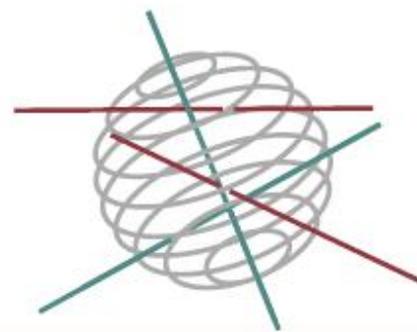


# SSD

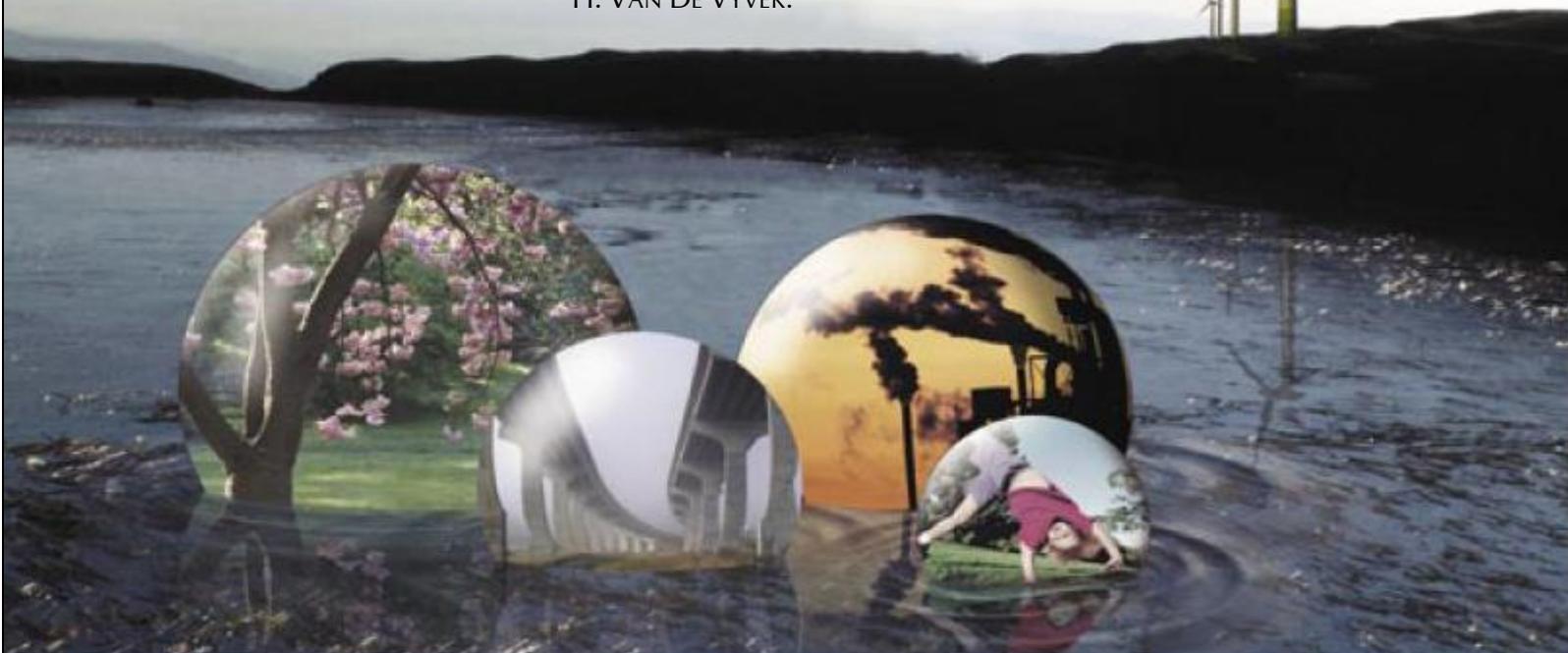
SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



**PROCESSUS ET INTERACTIONS SOUS-GLACIAIRES EN  
ANTARCTIQUE: LE RÔLE DES ZONES DE TRANSITION DANS  
LA STABILITÉ DE LA CALOTTE GLACIAIRE**

**“ASPI”**

T. BOEREBOOM, B. DE SMEDT, PH. HUYBRECHTS, A. HUYGHE,  
F. PATTYN, L. PERICHON, J.-PH. REMY, D. SAMYN, J.-L. TISON,  
H. VAN DE VYVER.



