



Objet : **Quelques succès scientifiques liés à l'observation de long terme des milieux marins côtiers et littoraux**

Date : Décembre 2021

Auteur : Jérôme Paillet

Pièces jointes :

1. Diaporama de juin 2020 ;
2. Document de cadrage stratégique de l'IR ILICO, février 2020

1. Introduction

Créée en 2016, l'infrastructure de recherche ILICO fédère 9 réseaux élémentaires d'observation, dont 8 sont labellisés « Services Nationaux d'Observation » et un est entré dans le processus de labellisation. Un certain nombre de réseaux d'observation non labellisés font également partie de « l'écosystème » d'ILICO et sont associés à l'animation scientifique proposée par ILICO. En synthèse, ces réseaux suivent, avec une fréquence adaptée aux évolutions majeures des systèmes observés :

- Les **paramètres physico-chimiques** des eaux côtières et littorales (réseaux SOMLIT, Coast HF, MOOSE, REEFTEMPS, réseau Ifremer REPHY)
- La **biodiversité** (abondance, diversité, état écologique) de différents compartiments biologiques en milieu côtier : le phytoplancton (PHYTOBS), la petite faune benthique des milieux sédimentaires (BENTHOBS), les récifs coralliens (CORAIL), le zooplancton (réseau émergent : Zoonet), la diversité génétique des micro-organismes (ADN environnemental au sein des réseaux émergents : ROME, observatoires étendus EMBRC/SOMLIT, compléments à MOOSE, à CORAIL...)
- Les **propriétés physiques et géomorphologiques du littoral** : niveaux de la mer et de la terre (SONEL), trait de côte et topographie (DYNALIT), états de mer (réseau non labellisé CANDHIS), courants côtiers (radars HF dans MOOSE et sur les côtes Manche et Atlantique), etc.

Le document de cadrage stratégique en p.j. rappelle les finalités scientifiques, les objectifs opérationnels, et les modes opératoires de l'IR ILICO. L'objectif de cette note est de résumer **en des termes vulgarisés** quelques **résultats scientifiques** importants obtenus avec ce dispositif complexe.

2. Résultats importants

2.1 L'évolution du trait de côte :

Cette évolution, préoccupation majeure de nombreuses collectivités littorales, mobilise de nombreux acteurs : la communauté scientifique du réseau DYNALIT, mais aussi le BRGM, le CEREMA, le SHOM, l'IGN... L'apport majeur d'ILICO (réseau DYNALIT) est d'apporter une observation détaillée

et d'analyser les **processus** responsables de l'évolution du trait de côte, par zone géographique et par type de milieu (côtes sableuses, estuaires, falaises...). Ces processus conjuguent évolution du niveau de la mer, de l'érosion continentale, des transports sédimentaires, des climats de houle, des courants littoraux, et impact des événements extrêmes.

Une synthèse (qui ne peut se résumer en quelques phrases) a été produite dans le [Journal of Coastal Research en 2020](#) :

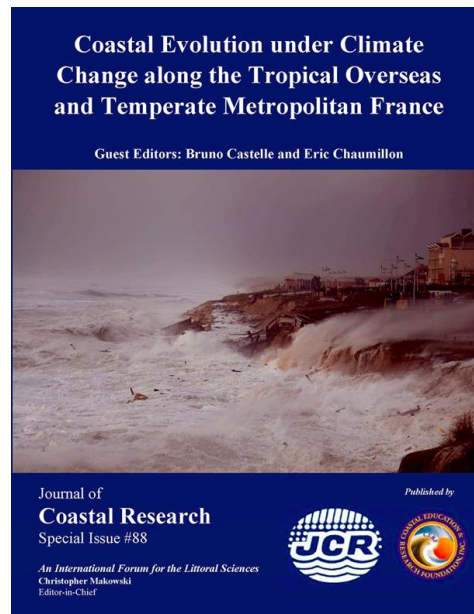


Figure 1 : numéro spécial du *Journal of Coastal Research* consacré à l'évolution du trait de côte en France Métropolitaine

