

**The Expedition "AWI"  
of RV "L'Atalante" in 2001**

**L'expédition "AWI" sur  
NO "L'Atalante" en 2001**

---

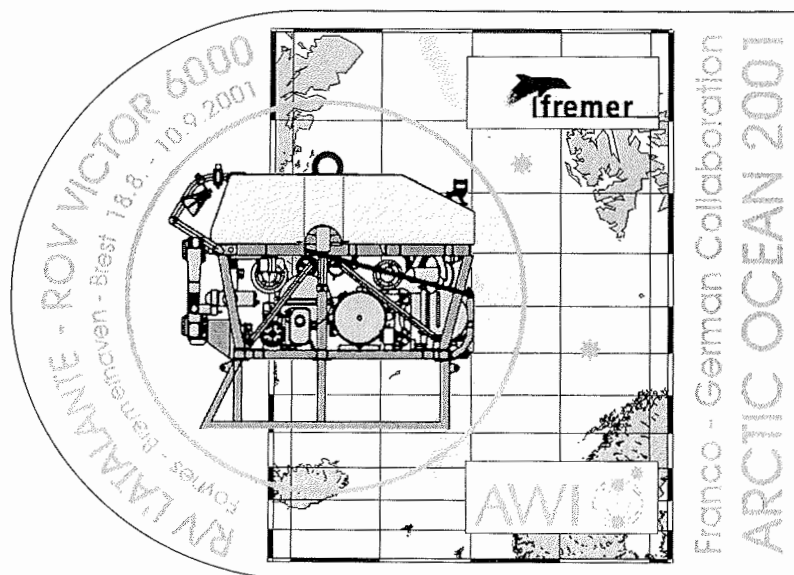
**Edited by Michael Klages, Benoit Mesnil, Thomas Soltwedel  
and Alain Christophe with contributions of the participants**

**Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 422 (2002)  
ISSN 1618 - 3193**

# Shipboard Scientific Party of the RV "L'Atalante" Expedition 2001



**First row** (left to right): Ludmilla Baumann, Verena Trenkel, Michael Klages, Thomas Soitwedel.  
**Second row** (left to right): Jutta Wollenburg, Elisabeth Helmke, Thierry Nadalig, Antje Boetius, Benoit Mesnil, Florian Nowotny, Jan Wegner, Kay Vopel, Nadia Queric, Thomas Wittling, Michael Schlüter, Eberhard Sauter.



## Content

1.	Summary and itinerary.....	2
	Résumé et itinéraire .....	2
2.	The Remotely Operated Vehicle (ROV) "VICTOR 6000": description of the system and technical report about the missions .....	7
	Le véhicule téléopéré (ROV) "VICTOR 6000": description du système et compte-rendu technique des opérations.....	7
3.	Scientific programmes .....	11
3.1	The "Hausgarten" area – a long-term deep sea station in the Arctic Ocean .....	11
	La "Hausgarten" - observatoire à long terme de l'océan profond Arctique.....	11
3.1.1	Effects of micro-scale environmental heterogeneity on small sediment-inhabiting organisms .....	11
	Effets de l'hétérogénéité environnementale à micro-échelle sur les petits organismes du sédiment .....	11
3.1.2	Deep-sea fish ecology : species abundance and feeding behaviour .....	21
	Ecologie des poissons profonds : abondance et comportement alimentaire.....	21
3.1.3	Deep-sea microbiology .....	24
	Microbiologie des grands fonds.....	24
3.1.4	Recent benthic foraminifera of the "Hausgarten" area .....	27
	Foraminifères benthiques récents de la zone "Hausgarten".....	27
3.1.5	Geochemistry of deep sea sediments and the bottom water .....	29
	Géochimie des sédiments profonds et des eaux de fond.....	29
3.2	The Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) .....	34
	Volcan de boue Håkon Mosby (VBHM).....	34
3.2.1	Video observation of the Håkon Mosby Mud Volcano terrain .....	34
	Observations vidéo sur le site du volcan de boue Håkon Mosby .....	34
3.2.2	Microbial methane turnover in sediments and bottom waters of the Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) .....	37
	Oxydation microbienne du méthane dans les sédiments et les eaux de fond du volcan de boue Håkon Mosby (VBHM).....	37
3.2.3	Geochemistry of Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) bottom water and sediments.....	47
	Géochimie de l'eau de fond et des sédiments sur le volcan de boue Håkon Mosby (VBHM).....	47
3.2.4	Faunal composition of recent benthic foraminifera and ostracoda, oxygen and carbon isotopes of benthic foraminifera and the water column, organic carbon and biomarker composition at the Håkon Mosby Mud Volcano .....	54
	Composition faunique en foraminifères et ostracodes benthiques récents, isotopes de l'oxygène et du carbone dans les foraminifères benthiques et dans la colonne d'eau, carbone organique et composition des biomarqueurs près du volcan de boue Håkon Mosby .....	54
3.2.5	Lander deployments at the Håkon Mosby Mud Volcano .....	57
	Déploiement de modules autonomes sur le volcan de boue Håkon Mosby .....	57
4.	Participating institutes/companies .....	60
5.	List of participants.....	60
6.	Ships crew.....	62
7.	Station list .....	63

## 1. Summary and itinerary

### Résumé et itinéraire

Klages, M., Mesnil, B., Soltwedel, T., Christophe, A.

On the 17<sup>th</sup> of August 2001 a team of sixteen scientists, engineers and technicians from Germany, France and the United States embarked onboard the French RV "L'Atalante" in the harbour of Foynes at the southwest coast of Ireland. In the morning of the 18<sup>th</sup> the vessel left Foynes with a northern course heading to the first site of scientific interest. This location west of Svålbard at 79° N and 04° E was investigated in detail during the previous two years and serves as a long-term deep sea station at high northern latitudes for the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) and co-operating partners. This study area is internally called "AWI-Hausgarten". In 1999 the area was first investigated using the French Remotely Operated Vehicle (ROV) "VICTOR 6000" onboard the German icebreaker RV "Polarstern". Long-term experiments had been started during that campaign and it was one intention of the cruise with the RV "L'Atalante" in 2001 to revisit this location to control, sample or terminate the experiments. Therefore, the "VICTOR 6000" (Fig. 1-1) and a group of ten engineers and ROV pilots were also onboard the "L'Atalante".

During transit all scientists were introduced by the pilots into the ROV system and into the facilities of the control room. In return, the ROV team were introduced into the scientific objectives of the expedition and the instruments to be used with "VICTOR 6000" during planned missions. Favoured by fairly good weather conditions throughout the cruise "L'Atalante" arrived at the long term station in the morning of the 23<sup>rd</sup> of August, after about 1200 nautical miles of transit. A few miles south of the station the "L'Atalante" entered a slowly moving field of ice floes. Ice cover of about 4/10 did not allow the deployment of the ROV (Fig. 1-2). While waiting for updated ice charts the Multicorer

Le 17 Août 2001, une équipe de seize chercheurs, ingénieurs et techniciens originaires d'Allemagne, de France et des Etats-Unis a embarqué sur le N/O français "L'Atalante" dans le port de Foynes, au sud-ouest de l'Irlande. Le matin du 18, le navire a quitté Foynes et fait route au Nord vers la première zone d'étude. Située par 79° N et 04° E à l'Ouest du Svålbard, cette zone a été adoptée par l'Institut Alfred Wegener de Recherches Polaires et Marines (AWI) et ses partenaires comme observatoire à long terme de l'océan profond dans les hautes latitudes boréales, d'où son surnom en interne de "AWI-Hausgarten". Etudié en détail au cours des deux années précédentes, le site avait notamment fait l'objet en 1999 d'une première exploration à l'aide du ROV français "VICTOR 6000" embarqué sur le N/O brise-glace allemand "Polarstern". Des expériences à long terme avaient été mises en place à cette occasion et un des objectifs de la campagne 2001 avec "L'Atalante" était de retourner sur ce site pour vérifier ou terminer ces expériences. C'est pourquoi le "VICTOR 6000" (Fig. 1-1) et les dix ingénieurs et pilotes qui le servent étaient également à bord de "L'Atalante".

Pendant le transit, les pilotes ont présenté à l'équipe scientifique tout le système du ROV et les équipements du poste de commande. De même, les scientifiques ont présenté à l'équipage les objectifs de la mission et les instruments à mettre en œuvre avec "VICTOR 6000" aux différentes stations prévues. Grâce à de bonnes conditions météo pendant le trajet, "L'Atalante" a pu arriver près de la station dans la matinée du 23 août, après environ 1200 milles de route. A quelques milles au Sud de la station, "L'Atalante" a rencontré un champ de glaces dérivantes. La densité de glace (environ 4/10) empêchait le déploiement du ROV (Fig. 1-2). En attendant de recevoir des cartes de glaces

(MUC) was used instead. The ice chart indicated that the ice cover extended further to the north than expected so the area investigated this year had to be located a few miles south of the central long-term station.

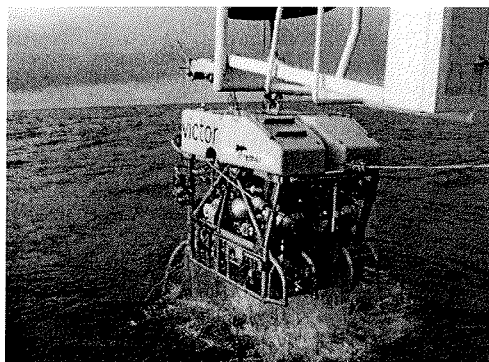


Figure 1-1: The ROV "VICTOR 6000" after recovery

In the early evening of the 23<sup>rd</sup> of August the ROV was deployed for its first mission during the expedition. Soon before the ascenseur, a kind of shuttle allowing either transport of instruments to the seafloor or samples and instruments being taken back to the surface, was deployed. The first dive was successfully completed after more than 25 hours. After recovery of the ascenseur "VICTOR 6000" was back onboard late at night of the 24<sup>th</sup> of August. Recently developed instruments such as an autonomous microprofiler and a current metre deployed at the seafloor by using the manipulator arms of the ROV worked nearly perfect.

After each recovery of the ROV a number of maintenance procedures are necessary. This time was used for processing the samples obtained by "VICTOR 6000" and by single CTD, MUC and horizontal water sampler missions. In the evening of the 25<sup>th</sup> of August the ROV was deployed for the second dive in the southern part of the "AWI-Hausgarten" area. During this dive sediment samples were taken, a number of artificial structures which mimic round shaped sponges were anchored into the sediment and video transects were

à jour, une station a été réalisée avec le carottier multi-tube (MUC). Les cartes de glaces montrant que le champ de glace restait très dense plus au Nord, la zone d'étude a du être déplacée à quelques milles au Sud de l'observatoire à long terme.

Tôt dans la matinée du 23 août, le ROV a effectué sa première plongée. Auparavant, l'ascenseur (un système de navette autonome permettant de descendre des instruments au fond et de les remonter en même temps que les échantillons) avait été mouillé. Cette première plongée s'est terminée avec succès au bout de 25 heures. Après récupération de l'ascenseur, "VICTOR 6000" a été remis à bord tard dans la nuit du 24 août. Les nouveaux instruments mis au point par l'équipe scientifique, comme le micro-profileur autonome et le courantomètre à fanions, et mis en œuvre au fond à l'aide des bras manipulateurs du ROV ont fonctionné à la perfection.

Après chaque retour à bord du ROV, celui-ci doit subir de nombreuses opérations de maintenance. Ce temps était mis à profit pour traiter les échantillons ramenés par "VICTOR 6000" et pour des stations avec la bathysonde, le carottier multi-tube ou l'échantillonneur d'eau à collecteurs horizontaux. Dans la soirée du 25 août, le ROV a été mis à l'eau pour sa seconde plongée au Sud du site "AWI-Hausgarten". Au cours de cette plongée, des échantillons de sédiment ont été prélevés, des structures artificielles imitant les éponges sphériques ont été plantées au fond, et des radiales ont été parcourues selon des trajectoires prédéfinies pour estimer l'abondance des poissons. Après récupération du ROV dans l'après-midi du 26 août, le système d'incubation autonome "Orpheus" a été envoyé au fond pour test.

Dans la soirée du 26, "L'Atalante" a quitté le site "AWI-Hausgarten" et fait route à l'Est pour rejoindre le N/O norvégien RV "Lance" qui avait récupéré un engin largué par le "Polarstern" quelques semaines auparavant dans le détroit de Fram. Tôt dans la matinée du 27 août, le "Lance" a été aperçu sur fond du magnifique paysage du Svålbard. Après

carried out to estimate demersal fish abundances along predefined transects. The ROV was recovered in the afternoon of the 26<sup>th</sup> of August followed by a test of the autonomous incubation chamber system "Orpheus".

Saturday evening the RV "L'Atalante" left the "AWI-Hausgarten" area and steamed eastward to meet the Norwegian RV "Lance". This rendezvous was arranged because "Lance" had a system of us onboard which was deployed several weeks before by "Polarstern" in the Fram Strait. In the early morning of the 27<sup>th</sup> of August "Lance" was sighted in front of the beautifully illuminated landscape of Svålbard. After transfer of the scientific instrument "L'Atalante" took a southern course heading to the second area of investigation.

This site, the Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) at about 72° N and 14° E north-west off Norway was reached in the afternoon of the 28<sup>th</sup> of August. After a multibeam survey of the area the CTD together with a water sampler was used. Soon after processing the multibeam data and the CTD back onboard, the ascenseur and the ROV were deployed. At the seafloor a detailed video mapping of the centre of the mud volcano took place. The identification of different areas (characterised by differences in either bacterial mat abundance, tubeworm abundance or the absence of them) within the centre of the HMMV led to the decision of first sediment and water sample locations. Because of technical problems with the ROV the dive was interrupted soon after completing the sediment sampling. Leaving the ascenseur at the seafloor the "VICTOR 6000" system was recovered and the whole system carefully checked and repaired. In the meantime several MUC and horizontal water samples were taken at specific locations identified before by our ROV video survey. On the 30<sup>th</sup> of August the next dive with the ROV started early in the morning. However, after taking some water and sediment samples another technical problem constrained us to stop the dive. To further complete the sampling along defined transects across the HMMV another

transfert de l'instrument scientifique, "L'Atalante" a fait route au Sud vers le second site d'étude.



Figure 1-2 : RV "L'Atalante" at 23<sup>rd</sup> of August 2001 in the ice

Ce site, le volcan de boue Håkon Mosby (VBHM) par environ 72° N et 14° E au nord-ouest de la Norvège, fut atteint dans l'après-midi du 28 août. Après une reconnaissance de la zone avec le sondeur multi-faisceaux, une station hydro avec bathysonde et bouteilles à renversement a été réalisée. Ensuite, l'ascenseur et le ROV ont été mis à l'eau. Une série de radiales vidéo a permis d'observer la topographie des fonds au centre du volcan de boue et de localiser différents faciès (caractérisés par l'abondance relative de tapis bactériens ou de vers tubicoles) à échantillonner. A cause de problèmes techniques sur le ROV, cette plongée a dû être interrompue peu après que la première série de carottages de sédiments ait été réalisée. L'ascenseur a été laissé au fond et "VICTOR 6000" remonté pour réparation et contrôle approfondi. Pendant ce temps, plusieurs stations avec le carottier multi-tube et l'échantillonneur d'eau ont été réalisées sur des sites précis identifiés lors des radiales vidéo. La plongée suivante a démarré tôt dans la matinée du 30 août mais un autre problème technique a contraint à l'interrompre après prélèvement de quelques échantillons d'eau et de sédiment. Pour compléter les échantillons au long du diamètre du VBHM, une autre station au carottier multi-tube a été

MUC sample was taken, followed by two CTD and one horizontal water sampler deployments.

Additionally, the "Orpheus" system and another free falling lander system were deployed for short term measurements with pre-programmed autonomous instruments. After successful deployment the final dive of the ROV started and lasted for about 31 hours. All remaining experiments and samples planned for our investigations at the HMMV were carried out during this dive. After retrieval of "Orpheus", ROV and the ascenseur some final measurements were made with the microprofiler, and samples taken with the horizontal water sampler and the MUC.

RV "L'Atalante" left the HMMV area in the early evening of the 1<sup>st</sup> of September. On the way to her homeport in Brest the "L'Atalante" had a stopover in Bremerhaven for an open ship event and a press conference onboard. Among delegates from various German funding agencies, research institutes, companies and politicians the French Ambassador in Germany, H.E. C. Martin attended the presentation of scientific results of the joint Franco-German co-operation. In the afternoon of the 7<sup>th</sup> of September "L'Atalante" left Bremerhaven and arrived in Brest on the 10<sup>th</sup> of September where the cruise officially ended (see Fig. 1-3; cruise map).

réalisée, suivie de prélèvements d'eau avec la bathysonde et avec les collecteurs horizontaux.

En outre, le système "Orpheus" et un autre engin autonome ont été mouillés pour des expériences de courte durée avec des appareils pré-programmés. Une fois le ROV réparé, il a été mis à l'eau pour la dernière plongée qui a duré près de 31 heures. Tout le reste des expériences et des échantillonnages prévus pour cette étude du VBHM a pu être mené à bien au cours de cette plongée. Après remontée d'"Orpheus", du ROV et de l'ascenseur, une dernière série de mesures a été faite avec le micro-profilleur, et des échantillons prélevés avec les collecteurs d'eau horizontaux et avec le carottier multi-tube.

Le N/O "L'Atalante" a quitté la zone du VBHM le soir du 1<sup>er</sup> septembre. Sur la route du retour vers Brest, il a fait escale à Bremerhaven où des visites du navire et une conférence de presse à bord avaient été organisées. En compagnie des délégués de plusieurs agences de financement, d'instituts de recherche, de sociétés et d'élus allemands, l'ambassadeur de France en Allemagne, SE. C. Martin a assisté à la présentation des résultats scientifiques de cette opération conjointe franco-allemande. Dans l'après-midi du 7 Septembre, "L'Atalante" a quitté Bremerhaven pour arriver le 10 septembre à Brest où la campagne se terminait officiellement (Fig. 1-3).

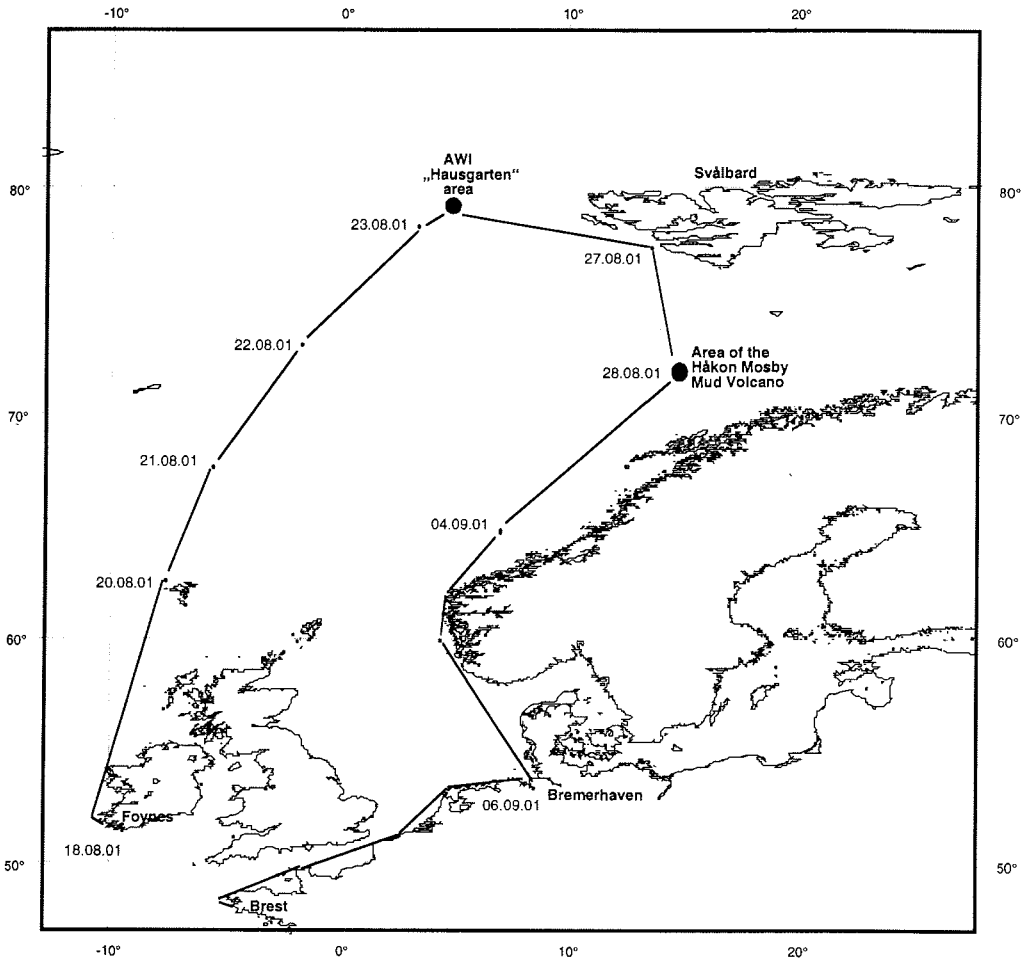


Figure 1-3: Cruise map of the expedition with RV "L'Atalante" with the two working areas



## 2. The Remotely Operated Vehicle (ROV) "VICTOR 6000": description of the system and technical report about the missions

### Le véhicule téléopéré (ROV) "VICTOR 6000": description du système et compte-rendu technique des opérations

Christophe, A., Klages, M.

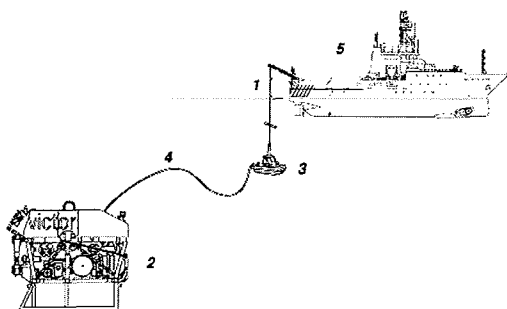
During the expedition the Remotely Operated Vehicle (ROV) "VICTOR 6000" was used at two sites of scientific interest. This ROV, depth rated for 6000 m, is equipped with various instruments to be used for scientific operations in the deep sea such as two manipulator arms, seven digital cameras, water sampler, slurp gun and temperature sensors. The design of the ROV follows a modular concept based on two sub-systems: (i) the vehicle itself including servicing equipment (propulsion, video survey, lighting, remote control, navigation and miscellaneous services), (ii) the scientific module composed of a 0.7 m<sup>3</sup> structure placed under the vehicle in which the majority of scientific equipment, specific to the mission, is located. The "Basic Sampling Toolsled" was used during the expedition containing all necessary tools to collect samples (sediment, water, organisms, rocks, etc). Additionally, instruments and sensors placed elsewhere in the vehicle were also used, e.g. temperature sensor, slurp gun, release of passive markers etc. A schematic illustration of the system is given in Fig. 2-1.

Compared to the first expedition with "VICTOR 6000" to the Arctic in 1999 onboard the German RV "Polarstern" (Krause 1999; Soltwedel *et al.* 2000) some improvements concerning the following technical aspects were made. The navigation system was further improved by adding accurate position reckoning sensors — optic fibre gyro and Doppler log. The performance of the position reckoning sensors (drift <10 m per hour) combined with POSIDONIA positioning system precision (0.5% of water depth in standard acoustic environment), led to a quality in sensor

Au cours de cette expédition, le véhicule téléopéré (ROV) "VICTOR 6000" a été utilisé sur deux sites d'intérêt scientifique. Ce ROV, qualifié pour des profondeurs de 6000 m, est équipé de divers instruments utilisables pour des opérations scientifiques par grand fond, tels que deux bras manipulateurs, sept caméras numériques, un échantillonneur d'eau, une pompe aspiratrice et des sondes de température. Le ROV est conçu de façon modulaire autour de deux sous-systèmes : (i) le véhicule proprement dit, comprenant les équipements essentiels de fonctionnement (propulsion, caméras, éclairage, contrôle à distance, navigation et services divers), (ii) le module scientifique, composé d'une structure de 0.7 m<sup>3</sup> placée en partie basse du véhicule, dans laquelle sont installés la plupart des équipements scientifiques, spécifiques à chaque mission. Le "module d'échantillonnage de base" utilisé pour cette expédition comprenait tous les outils nécessaires pour prélever des échantillons (sédiment, eau, organismes, etc.). En outre, des instruments et des capteurs placés ailleurs sur le véhicule ont été utilisés, tels que sonde de température, pompe aspiratrice, marqueurs passifs largables, etc. Une illustration schématique du système est présentée sur la Figure 2-1.

Par rapport à la première expédition avec "VICTOR 6000" dans l'Arctique en 1999, à bord du N/O allemand "Polarstern" (Krause 1999; Soltwedel *et al.* 2000), des améliorations concernant les aspects techniques suivants ont été apportées. Le système de navigation a été encore amélioré grâce à des capteurs de position précis - gyro à fibre optique et loch Doppler. Les performances de ces capteurs (dérive < 10 m par heure) combinées avec la précision du système de positionnement POSIDONIA (0.5 % de la hauteur d'eau en

trajectory measuring data suitable for map drawing.



environnement acoustique standard), permettent des suivis de trajectoires avec une finesse convenant au levé de cartes.

Couplé à l'installation d'une caméra verticale haute résolution capable de prendre des images de haute qualité du fond, un nouveau logiciel d'imagerie peut être utilisé pour produire en temps réel des mosaïques à partir de vues successives. Des lampes frontales ont été ajoutées à la base du ROV pour améliorer le contraste optique.

