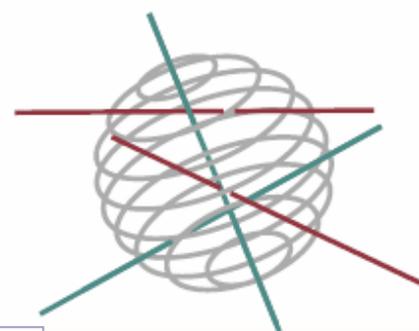


# SSD

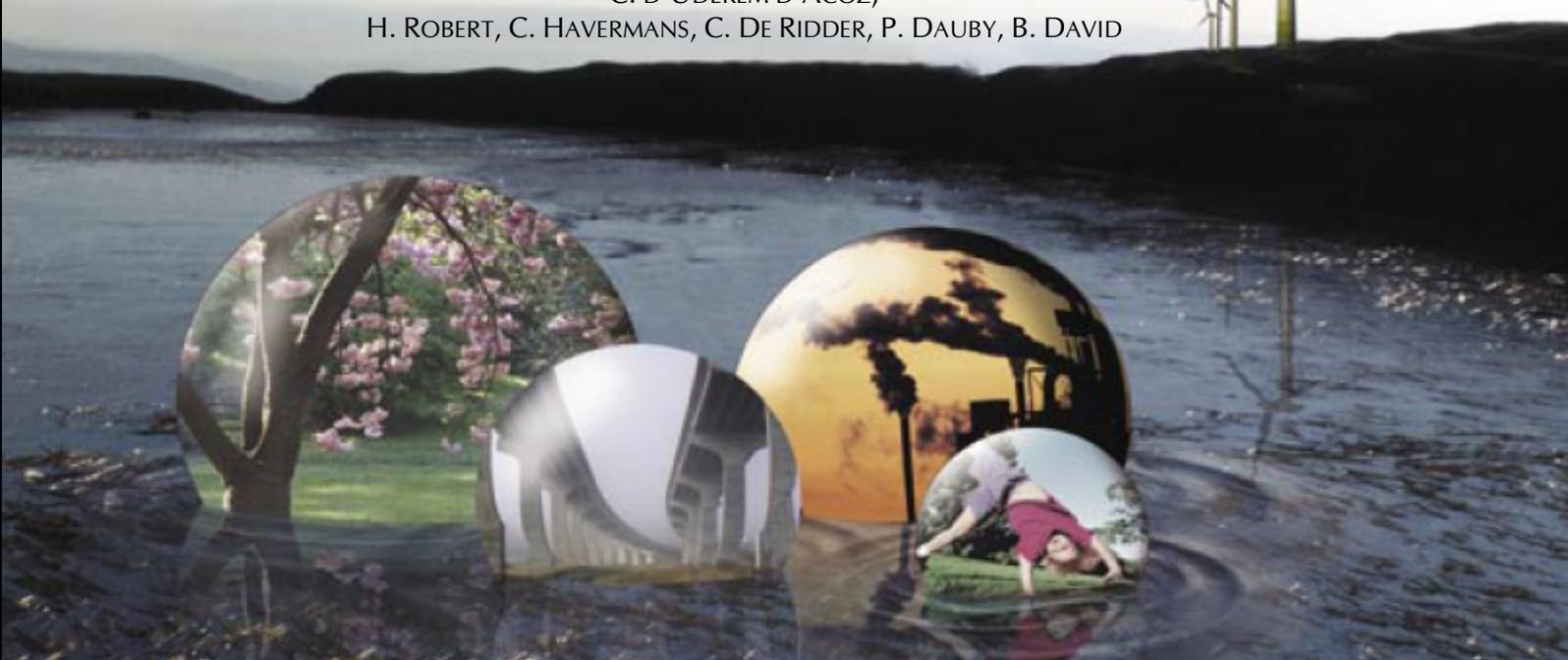
SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



**BIODIVERSITÉ DE TROIS GROUPES REPRÉSENTATIFS DU ZOOBENTHOS  
ANTARCTIQUE - RÉPONSE AU CHANGEMENT**

**BIANZO II**

M. RAES, A. VANREUSEL, C. DE BROYER, P. MARTIN,  
C. D'UDEKEM D'ACQZ,  
H. ROBERT, C. HAVERMANS, C. DE RIDDER, P. DAUBY, B. DAVID



