

---

# La photographie oblique terrestre pour une veille environnementale en milieu arctique

(webcam du Zeppelin Fjellet, 79°N, Spitsberg)

**Madeleine GRISELIN, Sébastien NAGELEISEN, Serge ORMAUX** : *ThéMA, UMR 6049 CNRS, Université de Franche-Comté, Besançon, France*  
Email : [madeleine.griselin@univ-fcomte.fr](mailto:madeleine.griselin@univ-fcomte.fr)

**Kim HOLMÉN** : *Norwegian Institute of Air Research*

**Dominique LAFFLY** : *IRSAM-SET, UMR 5603 CNRS, Université de Pau, France*

---

**RÉSUMÉ** : la photographie oblique prise depuis la surface de la terre peut devenir un outil complémentaire à l'imagerie projectionnelle (photographie aérienne et image satellite) utilisée habituellement en télédétection. Pour un coût de mise en œuvre assez faible, elle autorise un suivi environnemental à des échelles spatiales et temporelles particulièrement fines, et ce malgré une faible définition de l'image.

En Arctique, les données météorologiques standard rendent mal compte de la dynamique de la neige et de la glace de mer. Or, ce sont là deux composantes fondamentales de l'environnement polaire qu'il est possible d'appréhender à partir de leur dimension paysagère. Depuis mai 2000, une webcam est installée sur le Zeppelin Fjellet (78°53'N, 11°53'E, 474 m d'altitude). Depuis plus de quatre ans, elle fournit 24 images par jour, offrant une vue panoramique sur la baie du Roi et la station de Ny Ålesund. Les 36 000 clichés de cette collection représentent un gisement d'information considérable — et disponible gratuitement sur Internet — sur une région particulièrement réactive au changement global. Si les images orthorectifiées autorisent la réalisation de bilans surfaciques, les images brutes offrent une grande richesse d'information en ce qui concerne les premiers plans (sandur et fjord). La banque d'images permet d'établir des types de couverture de la neige et de la glace de mer. Ces types s'enchaînent dans le temps selon des séquences présentant une grande variabilité interannuelle qu'il est possible de mettre en relation avec les données météorologiques (température de l'air, précipitation, vitesse et direction du vent).

À terme, nous envisageons d'utiliser un réseau d'appareils photographiques numériques reliés à des intervallo mètres qui fourniront de manière automatique des données nombreuses et dédiées à l'analyse de phénomènes spécifiques. Grâce à une dizaine de stations photographiques installées sur un petit bassin englacé (Loven Est), on pourra tirer de l'image oblique, des informations quantitatives à propos du manteau neigeux et donc en déduire la lame d'eau correspondant à la fonte sur les 10 km<sup>2</sup> de bassin.

**ABSTRACT**: oblique photographs taken from the ground constitutes a complementary tool for projectional pictures (remote sensing observations from satellite or aircraft). For a low cost, they allows an environmental survey at very fine spatial and temporal scales, despite a low resolution of the pictures. In Arctic, standard meteorological data do not give information concerning the dynamics of the snow cover and sea ice, two informations very important for the polar environment which is possible to follow through their landscape component. Since May 2000, a web cam has been operational at the top of the Zeppelin Fjellet (78°53' North, 11°53' East, 475 m ASL); it has provided 24 pictures a day for more than four years, offering a panoramic vision of the King's Bay (Kongsfjorden) and the Ny Ålesund international scientific base. The 36 000 photos of this collection represent a hudge mine of information, (freely available on the web) concerning a region which particularly reacts to climatic global change. If the orthorectified pictures allow surface balances, the rough pictures offer a great richness of information concerning the first planes (sandur and fjord). Through the images bank could be establish types of snow cover and sea ice. These types link in time among sequences presenting a great yearly variability which can be related to meteorological data (air temperature, precipitation, wind (direction and speed). Later we would like to use a net of digital cameras linked to timers which will provide numerous data to analyse specific phenomenon. Due to a tens of automatic photo stations set on a small glacier basin (East Loven), we could extract, from the oblique picture, quantitative information concerning the snow cover and than deduct the equivalent water corresponding to the snow melting over the 10 km<sup>2</sup> of the basin.

**Mots-clés** : arctique, banque d'images, webcam, neige, glace de mer

**Keywords**: arctic, image bank, web cam, snow cover, sea-ice

---

## Introduction

La référence exclusive au terrain a longtemps été un principe de base de l'analyse géographique. Puis le renouveau de la discipline et l'affirmation de sa scientificité ont remis en cause ce positionnement, l'ont soumis à discussion et l'ont complexifié.

Les modalités de l'observation de terrain ont elles-mêmes évolué, le géographe prenant de la distance et de la hauteur. Les carnets de terrain d'autrefois ont ainsi partiellement cédé la place aux compositions colorées et autres classifications des praticiens du remote sensing (télédétection). Constituant un réel progrès dans l'investigation de la planète, la télédétection interroge cependant le géographe dans son rapport à la surface terrestre. Si la découverte scientifique de la terre s'est d'abord déroulée au niveau du sol, selon un regard de type tangentiel, elle se déploie aujourd'hui à travers les diverses formes d'imagerie aérienne et satellitaire, selon une vision de type zénithal. On notera cependant qu'en matière d'investigation du système solaire et de planétologie, c'est plutôt le mouvement inverse qui s'est produit. La lune, la planète Mars, le satellite de Jupiter Titan ont d'abord été appréhendés en vision orbitale, avant que des engins s'y posent et permettent d'en photographier les paysages, en vision tangentielle. L'admiration provoquée chez les scientifiques et dans le grand public par ces clichés dit bien que ceux-ci ont été considérés non seulement comme une prouesse technique mais aussi comme une avancée dans la démarche de connaissance.

Nous voulons montrer dans cette communication que l'étude des phénomènes terrestres peut elle aussi bénéficier d'analyses réalisées depuis le sol à partir d'appareillages qui ne sont pas sans rappeler les sondes ou robots envoyés sur des planètes lointaines.

### 1. Du « in situ sensing » au « sensor web »

En fait, il n'y a pas d'opposition entre les observations du dessus et du dedans, mais une réelle complémentarité, qui ne fait d'ailleurs que se renforcer avec le développement des appareils de prise de vue numérique et de la technologie Internet. L'idée d'utiliser des webcams ou des appareils à prise de vue automatique et cadencée pour suivre des phénomènes géographiques, difficilement accessibles ou exigeant un pas d'observation très court, fait son chemin, si l'on en juge par les multiples publications récentes qui relatent des expériences dans ce domaine (cf. bibliographie en fin d'article). De nombreux auteurs nord-américains et scandinaves publient de très intéressants travaux sur la question et tous insistent sur le gisement d'information considérable qui réside dans ce type d'approche, eu égard au faible coût des dispositifs à mettre en œuvre (comparé à la logistique satellitaire).

Une équipe de l'Université York de Toronto a même proposé en 2004 le vocable de « in situ sensing » (*in situ*-détection), pour désigner l'analyse d'un espace à travers un réseau d'appareils de prise de vue et de mesure automatiques distribués sur le terrain (Liang *et al.*, 2004). Au-delà, cette équipe développe le concept de « Sensor Web » correspondant à un système d'information intégré associant des détecteurs in situ et des détecteurs à distance, reliés par Internet à un serveur central. Les auteurs insistent sur la complémentarité entre les deux types de détection, haute couverture spatiale pour la télédétection, haute résolution temporelle pour le « in situ sensing ».

