

Projet scientifique Ultima Patagonia 2021

Hélène Dubrasquet

Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias Ambientales e Evolutivas

helene.dubrasquet@gmail.com

Évaluation de la diversité de la flore marine de l'archipel de Madre de Dios grâce à des marqueurs moléculaires

Introduction

Il y a 20 000 ans durant le Dernier Maximum Glaciaire (LGM), les calottes glaciaires couvraient de vastes zones du sud du Chili de 35 à 54° S (McCulloch et al. 2000). La zone des Fjords et Canaux Chiliens, aujourd'hui reconnue comme une seule entité biogéographique (Camus, 2001; Spalding et al. 2007) a été fortement impactée par le passage des glaces. D'un point de vue maritime, elle est aujourd'hui caractérisée par une côte très fragmentée, avec de nombreuses petites îles et un enchevêtrement de canaux et de fjords dont la profondeur dépasse souvent 500m (Pantoja et al. 2011; Pickard 1973) et une stratification des eaux bien marquée avec peu de mélange (Sievers & Palma, 2008).

La géomorphologie hétérogène à faible échelle spatiale et les conditions océanographiques marquées créent un grand nombre de niches environnementales distinctes propices à l'installation d'une grande diversité d'espèces benthiques (Betti et al. 2017; Häussermaan, 2006; Häussermaan & Försterra 2009; Sinniger & Hausserman, 2009; Wichmann et al., 2012). Notamment, la stratification de la colonne d'eau permet une remontée des nutriments à environ 100m de profondeur, et l'installation dans des conditions favorables d'organismes typiques des grandes profondeurs comme les coraux d'eaux froides (i.e *Desmophyllum* spp : Försterra 2005), ou de larges lits de maerls (algues calcaires) dont l'étude est quasi-inexistante le long de la côte du Chili (Macaya et al. 2014). La richesse des écosystèmes benthiques des fjords de Patagonie, avec autour de 1650 espèces répertoriées (Häussermann and Försterra, 2009) fait de cette région un hot-spot de diversité quasi-comparable aux récifs de coraux en zone tropicale.

Les algues (i.e macroalgues) sont des producteurs primaires essentiels à l'installation des communautés benthiques. Outre leur rôle comme nurserie pour les stades juvéniles de nombreuses espèces (Crustacés - Mollusques - Poissons) elles jouent aussi un rôle clé dans la séquestration du carbone dans les océans, et la zone des fjords et canaux chiliens a été identifiée comme un puit de carbone important à niveau mondial (Iriarte et al. 2007, Montero et al. 2011). Dans cette région, les forêts sous-marines de kelps (*Durvillea*

antartica o cochayuyo y *Macrocystis pyrifera* o huiro) sont des espèces ingénieuses qui peuvent abriter jusqu'à 300 espèces d'invertébrés différentes depuis leurs crampons accrochés aux fonds marins jusqu'à leurs frondes déployées à la surface (Steneck et al. 2002). Darwin fut un des premiers à parler de l'importance de ces forêts sous-marines, les comparant aux forêts de l'Amazonie. De plus, ces algues flottantes sont des vecteurs de transport à large échelle (plusieurs milliers de km) pour une multitude d'organismes, aidant à la dispersion et à la colonisation de nouvelles niches écologiques (Fraser et al., 2018; Hinojosa et al. 2011; Saunders, 2014). Leur étude et celle de leur faune associée donne de précieux renseignements sur l'histoire évolutive de la zone et leur possible résilience face à de futurs changements environnementaux.

Alors que Camus (2001) et Spalding (2007) considèrent la zone des "Fjords et Canaux du Sud du Chili" comme une seule entité biogéographique, plusieurs études ont identifié une barrière biogéographique autour de 48°S autour de la péninsule de Taitao (Fraser et al. 2010; Lancellotti & Vasquez, 2000; Sanchez et al. 2011; Wichmann et al. 2012). La présence d'une barrière biogéographique se reflète au niveau de la composition d'espèces, leur abondance et leur taux d'endémisme (Briggs et al. 1995; Lancellotti & Vasquez 2000; Spalding, 2007, voir references in there). Selon Lancellotti & Vasquez (2000), la zone autour de 48°S représenterait la limite sud de la zone de transition entre écosystèmes subantarctiques et écosystèmes d'eaux froides/tempérées.

