – station Offshore (no coastal data)	Yes → PH3, PH2 Yes → PH1, PH2
	Wimereux (2006 – 2012)	RESOMAR-PELAGOS	1 point – station	Yes → PH3 Yes → PH2
Celtic seas	Brest (1998 – 2013) CPR	RESOMAR-PELAGOS SAFHOS	1 point – station Offshore (no coastal data)	Yes → PH3 Yes → PH1, PH2
Bay of Biscay	Croisic (1988 – 2014) CPR	Ifremer- Quadrige SAFHOS	1 point- station Offshore (no coastal data)	Yes → PH3 Yes → PH1
	Loscolo (1988 – 2014) Cudillero (1996-2006)	Ifremer- Quadrige IEO	1 point – station 1 point – station	Yes → PH3 Yes → PH3
Swedish straits	Släggö Skagerrak Anholt E, Kattegat	SMHI SMHI	1 point – station 1 point – station	Yes → PH2 Yes → PH2

Zooplankton

Marine sub-region	Available data	Data base	Geographic coverage	Development
Greater North Sea	CPR	SAFHOS (Plymouth, England)	Offshore (no coastal data)	Yes→ PH2 (PH1-PH3 planned)-
Celtic seas	CPR	SAFHOS (Plymouth, England)	Offshore (no coastal data)	Yes→ PH2 (PH1-PH3 planned)
Bay of Biscay	CPR	SAFHOS (Plymouth, England)	Offshore (no coastal data)	Yes→ PH2 (PH1-PH3 planned)
Wetern Mediterranean	Villefranche-sur-mer (1997-2003/2004-2008+2010)	RESOMAR-PELAGOS	1 point- station	No
	No	Toulon	1 point- station	Yes

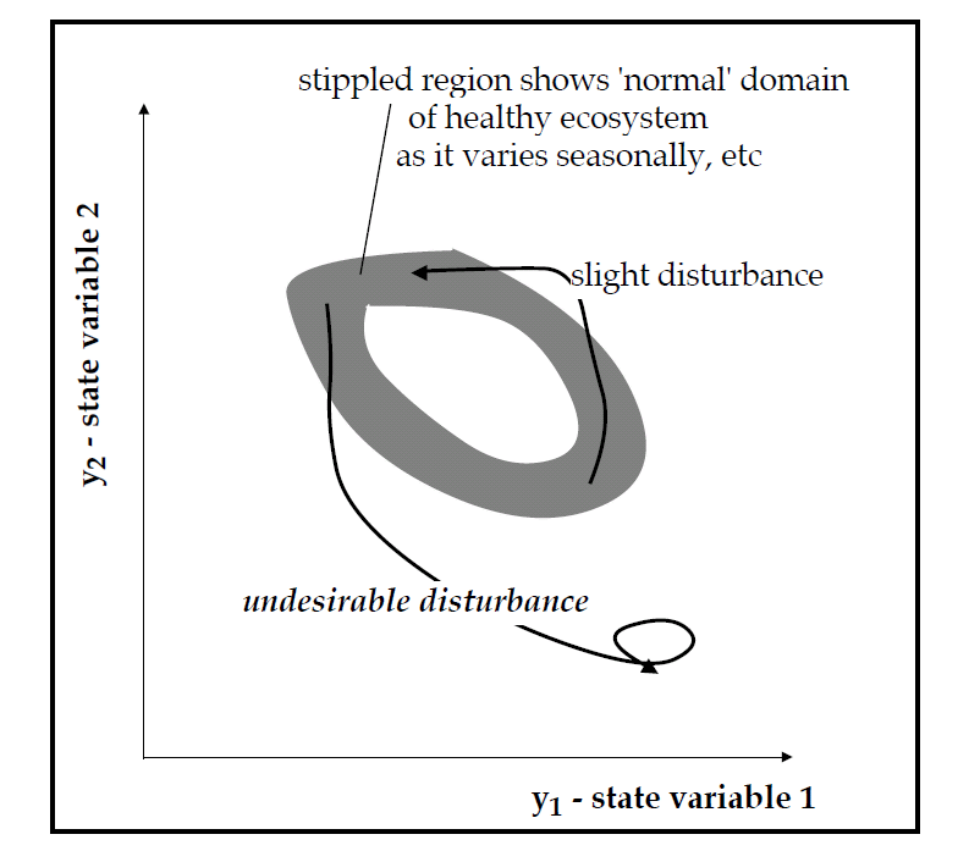
PH1 – Functional groups

1- Display of changes in the abundance of each of these lifeforms using a state-space approach.

2- Transfer baseline regime to another data set.

3- Plankton Index (PI): proportion of points out of the regime defined in baseline or starting conditions.

4- Significance of PI (binomial series expansion, Chi2)



Tett et al., 2008, 2011

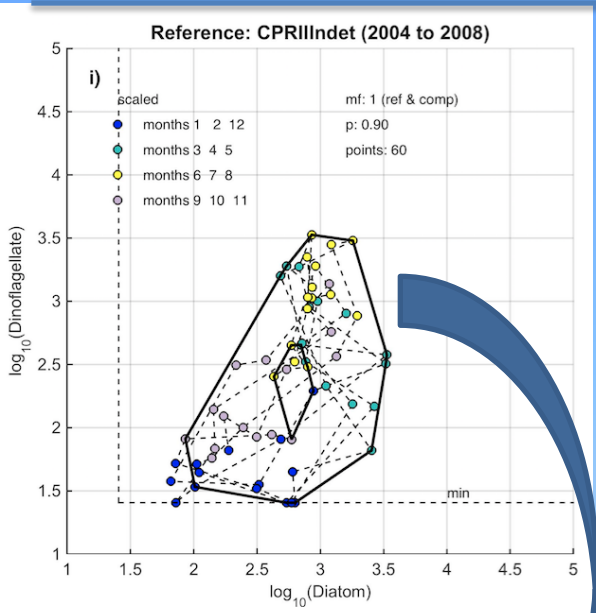
PH1 – Groupes fonctionnels

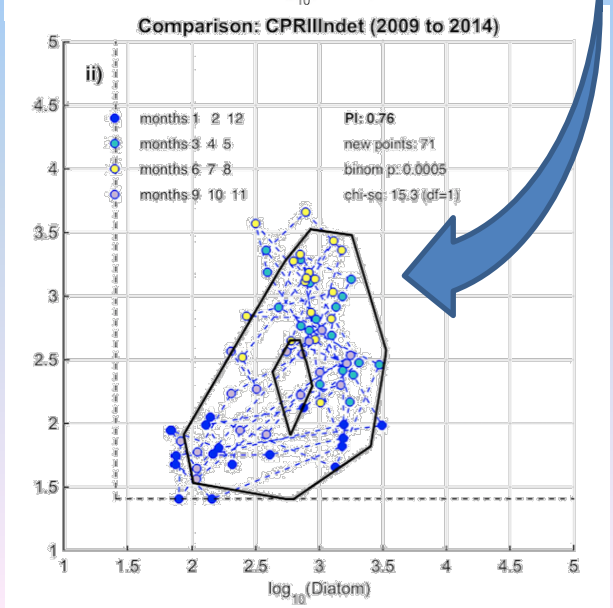
Paires de groupes fonctionnels	Explication
Diatomées & dinoflagellés	Dominance de dinoflagellés peut indiquer l'eutrophisation et une chaine alimentaire moins désirable
Zooplancton gélatineux &larve/œufs de poissons	Indicateur du flux d'énergie et de flux trophiques possibles
Petits & grands copépodes	Indicateur de chaîne alimentaire et de flux trophique
Crustacés et zooplancton gélatineux	Indicateur du flux d'énergie et de flux trophiques possibles
Grand & petit phytoplancton	Indicateur de l'efficacité du flux d'énergie vers des niveaux trophiques plus hauts
Phytoplancton & zooplancton non-carnivore	Indicateur du flux d'énergie et de la balance entre producteurs primaires et consommateurs primaires
Diatomées pélagiques & tychopélagiques (benthiques)	Indicateur de perturbation benthique et de la fréquence des évènements de resuspention
Holoplancton & meroplancton	Indicateur de la force du couplace benthique-pélagique et du résultat reproductif de la faune benthique vs. pélagique

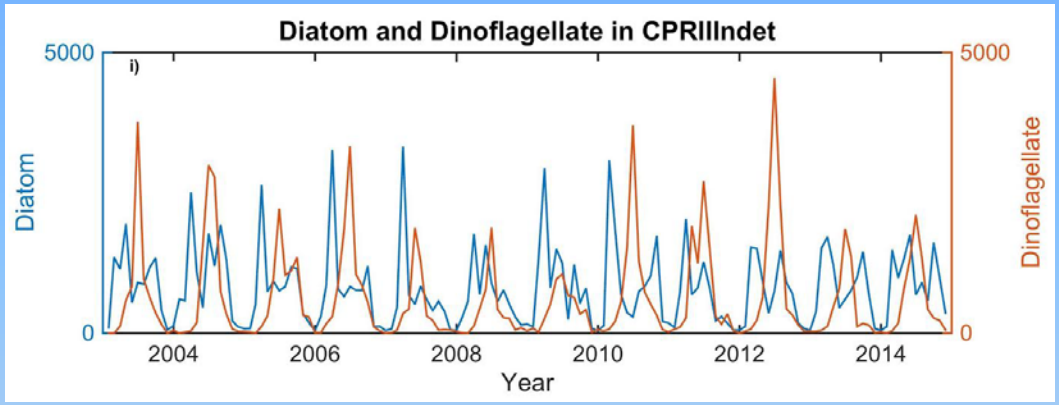
- Evite les problèmes d'identification taxonomique (limitations de la microscopie, espèces cryptiques)
- Transférable aux différentes eaux Européennes

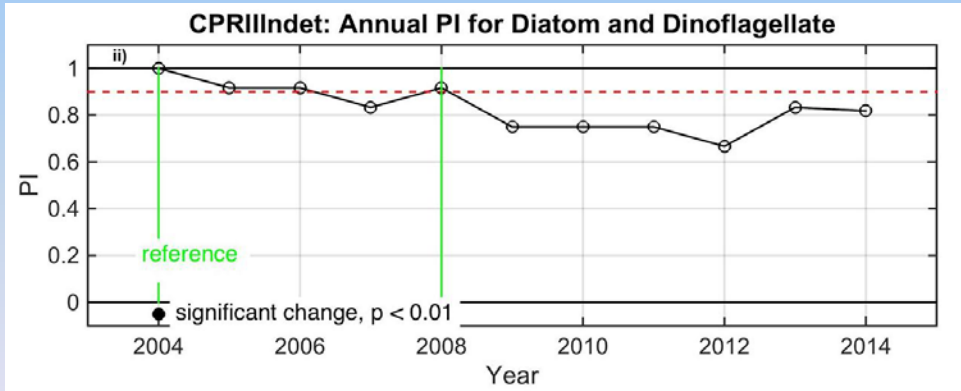
Rombouts et al. 2013 Ecol. Indic. 29:246-254

PH1 – Functional groups









Relate trends in the PI to trends in human pressure and climate change indices.

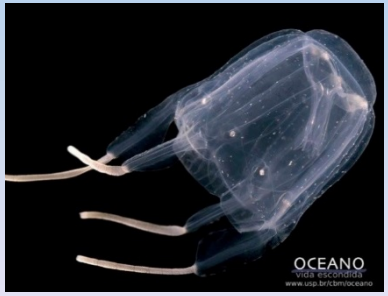
PH2 – Biomass/abundanc

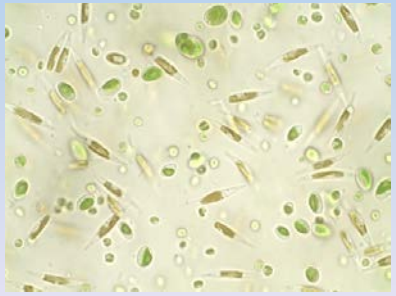
It is a <u>state indicator</u>:

→ The strength of the yearly anomalies for primary producers (phytoplankton total biomass) and secondary consumers (total copepods) indicates how important is the "change" (anomaly) in the abundance/biomass cycle of these low trophic levels.

→ Important changes identified might have most likely repercussions on the other trophic levels and thus on the whole food-web.

→ The strength of the anomalies indicates that a pressure had potentially led to this change (for instance fishing pressure can have a repercussion on zooplankton stock and thus on phytoplankton one)



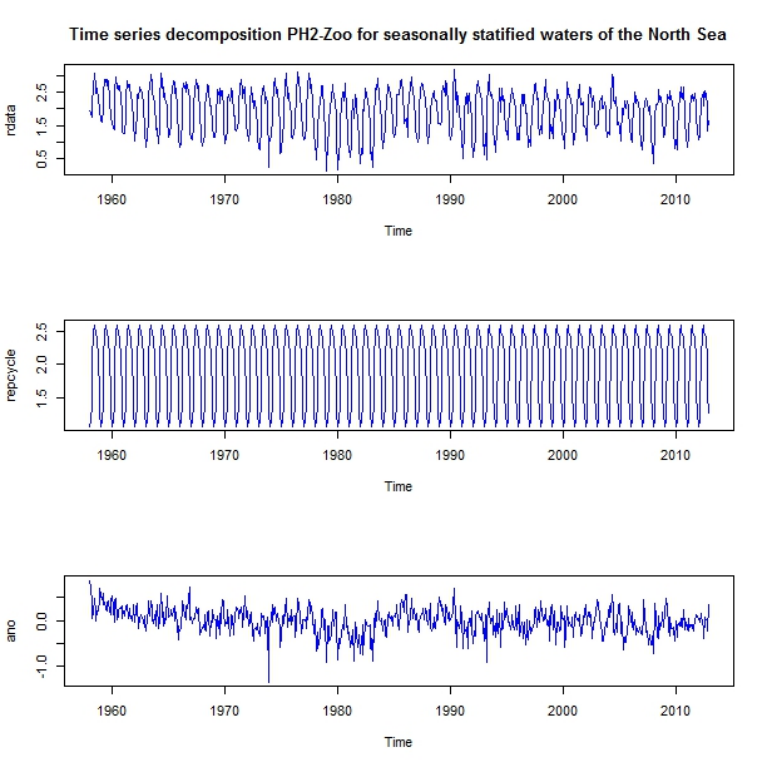


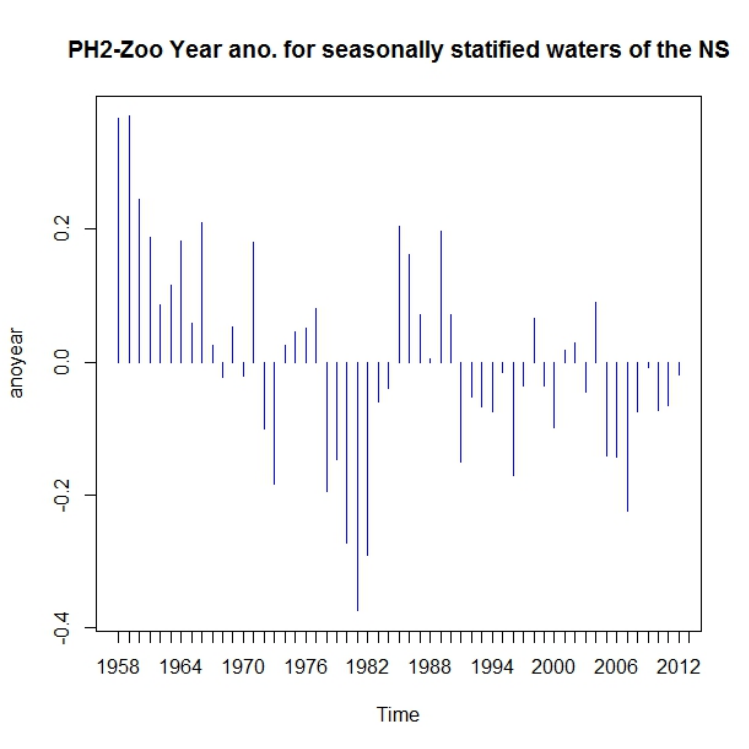
→ **Time-series analysis**

PH2 – Biomass/abundance

- Methodology

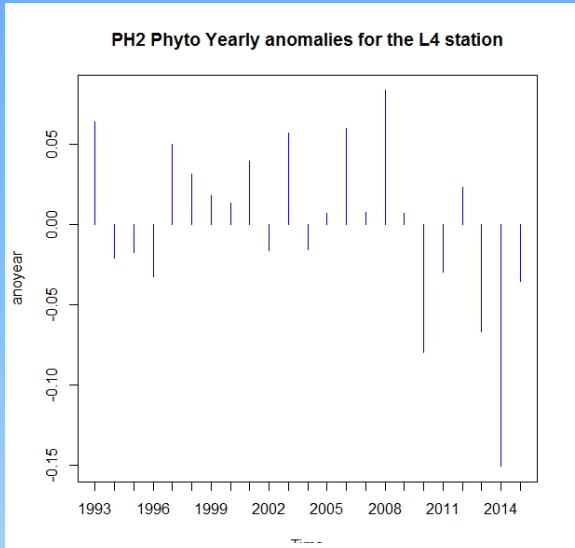
Decomposition of time-series to calculate monthly and yearly anomalies

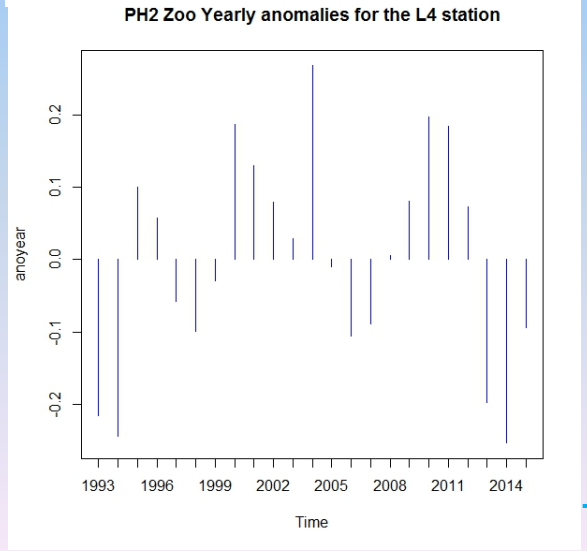




Here, result for the total copepod abundance for the seasonally stratified waters of the North Sea
For instance, strong negative anomalies identified in the early 80's (known to be a period of regime shift)

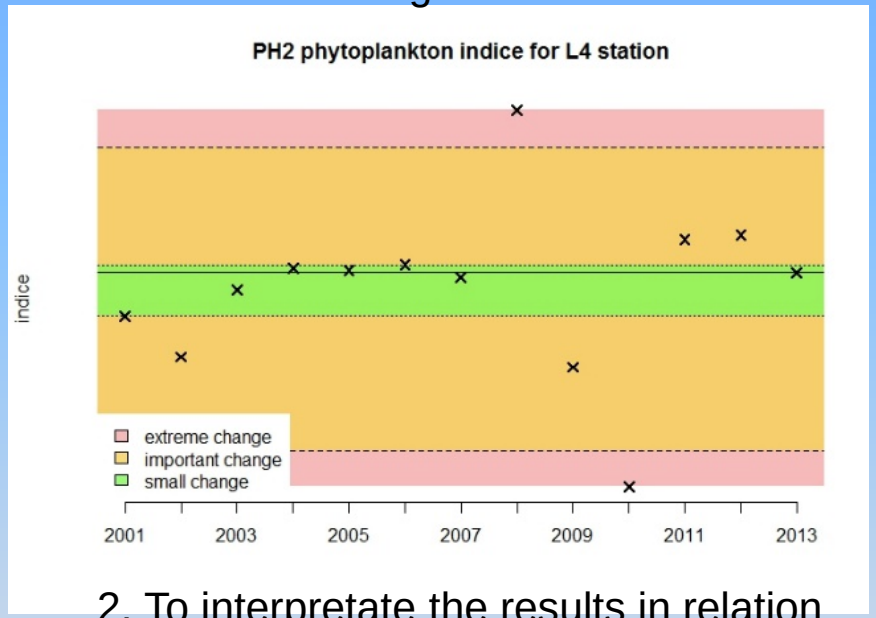
PH2 – Biomass/abundance





To come next:

1. To define a categorization



2. To interpretate the results in relation to environnemental variables and pressures
→ In order to define a combined result linked with the GES idea (Good Environmental Status)

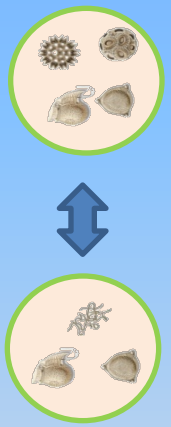
→ Work in progress within the EcApRHA project

PH3 - Diversité

Objectif: indicateur reflétant les changements de diversité

Décrire les assemblages

Comparer les assemblages



Indices de richesse

Indices de dominance et d'uniformité

Indices de similarité et diversité beta

e.g. - Richesse spécifique
- Margalef
- Menhinick

e.g. -Hulburt
- Pielou
- Brillouin

e.g. -Jaccard
- Sørensen
- Bray-Curtis

PH3 - Diversity

Describing assemblages

- **Menhinick richness index (D)**

$$D = s/\sqrt{N}$$

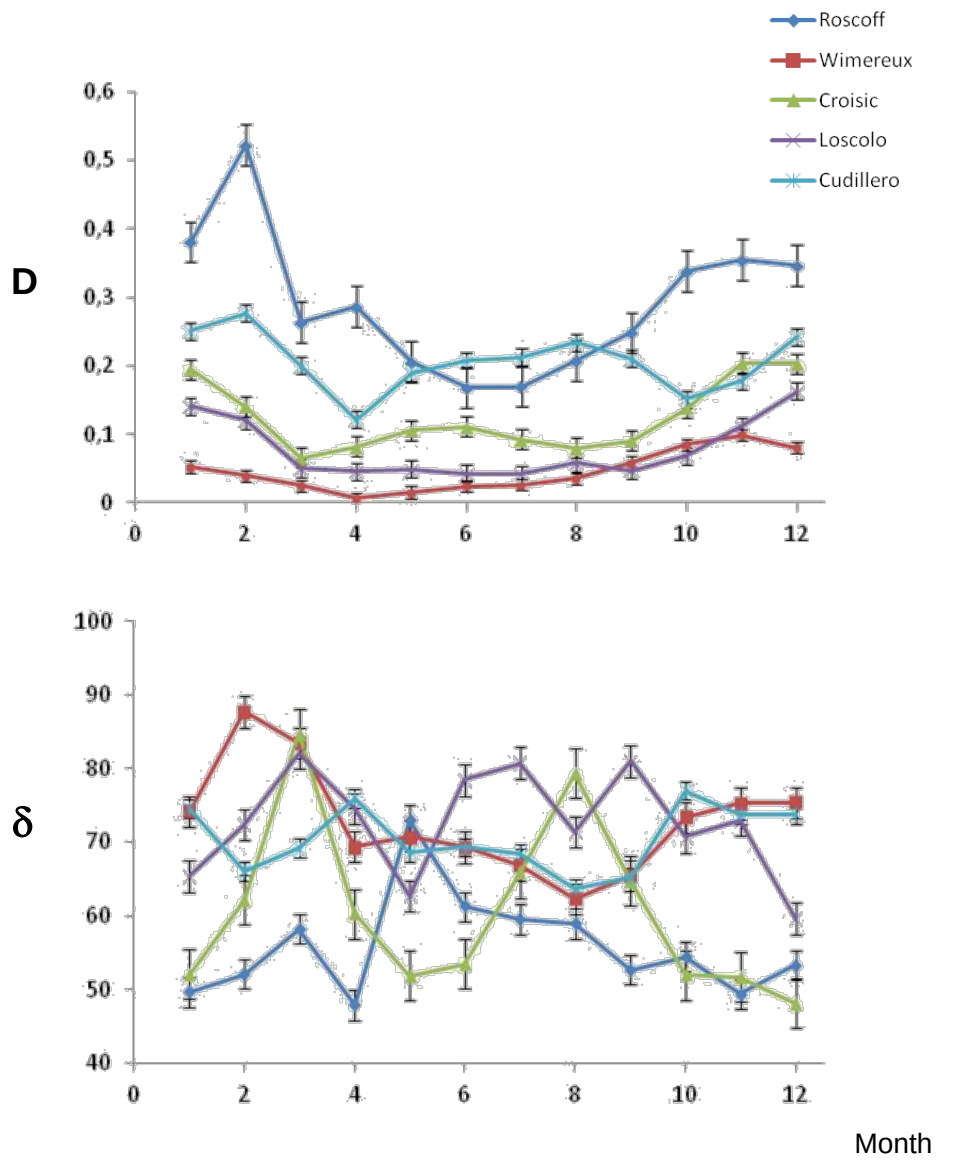
s: species richness
N: total abundance

- **Hulburt dominance index (δ)**

$$\delta = 100*(n1+n2)/N$$

n1: abundance of most abundant species
n2: abundance of second most abundant species
N: total abundance

Frequent use of δ_2 (= 100-δ)



PH3 - Diversity

Comparing assemblages

Species composition (p species in n sites)

Squared differences from column means

Species contributions to beta diversity

1…p

1…n

y_{ij}

1…p

1…n

s_{ij}

SS_j

1…p

Total dispersion → Beta Diversity

1…n

SS_i

Local contributions to beta diversity (LCBD)

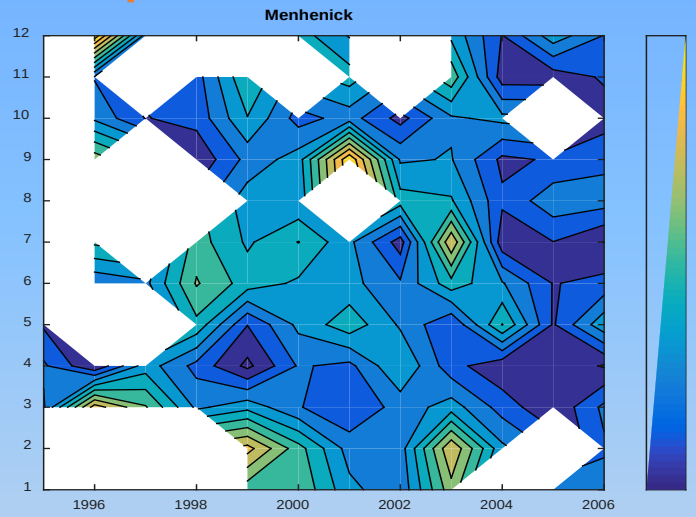
Legendre & Caceres 2013, Ecol. Let.
Legendre & Gauthier 2013, Proc. R. Soc. Lond. B

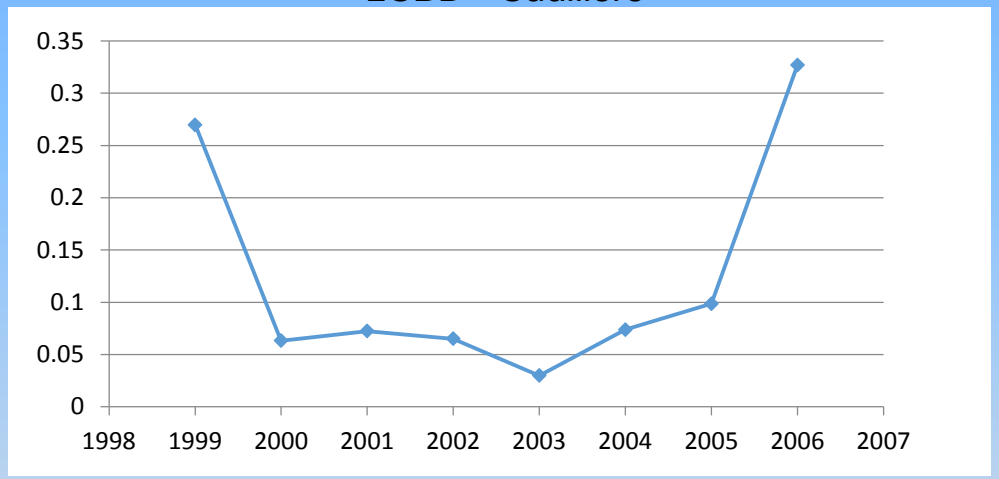
LCBD reflects the uniqueness of a sampling unit

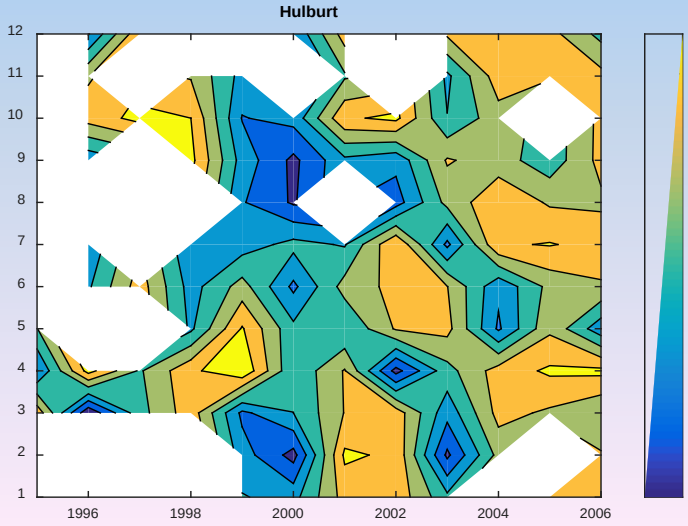
⇒ Identify atypical (i.e. **disturbed**?) sampling units

PH3 - Diversité

Comparer les assemblages

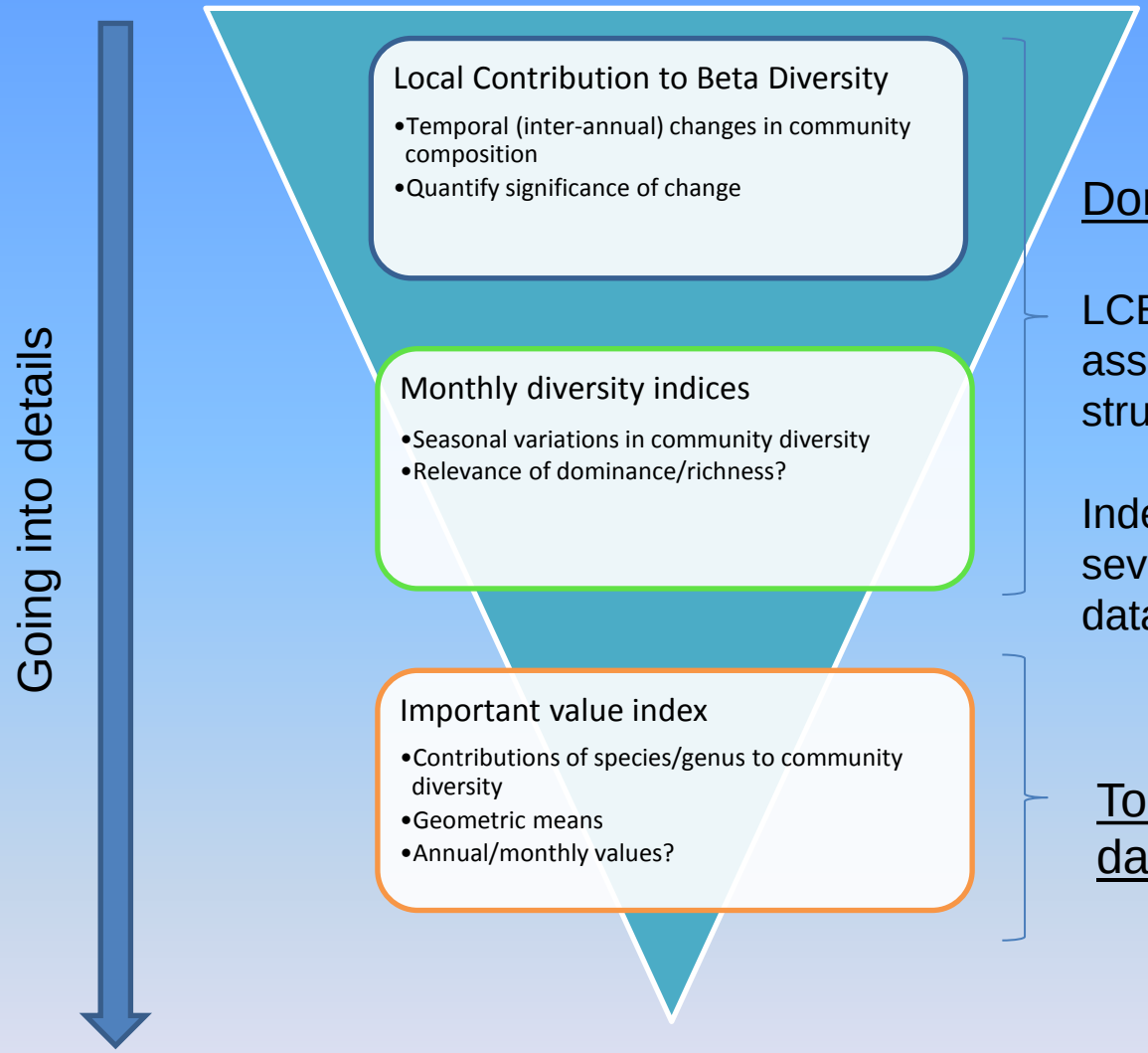






- Périodes de forte dominance correspondent à une faible richesse.
- Faible LCBD correspond à une année à forte diversité (ex.2003); Forte LCBD associée à une forte dominance.