Le réseau DYNALIT a permis de documenter le caractère fortement non-linéaire (dans le temps) de l'évolution du trait de côte : l'hiver 2013-2014, marqué par une série de fortes tempêtes associées à des états de mers exceptionnels, a ainsi eu un impact considérable sur les côtes exposées et même certains sites abrités :

Masselink G., B. Castelle, T. Scott, G. Dodet, S. Suanez, D. Jackson, F. Floc'h. (2016) **Extreme wave activity during 2013/2014 winter and morphological impacts along the Atlantic coast of Europe**. *GRL*, 43, 5

2.2 L'évolution du niveau de la mer :

Cette évolution constitue une autre préoccupation majeure des collectivités littorales, connexe à la précédente. La combinaison des deux permet d'évaluer l'évolution du *risque de submersion* des zones basses. ILICO (réseau SONEL) suit l'évolution du niveau de la mer grâce principalement aux marégraphes du SHOM et à l'analyse des altimètres satellitaires, et offre la plus-value d'associer systématiquement un suivi concomitant du niveau de la terre par GNSS (GPS) aux points de mesure marégraphique. En effet, l'évolution ressentie du niveau de la mer peut résulter d'évolutions à la fois du niveau absolu de la mer, et de mouvements de subsidence ou de surrection du continent.

Grâce au réseau SONEL, il a par exemple pu être montré :

- Que l'épisode récent de volcanisme sous-marin à l'est de Mayotte s'accompagnait d'un affaissement de l'ordre de 15cm et d'un déplacement de 20cm vers l'est du socle continental de l'île.

cf : Feuillet N., et. Al. (2021). Birth of a large volcanic edifice offshore Mayotte via lithosphere-scale dyke intrusion. *Nature Geoscience*, 14(10), 787-795.

- Que l'évolution récente du niveau mesuré par le marégraphe de Brest (l'une des séries les plus longues du monde) était influencée par un affaissement localisé des polders du port de Brest :
cf : [Poitevin C., et.al. \(2019\). Vertical land motion and relative sea level changes along the coastline of Brest \(France\) from combined space-borne geodetic methods, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 222, pp. 275-285,](#)
- Plus généralement, SONEL au sein du réseau mondial PSMSL produit chaque année une synthèse des évolutions absolues et relatives du niveau de la mer à la côte dans le monde (<https://www.sonel.org/-Tendances-du-niveau-de-la-mer-.html?lang=fr>) :