Suivant cette définition, l'archipel de Madre de Dios (MdD) situé entre 50°00'–50°30'S et 74°45'–75°30'W (Drapela & Larrain, 2020) appartient à la zone des écosystèmes subantarctiques et représenterait à la fois un potentiel lieu d'émission pour les espèces qui dérivent avec les eaux profondes subantarctiques, et un possible lieu de réception pour les espèces qui vivent dans la partie Nord de la Patagonie, au dessus de 46°S (Lancellotti et Vasquez, 2000). Ceci est vérifié notamment pour *D.antartica* dont la présence au sud de 46°S s'expliquerait par une recolonisation post-glaciaire grâce à ses capacités de raftings (Fraser 2010).

Toutefois, la majeure partie des algues ne possèdent pas de capacité de rafting et ont des possibilités de dispersion limitées (Santelices, 1990), en particulier les algues rouges pour lesquelles la phase sexuée ne possède pas de flagelle (au contraire des algues brunes et algues vertes, Santelices, 1990). L'étude de la flore sous-marine à MdD en particulier les algues rouges associées aux forêts de kelps permettrait de déterminer les affinités biogéographiques avec la zone subantarctique et d'approfondir les connaissances sur leur histoire évolutive dans un contexte vierge de toutes activités humaines.

Objectifs :

MdD a été fortement impacté par le LGM. De part sa difficulté d'accès, l'archipel reste très peu échantillonné pour la partie marine, alors qu'il représente une potentielle "stepping zone" pour plusieurs espèces ayant des capacités de rafting comme les kelps *D.antarctica* et *M.pyrifera* (Fraser et al., 2010 ; Macaya & Zuccarello, 2010), et une possible zone de transition pour des espèces ayant des affinités avec l'écosystème subantarctique (Fernandez et al., 2000). Plusieurs questions surgissent de ces différents constats : Comment expliquer la présence d'un écosystème marin si diversifié dans un environnement si fortement impacté par le LGM ? Quelles sont les affinités biogéographiques de la flore sous-marine qui supporte cet écosystème? Le processus de recolonisation post-glaciaire comme mentionné pour *D.antarctica* est-il un phénomène courant chez les algues vivant dans cette zone? Et finalement :

La diversité des algues associées aux forêts de kelps a MdD reflète-t-elle l'existence d'une zone de transition entre écosystèmes subantarctiques et écosystèmes d'eaux froides/tempérées?

Les outils moléculaires ont prouvé leur efficacité pour identifier de nouvelles zones biogéographiques basées sur l'analyse de la diversité génétique chez les macroalgues (Tellier et al., 2009 ; Neiva et al 2016), suggérant des patrons de biorégionalisation différents des invertébrés (Gonzalez-Wevar et al., 2010, Linse et al., 2006), notamment dans des zones peu échantillonnées comme l'Antarctique (Dubrasquet et al., 2018). Mis à part une étude sur le kelp antarctique (*cochayuyo*) *Durvillea antarctica* (Fraser et al. 2010) et la luga cuchara *Mazzaella laminarioides* (Montecinos et al., 2012), aucun travail n'a mis en avant l'existence potentielle d'une barrière biogéographique pour la flore sous-marine autour de MdD.

Dans l'optique de vérifier l'existence d'une barrière biogéographique pour des espèces à dispersion limitée comme le sont les algues non flottantes, un échantillonnage au nord et au sud de la latitude 48°S est nécessaire. L'expédition sur MdD permettrait de réaliser la première partie de l'échantillonnage au sud de cette limite, et de caractériser la flore sous-marine d'un point de vue de sa richesse spécifique (analyse qualitative), son abondance (analyse quantitative) et sa distribution.

Nous chercherons plus spécifiquement à :

- vérifier la présence de forêts sous-marines dans différents contextes écologiques prenant en compte l'hydrodynamisme (zone exposée/zone protégée) et la présence de glaciers (avant du glacier/sortie du glacier) compte tenu des connaissances apportées lors des précédentes expéditions;
- identifier les espèces présentes sous la canopée en menant une recherche exhaustive de morphotypes différents;
- déterminer l'abondance des espèces dominantes sous la canopée en utilisant la méthode de photo-cuadrat;
- documenter l'association d'espèces selon une zonation verticale (i.e gradient bathymétrique);
- recenser la présence de macroalgues à l'extérieur des forêts de kelps (ex lits de maerls)

L'enjeu lors de cette prochaine expédition sera d'apporter des informations sur la distribution spatiale et verticale en particulier des macroalgues rouges. En l'absence de guide d'identification spécifique pour la zone, l'effort sera mis sur la collecte de spécimens de morphotypes différents pour réaliser à posteriori une identification plus précise grâce aux outils moléculaires. La création d'une banque de données génétiques pour les macroalgues de MdD consolidera les connaissances pour la zone et permettra d'appuyer de futurs travaux de recherche.