MAIS des observations sur le long-terme sont nécessaires pour un calcul robuste de LCBD



Done for L4 data:

LCBD permutation tests to assess atypical community structures

Index selection based on several criterion (e.g. type of data, mathematical redundancy)

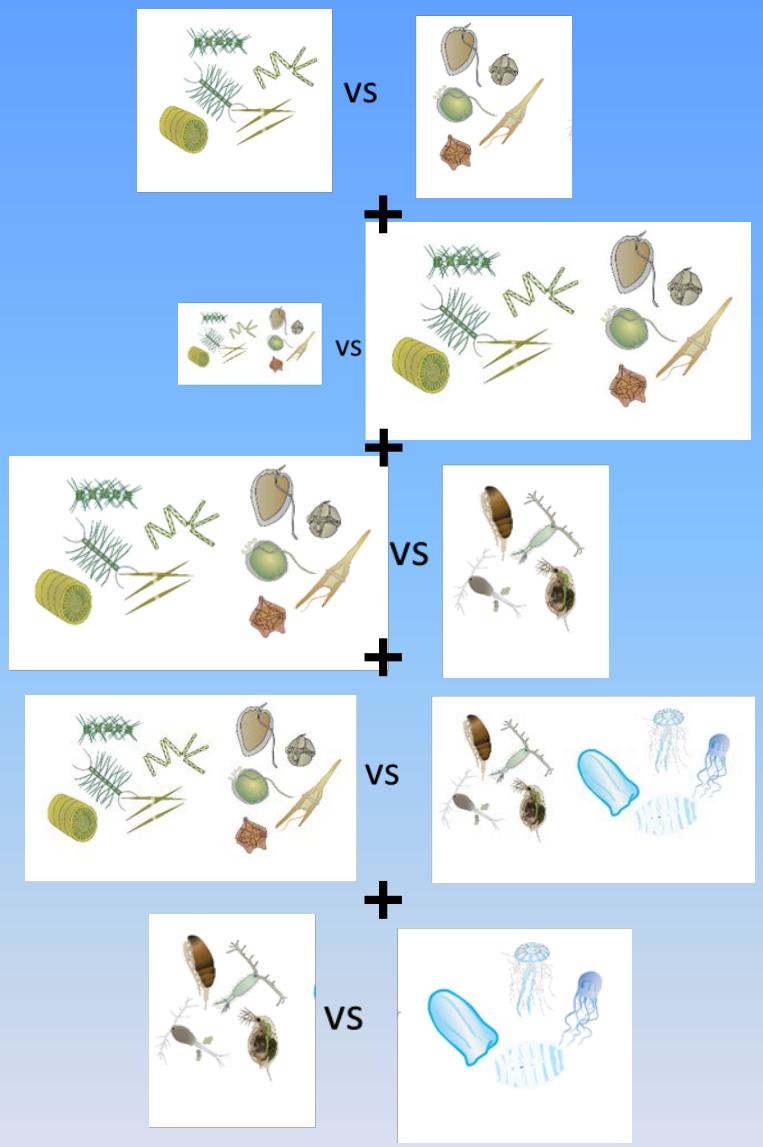
To be done for L4 data

The use of a multimetric index is especially powerful because, in addition to reducing uncertainty in the assessment, it also increases robustness of the assessment compared to situations where single indicators are used (Dale and Beyeler 2001)

Et maintenant ?

Aggrégation

Combinaison d'informations comparables provenant d'un indicateur ou d'un critère aux échelles spatiales et temporelles



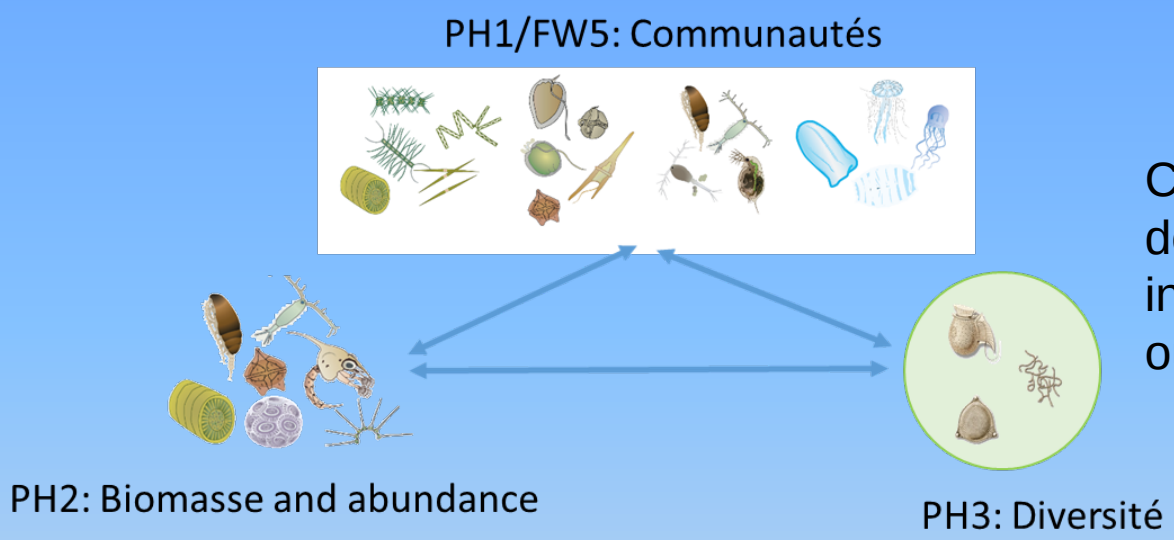
Difficulté conceptuelle (e.g. lifeforms)

Problème de la résolution (spatiale) des données et de la définition des zones d'étdues

Pers. comm. C. Ostle, A. Aubert

?

Et maintenant ?



Intégration

Combinaison des informations de différents indicateurs en un indicateur de plus haut niveau ou en un niveau de critères,

ou

Combinaison d'information de plusieurs critères de descripteurs en un groupe alternatif de critères (ex. pour une composante écosystémique, ou pour un groupe de critères en dessous du niveau du descripteur)

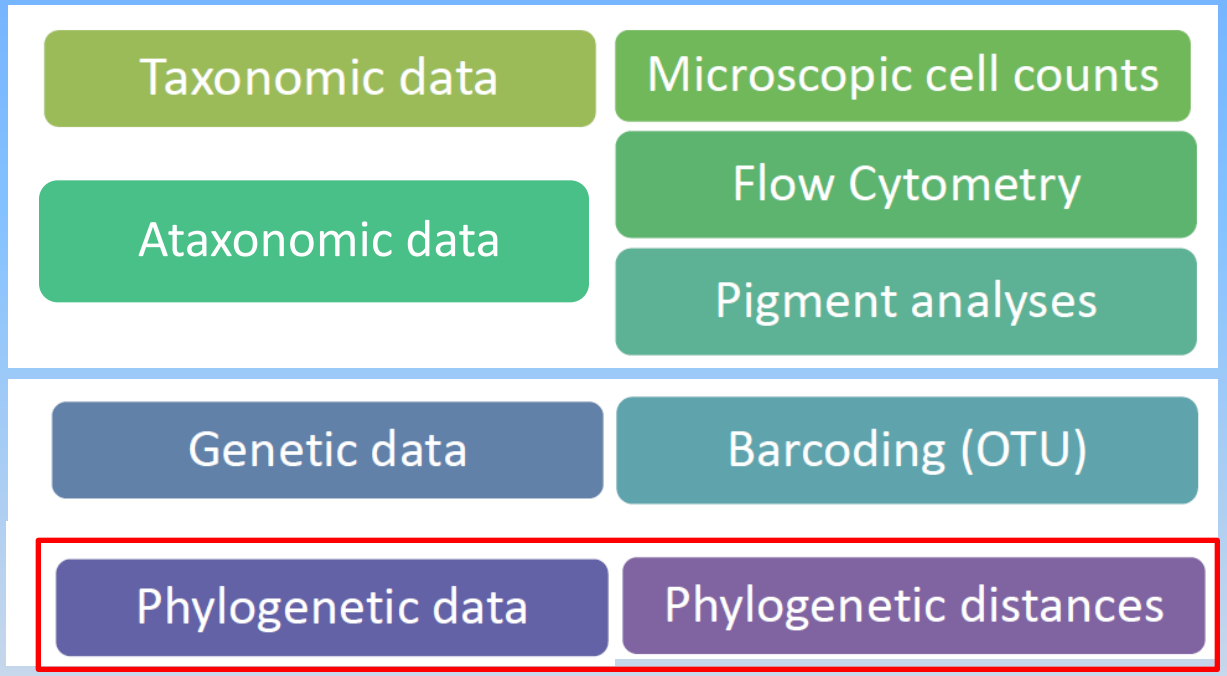
Difficultés conceptuelles (relations écologiques entre indicateurs) et techniques (quelles méthodes?)

Problème de la résolution (spatiale) des données et de la définition des zones d'étdues

Pers. comm. C. Ostle, A. Aubert

PH3 - Diversité

Utiliser au maximum les données disponibles



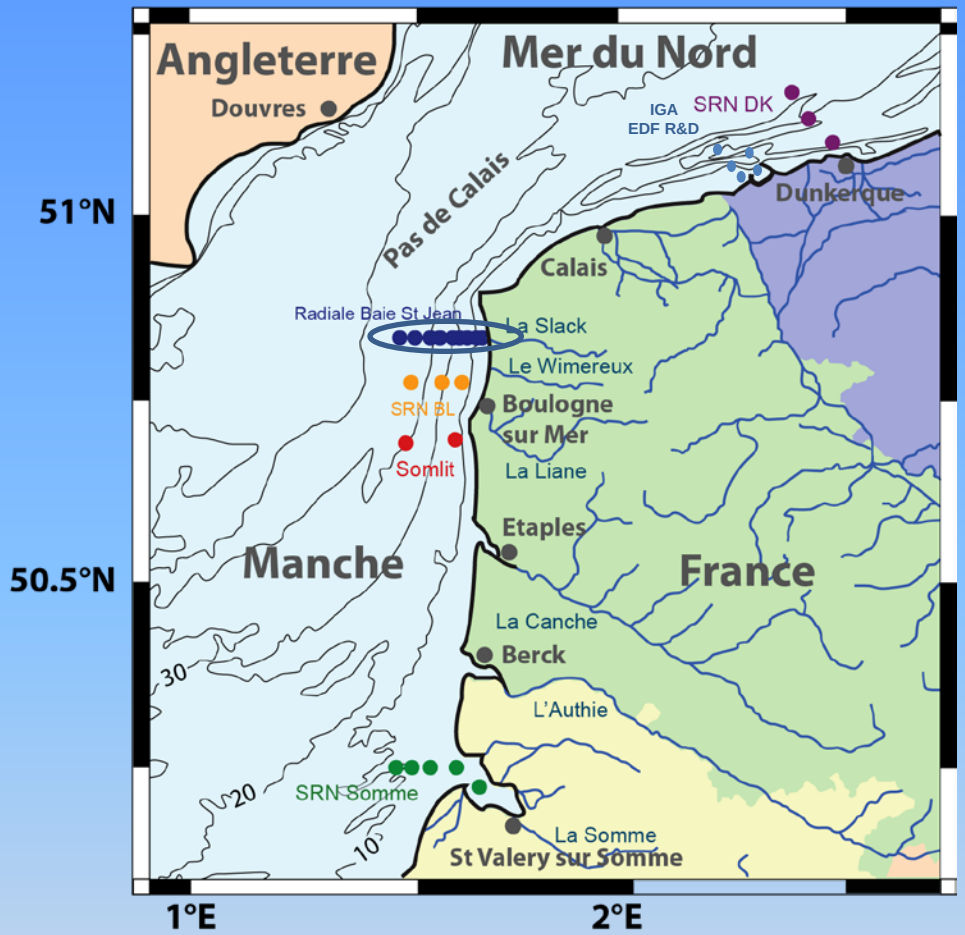
- Utile lorsqu'on a peu d'information sur les traits des espèces
- Liens entre phylogénétique et diversité fonctionnelle (Somerfield et al.2008)

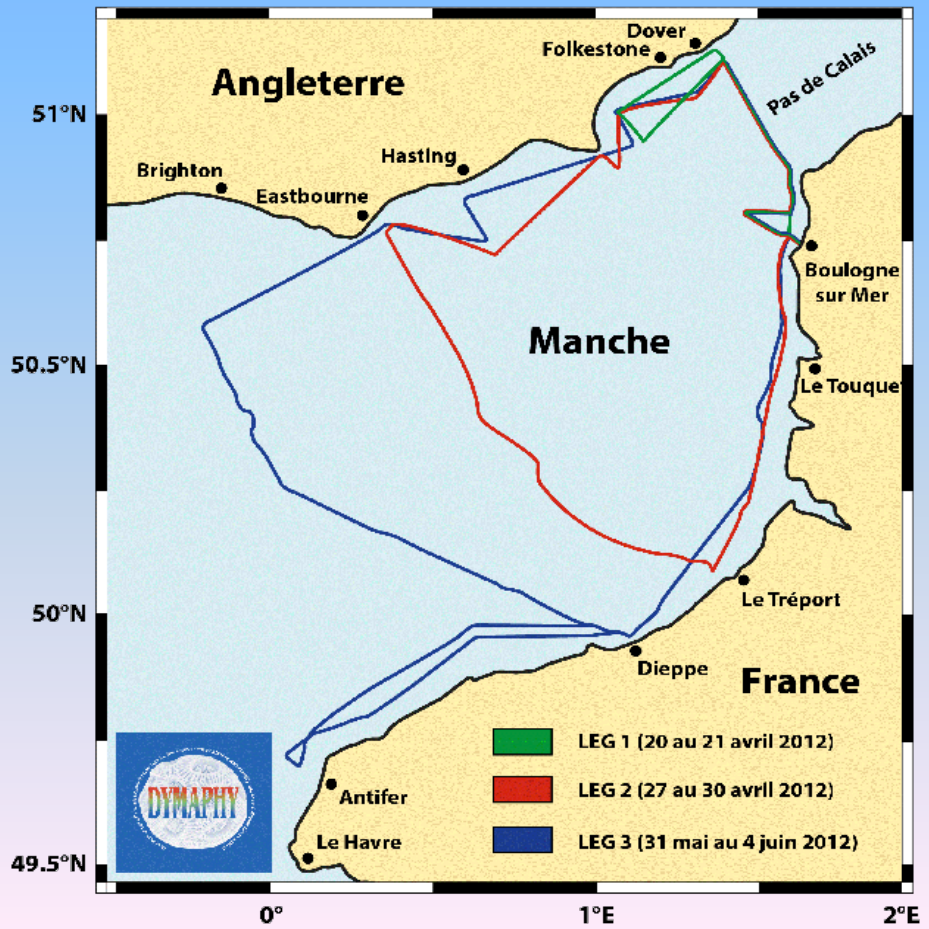
Pistes de développement de PH3 et pistes explorées dans le cadre de la DCE (Indice Composition)

Convention ONEMA-IFREMER et IFREMER-CNRS
Sites suivi pour travail indice composition

Réseau	Stations	Points	Période/fréquence	Méthodes	Rapport
Radiale Wimereux-Slack (Baie Saint Jean) (DYPHYRAD, RESOMAR- INSU Campagnes printanières (DYPHYMA – projet INTERREG « 2 Mers » DYMAPHY (2012)	Radiale Saint-Jean (longue de 5,25 milles nautiques) + Suivi saisonnier et inter-annuel du point R1 Manche Orientale (enregistrements en continu et prélèvements)	9 points, transect de la côte vers le large	Depuis mai 2011	<u>Phytoplancton</u> -Abondance/classes de taille : cytométrie en flux -Groupes spectraux par fluorescence multi-spectrale - une station comptages microscopiques - pigments fluo et HPLC	Livrables AII et 2 pour données 2011 et 2012 ; Livrable AIII pour données 2013 Livrable 2 AIII pour données 2014
SOMLIT (CNRS-INSU)	Réseau d'observation (SOERE, INSU) pointe de l'Aplrech, au Sud de Boulogne sur mer). Suivi observation bi-mensuel	2 points (un côte et un large)	De janvier 2012 à décembre 2015	<u>Phytoplancton</u> -Abondance/classes de taille : cytométrie en flux semi-automatisée (in vivo) + analyses cytométrie en flux après fixation + Groupes spectraux par fluorescence multi-spectrale	Livrable 2 AIII pour données 2015
SRN-REPHY (IFREMER)	Réseau de Suivi Régional Des Nutriments (IFREMER-AEAP) + Réseau de Phytoplancton et Phycotoxines (REPHY-IFREMER)	3 radiales : - baie de Somme (5 puis 4 points) - Boulogne sur Mer (3 points) - Dunkerque (3 points)	De janvier 2012 à décembre 2015	<u>Phytoplancton</u> -Abondance/classes de taille : cytométrie en flux semi-automatisée (*in vivo*) + Groupes spectraux par fluorescence multi-spectrale	Livrable 2 AIII pour données 2015

Les stratégies d'observation du phytoplancton en Manche Orientale (LOG - INSU, IFREMER LER/BL) : REPHY-SRN, SOMLIT-RESOMAR, IGA

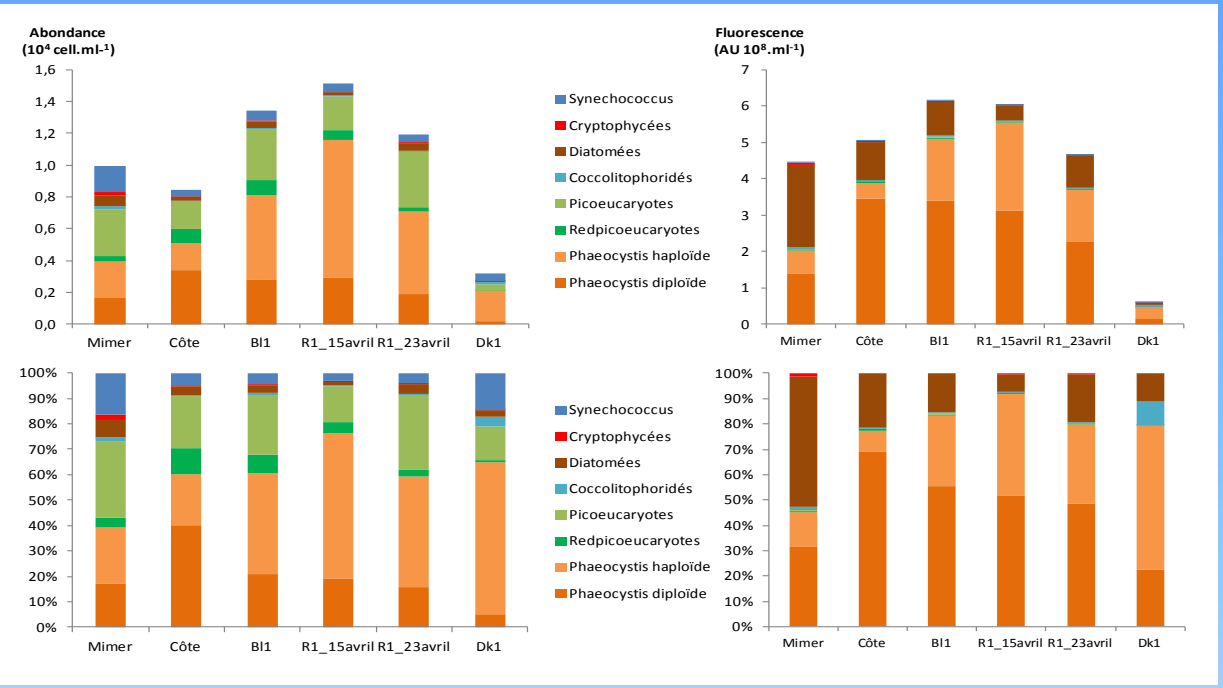




Projets :

- INTERREG- 4A « 2 Mers » DYMAPHY (2010-2013)
- Collaboration de recherche CNRS-ULCO-IFREMER « Indice Composition »

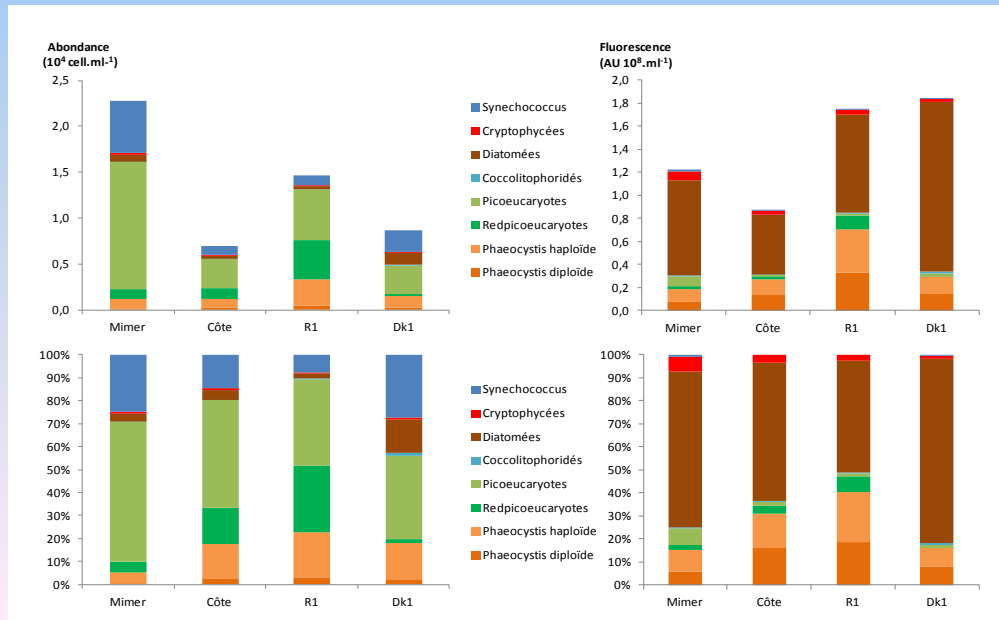
Résutats suivis indice composition



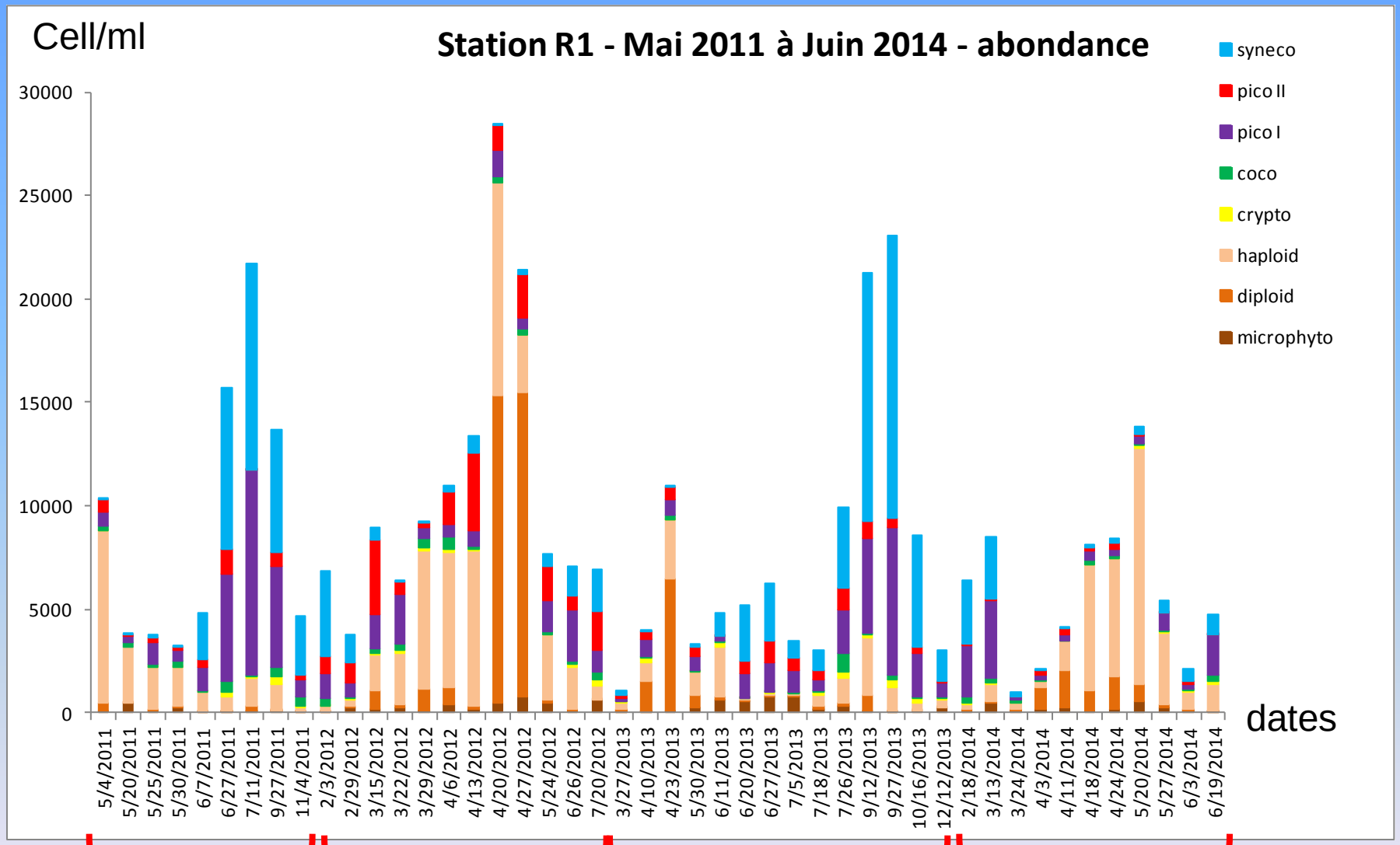
SRN REPHY
SOMLIT
RESOMAR
DYPHYRAD

Abondance relative des différents groupes phytoplanctoniques identifiés par cytométrie en flux au niveau des 3 réseaux d'observation en eaux côtières de la Côte d'Opale, mi-avril 2015.

FAbondance relative des différents groupes phytoplanctoniques identifiés par cytométrie en flux au niveau des 3 réseaux d'observation en eaux côtières de la Côte d'Opale, début Juin 2015.