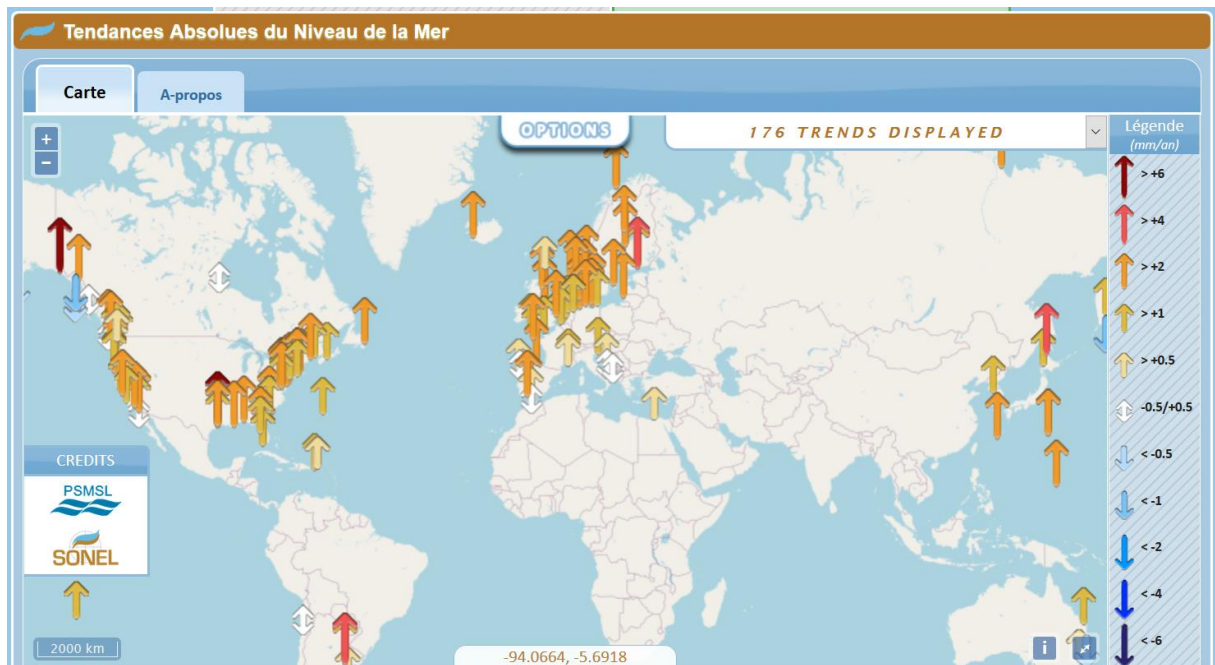


Figure 2 : carte de tendances absolues du niveau de la mer, sur le site internet de SONEL

- Plus étonnant, les données d'observation de niveau marin du réseau de marégraphes Français dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises ont aussi permis de mettre en évidence des variations dans le mouvement de l'axe de la Terre : [M. Afroosa et al.\(2021\) Madden-Julina oscillation winds excite an intraseasonal see-saw of ocean mass that affects Earth's polar motion. *Nature Communications - Earth and Environnement*](#)

2.3 L'évolution de l'état des récifs coralliens

ILICO (réseau CORAIL) contribue à l'initiative mondiale « Global Coral Reef Monitoring Network » (GCRMN). La sortie du rapport GCRMN « monde » le 4 octobre 2021 (figures 3 et 4) s'est accompagnée d'une diffusion très large et d'une couverture médiatique importante. La visite du président Macron au CRILOBE (laboratoire qui coordonne le réseau CORAIL et le GCRMN Pacifique sud) a aussi donné un relief particulier à cet évènement.

Messages à retenir de ce rapport :

- Les récifs coralliens diminuent dans le monde (-15 % en 25 ans) (*notamment dans les territoires français des Caraïbes*) ;
- Le changement climatique et le blanchissement sont les principaux stress qui expliquent cette régression ;
- Les récifs coralliens ont des capacités de résistance et de résilience (*notamment dans les territoires français du Pacifique*)



Figure 3 : le rapport « monde » du GCRMN : état des récifs coralliens en 2020

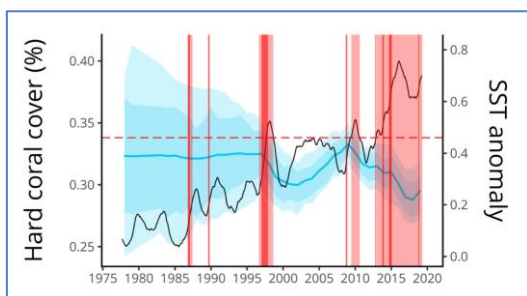


Figure 4 : évolution relative de la couverture en récifs coralliens, en bleu clair (+ incertitudes) et de la température moyenne de surface de la mer sous les tropiques (en noir + périodes de forte augmentation en rouge). GCRMN, 2020.

2.4 L'évolution biogéochimique des eaux côtières métropolitaines

- **Evolution générale en métropole au travers de SOMLIT et Coast HF** : L'analyse globale des données SOMLIT depuis 1995 montre deux changements de régime abrupts, en 2001 et 2005. Les changements sur 20 ans sont liés aux changements du climat à grande échelle et régional, détectés par des indices de la température, de la circulation atmosphérique, ainsi que par le débit des rivières. Les trajectoires des écosystèmes ont eu tendance à évoluer vers une augmentation de la température et de la salinité, et/ou une diminution de la chlorophylle a, des nutriments et des particules. Cependant, l'ampleur du changement, la variabilité d'une année à l'autre et la sensibilité aux changements de 2001 et 2005 varient selon les écosystèmes : [Lheureux et al. \(2021\) Bi-decadal variability in physico-biogeochemical characteristics of temperate coastal ecosystems: from large-scale to local drivers. MEPS, v660, 19-35](#)