**Figure 2-1:** Schematic illustration of the "VICTOR 6000" system with its main components: (1) Hydraulic direct coil winch, 8500-m 20-mm diameter umbilical cable; the total mass of this ensemble is 30 tonnes. (2) Vehicle 3.1 x 1.8 x 2.1 m, mass 4 tonnes + 600 kg for the module. (3) Depressor 1.5 x 0.8 x 0.5 m, mass 1.2 tonne. (4) Tether 100 to 300 m, 35-mm diameter. (5) Five 20-ft containers for power supply to vehicle, hydraulic plant for winch, command post, mechanics workshop, storage.

*Schéma du "VICTOR 6000" et de ses principaux composants : (1) Treuil hydraulique à enroulement direct, ombilical de 8500 m, diamètre 20 mm, masse de l'ensemble : 30 tonnes. (2) Véhicule 3,1 x 1,8 x 2,1 m, masse 4 tonnes et 600 kg pour le module. (3) Lest dépresseur 1,5 x 0,8 x 0,5 m, masse 1,2 tonne. (4) Laisse de 100 à 300 m, diamètre : 35 mm. (5) Cinq conteneurs de 20 pieds pour puissance du véhicule, centrale hydraulique du treuil, poste de commande, atelier mécanique, stockage.*

Together with the installation of a high-resolution vertical camera aiming at providing high quality images of the seafloor a new imaging software can be used to produce on-profile mosaic images from successive shots. Forward facing lights have been fixed on the bottom of the ROV to enhance optical contrast. Close to the main camera a high-resolution digital still camera (HYTEC VSPN3000, 3 Mpixels, autofocus, optic zoom) was installed to allow scientists to take up to 200 high quality pictures appropriate for publication. Additionally, laser beams were placed around the main camera to have a scale for estimating distance and size of objects. Concerning handling and sampling operations, the MAESTRO slave/master arm has been improved with regard to both robotics and manoeuvring. A

Un appareil photo numérique haute résolution (HYTEC VSPN3000, 3 Mpixels, autofocus, zoom optique) a été installé sur l'embase de la caméra principale, permettant aux scientifiques de prendre jusqu'à 200 photos de qualité appropriée pour des publications. De plus, des émetteurs laser ont été placés autour de la caméra principale, ce qui fournit des repères pour estimer la distance et la taille d'objets. Pour les manipulations et la prise d'échantillons, la robotique et la manoeuvrabilité du bras principal MAESTRO ont été améliorées. Un second bras préhensile a été installé. A la suite des expériences avec le submersible habité "Nautile", une navette ascenseur a été adaptée pour l'utilisation avec le ROV.

Ce prototype a été testé et utilisé pour transférer des équipements et des échantillons

second grasping arm has been installed. Based on experiences with the manned submersible "Nautilus" a shuttle was adapted to be used with the ROV. This prototype was tested and used to transfer equipment and samples from the seabed to the surface (and conversely) during dives.

A total of five dives were carried out during the expedition. Two of them took place at the long-term deep sea station, the others at the Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) (Tab. 2-1).

entre la surface et le fond pendant les plongées.

Au total, 5 plongées ont été réalisées au cours de l'expédition : 2 sur le site de l'observatoire profond à long terme (AWI - "Hausgarten"), les autres sur le volcan de boue Håkon Mosby (HMMV) (Tab. 2-1).

**Table. 2-1:** ROV deployments during the expedition "AWI" in 2001  
*Plongées du ROV au cours de l'expédition "AWI" en 2001*

Dive #	Location	Date Start	Remark	Latitude	Longitude	Max. depth (m)	Duration of dive
1	"Hausgarten"	23/08/01	Shuttle	79° 4.3' N	04° 08.3' E	2317	25 h 37
2	"Hausgarten"	26/08/01		78° 36.4' N	05° 04.3' E	2285	15 h 49
3	HMMV	28/08/01	Technical problems	71° 59.8' N	14° 44.0' E	1266	06 h 03
4	HMMV	29/08/01	Technical problems; Shuttle	72° 0.1' N	14° 43.3' E	1254	07 h 45
5	HMMV	30/08/01	Shuttle	72° 0.0' N	15° 10.0' E	1259	30 h 59

Soon before the first dive of "VICTOR 6000" at the long-term deep sea station (AWI - "Hausgarten") the shuttle was deployed containing additional push corers, a current meter and an autonomous microprofiling instrument. During the dive push corers were taken at selected spots (biogenic structures versus control without structures). The autonomous microprofiling system (MICK) was placed at a selected site and activated by the ROV. The calibrated current meter was placed by the ROV on the seafloor. The current meter enabled to measure the current profile at 1 m above the bottom at several intervals close to the seafloor. The work at the seafloor included also the deployment of fish bait and subsequent observation of the attraction of predator fish and scavenging crustaceans perpendicular to the current

Juste avant la première plongée de "VICTOR 6000" sur la station "AWI-Hausgarten", la navette a été descendue avec des carottiers supplémentaires, un courantomètre et un microprofileur autonome. Au cours de cette plongée, des carottes ont été prélevées en des points choisis (avec structures biogéniques ou sans pour comparaisons). Le microprofileur autonome (MICK) a été positionné sur un site sélectionné et activé par le ROV. Le ROV a aussi déployé au fond le courantomètre calibré, lequel a permis de mesurer le profil de courant sur de petits intervalles dans la couche de 1 m au dessus du fond. Les travaux au fond ont également inclus le mouillage d'appât puis l'observation, à environ 5 m de distance perpendiculairement au courant, du comportement de poissons prédateurs et de crustacés nécrophages ainsi attirés. Au bout

from about 5 m distance. After 1 hour and 20 minutes the fish aggregation was documented at 3 m height with the vertical camera.

The second dive was mainly dedicated to another series of push corers at selected spots (biogenic structures and control without structures). Deployment of "mimics", similar in shape and size to small deep sea sponges thus simulating the presence of biogenic structures and the creation of an area physically disturbed by the "foot print" of "VICTOR 6000" at the seafloor were also part of the second mission. Finally, some high resolution still photographs of individuals of the dominant fish species *Lycodes frigidus* were taken to complete the data set of the first dive.

The third dive of the ROV took place at the Håkon Mosby Mud Volcano. Only a short video transect was carried out; because of severe technical problems the dive was terminated about 3 hours after arrival at the seafloor. During the following dive 12 push corers were immediately taken in an area with dense cover of bacterial mats. Additionally, water samples were taken and temperature measurements close to the sediment carried out. Another technical problem led to the termination of the dive some hours after work at the seafloor.

During the last dive a total of 24 push corers were taken in areas with high densities of pogonophoran tubeworms and at control sites without tubeworms and bacterial mats. Water samples were taken in close vicinity to the current meter at high spatial resolution (different heights at the current meter). Temperature at the seafloor and in push core holes was measured indicating a significant increase in temperature some centimeters below the sediment surface. While push coring the slurp gun was used in order to collect samples of abundant hyperiid amphipods which were most likely attracted by the lights of the ROV. Following given waypoints "VICTOR 6000" operated at a constant altitude of about 2 m above the seafloor for a detailed mapping of the inner center of the HMMV crater. The mosaic

d'une heure et 20 minutes, la zone d'agrégation des poissons a été filmée d'une hauteur de 3 m avec la caméra verticale.

La seconde plongée a surtout été consacrée à une autre série de carottages à des endroits choisis, avec et sans structures biogéniques. Les travaux ont également inclus le déploiement de "mimics", sphères de mousse ayant la forme et la taille de petites éponges pour simuler des structures biogéniques, et la création d'une zone perturbée par labourage du fond avec la base de "VICTOR 6000". Pour finir, des photos haute résolution de poissons de l'espèce dominante, *Lycodes frigidus*, ont été prises pour compléter celles de la première plongée.

La troisième plongée a été réalisée sur le site du volcan de boue Håkon Mosby. Seule une courte radiale d'observation vidéo a pu être effectuée ; la plongée a dû être interrompue environ 3 heures après l'arrivée au fond à cause de sérieux problèmes techniques. Au cours de la plongée suivante, 12 carottes ont été prélevées sur une zone de forte concentration en bactéries. De plus, des échantillons d'eau ont été prélevés et des mesures de température relevées à proximité du sédiment. Des problèmes techniques ont à nouveau entraîné l'interruption de la plongée après quelques heures au fond.

Au cours de la dernière plongée, 24 carottes ont été prélevées sur des zones densément peuplées en pogonophores et en des points de référence dépourvus de vers et de bactéries. Des échantillons d'eau ont été pris à proximité du courantomètre, avec une résolution spatiale fine (et à différentes hauteurs le long du courantomètre). Des mesures de température sur le fond et dans les trous de carottage ont permis de mettre en évidence une augmentation significative de la température à quelques centimètres sous la surface du sédiment. Pendant les carottages, l'aspirateur a été utilisé pour récolter des amphipodes hyperidés présents en abondance, probablement attirés par les lumières du ROV. En suivant une trajectoire spécifiée, "VICTOR 6000" a survolé la zone centrale du cratère à une altitude constante

imaging technique was used during this transect. Finally, the ROV was used to recover a free falling lander system which otherwise would have been lost.

Krause, G. (1999). The expedition ARKTIS XV/1 of RV "Polarstern" in 1999. Ber. Polarforsch. 339: 28 pp.

Soltwedel, T., Klages, M., Nokin, M. (2000). French ROV VICTOR 6000 first deployment from Polarstern. Sea Technology 41/4: 51-53.

d'environ 2 m au dessus du fond pour une cartographie détaillée. Les outils d'imagerie mosaïque ont été mis en œuvre pendant ce parcours. Enfin, le ROV a été utilisé pour déclencher la remontée d'un appareil autonome précédemment largué qui, sans cette intervention, aurait été perdu.

### **3. Scientific programmes**

#### **3.1 The "Hausgarten" area – a long-term deep sea station in the Arctic Ocean**

##### ***La "Hausgarten" - observatoire à long terme de l'océan profond Arctique***

##### **3.1.1 Effects of micro-scale environmental heterogeneity on small sediment-inhabiting organisms**

##### ***Effets de l'hétérogénéité environnementale à micro-échelle sur les petits organismes du sédiment***

Soltwedel, T., Quéric, N., Vopel, K.

Benthic organisms alter the seafloor of the deep sea in a variety of ways. They produce burrows, sediment mounds, leave feeding traces and faecal castings, and build robust structures in which to live. These biogenic sediment structures vary from millimetres to several centimetres in length. Deep-sea photographs show that they are common and are often the most conspicuous small-scale topographic features on the seafloor down to greatest water depths. Due to generally low hydrodynamic energy (e.g. currents, internal waves) and low rates of sedimentation in the

Les organismes benthiques modifient le sol marin de multiples façons. Ils creusent des terriers, créent des monticules, laissent des traces d'alimentation et des féces, ou construisent des structures rigides pour y vivre. La taille de ces structures sédimentaires biogéniques varie de quelques millimètres à plusieurs centimètres. Les photographies sous-marines montrent qu'elles sont fréquentes et que ce sont souvent les éléments topographiques à petite échelle les plus remarquables du fond des mers, jusqu'aux plus grandes profondeurs.

deep sea, biologically produced structures at the seafloor can persist over long periods of time and constitute a source of habitat heterogeneity for smaller organisms of the benthic community (see review by Gage 1996, and references therein).

Any erected biogenic structure, including sessile epibenthic organisms, modify local patterns of flow (Fig. 3.1.1-1), thereby altering particle deposition and erosion rates (Carey 1983, Eckman 1985, Thistle and Eckman 1990, Vogel 1994, Witte et al. 1997, Friedrichs et al. 2000). As a result, surface-derived detrital organic matter, which is an important food source for benthic organisms, is trapped in or around biogenic structures and is thus irregularly distributed on the seafloor (Yager et al. 1993). Accumulated organic matter on the leeward side of projecting biogenic structures, in burrows, and on any biologically disrupted sediment surface is expected to affect distribution patterns of the smallest sediment-inhabiting organisms (size range: bacteria to meiofauna). Several authors have already demonstrated such effects for shallow-water habitats (Reise 1981, Thomsen and Altenbach 1993). Aller and Aller (1986) were the only authors to report enhanced bacterial numbers and biomasses as well as increased meiofauna abundances around biogenic structures (polychaete tubes and burrows) in deep-sea sediments.

To contribute to the understanding of the role of biologically produced habitat heterogeneity in structuring deep-sea benthic communities we carried out an extensive and demanding sampling programme, and we installed two long-term experiments with the help of the Remotely Operated Vehicle "VICTOR 6000".

#### 3.1.1.1 Targeted sediment sampling with the help of the ROV

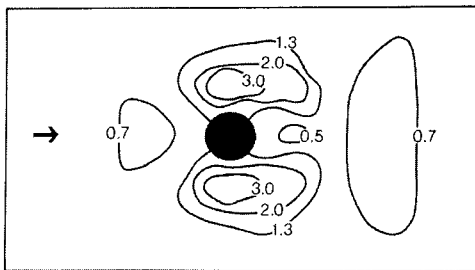
To investigate small-scale variabilities in organic matter availability (indicated by sediment-bound chloroplastic pigments from phytodetritus input) as well as variations in the structure of bacterial and meiofauna communities around biogenic structures, we

L'énergie hydrodynamique (p. ex. courants, ondes internes) et la sédimentation étant généralement faibles dans l'océan profond, ces structures biologiques peuvent persister durant de longues périodes et sont une cause d'hétérogénéité de l'habitat pour les petits organismes de la communauté benthique (voir la revue de Gage (1996) et les références qu'il cite).

Toute structure biogénique érigée, y compris les organismes épibenthiques sessiles, modifie les conditions locales de circulation (Fig. 3.1.1-1), affectant ainsi le dépôt de particules et les vitesses d'érosion (Carey 1983, Eckman 1985, Thistle et Eckman 1990, Vogel 1994, Witte et al. 1997, Friedrichs et al. 2000). Par conséquent, la matière organique détritique provenant des eaux superficielles, qui est une source importante de nourriture pour les organismes benthiques, est piégée dans ou autour des structures biogéniques et est donc répartie de façon irrégulière sur le fond (Yager et al. 1993). On peut penser que la matière organique accumulée en aval de structures biogéniques saillantes, dans des terriers et partout où la surface du sédiment est remodelée, peut affecter la répartition des plus petits organismes vivant dans le sédiment (taille comprise entre la bactérie et la méiofaune). Plusieurs auteurs ont déjà mis de tels effets en évidence dans des habitats peu profonds (Reise 1981, Thomsen et Altenbach 1993). Aller et Aller (1986) ont été les seuls à mentionner un accroissement du nombre et de la biomasse de bactéries mais aussi de l'abondance de la méiofaune autour de structures biogéniques (tubes et terriers de polychètes) dans les sédiments à grande profondeur.

En vue de mieux comprendre le rôle de l'hétérogénéité des habitats causée par des êtres vivants sur la structuration des communautés benthiques profondes, nous avons réalisé un important programme d'échantillonnage et mis en place deux expériences sur le long terme grâce au véhicule téléopéré "VICTOR 6000".

decided to sample sediments around small benthic sponges (1-2 cm in diameter). Sponges generate a specific physico-chemical microenvironment by modifying concentration gradients of solutes and particles across the sediment-water interface with their feeding currents. As projecting structures they also passively interact with the near-bottom currents, thereby altering particle deposition and erosion rates.



**Figure 3.1.1-1:** Contour plot of boundary skin friction about a latex cast of a polychaets (*Tharyx* sp.) mudball (solid circle). Flow direction is indicated by the arrow. Contours represent the ratio of local boundary skin friction to that imposed by flow with the mudball absent. Thus, a ratio of two signifies a doubling of the shear force exerted on the bottom.

*Isolignes de la friction superficielle autour du moulage en latex d'une déjection de polychète *Tharyx* sp. (cercle plein). La flèche indique la direction du courant. Les isolignes représentent le rapport entre la friction superficielle locale et celle imposée par le courant en l'absence de déjection; ainsi, un rapport de deux implique un doublement de la force de cisaillement exercée sur le fond (from / d'après Thistle & Eckman 1990).*

Sampling was carried out at 2311 m water depth at 78° 45.6' N - 4° 52.5' E (investigations on meiofauna populations) and at 2281 m water depth at 78° 36.5' N - 5° 04.4' E (investigations on sediment-bound organic matter and bacterial activity/diversity), using Perspex™ push-

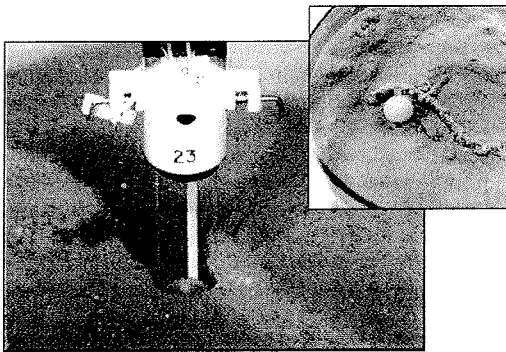
### 3.1.1.1 Echantillonnage ciblé de sédiment avec le ROV

Pour étudier la variabilité à petite échelle de la disponibilité en matière organique (mesurée par les pigments chloroplastiques d'origine phytodétritique liés au sédiment) ainsi que les variations de structure des communautés de bactéries et de méiofaune autour de structures biogéniques, nous avons décidé d'échantillonner le sédiment entourant de petites éponges benthiques (de 1 à 2 cm de diamètre). Les éponges créent un micro-environnement physico-chimique particulier en modifiant, par leur courant alimentaire, les gradients de concentration en solutés et en particules à l'interface eau-sédiment. De plus, en tant que structures saillantes, elles interagissent passivement avec les courants proches du fond, affectant ainsi le dépôt de particules et l'érosion.

Des échantillons ont été prélevés par 2311 m au point 78° 45.6' N - 4° 52.5' E (études des populations de méiofaune) et par 2281 m au point 78° 36.5' N - 5° 04.4' E (études sur la matière organique liée au sédiment et sur l'activité bactérienne), avec des carottiers-tubes en Perspex™ (diamètre interne de 60 mm x 400 mm de long) enfoncés par le bras du ROV. Pour permettre un sous-échantillonnage en fonction des courants de fond et à différents endroits autour des éponges, il fallait positionner le carottier de façon à ce que l'éponge se trouve exactement au centre de la carotte (Fig. 3.1.1-2). La direction du courant au ras du fond a été estimée en observant le déplacement des particules juste au dessus du sédiment, et l'orientation en trois dimensions des organismes épibenthiques sessiles (p. ex. crinoïdes pédonculées inclinées par les courants de fond). Des sédiments homogènes, pratiquement non perturbés, aux alentours des éponges (quelques décimètres) ont également été prélevés pour servir de témoins.

La couche supérieure de sédiment, sur une épaisseur de 5 cm, au sommet de chaque carotte a été sous-échantillonnée à l'aide de petites seringues (1,2 et 2,0 cm de diamètre)

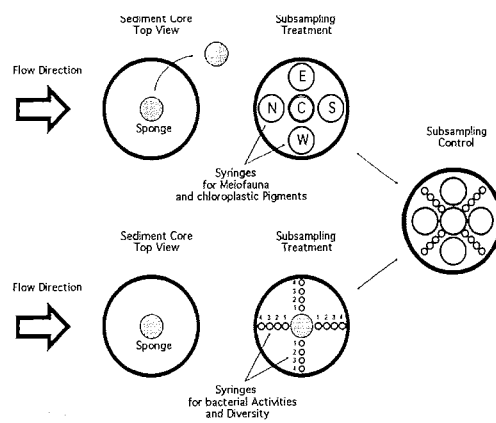
corers (60 mm inner diameter, 400 mm in length) operated by the ROVs manipulator. In order to allow a subsampling of sediments in relation to near-bottom currents and at various positions around the sponges, it was necessary to localise the sponges exactly in the centre of the push-corers (Fig. 3.1.1-2). Near-bottom current direction was estimated from particle movements in the sediment overlying waters, and from the three-dimensional orientation of sessile epibenthic organisms (e.g. stalked crinoids bent by near-bottom currents). Sediments with a homogeneous, virtually undisturbed surface adjacent (in decimetre-distances) to the sponges were also cored to serve as controls.



**Figure 3.1.1-2:** Targeted sampling of sponges and surrounding sediments using push-corers. *Prélèvement ciblé d'éponges et des sédiments environnants à l'aide d'un carottier-tube.*

The uppermost 5 cm-thick sediment layers in the corer tubes were subsampled by means of small syringes (1.2 and 2.0 cm in diameter) with cut-off anterior ends. Subsamples were taken upstream (N) and downstream (S), to the left and to the right (W, E) of the sponges as well as below the sponges after removal. Subsampling of controls was similar to the subsampling of treatments (sediments with sponge) (Fig. 3.1.1-3).

dont l'extrémité antérieure avait été enlevée. Les sous-échantillons ont été pris en amont (N), en aval (S), à gauche et à droite (W, E) des éponges, ainsi qu'en dessous de ces dernières. Le sous-échantillonnage des témoins a été effectué selon la même procédure que pour les traitements (sédiments avec éponge) (Fig. 3.1.1-3).



**Figure 3.1.1-3:** Subsampling-scheme for the various parameters investigated. *Schéma de sous-échantillonnage pour les divers paramètres étudiés.*

L'approche statistique pour cette étude est basée sur un plan en blocs aléatoire. Ce plan réduit le risque de ségrégation au hasard des traitements et peut empêcher que des gradients pré-existants ou des intrusions masquent les vrais effets des traitements ou génèrent des effets artificiels. Il faut un minimum de 6 répliqués pour que des différences significatives ( $p < 0.05$ ) puissent être mises en évidence par un test des rangs de Wilcoxon (qui aurait été le mieux adapté à cette étude), alors qu'il faut 4 répliqués pour montrer des différences significatives avec le test U de Mann et Whitney (cf. Huribert 1984 et littérature citée).

Le programme de campagne très serré ne nous a permis de prélever que 4 couples de carottes (traitement et témoin) pour chaque



The statistical model that guided our study was a randomized blocks design. This design reduces the probability of chance segregation of treatments and it helps to prevent pre-existing gradients and intrusion from obscuring real treatment effects or from generating spurious ones. A minimum of six replicates are necessary before significant ( $p < 0.05$ ) differences can be demonstrated by the Wilcoxon's signed-rank test (which would have been the appropriate one for this study), whereas only four replicates are necessary before significant differences can be demonstrated by the Mann-Whitney U test (see Hurlbert 1984 and literature cited therein).

Due to a tight cruise schedule, we were only able to sample 4 pairs of sediment cores (treatment and control) for each parameter investigated (organic matter from primary production, bacterial activities/diversity, and meiofauna densities/composition):

**Organic matter availability.** Sediment-bound chlorophyll a and its degradation products (phaeopigments) were determined to quantify the availability of phytodetritus at various positions around the sponges and in virtually undisturbed control sediments. Subsamples for chloroplastic pigments were stored at  $-20^{\circ}$  C. At the home laboratory, these subsamples (5 cm in length) will be sliced in 1-cm-sections and treated separately to investigate vertical gradients in the uppermost sediment layers. Chloroplastic pigments will be extracted in 90 % acetone and measured with a TURNER fluorometer, following Shuman and Lorenzen (1975). The bulk of the pigments measured with this method is termed "chloroplastic pigment equivalents" (CPE, Thiel 1978).

**Bacterial activities/diversity.** The uppermost two centimetres of the sediments around sponges and in controls were subsampled to investigate small-scale distribution patterns of bacteria in terms of abundance and diversity, community-specific activity, and isotope incorporations, applying the following techniques:

PCR-DGGE analyses will be performed with

paramètre étudié (matière organique due à la production primaire, activité et diversité bactériennes, densités et composition de la méiofaune) :

**Disponibilité en matière organique.** La chlorophylle a liée au sédiment et ses produits de dégradation (phéopigments) ont été mesurés pour quantifier la disponibilité des phytodétritus à différentes positions autour des éponges et dans des sédiments peu perturbés servant de témoins. Les échantillons pour analyse des pigments chloroplastiques ont été stockés à  $-20^{\circ}$  C. Au laboratoire à terre, ces échantillons de 5 cm d'épaisseur seront découpés en tranches de 1 cm et examinés séparément pour étudier les gradients verticaux dans la couche superficielle de sédiment. Les pigments chloroplastiques seront extraits à l'acétone à 90 % et mesurés avec un fluorimètre TURNER (cf. Shuman et Lorenzen 1975). L'ensemble des pigments mesuré par cette méthode est dénommé "chloroplastic pigment equivalents" (CPE, Thiel 1978).

**Activités et diversité bactériennes.** Les 2 centimètres superficiels des sédiments autour des éponges et témoins ont été sous-échantillonnés en vue d'étudier la distribution des bactéries à petite échelle en termes d'abondance et de diversité, l'activité des communautés et l'incorporation d'isotopes, en utilisant les techniques suivantes :

Les techniques d'électrophorèse PCR-DGGE seront appliquées à l'ADN ainsi qu'à l'ARN après transcription inverse de l'ARNm, pour évaluer les changements spatiaux dans les populations bactériennes en relation avec les perturbations environnementales: alors que les fragments d'ADN obtenus après amplification PCR du gène ARNr 16S sont liés à la présence de populations bactériennes différentes, les analyses de produits PCR d'origine ARNr peuvent indiquer quelles populations bactériennes contribuent au pool d'ARN. La concentration cellulaire an ARN ribosomal étant liée à l'activité récente des cellules, cette méthode peut aider à suivre les changements d'activité des populations bactériennes résultant du micro-

DNA as well as RNA after reverse transcription of mRNA, allowing the assessment of spatial shifts in bacterial populations in relation to environmental perturbations: while DNA-derived PCR-amplified 16S rRNA gene fragments are related to the presence of different bacterial populations, analyses of rRNA-derived PCR products can provide an indication of which bacterial populations contribute to the RNA pool. As the cellular concentration of ribosomal RNA is related to the recent activity of cells, this method may help in surveying changes in the activity of bacterial populations established due to the particular micro-environment of the sponge (Lawrence et al. 2000, Sievert et al. 1999, Schäfer and Muyzer 2001).