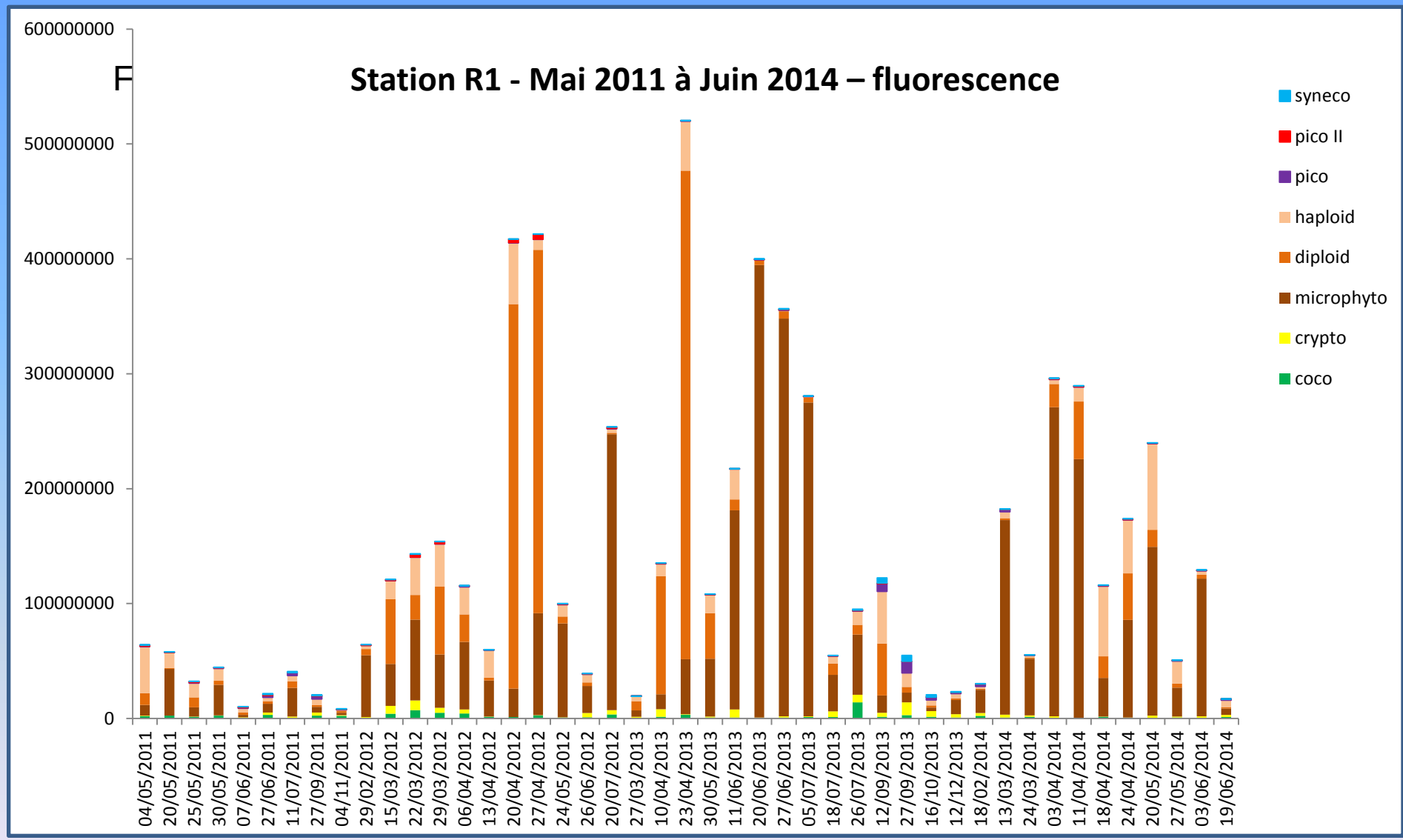


Variabilité hebdomadaire saisonnière et inter-annuelle
StatioN R1 – Radiale DYPHYRAD (Thèse S. Bonato, 2015)



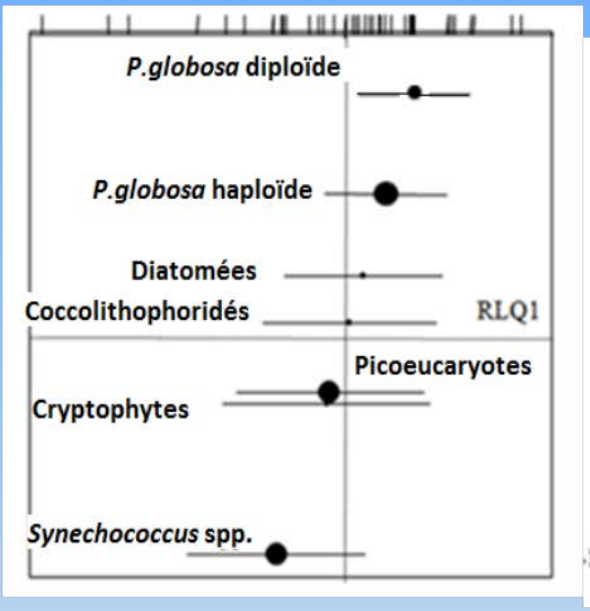
Mai 11 – Nov 11 **Fev 12 – Juillet 12** **Mars 13 – Dec 13** **Fev 14 – Juin 14**

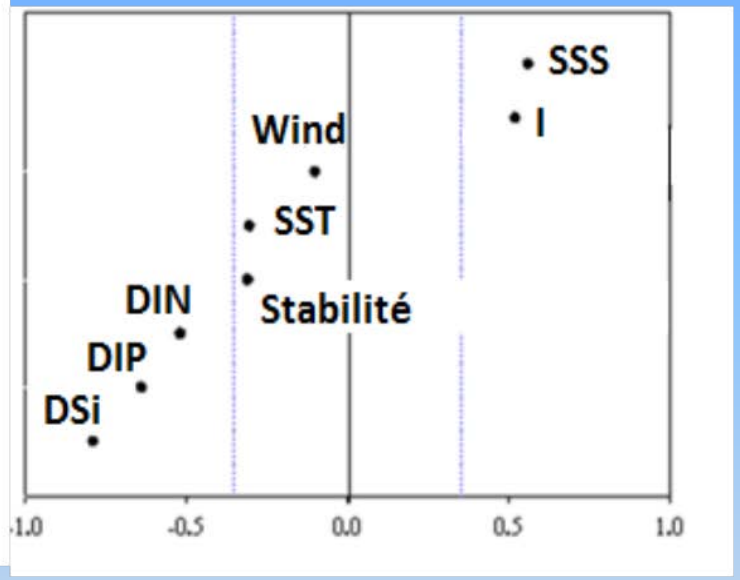
Variabilité hebdomadaire saisonnière et inter-annuelle
StatioN R1 – Radiale DYPHYRAD (Thèse S. Bonato, 2015)



Mai 11 – Nov 11 **Fev 12 – Juillet 12** **Mars 13 – Dec 13** **Fev 14 – Juin 14**

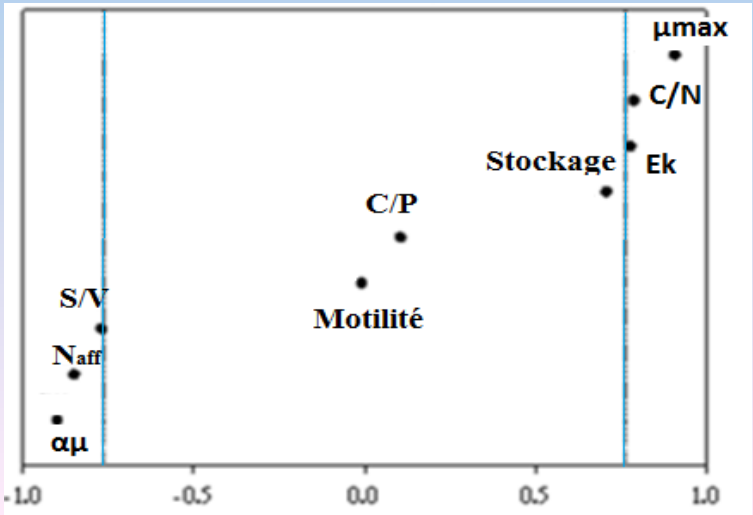
Approche par les traits fonctionnels des groupes phytoplanctoniques et premières pistes pour la construction d'un indice composition basé sur les résultats d'analyses par cytométrie en flux





Succession phytoplanctonique le long d'un gradient de ressources (axe RLQ, gauche) et corrélation entre les facteurs environnementaux et l'axe RLQ (droite)

Corrélation entre les traits fonctionnels de réponse et le gradient de ressources RLQ



Thèse Simon Bonato (2015)
Publication Breton et al., Aquaatic Microbial Ecology – In press 2016

Joint European Research Infrastructure network for Coastal Observatory - Novel European eXpertise for coastal observaTories (2015-2019)

To address **key environmental challenges, good/services and/or policy requirements,** in the context of the Marine Strategy Framework Directive (MSFD) and the descriptor of Good Environmental State (GES) : Pelagic diversity (Descriptor 1) – Eutrophication (D5), carbon fuxes (Descriptor 4) and operational oceanography.

To deliver **a harmonized research infrastructure for coastal observations**, compliant with EMODNET and Copernicus

To ensure the **sustainable provision** of high-quality coastal multidisciplinary observations

To produce a **long-term strategy** for further development, integration, sustainability and relevance of coastal observatories in Europe

Automated platform for the observation of phytoplankton diversity and related ecosystem services

Operability and discrimination of existing innovative techniques addressing phytoplankton diversity, functional groups distribution and/or photosynthetic parameters

Critical comparison of different techniques **and propositions of improvement** of existing techniques.

Definition of the range of applicability of each technique, in terms of definition of cell size, concentration, speed of measurement, etc;

Three main approaches will be explored and used in combination in order to build automated platforms :

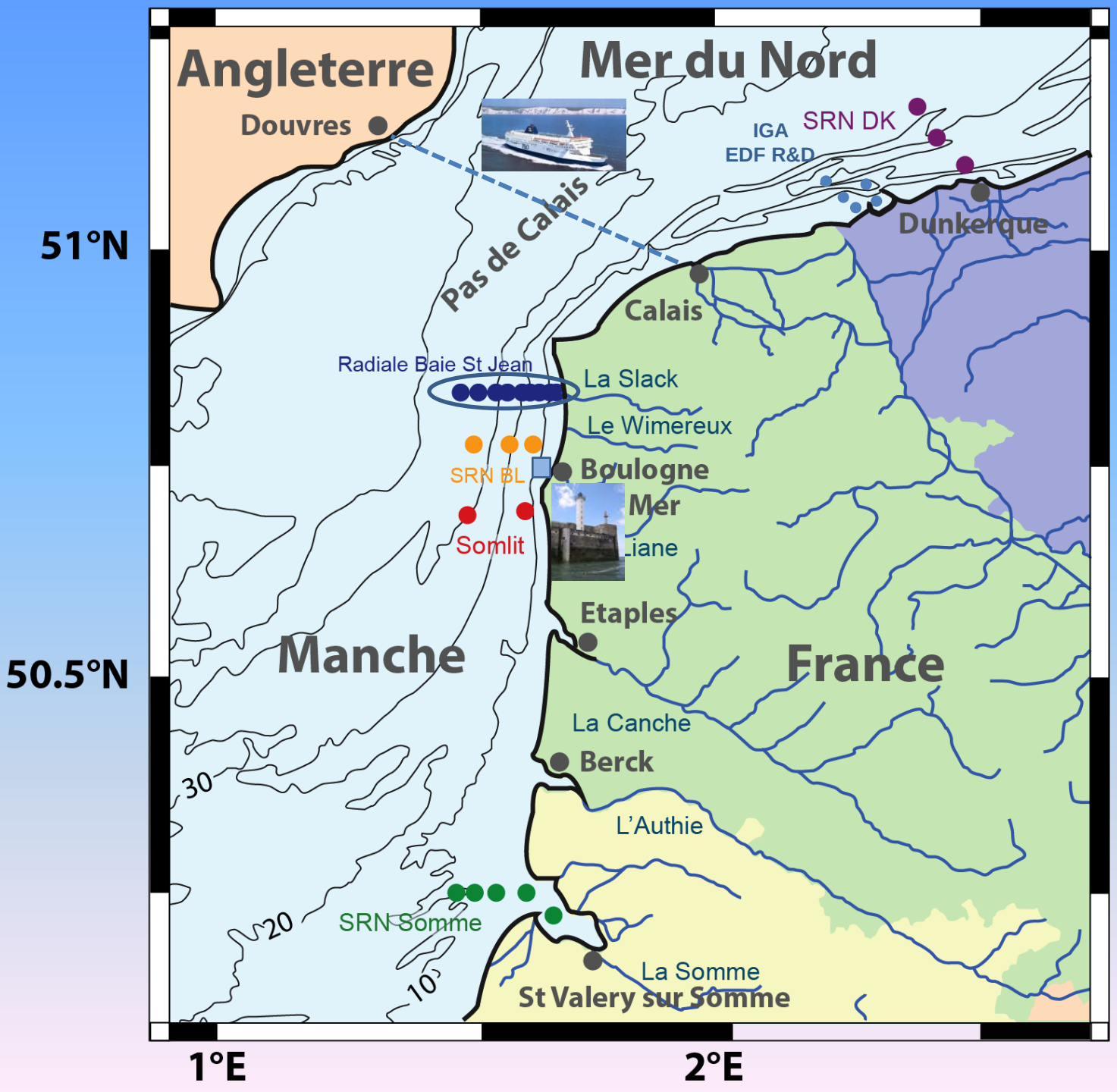
- **image acquisition and analysis** (in flow/*in situ*)
- **single-cell optical analysis** (pulse-shape recording flow cytometry)
- **a combination of optical bulk techniques** (fluorescence induction, spectrophotometry and spectrofluorometry)

Implementation of (semi-) automated *in situ* techniques in current monitoring EU marine waters

- Definition of the **most suitable and relevant combination of methods to monitor phytoplankton** according to the environment considered.

- Considering the **differences in optical properties, nutrient status and phytoplankton community structure & physiology.**

- Better description of the **different types of data** that can/will be compiled in European databases and that can be used for the developments of indicators for WFD and MSFD



Observation et surveillance *in situ* qualité des eaux et phytoplancton, des réseaux existant aux dispositifs projets CPER MARCO et JERICO-Next

- Jouvence dispositif d'analyses MAREL Carnot,
-Jouvence plateforme analytique

- Acquisition nouveau Cytomètre en flux à scanning,
-Acquisition FRRF et Fluorimètre spectral,
-Implémentation Ferry Box ligne Calais-Douvres,

CPER MARCO

Merci pour votre attention!

Et merci aux équipages des N.O. « Côtes de la Manche » et « Sepia II » (INSU), aux étudiants et collègues des institutions partenaires des projets DYMAPHY, JERICO-Next, EcApRHA et MARCO pour leur dur labeur en mer et au laboratoire, à la convention ONEMA-IFREMER-CNRS, au Syndicat Mixte de la Côte d'Opale (SMCO), à la Région « Hauts de France » , à OSPAR et aux Fonds européens FEDER et H2020 pour leur soutient financier

www.dymaphy.eu
www.jerico-ri.eu
www.ospar.org/work-areas/bdc/ecaprha

Observation des coccolithophoridés de l'espace et comparaison aux données des campagnes halieutiques PELGAS

Francis Gohin, Laurie Perrot, Luis Lampert, Pascale Malestroit

avec la participation de l'équipe Pelgas, Martin Huret, Paul Bourriau

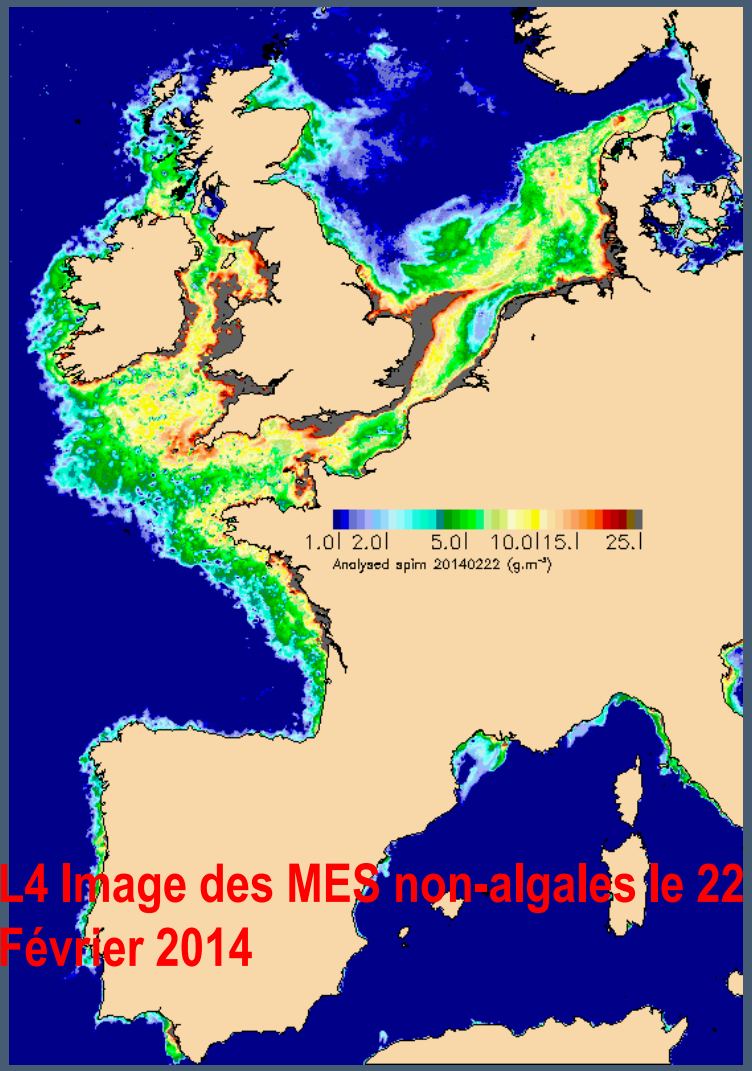
Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

Observation des coccolithophoridés de l'espace et comparaison aux données des campagnes halieutiques PELGAS

Francis Gohin, Laurie Perrot, Luis Lampert, Pascale Malestroit
Ifremer, Dyneco/Pelagos

avec la participation de l'équipe Pelgas, Martin Huret, Paul Bourriau

Des images de Chlorophylle-a et de Matières en Suspension non-algales dérivées des satellite de la couleur de l'eau sont proposées à l'Ifremer



L4 Image des MES non-algales le 22 Février 2014

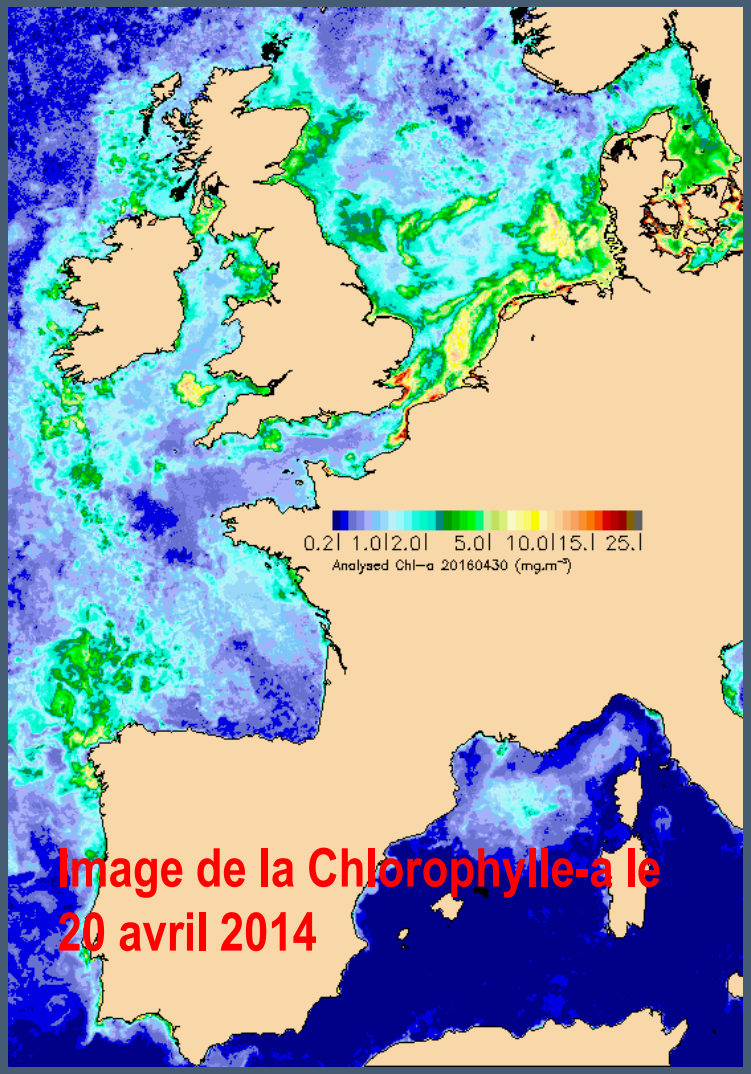
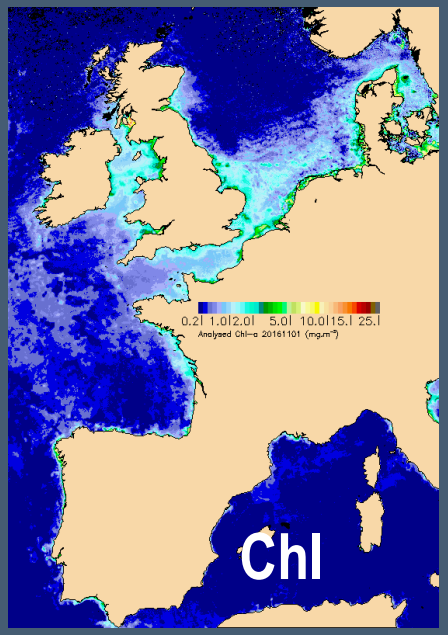
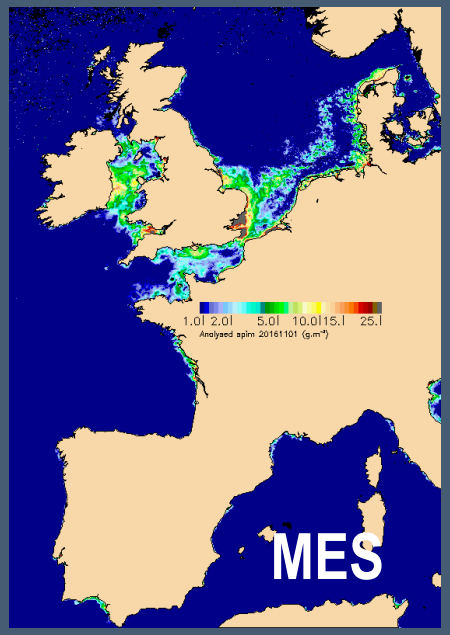


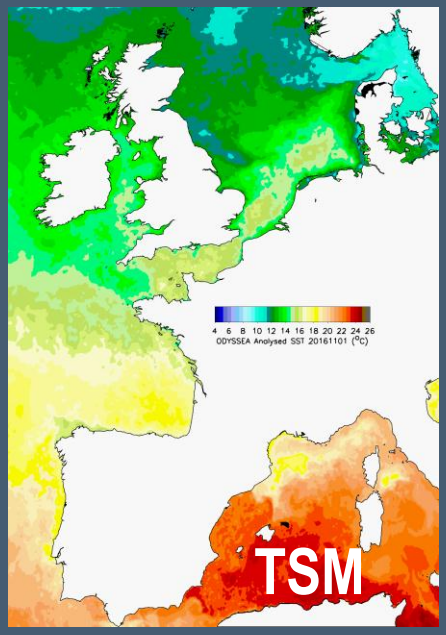
Image de la Chlorophylle-a le 20 avril 2014

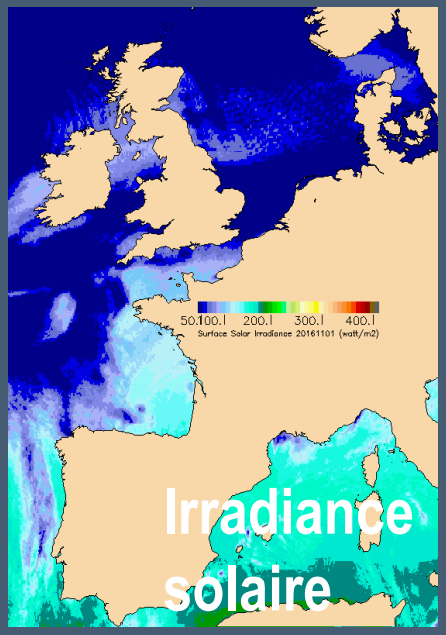
en R&D pour le projet européen Copernicus (Copernicus Marine Environment Monitoring serviceEMS)

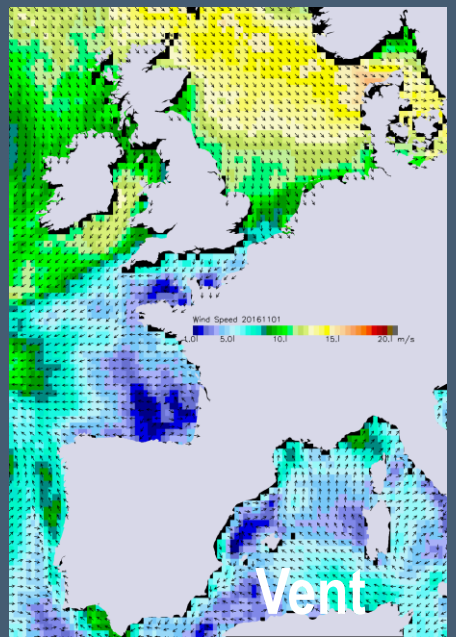
Une base de données satellite sur le “North-West Shelf “est disponible à l’Ifremer

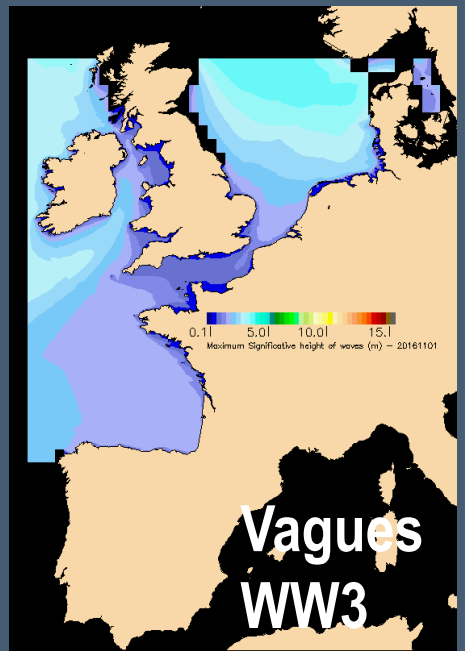












Exemples de produits,

le 1er Novembre 2016

Atlas de la Température, Turbidité et Chlorophylle disponible sur internet (DCSMM)

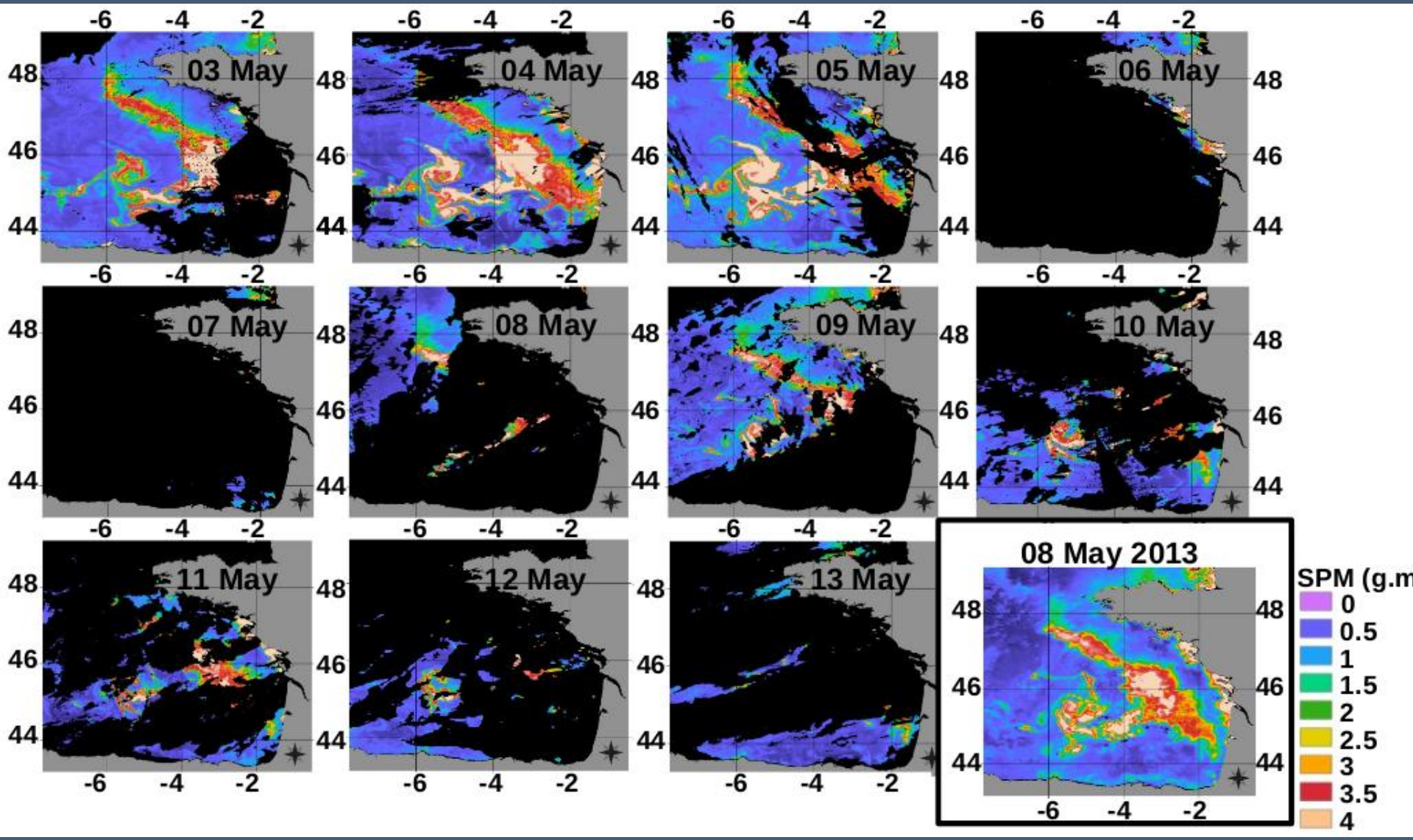
Pourquoi étudier les coccolithophores ?