ENERGY 

TRANSPORT AND MOBILITY 

AGRO-FOOD 

HEALTH AND ENVIRONMENT 

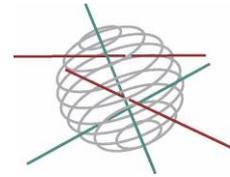
CLIMATE 

BIODIVERSITY   

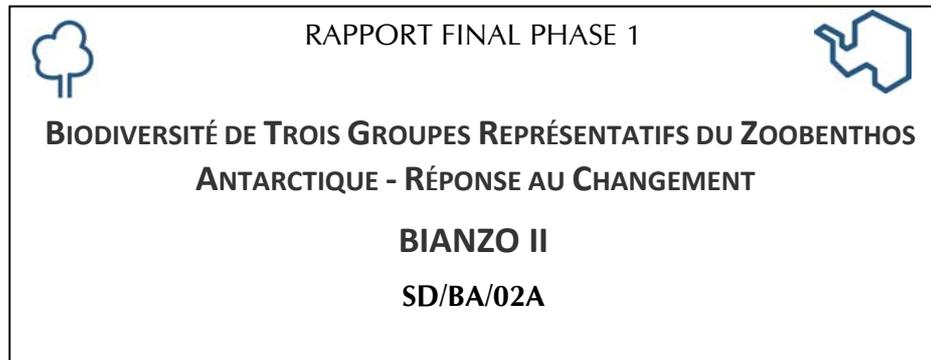
ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS   

TRANSVERSAL ACTIONS 

SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
(SSD)



***Antarctique Biodiversité***



**Promoteurs**

**Ann Vanreusel**

Universiteit Gent (UGent)

**Claude De Broyer & Patrick Martin**

Institut Royal des sciences naturelles de Belgique (IRSNB)

**Chantal De Ridder**

Université Libre de Bruxelles (ULB)

**Patrick Dauby**

Université de Liège (ULg)

**Bruno David**

Université de Bourgogne (uB)

**Auteurs**

**Dr. Maarten Raes, Prof. Dr. Ann Vanreusel, Msc. Francesca Pasotti**

Universiteit Gent (UGent)

**Dr. Claude De Broyer, Dr. Patrick Martin, Dr. Cédric d'Udekem**

**d'Acoz, Msc. Henri Robert, Msc. Charlotte Havermans**

Institut Royal des sciences naturelles de Belgique (IRSNB)

**Prof. Dr. Chantal De Ridder, Dr. Philippe Dubois**

Université Libre de Bruxelles (ULB)

**Prof. Dr. Patrick Dauby**

Université de Liège (ULg)

**Dr. Bruno David**

Université de Bourgogne (uB)



BELGIAN SCIENCE POLICY



Rue de la Science 8  
Wetenschapsstraat 8  
B-1000 Brussels  
Belgium  
Tel: + 32 (0)2 238 34 11 – Fax: + 32 (0)2 230 59 12  
<http://www.belspo.be>

Contact person: Maaïke Vancauwenberghe  
+ 32 (0)2 238 36 78

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference :

Raes, M., Vanreusel, A., De Broyer, C., Martin, P., d' Udekem d'Acoz, C., Robert, H., Havermans, C., De Ridder, C., Dauby, P., David, B. **BIANZO II: Biodiversité de trois groupes représentatifs du zoobenthos antarctique - réponse au changement** - Rapport Final Phase 1. Résumé. Bruxelles : Politique scientifique 2009 – 7 p. (Programme de recherche « La science pour un Développement Durable »)

