

Titre : Physique et Chimie de l'interface Air Neige : enseignements de terrain à la Station Alpine Joseph Fourier

Porteurs du projet : Didier Voisin / Ghislain Picard / Emmanuel Lemeur (LGGE)

Résumé :

Ce projet visait à faire évoluer une sortie de terrain à la journée, consacrée à une étude sommaire du manteau neigeux comme première étape de constitution de l'archive glaciaire, en un module de terrain complet (6 ECTS, une semaine), consacré à la physico-chimie de la neige et ses interactions avec l'atmosphère, avec des objectifs pédagogiques de deux sortes. D'une part des objectifs disciplinaires : découverte de la neige comme milieu physico-chimique (stratigraphie, propriétés physiques, GPR, diffusion thermique, propriétés optiques) ; bilan d'énergie de surface ; complément instrumental au cours de chimie de l'atmosphère (mesure spectroscopique de l'ozone stratosphérique, principe du DOAS). D'autre part des objectifs techniques : instrumentation en milieu difficile ; acquisition automatique (spectro, station météo) ; traitement des données.

Du fait de l'ampleur du projet, il s'est appuyé sur plusieurs demandes financières. Une première demande (**D. Voisin : « Chimie – Physique de l'interface Neige – Atmosphère à la Station Alpine du Lautaret »**), déposée à l'AO1 du LabEx a été acceptée pour ce qui concernait sa partie « spectrométrie » et cofinancée par PhITEM. Une seconde demande (**G. Picard : *Expérimentation sur le bilan radiatif des surfaces continentales*** ») déposée et acceptée à l'AO2 du LabEx. Enfin, ce projet s'appuie également sur la demande de jouvence du matériel GPR portée au LabEx dans le cadre de l'AO1 par S. Garambois. **Ce rapport porte sur l'ensemble de la mise en place du module et reprendra les éléments financiers des 2 premières demandes mentionnées (D. Voisin et G. Picard)**

Montants accordés :

AO1 OSUG@2020 , demande D. Voisin :	21 000 €
AO2 OSUG@2020 , demande G. Picard :	10 000 €
projets pédagogiques PhITEM, D. Voisin :	4 800 €
Total :	35 800 €

Détail de l'utilisation du budget accordé :

Bfi-optilas	4 spectromètres UV – NIR USB2000+ et leurs accessoires, incluant porte filtre, sources de lumière, fibres optiques, ...	24720,00
econocom	4 mini-PC pour le contrôle des spectromètres	895,28
cpfrance	4 valises transport pour spectromètres	725,85
TC	Sondes thermistance	787,80
Campbell	CR1000 météo	5114,20
KIPP & ZONEN	Radiomètre	4025,00

radiospares	Electronique de contrôle albedomètre spectral	500,47
millipore	Matériel filtration	993,00
vwr	Balances, thermomètres, flacons	419,80
sodipro	Pelles à prélèvement, balances,	583,00
manutan	Petit matériel de terrain	539,88
anena	Plaquettes à neige	93,00
expe	Pulka de transport pour accès chalet-labo, pelles et sondes	524,17
Belledonne méca services	Petite fabrication mécanique (ensemble cosine, ...)	702,00
Total		35823,45

Bilan des actions entreprises :

Le stage mis en place fournit un pendant hivernal (nivo-météo) au stage du Pradel (hydro-météo). Il constitue également un premier élément d'utilisation hivernale pédagogique de la Station Alpine Joseph Fourier et entre clairement dans la stratégie récente de diversification des activités de la SAJF vers les sciences physiques de l'environnement. A terme, le stage va largement bénéficier de la construction en cours de la Galerie de l'Alpe, dont il constituera un des principaux utilisateurs en période hivernale.

La mise en place de ce stage totalement nouveau et fortement instrumenté a eu lieu en février 2013, avec 6 étudiants pour limiter les contraintes logistiques (12 couchages seulement au chalet-labo ; autonomie complète sur une semaine) et faciliter la mise en place (deux encadrants en mission Antarctique jusqu'un mois avant le stage). Avec 18 étudiants dès la seconde année, nous atteignons un niveau de remplissage maximum compte tenu des contraintes logistiques (couchages) et de matériel compatible avec les objectifs pédagogiques adoptés.

Durant les 6 jours sur le terrain, chaque groupe d'étudiants (6 groupes maximum, 3 étudiant maximum par groupe) travaille sur chacun des ateliers de mesure décrit ci-dessous. Un temps important est laissé pour le traitement des données brutes issues de mesures, notre objectif étant de mettre l'accent sur la chaîne d'acquisition – traitement des données autant sinon plus que sur l'interprétation géophysique de ces données. Une partie de ces créneaux de traitement sont aussi en partie recyclés pour des mesures complémentaires (Figure 1).