- Phytoplancton au centre de l'évolution climatique car puits de carbone par son exosquelette de carbonate de calcium (ANR CALHIS)

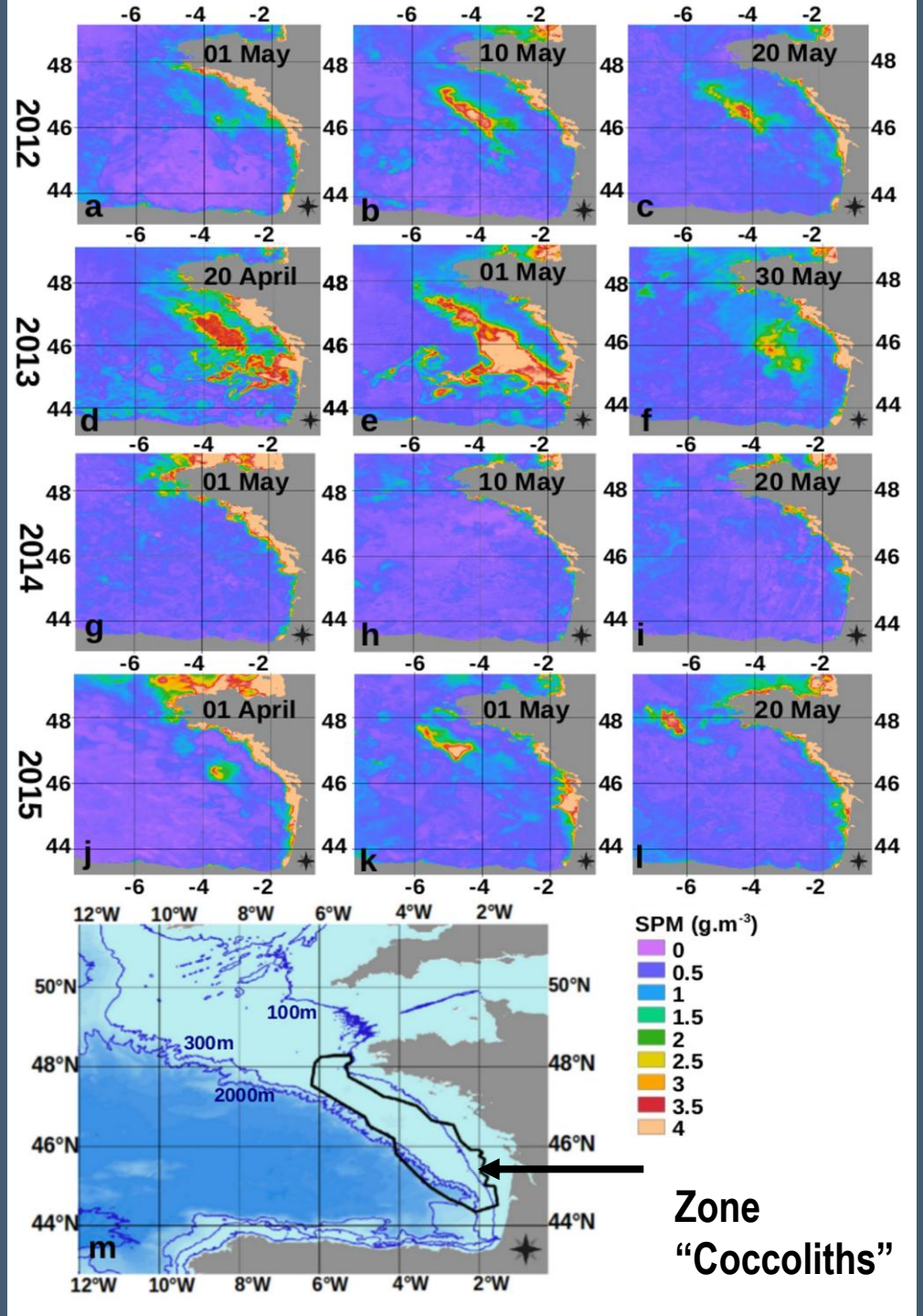
- Phytoplancton sensible à l'acidification

- Interêt méthodologique en télédétection (rétrodiffusion particulaire et thèse CNES/Ifremer de Laurie Perrot)

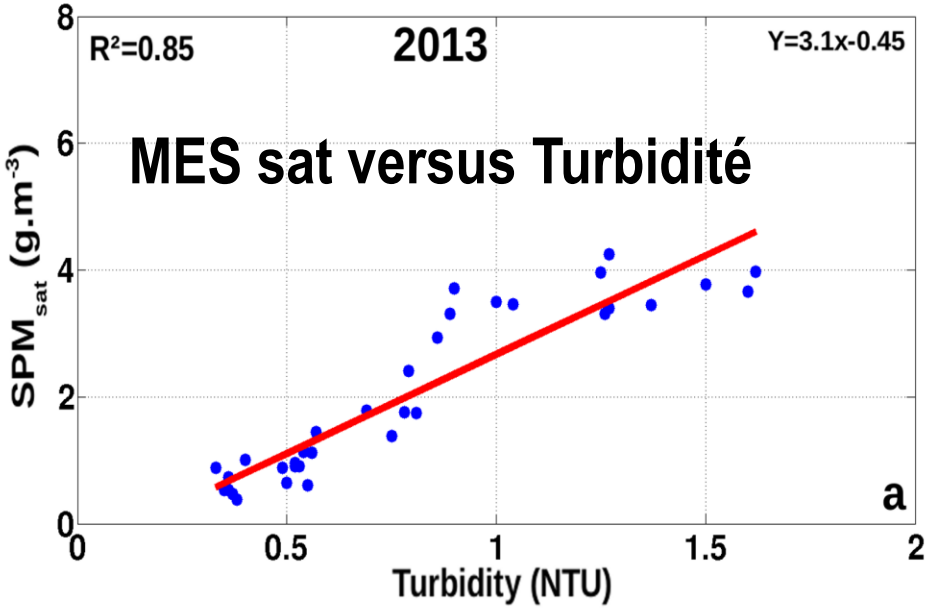
Images quotidiennes reconstituées par krigeage

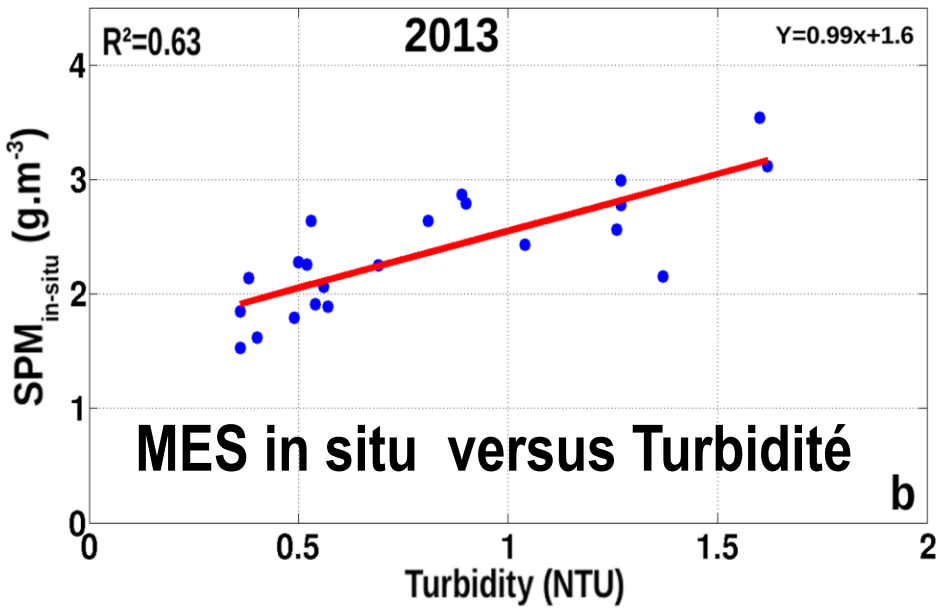


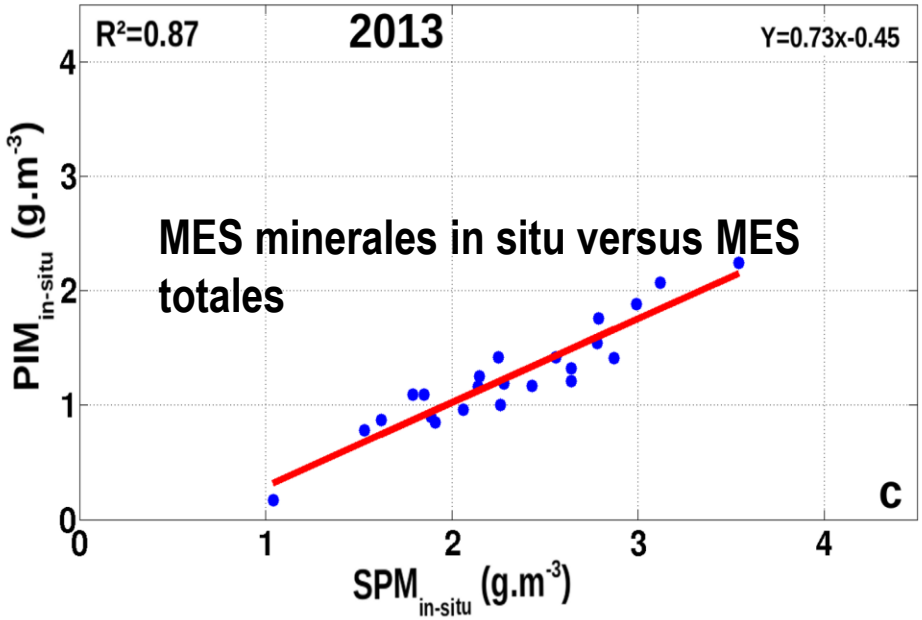
Une variabilité interannuelle importante en mai lors des campagnes PELGAS

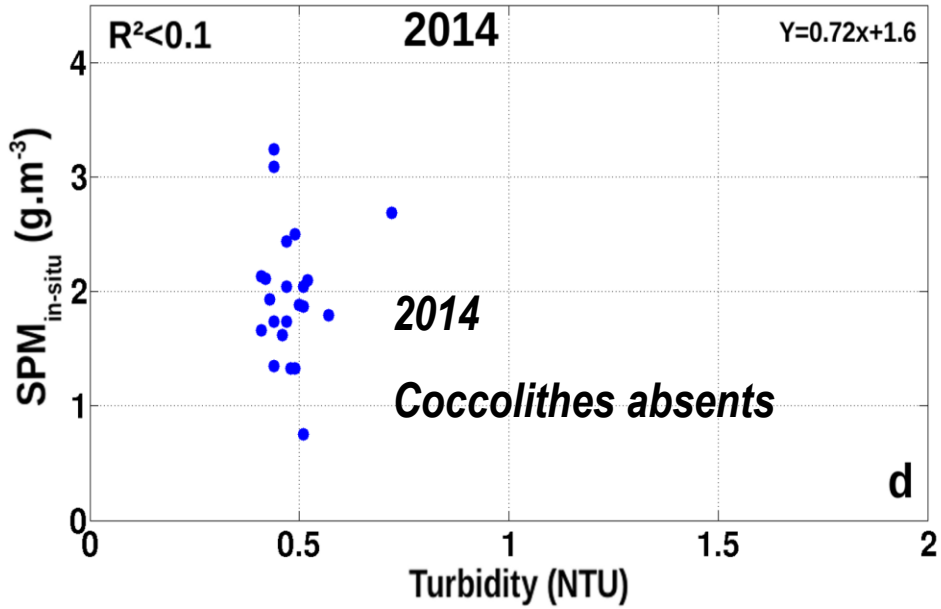


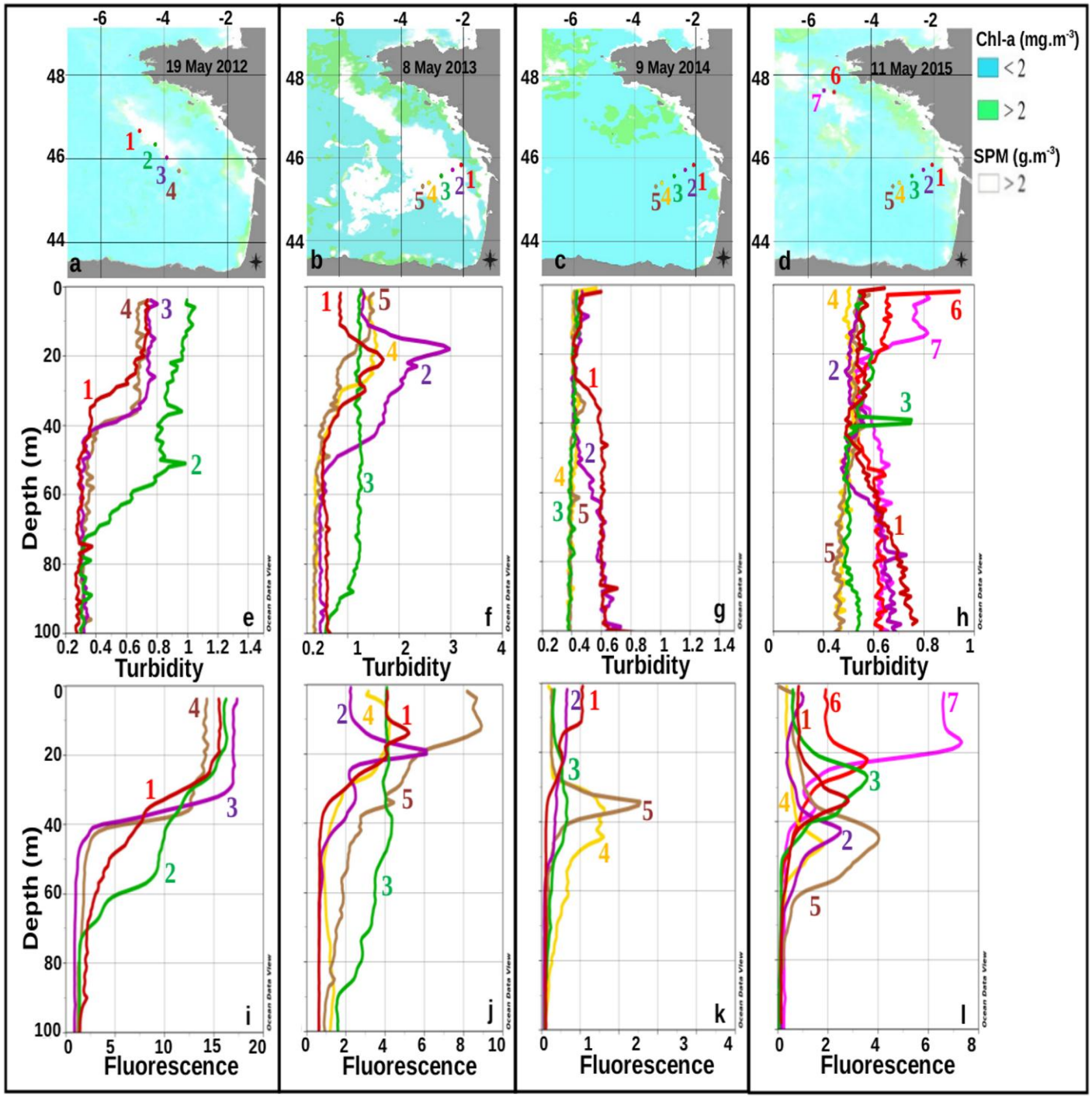
MES satellite et in-situ en Mai



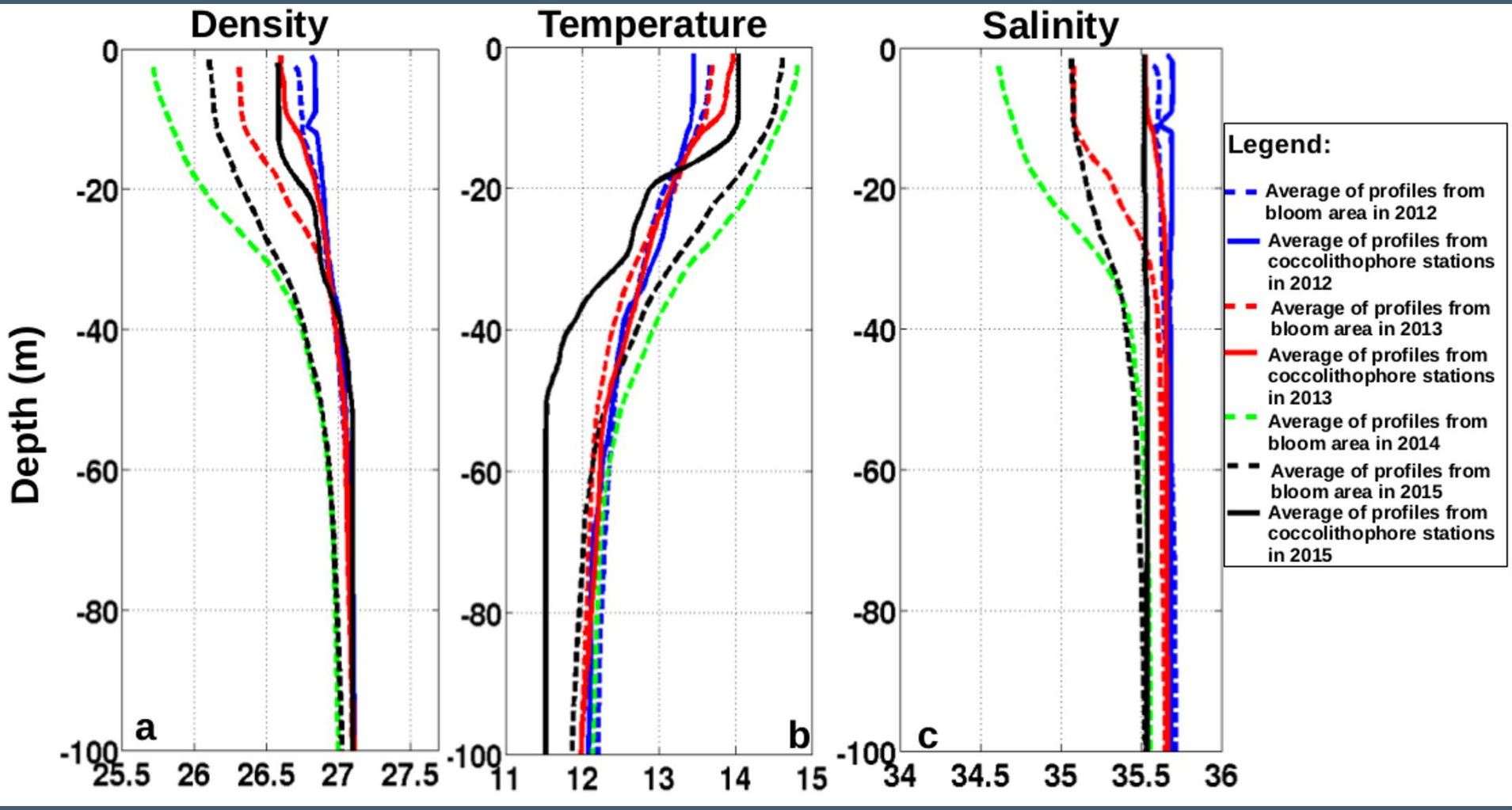




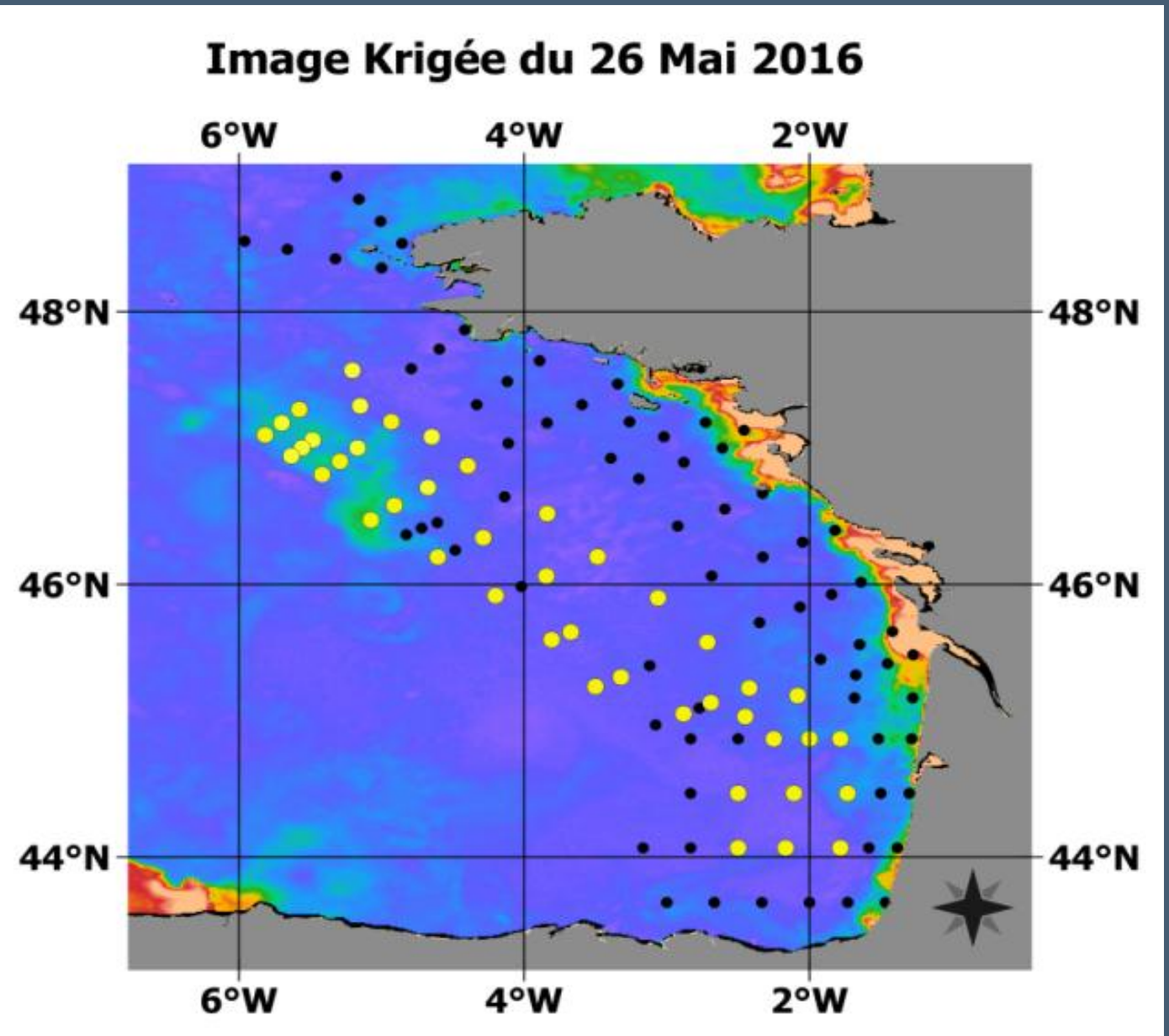


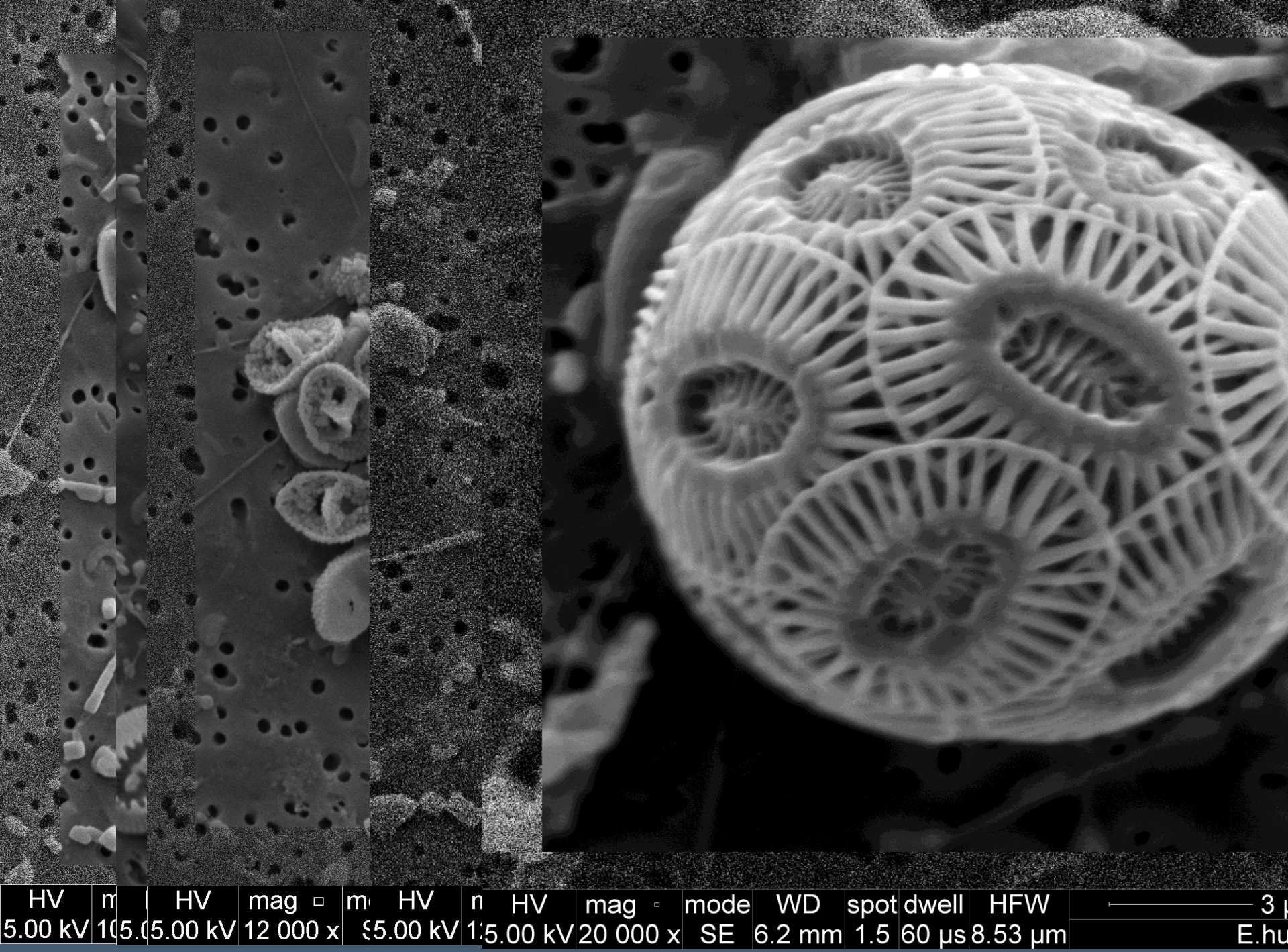

19 May 2012
8 May 2013
9 May 2014
11 May 2015
Chl-a (mg.m-3)
< 2
> 2
SPM (g.m-3)
> 2
Depth (m)
Turbidity
Fluorescence
Ocean Data View

Des coccolithophores présents dans les eaux peu stratifiées



Les prélèvements 2016




HV
5.00 kV
HV
5.00 kV
mag
12 000 x
HV
5.00 kV
HV
5.00 kV
mag
20 000 x
mode
SE
WD
6.2 mm
spot
1.5
dwell
60 µs
HFW
8.53 µm
3 µ
E.hu

Quel apport à la surveillance par les capteurs de la couleur de l'eau à l'Ifremer ?