Les régions polaires sont affectées par le changement climatique beaucoup plus que n'importe quelle autre région du monde. En particulier, la Péninsule antarctique est l'une des régions qui se réchauffent le plus vite sur terre. La faune antarctique est connue pour être, en général, sténotherme et vulnérable aux augmentations de température, et, par conséquent, pourrait être particulièrement sensible au changement environnemental lié au réchauffement. Le réchauffement climatique global a aussi des effets secondaires sur l'environnement et ses habitants, tels que la désintégration de plates-formes glaciaires à grande échelle, des changements dans la disponibilité en nourriture, tant en quantité qu'en qualité (basculement de régime alimentaire), l'acidification des océans, ou la fonte accrue des glaciers (provoquant une diminution de la salinité et une augmentation de la sédimentation)... La complexité de ces effets, des réponses et des interactions, ne peut se comprendre qu'en accroissant notre connaissance de la biologie de nos groupes cibles, dans le cas présent le zoobenthos antarctique. Il est crucial d'obtenir une information de base détaillée de la biodiversité antarctique marine, qui servira de point de référence par rapport auquel le changement futur pourra être évalué de façon sérieuse. Il est aussi impératif de mieux comprendre le rôle écologique de la biodiversité dans le fonctionnement de l'écosystème de l'Océan Austral et d'établir comment ses caractéristiques structurelles et fonctionnelles peuvent être affectées par le changement climatique. Ces aspects sont abordés dans le projet BIANZO II, en se focalisant sur trois classes de taille du zoobenthos, à savoir les Nématodes (méiobenthos), les Amphipodes (macrobenthos) et les Echinoïdes (mégabenthos).

Le projet s'articule autour de trois lots de travaux complémentaires : NOWBIO, DYNABIO et FOREBIO. NOWBIO traite de la caractérisation de la biodiversité benthique antarctique et de sa distribution le long de gradients bathymétriques et géographiques, ainsi que de l'explication des processus sous-jacents. Une attention spéciale est accordée à la spéciation cryptique et à l'ectosymbiose. Le lot de travaux DYNABIO se concentre sur le rôle éco-fonctionnel de la biodiversité benthique et de la capacité du benthos à faire face au changement. Ceci inclut l'étude de la dynamique trophique et des aspects métaboliques de la faune étudiée, ainsi que l'impact du changement liée à la température (impact direct de la température, modifications dans la disponibilité et la composition de la nourriture, acidification de l'eau de mer) sur les aspects fonctionnels et structurels des communautés benthiques. Les données récoltées au cours des projets précédents et dans les deux premiers lots de travaux sont ensuite utilisés pour développer un modèle traitant des changements possibles dans les communautés benthiques, dus au changement environnemental global (FOREBIO).

Durant la phase 1 du projet, notre recherche s'est concentrée sur la biogéographie et la phylogéographie, la position trophique des trois groupes benthiques, leur faculté à faire face au réchauffement et à l'acidification de l'eau de mer, et leur réponse à la désintégration de grandes étendues de la plate-forme glaciaire.

Des échantillons ont été récoltés au cours de plusieurs expéditions dans la mer de Weddell et la mer de Scott : ANDEEP I, II, III ; ANDEEP-SYSTCO ; ANT-XXIII-8 et BENTART'06. Le méiobenthos a été échantillonné au moyen d'un carottier multiple (plateau et grands fonds) ou par plongée (littoral subtidal). La macro- et la mégafaune ont été prélevées en utilisant une diversité d'appareils d'échantillonnage, tels que des chaluts de type Agassiz et des dragues de type Rauschert. La caractérisation génétique des amphipodes a été faite sur la base de séquences d'ADN des gènes COI, 28S et 18S. La position trophique des groupes cibles a été étudiée par des analyses du contenu intestinal, des marqueurs biologiques (isotopes stables  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  ; acides gras), et par la caractérisation de la microflore intestinale. La faculté du benthos de faire face à l'augmentation de température, l'influence du stress trophique sur le bilan énergétique des amphipodes, et l'impact de l'acidification sur la croissance squelettique et le développement larvaire des échinoïdes, ont été étudiés au moyen d'expériences de laboratoire.

Le modèle SIG Forebio est en cours de construction. Le cadre, basé sur les données de latitude et de longitude, est déjà terminé (en avance sur le programme prévu), et les données relatives au

sédiment et à la profondeur sont déjà incluses. Les données sur les courants marins et les températures de surface et du fond océanique sont en train d'être ajoutées. Les données spécifiques aux échinoïdes ont aussi été déjà ajoutées, y compris l'information taxinomique, les coordonnées des échantillonnages, et les données complémentaires sur l'écologie des taxons. Cette dernière inclut le mode de vie, de nutrition, de reproduction et de symbiose.