FISH-analyses will refer to the identification of bacterial populations deriving from the PCR-DGGE analyses; this technique relies on the specific hybridisation of fluorescent labelled rRNA-targeted oligonucleotide probes (Amann et al. 1997, Llobet Brossa et al. 1998, Ravenschlag et al. 2000), allowing the identification of individual microbial cells in their natural sponge-related micro-environment.

Unbalanced growth of bacterial populations may cause discrepancies in production estimates derived from the <sup>3</sup>H-thymidine and <sup>14</sup>C-leucine incorporation method, which has been shown to be caused mainly by temperature (Tibbles 1996, Shiah and Ducklow 1997) and substrate supply (Chin-Leo and Kirchman 1990). As these factors play a crucial, often limiting role in deep-sea environments, the complementary use of both methods is expected to elucidate the effects of nutritional patchiness reinforced by a sponge-specific current regime on bacterial dynamics.

Meiofauna densities/composition. In order to investigate small-scale heterogeneity in meiofauna populations, sediment samples were taken at various positions around the sponges, using small plastic syringes as described earlier. Subsamples were sliced in 1-cm-sections and preserved in a 4%

environnement particulier de l'éponge (Lawrence et al. 2000, Sievert et al. 1999, Schäfer et Muyzer 2001).

Les analyses par méthode FISH visent à identifier les populations bactériennes isolées par les analyses PCR-DGGE; la technique repose sur l'hybridation spécifique de sondes oligonucléotidiques fluorescentes ciblant le ARNr (Amann et al. 1997, Llobet Brossa et al. 1998, Ravenschlag et al. 2000), ce qui permet l'identification de cellules microbiennes individuelles dans leur micro-environnement naturel associé à l'éponge.

Une croissance déséquilibrée des populations bactériennes peut entraîner des incohérences dans les estimations de production obtenues par la méthode d'incorporation de <sup>3</sup>H-thymidine et de <sup>14</sup>C-leucine, dont on a montré qu'elles étaient surtout dues à la température (Tibbles 1996, Shiah & Ducklow 1997) et à l'apport du substrat (Chin-Leo et Kirchman 1990). Vu que ces facteurs jouent un rôle crucial, voire limitant, dans l'océan profond, l'utilisation combinée de différentes méthodes devrait aider à préciser les effets sur la dynamique bactérienne de l'agrégation de nourriture renforcée par le régime de courant produit par les éponges.

Densités et composition de la méiofaune. Pour étudier l'hétérogénéité à petite échelle dans les populations de méiofaune, des échantillons de sédiment ont été prélevés en diverses positions autour des éponges à l'aide de petites seringues selon le protocole décrit plus haut. Les sous-échantillons ont été découpés en tranches de 1 cm et fixés dans une solution de formol à 4% dans de l'eau de mer. Au laboratoire, ils seront lavés sur une série de tamis de différents maillages (500, 250, 125, 63 et 32 µm), colorés au Rose Bengale et triés sous microscope (voir Pfannkuche et Thiel 1988). Les recherches sur la méiofaune seront centrées sur les communautés de nématodes. Tous les nématodes seront isolés des sédiments, montés sur des lames et identifiés jusqu'à l'espèce.

Formalin seawater solution. At the home laboratory, sediment samples will be washed through a set of sieves with different mesh sizes (500, 250, 125, 63 and 32  $\mu\text{m}$ ), stained with Rose Bengal and sorted under a low power stereo microscope (see Pfannkuche and Thiel 1988). Meiofauna investigations will focus on the nematode communities. All nematodes will be sorted from the sediments, mounted on slides and identified to the species level.

### 3.1.1.2 Long-term experiments installed with the help of the ROV

To contribute to the understanding of the role of biologically produced habitat heterogeneity in structuring deep-sea benthic communities we started two long-term experiments: a mimic experiment and a disturbance experiment. Both set-ups were installed in 2285 m water depth at 78° 36.4' N - 5° 04.4' E in a marked area covering about 5 m x 25 m:

#### - The mimic experiment

The response of sediment-inhabiting micro-organisms (size range: bacteria to meiofauna) living around small benthic sponges could be to physical effects or to biologically-mediated effects, or a combination of both. These factors can be separated from each other by the use of sponge mimics (Fig. 3.1.1-4). Sponge mimics are objects that possess or lack particular features of the sponges. If, for instance, refuge from predation and increased local food availability are causal factors, then any object that meets the shape of the sponges (a sponge mimic) should affect associated benthic micro-organisms in a similar way, when supplied for a sufficient time period. Alternatively, the micro-organisms might respond only to factors related to the activity of the sponges such as the ejection of fecal pellets and/or specific flow patterns generated by the sponge's feeding currents. These biologically-mediated effects are, however, not duplicated by the sponge mimics. Similar mimics have been successfully used in the past to study the effects of biologically produced structures on

### 3.1.1.2 Expériences à long terme mises en place à l'aide du ROV

En vue d'améliorer la compréhension du rôle de l'hétérogénéité d'habitat créée par des êtres vivants sur la structuration de communautés benthiques profondes, nous avons lancé deux expériences à long terme, mises en place par 2285 m de fond à 78° 36.4' N - 5° 04.4' E sur une zone repérée couvrant environ 5 m x 25 m:

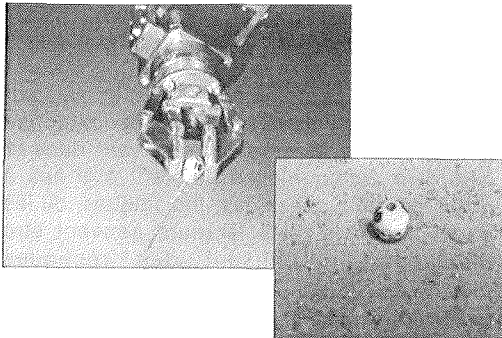
#### - L'expérience avec des répliques d'éponges

Les effets de petites éponges benthiques sur les micro-organismes (de taille comprise entre bactérie et méiofaune) vivant dans le sédiment autour d'elles peuvent être liés à des processus physiques, biologiques, ou les deux combinés. Ces facteurs peuvent être discernés en utilisant des répliques d'éponges (Fig. 3.1.1-4), artefacts qui possèdent certaines caractéristiques des éponges, mais pas toutes. Ainsi, si le processus est lié, par exemple, à la protection contre la prédation ou à une plus grande disponibilité locale en nourriture, tout objet reproduisant la forme des éponges (tel que ceux utilisés) devrait avoir un effet similaire sur les micro-organismes benthiques associés, dans la mesure où il est en place sur une durée suffisante. En revanche, si les micro-organismes ne réagissent qu'à des processus liés à l'activité des éponges, tels que l'éjection de fèces et/ou la circulation d'eau produite par les courants alimentaires, ces effets biologiques ne peuvent être simulés avec les répliques utilisées. Des répliques analogues ont été utilisées avec succès par Thistle et Eckman (1990) pour étudier les effets de structures biogéniques sur les copépodes benthiques en un site profond.

Les répliques sont des sphères en plastique de 3 cm de diamètre fixées au sommet d'une tige en acier de 12 cm qui sert à les planter dans le sédiment. Au total, 18 ont été disposées en ligne, espacées d'environ 1m afin de réduire leurs interactions hydrodynamiques (Fig. 3.1.1-5). Les sphères

the benthic copepods of a deep-sea site by Thistle and Eckman (1990).

A total of 18 mimics, plastic spheres of 3 cm in diameter anchored in the sediments by approx. 12 cm steel rods, were deployed in-line separated by about 1 m distance to minimize hydrodynamic interaction among them (Fig. 3.1.1-5). The spheres were positioned in the seabed such that their exposure matches that of the sponges.



**Figure 3.1.1-4:** Sponge mimics (3 cm in diameter) distributed on the seafloor.  
*Répliques d'éponges (diamètre 3 cm) disposées sur le fond.*

#### - The disturbance experiment

The distribution of the sponge mimics (see above) was used to start a disturbance experiment. Each time the ROV settled on the sediments to bring out mimics it produced an "imprint" on the seafloor (Fig. 3.1.1-5), thereby causing a modification of the sediment texture. The bottom frame of the ROV created hollows a few centimetres deep and up to 10 cm in width, but also fissures and narrow troughs (Fig. 3.1.1-6). Such modifications to the sediment surface are comparable to disruptions produced by the large motile epifauna crawling over and digging through the uppermost sediment layers ("Lebensspuren"). In contrast to any biologically produced sediment disruption, we know the exact date of these alterations, thus giving a chance to evaluate the effects of these artificially produced modifications of

ont été positionnées au fond de façon à ce que leur posture imite celle des éponges.

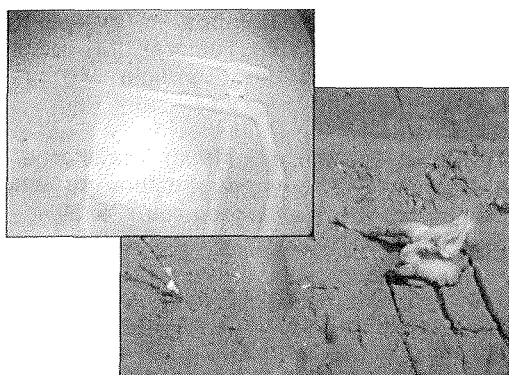
#### - L'expérience de perturbation

La mise en place des répliques d'éponges (ci-dessus) a été mise à profit pour lancer une expérience de perturbation. Chaque fois que le ROV a été posé sur le fond pour manipuler les répliques, il a laissé une empreinte dans la vase (Fig. 3.1.1-5), modifiant ainsi la texture du sédiment. La sole du ROV a creusé des cuvettes ayant quelques centimètres de profondeur et jusqu'à 10 cm de large, ainsi que des fissures et d'étroits sillons (Fig. 3.1.1-6). Ces modifications du sol sont comparables aux perturbations causées par de grands animaux benthiques rampant à la surface ou creusant dans la couche superficielle du sédiment ("Lebensspuren"). L'avantage par rapport à des perturbations naturelles est que la date de formation de ces artefacts est connue exactement, ce qui donne la possibilité d'en évaluer les effets au cours du temps.

Le but de cette expérience est l'étude des effets sur les plus petits organismes vivant dans le sédiment, i.e. des bactéries à la méiofaune. L'hypothèse de base est qu'une plus grande hétérogénéité de l'habitat devrait entraîner une augmentation de la biodiversité dans la zone des perturbations "modérées". Lors de la future campagne avec le ROV "VICTOR 6000", en été 2003, on réalisera un échantillonnage ciblé des sédiments (et des communautés microbiennes benthiques associées) sur le site expérimental, et dans les zones adjacentes peu perturbées (sédiments témoins).

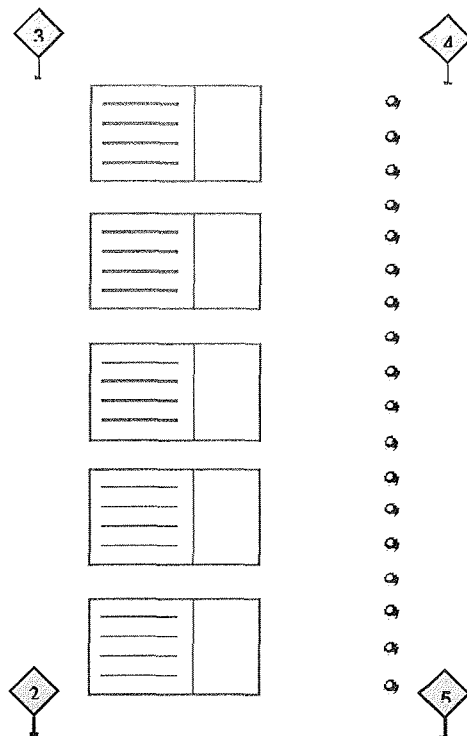
surface sediments in time.

The aim of this experiment is to investigate effects on the smallest sediment-inhabiting organisms, i.e. bacteria up to meiofauna. We hypothesise that the enhancement of habitat heterogeneity should be followed by an increase in biodiversity in the area of "moderate" disturbances. The next campaign with the ROV "VICTOR 6000" in summer 2003 will be used to carry out a targeted sampling of sediments (and their associated microbial benthic communities) within the experimental area, and in virtually undisturbed areas (control sediments) in close vicinity.



**Figure 3.1.1-6:** Imprints of the ROV causing enhanced habitat heterogeneity for the smallest fractions of sediment-inhabiting organisms.

*Empreintes du ROV destinées à créer un habitat plus hétérogène pour les plus petits organismes endogènes.*



**Figure 3.1.1-5:** Schematic view of the experimental field at 78° 36.4'N - 5° 04.4'E: sponge mimics in a row (right side), and imprints of the ROV produced during distribution of mimics (left side)

*Esquisse du site expérimental par 78° 36,4'N - 5° 04,4'E : répliques d'éponges alignées (à droite), et empreintes du ROV produites pendant la mise en place des répliques (à gauche).*

References / Références :

Aller, J.Y., Aller, R.C. (1986). Evidence for localized enhancement of biological activity associated with tube and burrow structures in the deep-sea sediments at the HEBBLE site, western North Atlantic. *Deep-Sea Res* 33(6):755-790

Amann, R. et al. (1997). Modern methods in subsurface microbiology: *in situ* identification

References continued

Reise, K. (1981). High abundance of small zoobenthos around biogenic structures in tidal sediments of the Wadden Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 34:413-425

Schäfer, H., Muyzer, G. (2001). Denaturing gradient gel electrophoresis in marine microbial ecology. *Mar Microbiol* 30(22): 425-468

- of microorganisms with nucleic acid probes. *Fems Microbiol Rev* 20:191-200
- Carey, D.A. (1983). Particle resuspension in the benthic boundary layer induced by flow around polychaete tubes. *Can J Fish Aquat Sci* 40:301-308
- Chin, Leo G., Kirchman, D.L. (1990). Unbalanced growth in natural assemblages of marine bacterioplankton. *Mar Ecol Prog Ser* 63(1):1-8
- Eckman, J.E. (1985). Flow disruption by an animal tube mimic affects sediment bacterial colonization. *J Mar Res* 43(2):419-435
- Friedrichs, M., Graf, G., Springer, B. (2000). Skimming flow induced over a simulated polychaete tube lawn at low population densities. *Mar Ecol Prog Ser* 192:219-228
- Gage, J.D. (1996). Why are there so many species in deep-sea sediments. *J Exp Mar Biol Ecol* 200:257-286
- Hurlbert, S.H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol Monogr* 54:187-211
- Lawrence, J.R. et al. (2000). Distribution and biogeochemical importance of bacterial populations in a thick clay-rich aquitard system. *Microb Ecol* 40(4):273-291
- Llobet Brossa, E. et al. (1998). Microbial community composition of Wadden Sea sediments as revealed by fluorescence in-situ hybridization. *Appl Environ Microbiol* 64(7):2691-2696
- Pfannkuche, O., Thiel, H. (1988). Sample Processing. In: Higgins RP, Thiel H (eds) *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, London, 134-145
- Ravenschlag, K. et al. (2000). Community structure, cellular rRNA content, and activity of sulfate-reducing bacteria in marine Arctic sediments. *Appl Environ Microbiol* 66(8):3592-3602
- Shiah, F., Ducklow, H. (1997). Bacterioplankton growth responses to temperature and chlorophyll variations in estuaries measured by thymidine:leucine incorporation ratio. *Aquat Microb Ecol* 13(2):151-159
- Shuman, F.R., Lorenzen, C.F. (1975). Quantitative degradation of chlorophyll by a marine herbivore. *Limnol Oceanogr* 20:580-586
- Sievert, S.M. et al. (1999). Spatial heterogeneity of bacterial populations along an environmental gradient at a shallow submarine hydrothermal vent near Milos Island (Greece). *Appl Environ Microbiol* 65(9):3834-3842
- Thiel, H. (1978). Benthos in upwelling regions. In: Boje, R., Tomczak, M. (eds) *Upwelling ecosystems*. Springer Verlag, Berlin, p 124-138
- Thistle, D., Eckman, J.E. (1990). The effect of a biologically produced structure on the benthic copepods of a deep-sea site. *Deep-Sea Res* 37:541-554
- Thomsen, L., Altenbach, A.V. (1993). Vertical and areal distribution of foraminiferal abundance and biomass in microhabitats around inhabited tubes of marine echinurids. *Mar Micropaleontology* 20:303-309
- Tibbles, B.J. (1996). Effects of temperature on the incorporation of leucine and thymidine by bacterioplankton and bacterial isolates. *Aquat Microb Ecol* 11:239-250
- Vogel, S. (1994). *Life in moving fluids. The physical biology of flow*. Princeton University Press, Oxford, pp. 467
- Witte, U., Brattegard, T., Graf, G., Springer, B. (1997). Particle capture and deposition by deep-sea sponges from the Norwegian-Greenland Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 154:241-252
- Yager, P.L., Nowell, A.R.M., Jumars, P.A. (1993). Enhanced deposition to pits: a local food source for benthos. *J Mar Res* 51:209-236

### 3.1.2 Deep-sea fish ecology : species abundance and feeding behaviour

#### **Ecologie des poissons profonds : abondance et comportement alimentaire**

Trenkel, V., Klages, M., Mesnil, B.

Group feeding strategies and population densities of the arctic eelpout *Lycodes frigidus* were studied in the "Hausgarten Süd" area. Population densities were estimated using visual strip transects. An experiment involving deployment of fish bait to attract scavenging amphipods (Crustacea), prey organisms of *L. frigidus*, was carried out to study the latter's feeding behaviour.

Les comportements alimentaires collectifs et les densités de population de la loquette arctique *Lycodes frigidus* ont été étudiés sur le site "Hausgarten Süd". Les densités de population ont été estimées par comptage visuel le long de radiales. Une expérience de mouillage d'appât pour attirer des amphipodes nécrophages (Crustacés), organismes proies de *L. frigidus*, a été réalisée en vue d'étudier le comportement alimentaire de ce dernier.

#### Strip transect survey

Before carrying out the strip transect, the observation field was calibrated. For this two serial "foot-prints" of the ROV were made on the ground. The known width of the ROV was then used to determine the width of the observation field at a certain distance ahead of the ROV. For the camera setting (-36° tilt, 0 pan and fixed zoom) and a cruising height of about 1.4 m, the field width was 4.8 m. All fish were counted within the defined observation field.

Seven transects arranged as a zig-zag course and each around 250 m long were carried out. Altogether the survey took 2 hours. Survey speed differed between transects (Table 3.1.2-1).

#### Estimation d'abondance sur radiales

Avant de commencer les radiales, il a fallu calibrer le champ d'observation. Pour cela, deux empreintes du ROV accolées longitudinalement ont été marquées en posant l'engin sur le fond de vase. Connaissant la largeur du ROV, on a pu alors mesurer la largeur du champ d'observation à une distance déterminée en avant du ROV. Les réglages de caméra étant fixés (angle de -36° en gisement, 0° en azimut et zoom bloqué), la largeur de champ était de 4,8 m pour une altitude de croisière d'environ 1,4 m. Tous les poissons ont été comptés dans la limite du champ d'observation ainsi défini.

Sept radiales disposées en zig-zag, longue chacune d'environ 250 m, ont été parcourues. Au total, l'expérience a duré 2 heures. La vitesse de déplacement du ROV a varié d'une radiale à l'autre (Tableau 3.1.2-1).

Table 3.1.2-1: Details for strip transect survey in the Hausgarten Süd area.  
*Détails des radiales réalisées sur le site Hausgarten Süd.*

Transect nr	1	2	3	4	5	6	7
Duration (secs)	1620	1500	840	1080	900	960	840
Speed m/sec	0.15	0.17	0.30	0.23	0.28	0.26	0.30

During the survey 50 fish belonging to the species *Lycodes frigidus* were encountered individually or on some occasions pairwise. No other fish species were seen in contrast to the Håkon Mosby mud volcano area where several fish species including *Raja spp.* were found. On approach of the ROV, most individuals immobilised, a few continued to swim or tried to escape. Most fish were about 30 cm long. An average of around 4 fish were encountered in each 10-minute survey interval (Table 3.1.2.-2). Given the width of the observation field, this corresponds to less than one fish in a one-meter wide strip. The average density per transect was 7143 individuals km<sup>-2</sup> whereas the overall density was only 5952 individuals km<sup>-2</sup>. The difference might be due to the differences in survey speed.

Pendant cette expérience, 50 poissons appartenant tous à l'espèce *Lycodes frigidus* ont été observés, généralement isolés mais parfois par paire. Aucune autre espèce n'a été vue, contrairement au site du volcan de boue Håkon Mosby où plusieurs espèces dont des raies *Raja spp.* ont été rencontrées. A l'approche du ROV, la plupart des individus s'immobilisaient, mais certains continuaient à nager ou tentaient de s'échapper. La longueur des poissons était en général de 30 cm environ. En moyenne, autour de 4 poissons ont été observés par pas de temps de 10 minutes (Table 3.1.2.-2). Etant donné la largeur du champ d'observation, ceci correspond à moins d'un poisson par bande de 1 mètre de large. La densité moyenne par radiale était de 7143 individus km<sup>-2</sup> alors que la densité sur l'ensemble de la zone n'était que de 5952 individus km<sup>-2</sup>. Cette différence pourrait être due aux variations de la vitesse de déplacement.

**Table 3.1.2-2:** Results of strip transect survey of *Lycodes frigidus* in the Hausgarten Süd area.  
*Résultats des comptages de Lycodes frigidus sur le site Hausgarten Süd.*

Total number	Numbers per 10 mins in 4.8 m strip			Density [km <sup>-2</sup> ]		
	Mean	Variance	CV	Total <sup>§</sup>	Mean*	CV*
50	3.85	4.47	0.55	5952	7143	0.52

CV= coefficient of variation / *coefficient de variation.*

\* = mean and CV for transects / *moyenne et CV pour les radiales.*

§ = total number divided by total survey area / *nombre total divisé par la surface totale explorée.*

#### Bait experiment

The bait consisted of 550 g of whiting filets which were placed in a plastic bottle into which holes of 2 cm diameter had been cut to allow odour diffusion. Before starting the experiment at 2300 m water depth the plastic bottle containing the bait was properly sealed with plastic folio. The manipulator arms of "VICTOR 6000" were used to open this seal on the bottom soon

#### Expérience d'attraction par appât

L'appât était constitué de 550 g de filets de merlan introduits dans une bouteille plastique perforée de trous de 2 cm de diamètre pour laisser diffuser les odeurs. Avant de débiter l'expérience, par des fonds de 2300 m, la bouteille contenant les appâts a été soigneusement emballée dans un film plastique. Les bras manipulateurs de "VICTOR 6000" ont été utilisés pour ouvrir cet



before starting the observation process. The arms were also used to remove the bottle at the end of the experiment and bring it back to the surface in the sample tray of the ROV.

The bait was placed between a current meter deployed for high resolution measurements close to the seafloor and a stone in order to get a scale reference (Figure 3.1.2-2). After deployment of the bait, the arriving arctic eelpouts were counted and observed for about 1 hour 20 minutes. A vertical overview was then filmed in order to collect information on the arrangement of individuals around the bait and the positioning to each other. The site was revisited 11 hours 30 minutes later and again an overview survey was carried out.

emballage au fond juste avant le début des observations. Les bras ont également été utilisés pour récupérer la bouteille en fin d'expérience et la remonter en surface dans le panier du ROV.

La bouteille a été placée au fond entre un courantomètre, mouillé pour prendre des mesures avec une résolution fine à proximité du fond, et une pierre qui fournissait une référence d'échelle (Figure 3.1.2-2). Après le déploiement de l'appât, les loquettes arctiques ont été comptées à mesure qu'elles arrivaient et observées pendant environ 80 minutes. Une séquence a alors été filmée à la verticale pour enregistrer les positions relatives des poissons et par rapport à l'appât. Lors du retour sur le site, 11 heures et 30 minutes plus tard, une vue verticale de la scène a été filmée à nouveau.



**Figure 3.1.2-2:** Set up of bait experiment.  
*Configuration de l'expérience d'attraction par appât.*

Two individuals of *Lycodes frigidus* were already around at the time of the bait deployment. They probably had been attracted by the lights of the ROV which had been operating in the vicinity for a couple of hours beforehand. Further fish arrived within the next hour (Figure 3.1.2.-

Deux *Lycodes frigidus* étaient déjà présents au moment de la mise en place de l'appât, probablement attirés par les lumières du ROV qui avait opéré dans le voisinage pendant les deux heures précédentes. D'autres poissons sont arrivés dans l'heure qui a suivi (Figure 3.1.2.-3). Les poissons se sont disposés de

3). The fish arranged in a symmetrical pattern around the bait, presumably waiting for the amphipods to arrive in a sit-and-wait predator behaviour.

façon symétrique par rapport à l'appât, vraisemblablement pour attendre l'arrivée des amphipodes dans un comportement de chasse à l'affût.

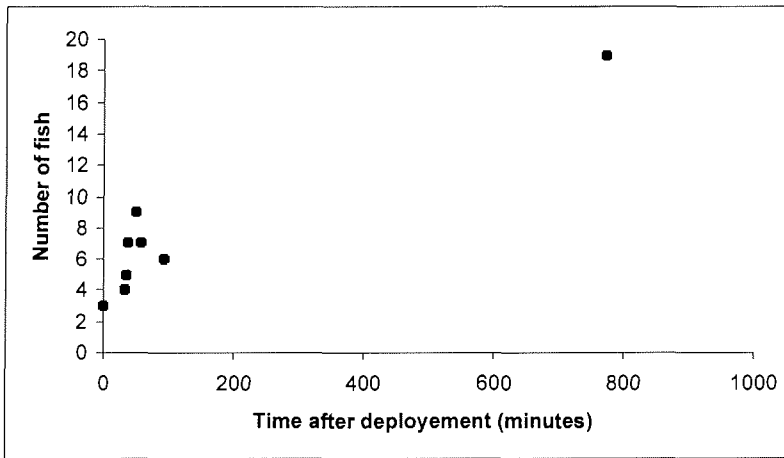


Figure 3.1.2.-3: Number of *L. frigidus* individuals waiting around the bait as a function of time after bait deployment.  
*Nombre d'individus de L. frigidus présents autour de l'appât en fonction du temps après mise en place.*

### 3.1.3 Deep-sea microbiology

#### **Microbiologie des grands fonds**

Helmke, E., Queric, N.