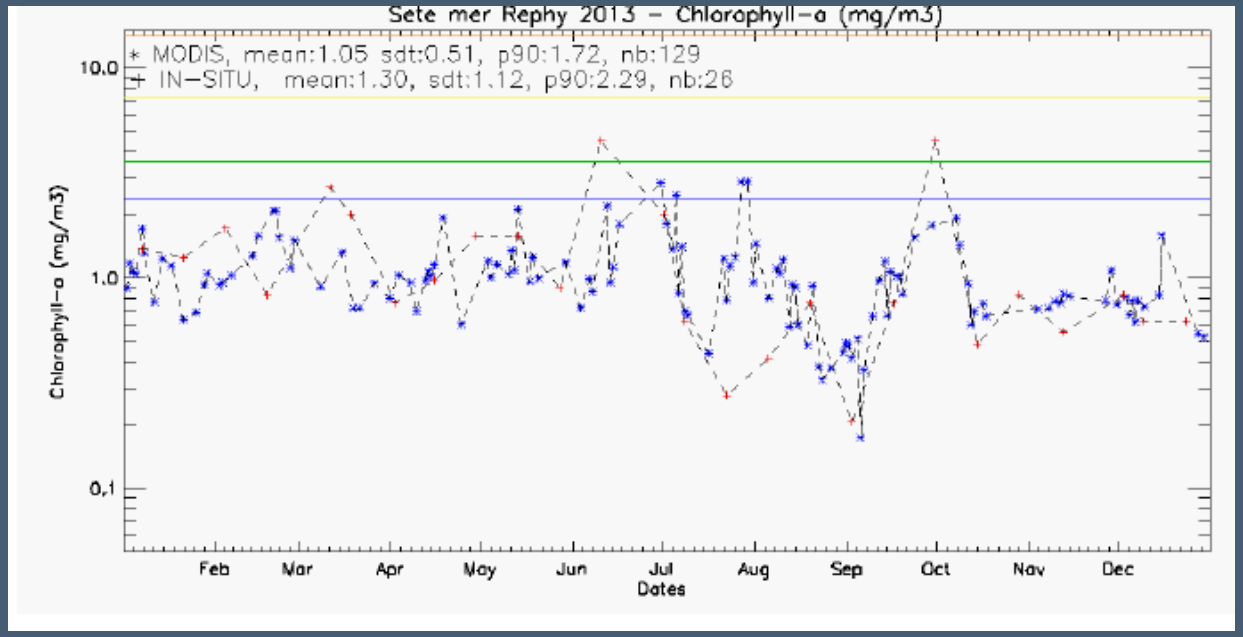
- Complément aux observations du REPHY au large, comme pour *Karenia mikimotoi* en Manche Ouest. Surveillance plus complète
- Algorithme des matières en suspension non-algales affiné – lien avec le produit Particulate Inorganic Carbon de la NASA
- Progrès vers un nouveau produit biodiversité ?
- Projet EUROHAB Interreg Manche avec le PML et le NOC de Southampton, Ifremer Brest, Port-En-Bessin, Boulogne impliqués

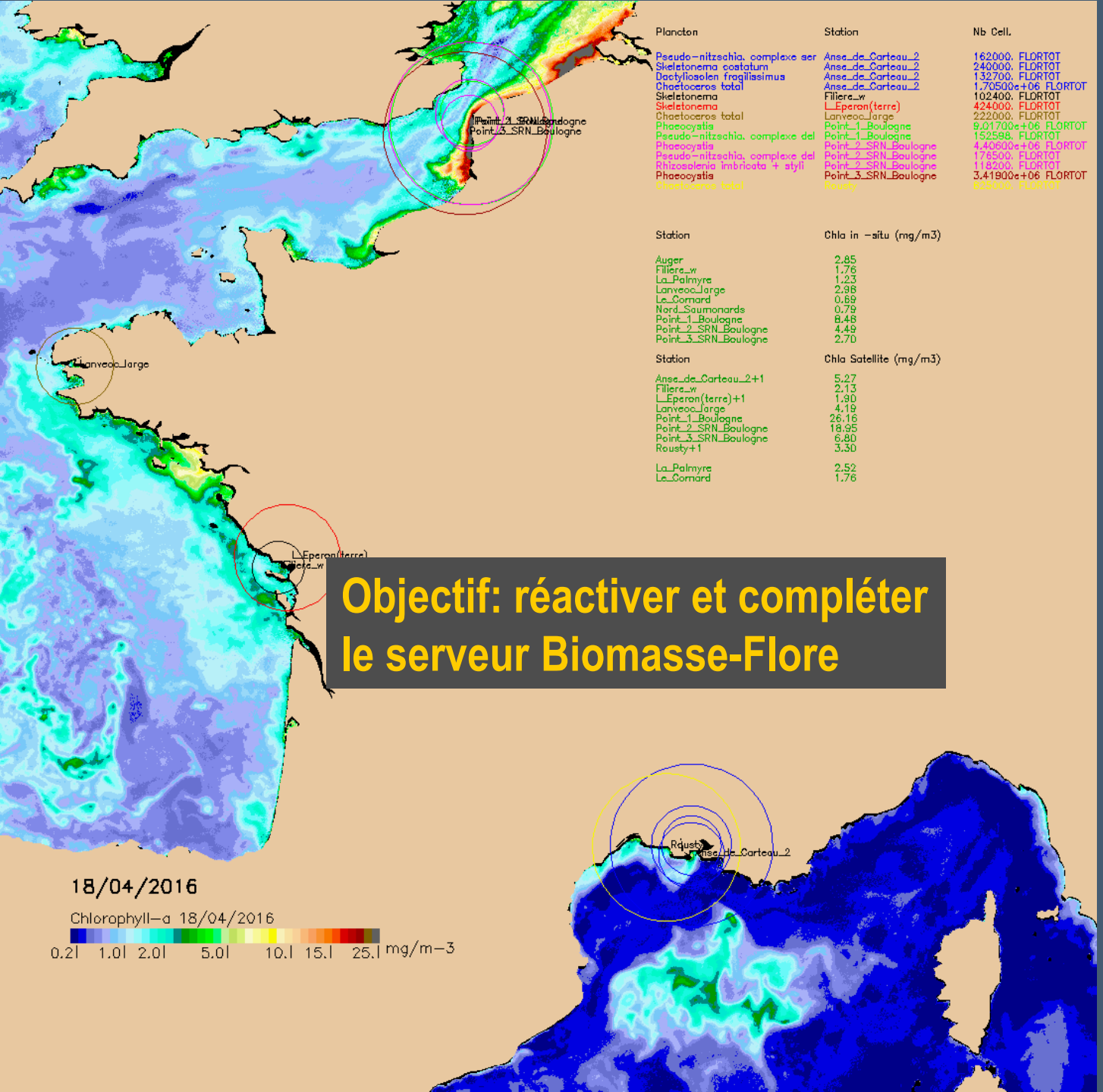
La validation des données satellite par les observations REPHY va être accentuée en 2012 par la calibration des algorithmes Ifremer appliqués à OLCI sur Sentinel-3

Chlorophylle-a

MES non-algales

Turbidité





Plancton	Station	Nb Cell.
Pseudo-nitzschia, complexe ser	Anse_de_Carteau_2	162000. FLORTOT
Skeletonema costatum	Anse_de_Carteau_2	240000. FLORTOT
Dactyliosolen fragilissimus	Anse_de_Carteau_2	132700. FLORTOT
Chaetoceros total	Anse_de_Carteau_2	1.70500e+06 FLORTOT
Skeletonema	Filiere_w	102400. FLORTOT
Skeletonema	L_Eperon(terre)	424000. FLORTOT
Chaetoceros total	Lanveoc_large	222000. FLORTOT
Phaeocystis	Point_1_Boulogne	9.01700e+06 FLORTOT
Pseudo-nitzschia, complexe del	Point_1_Boulogne	152598. FLORTOT
Phaeocystis	Point_2_SRN_Boulogne	4.40600e+06 FLORTOT
Pseudo-nitzschia, complexe del	Point_2_SRN_Boulogne	176500. FLORTOT
Rhizosolenia imbricata + styli	Point_2_SRN_Boulogne	118200. FLORTOT
Phaeocystis	Point_3_SRN_Boulogne	3.41900e+06 FLORTOT
Chaetoceros total	Rousty	625000. FLORTOT

Station	Chla in -situ (mg/m3)
Auger	2.85
Filiere_w	1.76
La_Palmyre	1.23
Lanveoc_large	2.98
Le_Cornard	0.69
Nord_Saumonards	0.79
Point_1_Boulogne	8.48
Point_2_SRN_Boulogne	4.49
Point_3_SRN_Boulogne	2.70

Station	Chla Satellite (mg/m3)
Anse_de_Carteau_2+1	5.27
Filiere_w	2.13
L_Eperon(terre)+1	1.90
Lanveoc_large	4.19
Point_1_Boulogne	26.16
Point_2_SRN_Boulogne	18.95
Point_3_SRN_Boulogne	6.80
Rousty+1	3.30
La_Palmyre	2.52
Le_Cornard	1.76

Objectif: réactiver et compléter le serveur Biomasse-Flore

Proposer un nouveau produit satellite:

Structure de taille du phytoplancton

Merci de votre attention!

Effets de l'hydroclimat local sur les groupes de phytoplancton dans l'estuaire de la Charente

S. Guesdon, S. Stachowski-Haberkorn, C. Lambert, B. Beker, C. Brach-Papa, D. Auger, C. Béchemin

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

Effets de l'hydroclimat local sur les groupes de phytoplancton dans l'estuaire de la Charente

S. Guesdon[1], S. Stachowski-Haberkorn[2], C. Lambert[3], B. Beker[3], C. Brach-Papa[4], D. Auger[4], C. Béchemin[1]

[1]Ifremer, LERPC - La Tremblade ; [2]Ifremer, LEX - Nantes ; [3]IUEM, LEMAR - Brest ; [4]Ifremer, LBCM - Nantes

Journées REPHY 2016 Nantes
Session environnementale

Contexte

Programme Pesticides du Ministère chargé de l'Écologie

- Évaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides

Projet TOPHYPAC

"Tolérance des communautés phytoplanctoniques aux phytosanitaires dans le panache de la Charente"

- Un suivi environnemental (paramètres physiques, chimiques tels que les nutriments, métaux et pesticides, et biologiques (phytoplancton))
- Une approche expérimentale sur les communautés de phytoplancton transplantées en laboratoire et exposées au cuivre et à deux mélanges d'herbicides

Objectifs

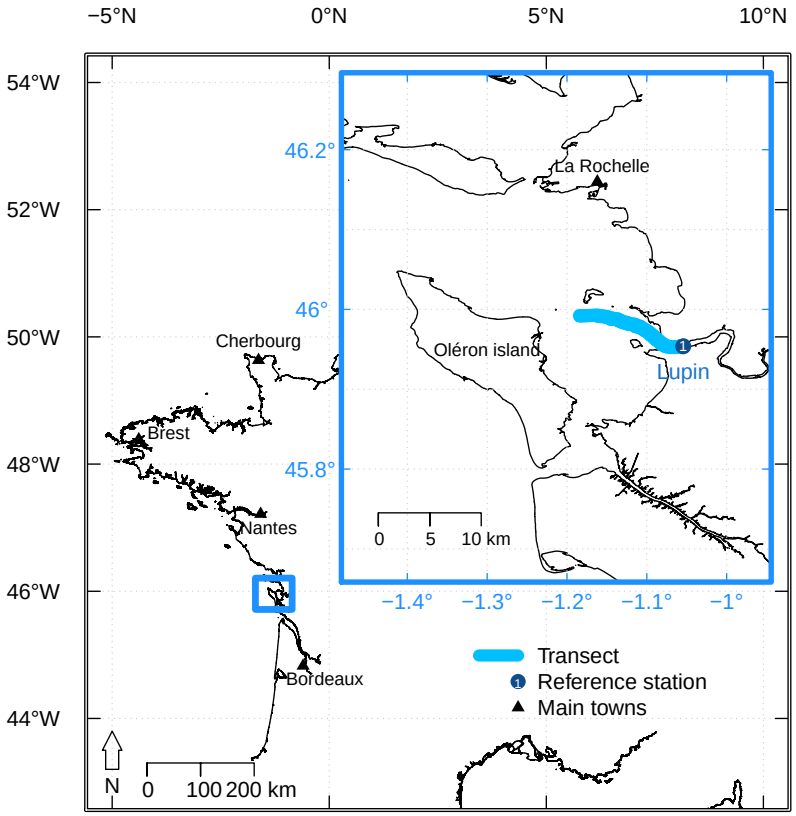
Dynamique du phytoplancton

- Décrire la dynamique du phytoplancton et les liens avec l'environnement de la zone de transition de l'estuaire de la Charente, au cours des trois années de suivi (2011-2014)

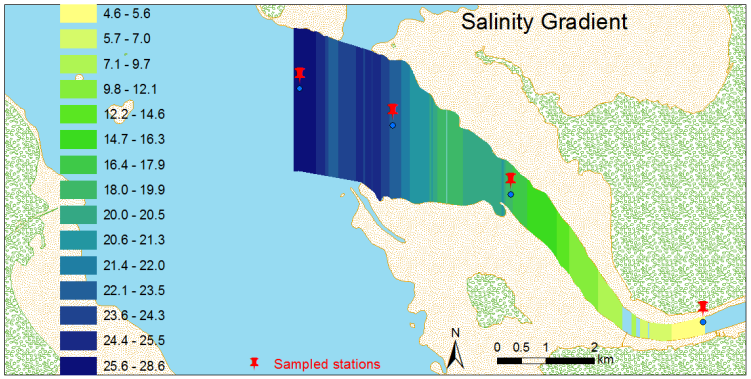
Effet de l'hydroclimat

- Rendre compte d'un éventuel effet de l'hydroclimat sur l'évolution des abondances de groupes phytoplanctoniques suivis dans cet environnement

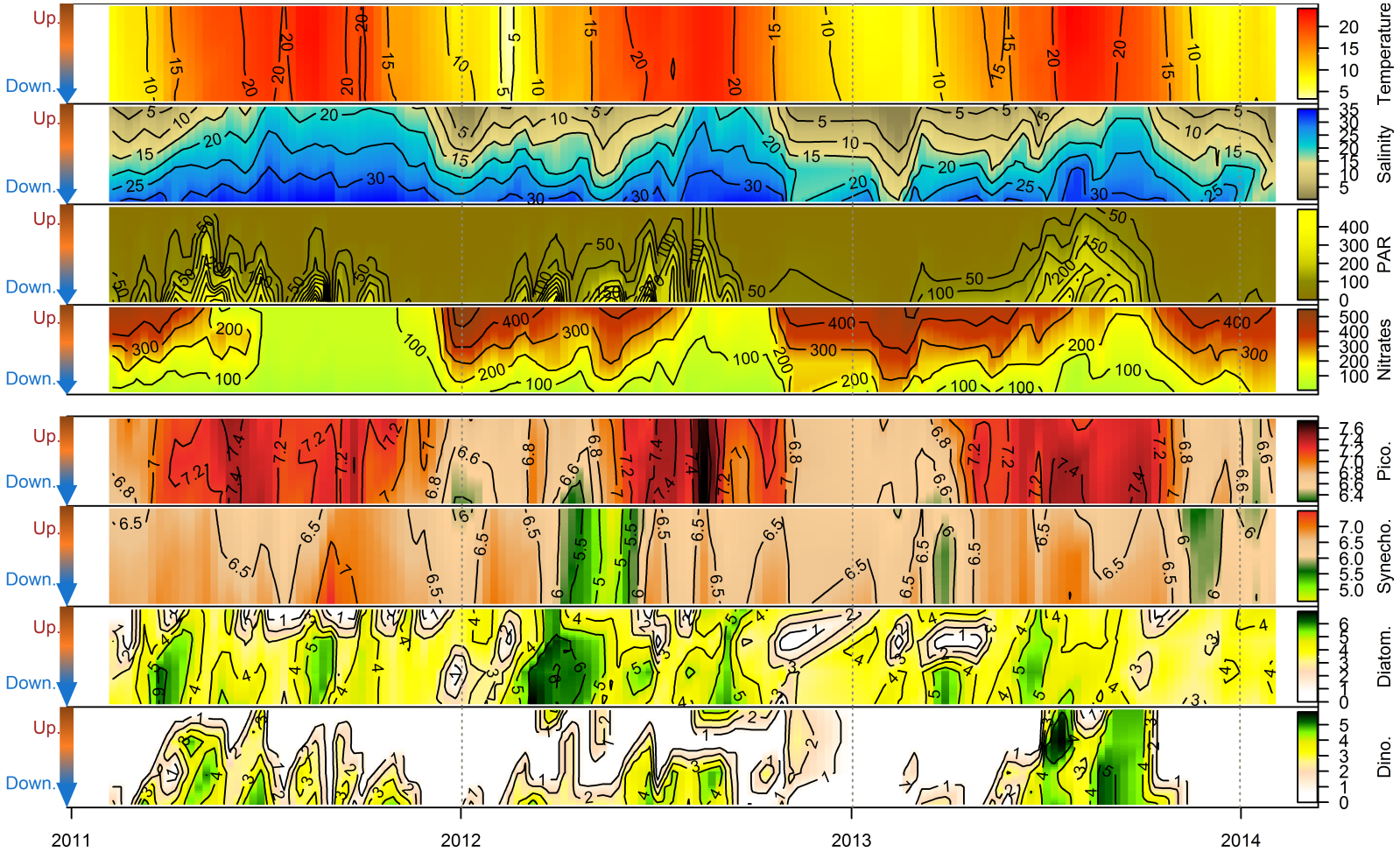
Localisation / Stratégie d'échantillonnage



- 4 stations échantillonnées / 15j. dont 2 mobiles
- Contrainte volet écotoxicologie
  ⇒ Gradient physico-chimique large et homogène
  - ▶ Prise en compte de la dynamique des apports d'eau douce grâce à l'utilisation de mesures de salinité *in situ* HF à la station Lupin

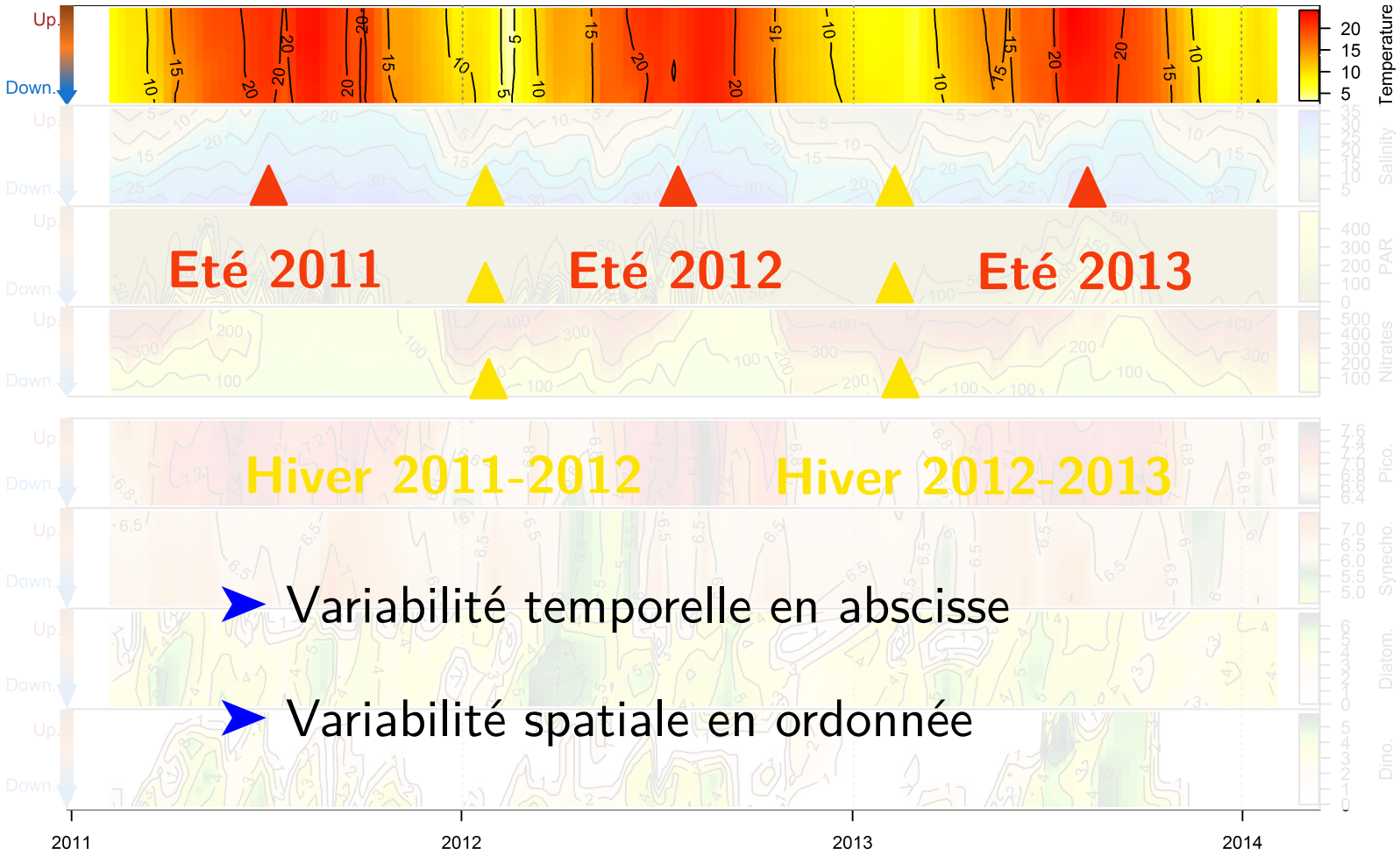


Les fluctuations environnementales



Les fluctuations environnementales

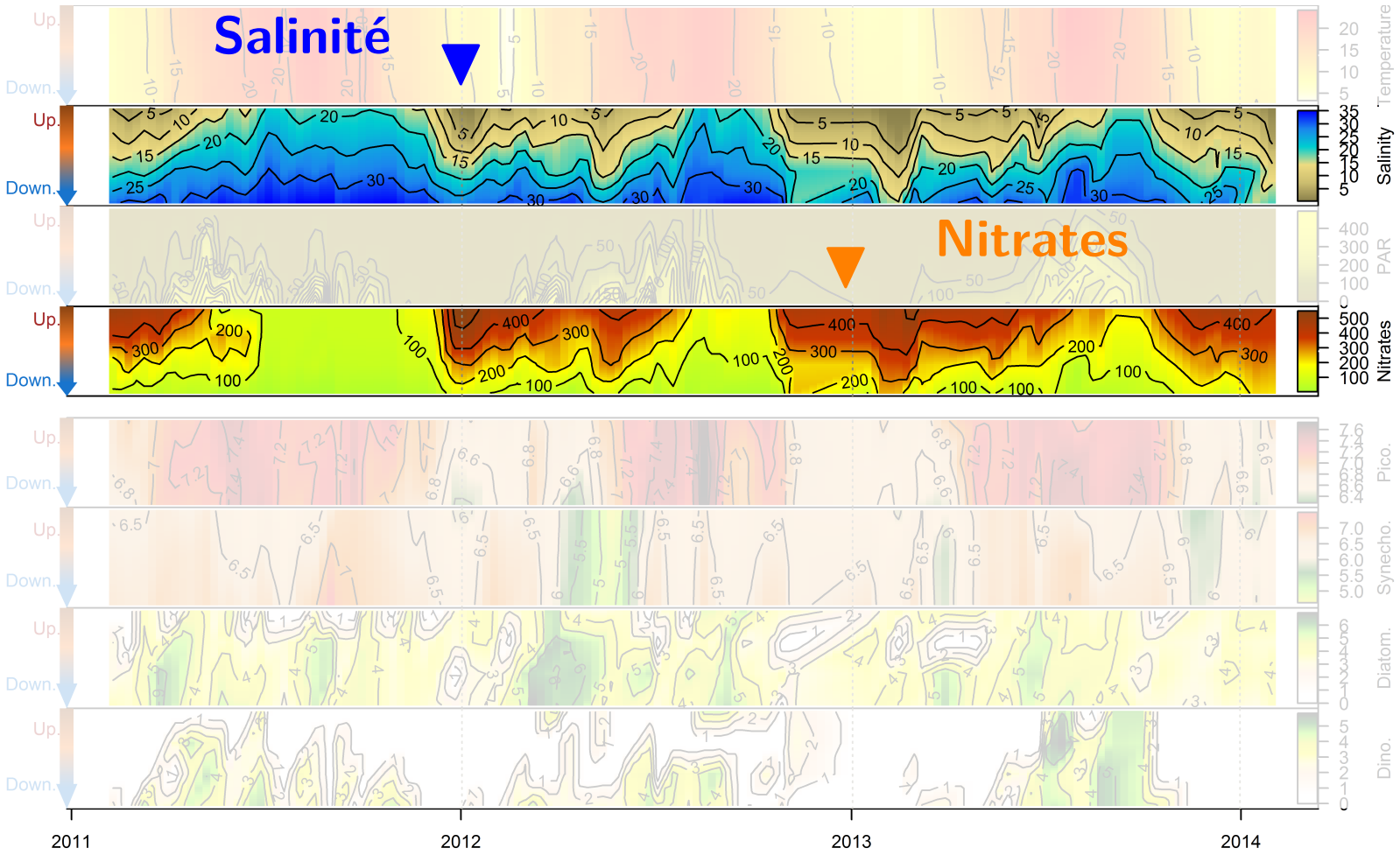
Représentation 3d : aide à l'interprétation



- Variabilité temporelle en abscisse
- Variabilité spatiale en ordonnée

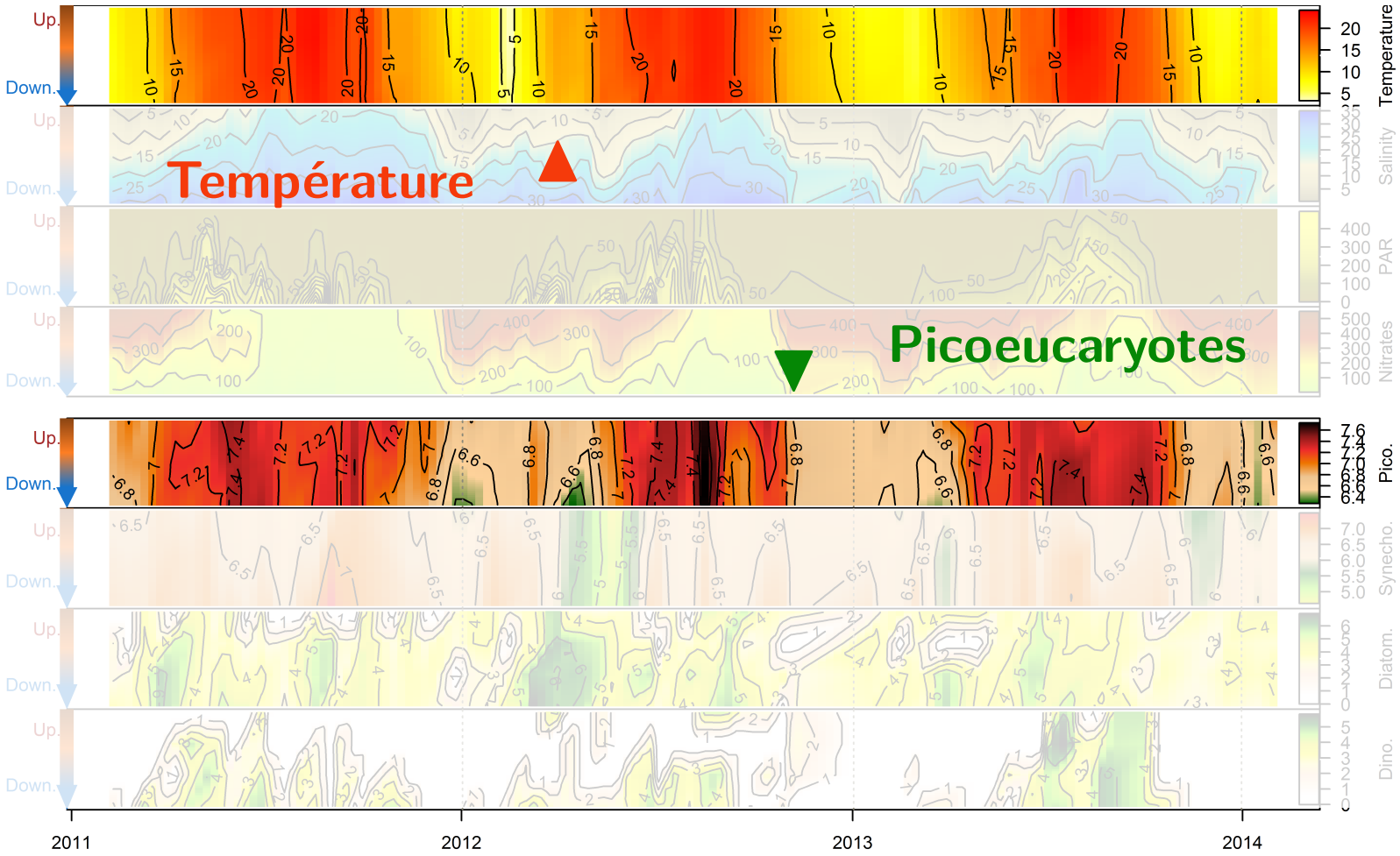
Les fluctuations environnementales

Relations entre paramètres abiotiques



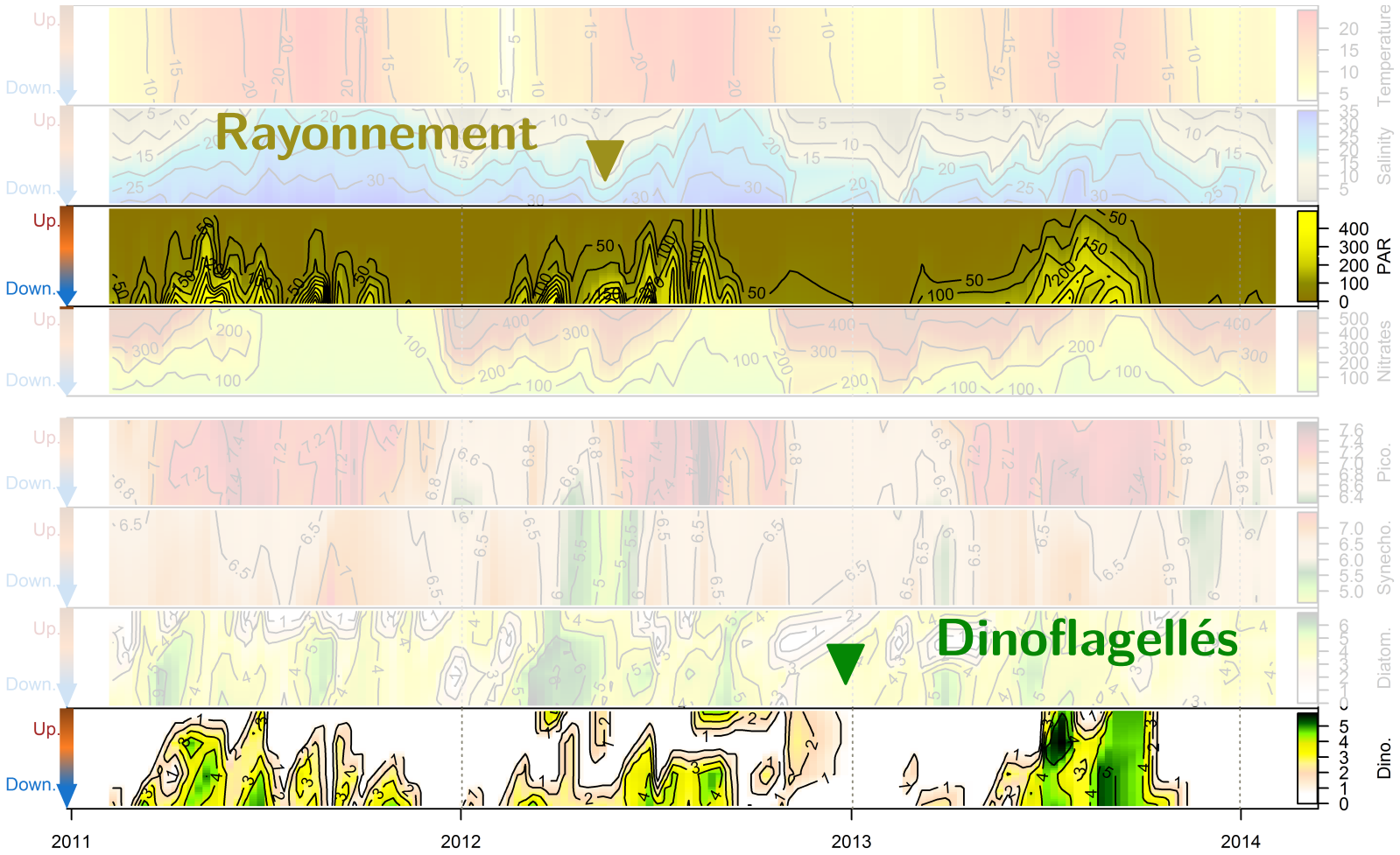
Les fluctuations environnementales

Relations entre paramètres biotiques et abiotiques



Les fluctuations environnementales

Relations entre paramètres biotiques et abiotiques

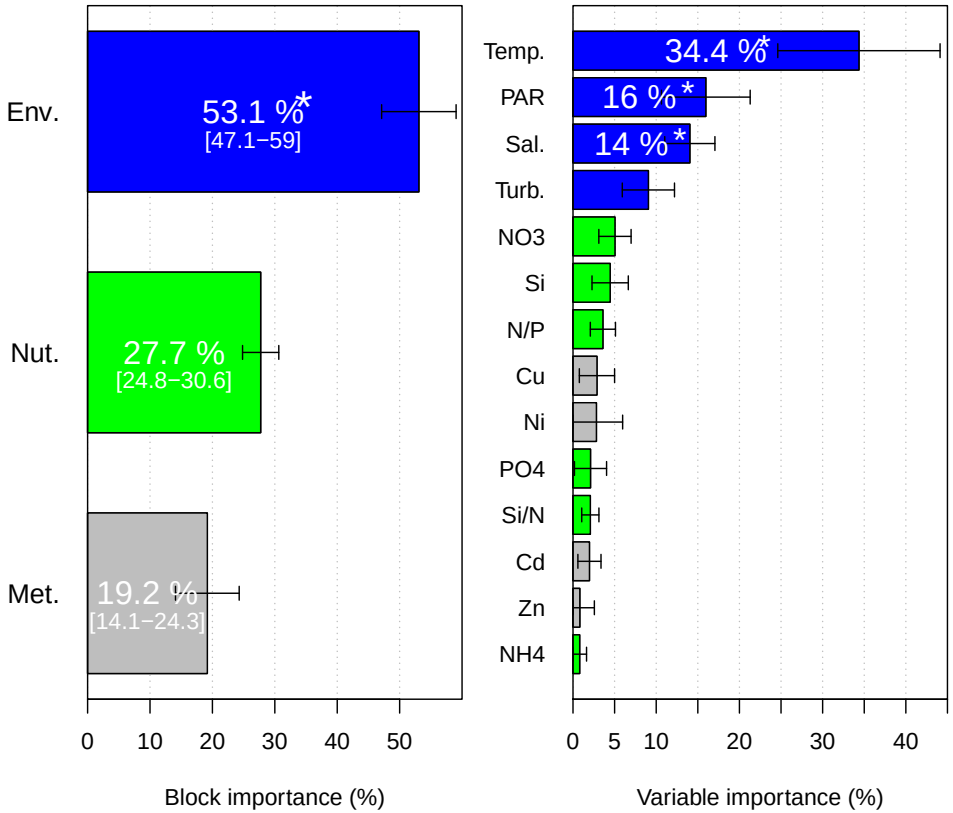


Identification des variables environnementales les plus forçantes des abondances phytoplanctoniques