Une étude approfondie de nouveaux spécimens du genre d'amphipode *Liljeborgia*, ainsi que de matériel de musée, a permis la description de 15 nouvelles espèces et une révision détaillée du genre. Un examen biogéographique de *Liljeborgia* suggère des échanges fauniques récents, en Antarctique, entre les espèces du plateau et des abysses, ainsi qu'un certain degré d'endémisme, avec certaines espèces limitées au haut Antarctique et d'autres aux régions subantarctiques. Des taux similaires d'endémisme ont été observés dans la famille des Phoxocephalidae. L'absence d'yeux chez les représentants antarctiques du groupe des *Liljeborgia georgiana* suggère l'origine de ce groupe sur le plateau continental de l'océan Austral et la perte d'yeux durant leur migration vers le nord, via les profondeurs abyssales. Alors que les spécimens de *Liljeborgia georgiana* d'une même localité partagent le même haplotype, les spécimens en provenance de stations distantes et de différentes profondeurs sont génétiquement suffisamment distincts pour que les spécimens des plus grandes profondeurs puissent être considérés comme des espèces nouvelles. Une révision en profondeur de la faune des amphipodes antarctiques a aussi permis la description de deux nouvelles familles : les Alicellidae fam. nov. et les Valettiopsidae fam. nov. Une étude moléculaire (COI) de spécimens représentatifs d'un groupe orchoménoïde, au sein de la super-famille des Lysianassoïdes, a permis d'isoler de nouvelles espèces, et de reconnaître les espèces *Orchomenella pinguides* et *O. cavimanus* comme des complexes d'espèces cryptiques, sympatriques. Ces découvertes ont des implications importantes sur la biogéographie et la biodiversité de la faune des amphipodes antarctiques.

Au niveau générique, la diversité des nématodes est comparable à celle de l'océan atlantique et de la mer Méditerranée, et plus élevée que dans l'océan Arctique. En ce qui concerne les amphipodes, la mer de Weddell, la péninsule antarctique (+ les îles Shetland du sud), la mer de Ross, la Géorgie du sud, les îles Kerguelen et l'île Bouvet sont identifiées comme des points chauds de biodiversité. Parmi les 900 espèces d'échinoïdes, 79 sont présentes au sud du front polaire antarctique. Dans l'océan Austral, plusieurs espèces de nématodes sont rares et nouvelles pour la science. Elles peuvent soit avoir une distribution très restreinte, soit être présentes dans une très large zone. Au niveau spécifique, les nématodes peuvent avoir un taux élevé d'endémisme en Antarctique, alors que des voies vers les latitudes moins élevées existent. Au sein des amphipodes gammaridéens et corophiidéens, les taux d'endémisme peuvent atteindre 79,8 % dans l'océan Austral. L'endémisme est particulièrement élevé au sein des échinoïdes antarctiques : 68 % des espèces sont endémiques à l'océan Austral. Plus de 80 % de tous les Cidaridés et Schizasteridés sont également endémiques. Les schémas de distribution du zoobenthos antarctique sont aussi influencés par la bathymétrie. Les genres de nématodes peuvent être présents dans des étendues de profondeurs plus élevées en Antarctique par comparaison aux autres parties du monde, et les schémas de distribution eurybathique peuvent être aussi communs dans ce groupe. On peut distinguer trois groupes au sein des espèces d'amphipodes antarctiques, liés à la bathymétrie : un groupe du plateau, un groupe sur le plateau profond et la partie supérieure du talus continental, et un groupe sur le talus profond et les abysses. Bien que plusieurs espèces semblent avoir une distribution bathymétrique étendue, des analyses moléculaires s'avèrent nécessaires pour examiner la possibilité d'une spéciation cryptique. Chez les échinoïdes, il y a plus de similarités entre le plateau et la partie supérieure du talus continental qu'entre le talus et les grands fonds.

