

# UN GLACIER SOUS SURVEILLANCE AU SPITSBERG

Impact du réchauffement climatique récent  
sur les écoulements d'eau des glaciers polaires



## PROGRAMME HYDRO-SENSOR-FLOWS (LOVEN EST, 79°N)



Le regard porté par les scientifiques sur l'évolution climatique de la planète est très divers dans l'espace et dans le temps : quand certains raisonnent à l'échelle du globe sur des centaines de milliers d'années, d'autres auscultent de très petites zones avec un recul dit historique (40 ans). Les deux approches sont nécessaires pour comprendre les changements passés, actuels et à venir du climat. Les régions arctiques sont très réactives aux évolutions climatiques contemporaines : l'Année polaire internationale (API) est l'occasion de focaliser les recherches à différentes échelles d'observation.



### Un projet international conduit par la France

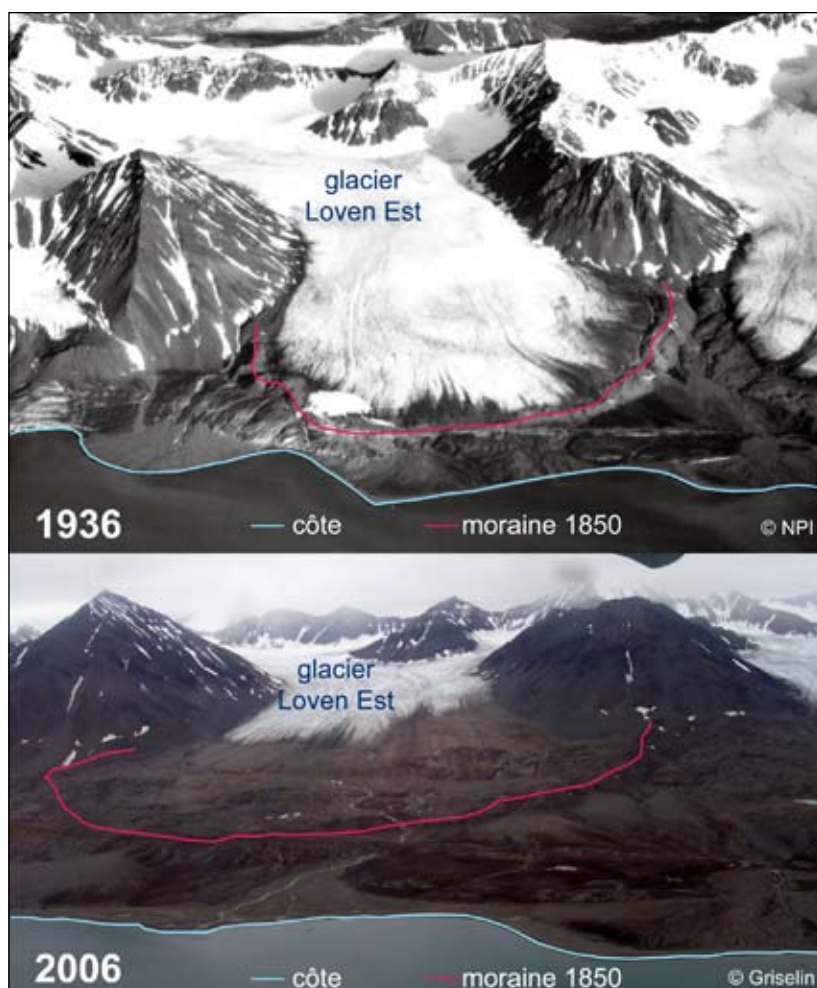
Modeste en ce qui concerne la taille du glacier observé et la logistique mise en œuvre sur le terrain, ce programme n'en est pas moins en vue car, sur les 210 programmes scientifiques internationaux labellisés API, une cinquantaine impliquent des Français, et six sont dirigés par des chercheurs français, dont Hydro-Sensor-Flows.



### Les glaciers polaires réservoirs non négligeables d'eau douce

Les glaciers sont des réservoirs d'eau douce qui, stockée ou libérée, a un impact local sur l'hydrologie des rivières et une implication globale sur le niveau des océans et la circulation océanique (modification de l'équilibre des écosystèmes côtiers et de la stratification de la colonne d'eau).