- Estimation de l'importance des variables et groupes de variables sur l'évolution des groupes de phytoplancton

➤ modèle de regression PLS multibloc ou analyse de (K+1) tableaux (Bougeard et al., 2011)*

71.3% de la variabilité des abondances phytoplanctoniques



Bougeard, S., Qannari, E.M., Lupo, C., Hanafi, M., 2011. From multiblock partial least squares to multiblock redundancy analysis. A continuum approach. Informatica 22, 11-26

De l'environnement physique à l'hydroclimat local

- Réflexion autour de la représentativité des variables physiques dans la zone étude

Notion d'hydroclimat local

- Température de surface conditionnée par la température atmosphérique
- Salinité très liée aux débits du fleuve Charente et de surcroit à la quantité de matières en suspenssion

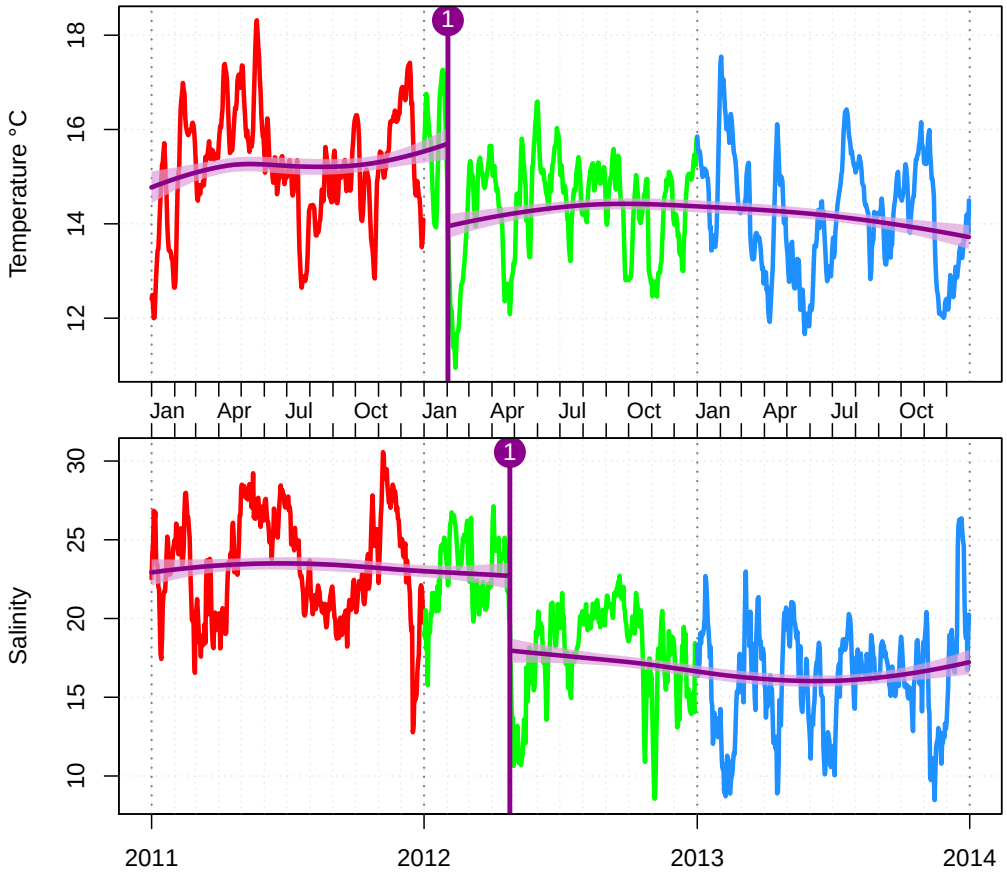
➤ Basé sur les mesures HF de température et de salinité de la station Lupin

- Rupture principale

⇉ 2 périodes hydroclimatiques :

➤ 1er : de début 2011 à l'hiver 2012

➤ 2e : du printemps 2012 à fin 2013



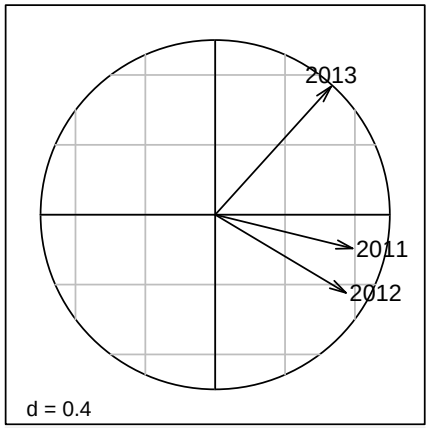
Effet de l'hydroclimat sur les abondances de groupes phytoplanctoniques

- Mise en adéquation des périodes hydroclimatiques et de la dynamique saisonnière interannuelle des groupes phytoplanctoniques
  - ➤ Analyse triadique partielle (Thioulouse et al., 2004)*
    ACP conjointes [mois X abondances des groupes phyto.] des 3 années

Thioulouse, J., Simier, M., Chessel, D., 2004. Simultaneous analysis of a sequence of paired ecological tables. Ecology 85, 272-283

Effet de l'hydroclimat sur les abondances de groupes phytoplanctoniques

- Mise en adéquation des périodes hydroclimatiques et de la dynamique saisonnière interannuelle des groupes phytoplanctoniques
  - Analyse triadique partielle (Thioulouse et al., 2004)*
    ACP conjointes [mois X abondances des groupes phyto.] des 3 années



Interstructure

→ Considérer le poids de chaque année dans l'analyse

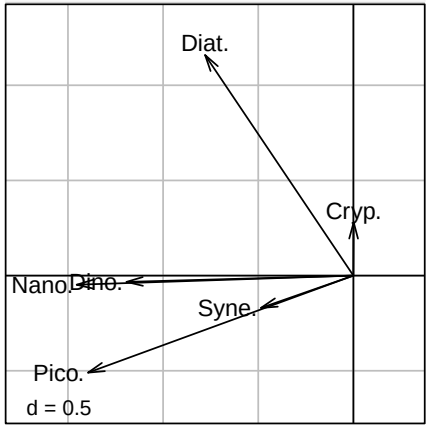
→ Situer les années les unes par rapport aux autres

  - Regroupement des "années phytoplanctoniques" 2011-2012
  - Début d'année déterminant dans la dynamique annuelle du phytoplancton

Thioulouse, J., Simier, M., Chessel, D., 2004. Simultaneous analysis of a sequence of paired ecological tables. Ecology 85, 272-283

Effet de l'hydroclimat sur les abondances de groupes phytoplanctoniques

- Mise en adéquation des périodes hydroclimatiques et de la dynamique saisonnière interannuelle des groupes phytoplanctoniques
  - ➤ Analyse triadique partielle (Thioulouse et al., 2004)*
    ACP conjointes [mois X abondances des groupes phyto.] des 3 années



Compromis

→ Vision intégrée des 3 années d'étude

➤ Expression préférentielle des groupes sur les axes 1 et 2

Thioulouse, J., Simier, M., Chessel, D., 2004. Simultaneous analysis of a sequence of paired ecological tables. Ecology 85, 272-283

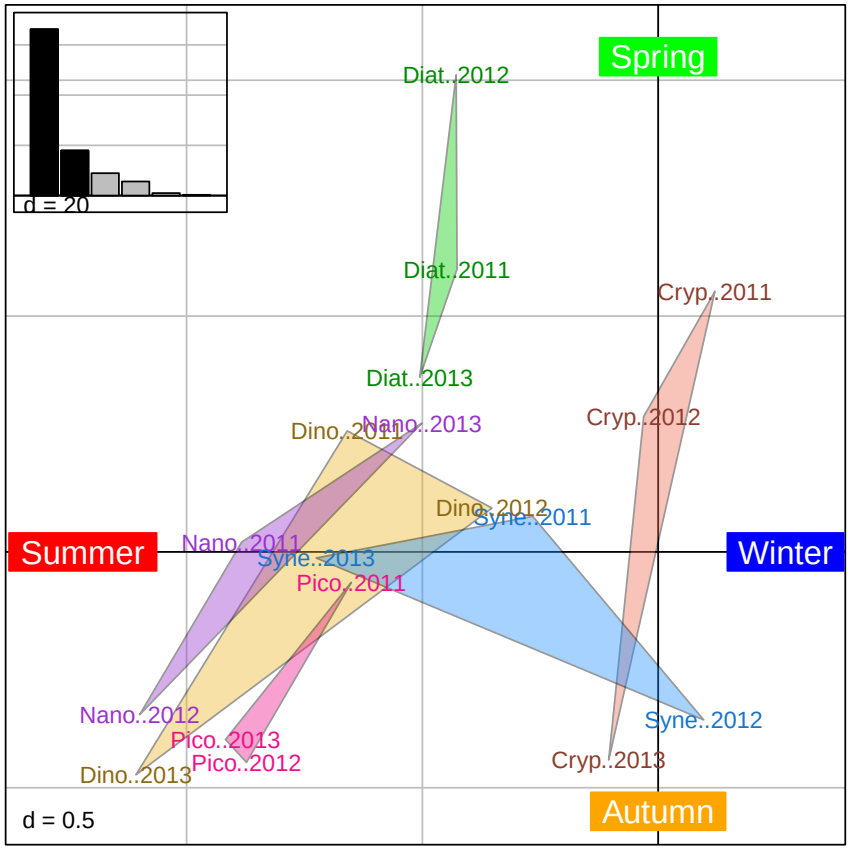
Effet de l'hydroclimat sur les abondances de groupes phytoplanctoniques

- Mise en adéquation des périodes hydroclimatiques et de la dynamique saisonnière interannuelle des groupes phytoplanctoniques
  - ➤ Analyse triadique partielle (Thioulouse et al., 2004)*
    ACP conjointes [mois X abondances des groupes phyto.] des 3 années

Intrastructure

→ Comparer la dynamique saisonnière du phytoplancton lors des 3 années d'étude

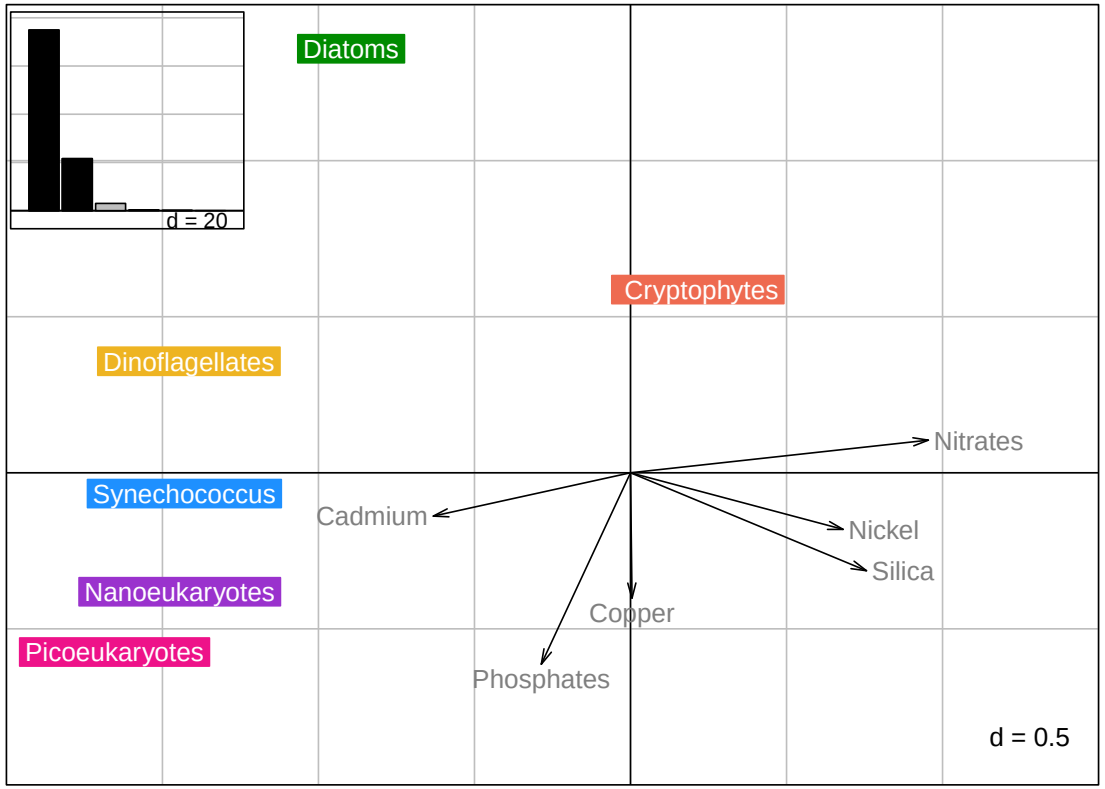
➤ Relative stabilité temporelle des diatomées et des picoeucaryotes contrairement aux nanoeucaryotes et aux dinoflagellés



Thioulouse, J., Simier, M., Chessel, D., 2004. Simultaneous analysis of a sequence of paired ecological tables. Ecology 85, 272-283

Influence des variables chimiques sur les groupes phytoplanctoniques

- Lien entre les abondances de groupes phytoplanctoniques et les substances nutritives et métalliques
  - méthode STATICO (Thioulouse et al., 2011)*



Thioulouse et al., 2011. Simultaneous analysis of a sequence of paired ecological tables : A comparison of several methods. The Annals of Applied Statistics 5, 2300-2325

Faits marquants de l'étude

Variabilité spatio-temporelle du phytoplancton

- Fortes variabilités spatiale et temporelle, sauf picoeucaryotes (pas de variabilité spatiale) et *Synechococcus sp.* (peu de variabilité temporelle),
- Dynamique du phytoplancton gouvernée principalement par l'environnement physique (notamment par la température)

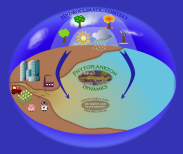
Dynamique saisonnière du phytoplancton et hydroclimat

- Début d'année (hiver) conditionne la dynamique saisonnière des groupes phytoplanctoniques
- Nanoeucaryotes et dinoflagellés plus sensibles à l'hydroclimat que les autres groupes de phytoplancton (comme les diatomées) : décalages saisonniers des efflorescences et de leur intensité

Phytoplancton et substances nutritives et métalliques

- Rôle des phoshates et du cuivre dans la structure des groupes phytoplanctoniques

Sources et compléments d'informations



Estuarine, Coastal and Shelf Science 181 (2016) 325–337

Contents lists available at ScienceDirect

Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecss

Effect of local hydroclimate on phytoplankton groups in the Charente estuary

Stéphane Guesdon [a, 1], Sabine Stachowski-Haberkorn [b, *, 1], Christophe Lambert [c], Beatriz Beker [c], Christophe Brach-Papa [d], Dominique Auger [d], Christian Béchemin [e]

[a] Ifremer, Laboratoire Environnement Ressource des Pertuis Charentais, Ifremer, avenue de Mus de Loup, 17390 La Tremblade, France
[b] Ifremer, Laboratoire d'écotoxicologie, rue de l'Ile d'Yeu, BP 21105, F-44311 Nantes cedex 03, France
[c] Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR), UMR6539 Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Université de Bretagne Occidentale (UBO) Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France
[d] Laboratoire de Biogéochimie des Contaminants Métalliques, Ifremer, rue de l'Ile d'Yeu, BP 21105, 44311 Nantes cedex 03, France
[e] Ifremer, Laboratoire Environnement Ressource des Pertuis Charentais, Ifremer, BP7, 17137 L'Houmeau, France

ARTICLE INFO

Article history:
Received 7 December 2015
Received in revised form
6 June 2016
Accepted 29 August 2016
Available online 30 August 2016

Keywords:
Hydroclimate
Estuary
Phytoplankton
Size composition
Nutrients
Trace metals

ABSTRACT

This study aimed to describe seasonal variations of phytoplankton abundances in relation to the physical and chemical (nutrients and metals) environment under the influence of freshwater input in the Charente river estuary (Marennes-Oléron bay, France) over three years, from 2011 to 2014. Phytoplankton abundances were determined using microscopy and flow cytometry. Considering high frequency temperature and salinity data, breakpoints in each series led to the identification of two local hydroclimatic periods: the first (2011 and early 2012) being warmer and higher in salinity than the second (from spring 2012 to the beginning of 2014). A multiblock PLS analysis highlighted the significant contribution of the physical environment (temperature, salinity and Photosynthetically Active Radiation (PAR)) on phytoplankton abundances. Two partial triadic analyses (PTA) were run in order to visualize seasonal variations of i) phytoplankton groups and ii) nutrients and trace elements, irrespective of spatial gradient: picoeukaryote occurrence showed a difference between year 2011 and the years 2012 and 2013 (as did cadmium, nickel and silica levels). However, both PTA revealed greater differences between year 2013 and the years 2011 and 2012, as shown by occurrences of cryptophytes, dinoflagellates and nanoeukaryotes, as well as copper and phosphate levels. These results showed a shift between the hydroclimate breakpoint and some phytoplankton responses, suggesting that their development and succession might depend on conditions early in the year. Finally, a STATICO analysis was performed on the paired PTA in order to examine the relations of phytoplankton with nutrients and metals more closely. Most phytoplankton groups were represented on the first axis, together with cadmium on the one hand, and nitrates, silica and nickel on the other. This analysis revealed the separation of phytoplankton groups on the second axis that represented phosphates and copper. Hydroclimatic conditions and the nature of freshwater inputs, especially phosphates and copper content, might be key factors driving phytoplankton structure in the Charente estuary.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Approximately 40% of the world population inhabits coastal and estuarine areas (MEA, 2005), concentrating human activities that cause damage to marine ecosystems (Halpern et al., 2008). Human activities exert intensive stresses on marine ecosystems, including chemical contamination (urbanization, agriculture, industry) and disturbances caused by the exploitation of marine resources (fishing, aquaculture, aggregate extraction, etc.) (Nogales et al., 2011). Coastal ecosystems are among the world's most productive ecosystems and provide many vital ecological services that need to be preserved (Costanza et al., 1997; MEA, 2005; Barbier et al., 2011; Liquete et al., 2013), such as shelters for reproduction and nurseries for marine species. Their role in nutrient cycling is essential,

* Corresponding author.
E-mail address: Sabine.Stachowski.Haberkorn@ifremer.fr (S. Stachowski-Haberkorn).
[1] These first authors contributed equally to this article.

http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.035
0272-7714/© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

http ://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.035

TOPHYPAC :

Tolérance des communautés phytoplanctoniques aux phytosanitaires dans le panache de la Charente

Programme Évaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des Pesticides

Rapport final d'activités : rapport scientifique

Sabine Stachowski-Haberkorn, Stéphane Guesdon et Christian Béchemin, coordinateurs IFREMER
Jean-François Chiffoleau et Christophe Brach-Papa, IFREMER, partenaires
Philippe Soudant, LEMAR (UBO-CNRS), partenaire
Beatriz Beker, LEMAR, partenaire
Alain Jadas-Hécart, LEESA/Girpa (Université d'Angers), partenaire

N° de contrat Ministère : 10-MBGD-PESTICIDES-2-CVS- 026
Date du contrat : 18 novembre 2010

http ://archimer.ifremer.fr/doc/00300/41115

Remerciements

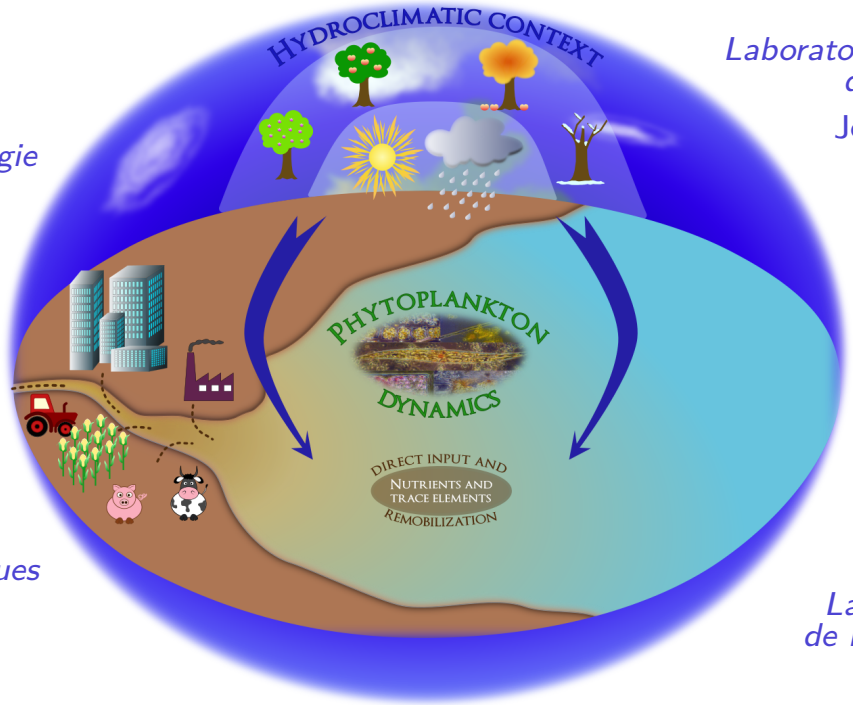
IFREMER-Nantes

Laboratoire d'EcotoXicologie

Larissa Haugarreau
Dominique Ménard
Julien Rouxel
Nathalie Coquillé
Alexandra Duchemin
Morgane Hubert
Célia Khélifi

Laboratoire de Biogéochimie des Contaminants Métalliques

Jean-François Chiffoleau
Emmanuelle Rozuel



IFREMER-La Rochelle
La Tremblade

Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis Charentais

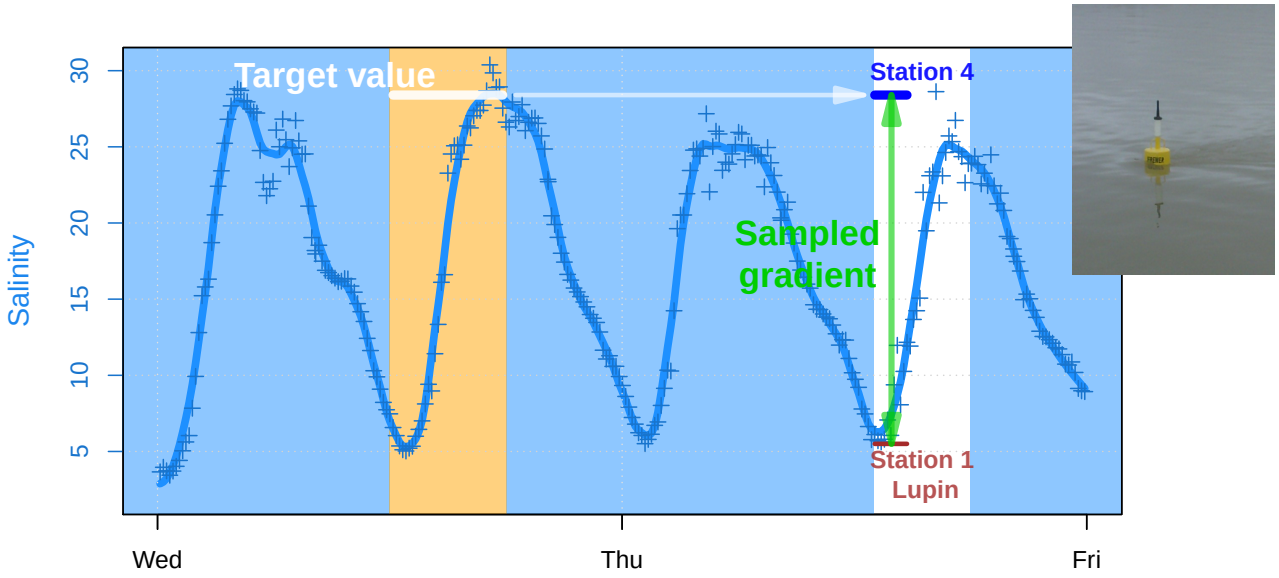
Jean-Michel Chabirand
Gabriel Charpentier
Philippe Geairon
James Grizon
Jean-Luc Seugnet
Céline Vérité

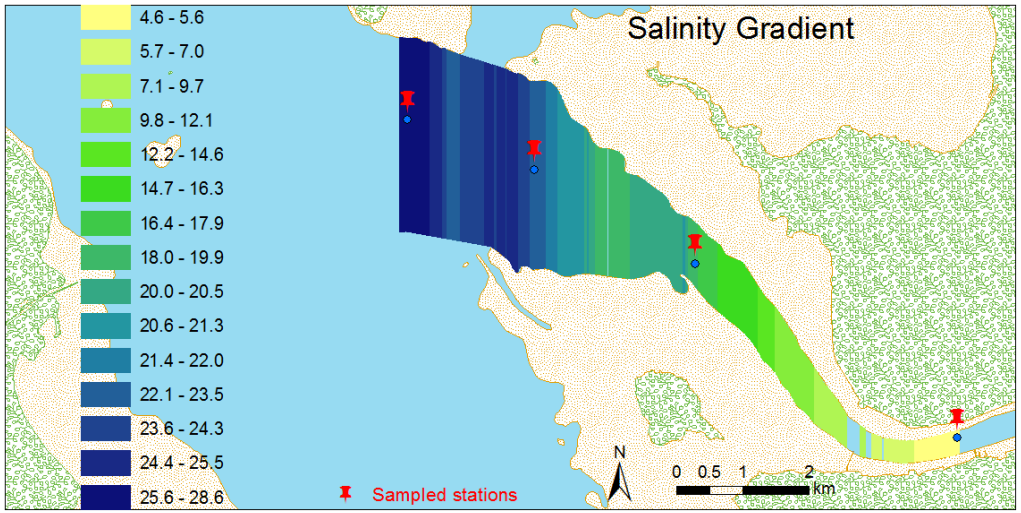
IUEM-Brest

Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin

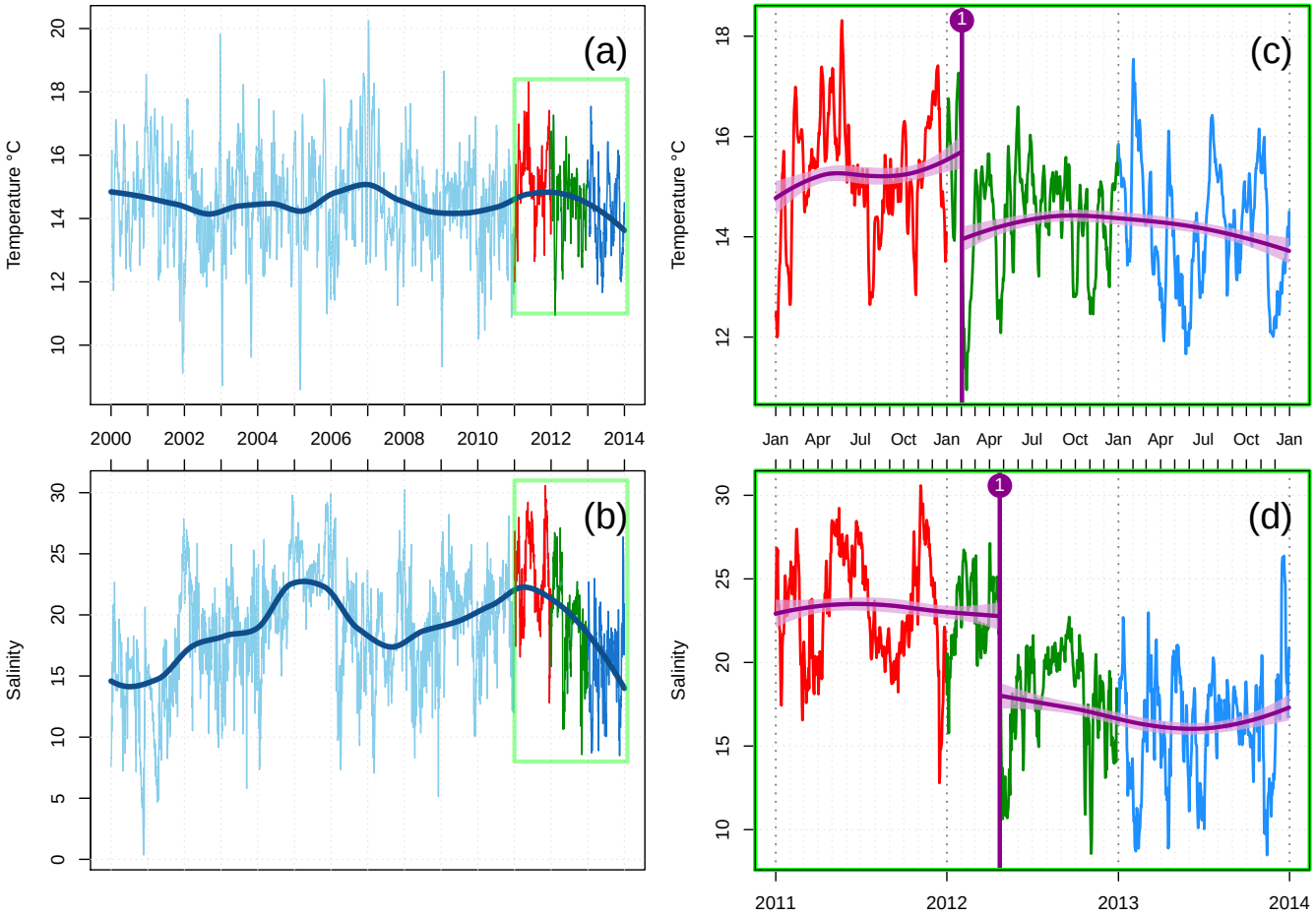
Louis Quiniou
Nelly Le Goïc
Fabienne Legrand
Philippe Soudant