Méthodes :

Terrain : Prélèvements spécimens en zone d'estran (si existe?) et en plongée pour montage en herbier et analyses moléculaires (à voir avec le labo pour financement). En plongée : prospection selon gradient bathymétrique (0-15m; 15-30m), selon plusieurs transects espacés d'au moins 200m, au moins 3 pour chaque zone de collecte (zones à définir en fonction des mouvements de l'expédition). Idéalement prospection zone exposée (proche des forêts de *D. antarctica*) vers le Pacifique et zone protégée (forêts

sous-marine *Macrocystis pyrifera*). Recherche exhaustive de morphotypes différents, en privilégiant les espèces associées aux forêts de kelps (algues rouges filamenteuses notamment).

Matériel :

Collecte en plongée : filet à main - position GPS - prise de photo comme référentiel de terrain

Identification Spécimen : Flore et Guide de Terrain (personnel) - Microscope et Loupe Binoculaire

Herbier : Planches à Herbier - Poches Ziploc - SilicaGel - Tissu absorbant - Pincettes - Pinceau - Règle de Mesure

Collaboration : Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias Ambientales e Evolutivas

Références :

- Betti, F., Bavestrello, G., Bo M., Enrichetti, F., Loi, A., Wanderlingh, A., Pérez-Santos, I., Daneri, G. 2017. Benthic biodiversity and ecological gradients in the Seno Magdalena (Puyuhuapi Fjord, Chile). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 198, 269-278.
- Briggs. 1995. *Global Biogeography*. Elsevier Science B.V Amsterdam. 452pp.
- Camus PA. 2001. Biogeografía marina de Chile continental. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74: 587–617.
- Drapela P & Larrain J, 2020. The bryophytes of Madre de Dios Archipelago, Magallanes Region, Chile. *Phytotaxa* 428 (1): 007–029.
- Fernandez, M., Jaramillo, E., Marquet, P.A., Moreno, C.A., Navarrete, S.A., Ojeda, F.P., Valdovinos, C.R., Vasquez, J.A., 2000. Diversity, dynamics and biogeography of Chilean benthic nearshore ecosystems: an overview and guidelines for conservation. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 73, 1-35.
- Försterra, G., Beuck, L., Häussermann, V., Freiwald, A., 2005. Shallow-water *Desmophyllum dianthus* (Scleractinia) from Chile: characteristics of the biocoenoses, the bioeroding community, heterotrophic interactions and (paleo)-bathymetric implications. In: *Cold-water Corals and Ecosystems*. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 937e–977.
- Fraser, Cl., Thiel, M., Spencer, HG., Waters, JM. 2010. Contemporary habitat discontinuity and historic glacial ice drive genetic divergence in Chilean kelp. *BMC Evol Biol* 2010(10):203
- Fraser, C.I., Morrison, A.K., Hogg, A.M., Macaya, E.C., van Sebille, E., Ryan, P.G., Padovan, A., Jack, C., Valdivia, N., Waters, J.M., 2018. Antarctica's ecological isolation will be broken by storm-driven dispersal and warming. *Nat. Clim. Change* 8, 704–708.
- Gonzalez-Wevar C.A, Nakano T., Cañete J.I & Poulin E. 2010. Molecular phylogeny and historical biogeography of *Nacella* (Patellogastropoda: Nacellidae) in the Southern Ocean. *Mol. Phylog. Evol.* 56(1): 115-124.
- Häussermann, V., 2006. Biodiversity of Chilean sea anemones (Cnidaria: Anthozoa): distribution patterns and zoogeographic implications, including new records for the fjord region. *Investig. Mar.* 34, 23e35.
- Häussermann, V & Försterra, G (eds) (2009) *Fauna marina bentónica de la Patagonia chilena*. Nature in Focus, Santiago, p 1000.
- Hinojosa, I.A., Rivadeneira, M., Thiel, M., 2011. Temporal and spatial distribution of floating objects in coastal waters of central southern Chile and Patagonian fjords. *Cont Shelf Res* 31:172–186
- Iriarte, J.L., Gonzalez, H.E., Liu, K.K., Rivas, C., Valenzuela, C., 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5e43 S). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74, 471-480.
- Lancellotti, D.A & Vásquez, J.A. 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Rev Chil Hist Nat* 73:99–129.
- Linse, K., Griffiths, H.J., Barnes, D.K.A. & Clarke, A., 2006. Biodiversity and biogeography of Antarctic and sub-Antarctic mollusca. *Deep sea research Part II: Topical studies in Oceanography* 53: 985-1008.