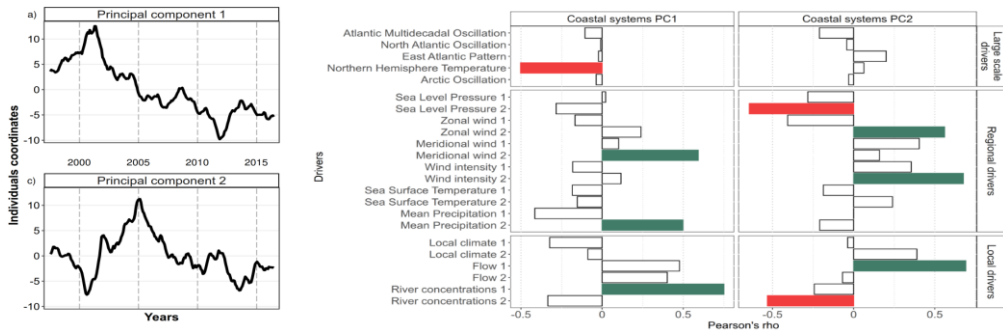


Figure 5: analyse en composantes principales de l'évolution de 12 écosystèmes côtiers : évolution des deux premières composantes, et corrélations avec les paramètres environnementaux. Lheureux et al., 2021

- **Evolution de l'eutrophisation en Manche** : l'analyse conjointe des données satellitaires (couleur de l'eau) et in situ (Chlorophylle-a, mesurée par les réseaux REPHY, SOMLIT et Coast-HF) montre une tendance robuste de diminution de la teneur en Chlorophylle-a, qui est un indicateur de la biomasse de phytoplancton, en Manche-est depuis 20 ans (Figure 6). Les tendances sont nettement moins claires en Bretagne-sud. Cette diminution en Manche semble résulter d'une diminution des apports en nutriments (liés aux engrais agricoles) par les fleuves, et donc reflète une probable amélioration de la qualité des eaux.

F. Gohin et al. (2019). Twenty years of satellite and in situ observations of surface chlorophyll-a from the northern Bay of Biscay to the eastern English Channel. Is the water quality improving? *Remote Sensing of Environment*, vol. 233, nov. 2019

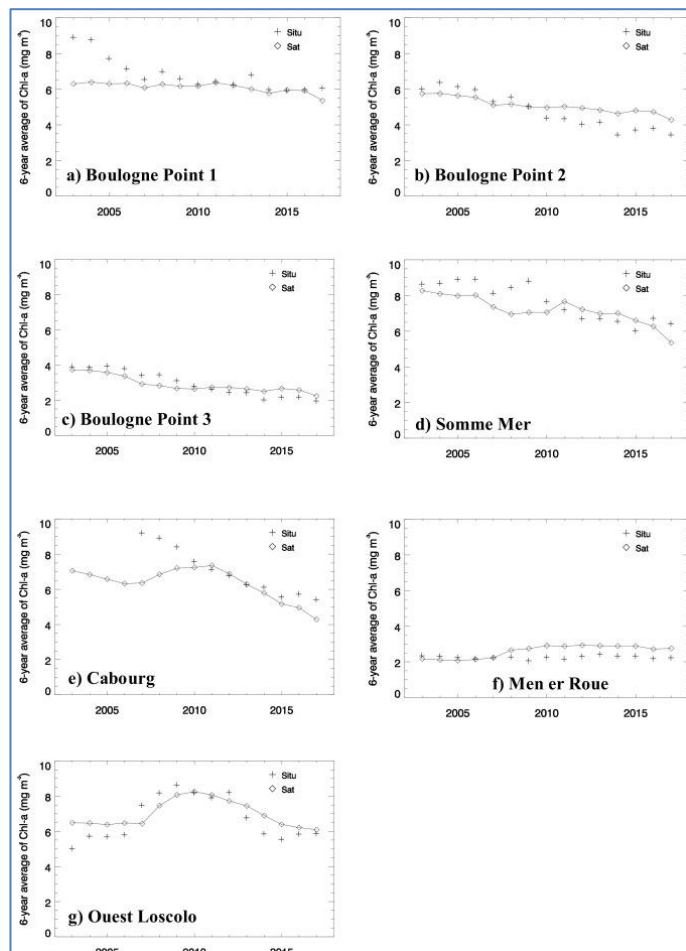


Figure 6 : évolution pluriannuelle de la Chlorophylle-a vue par satellite et mesurée in situ, sur 7 stations en Manche (a/ à e/) et en Bretagne sud (f/ et g/)