Les mécanismes qui génèrent une grande diversité méiobenthique locale dans les grands fonds restent obscurs, bien qu'ils puissent être liés à la productivité primaire. Ceci est étudié en comparant les communautés d'une station localisée sur le front polaire et une station située plus au sud. Une

accumulation d'éléments suggère que les bactéries pourraient constituer une fraction importante de la nourriture ingérée par les nématodes. Une expérience d'enrichissement *ex situ*, avec le marqueur  $^{13}\text{C}$ , a été réalisée sur du matériel en provenance des grands fonds du mont sous-marin «Maud Rise». Les premiers résultats sont encore examinés, mais une expérience menée en parallèle dans l'océan Arctique a montré l'absence de prise de bactéries par les nématodes, ou de façon marginale.

Une autre expérience de nourrissage *ex situ* a été réalisée sur l'île King George, avec du matériel en provenance des bas-fonds de Potter Cove. L'expérience vise à identifier les préférences alimentaires des nématodes. Des bactéries et des diatomées marquées au  $^{13}\text{C}$  ont été ajoutées à des carottes de sédiment, dans des conditions contrôlées. Les échantillons sont en cours d'analyse mais un examen préliminaire de la composition de la communauté naturelle a montré des densités élevées du méiobenthos et des nématodes (6315 nématodes par  $10\text{ cm}^2$ , en moyenne), ainsi qu'un assemblage de nématodes dominés par *Aponema*, *Daptonema*, *Amphimonhystrella* et *Halalaimus*. Ceci pourrait être un indicateur de la présence de quantités élevées de nourriture organique.

Les effets directs de la température sur les communautés benthiques antarctiques ont été étudiées dans la même zone, au moyen d'expériences de respiration du benthos, en laboratoire, avec des carottes scellées de sédiment et d'eau, incubées à  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $2\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $4\text{ }^\circ\text{C}$  et  $6\text{ }^\circ\text{C}$ . Il y a une baisse importante de la concentration en oxygène pour toutes les carottes de sédiment traitées, bien que le taux de diminution devienne plus élevé avec l'augmentation de la température. La phase « anoxique » est atteinte après 7 jours pour les carottes traitées à  $6\text{ }^\circ\text{C}$ , alors que celles traitées à  $0\text{ }^\circ\text{C}$  n'ont toujours pas atteint cette phase après 14 jours. D'autre part, la respiration benthique a été plus élevée dans les carottes enrichies en nourriture, et la diminution de la concentration en oxygène s'est produite beaucoup plus rapidement dans ces carottes.

La composition des Pécaricides en acides gras, centrée sur les amphipodes, a montré des différences nettes entre les espèces pélagiques qui sont carnivores ou omnivores, se nourrissant essentiellement de flagellés, et les charognards, caractérisés par une biosynthèse intense *de novo*. Chez les charognards antarctiques, la vitesse d'ajustement du ratio isotopique stable dans les tissus corporels, en réaction à de nouvelles sources de nourriture, est différente entre les espèces et dépend de leur mode de vie. L'expérience « Specific Dynamic Activity » (SDA), conçue pour obtenir une image détaillée de l'augmentation du métabolisme post-prandial, a rencontré de nombreux problèmes. Cependant, elle a montré que les charognards ont une grande capacité à faire face à de longues périodes de famine.

L'échinoïde *Sterechinus antarcticus*, en provenance de la péninsule antarctique, est un animal carnivore et dépositore, qui se nourrit essentiellement d'une multitude d'animaux et de sédiments. Au contraire, les Cidaridés antarctiques se nourrissent seulement d'hydrozoaires et de bryozoaires, et *Paracentrotus lividus*, espèce des régions tempérées, est soit un herbivore exclusif (en Méditerranée), soit un omnivore qui se nourrit de plantes, d'algues et d'animaux (Bretagne). *Sterechinus antarcticus* est manifestement une espèce généraliste, et pourrait donc être bien adaptée pour faire face aux modifications des ressources alimentaires, qui pourraient résulter du changement climatique global, alors que les Cidaridés sont probablement plus sensibles à ces modifications. L'analyse du contenu intestinal et des isotopes stables a montré que *Sterechinus antarcticus* ingère de grandes quantités de sédiment (et de matière organique qui y est associée). La plupart des bactéries trouvées dans l'intestin de cette espèce sont apparentées aux bactéries vivant dans les sédiments marins, et même aux groupes bactériens présents dans les sédiments des suintements froids. D'autres bactéries sont connues pour être associées à la glace marine, l'eau de mer ou les invertébrés marins. Pour conclure, la microflore intestinale de *S. antarcticus* n'est pas symbiotique ni spécifique mais consiste en bactéries (de passage) qui sont présentes dans son environnement et qui sont probablement associées au sédiment ingéré par l'échinoïde. Les Cidaridés sont caractérisés par une microflore intestinale pauvrement développée.