Figure 1 : De la nécessité de prévoir des créneaux de secours / traitement de données

Les différents ateliers mis en place incluent :

- Atelier Stratigraphie
 - *travail objectif*: établir deux coupes stratigraphiques et mesurer les profils de propriétés usuelles de la neige (déterminer le type de grain, densité, taille, ...) de la surface jusqu'au sol
 - *tâche* : semi-autonome pour le premier puits ; autonome pour le deuxième puits
 - *acquis après le stage*: connaître les métamorphismes et les formes de grain associées. Connaître les ordres de grandeurs des propriétés usuelles et les variations typiques au sein d'un manteau neigeux alpin.

- Atelier thermique.
 - *Objectif* : Mesurer le profil de température dans le manteau neigeux « à la main » et réaliser un suivi temporel du profil de température avec un datalogger
 - *Tâches* : Mesure en semi-autonomie de la température et de la conductivité thermique dans un puits. Construction et programmation d'un système d'acquisition à partir d'un datalogger campbell. Installation sur un puits et mesure pendant la durée du stage.
 - *Acquis après le stage* : connaître l'équation de diffusion et les solutions pour des forçages pertinent pour la neige. Connaître l'ordre de grandeur de la diffusivité et la conductivité thermique.

- Atelier bilan énergétique.
 - *objectif* : Mesurer l'évolution temporelle des flux radiatifs au niveau d'une interface de neige. Mesurer la dépendance des flux de courte longueur d'onde au type de neige.
 - *Tâche* : montage d'une station météo de mesure des flux radiatifs. Expérimentation avec un albédomètre spectral. Expérimentation avec un modèle numérique.
 - *Acquis après le stage* : Comprendre l'évolution temporelle des flux radiatifs et des autres flux (turbulents, ...) sur une période allant de la journée à la semaine

- Atelier Spectroscopie / Transfert Radiatif
 - *Objectif* : Mesurer le spectre solaire et sa profondeur de pénétration dans le manteau neigeux. Utiliser la mesure du spectre solaire pour déterminer la colonne intégrée d'ozone, voire l'altitude de la couche d'ozone.
 - *Tâches* : Mesure du spectre solaire diffus et direct. Identification des molécules responsables des bandes d'absorption observées. Mesure d'un profil de flux

- lumineux dans le manteau neigeux. Suivi temporel du spectre lumineux.
- *Acquis après le stage* : comprendre les principes de la mesure spectroscopique d'absorbance d'une colonne intégrée. Connaître les principaux responsables de l'absorption de la lumière dans le manteau neigeux et dans l'atmosphère. Savoir traiter des données spectrales en absorbance
 - Atelier GPR (Ground Penetrating Radar) / GPS
 - *Objectif* : établir à l'aide des techniques GPR et GPS différentiel un MNT de la surface du manteau neigeux et de son épaisseur. Synthétiser ces données sous SIG et comparer à la topographie du fond.
 - *Tâches* : Montage du radar ; mesure profil vertical de vitesse (CMP) en un point ; levé du MNT au GPS ; établissements des profils radar (Common Offset) sur la zone d'étude pour établir la carte de l'épaisseur du manteau neigeux ; post-traitement des données radar et GPS ; interfaçage au SIG.
 - *Acquis après le stage* : Comprendre le fonctionnement (et le principe) de 2 appareils de caractérisation géophysique (Radar et GPS) et savoir les utiliser dans divers contextes de caractérisation. Traiter et mettre en forme les données issues des mesures faites.

Chaque atelier laisse donc une large place à la technique de mesure et une bonne opportunité pour chaque étudiant de s'y coller. Il est conçu pour occuper ~1 jour de travail sur place, et permet d'obtenir des données à un niveau de traitement suffisant pour terminer en autonomie. Ce côté très « acquisition de données » est assumé jusque dans le rendu demandé aux étudiants : plutôt qu'un rapport de stage généralement tourné vers l'interprétation géophysique de données obtenues de façon parfois un peu « boîte noire », nous demandons aux étudiants de faire tout le processing des données, à partir des données brutes jusqu'à obtenir des données pertinentes et de représenter ces données pertinentes (figure 2) et/ou des étapes du traitement dans un poster par famille de mesures (spectroscopie ; bilan de surface ; GPR-GPS).