Certes, rapporté à la surface de chaque bassin versant, l'apport en eau douce des glaciers tempérés est bien supérieur à celui des glaciers polaires, mais l'extension de ceux-ci étant dix fois celle des glaciers tempérés, les quantités d'eau douce libérées par les glaciers polaires sous l'influence du réchauffement climatique sont équivalentes à celles issues des glaciers tempérés. Il y a donc nécessité d'avoir des données, par des suivis hydrologiques en continu, des quantités et des qualités des eaux douces liées aux glaciers polaires et de comprendre les paramètres du milieu naturel contrôlant ces apports. Le Spitsberg peut-être considéré comme représentatif de l'Arctique en matière d'hydrologie glaciaire.



Le recul du glacier Loven Est entre 1936 et 2006

### contacts



Madeleine Griselin  
03 81 66 59 51 / 06 81 39 48 51  
madeleine.griselin@univ.fcomte.fr



Christelle Marlin  
01 69 15 63 61 / 06 21 63 41 29  
christelle.marlin@u-psud.fr

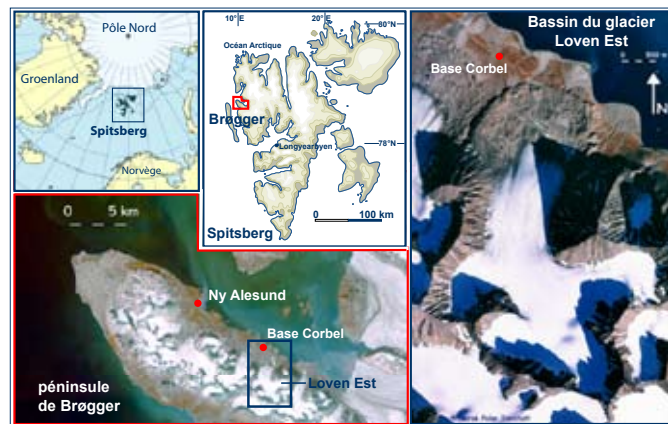


Dominique Laffly  
05 59 40 72 76 / 06 19 20 49 81  
dominique.laffly@univ-pau.fr



### Un suivi difficile donc rare des glaciers polaires sur le plan hydrologique

Dans le cadre de l'année polaire internationale, de nombreux projets concernent l'approche des systèmes glaciaires par le bilan de masse glaciologique global. Très peu de projets concernent l'approche de ces systèmes par le biais du bilan hydrologique (bilan des flux d'eau entrant et sortant), à cause de la difficulté technique que représente le suivi hydrologique en continu de bassins aux écoulements instables et divagants.



Localisation



Pose d'une sonde hydrologique multiparamètre



### Comment les glaciers polaires répondent-ils aux modifications récentes et rapides du climat ?

La grande question scientifique à laquelle notre projet tentera d'apporter des réponses est la suivante : comment les glaciers polaires répondent-ils aux modifications récentes et rapides du climat ? Depuis les années 60, sur la côte ouest du Spitsberg, on observe une augmentation de la température de l'air et une accentuation des hauteurs de précipitations (pluie, neige). Si le réchauffement de l'air doit se traduire par une fonte plus importante des glaciers, visible sur le glacier du Loven Est par un spectaculaire retrait glaciaire de plusieurs mètres par an dans la zone frontale, la question de l'impact des précipitations reste ouverte car leur augmentation globale masque une diminution de la neige qui ne joue pas en faveur des glaciers.