De telles approches croisent une expérience que nous menons depuis quelques mois et qui consiste à exploiter scientifiquement les images d'une webcam installée au Spitsberg<sup>1</sup> par un scientifique du Norwegian Institute of Air Research (NILU<sup>2</sup>). Appliquées à l'analyse de la dynamique du manteau neigeux et de l'englacement de la baie du roi, nos recherches complètent par ailleurs les travaux menés par une équipe danoise sur l'évaluation du manteau neigeux à partir de photographies numériques au sol (Hinkler *et al.*, 2002, 2003a, 2003b).

### 2. Quatre années en Baie du Roi : images et données

#### *La webcam du Zeppelin Fjellet*

Depuis mai 2000, une webcam est opérationnelle près de Ny-Ålesund, Svalbard (fig. 1). Du sommet du Zeppelin Fjellet (78°53' Nord, 11°53' Est, 474 m d'altitude), une webcam (Axis 2100) équipe la station du NILU. Elle fournit et archive 24 clichés par jour depuis plus de 4 ans, offrant une vision panoramique (angle de 60°) de la baie du Roi. Les photos sont des images 24 bit RGB (640 x 480 pixels), disponibles gratuitement sur le site internet du NILU.

<sup>1</sup> pour des renseignements sur le dispositif technique de la webcam du Zeppelin : [http://www.axis.com/products/cam\\_2100/index.htm](http://www.axis.com/products/cam_2100/index.htm)

<sup>2</sup> Site du NILU : <http://www.nilu.no/>



Figure 1 – Localisation de la webcam du Zeppelin, Baie du Roi, Svalbard

En baie du Roi, le soleil de minuit brille du 21 avril au 21 août et la nuit polaire dure du 28 octobre au 14 février. Pendant la période de nuit polaire, seules quelques lumières de Ny-Ålesund sont visibles (par temps clair). En fait les images de midi sont assez lumineuses pour être utilisées scientifiquement du 30 janvier au 10 novembre, soit 284 jours par an.

### Le corpus d'images et les données disponibles

Notre analyse repose sur quatre années d'enregistrement (fig. 2) : du 21 septembre 2000 au 20 septembre 2004 (1 460 jours), à raison de 24 images par jour (35 040). Seule l'image de midi a été exploitée dans un premier temps.

Nous ne pouvons bien sûr pas tirer d'information pertinente des photos prises pendant la nuit polaire (295 jours). Nous ne disposons pas non plus d'information pour les jours pendant lesquels la caméra n'était pas opérationnelle, soit 76 journées sans images.

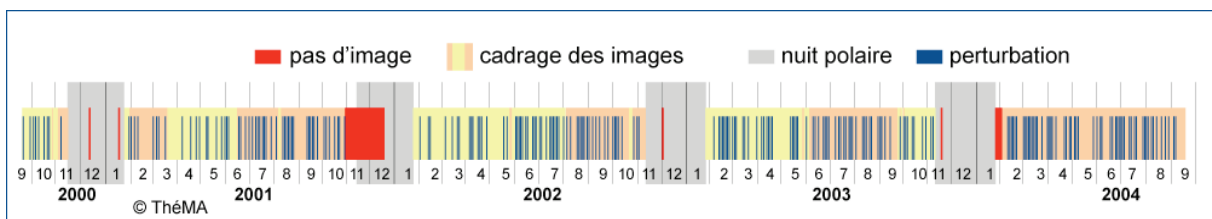


Figure 2 – Disponibilité et cadrage des images de la webcam pendant quatre ans

La maintenance de la caméra entraîne par ailleurs des modifications fréquentes de cadrage. Même mineurs, ces changements posent des problèmes dans le traitement automatique des images. On relève 26 cadrages différents en quatre ans, la plus longue période avec le même cadrage étant 231 jours du 04.02.04 au 21.10.04.

Enfin, les clichés sont *a priori* inutilisables lorsque le temps est perturbé (brouillard, pluie, neige, blizzard) ou quand la station du Zeppelin se trouve dans les nuages : cela représente 305 journées, soit un quart des 1 089 clichés de midi. Bien qu'inexploitables en termes de contenu, ces images sont importantes pour la compréhension des processus qui sont souvent liés aux perturbations : c'est généralement après une ou plusieurs journées perturbées qu'apparaissent les grands changements, particulièrement en ce qui concerne le couvert neigeux et la glace de mer.

Notre analyse repose donc, au total, sur un corpus de 784 clichés exploitables. Nous disposons également des données météorologiques journalières de la station de Ny-Ålesund, données disponibles et archivées en ligne sur le site de l'Institut Météorologique Norvégien<sup>3</sup> :

- température de l'air (T°C maximale, minimale, moyenne) ;
- hauteur de précipitation (Pmm / jour) ;
- vitesse du vent (vitesse moyenne journalière, vitesse rafale).

Malheureusement, le site ne donne pas les directions du vent.

### 3. Images brutes ou orthorectifiées ?

La webcam vise 23° au nord avec une inclinaison plongeante de 50° et couvre un angle de 60°. Les images provenant de la caméra du Zeppelin offrent l'avantage d'être toujours acquises avec des conditions géométriques semblables : même angle et focale d'acquisition et, par conséquent, une taille identique de tous les fichiers. D'un point de vue géographique, cela se traduit par une localisation identique dans l'image des différents objets qui composent le paysage. L'analyse des chroniques temporelles est grandement facilitée par ces caractéristiques, malgré les légères modifications de cadrage limitant l'automatisation des traitements, et l'on pourra aisément suivre, par exemple, l'évolution de l'emprise de la banquise ou du manteau neigeux au fil du temps.

Cependant, la prise de vue oblique des images compromet tout bilan surfacique : les pixels ne couvrent pas la même étendue entre le premier et le dernier plan de la scène. La figure 3 visualise les altitudes sur le cliché de la webcam ; on réalise facilement la distorsion par comparaison avec le MNT (vue du dessus). L'image rectangulaire donne une même largeur de 800 pixels pour :

- 10 m de la pente au premier plan ;
- 2,5 km près de la côte ;
- 7 km au large de la plus grande île ;
- 17 km à l'arrière-plan.

Les distorsions sont encore plus criantes si on compare les surfaces (exprimées en pourcentage du total) entre l'image de la webcam et son équivalent sur le MNT (fig. 3) : le sandur qui s'étend du pied du Zeppelin à la mer occupe près de 39 % de l'image webcam et ne représente que 1 % sur le MNT.

