

Etude de la dynamique temporelle de la faune hydrothermale par une approche observatoire : vers une compréhension intégrée d'un écosystème basé sur la chimiosynthèse.

J. Sarrazin, P.M. Sarradin, D. Cuvelier, V. Tanguy, N. Gayet, M. Aron, C. Le Gall...et al. Ifremer REM/EEP
J. Blandin, J. Legrand, P. Pichavant, G. Guyader, J.Y. Coail, A. Laes, S. Barbot, ... et al. Ifremer REM/RDT

1- Contexte et objectifs

Les assemblages hydrothermaux sont distribués en mosaïques de taille réduite. Cette distribution spatiale est fortement corrélée aux processus géologiques, physiques et chimiques de l'écosystème, à différentes échelles de temps et d'espace. Peu de données sont actuellement disponibles sur la variabilité temporelle des processus abiotiques du milieu et des assemblages qui y sont associés. Les retours sur zones ou sur sites s'effectuent souvent à la même période de l'année, ce qui nous empêche d'évaluer les variations sub-annuelles de processus biologiques tels la reproduction ou d'appréhender la dynamique de l'habitat (facteurs abiotiques) de cette faune. Les suivis temporels permettent, entre autres, d'étudier la croissance des organismes, la succession des espèces, les interactions biologiques et la réponse des assemblages de faune aux changements environnementaux et/ou aux événements catastrophiques (éboulement, arrêt des émissions, etc.). La compréhension de la dynamique des communautés animales est un pré-requis indispensable à la gestion, la conservation et la protection des écosystèmes naturels.