Le changement climatique global peut mener à l'effondrement de grandes plates-formes glaciaires. En 2002, 500 milliards de tonnes, ou l'équivalent de 3250 km<sup>2</sup> de glace, en provenance de la plate-forme Larsen B, se sont effondrées sur le côté est de la péninsule antarctique, et ceci en une période de temps d'environ un mois (31/01 – 07/03/2002). Quelques années auparavant, en 1995, la plate-forme de glace dans la région Larsen A s'était déjà désintégrée complètement. L'effondrement d'une plate-forme glaciaire provoque au début une perturbation accrue liée aux icebergs et peut avoir des effets nuisibles sur la productivité primaire de surface, mais plus tard, la région initialement recouverte par la glace s'ouvre, provoque une augmentation de la productivité primaire et offre à aux chercheurs l'opportunité d'y mener leur études. Cette zone a été étudiée entre le 11/01/2007 et le 22/01/2007. La méiofaune a été récoltée dans une station proche de l'ancienne bordure de la plate-forme de glace (B\_South), deux stations profondes à l'intérieur de la zone Larsen B (B\_North ; B\_West) et une station profonde à l'intérieur de la zone Larsen A (A\_South), à des profondeurs comprises entre 229 et 427 m. Les conditions sous la glace, avant effondrement, ne sont pas favorables parce que la nourriture est un facteur limitant, et la communauté méiobenthique en dessous des plates-formes glaciaires est clairement pauvre en abondance et en diversité, quoique certainement présente. La situation de la station B\_West est révélatrice de ces conditions avec des densités et une richesse en espèces faibles, ainsi qu'une forte dominance de *Halomonhystera*. Les densités du méiobenthos et des communautés de nématodes se sont avérées significativement différentes les unes des autres. Les densités de nématodes et du méiobenthos de la station B\_South étaient plus élevées seulement à la station B\_South, ou comparables aux densités observées sur les autres sites de l'océan austral. Les stations « intérieures » étaient toujours plus pauvres 5 ans après l'événement lié à l'effondrement de la plate-forme Larsen B, en 2002. Après que la barrière de glace se soit désintégrée, les densités ont augmenté seulement de façon lente, en réponse à une augmentation locale de la disponibilité en nourriture (floraisons du phytoplancton) et l'arrivée des premiers colonisateurs en provenance de la mer de Weddell toute proche. En extrapolant la vitesse de recolonisation, par les nématodes, des zones raclées par les icebergs, on a pu montrer qu'il faudrait plus de 1000 ans pour que la communauté de nématodes des zones profondes de l'enfoncement de Larsen retrouve totalement ses niveaux d'abondance. D'un autre côté, les premiers colonisateurs pourraient atteindre les stations à l'intérieur de Larsen dans un intervalle de 10 ans ou plus. Ces colonisateurs pourraient très vite saisir l'opportunité d'envahir rapidement ce nouvel espace. Le genre de nématode *Microlaimus*, dominant dans la station B\_South, est plutôt un genre important et habituellement (sous-) dominant en Antarctique et subantarctique, et est connu comme un opportuniste qui colonise rapidement et avec succès. Les stations intérieures B\_West, B\_North et A\_South n'étaient toujours pas colonisées par les nématodes en provenance de la mer de Weddell au moment de l'échantillonnage. Des différences dans le pool local de genres entre ces stations résultent probablement de changements dans les conditions locales de l'environnement. La forte ressemblance entre les stations B\_North et A\_South, bien que séparées physiquement par la falaise du glacier Drygalski, résulte probablement de la floraison récente de phytoplancton dans cette zone. D'un autre côté, la station B\_North se caractérise par une faible diversité, laquelle est attribuée à la forte dominance de nématodes et de *Thalassomonhystera* au sein de la communauté de nématodes.