Pour passer outre la contrainte de distorsion due à la prise de vue oblique, et pour pouvoir effectuer des bilans surfaciques, il est nécessaire d'orthorectifier les images, c'est-à-dire de créer par calcul une vue où les erreurs de parallaxe sont éliminées (on intègre une image des altitudes) ; on pourra également appliquer un système géodésique à cette vue pour la projeter sur des cartes déjà existantes de la zone d'étude. La figure 4 présente un exemple d'une image oblique (16 juillet 2002 à 12h00) orthorectifiée et géoréférencée en UTM zone 32. Le modèle ajuste parfaitement les premiers plans du cône de vision (sandur et fjord) alors que les plans les plus lointains (outre-fjord) sont très bruités : on retrouve ici les distorsions de rapport de surface de l'image d'origine. Le tireté délimite les principaux traits de côte. L'ensemble est assez cohérent à l'exception bien évidemment de ce qui est masqué par le relief dans la vue oblique. Quoiqu'il en soit la quantification surfacique des évolutions des paysages est désormais rendue possible, pour les premiers plans du moins (sandur et fjord). On peut même envisager un traitement systématique des images acquises par la caméra numérique à partir d'un seul modèle géométrique, puisqu'elles proposent les mêmes caractéristiques, avec toutefois la réserve des 26 cadrages différents en quatre ans, nécessitant, de fait, un modèle propre à chaque cadrage ; en ce qui concerne le sandur (zoom), il y a de plus une grosse perte d'information par réduction de la surface considérée.

---

<sup>3</sup> Site de l'Institut météorologique norvégien : <http://met.no/observasjoner/svalbard/Ny-Alesund/>

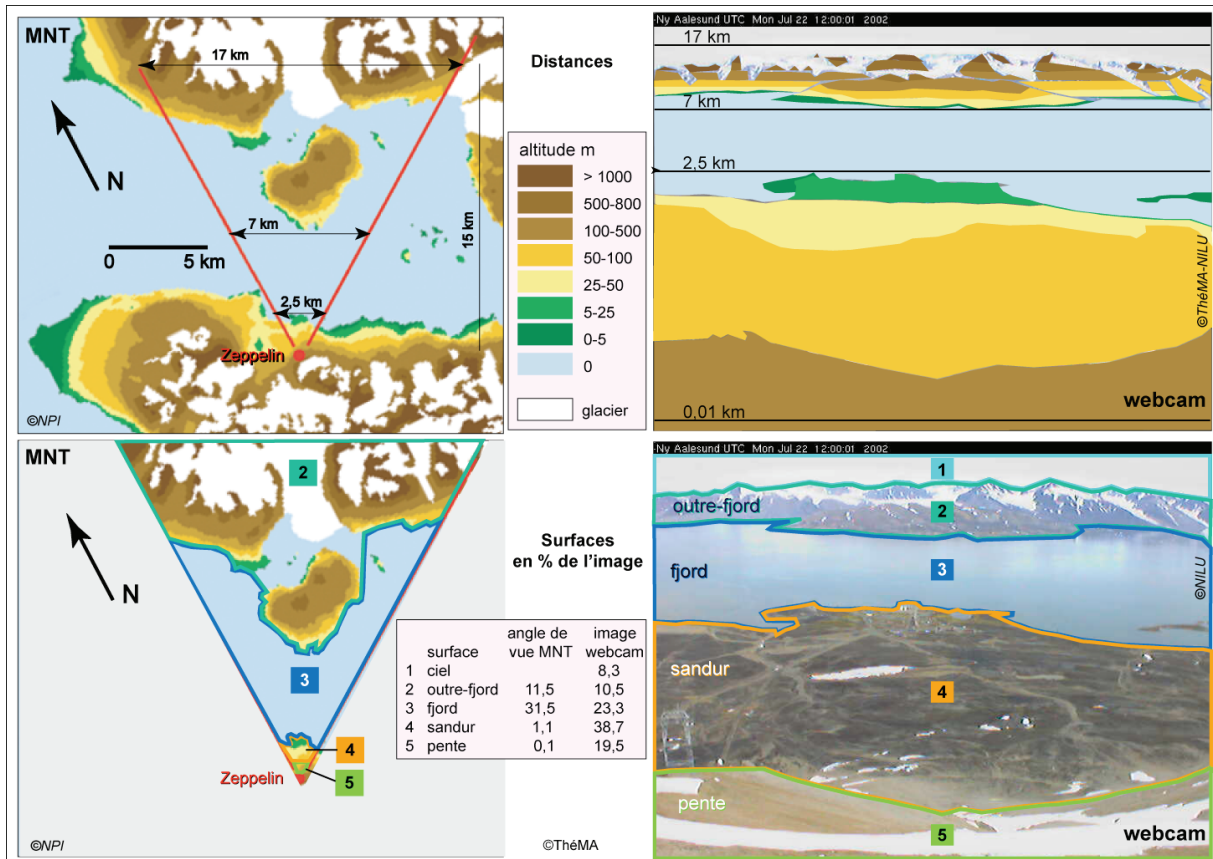


Figure 3 – Image oblique, image projectionnelle

Dans cette première approche, nous avons utilisé les images brutes desquelles nous avons tiré des informations élémentaires et des indices, ce qui permet d'atteindre une certaine complexité grâce au très grand nombre d'images. Il est possible, à partir des images brutes de tirer de nombreuses informations, par exemple : mesure de l'ombre dépendant du cycle du soleil dans l'année, détermination de l'isotherme 0°C après un épisode de précipitations (démarcation visuelle pluie/neige), dynamique du manteau neigeux ou de la glace de mer, suivi de la dérive des icebergs, etc.