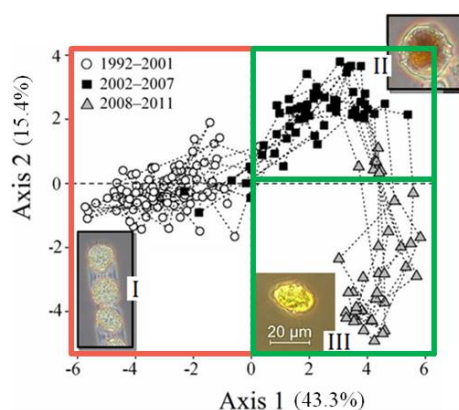
- **Acidification des eaux côtières?** Les tendances de long terme de l'acidité des eaux côtières a, longtemps, été plus difficile à suivre que celle des eaux hauturières ou profondes, car les eaux côtières connaissent de fortes variations liées notamment aux panaches fluviaux. Une équipe de la station marine de Roscoff a analysé les données des stations SOMLIT et Coast HF obtenues à Brest et Roscoff grâce à de nouveaux capteurs, et étudié les mécanismes régissant le système des carbonates. Ils ont observé des augmentations significatives de la pCO₂ de l'eau de mer, et de fortes réductions du pH in situ (de -0,0028 an⁻¹). Cette acidification de l'océan côtier est expliquée statistiquement par le forçage du CO₂ atmosphérique (57 à 66 %), l'augmentation de la température de surface de la mer (SST) (31 à 37 %) et les changements de salinité (2 à 5 %) :

J.P. Gac et al., (2021) Decadal Dynamics of the CO₂ System and Associated Ocean Acidification in Coastal Ecosystems of the North East Atlantic Ocean. *Front. Mar. Sci.*, 14 July 2021, vol.8, p. 759.

2.5 L'évolution des communautés biologiques

Evolution des communautés de phytoplancton : ILICO (réseau PHYTOBS et ses ancêtres) observe depuis plus de 30 ans la composition et l'abondance du micro-phytoplancton le long des côtes métropolitaines. Cette observation continue et à relativement haute fréquence (deux fois par mois) a notamment permis de documenter et comprendre :

- La dynamique des communautés, avec l'observation d'évolutions significatives des proportions relatives d'espèces et/ou de groupes fonctionnels (cf. figure 7)
- Quelles sont les niches environnementales de certaines espèces ou ensembles d'espèces, et d'associer l'évolution des communautés à celles des conditions environnementales
- La dynamique d'apparition et d'évolution des espèces toxiques (avec leurs conséquences sur l'interdiction de commercialisation de certains mollusques),



Hernandez-Fariñas et al. (2014)

Figure 7 : 20 ans d'évolution des communautés de phytoplancton observées par le REPHY

Voici quelques publications importantes ayant associé des auteurs Ifremer et utilisé des données des réseaux PHYTOBS / REPHY ces dernières années :

Belin C., D. Soudant (2018). **Trente années d'observation des microalgues et des toxines d'algues sur le littoral.** Editions QUAE.

Belin C., D. Soudant, Z. Amzil (2021). **Three decades of data on phytoplankton and phycotoxins on the French coast: Lessons from REPHY and REPHYTOX.** *Harmful Algae*, 102, 101733 (12p.)

Bresnan E., *et al.* (2021). **Diversity and regional distribution of harmful algal events along the Atlantic margin of Europe.** *Harmful Algae*, 102, 101976 (32p.)

Hernandez Farinas T., *et al.* (2014). **Temporal changes in the phytoplankton community along the French coast of the eastern English Channel and the southern Bight of the North Sea.** *Ices Journal Of Marine Science*, 71(4)

Hernandez Farinas T., C. Bacher, D. Soudant, C. Belin, L. Barille (2015). **Assessing phytoplankton realized niches using a French National Phytoplankton Monitoring Network.** *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 159, 15-27.