The microbiological deep-sea investigations concentrated on alterations of microbial communities in relation to small and large scale gradients of physical, chemical and biological parameters.

In the area of the Fram Strait small scale gradients were considered preponderantly. The influence of animal derived changes of the physical and chemical surrounding on the microbial communities was the focus of

Les recherches sur la microbiologie des grands fonds ont été centrées sur les altérations des communautés microbiennes en regard des gradients, à petite et grande échelle, de paramètres physiques, chimiques et biologiques.

Dans la zone du Déroit de Fram, on s'est surtout intéressé aux gradients à petite échelle et plus particulièrement aux effets sur les communautés microbiennes de

interest. To answer such questions a precise, directed sampling of sediment is essential, which was accomplished by the ROV "VICTOR 6000". Different benthic invertebrate structures were examined. They were sampled with sediment corers operated by the arms of "VICTOR 6000". In relation to physical and chemical gradients, the qualitative and quantitative changes of the bacterial communities were analysed from the surface of the sediment down to 5 cm depths and from the centre of the structures to 10 cm distance (depending on the animal's position with regard to the current direction). Total counts and bacterial biomass values were used to detect quantitative microhabitat changes, and molecular biological methods like *in situ* hybridization to elucidate differences in the taxonomical community structures. Alterations in the activity of the micro-organisms were followed up by secondary production determined with tritiated thymidine and  $^{14}\text{C}$ -leucine.

Studies on the influence of large scale gradients on microbial communities were conducted in the area of the Fram Strait as well as at the Håkon Mosby Mud Volcano. The effects of temperature, pressure (depth) and substrate gradients were considered. Changes of the microbial communities were studied over the entire water column including the top layer of surface sediment. Bottom sediments were taken with a multicorer and with corers operated by the ROV. Water from different depths was sampled by means of a rosette-water-sampler. Directly above the bottom sediment a high sampling resolution could be attained by employing a newly developed horizontal water sampler (cf. 3.1.5, fig. 3). The variations in the microbial communities were analysed with similar methods as used during the small scale gradient studies. Quantitative alterations were analysed with total counts and bacterial biomass. The population structure was characterised by *in situ* hybridization and by PCR and denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE). Special emphasis was put on revealing differences in the vertical distribution pattern of methylotrophic/methanotrophic bacteria in the

changements dans leur environnement physique et chimique dus aux êtres vivants. Pour aborder ces questions, un échantillonnage précis et ciblé du sédiment est essentiel, et c'est ce qu'a permis le ROV "VICTOR 6000". Différentes structures d'invertébrés benthiques ont été examinées. Elles ont été échantillonnées à l'aide de carottiers manipulés par les bras de "VICTOR 6000". Pour étudier les gradients physiques et chimiques, les changements qualitatifs et quantitatifs dans les communautés microbiennes ont été analysés depuis la surface du sédiment jusqu'à 5 cm de profondeur et sur un rayon de 10 cm autour du centre des structures (selon la position de l'animal par rapport à la direction du courant). Des comptages et des mesures de biomasse de bactéries ont été réalisés pour détecter les changements quantitatifs, et des méthodes de biologie moléculaire, comme l'hybridation *in situ*, pour mettre en évidence les différences dans les structures taxonomiques des communautés. Les altérations dans l'activité des micro-organismes ont été mesurées par la production secondaire estimée via la thymidine tritiée et la  $^{14}\text{C}$ -leucine.

Les études de l'influence des gradients à grande échelle sur les communautés microbiennes ont été réalisées dans la zone du Déroit de Fram ainsi qu'autour du volcan de boues Håkon Mosby. On s'est intéressé aux effets de la température, de la pression (profondeur) et des gradients de substrat. Les changements dans les communautés microbiennes ont été étudiés sur toute la colonne d'eau, y compris la couche superficielle du sédiment. Les sédiments de fond ont été prélevés avec le carottier multitube ainsi qu'avec les carottiers-tubes manipulés par le ROV. L'eau de mer a été prélevée à différentes profondeurs au moyen d'une rosette de bouteilles. A proximité immédiate du fond, un nouvel échantillonneur horizontal d'eau (cf. 3.1.5, fig. 3) a permis des mesures avec une résolution fine. Les variations dans les communautés microbiennes ont été analysées avec les mêmes types de méthodes que décrites ci-dessus pour les gradients à petite échelle.

area with high (Håkon Mosby) and low (Fram Strait) methane gradients. To recognise differences in temperature and pressure adaptation as well as in the affinity of methylotrophs to methane enriched substrates, culture approaches were performed. The liquid (MPNs) and agar cultures are the basis for isolating bacteria, and the bacterial isolates will be used for physiological studies which will show whether the adaptations correspond with the conditions occurring at the place of origin of the bacteria.

All incubations and preparations were done immediately after sampling on board. The final analyses and measurements, however, have to be accomplished in the home laboratory, therefore, up till now definite results are not available.

Les altérations quantitatives ont été mesurées par comptage et estimations de biomasse des bactéries. La structure des populations est analysée par hybridation *in situ*, par PCR et par électrophorèse (DGGE). L'étude vise surtout à mettre en évidence des différences dans la distribution verticale des bactéries méthylophiles/méthanotrophes entre des zones de gradient fort (Håkon Mosby) et faible (Déroit de Fram) en méthane. Des méthodes de culture ont également été mises en œuvre pour détecter des différences dans l'adaptation à la température et à la pression ainsi que dans l'affinité des méthylophiles aux substrats riches en méthane. Les cultures en liquide ou sur agar permettent d'isoler les bactéries, et les isolats seront utilisés dans des études de physiologie pour montrer si les adaptations correspondent aux conditions prévalant sur le site d'origine des bactéries.

Toutes les incubations et les préparations ont été effectuées à bord juste après les prélèvements. Les mesures et analyses finales ne peuvent cependant être réalisées qu'au laboratoire à terre. De ce fait, les résultats définitifs ne sont pas encore disponibles.

### **3.1.4 Recent benthic foraminifera of the "Hausgarten" area**

#### ***Foraminifères benthiques récents de la zone "Hausgarten"***

Wollenburg, J.

At two sites in the "Hausgarten" area multiple corers were sampled for investigations on living and dead benthic foraminifera. From each multiple corer three sediment cores ( $\varnothing$  6 cm) were sliced in one-cm thick slices from the surface to 15 cm sediment depth. Each subsample was stored in a Rose Bengal-Ethanol-mixture, and kept cool until further analyses in the laboratories at the institute. Rose Bengal causes a pink staining of proteins, thus allows to differentiate between foraminifera, which were obviously alive during sampling and empty foraminiferal shells. All samples will be sieved over 63  $\mu$ m mesh, dried and thereafter analysed for living and dead foraminifera. From each sample at least 300 living and 300 dead foraminifera will be picked and determined.

At high northern latitudes taxonomic diversity is high (about 800 species), yet, > 90% of the total foraminiferal fauna is comprised by about 200 major nordic species. Foraminiferal results of the "Hausgarten" area will extend an existing data set on living and dead benthic foraminifera from the marginal and central Arctic Ocean towards the south. Benthic foraminifera are sensitive to changing environmental conditions. Faunal changes usually evolve along environmental parameters with highest influence on the distribution and abundance of most benthic foraminifera. Especially in oligotrophic environments like the central Arctic Ocean the availability of food, thus primary production, is the predominant control-factor of living benthic foraminifera. The correlation between carbon flux and the abundance and distribution of benthic foraminifera (squared correlation coefficient is > 0.8) is recently used as transfer

A deux emplacements du site "Hausgarten", des multi-carottages ont été réalisés pour étudier les foraminifères benthiques vivants ou morts. Sur chaque carotte ( $\varnothing$  6 cm), 3 tranches de 1 cm d'épaisseur ont été prélevées entre la surface et une profondeur de 15 cm de sédiment. Chaque échantillon a été fixé dans un mélange éthanol-Rose Bengale, et stocké au froid pour analyse ultérieure à terre. Le Rose Bengale donne une coloration rose aux protéines, ce qui permet de différencier les foraminifères qui étaient vivants au moment du prélèvement des coquilles vides. Tous les échantillons seront passés sur un tamis de maille 63  $\mu$ m, séchés puis analysés pour trier les foraminifères vivants des morts. Sur chaque échantillon, au moins 300 foraminifères vivants et 300 morts seront prélevés pour identification des espèces.

Dans les hautes latitudes boréales, la diversité spécifique est importante (environ 800 espèces), néanmoins près de 200 espèces majeures constituent plus de 90% de la faune totale des foraminifères. Les résultats obtenus dans la zone "Hausgarten" compléteront vers le sud les données existantes sur les foraminifères benthiques vivants et morts du centre et des marges de l'Océan Arctique. Les foraminifères benthiques sont sensibles aux changements des conditions environnementales. Les modifications de faune se produisent en général sous l'effet des facteurs environnementaux qui ont la plus forte influence sur la distribution et sur l'abondance de la majorité des foraminifères benthiques. En particulier, dans les milieux oligotrophes tels que l'Océan Arctique central, la disponibilité en nourriture, donc la production primaire, est le principal facteur affectant les foraminifères benthiques. La corrélation entre

function for the calculation of palaeoproductivities in the Arctic Ocean (Wollenburg and Kuhnt, 2000; Wollenburg *et al.* 2001). These investigations will be extended to sediment cores from the Fram Strait. The analyses of living and dead foraminifera in the "Hausgarten" area will contribute to the modern data set to allow for palaeoproductivity reconstructions in northern Fram Strait.

#### First results:

The qualitative faunal composition of the "Hausgarten" area is roughly similar to sites from the upper continental slope of northwest Spitsbergen. Yet, in comparison many species fatten up, reaching a larger mean and maximum test-size in the "Hausgarten" area.

le flux de carbone et l'abondance et l'extension des foraminifères benthiques (le carré du coefficient de corrélation est  $> 0,8$ ) est depuis quelques années utilisé comme intermédiaire pour calculer les paléoproductivités dans l'Océan Arctique (Wollenburg & Kuhnt, 2000 ; Wollenburg *et al.* 2001). Ces recherches seront étendues aux carottes sédimentaires du Déroit de Fram. Les analyses des foraminifères vivants et morts de la zone "Hausgarten" compléteront les jeux de données récents et aideront à reconstituer les paléoproductivités dans la partie nord du Déroit de Fram.

#### Résultats préliminaires :

Qualitativement, la composition faunique de la zone "Hausgarten" est pratiquement similaire à celle de sites de la pente continentale supérieure au nord-ouest du Spitzberg. Cependant, plusieurs espèces croissent relativement mieux, et atteignent des tailles moyennes et maximales supérieures dans la zone "Hausgarten".

### 3.1.5 Geochemistry of deep sea sediments and the bottom water

#### Géochimie des sédiments profonds et des eaux de fond

Sauter, E., Schlüter, M., Baumann, L.

Complementing the biological program of the AWI deep sea research group, samples for geochemical characterisation have also been taken from the "Hausgarten" area.

Since the deployment of the ROV "VICTOR 6000" and, thus, push coring was prohibited by ice coverage at the site, sediment samples were taken by a multiple corer at location 78° 52.425' N 04° 41.121' E. The cores were segmented into slices which were squeezed out to obtain pore water by means of a N<sub>2</sub>-operated pore water squeezer. Pore water was used for nutrient and manganese analysis whereas porosity, C/N and bacteriological parameters were intended to be determined from the sediment samples. This data set is expected to reveal the geochemical milieu within the surface sediment of the "Hausgarten" region. This kind of information is important, e.g. to understand faunal species distributions and abundances in this deep sea environment. One key question in this context is how deep the sediment is oxygenated in this region.

For this purpose an *in situ* O<sub>2</sub> microprofiler (MIC, Fig. 3.1.5-1) has been deployed by means of "VICTOR 6000" at the ice-free "Hausgarten" Süd location (78° 45.7' N 04° 46.7' E). MIC had been newly designed to be deployed and activated by the ROV, after having been transported to the sea floor by the shuttle lander. The system consists of a profiler unit (vertical resolution up to 0.1 mm) which can be equipped with up to 8 micro-sensors for O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, pH, and resistivity, a deep-sea power supply and synthetic foam blocks for weight compensation. By a special switch (Fig. 3.1.5-1, arrow) "VICTOR 6000" can initiate a profile measurement. After the measurement has been finished, MIC is moved to an other place and re-activated by

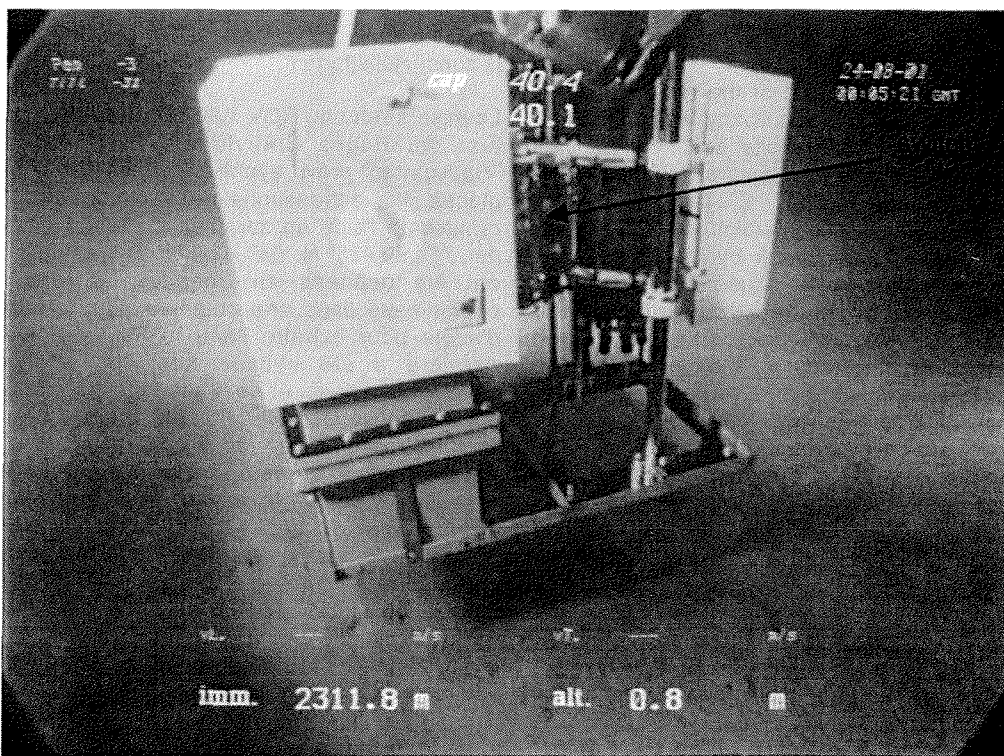
En complément des travaux de biologie du groupe de recherche AWI sur les mers profondes, des mesures de caractéristiques géochimiques ont également été réalisées dans la zone "Hausgarten".

La mise à l'eau du ROV "VICTOR 6000", et donc les carottages individuels, sur le site "Hausgarten" prévu ayant été empêchés par les glaces, les échantillons de sédiment ont été prélevés à l'aide du carottier multi-tube envoyé par 78° 52.425' N, 04° 41.121' E. Les carottes ont été débitées en tranches qui ont été comprimées dans une chambre sous pression d'azote pour extraire l'eau interstitielle. Cette dernière a été utilisée pour les analyses d'éléments nutritifs et de manganèse, tandis que les échantillons de sédiments étaient prévus pour les mesures de porosité, de ratio C/N et de paramètres bactériologiques. Ces données visent à caractériser l'environnement géochimique du sédiment superficiel dans la région du "Hausgarten". Ce type d'information est important pour, par exemple, comprendre la distribution et l'abondance de la faune dans ce milieu profond. Une des questions clés à cet égard est de savoir sur quelle profondeur le sédiment est oxygéné dans cette région.

A cette fin, un micro-profileur d'oxygène *in situ* (MIC, Fig. 3.1.5-1) a été déployé par "VICTOR 6000" sur le site "Hausgarten" Sud libre de glace (78° 45.7' N, 04° 46.7' E). MIC avait été transformé pour être manipulé et activé par le ROV, après avoir été descendu au fond par l'ascenseur. Le système est constitué d'un module profileur (résolution verticale jusqu'à 0.1 mm) qui peut être équipé de 8 micro-sondes mesurant O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, pH, et résistivité, d'une alimentation résistant à la pression et de blocs de mousse synthétique pour neutraliser le poids. A l'aide d'un contacteur spécial (pointé par une flèche sur la Fig. 3.1.5-1), "VICTOR 6000" peut

the ROV for an other measurement or it is put back to the shuttle lander for its way back to the surface. One great advantage against the use of a free falling lander is the possibility to choose the desired measuring spot, e.g. above a certain biogenic structure.

déclencher une mesure de profil. Une fois la mesure terminée, MIC est déplacé vers un autre endroit et réactivé par le ROV pour un autre profil ou est replacé dans l'ascenseur pour être remonté en surface. L'avantage majeur par rapport à un appareil largué du bord est la possibilité de choisir le point de mesure désiré, p. ex. sur une structure biogénique particulière.



**Figure 3.1.5-1:** The *in situ* O<sub>2</sub> microprofiler MIC is put on a measuring location by ROV "VICTOR 6000".

*Le micro-profileur d'oxygène in situ est placé sur un point de mesure par le ROV "VICTOR 6000".*

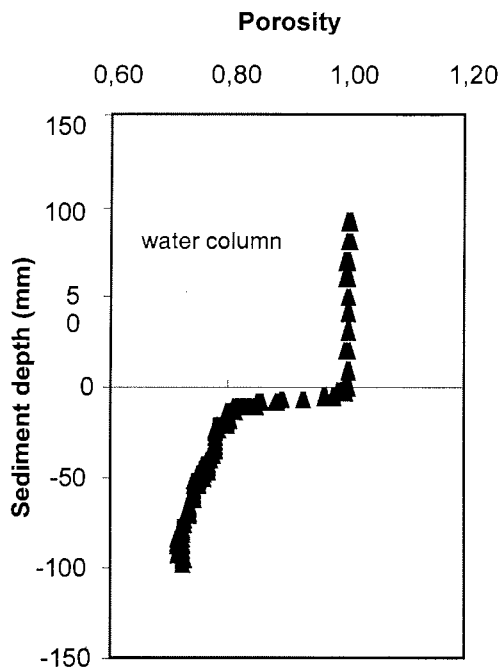
As an example, the porosity profile at the "Hausgarten" Süd location is shown in Fig. 3.1.5-2. Porosity was converted from resistivity data (preliminarily calculated here) and is one steering parameter of diffusive fluxes within the sediment and through the

A titre d'exemple, le profil de porosité au site "Hausgarten" Sud est présenté sur la Fig. 3.1.5-2. La porosité est déduite de la résistivité (calculs encore préliminaires); c'est un des paramètres déterminant les flux diffusifs dans le sédiment et à l'interface eau-



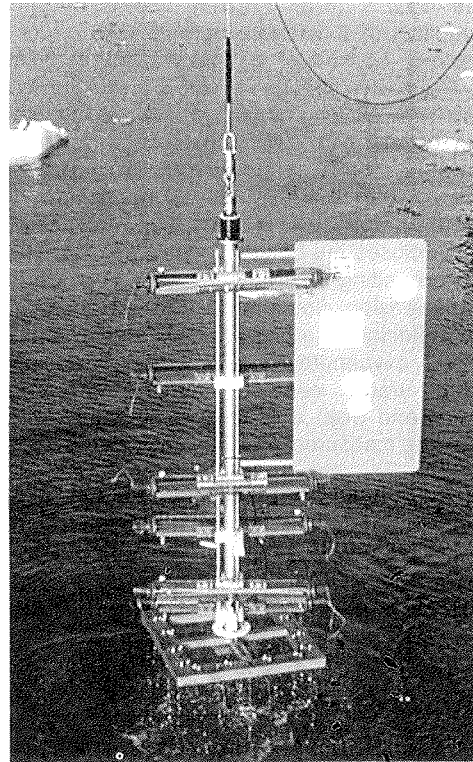
sediment-water interface.

sédiment.



**Figure 3.1.5-2:** Porosity profile of the "Hausgarten" area (preliminary evaluation of resistivity data).

*Profil de porosité au site "Hausgarten" Sud (estimations préliminaires déduites de la résistivité).*



**Figure 3.1.5-3:** Newly developed horizontal bottom water sampler.

*Le nouvel instrument de prélèvement d'eau de fond avec collecteurs horizontaux.*

In contrast, in the water column, molecular diffusion plays a minor role compared to other mixing processes. Solute concentrations are - to a first approximation - often taken to be constant in the near-bottom water column. However, bottom water gradients of dissolved and particulate matter can be found to be even steep, depending on sediment activity and bottom water flow conditions. For the purpose of coupling sedimentary

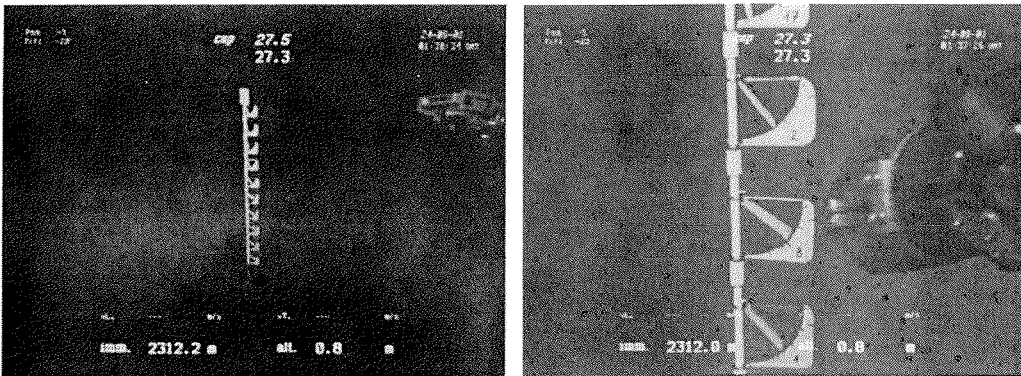
En revanche, dans la colonne d'eau, la diffusion moléculaire joue un rôle mineur par rapport à d'autres processus de mélange. On considère souvent - en première approximation - que les concentrations en solutés sont constantes dans la couche d'eau proche du fond. Cependant, on trouve parfois des gradients abrupts en matières dissoutes et particulaires dans les eaux de fond, selon l'activité dans le sédiment et les conditions de

biogéochimie to the complex processes of the near-bottom water column, a special kind of water sampler was newly developed and deployed for the first time during this cruise. The device (Fig. 3.1.5-3) allows a quick sampling of 6 variable heights over ground within a 2.5 m thick bottom water layer. The device basically consists of 6 water collectors (similar to Nisking bottles) which are mounted horizontally over each other on a vertically turnable pipe. A large current flag turns the bottles into luff-lee direction. A ground releaser activates a burn wire mechanism which closes the bottles several minutes after ground setting. The time delay ensures that a resuspension cloud is flushed away before the collectors are closed. Even in this region of well oxygenated bottom water (due to the deep water renewal of the adjacent Greenland Sea) a bottom water O<sub>2</sub> gradient could be measured with this new device.

Those bottom water gradients are of course strongly dependent on the flow regime in the near bottom zone. To our knowledge there are no high resolution current velocity data close to the sea floor yet. Several approaches have been undertaken, e.g. by means of particle cameras which normally are limited to one height over ground and by acoustic Doppler methods which have problems of artificial reflections from the sea floor and the device (frame) itself, and furthermore have still pressure problems in greater water depths. To circumvent those problems we developed a new but simple type of current flags for special use by "VICTOR 6000".

circulation de l'eau au fond. Pour permettre de faire le lien entre la biogéochimie sédimentaire et les processus complexes intervenant dans la couche d'eau proche du fond, on a mis au point un nouveau type d'échantillonneur d'eau qui a été mis en œuvre pour la première fois lors de cette campagne. Cet appareil (Fig. 3.1.5-3) permet de prélever de l'eau simultanément à 6 niveaux au dessus du fond sur une hauteur de 2.5 m. Il est constitué de 6 collecteurs d'eau (du type bouteille Nisking) horizontaux montés l'un au dessus de l'autre sur un tube tournant sur un axe. Un empennage lui permet de s'orienter dans le sens du courant. Au contact du fond, un déclencheur active un système de fusible qui ferme les collecteurs quelques minutes après l'arrivée au fond. La temporisation permet d'assurer que le nuage de sédiments soulevés lors de l'atterrissage est évacué avant la fermeture. Même dans cette région O<sub>2</sub> l'eau de fond est bien oxygénée (grâce au courant de fond de la Mer du Groenland proche), un gradient d'oxygène à proximité du fond a pu être mesuré avec ce nouvel instrument.

Bien entendu, ces gradients dépendent étroitement du régime de circulation près du fond. A notre connaissance, il n'existe pas encore de données à résolution fine sur les vitesses de courant près du fond. Plusieurs approches ont été tentées, p .ex. avec des caméras filmant les particules, mais qui sont en principe limitées à une seule hauteur d'observation au dessus du sol, et par des appareils acoustiques à effet Doppler qui souffrent de problèmes de réflexions artificielles par le fond ou par le bâti de l'appareil, avec en plus des problèmes de résistance à la pression dans les grandes profondeurs. Pour contourner ces problèmes, nous avons mis au point un nouveau système rustique de courantomètre spécialement pour une utilisation avec "VICTOR 6000".