- Macaya, E.C., Riosmena-Rodríguez, R., Melzer, R.R., Försterra., Häussermann, V. 2014. Rhodolith beds in the South-East Pacific. *Mar Biodiv* 45, 153–154.
- Macaya, E.C & Zuccarello, G. 2010. Genetic structure of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* along the southeastern Pacific. *Mar Ecol Prog Ser*, 420:103–112
- McCulloch, R. D., Bentley, M. J., Purves, R. S., Hulton, N. R. J., Sugden, D. E. and Clapperton, C. M. 2000. Climatic inferences from glacial and palaeoecological evidence at the last glacial termination, southern South America. *J. Quaternary Sci.*, Vol. 15, pp. 409–417.
- Montecinos, A., Broitman, BR., Faugeron, S., Haye, P.A., Tellier, F., Guillemin, M.L., 2012. Species replacement along a linear coastal habitat: phylogeography and speciation in the red alga *Mazzaella laminarioides* along the south east Pacific. *BMC Evol Biol* 12:17
- Montero, P., Daneri, G., Gonzalez, H.E., Iriarte, J.L., Tapia, F.J., Lizarraga, L., Sanchez, N., Pizarro, O., 2011. Seasonal variability of primary production in a fjord ecosystem of the Chilean Patagonia: implications for the transfer of carbon within pelagic food webs. *Cont. shelf Res.* 31, 202e215.
- Neiva J, Serrão E.A., Assis J., Pearson G.A., Coyer J.A., Olsen J.L., Hoarau G., Valero M. 2016. Climate Oscillations, Range Shifts and Phylogeographic Patterns of North Atlantic Fucaceae. In: Hu ZM., Fraser C. (eds) *Seaweed Phylogeography*. Springer, Dordrecht.
- Pantoja, S., Iriarte, J.L., Daneri, G., 2011. Oceanography of the Chilean Patagonia. *Cont. shelf Res.* 31, 149-153.
- Pickard, GL. 1973. Water structure in Chilean fjords In: Fraser R (eds) *Oceanography of the South Pacific*. New Zealand National Commission for UNESCO Wellington pp 95–104.
- Sanchez, N., 2011. Seasonal plankton variability in Chilean Patagonia Fjords: carbon flow through the pelagic food web of the Aysen Fjord and plankton dynamics in the Moraleda Channel basin. *Cont. Shelf Res.* 31, 225-243.
- Santelices B. 1990. Patterns of reproduction, dispersal and recruitment in seaweeds. *Oceanogr. Mar. Biol. Annual Rev.* 28, 177–276.
- Saunders, G.W., 2014. Long distance kelp rafting impacts seaweed biogeography in the Northeast Pacific: the kelp conveyor hypothesis. *J. Phycol.* 50, 968–974.
- Sievers, H., Silva, N., 2008. Water masses and circulation in austral Chilean channels and fjords. Progress in the oceanographic knowledge of Chilean interior waters, from Puerto Montt to Cape Horn. *Com. Ocean. Nacional-Pontificia Univ. Catol. Valparaíso, Valparaíso* 53-58.
- Sinniger, F. & Häussermann, V., 2009. Zoanthids (Cnidaria: Hexacorallia: Zoantharia) from shallow waters of the southern Chilean fjord region, with descriptions of a new genus and two new species. *Org. Divers. Evol.* 9, 23-36.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X., et al. 2007. Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience* 57, 573–583.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D., Erlandson, J.M., Estes, J.A, et al. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environ Conser.* 2002; 29(4):436-459.
- Tellier, F., Meynard, A., Correa, J., Faugeron, S., Valero, M. 2009. Phylogeographic analyses of the 30S south-east Pacific biogeographic transition zone establish the occurrence of a sharp genetic discontinuity in the kelp *Lessonia nigrescens*: Vicariance or parapatry?. *Mol. Phylogenet. Evol.* 53 (3), 689-693.
- Wichmann, C., Hinojosa, I.A. & Thiel, M. 2012. Floating kelps in Patagonian Fjords: an important vehicle for rafting invertebrates and its relevance for biogeography. *Mar Biol* 159, 2035–2049.