Karasiewicz S., A. Chapelle, C. Bacher, D. Soudant (2020). **Harmful algae niche responses to environmental and community variation along the French coast.** *Harmful Algae*, 93, 101785 (19p.)

Karasiewicz Stephane, Breton Elsa, Lefebvre Alain, Hernandez Farinas Tania, Lefebvre Sebastien (2018). **Realized niche analysis of phytoplankton communities involving HAB: Phaeocystis spp. as a case study.** *Harmful Algae*, 72, 1-13

Lefran A., T. Hernandez Fariñas, F. Gohin Francis, P. Claquin (2021). **Decadal trajectories of phytoplankton communities in contrasted estuarine systems in an epicontinental sea.** *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 258, 107409 (11p.)

A noter également, grâce au réseau Coast-HF, un premier suivi de bloom phytoplanktonique à haute-fréquence décrivant la dynamique de production primaire (utilisation de la FRRF : Fast Repetition Rate Fluorometry *in situ* et en laboratoire) : Serre-Fredj *et al.*, (2021): **Coupling high frequency monitoring and bioassay experiments to investigate a harmful algal bloom in the Bay of Seine (French-English Channel).** *Marine Pollution Bulletin*

Evolution de la faune benthique.

La communauté ILICO réalise depuis plusieurs décennies des observations de la macrofaune benthique sur des points déterminés et par des méthodes standardisées. Ce réseau d'observation, institutionnalisé dans le cadre de la DCE et de la DCSMM, est entré dans un processus de labellisation comme SNO d'ILICO (réseau BENTHOBS). Ces observations permettent de comprendre la réponse des écosystèmes benthiques à certains forçages majeurs, tels que :

- La marée noire de l'Amoco Cadiz ; les suivis en baie de Morlaix avaient commencé l'année précédant le naufrage, en 1977, et plusieurs changements significatifs des compositions faunistiques y sont intervenus juste après la marée noire, mais aussi depuis ;
- La pêche au chalut de fond ou à la drague à coquillages sur ces communautés (activités qui modifient et tendent à uniformiser les communautés benthiques, au détriment de la biodiversité) ;
- Le réchauffement des eaux côtières (dont l'impact sur la macrofaune benthique en métropole semble pour l'instant limité, à grande échelle).

Variations à long terme de la structure de la communauté

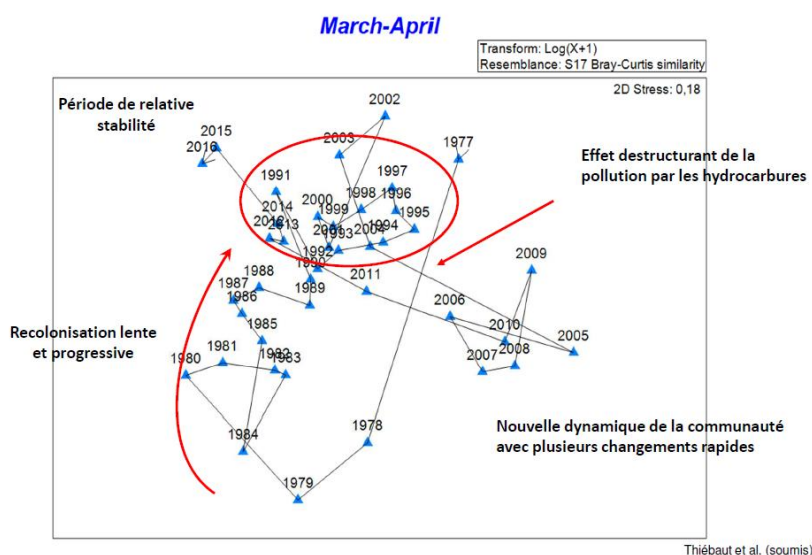


Figure 8 : Evolution de la communauté benthique en Baie de Morlaix depuis 1977 par méthode des ressemblances (d'après Thiebault et al., 2022, soumis)

Quelques publications récentes issues de la communauté Benthobs sur ces sujets :

Gaudin F., et al. (2018). **Marine sublittoral benthos fails to track temperature in response to climate change in a biogeographical transition zone.** *Ices Journal Of Marine Science*, 75(6), 1894-1907.