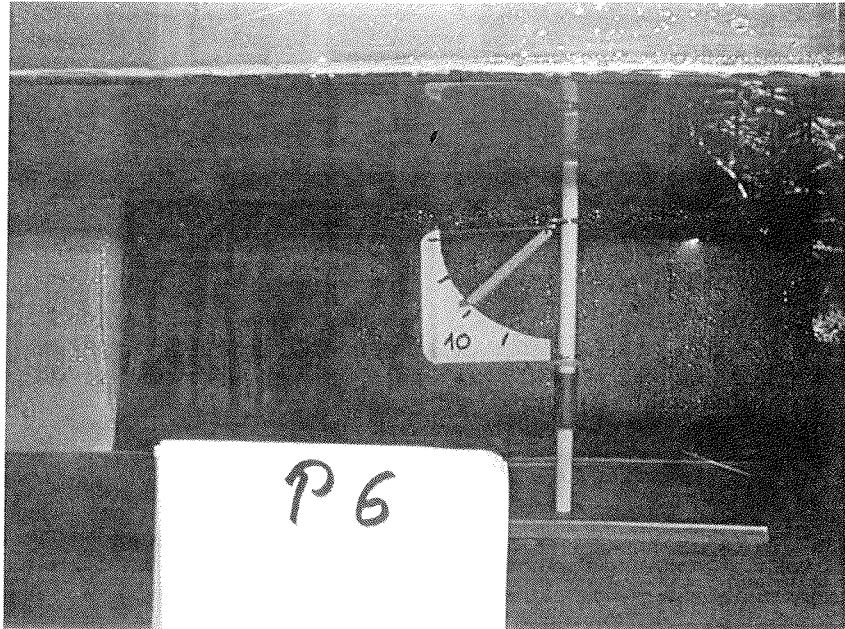


**Figure 3.1.5-4:** Array of current flags on the sea floor.  
*Courantomètre à fanions sur le fond.*

A glass fibre stick of about 1 m length, carrying 10 current flags above each other, was vertically anchored at the sea floor (Fig. 3.1.5-4) by "VICTOR 6000"'s manipulator arm. All 10 current flags had been individually calibrated previously in a flume at GEOMAR, Kiel (Fig. 3.1.5-5). The flag array has been observed by the video system of "VICTOR 6000" from about 5 m aside, perpendicular to the main bottom current. By reading out the flag's angle from the vertical (zero) position the current velocity is determined for each flag. The observation allows to determine current direction and velocity at each of the 10 heights over ground (vertical resolution about 10 cm) with an accuracy of better than 0.5 cm/s. Typical bulk velocities lie between 5 and 7 cm/s.

Il est fait d'une tige en fibre de verre d'environ 1 m, portant 10 "fanions" munis d'une palette, qui peut être plantée au fond par le bras manipulateur de "VICTOR 6000" (Fig. 3.1.5-4). Chacun des 10 fanions avait auparavant été calibré individuellement dans la veine d'eau du GEOMAR à Kiel (Fig. 3.1.5-5). Le système a été observé par les caméras vidéo de "VICTOR 6000" à environ 5 m de distance, perpendiculairement au courant de fond dominant.

En constatant l'angle de la palette avec la verticale, on pouvait ainsi estimer la vitesse du courant sur chaque fanion. Ceci a permis de déterminer la direction et la vitesse du courant à chacune des 10 hauteurs (résolution verticale de près de 10 cm) avec une précision meilleure que 0.5 cm/s. Typiquement, les vitesses allaient de 5 à 7 cm/s.



**Figure 3.1.5-5:** Current flag calibration in a flume at GEOMAR, Kiel prior to the field deployment. Different flow velocities, known from ADCP measurements were applied for each flag and the corresponding angle was determined.  
*Calibration du courantmètre à fanions dans la veine d'eau du GEOMAR à Kiel avant utilisation en mer. L'angle de la palette sur chaque fanion a été déterminé pour différentes vitesses de flux connues par des mesures ADCP.*

### **3.2 The Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV)**

#### **Volcan de boue Håkon Mosby (VBHM)**

#### **3.2.1 Video observation of the Håkon Mosby Mud Volcano terrain**

##### **Observations vidéo sur le site du volcan de boue Håkon Mosby**

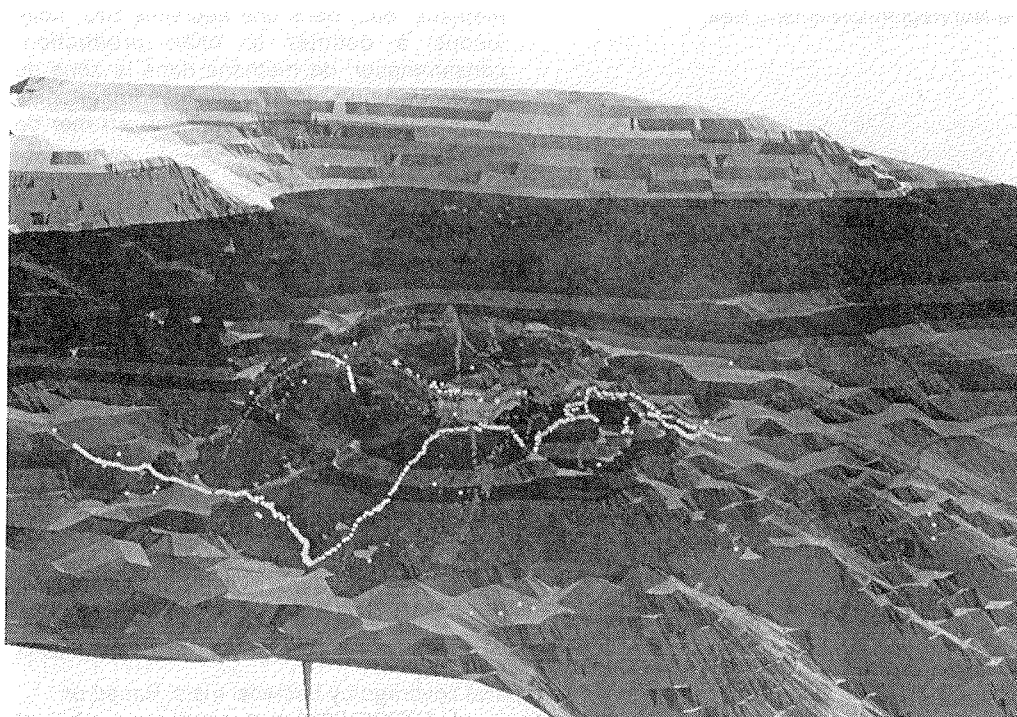
Schlüter, M., Boetius, A., Klages, M., Sauter, E., Soltwedel, T

The objective of our geochemical research at the Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) was the investigation of production and release of methane from sediment to the water column, and the characterisation of different spatial entities including (1) the distribution of

L'objectif de nos recherches en géochimie sur le volcan de boue Håkon Mosby (VBHM) était l'étude de la production de méthane et de sa libération du sédiment vers la colonne d'eau, et la caractérisation de différents faciès dont : (1) la distribution des tapis bactériens, (2) les

bacterial mats, (2) the sediments covered by *Pogonophora*, and (3) the muddy sediments in the centre of the mud volcano. For these purposes, video tracks were recorded during several dives of VICTOR 6000 (Fig. 3.2.1-1). In order to obtain high quality videos with negligible distortion the vertical camera was used and VICTOR 6000 was held at a constant height above seafloor and at constant speed.

sédiments recouverts de Pogonophores, et (3) les sédiments vaseux au centre du volcan. Pour cela, on a enregistré les images prises le long de radiales lors de plusieurs plongées de VICTOR 6000 (Fig. 3.2.1-1). Pour obtenir des images de haute qualité sans distorsion, on a utilisé la caméra verticale et VICTOR 6000 a été piloté à une altitude constante au dessus du fond et à une vitesse constante.



**Figure 3.2.1-1:** 3D map of the Håkon Mosby Mud Volcano showing diving tracks by VICTOR 6000  
*Image en relief du volcan de boue Håkon Mosby avec les radiales parcourues par VICTOR 6000.*

For data analysis by Geo-Information Systems (GIS) the mosaics procedure of the ADELIE software (IFREMER) was applied to convert the video stream into a georeferenced image format. An example of this conversion is given in Fig. 3.2.1-2. Based on the entire video tracks of several hundred meters we will (1) map the spatial distribution

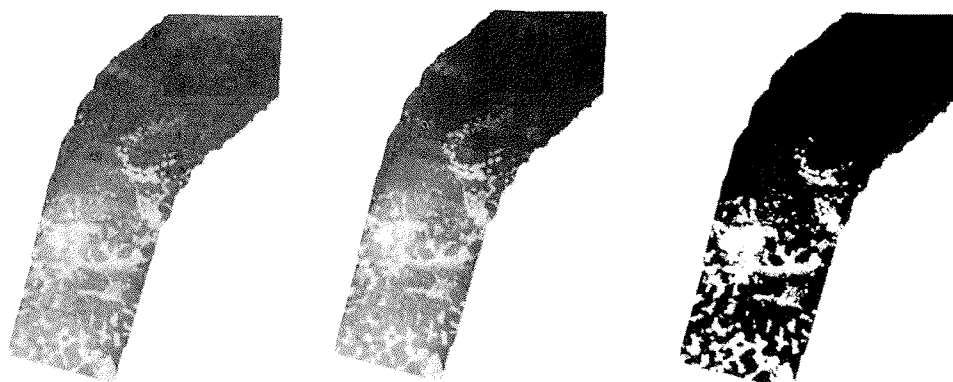
En vue d'analyser les données dans un Système d'Information Géographique (SIG), l'outil de mosaïque du logiciel ADELIE (IFREMER) a été utilisé pour convertir les signaux vidéo en images géoréférencées. La figure 3.2.1-2 montre un exemple de ce traitement. A partir des enregistrements vidéo couvrant plusieurs centaines de mètres de

of *Beggiatoa* mats, (2) calculate the coverage by bacteria mats, (3) identify different sedimentary/geochemical habitats at Håkon Mosby. For the later aspect our sediment and pore water data will be considered.

By combination of still photographs, video streams, geochemical data (e.g. methane concentration), and GIS technique we aspire to derive a budget for the release and consumption of methane by the mud volcano, one of the large point sources for methane in the Norwegian-Greenland Sea.

radiales, nous prévoyons de (1) cartographier la distribution spatiale des tapis de *Beggiatoa*, (2) calculer l'aire couverte par les tapis bactériens, (3) identifier les différents habitats sédimentaires et géochimiques du volcan Håkon Mosby. Pour (3), les mesures prises sur nos échantillons de sédiments et d'eau interstitielle seront utilisées.

En combinant les information fournies par les photos instantanées, les bandes vidéo, les mesures géochimiques (concentration en méthane, etc.) dans une approche SIG, nous visons à estimer le bilan production-consommation de méthane dans la zone du volcan de boue, qui est une des importantes sources ponctuelles de méthane en mer de Norvège.



**Figure 3.2.1-2:** Example of calculation of the spatial coverage by bacterial mats. Based on video tracks by the vertical camera of VICTOR 6000, the mosaics procedure of the ADELIE software was applied to generate an image format (left, original colour image). Conversion to grey scale (middle) and reclassification of the image (right) allowed the calculation of the spatial distribution and coverage of *Beggiatoa* mats.

*Exemple de calcul de l'aire couverte par les tapis bactériens. A partir des enregistrements vidéo de la caméra verticale de VICTOR 6000, l'outil mosaïque du logiciel ADELIE génère une image en couleur (à gauche). Celle-ci est convertie en dégradés de gris (milieu) et les points sont reclassés par niveau (à droite) ce qui permet de calculer la distribution spatiale et l'étendue des tapis de *Beggiatoa*.*

### **3.2.2 Microbial methane turnover in sediments and bottom waters of the Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV)**

#### **Oxydation microbienne du méthane dans les sédiments et les eaux de fond du volcan de boue Håkon Mosby (VBHM)**

Boetius, A., Nadalig, T., Sauter, E.

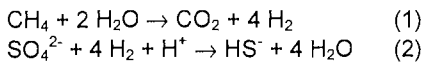
Microbially mediated anaerobic oxidation of methane (AOM) is the major biological sink of methane in marine sediments. Hence, this process is crucial in maintaining a sensitive balance of our atmosphere's greenhouse gas content. However, a fundamental understanding of the associated biology is still lacking, consequently preventing a thorough biogeochemical understanding of an integral process in the global carbon cycle. Earlier microbiological work trying to resolve the enigma of AOM mostly failed because it was largely focussed on the simulation of AOM under laboratory conditions using cultivable candidate organisms. Improving the understanding of the biological and biochemical details of AOM has been recently achieved by a combined effort of biogeochemists and microbiologists using novel analytical tools tailored for the study of unknown microbes and habitats.

Such studies employing stable isotopes, radiotracers, modelling, and microbiological techniques have established that methane in marine sediments is oxidised biologically under anoxic conditions. Although no anaerobic methanotroph has ever been isolated, biogeochemical studies have shown that the overall process involves a transfer of electrons from methane to sulfate. Accordingly, the isotopic and genetic signatures of the dominant microbial populations in environments enriched with methane proved that this transfer is mediated by a microbial consortium that includes archaea and sulfate-reducing bacteria (Hinrichs et al. 1999, Boetius et al. 2000, Orphan et al. 2001). The current hypothesis is that AOM is mediated by the two syntrophic partners, which rely on interspecies hydrogen transfer: methanogenic archaea mediating the oxidation of methane with water (reaction 1),

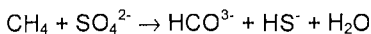
L'oxydation anaérobie du méthane (OAM) par les micro-organismes est le principal puits biologique de méthane dans les sédiments marins. Ce processus est donc crucial pour le maintien du fragile équilibre de notre atmosphère quant à son contenu en gaz à effet de serre. Toutefois, les connaissances fondamentales sur les mécanismes biologiques associés manquent encore, ce qui empêche de bien comprendre la biogéochimie d'un processus clé du cycle du carbone. Les travaux antérieurs en microbiologie qui visaient à résoudre l'énigme de l'OAM ont surtout échoué parce qu'ils se focalisaient sur la simulation de l'OAM au laboratoire à partir de quelques organismes cultivables. Une meilleure compréhension des détails biologiques et biochimiques de l'OAM a été obtenue récemment grâce aux efforts conjoints de biogéochimistes et de microbiologistes qui ont utilisé de nouveaux outils d'analyse adaptés à l'étude de micro-organismes et d'habitats inconnus.

Ces travaux faisant appel aux isotopes stables, aux radiotraceurs, à la modélisation et à des techniques de microbiologie ont établi que le méthane des sédiments marins est oxydé biologiquement en conditions anoxiques. Bien que l'on n'ait encore isolé aucun micro-organisme méthanotrophe anaérobie, les études de biogéochimie ont montré que le processus général implique un transfert d'électrons du méthane aux sulfates. De même, les signatures isotopiques et génétiques des populations microbiennes dominantes dans les environnements enrichis en méthane ont prouvé que ce transfert se fait via un consortium de micro-organismes comprenant des archaea et des bactéries réduisant les sulfates (Hinrichs et al. 1999, Boetius et al. 2000, Orphan et al. 2001). L'hypothèse prévalante est que l'OAM est

and sulfate reducing bacteria scavenging the intermediate hydrogen (reaction 2):



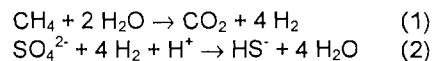
The net reaction of methane oxidation can thus be formulated as:



In the methane budget proposed by Reeburgh (1996), more than 80% of the methane produced annually in anoxic marine sediments is consumed before it can reach the atmosphere. The previously estimated 75 Tg/yr (not including the high AOM rates at methane seeps) indicate that methane consumption is nearly twice the annual increase in the atmospheric inventory of CH<sub>4</sub> (40 Tg/yr). In several sedimentary environments, AOM can be the dominant sulfate-consuming process, e.g., in sediments above gas hydrate and at methane seeps, as well as in the deep biosphere. No data are yet available from mud volcanoes which are another important geological source of methane. An updated compilation of AOM rates shows that the consumption of methane in gassy sediments is probably several times higher than previously estimated (Hinrichs and Boetius, in press). Hence, even if the area affected by methane seepage at continental margins is below 1%, this might have a significant impact on the total methane budget. Thus, measurements of methane turnover rates in sediments and bottom water and methane emission to the hydrosphere are extremely important for realistic calculations of methane consumption in the sea.

Since January 2001 the BMBF-funded project MUMM ("*Mikrobieller Umsatz von Methan in gashydrathaltigen Sedimenten*") investigates the microbial methane turnover above focussed sources of methane in the sea. Other key research areas are Hydrate Ridge (Cascadia Margin off Oregon, USA, Projects LOTUS and OMEGA, GEOMAR) and the methane seeps of the north-western Black Sea (Project GHOSTDABS, University Hamburg). The Håkon Mosby Mud Volcano

assurée par deux partenaires syntrophiques qui dépendent de transferts interspécifiques d'hydrogène : les archaea méthanogènes qui facilitent l'oxydation du méthane en présence d'eau (réaction 1), et les bactéries sulfato-réductrices qui consomment l'hydrogène intermédiaire (réaction 2):



La réaction nette de l'oxydation du méthane se ramène alors à:



Dans le budget du méthane proposé par Reeburgh (1996), plus de 80% du méthane produit annuellement dans les sédiments anoxiques marins est consommé avant d'atteindre l'atmosphère. Le taux estimé de 75 Tg/an (excluant les forts taux d'OAM près des suintements de méthane) laisse penser que la consommation en méthane est de presque deux fois l'accroissement annuel du stock de CH<sub>4</sub> atmosphérique (40 Tg/an). L'OAM peut être le processus prédominant de consommation de sulfate dans plusieurs environnements sédimentaires, tels que les sédiments recouvrant des hydrates de gaz ou proches d'évents de méthane, ou encore la biosphère profonde. On ne dispose pas encore de données sur les volcans de boue qui sont une autre source géologique importante de méthane. Une compilation remise à jour des taux d'oxydation anaérobie du méthane montre que la consommation de méthane dans des sédiments enrichis en gaz est probablement plusieurs fois supérieure aux estimations antérieures (Hinrichs et Boetius, sous presse). Dès lors, même si moins de 1% de la superficie des marges continentales est affectée par des émanations de méthane, l'impact sur le budget total en méthane peut être significatif. Mesurer les taux d'oxydation du méthane dans les sédiments et les eaux de fond et les émissions de méthane vers l'hydrosphère est donc extrêmement important pour obtenir des estimations réalistes de la consommation de méthane dans l'océan.



on the Barents Sea continental margin is the deepest and coldest site investigated in this project which is carried out in co-operation between MPI and AWI.

The main questions for this investigation were:

- Where are the hot spots of methane turnover at the Håkon Mosby Mud Volcano?
- How much methane is oxidised anaerobically in the sediments?
- How much methane is oxidised aerobically in the bottom water?
- What are the dominant microbial populations mediating anaerobic methane turnover?
- Is their isotopic signature indicative of methane consumption?
- What is the link between microbial methane turnover and the chemosynthetic communities at the HMMV?

#### Materials and Methods

The Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) at about 72° N 14° E was first investigated during an international cruise with RV "Logachev" in 1996. It is the only mud volcano in a polar region that has been studied in greater detail by photo and video camera observation. The HMMV is situated on the continental slope north-west of Norway at a water depth of 1250 m. It has a diameter of about 2 km, with an outer rim populated by methane-depending, chemosynthetic communities and an inner centre of about 500 m diameter where fresh muds are expelled. Between the central plain and the outer rim, a complex topography of hills and depressions can be found which is derived from the transport of young sediments. For the purpose of this study, a few selected key locations have been sampled with the ROV (centre of the HMMV crater, the south and south-east of the crater and the surrounding area) as well as with the multiple corer (Tab. 3.2.2-1). To obtain bottom water samples at these sites, the rosette and the horizontal bottom water sampler were used (Tab. 3.2.2-2).

Depuis Janvier 2001, le projet MUMM ("*Mikrobieller Umsatz von Methan in gashydrathaltigen Sedimenten*") financé par le BMBF réalise des recherches sur l'oxydation du méthane par les micro-organismes au dessus de sources ponctuelles de méthane en mer. Des recherches sont menées sur d'autres zones clés comme l'Hydrate Ridge (Marge Cascadia au large de l'Oregon, USA, Projets LOTUS et OMEGA du GEOMAR) et les suintements de méthane dans le nord-ouest de la Mer Noire (Projet GHOSTDABS, Université de Hambourg). Le volcan de boue Håkon Mosby sur la marge continentale de la Mer de Barents est le site le plus profond et le plus froid; il est étudié dans ce projet mené en coopération entre l'Institut Max-Planck de microbiologie marine (MPI) et l'Institut Alfred Wegener (AWI).

Les principales questions de recherche du projet sont :

- Où sont les sites clés de renouvellement du méthane sur le volcan de boue Håkon Mosby ?
- Quelle quantité de méthane est oxydée de façon anaérobie dans les sédiments ?
- Quelle quantité de méthane est oxydée de façon aérobie dans les eaux de fond ?
- Quelles sont les populations microbiennes dominantes qui facilitent l'oxydation anaérobie du méthane ?
- Leur signature isotopique révèle-t-elle la consommation de méthane ?
- Quel est le lien entre l'oxydation bactérienne du méthane et les communautés chimiosynthétiques du VBHM ?

#### Matériel et méthodes

Le volcan de boue Håkon Mosby (VBHM), situé à environ 72° N, 14° E, a été étudié pour la première fois lors d'une campagne internationale du N/O "Logachev" en 1996. C'est le seul volcan de boue d'une région polaire étudié en détail à l'aide de caméras photo et vidéo. Le VBHM est situé sur la pente continentale au nord-ouest de la Norvège par des fonds de 1250 m. Il a un diamètre de près de 2 km, dont une zone

The major aim of this study was the investigation of microbial sulfate reduction (SRR) and anaerobic methane oxidation (AOM) in methane enriched surface sediments of the HMMV. Samples were obtained from the sediment cores which were retrieved by the ROV and by multiple corer hauls (Tab. 3.2.2-1). We will compare oxidation rates obtained by numerical modelling of changes in pore water concentrations of methane and sulfate to the measurements with radioactive tracer.

centrale de 500 m de diamètre environ où les boues "fraîches" sont expulsées, et une marge externe peuplée de communautés chimiosynthétiques liées au méthane. Entre la plaine centrale et la marge externe, on trouve une topographie complexe de collines et de dépressions due au transport de sédiments récents. Pour les besoins de notre étude, quelques sites clés ont été choisis et échantillonnés avec le ROV (au centre, au sud et au sud-est du cratère, et à l'extérieur du volcan) ainsi qu'avec le carottier multi-tube (Tab. 3.2.2-1). Sur ces sites, les échantillons d'eau de fond ont été prélevés avec une rosette et avec les collecteurs horizontaux (Tab. 3.2.2-2).

**Table 3.2.2-1.** Sediment samples obtained by multiple corer (MUC) and ROV (Dive). Sediment samples were split into 3 horizons (0-6, 6-12, and 12-18 cm) for rate measurements and microcosm experiments, as well as for microbial diversity analysis. Samples were obtained in 1 cm layers from 0-20 cm for total bacterial counts, fluorescence in situ hybridization (FISH) and for biomarker analysis (samples obtained by J Wollenburg).

*Echantillons de sédiment prélevés avec le carottier multi-tube (MUC) et lors des plongées ROV (Dive). Les échantillons ont été découpés selon 3 niveaux (0-6, 6-12 et 12-18 cm) pour les mesures de taux d'oxydation, pour les expériences en microcosme et pour les analyses de diversité bactérienne. Ceux destinés aux comptages de bactéries, et aux analyses FISH et biomarqueurs ont été débités en tranches de 1 cm dans la couche 0 à 20 cm (travail réalisé par J. Wollenburg).*

Station	Community	Location	depth (m)	date
MUC 10	sulfidic sediments	N72°0,17 E14°43,57	1262	29-Aug-01
MUC 12	sulfidic sediments	N72°0,10 E14°43,57	1260	29-Aug-01
MUC 14	sulfidic sediments	N72°0,10 E14°43,58	1237	29-Aug-01
MUC 18	Pogonophora	N72°0,08 E14°43,38	1262	29-Aug-01
MUC 22	Pogonophora	N72°0,0' E14°43,39	1264	30-Aug-01
MUC 28	reference	N71°58,10 E14°43,13	1265	1-Sep-01
Dive 4	bacterial mats	N72°0,19 E14°43,67	1264	30-Aug-01
Dive 5/a	center	N72°0,22 E14°43,50	1253	31-Aug-01
Dive 5/b	bacterial mats	N72°0,12 E14°43,56	1254	1-Sep-01
Dive 5/c	bacterial mats	N72°0,24 E14°44,07	1254	1-Sep-01

For the measurement of methane concentrations in sediments, a sample is mixed into a sodium hydroxide solution. After equilibration with the headspace of the

L'objectif principal de notre recherche est l'étude de la réduction microbienne des sulfates (SRR) et l'oxydation anaérobie du méthane (OAM) dans les sédiments

sample vial, a gas sample is removed with a gas tight syringe and injected into a gas chromatograph with a flame ionisation detector. Sulfate and sulfide concentrations in sediment pore-water fixed with zinc chloride will be determined photometrically. For the tracer measurements both radioactive tracers  $^{35}\text{SO}_4$  and  $^{14}\text{CH}_4$  were injected into replicate core sub-samples (inner diameter 1 cm) which were incubated anoxically at *in situ* temperature for 24 hrs. After incubation, the sediment sub-cores (1-5, 7-11, 13-17 cm) were mixed with zinc acetate (20% w/w) or sodium hydroxide (2.5% w/w), respectively, to stop the bacterial activity. These samples will be analysed in the home laboratory.  $^{14}\text{C}$  - methane is injected into undisturbed sediment samples and incubated for hours to days. Subsequent mixing of the samples into a solution of sodium hydroxide terminates the microbial activity. The SRR and AOM rates are calculated from the amount of  $\text{H}_2^{35}\text{S}$  or  $^{14}\text{CO}_2$  formed and from the concentration and radioactivity of sulfate or methane in the sample, respectively (Iversen and Blackburn 1981).

superficiels enrichis en méthane du VBHM. Les échantillons de sédiment ont été obtenus à l'aide des carottiers-tubes manipulés par le ROV et avec le carottier multi-tube (Tab. 3.2.2-1). Nous comparerons les taux d'oxydation estimés par modélisation numérique des variations de concentration en méthane et sulfate dans l'eau interstitielle avec les mesures obtenues avec des traceurs radioactifs.