ENERGY 

TRANSPORT AND MOBILITY 

AGRO-FOOD 

HEALTH AND ENVIRONMENT 

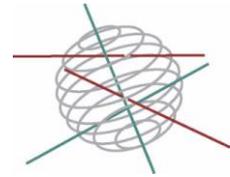
CLIMATE 

BIODIVERSITY 

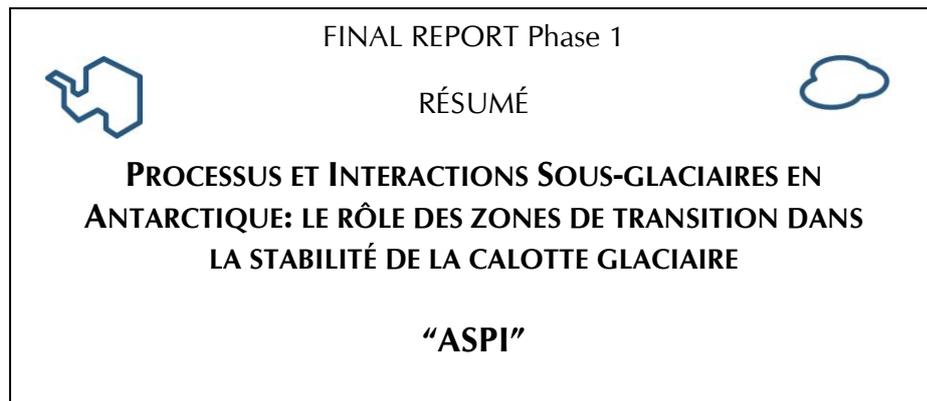
ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS 

TRANSVERSAL ACTIONS 

SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
(SSD)



**Antarctique**



Promotors

**Frank Pattyn, Jean-Louis Tison**  
Université Libre de Bruxelles (ULB)  
Laboratoire de Glaciologie

**Philippe Huybrechts**  
Vrije Universiteit Brussel (VUB)  
Vakgroep Geografie – VUB

Contributing authors

Thierry Boereboom (ULB), Bert De Smedt (VUB),  
Philippe Huybrechts (VUB), Ann Huyghe (VUB), Frank Pattyn (ULB),  
Laura Perichon (ULB), Jean-Philippe Remy (ULB), Denis Samyn (ULB),  
Jean-Louis Tison (ULB), Hans Van De Vyver (VUB)





Avenue Louise 231  
Louizalaan 231  
B-1050 Bruxelles  
Belgique  
Tel: +32 (0)2 238 34 11 – Fax: +32 (0)2 230 59 12  
<http://www.belspo.be>

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

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

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

T. Boereboom, B. De Smedt, Ph. Huybrechts, A. Huyghe, F. Pattyn, L. Perichon, J.-Ph. Remy, D. Samyn, J.-L. Tison, H. Van De Vyver. ***Antarctic Subglacial processes and interactions: role of transition zones in ice sheet stability "ASPI"*** Rapport Final Phase 1 Résumé. Bruxelles : Politique scientifique fédérale 2009 – 4 p. (Programme de recherche la science pour un Développement Durable).

L'objectif du projet ASPI est (i) de comprendre les interactions entre l'inlandsis et l'environnement sous-glaciaire ainsi que les processus qui déterminent l'évolution de l'inlandsis, antarctique et (ii) de déterminer quantitativement la stabilité de la calotte glaciaire sous un climat en cours de changement ainsi que l'impact de variations du climat sur l'inlandsis des zones côtières. Un facteur-clé, tant en termes de quantification qu'en termes de qualification, est l'existence de zones transitionnelles au sein de l'inlandsis, comme les lignes d'ancrages, qui sont une interface entre l'inlandsis et une barrière de glace, entre un inlandsis et un lac sous-glaciaire, ainsi qu'entre une barrière de glace et ses points d'ancrage. Les lignes d'ancrage présentes dans les inlandsis flottants, tout particulièrement – comme l'inlandsis ouest-antarctique (WAIS) –, sont extrêmement vulnérables, du fait que de faibles perturbations au niveau de la ligne d'ancrage (comme des fontes ordinaires ou des variations du niveau de la mer) peuvent déboucher sur un recul notable de la ligne d'ancrage, comme on a pu le constater récemment dans le secteur de la mer d'Amundsen. Le projet ASPI a donc étudié les facteurs qui influent sur la physique et la mécanique des lignes d'ancrage, comme la rhéologie et l'impact de la formation de glaces marines au niveau des rifts de la ligne d'ancrage (qui étaient susceptibles soit de stabiliser, soit de déstabiliser le flux glaciaire), ainsi que la manière dont peuvent être représentés les processus responsables du déplacement de la ligne d'ancrage dans des modèles d'inlandsis.