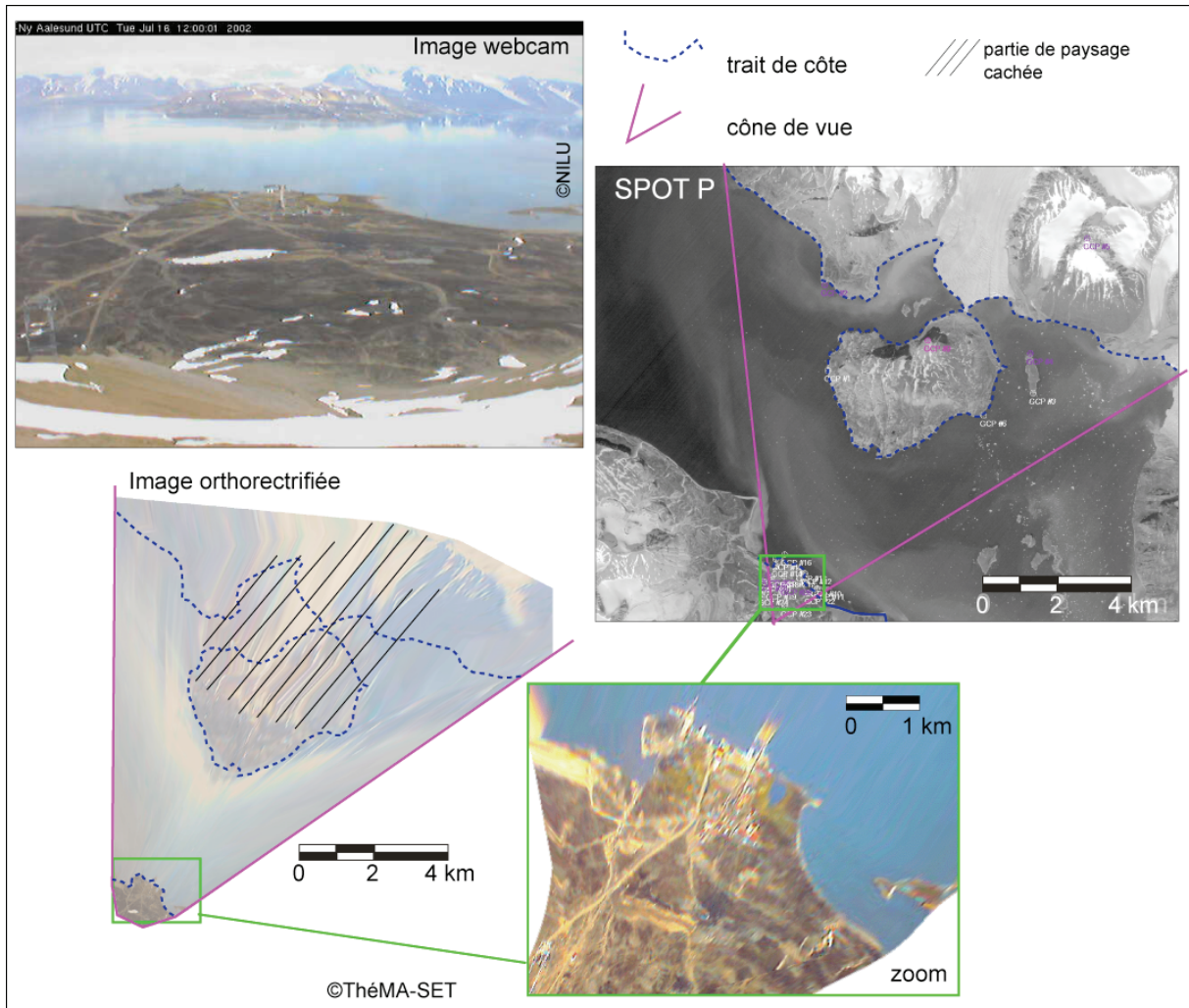


Figure 4 – Orthorectification des images

## 5. Deux cas « école » : neige et glace

À titre d'exemple, nous allons nous pencher sur la dynamique du manteau neigeux du sandur et sur celle de la glace de mer du fjord, deux informations qu'aucune donnée météorologique ne qualifie ni ne quantifie.

### 5.1. Typologie

Les dynamiques d'apparition et de disparition ne sont pas symétriques : les étapes sont différentes pour la neige comme pour la glace. Les structures physiques et spatiales ne sont pas les mêmes au début et à la fin de la saison hydrologique (septembre à septembre) : en nous fondant sur les processus, nous avons établi une typologie des états de la neige sur le sandur et de la glace sur le fjord.

Considérant l'image dans son ensemble, nous avons défini 14 types d'état du manteau neigeux – entre la couverture intégrale et l'absence totale – prenant en compte les processus de construction (5 types) et de dégradation (4 types où le processus de fonte est déterminant, 5 types où le soufflage par le vent domine) (fig. 5).

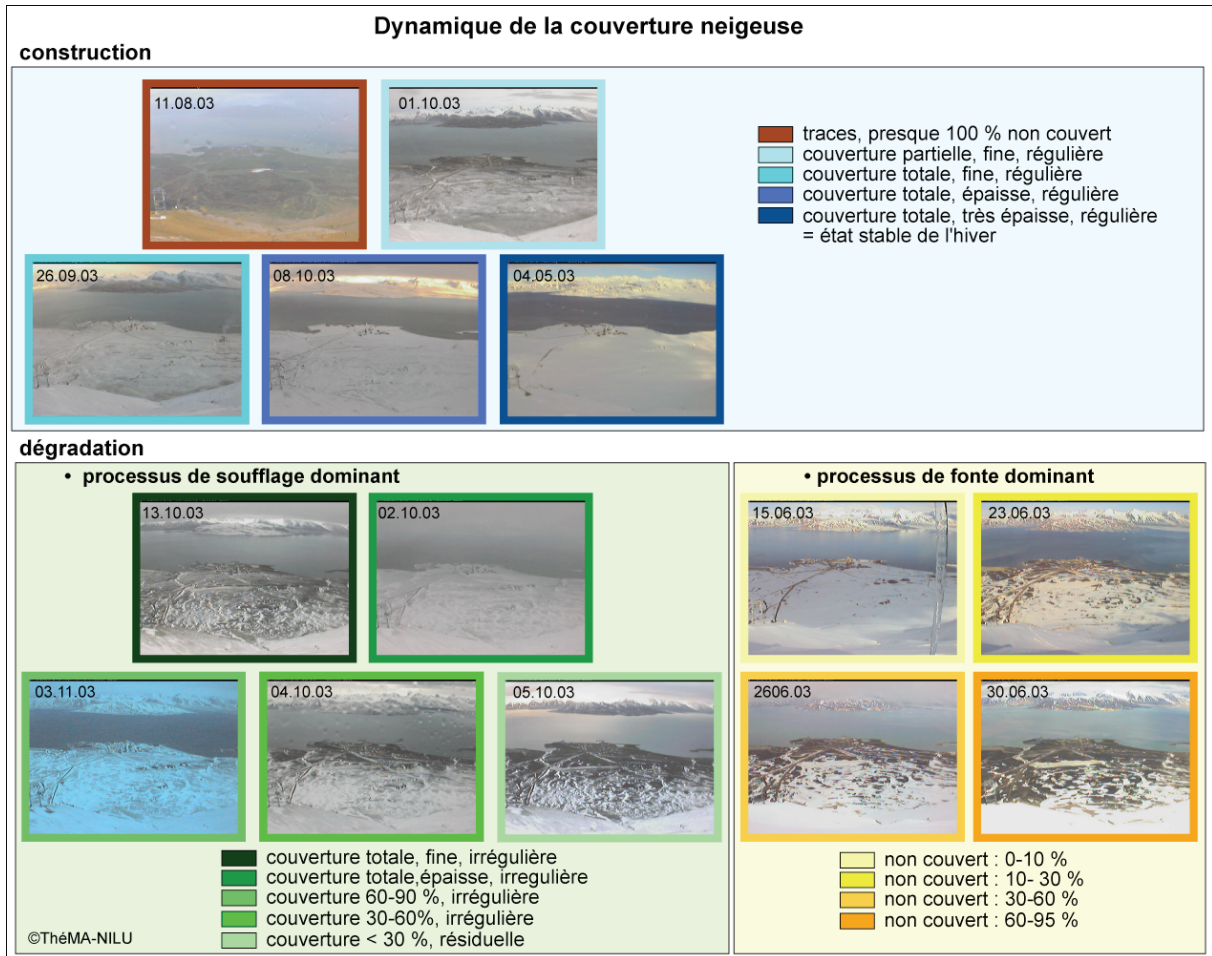


Figure 5 – Typologie des états de la couverture neigeuse du sandur

De la même manière que pour la neige, en considérant la surface du fjord, nous avons défini 12 types d'état de la glace de mer — entre la couverture intégrale et l'absence totale — prenant en considération les processus de construction (6 types) et de dégradation (3 types par dislocation, 3 types par retrait progressif de la glace) (fig. 6).