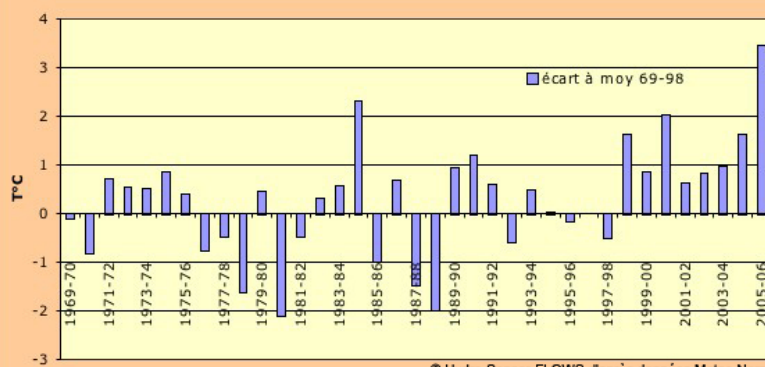
Maintenance d'un préleveur d'eau



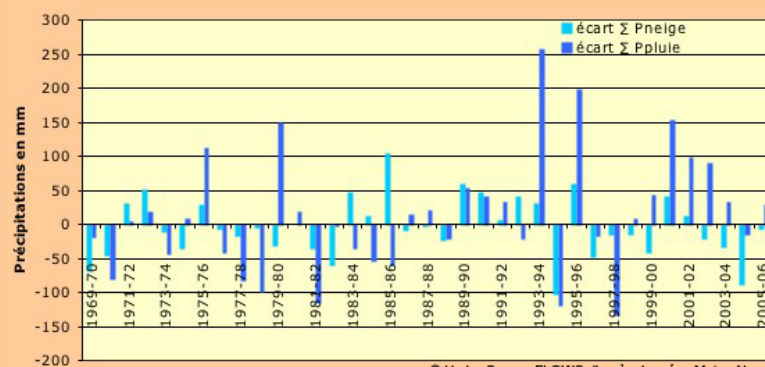
### Le Loven Est : un bassin idéal pour le suivi hydrologique

Le programme Hydro-Sensor-FLOWS (2006-2010), labellisé API, concerne le bassin du glacier Loven Est (Spitsberg, 79°N), situé non loin de la base Jean Corbel, seule base scientifique française en Arctique, construite en 1963 sur une barre calcaire dans laquelle vient buter le vallum morainique du glacier Loven Est. Cette barre rocheuse contraint les torrents à se concentrer pour la traverser en deux puissants canyons où il est possible de mesurer la totalité des écoulements en provenance du glacier, ce qui est très rare en régions polaires. Plusieurs travaux scientifiques ponctuels menés depuis 1963, notamment en hydrologie, ont permis de proposer un premier modèle conceptuel de circulation des eaux dans lequel il reste des interrogations concernant le comportement sous-glaciaire et souterrain des eaux, la forme du réseau de drainage sous-glaciaire, l'identification des zones de stockage en eau douce et des temps de séjour des eaux dans le bassin, l'origine de la salinité des eaux et, tout simplement, la rapidité des processus hydro-glaciologiques.

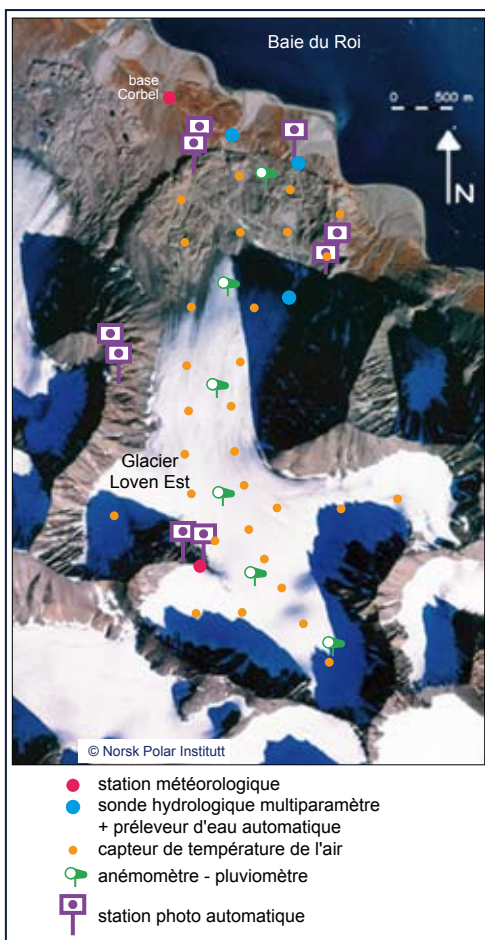
T°C annuelle : écart à la normale 1969-1998



Précipitations annuelles : écart à la normale 1969-1998



Écart à la moyenne 1969-2006, température, pluie et neige  
Ny Alesund, Spitsberg (79°N)



Réseau de capteurs du Loven Est



## Le glacier Loven Est sous surveillance high-tech

Dans le cadre du programme, la technologie mobilisée pour quantifier et observer les flux liquides et solides du glacier Loven Est (10 km<sup>2</sup>), de l'échelle annuelle à l'échelle journalière (voire celle de l'événement pluvieux), sera considérable et fera du LovenEst un glacier sous surveillance continue par un réseau dense de capteurs (*sensors*) sur le terrain :

- 2 stations météorologiques automatiques
- 9 anémomètres et pluviomètres
- 30 capteurs thermiques
- 3 sondes multiparamètres pour le suivi physico-chimique de la qualité des eaux d'écoulement
- 3 préleveurs automatiques d'eau
- 10 stations photo automatiques
- mesures mobiles par *Ground Penetrating Radar* (GPR) : cartographie du réseau sous-glaciaire, structure du permafrost.