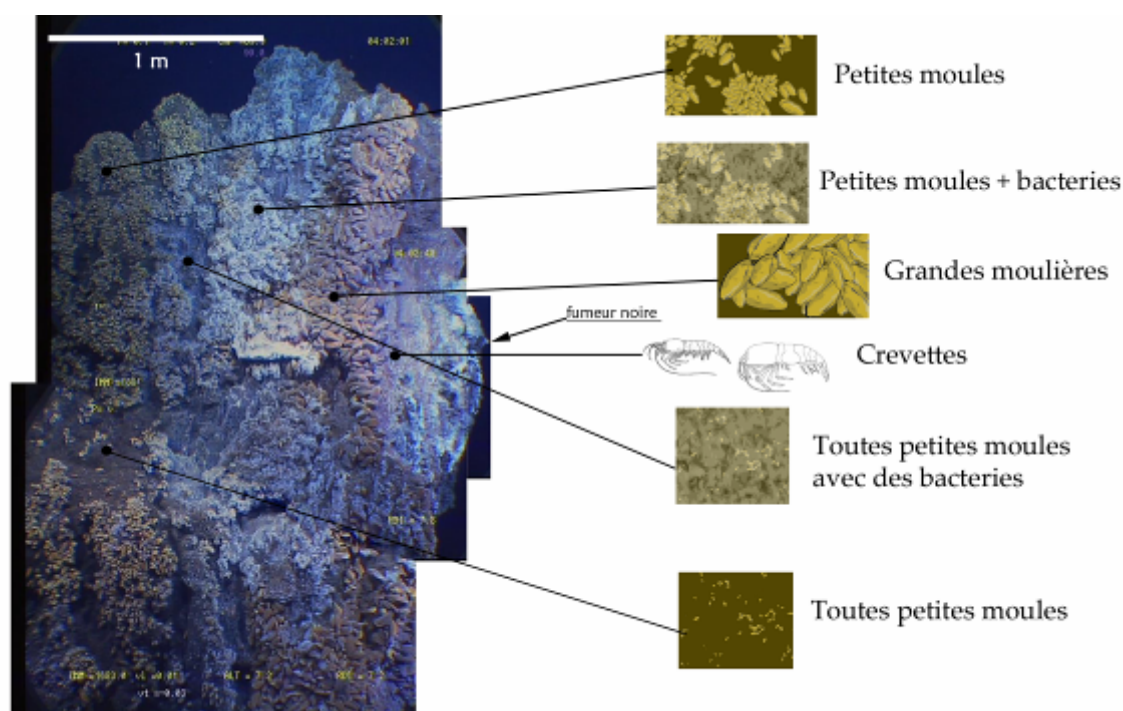


Fig.1 Variabilité des assemblages sur l'édifice hydrothermal « Tour Eiffel »,

La communauté scientifique internationale se mobilise pour développer de nouvelles approches et des outils innovants afin d'étudier les aspects temporels des facteurs abiotiques et biotiques dans les écosystèmes marins profonds (cf. EXOCET/D, ESONET, NEPTUNE). Deux types d'observatoires sont actuellement développés : les observatoires autonomes et les observatoires câblés. Dans le premier cas, les outils sont connectés à un nœud d'énergie déployé au fond. Ce nœud d'énergie peut être lié par acoustique à une bouée de surface, permettant une transmission partielle des données, en temps différé. Cette approche est facile à mettre en œuvre mais est fortement contrainte par l'énergie disponible et la capacité d'enregistrement des données. Dans le second cas, un câble approvisionne directement les capteurs en énergie et les données sont transmises en temps réel à terre. Cette deuxième approche est plus coûteuse et plus difficile à mettre en œuvre mais elle permet un suivi en temps réel et surtout, une capacité d'intervention rapide (modification de paramétrage).

2- Premier mouillage de TEMPO

Une première expérimentation ciblée sur la dynamique temporelle de l'écosystème hydrothermal a été initiée en 2006 sur la dorsale médio-Atlantique, lors de la campagne MoMARETO. TEMPO est un module d'observation biologique, équipé d'une caméra vidéo et de projecteurs à LED, d'un dispositif anti-fouling, de trois sondes de température autonomes et d'un analyseur CHEMINI fer). Les capteurs sont connectés à un nœud d'observation autonome SEAMON. Ce module a été déployé près d'une zone d'émissions diffuses, sur un assemblage de moules. La température et les données chimiques ont été mesurées au sein même de cet assemblage durant 4 mois (Fig. 2). La caméra était positionnée à 50-70 cm de la cible et a enregistré deux séquences quotidiennes de 3 minutes et ce, pendant 45 jours. Ces premières données permettront de lier la dynamique temporelle de l'assemblage aux variations du milieu en utilisant les données environnementales acquises (température, concentration en fer) par TEMPO.

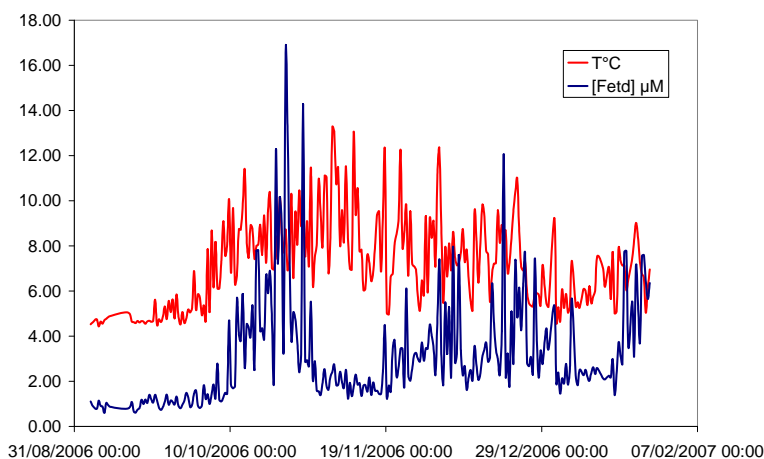


Fig 2. Variabilité de la concentration en Fer total dissous et de la température durant 4 mois.



Fig 3. La caméra a enregistré 6 minutes de vidéo durant 45 jours sur cet assemblage.