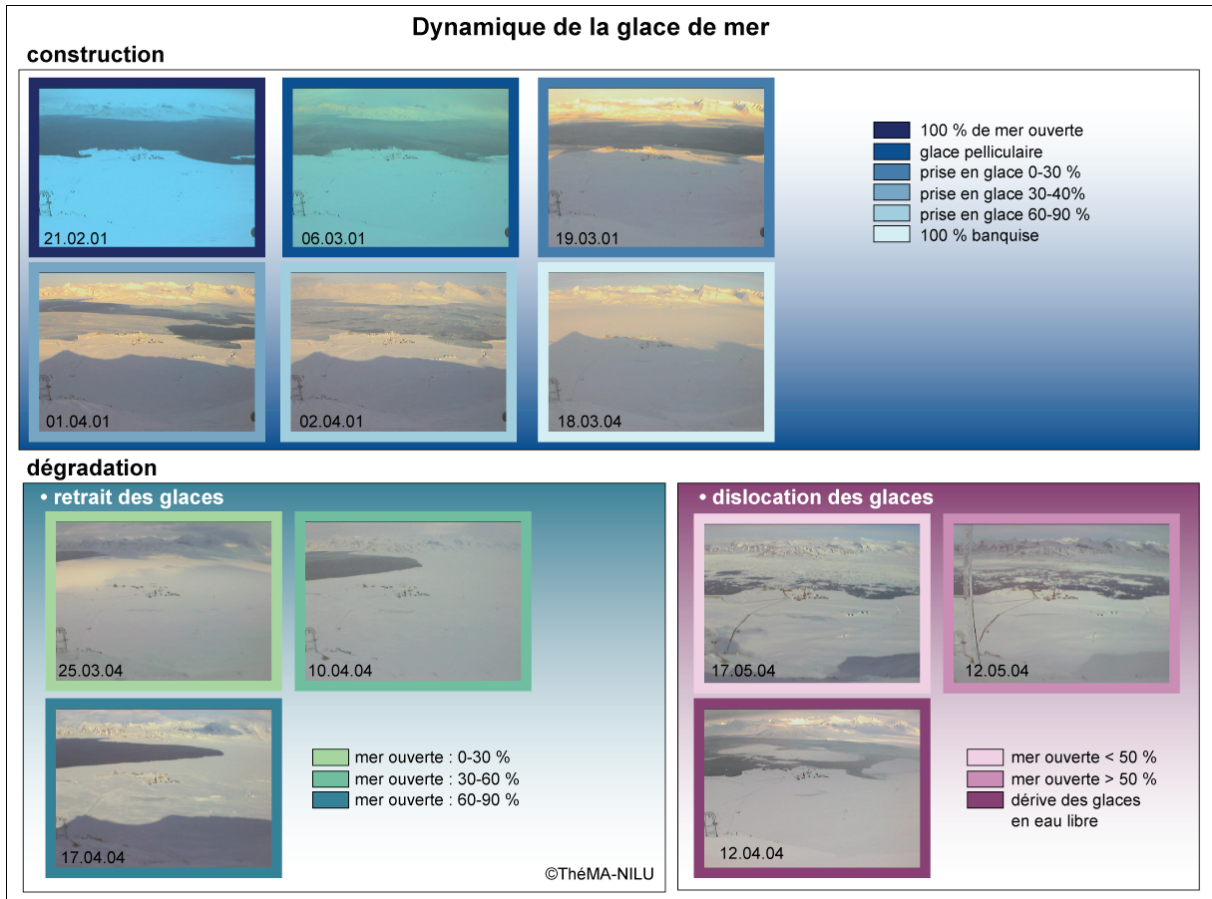


Figure 6 – Typologie des états de la glace de mer sur le fjord

## 5.2. Interprétation des résultats de l'analyse des photos brutes

Que ce soit pour la dynamique du manteau neigeux ou pour celle de la glace, les relevés effectués sur quatre ans offrent une grande richesse d'information et permettent de rentrer au cœur des processus et de leur variabilité inter-annuelle en liaison avec les données météorologiques disponibles.

- Pour le **manteau neigeux** (fig. 7), le bleu foncé représente l'état stable hivernal (ESH), alors que les couleurs chaudes traduisent la faiblesse du couvert neigeux.

Le comportement du manteau neigeux obéit certes à un déterminisme saisonnier cyclique mais il affiche d'importants écarts par rapport à trois paramètres majeurs : la durée de l'ESH qui correspond à une couverture épaisse, régulière et à peu près stationnaire, le caractère plus ou moins précoce ou tardif de l'installation automnale et du retrait printanier de l'ESH, enfin, le déroulement régulier ou irrégulier de l'installation et du retrait de cet ESH. À ces différents égards, les quatre années observées affichent des équations sensiblement différentes les unes des autres. Le faible nombre d'années concernées ne permet pas de dégager des scénarios-types, mais des profils annuels peuvent être esquissés.

L'année 2000-2001 se caractérise par un ESH de longue durée, environ 6 mois, installé de manière précoce et régulière à partir de novembre et se retirant progressivement de fin mai à fin juillet. Cette séquence correspond à un automne et un hiver à la fois doux et neigeux.

2001-2002 présente une durée d'ESH tout aussi importante mais avec une installation plus tardive du manteau liée à des remaniements éoliens. Sur l'ensemble des 4 ans, ce sont en effet l'automne et l'hiver les plus venteux, et le manteau stable ne s'installe pas avant la tombée de la nuit polaire. La fonte est assez tardive, elle ne démarre que début juin, puis se poursuit régulièrement jusqu'à fin juillet comme l'année précédente.

2002-2003 affiche, comme d'ailleurs la suivante, un ESH de faible durée (pas plus de 3 mois). Durant cette année à faibles précipitations, l'installation du manteau neigeux est à la fois tardive et extrêmement irrégulière. Après une première apparition du manteau début septembre, puis dégradation et réapparition d'un manteau fin, la couche s'épaissit mais sans atteindre le stade de l'ESH. Des dégradations importantes ont encore lieu en



février et ce n'est que fin février que l'ESH s'installe véritablement. Le manteau se délite précocement, à partir de la mi-mai, pour disparaître totalement et classiquement fin juillet.

2003-2004 voit le processus s'amorcer en octobre, mais le manteau est vite remanié par le vent et reste irrégulier et partiel jusqu'à l'arrivée de la nuit polaire. Au retour du jour, l'ESH est installé, mais il se dégrade très précocement, par mécanisme de fonte début mai. La disparition totale intervient plus tôt que d'habitude, à la mi-juillet. Ce déroulement séquentiel traduit un automne venteux, un automne et un hiver froids et à faibles précipitations, suivis d'un printemps pluvieux et doux.