L'ectosymbiose chez les échinoïdes cidaroïdes a une influence positive sur la biodiversité épibionte locale. Cependant, dans la zone Larsen, libérée récemment de sa couverture glaciaire, les communautés symbiotiques sur les cidaroïdes sont pauvres et ressemblent aux communautés épibionte trouvées sur les pierres dans la même zone. Ceci pourrait suggérer que la recolonisation de cette zone par les ectosymbiontes échinoïdes est toujours dans une première phase et que le climax communautaire n'a pas encore été atteint.

Les trois espèces d'échinoïdes rencontrées dans la zone Larsen ont une large distribution et sont des formes à développement indirect, non incubatrices, caractérisées par de grandes capacités de dispersion. Elles sont aussi des dépositivores qui se nourrissent à partir d'une grande diversité de

sources trophiques. De tels attributs sont typiques des colonisateurs rapides, et indiquent que ces espèces pourraient être pionnières dans la recolonisation de la zone initialement couverte par les glaces Larsen.

L'augmentation des émissions anthropogéniques de CO<sub>2</sub> a provoqué une diminution du pH à la surface des océans. Une expérience avec des faibles valeurs contrôlées de pH a été entreprise pour mesurer l'effet de l'acidification océanique sur les larves et les adultes d'oursins. A faible pH, plus de larves ont présenté une morphologie anormale et une taille réduite. Chez les oursins adultes, le pH interne a décliné de manière significative avec la diminution du pH externe de l'eau de mer. Ceci indique que les oursins ont un faible mécanisme de compensation acide-base. Chez l'espèce subantarctique *Arbacia dufresneii*, aucun mécanisme de dissolution du squelette ne se met en place pour compenser l'acidification du fluide coelomique. Aucune différence significative n'a été observée entre la vitesse de régénération des épines et la diminution du pH, et nous faisons l'hypothèse que la calcification de l'endosquelette des oursins adultes n'est pas affectée, à moyen terme, par une exposition à de faibles valeurs de pH. Chez l'espèce cidaroïde antarctique *Phyllacanthus imperialis*, un certain taux de corrosion a été observé, lequel était plus élevé pour les jeunes épines, pour de faibles valeurs de pH, suggérant que ces structures, caractérisées par une couverture épithéliale, sont plus fragiles que les épines nues, matures.

Le projet BIANZO II a atteint la plupart de ses objectifs avec succès. Le travail futur, au cours de la phase 2 du projet, inclut un effort accru d'intégration des résultats des différentes institutions partenaires, et la construction et l'utilisation du modèle SIG Forebio. L'intégration sera atteinte par un effort collaboratif pour synthétiser les effets du changement climatique global sur le zoobenthos antarctique, lequel donnera lieu à un article de synthèse commun sur ce sujet.

Notre recherche a montré que le changement climatique global a clairement des conséquences sur le zoobenthos antarctique, que ce soit par le réchauffement en soi ou par les modifications liées au réchauffement. Bien que certains de ces effets, tels que l'effondrement de larges pans de plates-formes glaciaires, ne sont pas considérés comme complètement préjudiciables pour la faune benthique, d'autres effets, tel que l'acidification océanique, se sont avérés avoir un impact négatif sur le développement des organismes benthiques, dans ce cas-ci les échinoïdes. Le travail réalisé au sein du projet BIANZO II a aussi montré la complexité des interactions profondes entre les organismes et leur environnement, et la vulnérabilité de nombreux taxons benthiques antarctiques au changement environnemental. BIANZO II fournit aux décideurs politiques des arguments supplémentaires pour, d'une part, illustrer la menace aiguë du changement climatique et pour, d'autre part, promouvoir des alternatives à la fourniture actuelle de l'énergie soucieuses de l'environnement.