Bacouillard L., et al. (2020). **Long-term spatio-temporal changes of the muddy fine sand benthic community of the Bay of Seine (eastern English Channel).** *Marine Environmental Research*, 161, 105062 (14p.).

Sturbois A., et al. (2021a). **Characterizing spatio-temporal changes in benthic communities: Taxonomic and functional trajectories of intertidal assemblages in the bay of Saint-Brieuc (English Channel).** *Estuarine Coastal And Shelf Science*, 262, 107603 (15p.).

Sturbois A., et al. (2021b). **Using ecological trajectories to track long-term taxonomic and functional changes in benthic shallow soft-bottom communities (Bay of Saint-Brieuc, English Channel).** *Aquatic Conservation-marine And Freshwater Ecosystems*, 31(11), 3013-3033.

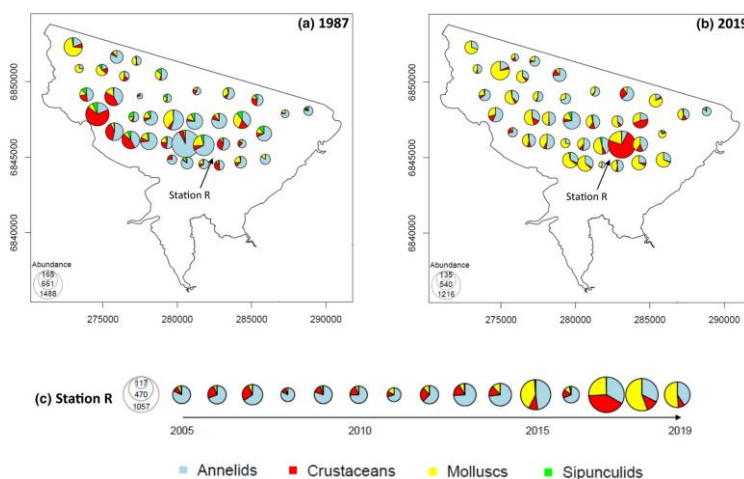


Figure 9 : Distribution des principaux groupes taxonomiques en 1987 et 2019. Sturbois et al. 2021a

3. Vers une analyse écosystémique

Pour ILICO, le Graal serait de développer une nouvelle compréhension, écosystémique, de changements majeurs (de long terme, ou plus ponctuels) associant toutes les composantes observées. Et de valoriser cela par une ou plusieurs publications à fort impact.

Dans cette perspective, un des objectifs des colloques EVOLECO (Evolution de long terme des écosystèmes côtiers) qui se sont tenus en association avec l'Assemblée Générale d'ILICO en 2017 et 2021, est de rassembler largement une communauté scientifique pluridisciplinaire autour de ces questions de changements de long terme. Le colloque de 2017 a permis d'identifier, dans plusieurs séries temporelles de plusieurs lieux distincts, des changements de régime intervenus au début des années 2000. La communauté ILICO a continué à échanger sur ces données, sur les méthodes d'analyse des séries temporelles, sur l'analyse des ruptures (atelier « REVOLECO »), sans pour autant aboutir, pour l'instant, au Graal.

ILICO facilite systématiquement les actions qui associent plusieurs réseaux d'observation dans une approche d'étude interdisciplinaire et/ou visant des produits ou des services communs. La connaissance mutuelle des différents réseaux d'observation, et des différentes communautés scientifiques, s'est nettement améliorée grâce à l'action d'ILICO. Cela doit constituer le terreau de nouvelles études ambitieuses associant ces communautés. Certaines des propositions de l'appel d'offre « un océan de solutions » (PPR océan et climat) reflètent ce rapprochement des communautés, et cet appel d'offre peut ainsi constituer une rampe de lancement pour des études bénéficiant largement du large spectre des observations coordonnées par ILICO.