Pour les mesures de concentration en méthane dans les sédiments, les échantillons sont homogénéisés dans une solution d'hydroxyde de sodium. Après équilibration avec la phase gazeuse du flacon, un échantillon de gaz est prélevé avec une seringue étanche aux gaz et injecté dans un chromatographe en phase gazeuse équipé d'un détecteur à ionisation de flamme. Les concentrations en sulfate et sulfures dans l'eau interstitielle fixée au chlorure de zinc seront mesurées par photométrie.

**Table 3.2.2-2.** Water samples obtained by the horizontal bottom water sampler (BWS), by rosette (CTD), ROV (Dive) and from the multiple corer (MUC). Water samples were used for methane oxidation measurements and for fluorescence in situ hybridization.

*Echantillons d'eau prélevés avec les collecteurs horizontaux (BWS), avec la bathysonde (CTD), avec le ROV (Dive) et sur les carottes du multi-tube (MUC). Ces échantillons ont servi aux mesures d'oxydation du méthane et aux analyses FISH.*

Station	Community	Location		depth (m)	date
BWS 13	Pogonophora	N72°0,07	E14°43,59	1261	29-Aug-01
CTD 23	Pogonophora	N72°0,09	E14°43,42	1258	31-Aug-01
Dive 4	bacterial mats	N72°0,19	E14°43,67	1264	30-Aug-01
Dive 5/a	center	N72°0,22	E14°43,50	1253	31-Aug-01
Dive 5/c	bacterial mats	N72°0,24	E14°44,07	1254	1-Sep-01
MUC 28	reference	N71°58,10	E14°43,13	1265	1-Sep-01

Water samples were taken with two types of water samplers (rosette and horizontal water sampler) as well as from the multiple corers to

Pour les mesures de consommation des sulfates et du méthane, des traceurs radioactifs  $^{35}\text{SO}_4$  et  $^{14}\text{CH}_4$  ont été injectés

investigate the methane emission from the sediments into the water column. Microbial oxidation of methane in the water column was measured using tritium-labelled methane ( $C_3H_4$ ). Water samples were incubated for 3 days under *in situ* temperature ( $-1^\circ C$ ) in the dark before termination of the reaction with addition of formaldehyde (method according to Valentine et al. 2001).

Further sub-samples were taken from cores and slurries to determine the total number of bacteria, to quantify different taxonomic groups of bacteria by fluorescence *in situ* hybridisation (FISH, method according to Pernthaler et al. 2001) and to investigate the metabolic activity of methane consuming micro-organisms involved in sulfate reduction and methane oxidation under controlled laboratory conditions in microcosms. Furthermore, sediment sub-samples were obtained to investigate the distribution of lipid products derived from members of AOM consortia and their stable carbon isotopic composition which bears diagnostic information on the carbon source and/or metabolic carbon fixation pathway utilised by its producer (sub-sampling by J. Wollenburg). All these samples will be processed in the home laboratories of MPI and AWI.

#### Preliminary results

Molecular ecology studies based on 16S ribosomal DNA diversity and whole cell hybridisation revealed a substantial diversity among the microbial players in different methane-rich environments. One important question for understanding the process of AOM is whether this process obligatorily requires the syntrophy of sulfate reducing bacteria with methanogenic archaea in the form of symbiotic associations as observed in the sediments of the Hydrate Ridge. Orphan et al. (2001) found a similar consortium in sediments of the Eel River Basin and proved its capability of methane consumption under anaerobic conditions. A different archaea/bacteria consortium has been detected in surface sediments above a subsurface gas hydrate layer in the Congo

dans plusieurs sous-échantillons de carottes (diamètre interne de 1 cm) qui ont été incubés pendant 24 heures en conditions anoxiques à la température *in situ*. Après incubation, les tranches de carottes (1-5, 7-11, 13-17 cm) ont été mélangées avec de l'acétate de zinc (20% w/w) pour  $^{35}SO_4$  ou de l'hydroxyde de sodium (2.5% w/w) pour  $^{14}C H_4$ , afin de stopper l'activité bactérienne. Ces échantillons seront analysés au laboratoire à terre. Du méthane marqué au  $^{14}C$  est injecté dans des échantillons de sédiment non perturbé et mis à incuber pendant quelques jours. Une solution d'hydroxyde de sodium est ensuite ajoutée pour stopper l'activité microbienne. Les taux de SRR et d'OAM seront calculés respectivement à partir de la quantité de  $H_2^{35}S$  ou de  $^{14}CO_2$  formés, et de la concentration et de la radioactivité des sulfates ou du méthane dans l'échantillon (Iversen et Blackburn 1981).

Les échantillons d'eau ont été prélevés avec deux types de collecteurs (rosette et horizontaux) ainsi que sur les carottes du multi-tube pour étudier l'émission de méthane des sédiments vers la colonne d'eau. L'oxydation microbienne du méthane dans la couche d'eau a été mesurée à l'aide de méthane marqué au tritium ( $C_3H_4$ ). Les échantillons d'eau ont été incubés pendant 3 jours dans le noir et à température *in situ* ( $-1^\circ C$ ) avant arrêt de la réaction par addition de formol (méthode proposée par Valentine et al. 2001).

D'autres sous-échantillons ont été pris sur les carottes en vue d'estimer le nombre total de bactéries, de quantifier les différents groupes taxonomiques de bactéries par la méthode FISH (cf. Pernthaler et al. 2001) et d'étudier, en conditions contrôlées (microcosmes), l'activité métabolique des micro-organismes impliqués dans la réduction des sulfates et l'oxydation du méthane. En outre, des sous-échantillons de sédiment ont été réservés pour étudier la distribution des composés lipidiques d'origine microbienne provenant des microorganismes impliqués dans l'OAM et leur composition en isotopes stables du carbone; ceci apporte des informations utiles sur la source de carbone et/ou les

basin and in microbial associations in the Black Sea (Knittel et al. unpubl. data). It is likely that different forms of syntrophic associations are responsible for AOM in such methane-rich environments. Evidence derived from parallel biomarker chemotaxonomy and 16S rRNA or FISH probing in several environments supports the hypothesis that several phylotypes have to be considered as producers of  $^{13}\text{C}$ -depleted archaeol and hydroxyarchaeol. A series of studies report the predominant occurrence of phylotypes from the ANME-2 group (more closely related to Methanosarcinales than ANME-1) in sediments hosting active AOM communities (Boetius et al. 2000, Orphan et al. 2001, Teske et al. in prep.). On the other hand, we observed cases in which the ANME-1 group was predominant (Hinrichs et al. 1999) or even the exclusive archaeal group, but  $^{13}\text{C}$ -depleted archaeol and hydroxyarchaeol were present as well. This indicates a considerable archaeal diversity in AOM communities.

At the HMMV, sites with highest methane enrichment were indicated by the presence of white mats of giant sulfur-oxidising bacteria (presumably *Beggiatoa*) on the seafloor. These bacterial mats covered large areas around the centre of the HMMV. The thickest mats retrieved were up to several mm thick and consisted of tangled filaments which were relatively easily resuspended from the sediment surface in large aggregates. Fluorescence *in situ* hybridisation (FISH) of surface sediments recovered from beneath a mat of the giant sulfide oxidising bacteria in the southern part of the HMMV revealed that archaea dominate the microbial assemblage in the sediments. Abundant aggregates of archaeal cells were found, but only some of them were associated with bacteria. The archaea were identified as members of the cluster ANME-2 which is part of the order Methanosarcinales and is known to be capable of AOM. Some aggregates were surrounded by sulfate reducing bacteria of the cluster of delta-proteobacterial SRB that is closely related to the *Desulfosarcina-Desulfococcus* group (Lösekan, Nadalig, unpubl. results). These aggregates were smaller than 3 (m in diameter with an inner

mécanismes de fixation du carbone métabolique utilisés par ses producteurs (échantillonnage réalisé par J. Wollenburg). Tous ces échantillons seront étudiés dans les laboratoires du MPI et de l'AWI.

#### Résultats préliminaires

Les études écologiques utilisant la biologie moléculaire (diversité de l'ADN ribosomal 16S et hybridation de cellules entières) ont mis en évidence la grande diversité des micro-organismes présents dans différents environnements riches en méthane. Une question d'importance pour comprendre le processus de l'OAM est de savoir si celui-ci exige obligatoirement la syntrophie des bactéries sulfato-réductrices et des archaea méthanogènes, sous forme d'associations symbiotiques telles qu'observées dans les sédiments de l'Hydrate Ridge. Orphan et al. (2001) ont trouvé ce genre de consortium dans les sédiments du bassin de l'Eel River et ont prouvé son aptitude à consommer le méthane en conditions anoxiques. Un consortium archaea/bactéries différent a été détecté dans les sédiments superficiels au dessus d'une couche d'hydrate de gaz dans le bassin du Congo et dans les associations microbiennes en Mer Noire (Knittel et al. données non publiées). Il est probable que différentes formes d'associations syntrophiques soient responsables de l'OAM dans de tels environnements riches en méthane. Les preuves apportées par les études en parallèle de chimiotaxonomie des biomarqueurs et avec les sondes ARNr 16S ou FISH dans divers environnements confortent l'hypothèse que plusieurs phylotypes interviennent dans la production d'archaeol et d'hydroxyarchaeol appauvris en  $^{13}\text{C}$ . Plusieurs études montrent la prédominance de phylotypes du groupe ANME-2 (plus proches des Méthanosarcinales que le groupe ANME-1) dans des sédiments contenant des communautés actives capables d'oxyder le méthane en conditions anoxiques (Boetius et al. 2000, Orphan et al. 2001, Teske et al. en prép.). En revanche, nous avons observé des cas où le groupe ANME-1 était prédominant

core consisting of archaeal cells and an outer shell of sulfate reducers. Epifluorescence microscopy revealed that only relatively few free-living cells are populating the sediments of the HMMV.

The relatively high biomass of ANME-2 archaea is obviously capable of oxidising methane with sulfate in the anaerobic sediments at temperatures close to the freezing point ( $-1^{\circ}\text{C}$ ), producing a source of sulfide to the extensive mats of giant, sulfide-oxidising bacteria surrounding the central area. Despite its rapid turnover in the sediments, large amounts of methane dissolved in the rising mud-volcano fluids are seeping to the hydrosphere. It is yet unknown how much of the methane is removed in the aerobic bottom waters and how much escapes to the water column. First experiments on the aerobic oxidation of methane in the bottom waters of HMMV are awaiting their analysis in the lab. Most interestingly, methane occurs in relatively high concentrations also in the central barren area of the HMMV. It is possible that in these relatively young sediments, the population of slow growing methane oxidising archaea is too small to provide enough sulfide for the support of sulfide dependent chemosynthetic communities. Accordingly, the biomass of ANME-2 cells was lower in the centre and below the Pogonophora communities populating the outer rim of the mud volcano. With the help of the mosaicking system of "VICTOR 6000" we will be able to estimate the size of the areas covered by the different communities along the survey tracks accomplished with the ROV. After analysis of the available biogeochemical data and rate measurements, we will be able to assign methane turnover rates to the different areas, which can be used for a first 2-D modelling of methane flux from the HMMV. Due to this structured biogeochemical gradient from the centre to the outer rim of the HMMV, it represents an ideal model system to study methane fluxes in polar seas. However, for a modelling of methane fluxes and turnover rates at the HMMV as one geological model system representative of a focussed methane source to the sea, we need to accomplish a

(Hinrichs et al. 1999), voire le seul groupe archaeal, bien que l'archaeol et l'hydroxyarchaeol appauvris en  $^{13}\text{C}$  étaient également présents. Ceci montre que la diversité des archaea est considérable dans les communautés qui oxydent le méthane en conditions anoxiques.

Sur le VBHM, les sites les plus enrichis en méthane se signalaient par la présence sur le fond de tapis blancs de bactéries sulfatoxydantes (probablement *Beggiatoa*). Ces tapis bactériens recouvraient de vastes surfaces autour du centre du VBHM. Les plus épais avaient une hauteur de plusieurs millimètres et étaient constitués de filaments emmêlés qui se détachaient facilement du sédiment superficiel sous forme de gros agrégats. Des analyses FISH de sédiments prélevés sous un de ces tapis dans la partie sud du VBHM ont montré que les archaea dominent l'assemblage microbien des sédiments. D'importants agrégats de cellules archaeales ont été trouvés, mais seulement quelques uns étaient associés avec des bactéries. Ces archaea ont été identifiées comme membres du groupe ANME-2 qui appartient à l'ordre des Méthanosarcinales et qui est connu pour son aptitude à l'OAM. Certains agrégats étaient entourés de bactéries sulfato-réductrices du groupe des delta-protéobactéries qui est proche du groupe *Desulfosarcina-Desulfococcus* (Lösekan et Nadalig, résultats non publiés). Ces agrégats, d'un diamètre inférieur à 3 m, comportaient un noyau central constitué d'archaea et une couronne externe de bactéries sulfato-réductrices. La microscopie en épifluorescence a montré que les sédiments du VBHM ne contiennent que relativement peu de cellules isolées

La biomasse relativement élevée des archaea ANME-2 est manifestement capable d'oxyder le méthane en présence de sulfates dans des sédiments anaérobies à des températures proches du point de congélation ( $-1^{\circ}\text{C}$ ), et de constituer ainsi une source de sulfures pour ces immenses tapis de bactéries sulfo-oxydantes entourant la zone centrale du volcan. Malgré sa consommation rapide dans les sédiments, de grandes

more thorough sampling of the different areas at HMMV during future campaigns.

It is not clear yet at which depth gas hydrates occur at the HMMV and if they are stable or dissociating. In future studies, we will attempt the sampling of gas hydrates with deeper penetrating gravity coring. This first study of biogeochemical gradients at the HMMV has helped to identify the hot spots of methane consumption and emission, as we have investigated sediments from the centre, the inner, Beggiatoa-covered as well as the outer rim with more oxidised sediments populated by different species of methanotrophic Pogonophora. Unfortunately, reliable estimates of the total area of these different types of sediments affected by methane seepage at the HMMV are not yet available.

A variety of different seep types are known from active and passive margins. Methane seeps may be caused by hydrocarbon deposits, brine fluids, sediment compaction, or land slides (Sibuet and Olu 1998). Also, methane seepage is often related to subsurface gas hydrate deposits which can continuously feed methane seeps at active and passive continental margins. The setting studied in this investigation represents a focussed source of methane at a passive continental margin. Different types of methanotrophic communities were detected which seem to efficiently consume methane despite the extremely cold temperatures. Even if the area affected by methane seepage at continental margins is below 1%, preliminary calculations show that this might have a significant impact on the total methane budget (Hinrichs and Boetius, in press). Hence, accurate mapping and investigation of seepage areas are extremely important for realistic calculations of methane consumption in the sea.

#### Literature / Références

Boetius, A., Ravenschlag, K., Schubert, C., Rickert, D., Widdel, F., Gieseke, A., Amann,

quantités de méthane dissous dans les fluides remontant par le volcan de boue s'échappent vers l'hydrosphère. On ne sait pas encore combien de ce méthane est éliminé dans les eaux de fond aérobies ni combien s'échappe vers la colonne d'eau. Il faudra attendre que les premières expériences sur l'oxydation aérobie du méthane dans les eaux de fond du VBHM soient analysées au laboratoire. Un point très intéressant est que le méthane se trouve aussi en relativement forte concentration dans la plaine centrale du VBHM. Il est possible que, dans ces sédiments relativement jeunes, la population d'archaea à croissance lente oxydant le méthane soit trop petite pour fournir assez de sulfures pour assurer les besoins des communautés chimiosynthétiques dépendant des sulfures. De fait, la biomasse en cellules ANME-2 était plus faible dans le centre et sous les colonies de Pogonophora couvrant la marge externe du volcan. Grâce au système de mosaïque de "VICTOR 6000", nous pourrions estimer la taille des zones couvertes par les différentes communautés le long des radiales parcourues par le ROV. Après analyse des données disponibles sur les paramètres biogéochimiques et sur les mesures de taux, nous pourrions associer à chaque zone un taux spécifique d'oxydation du méthane, et de là tenter une première modélisation 2-D des flux de méthane sur le VBHM. Grâce à la présence d'un gradient biogéochimique bien structuré entre le centre et la marge externe, le VBHM constitue un modèle idéal pour étudier les flux de méthane dans les mers polaires. Toutefois, si l'on veut que la modélisation des flux et des taux d'oxydation du méthane sur le cas type du VBHM soit représentative de systèmes géologiques à source concentrée de méthane vers la mer, nous devrions réaliser un échantillonnage plus systématique des différentes zones du VBHM lors de futures campagnes.

On ne sait pas encore bien à quelle profondeur des hydrates de gaz se trouvent sous le VBHM ni s'ils sont stables ou pas. A l'avenir, nous tenterons d'échantillonner ces hydrates de gaz avec des carottiers s'enfonçant plus profondément. Cette

- R., Jørgensen, B.B., Witte, U., Pfannkuche, O. (2000). A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. *Nature* 407:623-626
- Hinrichs, K.-U., Hayes, J.M., Sylva, S.P., Brewer, P.G., DeLong, E.F. (1999). Methane-consuming archaeobacteria in marine sediments. *Nature* 398:802-805
- Hinrichs, K.U., Boetius, A. (2001). The anaerobic oxidation of methane: New insights in microbial ecology and biogeochemistry. In: *Ocean Margin Systems*, G. W. Wefer et al. (eds.), Springer-Verlag, Heidelberg, in press
- Iversen, N., Blackburn, T.H. (1981). Seasonal rates of methane oxidation in anoxic marine sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 41:1295-1300
- Orphan, V.J., House, C.H., Hinrichs, K.U., McKeegan, K.D., DeLong, E.F. (2001). Methane-consuming archaea revealed by directly coupled isotopic and phylogenetic analysis. *Science* 293, 484-487
- Pernthaler, J., Glöckner, F.O., Schonhuber, W., Amann, R. (2001). Fluorescence *in situ* hybridization (FISH) with rRNA-targeted oligonucleotide probes. *Methods in Microbiology* 30, 207-226
- Sibuet, M., Olu, K. (1998). Biogeography, biodiversity and fluid dependence of deep-sea cold-seep communities at active and passive margins. *Deep-Sea Res. II* 45:517-567
- Valentine, D.L., Blanton, D.C., Reeburgh, W., Kastner, M. (2001). Water column methane oxidation adjacent to an area of active hydrate dissociation, Eel River Basin. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 65:16, 2633-2640
- première étude des gradients biogéochimiques sur le VBHM a aidé à identifier les sites clés de consommation et d'émission de méthane, grâce aux analyses de sédiments provenant du centre, de la marge interne couverte de *Beggiatoa*, ainsi que de la couronne externe de sédiments plus oxydés colonisés par différentes espèces de Pogonophora méthanotrophes. Malheureusement, des estimations fiables de la superficie totale de ces différents types de sédiments affectés par des émanations de méthane sur le VBHM ne sont pas encore disponibles.
- Il existe une grande diversité de formes de suintements sur les marges actives ou passives. Des suintements de méthane peuvent être dus à des dépôts d'hydrocarbures, à des saumures, au tassement de sédiments ou à des éboulements (Sibuet et Olu 1998). De plus, un échappement de méthane est souvent lié à des dépôts d'hydrate de gaz en subsurface qui peuvent alimenter en continu des émanations sur les marges continentales actives et passives. Le cas que nous avons étudié correspond à une source ponctuelle de méthane sur une marge continentale passive. On y a trouvé différents types de communautés méthanotrophes qui paraissent efficaces pour consommer le méthane malgré la température extrêmement basse. Même si moins de 1% de la superficie des marges continentales est affectée par des suintements de méthane, des calculs préliminaires montrent que l'impact sur le budget total en méthane peut être significatif (Hinrichs et Boetius, sous presse). Dès lors, une cartographie et des études précises sur les zones d'émanations sont d'une importance capitale pour obtenir des estimations réalistes de la consommation de méthane dans l'océan.



### 3.2.3 *Geochemistry of Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) bottom water and sediments*

#### *Géochimie de l'eau de fond et des sédiments sur le volcan de boue Håkon Mosby (VBHM)*

Sauter, E., Schlüter, M., Boetius, A., Baumann, L.

Complementing microbiological sampling and rate measurements described in the previous section, geochemical investigations have been performed on surface sediments and bottom waters at the same locations. One important approach to describe reaction and exchange processes is to analyze concentration gradients of geochemical metabolic species.

As the main particularity of Håkon Mosby mud volcano is methane seepage and, thus, it functions as a point source for methane within the otherwise oxic deep-sea, geochemical investigations primarily focused on the determination of methane gradients close to the sediment-water interface, the near-bottom water column, and the surface sediments. Additionally, biogeochemical processes associated with methane formation and oxidation are intended to be described by determination of other geochemical parameters like  $H_2S$ ,  $S_2^-$ , nutrients, alkalinity, and redox-sensitive metals.

#### Type locations and sediment sampling

Sampling was performed cooperatively with microbiological investigations (see previous section) and, thus, at four key types of locations, which had been selected based on initial video surveys conducted by "VICTOR 6000" as well as on previous investigations of HMMV (Pimenov et al. 1999; Omlin et al. 1999):

- sites covered with bacterial mats, south of the center of HMMV (Fig. 3.2.3-1a);
- sites populated by Pogonophorans at the western outer rim of HMMV (Fig. 3.2.3-1b);

Pour compléter les échantillonnages microbiologiques et les mesures décrits dans la section précédente, des mesures de caractéristiques géochimiques des sédiments superficiels et des eaux de fond ont été réalisées aux mêmes stations. Une approche privilégiée pour décrire les processus de réaction et d'échange consiste à analyser les gradients de concentration en composés géochimiques métaboliques.

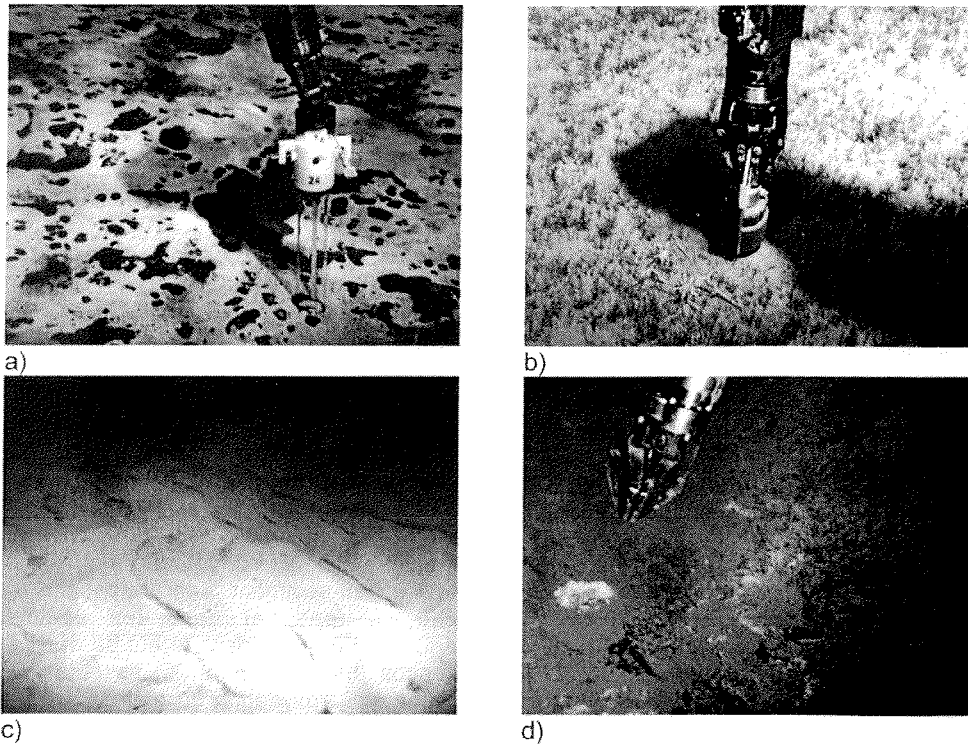
Vu que la principale particularité du volcan de boue Håkon Mosby est l'émanation de méthane, et qu'il joue ainsi le rôle de source en méthane dans un milieu profond par ailleurs oxygéné, nos recherches en géochimie se sont focalisées sur l'étude des gradients en méthane à proximité de l'interface eau-sédiment, dans la couche d'eau proche du fond, et dans les sédiments superficiels. En outre, dans le but de décrire les processus biogéochimiques associés à la formation et à l'oxydation du méthane, d'autres paramètres géochimiques tels que  $H_2S$ ,  $S_2^-$ , sels nutritifs, alcalinité, et métaux rédox ont été mesurés.