Les premiers résultats ont montré une variabilité importante de la concentration en fer et de la température, liée notamment aux conditions hydrodynamiques locales (courants, marées et turbulences). La zone étudiée, colonisée par des modioles (*Bathymodiolus azoricus*), des crevettes (*Mirocaris fortunata*) et des crabes (*Segonzacia mesatlantica*) a peu évolué durant 45 jours mais nous a permis d'étudier le comportement des organismes durant cette période. Seuls les tapis microbiens ont montré une croissance significative de couverture du substrat.

3 L'observatoire MoMAR

Depuis l'automne 2010 et dans le cadre du projet ESONET et de la campagne MoMARSAT, TEMPO est de nouveau à 1690m de profondeur, au pied de l'édifice hydrothermal Tour Eiffel (Fig 4). Il enregistre des images sur un assemblage de modioles de l'espèce *Bathymodiolus azoricus*. En plus des séquences vidéoHD, les paramètres physico-chimiques à proximité de la faune sont enregistrés (Fig 5). TEMPO est connecté au nœud de surveillance SEAMON Est qui envoie par acoustique, quotidiennement une partie des données (une photo de l'assemblage de modioles (Fig 6), les concentrations en oxygène et la température) à la bouée BOREL en surface. Les données sont ensuite transmises par satellite au centre Ifremer de Brest.



Fig 4. Tempo est constitué d'une caméra vidéo HD, de 4 projecteurs à LED, d'un analyseur *in situ* Chemini pour l'analyse du fer et d'une optode qui mesure la température et la concentration en oxygène dissous.

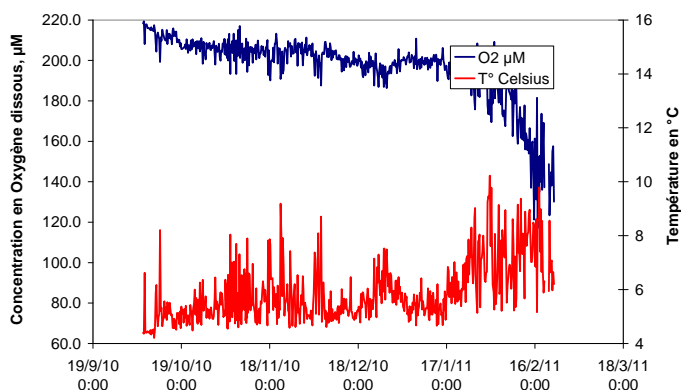


Fig 5. Série temporelle de température et d'oxygène dissous obtenue par TEMPO sur une moulière hydrothermale sur l'édifice Tour Eiffel. L'augmentation de température correspond à la croissance d'un petit diffuseur.

4 Traitements des images vidéo

L'importante quantité d'images acquises par TEMPO (près de 11500 images par jour) ne peut pas être analysée manuellement. Un traitement automatisé est nécessaire pour, d'une part, obtenir des données quantitatives sur toutes les images acquises et, d'autre part, s'affranchir du jugement subjectif d'un manipulateur.

Des méthodes de traitement d'images sont donc mises en place pour segmenter et étiqueter les zones de l'image vidéo et ensuite suivre automatiquement leur évolution au cours des séquences (Fig 7.). Ces méthodes sont adaptées de techniques utilisées dans l'imagerie médicale ou encore la vidéosurveillance (filtrage, morphologie mathématique...).



Fig 6. Une image extraite de la séquence vidéo est transmise chaque jour.



Fig 7. Exemple de segmentation et d'annotation de régions dans une image de TEMPO. Chaque couleur correspond à une structure différente dans l'image (modioles, roche...)

De plus afin de disposer d'une échelle métrique (et non pixellique) dans l'image, une reconstruction 3D de la zone étudiée est proposée. Le but est de pouvoir mesurer précisément les distances dans l'image de TEMPO pour étudier l'évolution des différentes surfaces, les vitesses de déplacement des organismes... Pour cela, la caméra du ROV Victor6000 filme la zone en tournant autour et dans laquelle est placée une mire de calibration (Fig 8). La mire permet alors de reconstruire précisément la trajectoire de la caméra dans un repère 3D lié à la mire, Fig 9). Ensuite, connaissant la trajectoire de la caméra en 3D, une détection robuste d'appariements de points de la zone dans les images de la séquence permet d'aboutir à une reconstruction 3D de ces points (cf Fig 10).