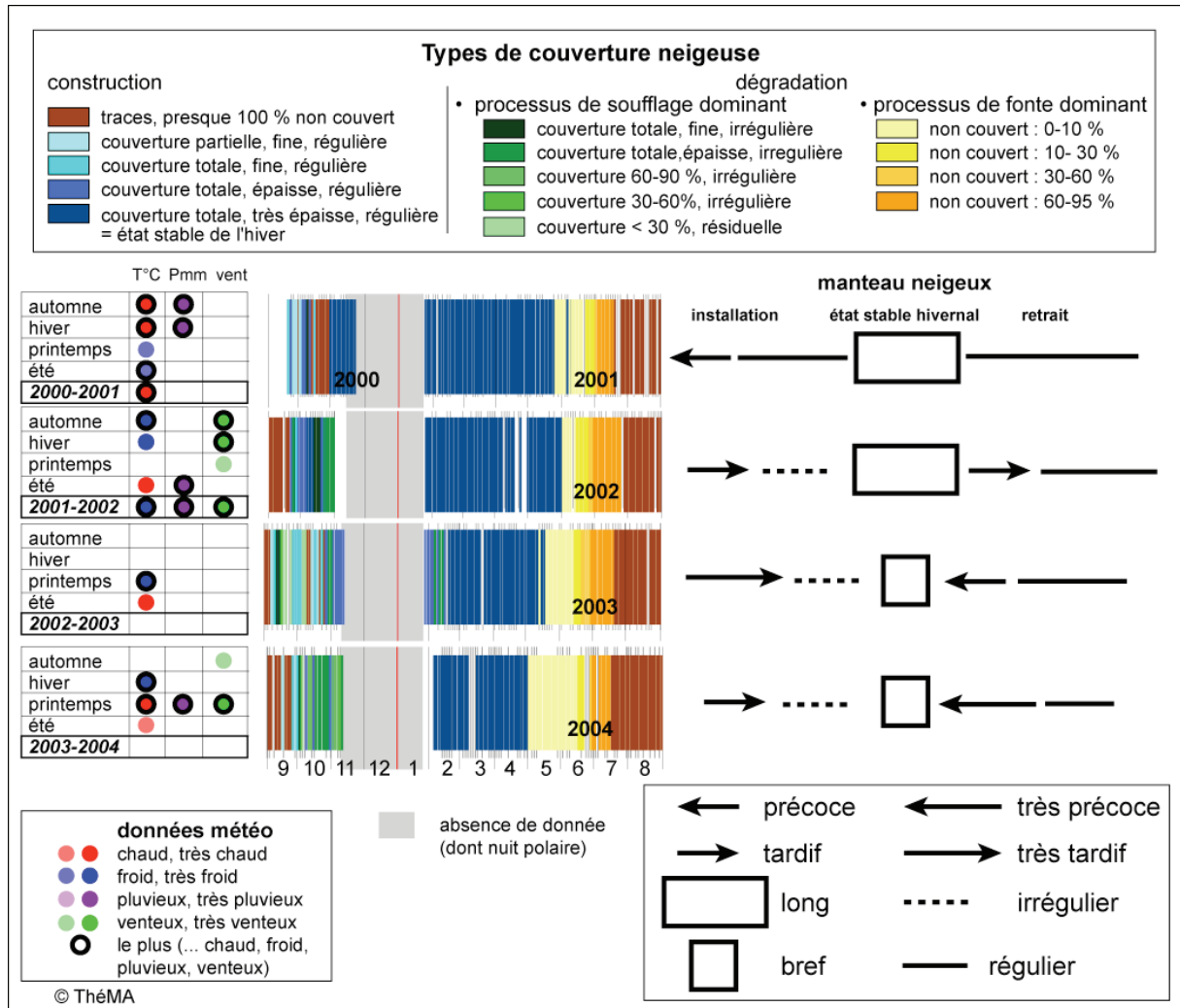


Figure 7 – Évolution du manteau neigeux du sandur de 2000 à 2004, d'après les images de la webcam du Zeppelin, 79°N

En ce qui concerne la **glace de mer**, la nuit polaire nous masque la constitution de la banquise toujours beaucoup plus tardive que celle du manteau neigeux (fig. 8). Sur les quatre années, deux seulement connaissent une banquise continue (couleurs claires). L'absence de banquise en 2000-2001 est due à un automne et un hiver doux, alors qu'en 2001-2002, c'est le vent qui empêche la formation d'une banquise compacte malgré un froid hivernal marqué. Les deux hivers suivants connaissent une banquise continue ; la douceur de la fin de printemps et de l'été 2003 entraîne cependant une disparition précocement de la glace, tant par retrait que par dislocation. L'hiver le plus froid (2003-2004) provoque l'englacement total le plus long, commencé du reste pendant la nuit polaire.

L'analyse jour après jour montrerait le rôle du vent dans la dislocation des glaces, leur mise en mouvement et leur dérive d'une rive à l'autre du fjord. Malheureusement nous ne disposons pas de données sur les directions du vent.