#### Types de fonds et échantillonnage de sédiment

L'échantillonnage a été réalisé en coopération avec l'équipe de microbiologie (voir section précédente), et donc également sur 4 types principaux de fonds sélectionnés à partir d'un premier "survol" vidéo réalisé avec "VICTOR 6000" et de résultats de campagnes antérieures sur le VBHM (Pimenov et al. 1999; Omlin et al. 1999), à savoir :

- Des sites recouverts de tapis bactériens; au sud du centre du VBHM (Fig. 3.2.3-1a);
- Des sites colonisés par les Pogonophores à la marge externe occidentale du VBHM (Fig. 3.2.3-1b);
- Des sites du cratère interne, avec des boues

- sites in the inner crater, in recently expulsées récemment (Fig. 3.2.3-1c);
- a reference location outside HMMV.
- Un site témoin à l'extérieur du VBHM.



**Figure 3.2.3-1:** Video images taken by "VICTOR 6000" at different type locations of Håkon Mosby mud volcano. a) Bacterial mats, b) Pogonophora colonies, c) mud sediment in the center of HMMV, d) sampling of solidified sediments, guessed to be carbonate concretions.

*Images vidéo prises par "VICTOR 6000" sur différents types de fonds du volcan de boue Håkon Mosby. a) Tapis de bactéries, b) colonies de Pogonophora, c) sédiment boueux au centre du VBHM, d) prélèvement de sédiments solidifiés, présumés être des concrétions de carbonates.*

Since the depth of sediment sampling was limited by the length of push and multiple cores, gas hydrates, which are reported to occur below 20 cm in the inner crater of HMMV (e.g. Pimenov et al. 1999), could not be retrieved during this campaign. Deeper going sampling tools are planned to be deployed during future expeditions. At some locations southwest of the crater

Vu que l'épaisseur de la couche de sédiment échantillonnée a été limitée par la longueur des carottiers utilisés, il n'a pas été possible durant cette campagne d'atteindre les hydrates de gaz dont la présence à plus de 20 cm dans le cratère central du VBHM a été relatée (p. ex. Pimenov et al. 1999). Il est prévu d'utiliser des collecteurs s'enfonçant plus profondément lors des expéditions futures.

solidified sediments were found (Fig. 3.2.3-1d). Grabbing by the manipulator's hand revealed that these concretions are very fragile. First investigations revealed that they consist of large conglomerates of biogenic carbonates (they dissolve in hydrochloric acid under strong lather development), fossil burrows of Pogonophora, and fine grained sediment.

Sediment samples at type locations 1 to 3 were taken primarily with push corers by means of the ROV. The exact positioning of push cores by "VICTOR 6000", especially at the bacterial mat sites, provides the possibility to distinguish small scale differences (e.g. within or beside a bacterial mat). Nevertheless, multiple corer hauls have also been run to obtain additional sample material and to reduce the time pressure on the ROV, especially at less patchy locations. So the type 4 location (reference site outside the mud volcano) was only sampled by the MUC. A preliminary comparison of sedimentary methane concentrations revealed highest values at the sediments of the central crater, where muds are guessed to be recently expelled from the interior of the mud volcano. At this site methane concentrations exceed values of  $1\mu\text{mol}$  per ml of sediment below 5 cm sediment depth. Underneath bacterial mats the sedimentary methane inventory is somewhat smaller whereas concentrations at Pogonophora sites were close to background level. This finding indicates that methane is transported up from the interior of the mud volcano and is oxidized by bacteria on the outer crater.

#### Water samples

To learn how much methane is discharged from HMMV sediments, the near-bottom water column was also sampled by CTD, horizontal water sampler (described in Section 3.1.5), and by the "VICTOR 6000" PEP water sampler. Using the PEP sampler, a snorkel is taken by the ROV's manipulator to the location of interest (Fig. 3.2.3-2) and water is sucked into one of 18 200 ml titanium bottles where the sample is kept under *in situ*

En certains sites au sud-ouest du cratère, des sédiments solidifiés ont été trouvés (Fig. 3.2.3-1d). Les tentatives de prélèvement avec la pince du bras manipulateur ont montré que ces concrétions sont très fragiles. Les premières observations ont révélé qu'elles sont constituées de gros agglomérats de carbonates biogéniques (ils se dissolvent dans l'acide chlorhydrique avec une forte production de mousse), de terriers fossiles de Pogonophora, et de sédiment fin.

Sur les sites de type 1 à 3, les sédiments ont été prélevés principalement avec des carottiers-tubes manipulés par le ROV. Le positionnement exact des carottiers par "VICTOR 6000", en particulier sur les sites à tapis bactériens, donne la possibilité d'étudier des différences à petite échelle (p. ex. dans ou au bord d'un tapis bactérien). Toutefois, des prélèvements au carottier multitube ont également été effectués pour obtenir davantage de matériau et pour soulager les contraintes de temps sur l'utilisation du ROV, en particulier sur des fonds plus homogènes. Ainsi, le site de type 4 (zone témoin à l'extérieur du volcan) n'a été échantillonné qu'avec le carottier MUC. Un examen préliminaire des concentrations en méthane sédimentaire indique que les plus fortes valeurs correspondent aux sédiments du cratère central, où l'on suppose que les boues ont été récemment expulsées de l'intérieur du volcan. A cet endroit, les concentrations en méthane dépassent  $1\mu\text{mol}$  par ml de sédiment au delà d'une profondeur de 5 cm dans le sédiment. Sous les tapis bactériens, la quantité de méthane sédimentaire est légèrement moindre, et les concentrations sur les sites à Pogonophora sont proches du niveau de base. Ces observations tendent à montrer que le méthane remonte de l'intérieur du volcan et est oxydé par les bactéries sur le cratère externe.

#### Prélèvements d'eau

Pour estimer la quantité de méthane relâché par les sédiments du VBHM, la couche d'eau proche du fond a été échantillonnée avec la bathysonde, avec les collecteurs horizontaux

pressure until opened for further investigation in the ship's laboratory.



**Figure 3.2.3-2:** Taking a bottom water sample right above a bacterial mat.  
*Prélèvement d'eau de fond juste au dessus d'un tapis bactérien.*

Bottom water methane concentrations were measured to be about 100-fold higher above bacterial mats compared to background values. In contrast, huge bottom water methane concentrations (up to 4 orders of magnitudes higher than above sediments covered by bacterial mats) were found above the central crater of HMMV. Thus it can be guessed in accordance with rate measurements (see previous section) that methane is very efficiently oxidized within the sediment by microorganisms and, thus, the methane flux through the sediment-water interface is by far highest at the central crater.

#### *In situ* measurements

Beside taking sediment and water samples, the *in situ* microprofiler (MIC) was planned to be deployed at HMMV by means of "VICTOR 6000". Therefore MIC had been equipped with H<sub>2</sub>S, pH and resistivity sensors as well as one O<sub>2</sub> electrode. In contrast to the deployment at "Hausgarten" (Section 3.1.5), the priority was set on a high resolution profiling of H<sub>2</sub>S as an important metabolite in anoxic, sulfate reducing sediments. Although H<sub>2</sub>S is predominantly dissociated into S<sub>2</sub><sup>-</sup> at normal sea water pH conditions, it is

(appareil décrit dans la Section 3.1.5), et avec la pompe à eau (PEP) de "VICTOR 6000". Dans le cas du PEP, un tuyau est amené au point désiré par le manipulateur du ROV (Fig. 3.2.3-2) et l'eau est aspirée vers l'une des bouteilles en titane de 18 200 ml où elle est maintenue à la pression *in situ* jusqu'à l'ouverture pour analyse dans le laboratoire du bord.

Les concentrations en méthane dans l'eau de fond mesurées au dessus des tapis bactériens étaient environ 100 fois plus élevées que le niveau de base. Par comparaison, des concentrations énormes en méthane (supérieures de 4 ordres de grandeur à celles des eaux au dessus des sédiments recouverts de tapis bactériens) ont été trouvées dans les eaux de fond du cratère central du VBHM. Il ressort de ces résultats, et de ceux sur les mesures de flux présentés dans la section précédente, que le méthane semble être efficacement oxydé dans le sédiment par les micro-organismes et, donc, que le flux de méthane traversant l'interface eau-sédiment est maximum dans le cratère central.

#### *Mesures in situ*

En plus des échantillons de sédiment et d'eau, il avait été prévu de mettre en œuvre le micro-profileur *in situ* (MIC) sur le VBHM au moyen de "VICTOR 6000". MIC avait donc été équipé de sondes à H<sub>2</sub>S, pH et résistivité ainsi que d'une électrode à O<sub>2</sub>. A la différence des expériences sur le site "Hausgarten" (Section 3.1.5), la priorité était d'obtenir un profil à haute résolution du H<sub>2</sub>S qui est un important métabolite dans les sédiments anoxyques réducteurs de sulfates. Bien que le H<sub>2</sub>S soit surtout dissocié en S<sub>2</sub><sup>-</sup> dans les conditions normales de pH de l'eau de mer, il est techniquement plus facile de mesurer le H<sub>2</sub>S que le S<sub>2</sub><sup>-</sup> avec des microsondes. Vu que l'équilibre H<sub>2</sub>S/S<sub>2</sub><sup>-</sup> est déterminé par le pH, celui-ci doit aussi être mesuré pour les calculs ultérieurs de la concentration en S<sub>2</sub><sup>-</sup>.

Du fait de problèmes techniques avec le microprofileur et avec "VICTOR 6000", et des contraintes de temps, on a décidé de mouiller

technically easier to measure  $H_2S$  by microsensors than  $S_2^-$ . Since the  $H_2S/S_2^-$  equilibrium is determined by pH, this parameter should be measured as well for further calculation of the  $S_2^-$  concentration.

Due to technical problems with the microprofiler as well as with "VICTOR 6000" and due to time scarceness it was decided to deploy MIC on the wire instead of setting it out by means of the ROV. For this purpose MIC was mounted into a frame which was lowered to the sea floor at the bacterial mat location (ATL26, 72° 0.145' N, 14° 43.708' E). During 3 hours on the sea floor, the microsensors penetrated about 10 cm into the sediment while measuring. It turned out on a preliminary evaluation of the profiles, that the  $H_2S$  concentration increases significantly below 5 cm sediment depth, which indicates sulfate reduction to become important at this sediment horizon.

Analogously to the "Hausgarten" location, *in situ* current meter measurements were performed at HMMV. One device was placed at the southwestern rim (72° 0.177' N 14° 42.795' E), where Pogonophora alternate with small patches of bacterial mats (Fig. 3.2.3-3a). The second current meter array was placed in a bacterial mat field (72° 0.152' N 10° 43.775' E; Fig. 3.2.3-3b). At the latter site bottom current velocity increases almost logarithmically from the sediment surface towards 1 meter above ground from about 5 to 10 cm/s. At the southwestern rim bottom velocities were found to be lower and more turbulent due to a higher bottom roughness. The thickness of the logarithmic layer was < 30 cm. Above 30 cm over ground current velocities were measured to vary between 6 and 7 cm/s.

MIC avec un câble au lieu de le déployer avec le ROV. Pour cela, MIC a été monté sur un bâti qui a été descendu au fond sur un site de tapis bactérien (ATL26, 72° 0.145' N, 14° 43.708' E). Pendant les 3 heures d'expérience au fond, les microsondes ont pris des mesures en pénétrant le sédiment sur environ 10 cm. Un examen préliminaire des profils montre que la concentration en  $H_2S$  augmente de façon significative au delà de 5 cm dans le sédiment, ce qui indique que la réduction des sulfates devient importante à ce niveau du sédiment.

Comme sur le site "Hausgarten", des mesures de courant *in situ* on été réalisées sur le VBHM. Un des courantomètres a été placé sur la marge sud-ouest (72° 0.177' N 14° 42.795' E), où les Pogonophora alternent avec des petites taches de bactéries (Fig. 3.2.3-3a). Le second a été placé sur un champ de bactéries (72° 0.152' N 10° 43.775' E; Fig. 3.2.3-3b). Sur ce dernier site, la vitesse du courant de fond augmente de façon presque logarithmique, de 5 à 10 cm/s environ, entre la surface du sédiment et 1 mètre au dessus du fond. Sur la marge sud-ouest, les vitesses étaient plus faibles et la circulation plus turbulente à cause du relief plus accidenté du fond. La hauteur de la couche logarithmique était < 30 cm. Au delà de 30 cm au dessus du fond, les vitesses du courant mesurées variaient entre 6 et 7 cm/s.

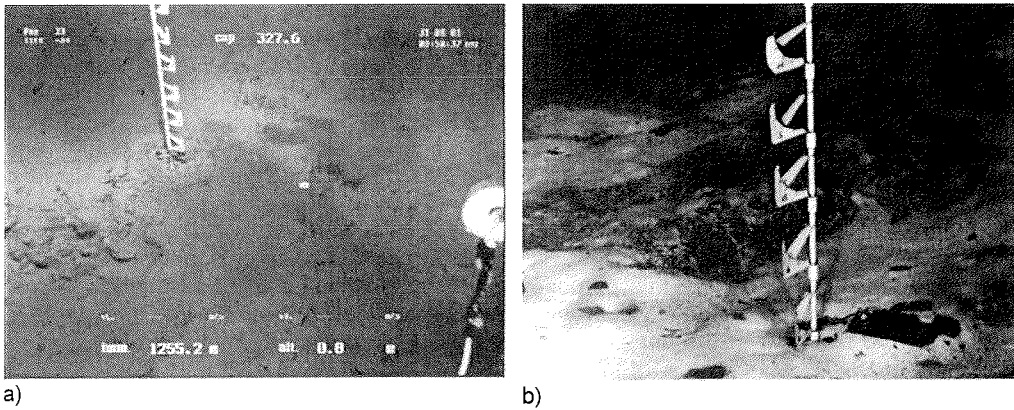


Figure 3.2.3-3: Current meter deployments at HMMV. a) at the southwestern rim, b) at a bacterial mat location.

*Utilisation du courantomètre sur le site du VBHM. a) sur la marge sud-ouest, b) sur un tapis bactérien.*

Table 3.2.3-1: List of stations investigated by the geochemistry group.  
*Liste des stations étudiées par l'équipe de géochimie.*

Station	Instrument	Date	Latitude	Longitude	Depth(m)	Sediment type
ATL 8	CTD	28.8.01	N72°0.213	E14°44.071	1259	above bact. mats
ATL 12	MUC	29.8.01	N72°0.098	E14°43.565	1260	bacterial mats
ATL 13	HORIZON	29.8.01	N72°0.072	E14°43.587	1261	above bact. mats
ATL 18	MUC	29.8.01	N72°0.075	E14°43.377	1262	Pogonophora
ATL 19, Dive 4	push core 3	30.8.01	N72°0.18	E14°43.697	1260	beside bact. mats
ATL 19, Dive 4	push core 4	30.8.01	N72°0.18	E14°43.697	1260	bacterial mats
ATL 19, Dive 4	push core 26	30.8.01	N72°0.18	E14°43.697	1260	bacterial mats
ATL 21	CTD	30.8.01	N72°0.287	E14°43.391	1261	above bact. mats
ATL 22	MUC	30.8.01	N72°0.08	E14°43.394	1264	Pogonophora
ATL 25, Dive 5	push core 24	31.8.01	N72°0.222	E14°43.527	1253	center
ATL 25, Dive 5	push core 25	31.8.01	N72°0.222	E14°43.527	1253	center
ATL 25, Dive 5	push core 17	31.8.01	N72°0.234	E14°44.093	1254	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	push core 8	31.8.01	N72°0.12	E14°43.56	1254	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	push core 21	31.8.01	N72°0.12	E14°43.56	1254	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	push core 8 (old liner)	31.8.01	N72°0.12	E14°43.56	1254	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	bottles 1, 2	31.8.01	N72°0.223	E14°43.522	1254	center
ATL 25, Dive 5	bottle 8	31.8.01	N72°0.116	E14°43.568	1255	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	bottles 9-12	31.8.01	N72°0.144	E14°43.808	1255	beside current meter
ATL 25, Dive 5	bottle 14	31.8.01	N72°0.144	E14°43.808	1254	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	current meter	31.8.01	N72°0.174	E14°42.795	1254	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	current meter	31.8.01	N72°0.112	E14°43.600	1254	bacterial mats
ATL 25, Dive 5	current meter	31.8.01	N72°0.241	E14°43.886	1253	bacterial mats
ATL 26	Microprofiler	1.9.01	N72°0.145	E14°43.708	1264	bacterial mats
ATL 28	MUC	1.9.01	N71°58.1	E14°43.13	1265	reference outside HMMV

*References/ Références*

Pimenov, N., Savvichev, A., Rusanov, I., Lein, A., Egorov, A., Gebruk, A., Moskalev, L., Vogt, P. (1999) Microbial processes of carbon cycle as the base of food chain of Hákon Mosby Mud Volcano benthic community. *Geo-Marine Letters* 19, 89-96.

*References continued*

Omlin, A., Götz, T., Lukas, D., Posewang, J. (1999) RV "Akademik Mstislav Keldysh" - Fahrtbericht Reise 40. *Geomar Report* 92, 67pp.

### **3.2.4 Faunal composition of recent benthic foraminifera and ostracoda, oxygen and carbon isotopes of benthic foraminifera and the water column, organic carbon and biomarker composition at the Håkon Mosby Mud Volcano**

#### ***Composition faunique en foraminifères et ostracodes benthiques récents, isotopes de l'oxygène et du carbone dans les foraminifères benthiques et dans la colonne d'eau, carbone organique et composition des biomarqueurs près du volcan de boue Håkon Mosby***

Wollenburg, J.

Multiple corers, push-corer (operated by the ROV), CTD and Horizontal Water Samples (HORIZON) were taken along profiles crossing the Håkon Mosby Mud Volcano (HMMV) as described above (3.2.3). Sediment cores were taken from sites covered with white bacterial mats, Pogonophora, or lacking both from the central zone of the HMMV. Multiple and push-corers obtained were subsampled as follows: Depending on the total amount of obtained sediment cores 0.5 -1 sediment cores ( $\varnothing$  6 cm) were subsampled for organic carbon and biomarker analyses. Until further analyses at the Max-Planck Institute for marine microbiology in Bremen (M. Elvert) and at the Alfred Wegener Institute (Jens Hefter) in Bremerhaven these samples are stored at  $-18^{\circ}\text{C}$ . One to three sediment cores were subsampled for living and dead benthic foraminifera as well as for oxygen and carbon isotope analyses on benthic foraminifera tests. For all above mentioned faunistic, geochemical and sedimentological purposes each core was subsampled in 1 cm-thick slices from the sediment surface to a sediment depth of 30 cm. Subsamples for benthic foraminifera (including oxygen and carbon isotope analyses on benthic foraminifera tests) and ostracoda were stored in a Rose Bengal-Ethanol mixture (see 3.1.4) and kept cool until further analyses at the laboratories of the Alfred Wegener Institute. All samples will be sieved over 63  $\mu\text{m}$  mesh, dried and thereafter analysed for living and dead foraminifera and ostracoda. From each sample at least 300 living and 300 dead foraminifera will be picked and determined.

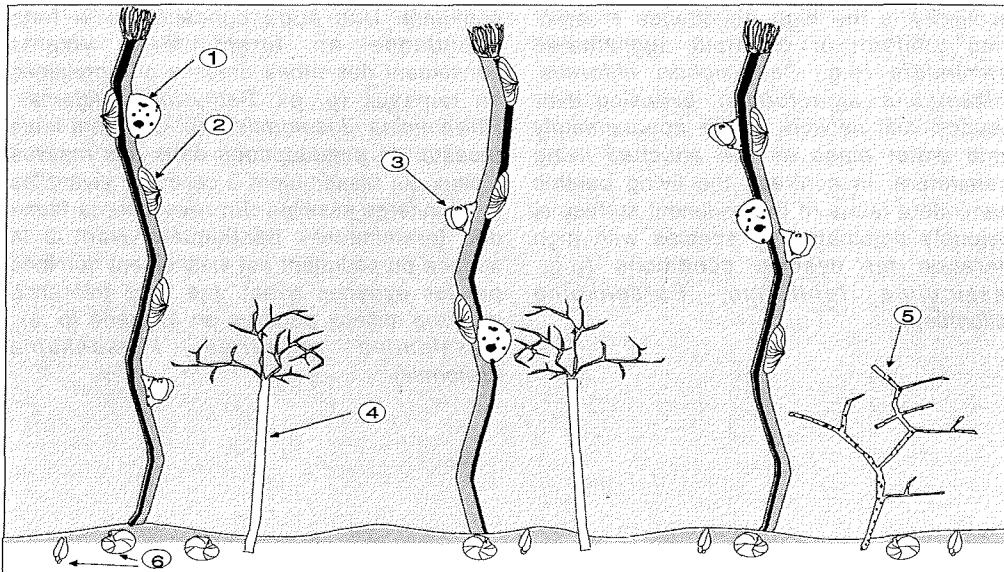
Des multi-carottages, des carottages ponctuels (effectués par le ROV), des profils bathysonde et des prélèvements d'eau horizontaux (HORIZON) ont été réalisés le long de radiales traversant le volcan de boue Håkon Mosby (HMMV) comme décrit précédemment (3.2.3). Des carottes de sédiment ont été prélevées dans la zone centrale du volcan, en des sites recouverts de tapis bactériens blancs ou de Pogonophores, et en des sites où les deux étaient absents. Les carottes multiples et individuelles ont été sous-échantillonnées comme suit : selon la quantité totale de sédiment obtenue, de 0,5 à 1 carotte ( $\varnothing$  6 cm) a été réservée pour les analyses de carbone organique et de biomarqueurs. Ces échantillons ont été conservés à  $-18^{\circ}\text{C}$  en attendant d'être analysés à l'Institut Max Planck de microbiologie marine à Brême (M. Elvert) et à l'Institut Alfred Wegener à Bremerhaven (Jens Hefter). Sur 1 à 3 carottes de sédiment, des échantillons ont été pris pour analyser d'une part les foraminifères benthiques vivants et morts, d'autre part les isotopes d'oxygène et de carbone dans les tests de foraminifères. Dans tous les cas, chaque carotte a été sous-échantillonnée en prenant des tranches de 1 cm d'épaisseur entre la surface et une profondeur de 30 cm dans le sédiment. Les échantillons pour étude des foraminifères (y compris les analyses d'isotopes dans les coquilles) et des ostracodes ont été fixés dans un mélange Rose Bengale-éthanol (voir 3.1.4) et conservés au froid pour analyses ultérieures à l'Institut Alfred Wegener. Tous ces échantillons seront passés sur un tamis de maille 63  $\mu\text{m}$ , séchés puis triés pour séparer



Sample volume requirement for oxygen and carbon isotope analyses of the water column is 100 ml each. Water samples were taken from 3 CTD sites (6 depth intervals), 2 HORIZON (6 depth intervals), and where possible from bottom water above multiple corer/push-corer tubes. Thus, a total of 46 water samples was obtained. Water samples for carbon isotope analyses were treated with HgCl. All water samples were stored in small glass bottles and hermetically sealed by bee-wax until further analyses at the laboratory.

les foraminifères et ostracodes vivants des morts. Sur chaque échantillon, au moins 300 foraminifères vivants et 300 morts seront prélevés pour identification des espèces.

Pour les analyses d'isotopes dans la colonne d'eau, il faut des échantillons de 100 ml pour l'oxygène et autant pour le carbone. Les échantillons d'eau ont été prélevés à 3 stations bathysonde (6 paliers de profondeur), 2 stations HORIZON (6 niveaux) et, chaque fois que possible, près du fond à l'endroit des carottages ponctuels ou multiples. Au total, 46 échantillons d'eau ont été obtenus. Pour les analyses d'isotopes du carbone, les échantillons ont été traités au HgCl. Tous les échantillons ont été stockés dans des flacons en verre hermétiquement scellés à la cire en attendant les analyses au laboratoire.



**Figure 3.2.4-1:** Schematic illustration of living benthic foraminifera from pogonophora fields  
 Illustration schématique des foraminifères benthiques vivant dans les champs de pogonophores : (1) *Crithionina* spp., (2) *Fontbotia wuellerstorfi*, (3) *Miliolinella chukchiense*, (4) *Bathysiphon filiformis*, (5) *Rhizammina algaeformis*, *Komokiacea* spp., (6) calcareous foraminifera adapted to dysoxic conditions / foraminifères calcaires adaptés à des milieux pauvres en oxygène (e.g. *Fursenkoina fusiformis*, *Cassidulina reniforme*).

#### First results:

The water column above Pogonophora fields revealed a surprisingly high abundance of Copepods, pointing to an enhanced primary production. The first on-board investigations on benthic foraminifera support this assumption. *Pogonophora* spp. from vent systems usually live in symbiosis with bacteria, and are thus independent of primary production. Yet, at the Håkon Mosby *Pogonophora* tubes are almost seamlessly covered by attached living benthic foraminifera (Fig. 3.2.4-1).

Especially, the high abundance of *Fontbotia wuellerstorfi* is an indication of high organic matter flux and well-oxygenated near-sediment surface bottom water. Another peculiarity is the high abundance of erect living tubiform or dendroid agglutinated foraminifera (e.g. *Bathysiphon filiformis*, *Rhizammina algaeformis*), exposing their pseudopodial network in the approximately same water mass as the attached living foraminifera. In contrast, the living benthic foraminifera fauna of the sediment surface is obviously dominated by species with high tolerance for dysoxic conditions (e.g., *Cassidulina reniforme*, *Fursenkoina fusiformis*).