Fig 8. Vue de la zone avec la mire de calibration. La zone hydrothermale filmée par TEMPO est située à l'arrière de la mire de calibration



Fig 9. Vue de la trajectoire de la caméra en 3D par rapport à la mire de calibration (représentée par des points bleus)

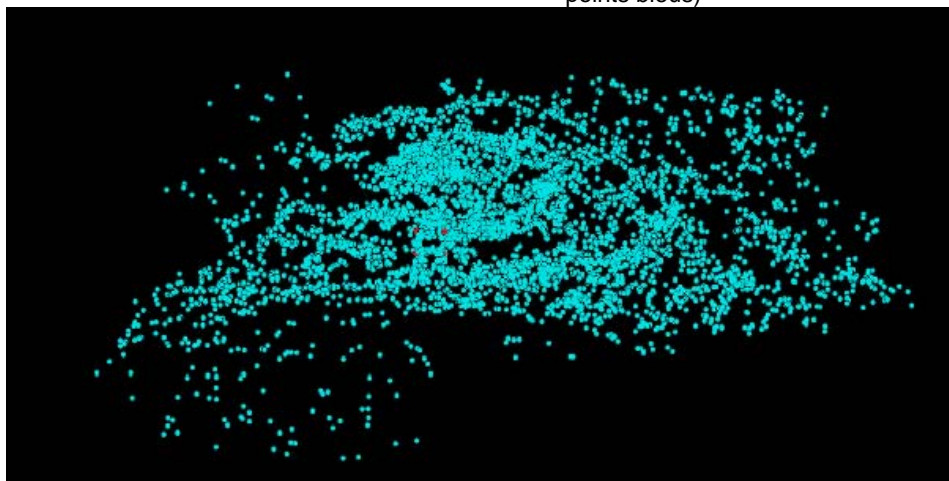


Fig 10. Reconstruction 3D des points appariés. La mire de calibration est représentée par les points en rouge.

5 Echantillonnage de faune

Pour compléter les données acquises par l'imagerie, des échantillons des différents assemblages, dominés par des crevettes ou des moules sont récoltés au cours des plongées (Fig 11 et 12). Ces échantillons permettront d'étudier la composition, la diversité, la structure des assemblages faunistiques présents sur les sources hydrothermales. Des échantillonnages annuels nous permettront d'analyser les changements dans la composition des communautés biologiques.

Une fois que les échantillons arrivent à bord, les organismes présents sont triés après passage sur des tamis de taille différente. Cet échantillonnage nous permet d'avoir accès à des organismes de très petite taille, non visibles sur les images (e.g. des petits crustacés et la méiofaune) et pourtant indispensables au fonctionnement de l'écosystème.



Fig 11 et 12 Echantillons des sources hydrothermales (photos-Daphne)

6 Résultats attendus

Les résultats de ce projet permettront d'étudier la dynamique temporelle d'un assemblage de faune hydrothermale afin de répondre aux questions suivantes :

1. Quelles données biologiques sont visibles sur les images et peuvent être utilisées pour le suivi long-terme des communautés hydrothermales ?
2. Quelles sont les variations de structure des communautés hydrothermales ?
3. Quelles sont les variations temporelles des facteurs abiotiques ?
4. Quels sont les impacts des variations du milieu sur la diversité et le comportement de la faune hydrothermale ?
5. Cette dynamique temporelle est-elle liée à des phénomènes à plus grande échelle comme la sismicité ou la circulation océanique ?

Les données acquises permettront de mieux comprendre l'influence des variations abiotiques sur les communautés animales en milieu marin, et donc apporter des connaissances fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes marins profonds en milieu hydrothermal. de commencer à évaluer l'impact des changements climatiques sur ces communautés dont la dynamique naturelle est totalement inconnue.

Remerciements : Ce projet se déroule à l'Ifremer avec des co-financements des projets européens ESONET, Hermione et EMSO, et du GDR ECCHIS.