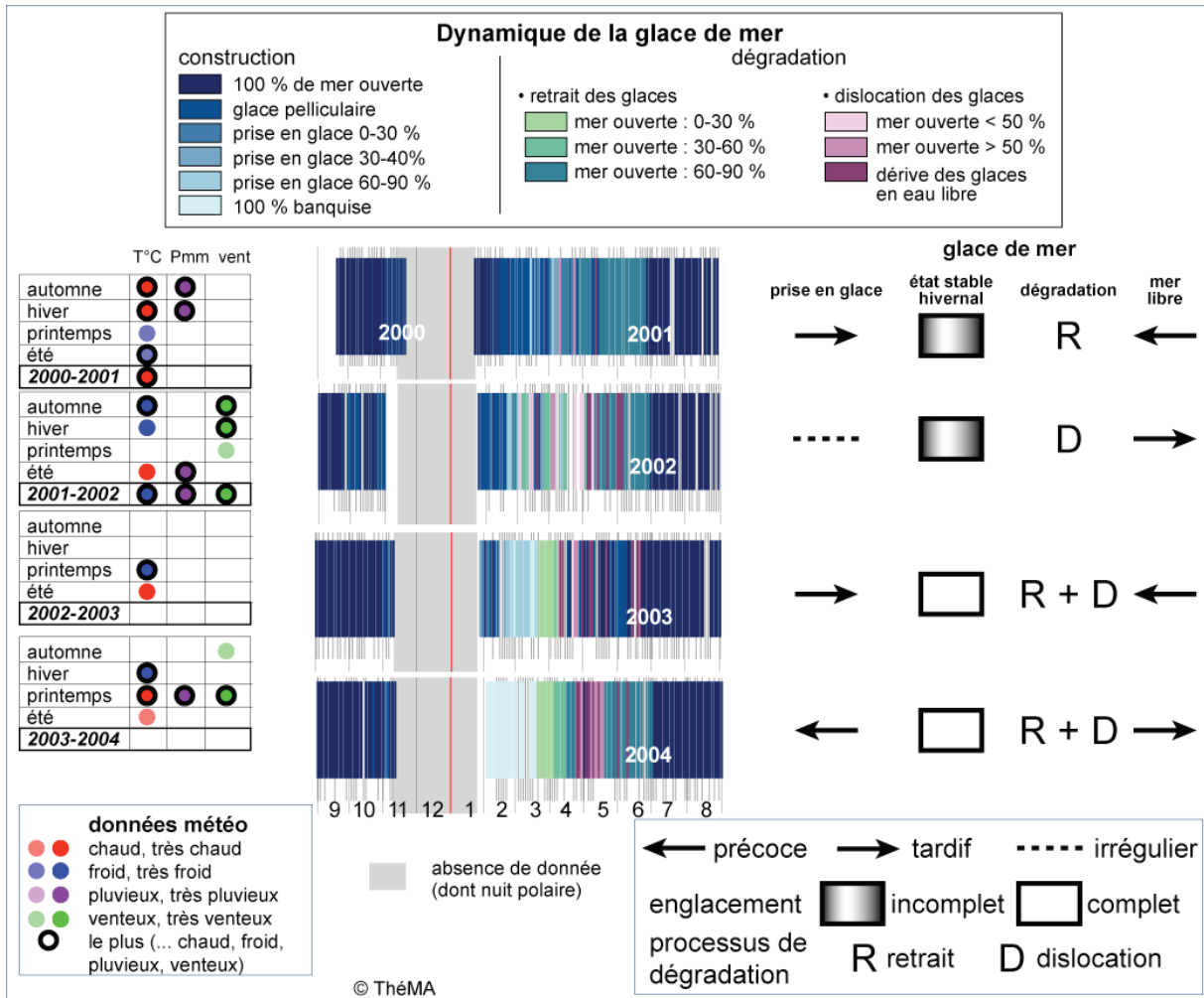


Figure 8 – Évolution de la glace de mer sur le fjord de 2000 à 2004, d'après les images de la webcam du Zeppelin, 79°N

Nous allons comparer cette fois les deux variables neige et glace et leurs réactions à des conditions météorologiques communes (fig. 9) :

- en hiver 2000-2001 et 2001-2002, le manteau hivernal est long et durable (ce qui a nécessité un automne et un hiver neigeux), tandis que la banquise ne se forme pas : trop de douceur en 2000-2001, trop de vent en 2001-2002 ... qui est pourtant l'année la plus froide ;
- à l'opposé, 2002-2003 et 2003-2004 ont une banquise fermée mais la fin de printemps et l'été chauds contribuent à une destruction précocé du manteau neigeux.

Même limitée à quatre ans, cette double observation en un même lieu des dynamiques de la glace de mer et de la neige montre, une fois encore, le danger qu'il y aurait à utiliser des indices isolés pour rendre compte de changements climatiques.

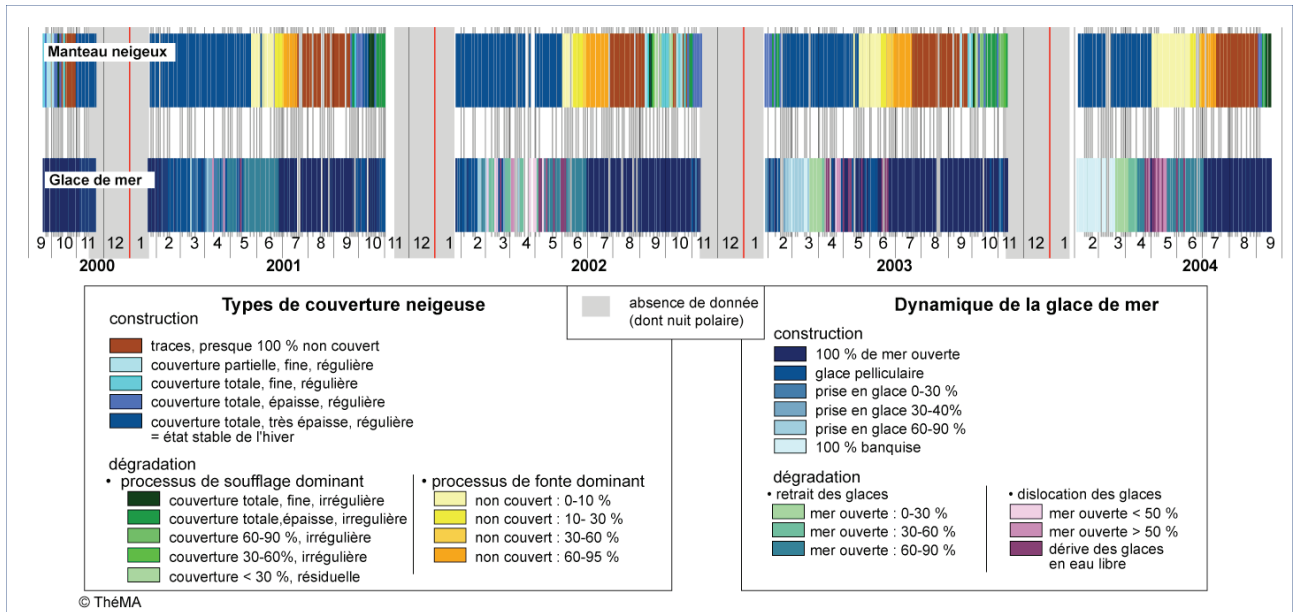


Figure 9 – Dynamiques comparées de la glace de mer et du manteau neigeux en baie du Roi de 2000 à 2004, d'après les images de la webcam du Zeppelin 79°N

## 6. Projet de monitoring d'un bassin englacé

En guise de conclusion, nous ouvrirons quelques perspectives dans le domaine de *l'in situ sensing*.

Alors que pour le Zeppelin, nous avons travaillé sur les clichés du NILU, images issues d'une caméra installée à des fins non spécifiquement scientifiques, notre ambition est de constituer à présent notre propre système de détection depuis le sol, afin de réaliser un programme de veille environnementale de plusieurs années sur le glacier Loven Est (79°N), situé à six kilomètres à l'est du Zeppelin Fjellet.

C'est un véritable « sensor web » qui sera réalisé, puisque la veille environnementale reposera sur l'utilisation concomitante de plusieurs types de capteurs :

- des limnigraphes pour enregistrer la hauteur d'eau dans les torrents ;
- des capteurs de températures de l'air et des mini stations météo ;
- un réseau d'appareils photographiques numériques implantés de façon à couvrir l'intégralité du glacier et fonctionnant grâce à des intervalloètres permettant d'obtenir des clichés à un pas de temps variable selon la période de l'année et le rythme des processus à suivre (fig. 10). Une étude d'intervisibilité réalisée à partir du MNT a d'ores et déjà permis de déterminer les points de positionnement optimal pour les stations de prise de vue.

Il s'agit de comprendre et de suivre par l'image en (presque) continu des processus hydrologiques très brutaux qui affectent l'environnement polaire (vidange de lac supraglaciaire, évolution de la marge glacée, effondrement de pingos, capture, etc.). Les images ainsi réalisées autoriseront également des quantifications en ce qui concerne, notamment, les apports de la neige des pentes dans le cycle hydrologique.

Plus nous avancerons dans la saison hydrologique, plus le monitoring sera fin, pour permettre de suivre, avec une précision spatiale accrue et un pas de temps resserré (1 photographie par jour à 1 photographie par heure), les évolutions de la dynamique fluvio-glaciaire.

Intitulé Loven FLOWS, ce vaste programme est en phase préparatoire, il devrait se dérouler sur quatre années, incluant l'année polaire internationale (2007-2008), et permettre à la France d'être présente dans le champ de *l'in situ sensing*, qui semble se développer, si l'on en juge par le déploiement de tels systèmes, en particulier au Spitsberg (Humlum, 2004 ; Hinkler *et al*, 2003).