#### Résultats préliminaires :

La colonne d'eau au dessus des champs de Pogonophores s'est révélée étonnamment riche en copépodes, ce qui indiquerait une production primaire accrue. Les premiers examens de foraminifères benthiques effectués à bord confortent cette hypothèse. Les *Pogonophora* spp. des zones de jets gazeux vivent généralement en symbiose avec des bactéries, et sont donc indépendants de la production primaire. Toutefois, sur le volcan Håkon Mosby, les tubes de *Pogonophora* sont presque totalement couverts de foraminifères benthiques sessiles vivants (Fig. 3.2.4-1).

En particulier, la forte abondance de *Fontbotia wuellerstorfi* est un indice de flux de matière organique importants et de présence d'eaux bien oxygénées près de la surface du sédiment. Une autre curiosité est la forte abondance en foraminifères vivants constituant des tubes dressés ou agglutinés en rameaux (p. ex. *Bathysiphon filiformis*, *Rhizammina algaeformis*), qui déploient leurs réseaux de pseudopodes dans des masses d'eaux qui ressemblent à celles où vivent les foraminifères sessiles. En revanche, la faune des foraminifères benthiques vivant à la surface du sédiment est visiblement dominée par les espèces ayant une forte tolérance pour les milieux pauvres en oxygène (p. ex. *Cassidulina reniforme*, *Fursenkoina fusiformis*).

### 3.2.5 Lander deployments at the Håkon Mosby Mud Volcano

#### *Déploiement de modules autonomes sur le volcan de boue Håkon Mosby*

Klages, M., Soltwedel, T., Nowotny, F., Wittling, T., Wegner, J.

Two different types of free falling lander systems were deployed at the Håkon Mosby Mud volcano. The working group from the Max-Planck Institute for marine microbiology used the "Orpheus" which is an autonomous benthic profiling lander in light weight structure. The main function group, a motor driven spindle with different stages, is placed in an aluminium frame-case. In situ radiotracing of sulfate reduction in sediments can be carried out. The lander lowers three Polycarbonat coreliners with a length of 400 mm and 60 mm inner diameter into the sediment. The radiotracer is stored inside a syringe (properly protected against loss of radioactivity both onboard and at the seafloor) and injected into closed sediment samples (bottom and top lids on cores) at the bottom of the sea.

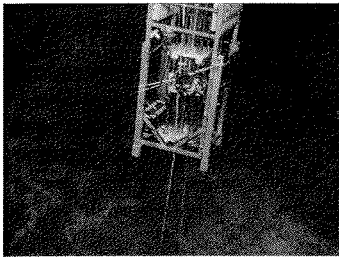
On the 24th of August the system was lowered with the ships winch to test the configuration (without radiotracer) at a water depth of 2300 m in the water column. All components of the lander worked properly and the system was prepared for a deployment at the HMMV. The second lander used is a tripod equipped with two time lapse-cameras, acoustic doppler current profiler (ADCP) and a scanning sonar working in autonomous mode. The intention to work with the tripod lander is to get images of the seafloor over the period of deployment in order to get a first estimate about biological activity in that area. The scanning sonar head working at a frequency of 675 KHz was configured and installed to detect gas bubbles which are assumed to leave the sediment. Current speed and direction are measured with the ADCP as background information concerning the calculation of methane plume distribution in the water column.

Deux types d'appareils autonomes ont été mis en œuvre sur le volcan de boue Håkon Mosby. L'équipe de microbiologie marine de l'Institut Max-Planck a utilisé "Orpheus" qui est un profileur benthique autonome installé dans une structure légère. L'élément principal, une tige filetée actionnée par un moteur pas-à-pas, est placé dans un bâti en aluminium. L'appareil est prévu pour mesurer *in situ* la réduction des sulfates dans les sédiments à l'aide de traceurs radioactifs. Il pousse dans le sédiment trois sondes en polycarbonate d'une longueur de 400 mm et d'un diamètre interne de 60 mm. Le traceur radioactif est stocké dans une seringue soigneusement protégée pour éviter toute fuite radioactive tant à bord qu'au fond, et injecté dans des échantillons de sédiment clos par des clapets au sommet et au bas de la carotte.

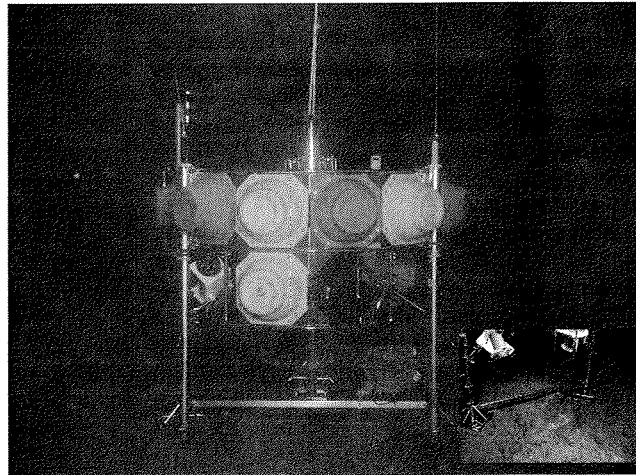
Le 24 août, le système a été descendu par un câble à 2300 m en pleine eau pour être testé (sans radiotraceur). Tous les éléments ont fonctionné correctement et le système a été préparé pour être mouillé ultérieurement sur le VBHM. Le deuxième module est un tripode équipé de deux caméras programmées pour prendre des images à intervalles fixes, d'un profileur de courant acoustique à effet Doppler (PCAD) et d'un sonar à balayage, fonctionnant tous de façon autonome. L'objectif est de recueillir des images du fond pendant toute la période de déploiement en vue d'apprécier l'activité biologique sur la zone. Le sonar à balayage fonctionne sur une fréquence de 675 KHz et vise à détecter les bulles de gaz qui s'échapperaient des sédiments. Le PCAD doit mesurer la vitesse et la direction des courants ce qui doit permettre de calculer la distribution des panaches de méthane dans la colonne d'eau.

Because the HMMV is a rather small point location and free falling landers are subject to currents both systems were lowered for their preprogrammed missions on the 30th of August using the ships winch. About 50 m above the seafloor the landers were released from the cable using an acoustic releaser. Subsequently, the "VICTOR 6000" was deployed and visited both landers to control their proper functioning.

Etant donné que le VBHM est un site relativement petit et que les engins autonomes sont amenés à dévier sous l'effet des courants, les deux modules ont été descendus au bout d'un câble jusqu'à environ 50 m au dessus du fond puis libérés grâce à des largueurs acoustiques. Ceci a été fait le 30 août. Ensuite, "VICTOR 6000" a été mis à l'eau et dirigé vers les deux modules pour vérifier leur fonctionnement.



**Figure 3.2.5-1:** The "Orpheus" lander floating in the water column due to loss of one ballast weight at the left leg.



**Figure 3.2.5-2:** The tripod lander at 1250 m water depth. Inset shows a close up of one of the time-lapse cameras.

The tripod lander was found at 3:00 a.m. on the 31st of August 2001 at 1250 m water depth close to a small bacteria mat field (Fig. 3.2.5-1). The "Orpheus" lander was detected 30 minutes later about 80 m northeast of the tripod lander but some metres above the seafloor kept at position by additional ballast weight attached by ropes to the frame (Fig. 3.2.5-2). The reason for this anomaly was the loss of one of the ballast weights directly attached to the frame. In a difficult operation the ROV pilots were able to disconnect all other ballast weights so that the "Orpheus" was safely recovered in the morning of the 31st of August. The tripod lander will be recovered in summer 2002 by RV "Polarstern" and will proceed with the preprogrammed time-lapse photography and

Le 31 août à 3h00, le tripode a été retrouvé par 1250 m près d'un petit champ de tapis bactérien (Fig. 3.2.5-1). "Orpheus" a été détecté 30 minutes plus tard à environ 80 m au nord-est du tripode, mais il flottait quelques mètres au dessus du fond, retenu par les élingues reliant le bâti à des lests supplémentaires (Fig. 3.2.5-2). La cause du problème était la perte pendant la descente d'un des poids fixés sur le bâti. Non sans difficulté, les pilotes du ROV ont réussi à détacher tous les lests pour libérer "Orpheus" qui a été récupéré en surface dans la matinée du 31 août. Le tripode quant à lui doit être relevé par le N/O "Polarstern" au cours de l'été 2002. D'ici là, il prendra des vues image par image à intervalle fixe et des mesures de courant. L'autonomie en énergie du sonar à

current measurements. The energy capacity of the scanning sonar will give spatio-temporal data on the expected gas bubble release for the first four days of deployment.

balayage ne lui permettra de recueillir des données spatio-temporelles sur les émanations de bulles de gaz que pendant les quatre premiers jours de déploiement.

#### 4. Participating institutes/companies

Alfred Wegener Institute (AWI) for Polar and Marine Research, Columbusstr., 27568 Bremerhaven, Germany

Florida State University (FSU), Department of Oceanography, Rm 541 OSB, West Call Street, Tallahassee, Florida 32306-4320, U.S.A.

GENAVIR, Centre de Brest de l'IFREMER, B.P. 71 – Z.I. de la Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

Institut français pour recherche de l'exploitation de la mer (IFREMER), Laboratoire MAERHA B.P. 21105, F - 44311 Nantes Cedex 3, France

Max Planck Institute (MPI) for Marine Microbiology, Celsiusstr. 1, 28359 Bremen, Germany Germany

#### 5. List of participants

##### *Scientists and technicians*

Baumann, Ludmilla	AWI
Boetius, Antje	AWI/ MPI
Helmke, Elisabeth	AWI
Klages, Michael	AWI
Mesnil, Benoit	IFREMER/DRV/RH/MAERHA
Nadalig, Thierry	AWI/IFREMER
Nowotny, Florian	MPI
Queric, Nadia	AWI
Sauter, Eberhard	AWI
Schlüter, Michael	AWI
Soltwedel, Thomas	AWI
Trenkel, Verena	IFREMER/DRV/RH/MAERHA
Vopel, Kay	FSU
Wegner, Jan	AWI
Wittling, Thomas	MPI
Wollenburg, Jutta	AWI

*ROV pilots and engineers*

Crozon, Jacques	GENAVIR
Christophe, Alain	GENAVIR
Guyavarch, Pierre	GENAVIR
Chopin, J. Pierre	GENAVIR
Boda, Mathieu	GENAVIR
Muhl, Philippe	GENAVIR
Pierre, Pascal	GENAVIR
Tous, J. Yves	GENAVIR
Gallois, Hervé	GENAVIR
Potier, Yves	GENAVIR
Bouillet, Heinrich	GENAVIR
Laurantin, Gérard	GENAVIR

## 6. Ships crew

Ferrand, Gilles	Master
Geffroy, Erwan	Chief mate
Nougue, Pascal	Mate
Le Bloas, Jean-François	Mate
Cordon, Guy	Chief Engineer
Desanti, Christian	Second Engineer
Ollivier, Stéphane	Mate
Jannez, Michel	Electronician Officer
Laville, Sébastian	Electronician Officer
Milliner, Guy	Boatswain
Teamboueon, Bérard	Seaman
Le Bihan, Thierry	Seaman
Le Bousse, Fernand	Seaman
Tuataane, Kelekolio	Seaman
Donnard, Jean-Jacques	Seaman
Floch, Yann	Seaman
Mahe, Ludovic	Seaman
Thebaut, Ioming	Seaman
Bride, Philippe	Assistant Engineer
Schneider, Philippe	Taing
Paugam, Patrick	Cleaner
Maury, Frédéric	Electrician
Vallee, Thierry	Chief Cook
Desclou, Jean-François	Second Cook
Gobourg, Reynald	Galley boy
Le Bot, Gwen	First Steward
Tuugahala, Mikaele	Second Steward
Fery, Edwin	Steward
Marteel, Frederic	Steward
Vasseur, Dominique	Doctor



## 7. Station list

No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth [m]	Corer/ Instrument	Dive	Notes
ATL1	23.08.01	15:02	N78°52,452	E4°41,121	2824	MUC (diameter 6cm)		8 tubes
ATL2	23.08.01	19:55	N78°45,7	E4°46,7	2321	VICTOR	Div1	
	24.08.01	-19:51	N78°45	E4°46,7	2316			
ATL3	25.08.01	10:15	N78°45,746	E4°51,973	2322	CTD		double water samples at 2312, 2212, 1812, 1312, 312 and 50 m water depth
ATL4	25.08.01	13:37	N78°45,76	E4°51,425	2320	HORIZON		First deployment; prototype; weight discharge about 130 kg 10 Min. contact to the bottom
ATL5	25.08.01	20:42	N78°36,446	E5°4,255	2294	MUC (diameter 6cm)		6 tubes
ATL6	25.08.01	23:06	N78°36,58	E5°03,45	2295	VICTOR	Div2	
	26.08.01	15:34	N78°35,6	E5°08,7	2291			
ATL7	26.08.01	20:22	N78°36,50	E°04,35	2294	Orpheus		
ATL8	28.08.01	16:04	N72°0,213	E14°44,071	1259	CTD		double water samples at 1250, 1200, 1150, 950, 550 and (single) 50 m water depth
ATL9	28.08.01	19:38	N72°0,08	E14°42,8	1266	VICTOR	Div3	
	29.08.01	2:16	N72°0,33	E14°42,47	1270			
ATL10	29.08.01	3:22	N72°0,166	E14°43,570	1262	MUC (diameter 6cm)		deep penetration; only some samples to be used; lead reduced ; #11
ATL11	29.08.01	5:35	N72°0,111	E14°43,570	1258	MUC (diameter 6cm)		no release
ATL12	29.08.01	8:00	N72°0,098	E14°43,565	1260	MUC (diameter 6cm)		8 tubes
ATL13	29.08.01	10:16	N72°0,072	E14°43,587	1261	HORIZON		

No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth [m]	Corer/ Instrument	Dive	Notes
ATL14	29.08.01	13:20	N72°0,099	E14°43,576	1237	MUC (diameter 6cm)		no release
ATL15	29.08.01	14:35	N72°0,078	E14°43,388	1262	HORIZON		no release
ATL16	29.08.01	17:10	N72°0,079	E14°43,385	1263	MUC (diameter 6cm)		no release
ATL17	29.08.01	18:14	N72°0,079	E14°43,385	1262	HORIZON		no release
ATL18	29.08.01	21:38	N72°0,075	E14°43,377	1262	MUC (diameter 6cm)		Pogonophora field; 7 tubes, top 2-4 cm sediment layer brownish, deeper layer grey--black
ATL19	30.08.01	0:02	N72°0,26	E14°43,00	1260	VICTOR	Div4	Bacteria mats ; 12 Push-Corer; water samples Sediment colour at first bright, with increasing sediment depth more dark grey
		7:34	N71°59,6	E14°45,1	1263			
ATL20	30.08.01	8:26	N72°0,19	E14°43,36	1260	HORIZON		no release
ATL21	30.08.01	11:20	N72°0,18	E14°43,391	1261	CTD		double water samples at 1250, 1210, 1150, 1050, 750 and 50 m water depth
ATL22	30.08.01	13:20	N72°0,08'	E14°43,394	1264	MUC (diameter 6cm)		Pogonophora field; 11 tubes; top 4-5 cm brown, below grey - black
ATL23	30.08.01	14:50	N72°0,086	E14°43,415	1258	CTD		single water samples at 1245, 1235, 1205, 1155, 1055, 955, 755, 555, 355, 155, 55 and 5 m water depth
ATL24	30.08.01	20:28	N72°0,1	E14°43,53	1263	Orpheus		technical problem
	31.08.01	4:59	N72°0,14	E14°43,4				

No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth [m]	Corer/ Instrument	Dive	Notes
ATL25	31.08.01	0:02	N72°0,18	E14°43,65	1262	VICTOR	Div5	Centre; 12 Push-Corer; bacteria mats (south); 3 Push-Corer; bacteria mats (north); 6 Push-Corer; Pogonophora field (north) 2 Push-Corer
	01.09.01	6:47	N72°0,86	E14°43,37	1260			
ATL26	1.09.01	8:30	N72°0,145	E14°43,708	1264	Microprofiler		release
ATL27	1.09.01	13:35	N72°0,114	E14°44,106	1265	HORIZON		no release
ATL28	1.09.01	17:23	N71°58,1	E14°43,13	1265	MUC (diameter 6cm)		11 tubes

#### Abbreviations

CTD	Conductivity Temperature Depth
HORIZON	Horizontal Water Sampler
Microprofiler	System to measure vertical profiles of various parameters across the sediment-water interface
MUC	Multi Corer
Orpheus	Lander System
VICTOR	ROV "VICTOR 6000"

## "Berichte zur Polarforschung"

Eine Titelübersicht der Hefte 1 bis 376 (1981 - 2000) erschien zuletzt im Heft 413 der nachfolgenden Reihe "Berichte zur Polar- und Meeresforschung". Ein Verzeichnis aller Hefte beider Reihen sowie eine Zusammenstellung der Abstracts in englischer Sprache finden sich im Internet unter der Adresse:

<http://www.awi-bremerhaven.de/Resources/publications.html>

## Ab dem Heft-Nr. 377 erscheint die Reihe unter dem Namen: "Berichte zur Polar- und Meeresforschung".

- Heft-Nr. 377/2000** – „Rekrutierungsmuster ausgewählter Wattfauna nach unterschiedlich strengen Wintern“ von Matthias Strasser.
- Heft-Nr. 378/2001** – „Der Transport von Wärme, Wasser und Salz in den Arktischen Ozean“, von Boris Cisewski.
- Heft-Nr. 379/2001** – „Analyse hydrographischer Schnitte mit Satellitenaltimetrie“, von Martin Losch.
- Heft-Nr. 380/2001** – „Die Expeditionen ANTARKTIS XVI/1-2 des Forschungsschiffes POLARSTERN 1998/1999“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Saad El Naggar.
- Heft-Nr. 381/2001** – „UV-Schutz- und Reparaturmechanismen bei antarktischen Diatomeen und *Phaeocystis antarctica*“, von Lieselotte Riegger.
- Heft-Nr. 382/2001** – „Age determination in polar Crustacea using the autofluorescent pigment lipofuscin“, by Bodil Bluhm.
- Heft-Nr. 383/2001** – „Zeitliche und räumliche Verteilung, Habitatspräferenzen und Populationsdynamik benthischer Copepoda Harpacticoida in der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Gritta Veit-Köhler.
- Heft-Nr. 384/2001** – „Beiträge aus geophysikalischen Messungen in Dronning Maud Land, Antarktis, zur Auffindung eines optimalen Bohrpunktes für eine Eiskerntiefbohrung“, von Daniel Steinhage.
- Heft-Nr. 385/2001** – „Actinium-227 als Tracer für Advektion und Mischung in der Tiefsee“, von Walter Geibert.
- Heft-Nr. 386/2001** – „Messung von optischen Eigenschaften troposphärischer Aerosole in der Arktis“, von Rolf Schumacher.
- Heft-Nr. 387/2001** – „Bestimmung des Ozonabbaus in der arktischen und subarktischen Stratosphäre“, von Astrid Schulz.
- Heft-Nr. 388/2001** – „Russian-German Cooperation SYSTEM LAPTEV SEA 2000: The Expedition LENA 2000“, edited by Volker Rachold and Mikhail N. Grigoriev.
- Heft-Nr. 389/2001** – „The Expeditions ARKTIS XVI/1 and ARKTIS XVI/2 of the Research Vessel ‚Polarstern‘ in 2000“, edited by Gunther Krause and Ursula Schauer.
- Heft-Nr. 390/2001** – „Late Quaternary climate variations recorded in North Atlantic deep-sea benthic ostracodes“, by Claudia Didié.
- Heft-Nr. 391/2001** – „The polar and subpolar North Atlantic during the last five glacial-interglacial cycles“, by Jan P. Helmke.
- Heft-Nr. 392/2001** – „Geochemische Untersuchungen an hydrothermal beeinflussten Sedimenten der Bransfield Straße (Antarktis)“, von Anke Dähmann.
- Heft-Nr. 393/2001** – „The German-Russian Project on Siberian River Run-off (SIRRO): Scientific Cruise Report of the Kara-Sea Expedition ‚SIRRO 2000‘ of RV ‚Boris Petrov‘ and first results“, edited by Ruediger Stein and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 394/2001** – „Untersuchungen der Photooxidantien Wasserstoffperoxid, Methylhydroperoxid und Formaldehyd in der Troposphäre der Antarktis“, von Katja Riedel.
- Heft-Nr. 395/2001** – „Role of benthic cnidarians in the energy transfer processes in the Southern Ocean marine ecosystem (Antarctica)“, by Covadonga Orejas Saco del Valle.
- Heft-Nr. 396/2001** – „Biogeochemistry of Dissolved Carbohydrates in the Arctic“, by Ralph Engbrodt.
- Heft-Nr. 397/2001** – „Seasonality of marine algae and grazers of an Antarctic rocky intertidal, with emphasis on the role of the limpet *Nacilla concinna* Strebel (Gastropoda: Patellidae)“, by Dohong Kim.
- Heft-Nr. 398/2001** – „Polare Stratosphärenwolken und mesoskalige Dynamik am Polarwirbelrand“, von Marion Müller.
- Heft-Nr. 399/2001** – „North Atlantic Deep Water and Antarctic Bottom Water: Their Interaction and Influence on Modes of the Global Ocean Circulation“, by Holger Brix.
- Heft-Nr. 400/2001** – „The Expeditions ANTARKTIS XVIII/1-2 of the Research Vessel ‚Polarstern‘ in 2000“, edited by Victor Smetacek, Ulrich Bathmann, Saad El Naggar.
- Heft-Nr. 401/2001** – „Variabilität von CH<sub>2</sub>O (Formaldehyd) - untersucht mit Hilfe der solaren Absorptionsspektroskopie und Modellen“, von Torsten Albrecht.
- Heft-Nr. 402/2001** – „The Expedition ANTARKTIS XVII/3 (EASIZ III) of RV ‚Polarstern‘ in 2000“, edited by Wolf E. Arntz and Thomas Brey.
- Heft-Nr. 403/2001** – „Mikrohabitatansprüche benthischer Foraminiferen in Sedimenten des Südatlantiks“, von Stefanie Schumacher.
- Heft-Nr. 404/2002** – „Die Expedition ANTARKTIS XVII/2 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 2000“, herausgegeben von Jörn Thiede und Hans Oerter.
- Heft-Nr. 405/2002** – „Feeding Ecology of the Arctic Ice-Amphipod *Gammarus wilkitzkii*. Physiological, Morphological and Ecological Studies“, by Carolin E. Arndt.

- Heft-Nr. 406/2002** – "Radiolarienfauna im Ochotskischen Meer - eine aktuopaläontologische Charakterisierung der Biozönose und Taphozönose", von Anja Nimmergut.
- Heft-Nr. 407/2002** – "The Expedition ANTARKTIS XVIII/5b of the Research Vessel 'Polarstern' in 2001", edited by Ulrich Bathmann.
- Heft-Nr. 408/2002** – "Siedlungsmuster und Wechselbeziehungen von Seepocken (Cirripedia) auf Muschelbänken (*Mytilus edulis* L.) im Wattenmeer", von Christian Buschbaum.
- Heft-Nr. 409/2002** – "Zur Ökologie von Schmelzwassertümpeln auf arktischem Meereis - Charakteristika, saisonale Dynamik und Vergleich mit anderen aquatischen Lebensräumen polarer Regionen", von Marina Carstens.
- Heft-Nr. 410/2002** – "Impuls- und Wärmeaustausch zwischen der Atmosphäre und dem eisbedeckten Ozean", von Thomas Garbrecht.
- Heft-Nr. 411/2002** – "Messung und Charakterisierung laminarer Ozonstrukturen in der polaren Stratosphäre", von Petra Wahl.
- Heft-Nr. 412/2002** – "Open Ocean Aquaculture und Offshore Windparks. Eine Machbarkeitsstudie über die multifunktionale Nutzung von Offshore-Windparks und Offshore-Marikultur im Raum Nordsee", von Bela Hieronymus Buck.
- Heft-Nr. 413/2002** – "Arctic Coastal Dynamics. Report of an International Workshop. Potsdam (Germany) 26-30 November 2001", edited by Volker Rachold, Jerry Brown and Steve Solomon.
- Heft-Nr. 414/2002** – "Entwicklung und Anwendung eines Laserablations-ICP-MS-Verfahrens zur Multielementanalyse von atmosphärischen Einträgen in Eisbohrkernen", von Heiko Reinhardt.
- Heft-Nr. 415/2002** – "Gefrier- und Tauprozesse im sibirischen Permafrost – Untersuchungsmethoden und ökologische Bedeutung", von Wiebke Müller-Lupp.
- Heft-Nr. 416/2002** – "Natürliche Klimavariationen der Arktis in einem regionalen hochauflösenden Atmosphärenmodell", von Wolfgang Dorn.
- Heft-Nr. 417/2002** – "Ecological comparison of two sandy shores with different wave energy and morphodynamics in the North Sea", by Iris Menn.
- Heft-Nr. 418/2002** – "Numerische Modellierung turbulenter Umströmungen von Gebäuden", von Simón Domingo López.
- Heft-Nr. 419/2002** – "Scientific Cruise Report of the Kara-Sea Expedition 2001 of RV 'Academik Petrov': The German-Russian Project on Siberian River Run-off (SIRRO) and the EU Project 'ESTABLISH'", edited by Ruediger Stein and Oleg Stepanets.
- Heft-Nr. 420/2002** – "Vulkanologie und Geochemie pliozäner bis rezenter Vulkanite beiderseits der Bransfield-Straße / West-Antarktis", von Andreas Veit.
- Heft-Nr. 421/2002** – "POLARSTERN ARKTIS XVII/2 Cruise Report: AMORE 2001 (Arctic Mid-Ocean Ridge Expedition)", by J. Thiede et al.
- Heft-Nr. 422/2002** – "The Expedition 'AWI' of RV 'L'Atalante' in 2001", edited by Michael Klages, Benoit Mesnil, Thomas Soltwedel and Alain Christophe with contributions of the participants.