Identification des stations

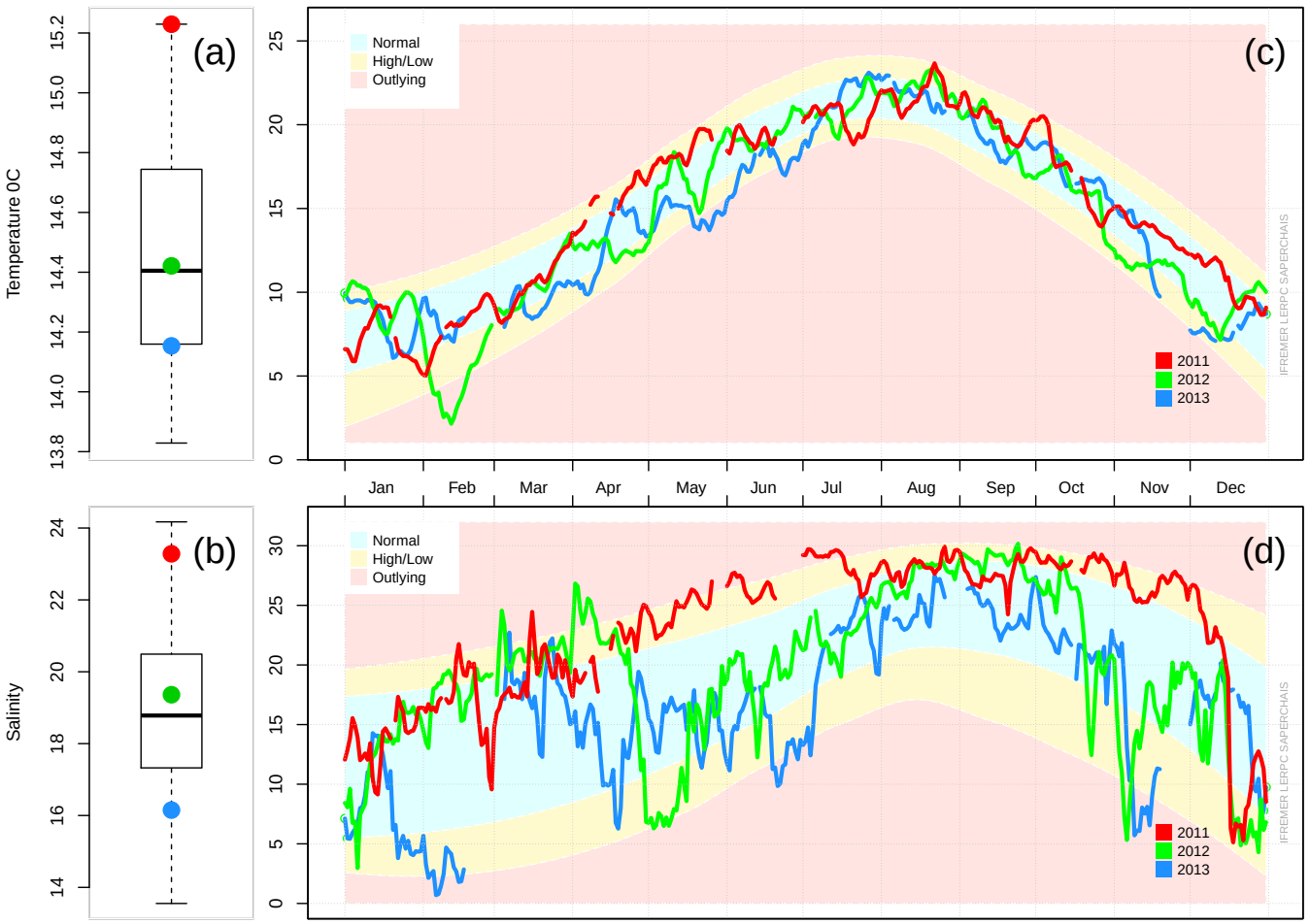




Contextualisation de la période d'étude



Contextualisation de la période d'étude



Effets du cuivre et d'un mélange d'herbicides sur les communautés phytoplanctoniques de l'estuaire de la Charente

S. Stachowski-Haberkorn, S. Guesdon, C. Béchemin, L. Haugarreau, D. Ménard, J. Rouxel, A. Duchemin, N. Coquillé, C. Khélifi, M. Hubert, C. Vérité, G. Charpentier, J.-L. Seugnet, J. Grizon, J.-M. Chabirand, C. Brach-Papa, J.-F. Chiffoleau, D. Auger, E. Rozuel, C. Lambert, P. Soudant, F. Le Grand, L. Quiniou, B. Beker, A. Jadas-Hécart, P.-Y. Communal

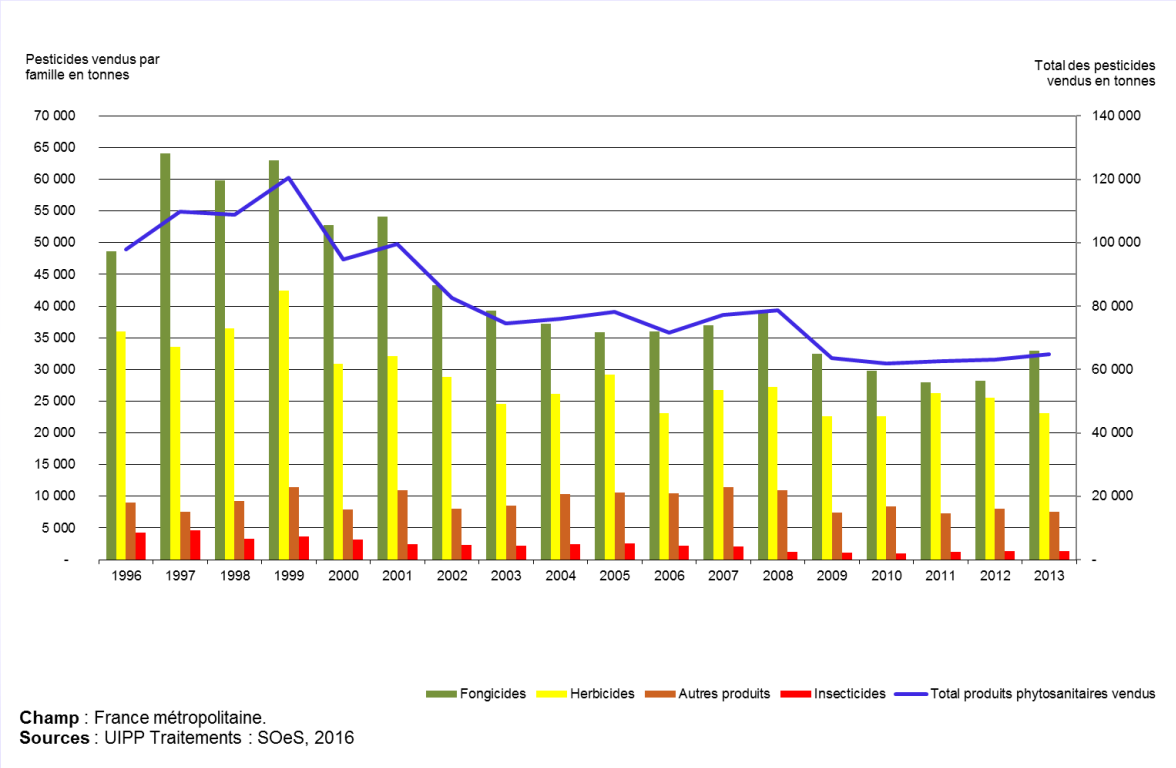
Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

Effets du cuivre et d'un mélange d'herbicides sur les communautés phytoplanctoniques de l'estuaire de la Charente

S. Stachowski-Haberkorn, S. Guesdon, C. Béchemin, L. Haugarreau, D. Ménard, J. Rouxel, A. Duchemin, N. Coquillé, C. Khélifi, M. Hubert, C. Vérité, G. Charpentier, J.-L. Seugnet, J. Grizon, J.-M. Chabirand, C. Brach-Papa, J.-F. Chiffoleau, D. Auger, E. Rozuel, C. Lambert, P. Soudant, F. Le Grand, L. Quiniou, B. Beker, A. Jadas-Hécart, P.-Y. Communal

Contexte : utilisation des pesticides

France : 1er utilisateur en Europe

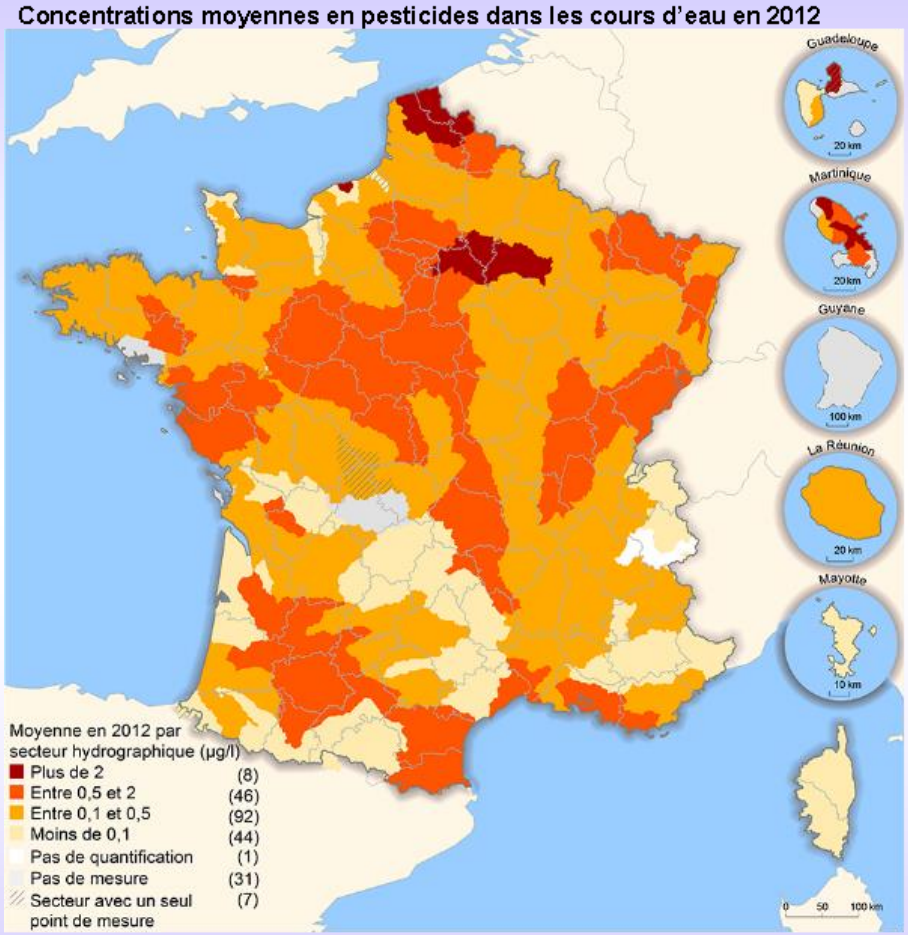


> 100 000 t/an jusqu'en 2000

≈ 63 000 t/an depuis 2010

→ Contamination généralisée des milieux aquatiques

Contexte : contamination par les pesticides



Sources : agences de l'eau ; offices de l'eau ; IGN, BD Carthage®. **Traitements** : SOeS, 2015

Quasi-totalité des cours d'eau

Majorité entre 0,1 et 2 µg/L en concentration moyenne (2012)

Contamination **chronique** par des **mélanges** de molécules

Principalement herbicides

Transfert jusqu'aux zones côtières

→ Impacts sur les organismes aquatiques ?

Contexte : bassin de Marennes-Oléron

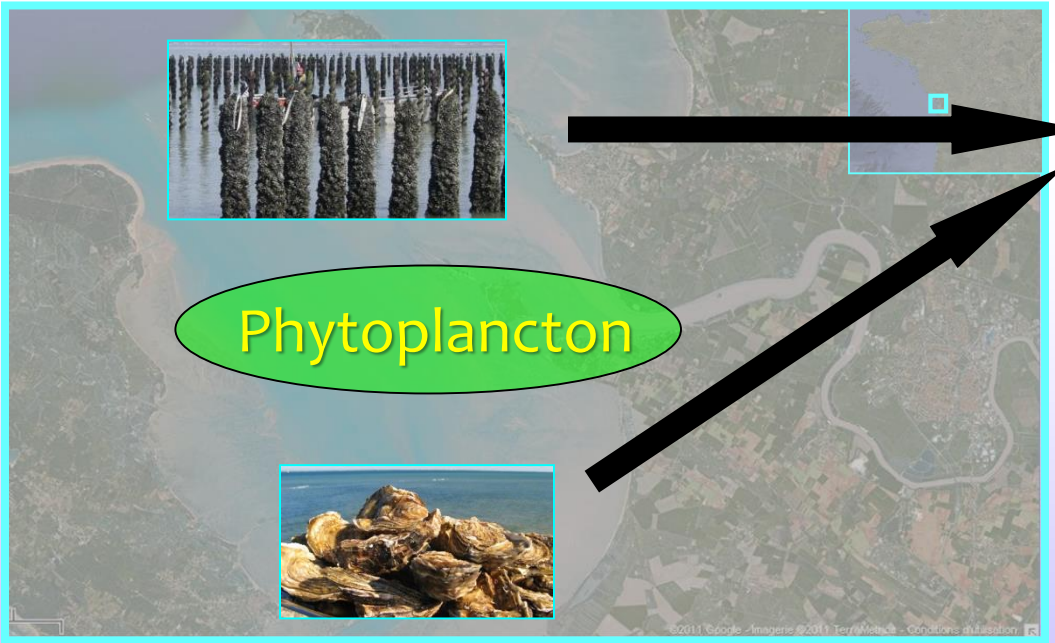
Bassin versant de la Charente :

- 10 000 km² (dont 75% consacrés à l'agriculture)
- Réceptacle : bassin de Marennes-Oléron

Contexte : bassin de Marennes-Oléron

Bassin versant de la Charente :

- 10 000 km² (dont 75% consacrés à l'agriculture)
- Réceptacle : bassin de Marennes-Oléron



✓ Bassin conchylicole le plus important de France et d'Europe

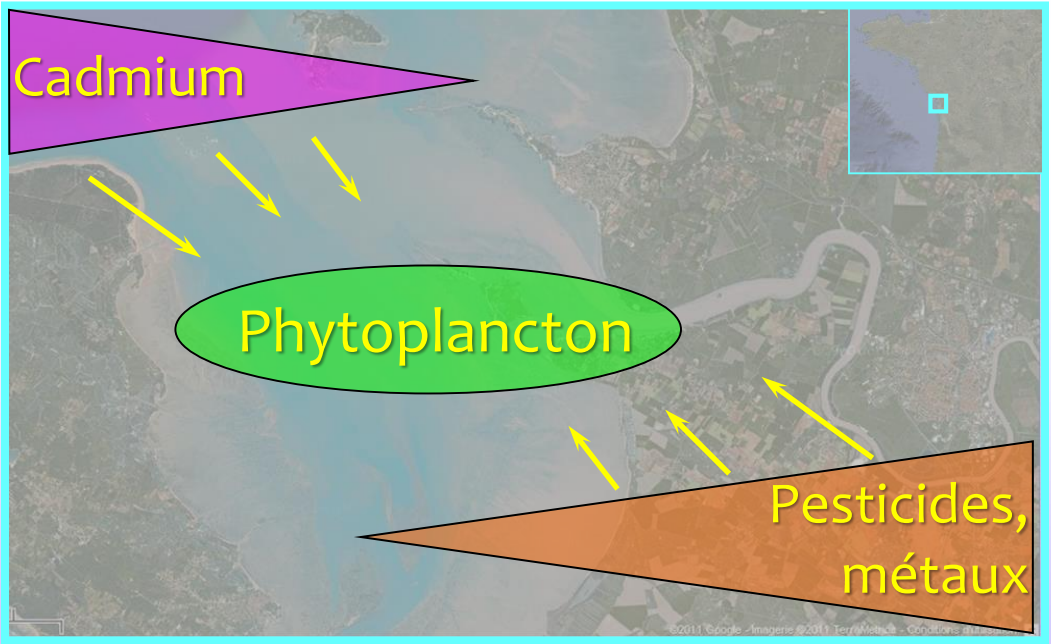
✓ Ressource trophique : phytoplancton

✓ Charente : principale source d'éléments nutritifs

Contexte : bassin de Marennes-Oléron

Bassin versant de la Charente :

- 10 000 km² (dont 75% consacrés à l'agriculture)
- Réceptacle : bassin de Marennes-Oléron



✓ Bassin conchylicole le plus important de France et d'Europe

✓ Ressource trophique : phytoplancton

✓ Charente : principale source d'éléments nutritifs mais aussi de contaminants

Objectifs : projet TOPHYPAC

Projet TOPHYPAC : tolérance des communautés phytoplanctoniques aux phytosanitaires dans l'estuaire de la Charente

- Contexte environnemental de l'estuaire (Guesdon et al., Stachowski et al.,)
- Influence de l'environnement sur la dynamique du phytoplancton (Guesdon et al.,)
- Effets du cuivre et d'herbicides sur les communautés en conditions contrôlées

Programme Pesticides :

Évaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides

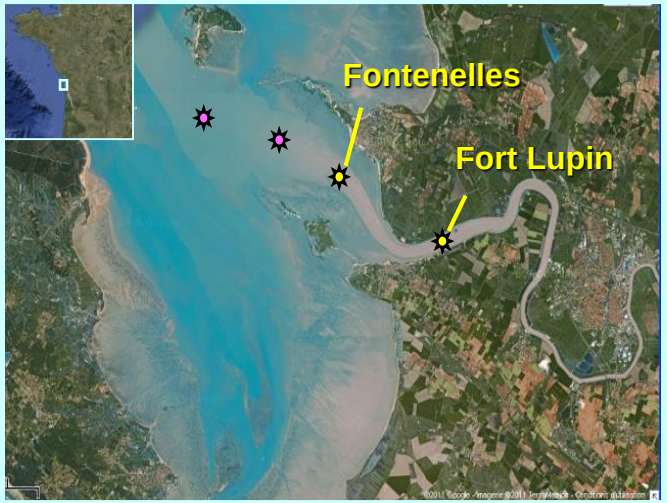
PESTICIDES

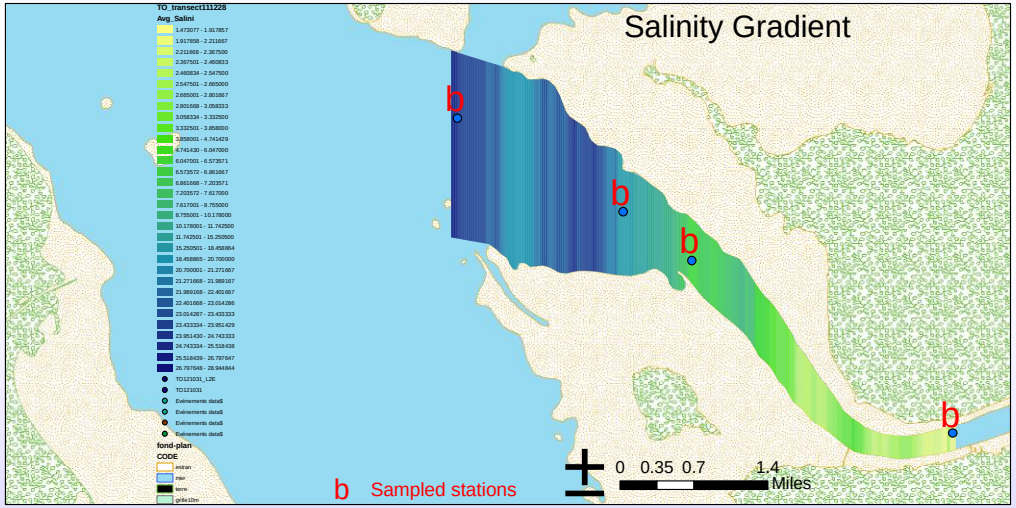
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

Site d'étude : estuaire de la Charente

Stratégie d'échantillonnage : 2 fois/mois, 4 stations

- 2 stations fixes (jaune)
- 2 stations mobiles, définies selon le gradient de salinité





Paramètres considérés

Mesures physiques :

- T°C
- Salinité
- Turbidité
- MES

Ifremer

Chimie :

- Nutriments (N, Si, P, COD, urée)
- Métaux (Cu, Zn, Cd, Ni)
- Pesticides

Girpa

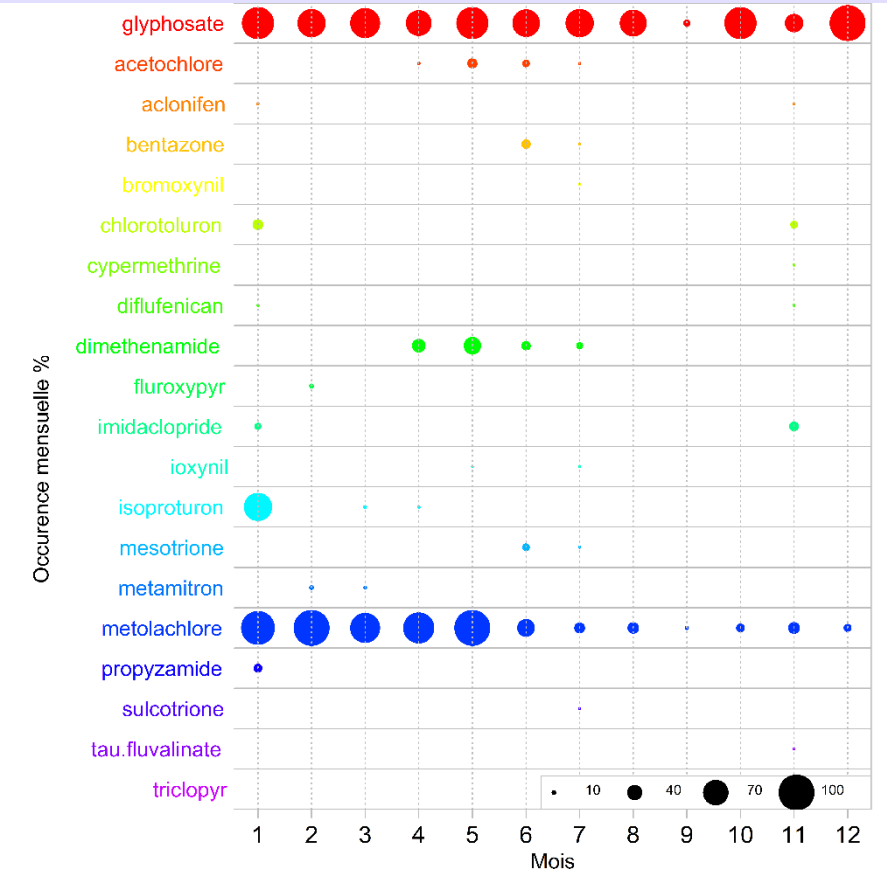
Biologie :

- Phytoplancton

CNRS/IRD/UBO UMR 6539 LEMAR

Contamination par les pesticides

% d'occurrence dans les échantillons durant les 3 ans



- ✓ 20 molécules détectées / 105
- ✓ contamination chronique par le glyphosate et le métolachlore (S-) [0.1- 1 µg/L]: > 80% des échantillons janvier-juin
- ✓ contamination ponctuelle : variabilité inter-annuelle

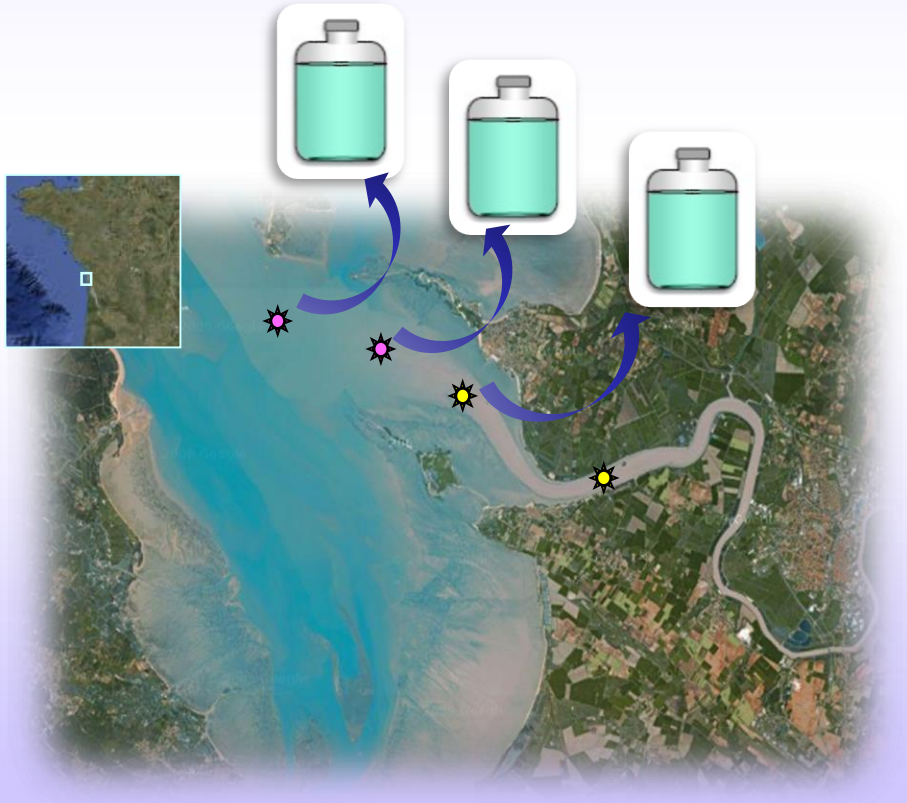
→ Molécules les + fréquentes / les + concentrées : expérimentations

Exposition des communautés au cuivre et aux herbicides

2012	2013
Cuivre : 1 µg/L à 20 mg/L	Cuivre : 10 µg/L à 10 mg/L
Herbicides : 0.1 à 100 µg/L (c.u.) ➢ glyphosate ➢ métolachlore ➢ mésotrione	Herbicides : 0.1 à 100 µg/L (c.u.) ➢ glyphosate ➢ S-métolachlore ➢ métamitron ➢ diméthénamide
Mesure physiologique : efficacité de photosynthèse (PAM fluorescence)	
Dénombrement par cytométrie en flux	

Exposition des communautés au cuivre et aux herbicides

Mars à octobre (2012 et 2013)
Prélèvement de communautés : st2, st3 et st4

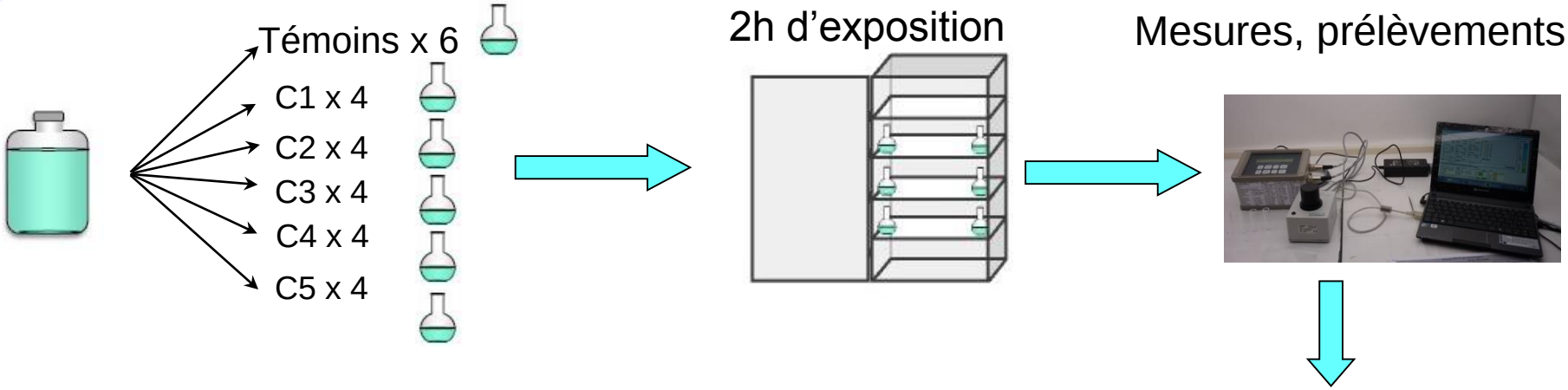


Transport au Laboratoire LER/PC, L'Houmeau

Expérimentations en conditions contrôlées

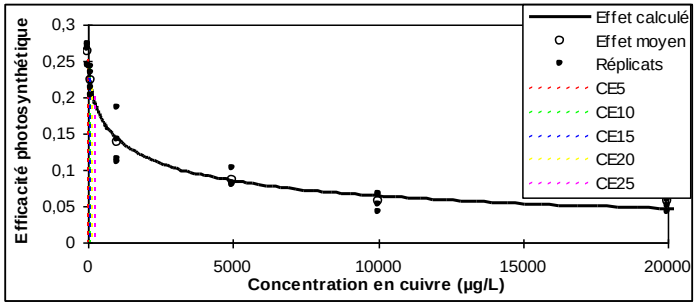
Exposition des communautés au cuivre et aux herbicides