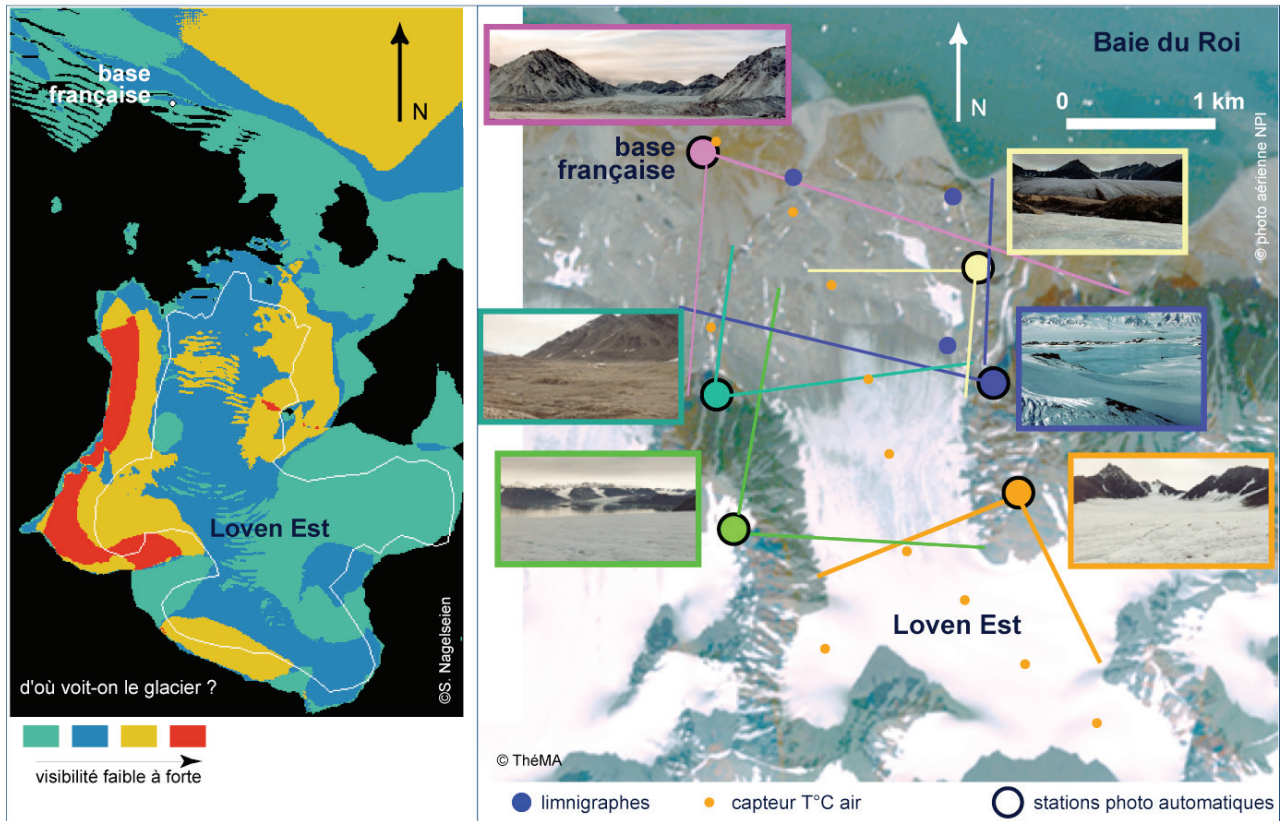


Figure 10 – LovenFLOWS : projet de monitoring du glacier Lovén Est, 79°N et test de visibilité permettant d'optimiser l'emplacement des stations

## Bibliographie

- AMSTRONG T., ROBERTS B. et SWITHINBANK Ch., 1973, *Illustrated glossary of snow and ice*, Printed by Unesco for the Scott polar Research Institute, Cambridge, 59 p.
- CHRISTIANSEN H.H., 2001, "Snow-cover, depth distribution and duration data from northeast Greenland obtained by continuous automatic digital photography", *Annals of Glaciology*, 32, pp. 102-108.
- GRISELIN M. et ORMAUX S., 2004, "A web-cam to follow the landscape temporalities in the Arctic", *8<sup>th</sup> Circumpolar Symposium on Remote Sensing of Arctic Environments*, Chamonix, 6-12 juin 2004.
- GRISELIN M. et ORMAUX S., 2003, « Le paysage et ses temporalités en baie du Roi, (Svalbard) : essai de problématisation et d'instrumentation », *Bulletin de l'AGF : séance de l'Association de Géographes Français « La recherche actuelle dans les milieux polaires et subpolaires »*, Paris, 11 mai 2002, BAGF 2003-4, pp. 386-393.
- GRISELIN M. et ORMAUX S., 2001, « Analyse systématique du paysage visible à partir de photographies au sol : exemple du bassin Loven Est, baie du Roi, Svalbard », *Actes des 4<sup>èmes</sup> rencontres de Théo Quant*, Besançon, 11-12 février 1999, pp. 63-72.
- HINKLER J., PEDERSEN S.B., RASCH M. et HANSEN B.U., 2002, "Automatic snow cover monitoring at high temporal and spatial resolution - using images taken by a standard digital camera", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23, no.21, pp. 4669-4682.
- HINKLER J., HANSEN B.U. et TAMSTORF M., 2003a, "Sea-ice and snow accumulation modelling in High Arctic Greenland", *Proceedings of the Northern Research Basins*, 14th International Symposium and Workshop Kangerlussuaq / Sdr. Strømfjord, Greenland, August 25-29, 2003, pp. 59-66.
- HINKLER J., OERBAEK J.B. and HANSEN B.U. 2003b, "Detection of spatial, temporal, and spectral surface changes in the Ny-Aalesund area 79°N, Svalbard, using a low cost multispectral camera in combination with spectroradiometer measurements", *Physics and Chemistry of the Earth* 28, pp. 1229-1239.
- HUMLUM O., 2004, *Mapping Snow Cover Duration, Avalanches and Other Geomorphic Processes by Automatic Digital Cameras, Longyeardalen, Svalbard*, A project funded by the University Courses on Svalbard (UNIS) 2000-2005, UNIS, Department of Geology, Svalbard,  
[http://www.unis.no/research/geology/Geo\\_research/Ole/mapping\\_snow\\_cover\\_duration.htm](http://www.unis.no/research/geology/Geo_research/Ole/mapping_snow_cover_duration.htm)
- LIANG S. H.L., CROITORU A. et TAO C.V., 2004, "A distributed geospatial infrastructure for Sensor Web", in *Computers & Geosciences* [[www.elsevier.com/locate/cageo](http://www.elsevier.com/locate/cageo)]
- MATHEUSEN B. V, 2004, *Effects of anthropogenic activities on snow distribution, and melt in an urban environment*, Doctor Engineer Theses, University of Science and Technology, Trondheim, 160 p.
- SEMADENI-DAVIES A., 2003, "Urban snowmelt processes – current research and modelling needs", *Proceeding of the Stormwater Management in Cold Climates* November 3-5, 2003, Portland, Maine.  
<http://www.cascobay.usm.maine.edu/Semadeni-Davies.pdf>