À des fins de modélisation et de développement de modèles, nous avons analysé la réponse d'un inlandsis flottant à diverses perturbations survenant à proximité de la ligne d'ancrage, en recourant à un modèle d'inlandsis numérique qui prend en compte couplage de la contrainte longitudinale et migration de la ligne d'ancrage. Le modèle se base sur un modèle de ligne de flux existant, augmenté cependant d'un modèle original de détermination sous maille de la position et du déplacement de la ligne d'ancrage comme fonction de la taille de la zone transitionnelle séparant l'inlandsis et la barrière de glace. Ainsi, par exemple, une zone de transition large est typique de l'existence d'un courant glaciaire, tandis qu'une zone de faible dimension se présente typiquement dans de nombreuses régions environnant la calotte glaciaire de l'Antarctique Est, où l'inlandsis se transforme assez brusquement en barrière de glace. Les résultats de modélisation montrent que la transmission de la contrainte ou le couplage longitudinal transversalement à la ligne d'ancrage joue un rôle décisif. Le déplacement de la ligne d'ancrage est fonction de l'échelle de longueur sur laquelle les conditions fondamentales passent du gelé au lit et au flottant (la 'zone transitionnelle'). Des perturbations au niveau de la ligne d'ancrage (comme une diminution du soutènement de la barrière de glace) entraînent une diminution importante de l'épaisseur de la calotte glaciaire reposant sur la terre. Les inlandsis marins comportant de larges zones de transition (comme les courants de glace) semblent être hautement sensibles à ce genre de perturbations, comparativement aux inlandsis comportant des zones transitionnelles réduites, comme dans le cas d'une jonction inlandsis/barrière de glace abrupte.

Les expériences de déformation sont destinées à mieux mettre en évidence la manière dont la formation de la glace marine au niveau de la ligne d'ancrage influe sur les caractéristiques de flux du système de l'inlandsis dans la zone transitionnelle. C'est à cette fin qu'un nouveau dispositif d'analyse a été conçu, testé et installé durant la Phase I du projet ASPI au laboratoire de l'ULB. Les expériences préliminaires mettent clairement en évidence l'importance de ces inclusions de glace marine sur le flux glaciaire : la glace marine est plus difficile à déformer que de la glace météorique dans un contexte de contrainte de la barrière de glace typique (compression verticale uniaxiale avec extension longitudinale) et elle peut donc avoir un effet stabilisateur sur l'ensemble du système.

L'importance de ce résultat concorde avec les résultats de modélisation inverse de la zone transitionnelle. Cette dernière technique permet de déterminer les caractéristiques de viscosité de la glace et/ou les caractéristiques fondamentales de la zone transitionnelle sur la base de la configuration de l'inlandsis observée (épaisseur de la glace, topographie de la surface) et des vitesses relevées en surface. La modélisation inverse permet donc de déterminer la taille de la zone transitionnelle, qui est un facteur important en termes de modélisation prédictive. À titre d'exemple, l'application au Glacier dit de Pine Island en Antarctique Ouest (WAIS) nous permet clairement de déterminer la position du début du courant glaciaire ainsi que de délimiter les zones où le couplage de la contrainte est essentiel.

Mais l'influence de l'océan n'est pas la seule condition aux limites importante. Des conditions de température fondamentales influent grandement sur le comportement de l'inlandsis antarctique. À chaque fois que la glace atteint le point de fusion par pression, de l'eau fondue est produite, cette production pouvant déboucher sur une augmentation du flux de glace. La présence de lacs sous-glaciaires est, elle aussi, fonction des conditions de température fondamentales. L'influence de la variabilité spatiale du flux de chaleur géothermique sur le régime de température fondamental de l'inlandsis antarctique a été étudiée à l'aide d'un modèle d'inlandsis 3D à couplage thermomécanique. Les résultats ont été comparés avec des observations réalisées sur des températures de base connues (ex.: les sites de forage de carottes glaciaires) ainsi qu'en fonction de la distribution spatiale des lacs sous-glaciaires. Il a ainsi été possible de déterminer quel est le corpus de données le plus adapté aux expérimentations de modélisation futures et quelles sont les conditions fondamentales qui règnent le plus vraisemblablement en dessous de l'inlandsis antarctique.

Les lacs sous-glaciaires sont d'ores et déjà un autre type de zones transitionnelles faisant l'objet d'une attention croissante actuellement. Des observations récentes ont démontré qu'ils peuvent drainer et ajouter des quantités significatives d'eau basale vers le/au système hydrologique sous-glaciaire. Ils sont donc à même de déstabiliser des inlandsis à la suite d'apparition brutale de lacs, événements dont l'existence est prouvée le long du littoral de l'inlandsis est-antarctique. Dans le cadre du projet ASPI, nous étudions l'effet du drainage de lacs sous-glaciaires sur la stabilité de l'inlandsis et, particulièrement, le point auquel le système des lacs sous-glaciaires est sensible au drainage et aux crues. Des expérimentations préliminaires montrent que de légères modifications de la topographie en surface peuvent déjà facilement déboucher sur le drainage partiel d'un lac de ce type.

Les zones transitionnelles de l'inlandsis antarctique, qu'il s'agisse de lignes d'ancrage, de lacs sous-glaciaires ou de l'interface sous-glaciaire, sont des éléments-clés du comportement dynamique de l'inlandsis antarctique et de sa stabilité. Bien que nous n'en soyons ici qu'à la phase initiale du projet ASPI, nous commençons à mieux comprendre les processus et interactions sous-glaciaires survenant au niveau de ces interfaces. Ces éléments semblent être, en tant que facteur de contrôle, encore plus importants qu'on ne le pensait auparavant.