Installation d'un capteur de température



Station photo automatique



## Spatialiser l'information

Ces capteurs et enregistreurs nous permettront de constituer une banque de données de plusieurs milliers d'informations ponctuelles dans l'espace mais continues dans le temps. Les traitements en laboratoire de ces données permettront de spatialiser sur tout le bassin l'information :

- météorologique (radiation, température de l'air, précipitations, vent, accumulation de neige, fonte de la glace) en vue d'établir, en continu, l'état thermique du bassin déterminant la libération ou le stockage des précipitations ;
- hydrologique (débits, salinité des eaux, pH, température, teneur en oxygène dissous, teneurs en éléments majeurs, teneurs isotopiques) ;
- photographique
- dynamique et morphologique (position du front du glacier, évolution des versants, divagation des torrents,...).



## La photo pour témoin

Une des originalités du programme réside aussi dans les stations photos automatiques, spécialement développées pour ce projet par l'UMR FEMTO-ST. Ces appareils seront répartis de façon à couvrir l'intégralité du bassin et permettront de suivre, depuis le sol :

- la dynamique du manteau neigeux et son évolution
- la dynamique fluvio-glaciaire
- le positionnement de l'isotherme 0°C sur le glacier pour déterminer les zones de fonte
- la dynamique des versants.

Certains processus très rapides comme la débâcle de printemps au front du glacier pourront être enregistrés et visualisés en continu pour la première fois au Spitsberg.



## Mesures in situ et calendrier des missions

Des mesures récurrentes sur le terrain seront faites chaque année également :

- épaisseur du manteau neigeux à la fin de l'hiver
- positionnement précis du front du glacier pour quantifier le retrait annuel des glaces.

Le programme est prévu pour quatre ans, à raison de deux ou trois missions de 3 à 4 semaines par an : au printemps, en été, en automne.



## Prendre des ados par la main ...

Au cours de l'été 2007, trois adolescentes, scientifiques en herbe, seront assistantes de terrain de la mission et participeront à toutes les actions menées par les scientifiques.

Chaque jeune a un parrain :

- CNRS
- Conseil régional de Franche-Comté
- Ville d'Orsay (sous réserve).

## Un programme international 9 laboratoires et 4 pays

### France (leader du projet)

- dans le cadre du GDR « Mutations polaires » :  
UMR Théma CNRS-Université de Franche-Comté à Besançon  
UMR IDes CNRS-Université Paris-Sud à Orsay,  
UMR SET CNRS-Université de Pau et des Pays de l'Adour,
- UMR FEMTO-ST CNRS-Université de Franche-Comté à Besançon

### Allemagne

- Alfred Wegener Institut de Potsdam,
- Institut d'écologie polaire de Kiel,

### Espagne

- Université polytechnique de Madrid,
- Université de Salamanque,

### Russie

Institut océanographique de Moscou



Hydrologie franco-espagnole



Renard polaire et ingénieur

## Un programme pluridisciplinaire

hydrologie  
hydrochimie  
géomorphologie  
géographie  
géophysique  
sédimentologie  
sciences de l'ingénieur



La base française Jean Corbel au pied du glacier Loven Est (79° N)



Mesure au GPR (ground penetrating radar)  
par le géophysicien allemand

## Les partenaires financiers pour la France

- ANR (Agence nationale de la recherche)
- CNRS
- IPEV (Institut polaire français)
- Université de Franche-Comté
- Université Paris-Sud 11
- Faculté des Sciences d'Orsay
- Conseil régional de Franche-Comté
- Ville d'Orsay
- Bévalot-Phox
- Activ CSA
- ...

sous réserve  
• Ville d'Orsay



Installation de la station météo d'altitude  
avec l'aide des logisticiens de l'IPEV



La base française en octobre



GDR "Mutations Polaires"  
CNRS-Université de Franche-Comté  
30, rue Mégevand 25030 Besançon Cedex  
Tel : 03 81 66 59 51 ou 06 81 39 48 51  
madeleine.griselin@univ-fcomte.fr