Au terme de 2 années pleines de fonctionnement, le constat est très positif. Les étudiants apprécient de se voir confier du matériel de grande qualité. A l'heure actuelle, 2 ateliers utilisent aussi pour partie du matériel d'équipes de recherche (albédomètre spectral et mesure de conductivité thermique de la neige), en plus du matériel déjà substantiel financé dans le cadre de ce projet. Ceci renforce le lien enseignement – recherche et est très positivement vu par les étudiants, qui le rendent par un investissement souvent considérable.

L'exercice demandé de traitement exhaustif de la donnée brute à son rendu graphique finalisé est jugé par les étudiants très exigeant et très formateur. Ils reconnaissent devoir fournir un travail conséquent d'assimilation d'outils et d'informations pour en venir à bout, ce qui était le but recherché. Additionné d'un court oral sur les supports graphiques produits, ce mode d'évaluation s'avère pertinent, et n'aurait pas été possible sans une instrumentation telle que celle acquise dans le cadre de ce projet.

Quelques points mineurs restent à résoudre, liés au dimensionnement initial du projet, et feront l'objet d'une demande future.

Enfin, ce projet permettra un rapprochement, à travers l'utilisation de la Station Alpine, d'activités recherche en développement à l'interface LECA-LGGE-LTHE, voire à terme une mise en place d'enseignements interdisciplinaires pertinente dans le même domaine (interface air-neige-sols en milieux montagne; écosystèmes d'altitudes).

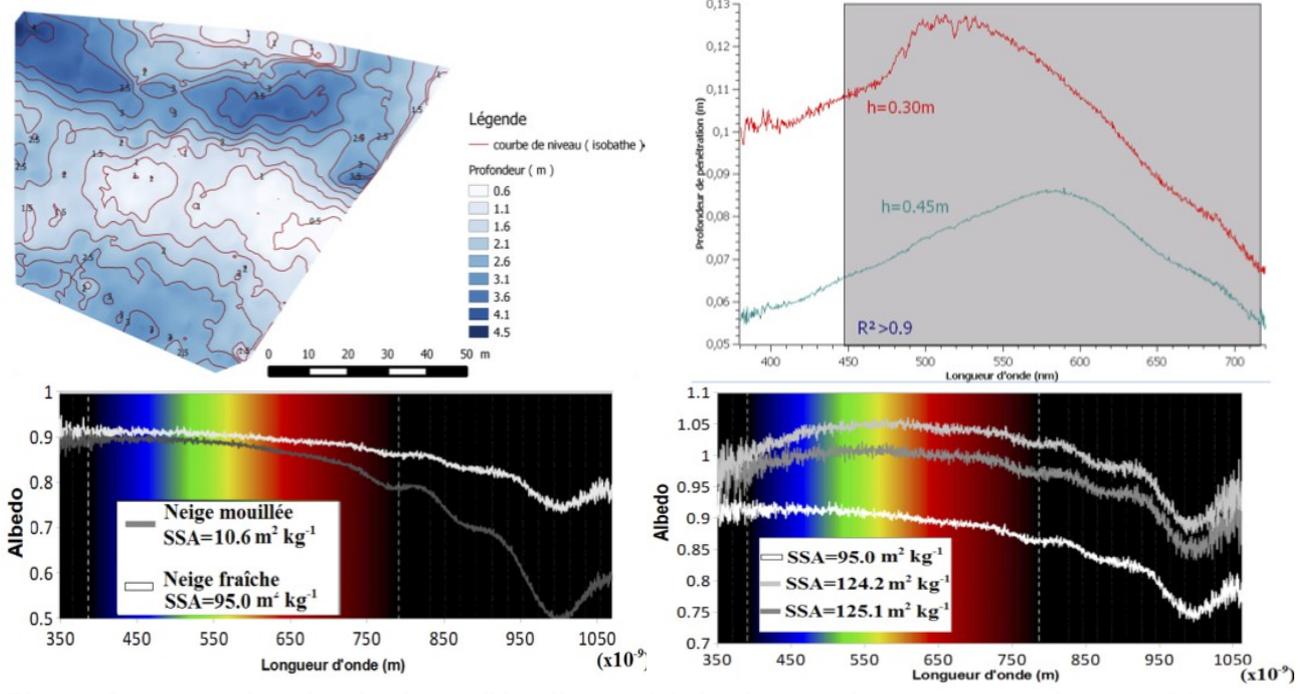


Figure 2 : exemples de résultats d'étudiants. (a) épaisseur du manteau neigeux ; (b) influence des poussières sahariennes sur la profondeur de pénétration ; (c) mesures d'albedo spectral en lien avec le type de neige.