Pour chaque communauté et chaque type de contaminant

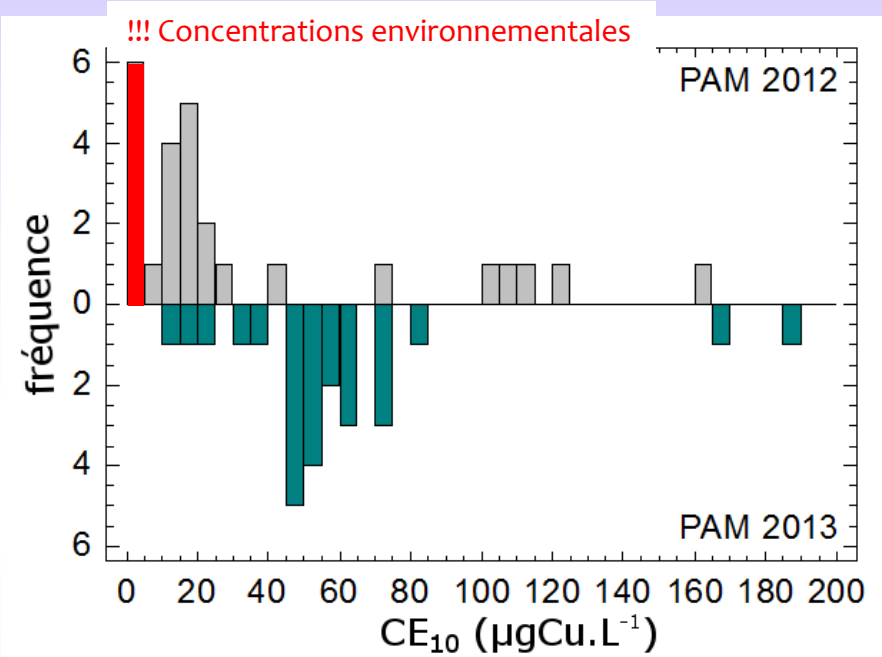


Relation dose-effet, extrapolation des CE_{10} (Regtox, E. Vindimian)

CEx : concentration du contaminant qui entraîne une inhibition de X% du paramètre
À partir de 10% → significatif



Effets du cuivre sur les communautés



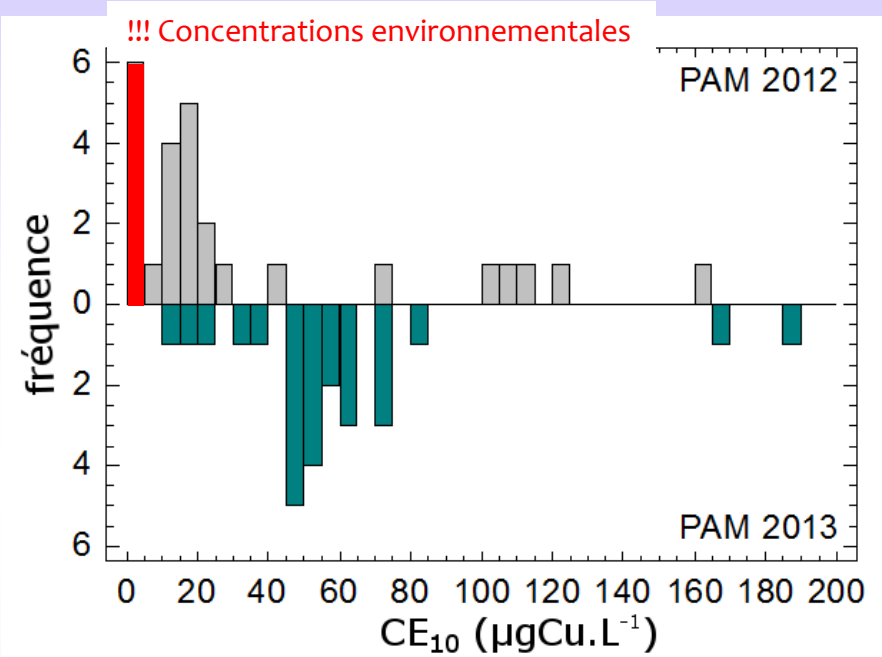
PAM : paramètre physio « global »

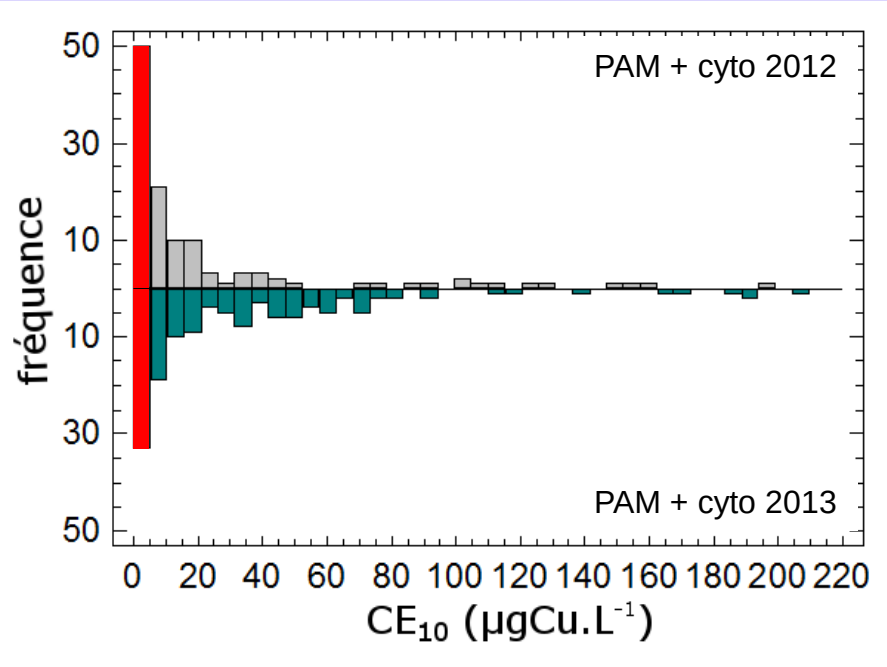
13 manips en 2012

14 manips en 2013

- ✓ Pas de différences entre les stations, forte variabilité temporelle
- ✓ Différence entre les années : communautés plus sensibles en 2012

Effets du cuivre sur les communautés



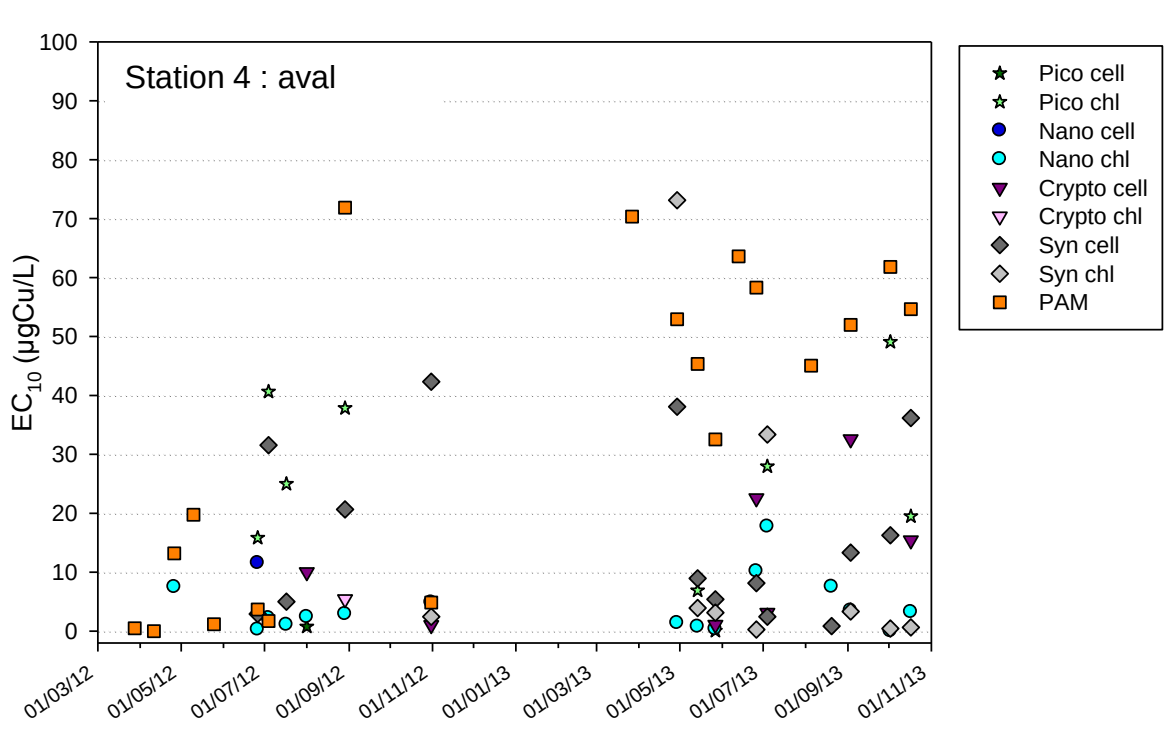


Cytométrie : dénombrement et contenu relatif en chlorophylle

Nanoeucaryotes, Picoeucaryotes
Cryptophytes (présence sporadique)
Synechococcus sp.

✓ Communautés très sensibles en 2013 également : combiner paramètres

Effets du cuivre sur les communautés



✓ dispersion des CE_{10} plus marquée en 2013 (surtout PAM)

✓ CE_{10} < 5 µgCu/L : sensibilité marquée des *Synechococcus* sp. et des nanoeucaryotes

Effets des herbicides sur les communautés

✓ Mélange testé en 2012 : aucun effet

✓ Mélange testé en 2013 : effets significatifs seulement aux plus fortes concentrations (100 µg/L c.u.)

→ aucun effet détecté sur les paramètres considérés, après 2h d'exposition aux concentrations environnementales testées (0,1 et 1 µg/L)

Conclusions

Les herbicides les plus présents (fréquence/concentration) dans l'estuaire de la Charente ne semblent pas entraîner d'effets rapides sur le phytoplancton

Effets systématiques du cuivre parfois à des concentrations environnementales (entre 0,3 et 1,3 µg/L dans l'estuaire)

→ Sensibilité importante des communautés de petite taille (cytométrie en flux) : indicateurs d'une « perturbation » du milieu ?

Effets du cuivre : lien environnement / expositions ?

Remerciements

IFREMER (LER/PC) : C. Béchemin, S. Guesdon, C. Vérité, G. Charpentier, J. Grizon, J.-M. Chabirand, J.-L. Seugnet, O. Le Moine ;

IFREMER (L/EX) : S. Stachowski, L. Haugarreau, D. Ménard, A. Duchemin, J. Rouxel, M. Hubert, C. Khélifi, N. Coquillé ;

IFREMER (LBCM) : J.-F. Chiffoleau, C. Brachpapa, D. Auger, E. Rozuel.

LEMAR : P. Soudant, C. Lambert, F. Le Grand, N. Le Goïc, B. Beker.

LEESA : A. Jadas-Hécart, P.-Y. Communal, M. Lapuyade.

PESTICIDES

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

Présentation de l'ouvrage édité par l'UNESCO : Harmful and toxic Miroalgae of the World Ocean (Microalgues toxiques et nuisibles de l'océan mondial)

Lassus P., Chomérat N., Hess P., Nézan E.

Journées REPHY,
30 Novembre et 1er Décembre 2016

9 788799 082766

This book updates available international databases on toxic and harmful species of phytoplankton and micro-phytobenthos. It lists regional occurrences at world-wide scale: localities, cell densities, toxicity levels in contaminated animals, human and animal poisoning, isolation of identified active molecules and toxins, documentary sources. Finally, this book addresses the geographic distributions of phycotoxin-producers from recent data. The objective is to analyze the evolution of toxic and harmful episodes over the past 30 years to identify trends, and to introduce a discussion on the reality of a time-dependent increase in the number of known species and toxins.

Cet ouvrage met à jour et complète les données internationales disponibles sur les espèces toxiques et nuisibles du phytoplancton et du micro-phytobenthos. Il fait l'inventaire des occurrences régionales à l'échelle de la planète : localités, densités cellulaires, niveau de toxicité des animaux contaminés, intoxications humaines et animales, isolement des principes actifs et/ou des toxines identifiées, sources documentaires. Enfin, cet ouvrage aborde la distribution géographique des producteurs de phycotoxines à partir de données récentes. L'objectif est d'analyser l'évolution des épisodes toxiques et nuisibles sur les 30 dernières années afin de dégager des tendances et d'introduire une discussion sur la réalité d'une augmentation du nombre d'espèces et de toxines connues au cours du temps.

DÉLÉGATION PERMANENTE DE LA PRINCIPAUTÉ DE MONACO AUPRÈS DE L'UNESCO

International Society for the Study of Harmful Algae ISSHA

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

Intergovernmental Oceanographic Commission

Ifremer

COSELMAR

Région PAYS DE LA LOIRE

Toxic and Harmful Microalgae of the World Ocean

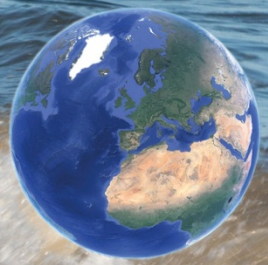
Micro-algues toxiques et nuisibles de l'océan mondial

PATRICK LASSUS
NICOLAS CHOMÉRAT
PHILIPP HESS
ELISABETH NÉZAN

ISSHA
IOC UNESCO

Toxic and Harmful Microalgae of the World Ocean

Micro-algues toxiques et nuisibles de l'océan mondial



PATRICK LASSUS · NICOLAS CHOMÉRAT
PHILIPP HESS · ELISABETH NÉZAN

Descriptif

- → ***Facteurs potentiellement impliqués dans le déclenchement des HABs***
  - → ***Sensibilisation accrue à ces phénomènes***
  - → ***Utilisation des eaux côtières pour l'aquaculture***
  - → ***Eutrophisation***
  - → ***Conditions climatiques inhabituelles***
  - → ***Eaux de ballast, transferts d'animaux vivants***
  - → ***Réchauffement climatique global***
  - → ***Surpêche***

- → ***Descriptions des (174) espèces proliférantes (ou non) et de leurs manifestations nuisibles à partir des données de la littérature***

- → ***52 planches photographiques décrivant 62 taxons***

- → ***Relation entre toxines / familles de toxins et espèces (11 syndromes, 24 familles de toxines)***

- → ***Analyse des tendances notées entre 1990 et 2010***
  - → ***Rapports régionaux de différents pays***
  - → ***Espèces émergentes (une dizaine)***
  - → ***Données récentes concernant les espèces 'historiques'***

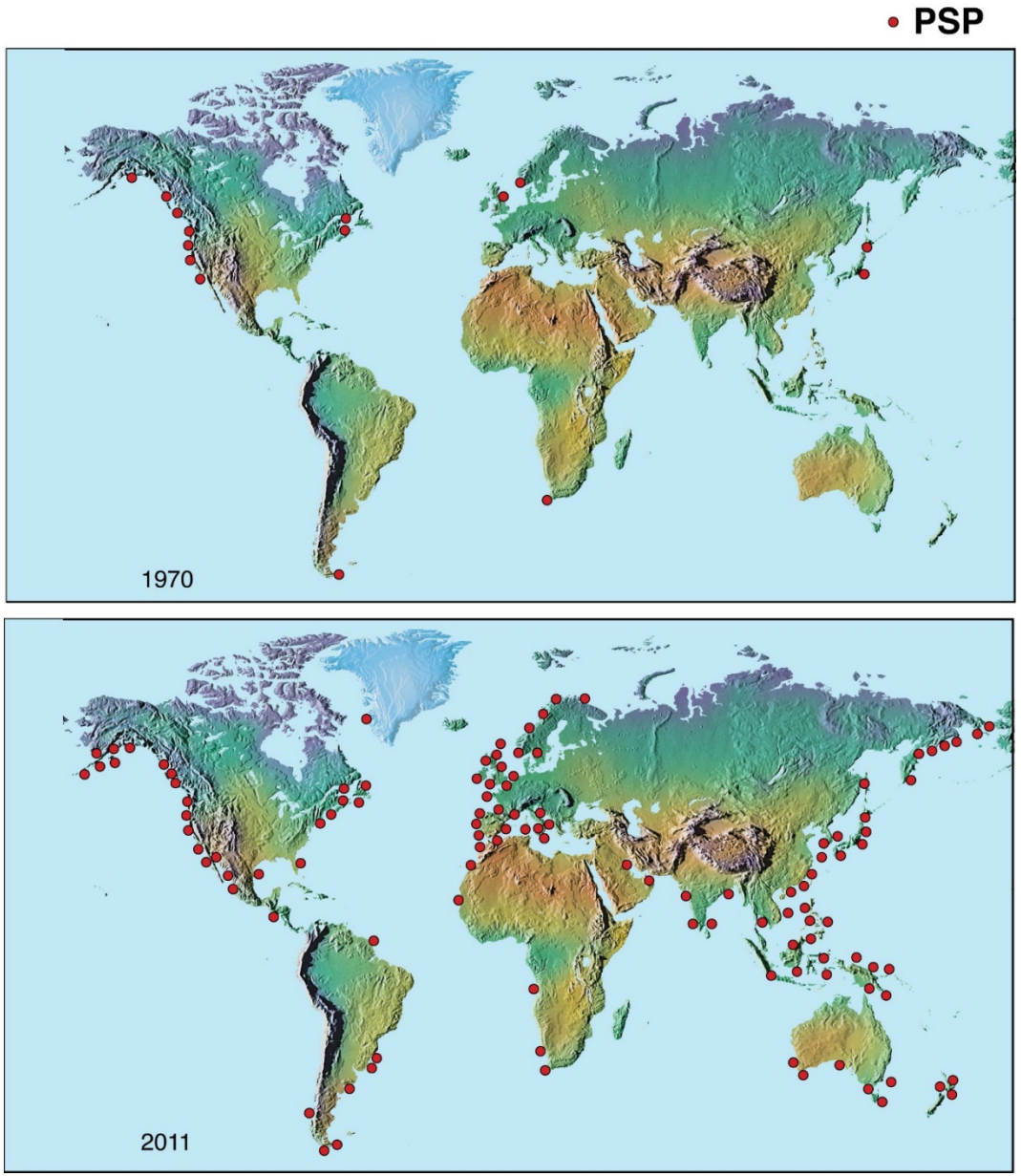
- → ***Editon bilingue Anglais / Français***

Sensibilisation accrue aux HAB

1996

2001

Accroissement global des efflorescences



Typologie des micro-algues nuisibles

1	2	3	4	5

1. Nuisances induites par une biomasse élevée
2. Toxicité avérée pour les consommateurs de poissons et fruits de mer
3. Toxicité pour l'écosystème par production de composés spécifiques
4. Toxicité pour l'homme par inhalation ou exposition directe
5. Production de toxines détectée par bio-essais dans des cultures, effet chez l'homme ou l'écosystème non prouvé

Vulcanodinium rugosum Nézan & Chomérat 2013

Descriptif des espèces proliférantes et de leurs effets

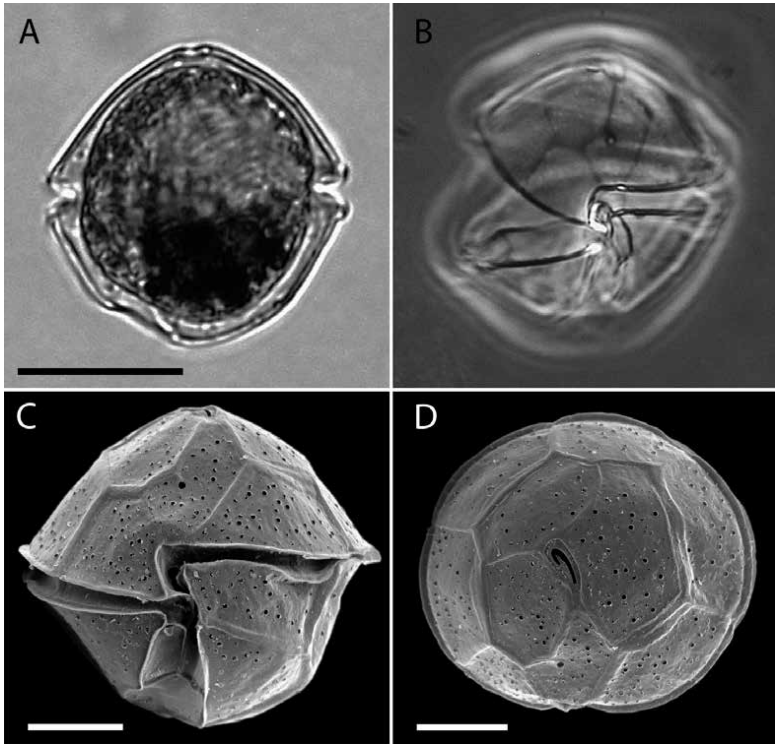
DESCRIPTION : Dinoflagellé cuirassé de taille moyenne (24–30 µm de long et 24–30 µm de larg
à rondes en vue ver
en vue apicale. Épith
phérique, tronquée
trapézoïdale à hémis
à l'antapex. Cingulun
1,5–2 fois sa propre la
étroit dans sa parti
plus large postérieure
tapex. Matrice muqu
Noyau allongé, situé

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE : Espèce productrice de pinnatoxines trouvée en Europe (France), Amérique du Nord (Mexique), Asie (Japon), Océanie (Nouvelle-Zélande, Sud de l'Australie).

ÉPISODES RÉGIONAUX : L'origine planctonique des pinnatoxir
2010 (Rhodes
rugosum a ét
2010 et 201
dans les moul
méditerranéen
l'étang d'Ingril
(juin-août). D
souche françai
ment proche c
australiennes.

TOXINOLOGIE / TOXICOLOGIE : Les pinnatoxines-A à D ont d'abord été caractérisées à partir d'extraits d'un bivalve japonais, *Pinna muricata* (Chou et al., 1996 ; Takada et al., 2001; Uemura et al., 1995) à Okinawa. Par la suite les pinnatoxines E et F ont été détectés et caractérisées en 2007 dans des huîtres creuses de Nouvelle-Zélande et dans des bivalves d'Australie (Selwood et al., 2010). En 2010, un dinoflagellé peridinioïde a été identifié par Rhodes et al. comme producteur poten-

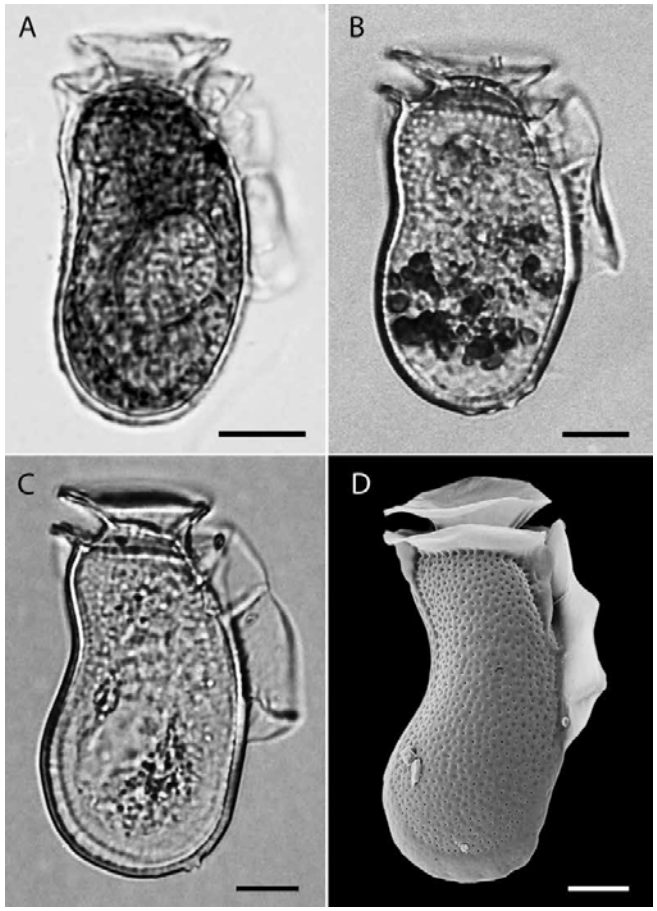
Planches photographiques



Alexandrium leei

A–B. Light micrographs. A. Cell in ventral view (Lugol-fixed). B. Ventral theca focussing on ventral
pore inside first apical plate. C–D. SEM micrographs. C. Ventral view. D. Same cell in apical
view. Scale bars: A: 20 µm and C, D: 10 µm.

*A–B. Microphotographies photoniques. A. Vue ventrale (lugolé). B. Vue ventrale de la thèque (détail
du pore ventral dans la première plaque apicale). C–D. Microphotographies en MEB. C. Vue ventrale.
D. La même cellule en vue apicale. Barres d'échelle: A: 20 µm et C, D: 10 µm.*



Dinophysis sacculus (

From Mediterranean Sea. A–C. Light micrographs of cells fixed with Lugol's solution. A, C. Diana
Lagoon. B. Bay of Toulon. D. SEM micrograph of a cell from Urbino Lagoon showing strong curvatures
of the cell body. Scale bars: 10 µm

*De Méditerranée. A–C. Microphotographies photoniques de cellules fixées au Lugol. A, C. Etang de
Diana. B. Rade de Toulon. D. Microphotographie en MEB d'une cellule de l'étang d'Urbino montrant
une courbure très prononcée du corps cellulaire. Barres d'échelle: 10 µm.*

Croisement espèces – groupes de toxine

Groupe de toxine	Syndrome	Organisme producteur (genre ou espèce)
Azaspiracides	AZP	*Amphidoma languida, Azadinium poporum, A. spinosum, A. dexteroporum*
ß-methyl-amino alanine (BMAA)	ALS	*Heterocapsa triquetra, Nostoc spp.*
Brevesulcenals (BSX)		*Karenia brevisulcata*
Brevetoxin (BTX)	NSP	*Karenia brevis, K. papilionacea*
Cooliatoxin		*Coolia malayensis, Coolia monotis, Coolia tropicalis*
Ciguatoxines (* also maitotoxin), CTX (MTX)	CFP	*Gambierdiscus australes*, G. belizeanus, G. caribaeus, G. carolinianus, G. carpenteri, G. excentricus, G. pacificus*, G. polynesiensis*, G. ruetzleri, G. silvae, G. toxicus*, G. yasumotoi*
Acide domoïque	ASP	*Halamphora coffeaeformis, Nitzschia bizertensis, Nitzschia navis-varingica* *Pseudo-nitzschia australis, P. brasiliana , P. calliantha, P. cuspidata, P. delicatissima, P. fraudulenta, P. galaxiae, P. granii, P. multiseries, P. multistriata, P. pseudodelicatissima, P. pungens, P. seriata, P. turgidula,*
Goniodomine A	n.e.p.	*Alexandrium hiranoi, A. pseudogonyaulax*
Gymnocines	n.e.p.	*Karenia mikimotoi*
Gymnodimines (GYM)	n.e.p.	*Karenia selliformis, Alexandrium peruvianum*
Karenia brevisulcata toxins (KBT)	AST	*Karenia breviulcata*
Karlotoxins (KmTX)	n.e.p.	*Karlodinium veneficum, K. conicum*
Lyngbiatoxins (& antillatoxin)	DTT	*Lyngbya majuscula*
Nodularins (NOD)	HPT	*Nodularia spumigena*
Okadaic acid & Dinophysis toxins (* also pectenotoxins, §also prorocentrolide, no effects proven in man for these two groups)	DSP	*Dinophysis acuminata*, D. acuta*, D. caudata*, D. fortii*, D. norvegica*, D. ovum*, D. sacculus*, D. miles** *Phalacroma rotundatum, P. rapa, P. mitra,* *Prorocentrum belizeanum, P. concavum, P. faustiae, P. hoffmanianum, Prorocentrum leve, P. texanum, P. maculosum§, P. rhathymum, P. lima*
Mascarenotoxins, ovatoxins & ostreocins (palytoxins)	AST / CPT	*Ostreopsis lenticularis, O. mascarenensis, Ostreopsis ovata, O. cf. ovata, O. siamensis, Trichodesmium erythraeum*
Pinnatoxins (PnTX)	n.e.p.	*Vulcanodinium rugosum*
Prymnesins (PRYM)	n.e.p.	*Prymnesium parvum*
Saxitoxins (STX)	PSP	*Alexandrium affine, A. ostenfeldii, A. acatenella , A. catenella, A. cohorticula, A. peruvianum, A. tamiyavanichii, A. andersonii, A. fundyense, A. tamarense, A. leei, A. minutum, Gymnodinium catenatum, Pyrodinium bahamense, Trichodesmium erythraeum*
Spirolides (SPX)	n.e.p.	*A. ostenfeldii, A. peruvianum*
Viequeamides (=Kulolides)	n.e.p.	*Rivularia sp.*
Yessotoxins (* also adriatoxin) (YTX)	n.e.p.	*Protoceratium reticulatum*, Lingulodinium polyedra, Gonyaulax spinifera*

Remerciements aux sponsors et aux relecteurs

Fondation Prince Albert II de Monaco

IOC – UNESCO

ISSHA

Région Pays de Loire

Projet Coselmar

Ifremer

Hanna MAZUR-MARZEC
Beatriz REGUERA
Øjvind MOESTRUP

Et à toutes celles et ceux qui ont contribué à l'apport de documents pertinents ayant servi à illustrer l'ouvrage,,,,,