Recherche arctique : Les systèmes glaciaires, indicateurs du changement climatique

De l'Austre Lovénbreen aux glaciers alpins

F. Tolle [a] É. Bernard [a],

J.M. Friedt [b], G. Martin [b], Ch. Marlin [c], M. Griselin [a]

[a] UMR ThéMA, CNRS/Université de Franche-Comté, Besançon, France
[b] UMR FEMTO-ST, CNRS/Université de Franche Comté, Besançon, France
[c] UMR IDES, CNRS/Université Paris-Sud, Orsay, France

Milieux froids & Changements globaux

Géographie physique pour l'étude de milieux soumis à des changements rapides :

-Glaciologie

-Hydrologie

-Nivologie

-Géomorphologie

-Climatologie

Un bassin glaciaire observatoire

Référencé par le WGMS

50 ans de recherches

Instrumenté depuis 2006

2 programmes ANR

Collaborations multiples

L'Arctique, un de nos laboratoires

L'Austre Lovénbreen, est l'un des nombreux petits glaciers de la presqu'île de Brøgger (79°N)

Les glaciers arctiques de type alpins sont préférentiellement localisés sur la côte ouest du Spitsberg (79°N)

Milieux froids & Changements globaux

1. Le glacier : bilans de masse

Suivi systématique

Dynamiques internes et de surface du glacier / mesures pluriannuelles.

Recherche

Milieux froids & Changements globaux

1. Le glacier : bilans de masse

Suivi systématique

Dynamiques internes et de surface du glacier / mesures pluriannuelles.

2. Dynamiques des versants

Activité avalancheuse et participation aux processus glaciologiques, hydrologiques et géomorphologiques.

Recherche

Milieux froids & Changements globaux

1. Le glacier : bilans de masse

Suivi systématique

Dynamiques internes et de surface du glacier / mesures pluriannuelles.

2. Dynamiques des versants

Activité avalancheuse et participation aux processus glaciologiques, hydrologiques et géomorphologiques.

3. La moraine

Dynamiques du permafrost

Réactions de la couche active aux variations climatiques.

Recherche

Bilan de masse du glacier : 2007-2013

	bmweq08	bmweq09	bmweq10	bmweq11	bmweq12
Minimum	-1864.331	-1932.531	-2031.854	-3039.906	-2400.799
Maximum	750.768	1295.478	815.297	148.390	557.627
Mean	-104.815	-149.261	-165.292	-1053.251	-241.471
Std. dev.	515.378	492.224	528.300	512.580	558.774

Moyenne sur 5 ans :
-342 mm.weq ; -33.6 cm.a^{-1}

Moyenne sur 4 ans
(en excluant 2011)
-164 mm.weq ; -12,5 cm.a^{-1}

38% de la surface n'a jamais accumulé
18.5% de la surface en zone de transition
43.5% de la surface a principalement accumulé

Mesures nivologiques *in situ*

Effectuées sur le glacier en fin de printemps

Monitoring du manteau neigeux

	weqsnow08	weqsnow09	weqsnow10	weqsnow11	weqsnow12
Minimum	129.606	273.809	131.557	92.604	160.534
Maximum	1334.280	2298.800	1360.940	910.697	1892.010
Mean	861.931	1083.000	719.465	533.534	893.139
Std. dev.	236.946	389.926	285.124	127.071	314.997

Moyenne sur 5 ans
(éq. en eau)

La variabilité la plus importante s'observe dans les parties les plus en altitude

Mesures *vs* simulation

Monitoring du glacier et cartographie du « bedrock »

MNT de surface
(DGPS)

MNT du bedrock
(GPR)

GPR tracks
and corresponding
ice thickness

Saintenoy et al, 2013

Mesures *vs* simulation

Monitoring du volume du glacier et cartographie du « bedrock »

MNT de surface
(DGPS)

−

MNT du bedrock
(GPR)

↓

Épaisseur de glace

↓

Volume :
345 Mm^3

Cartographie de l'épaisseur de glace

Profil Est-Ouest
B
B'
Distance (m)
100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300
Depth (m)
50 100 150 200 250 300

Profil Sud-Nord
A
A'
Distance (m)
200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 2600 2800 3000 3200 3400 3600 3800
Depth (m)
50 100 150 200 250 300

MNT de surface – Épaisseur de glace = MNT du bedrock

Milieux froids & Changements globaux

1. Le glacier : bilans de masse

Suivi systématique

Dynamiques internes et de surface du glacier / mesures pluriannuelles.

2. Dynamiques des versants

Activité avalancheuse et participation aux processus glaciologiques, hydrologiques et géomorphologiques.

Recherche

Etude des versants

Manteau neigeux dans les pentes

Contribution au bilan hydrologique

Dynamiques avalancheuses

Interactions pentes/glaciers

Reptation / éboulements

Altérations du permafrost

Protection de la glace par les éboulements

Géomorphologie des pentes

Exemple de scène acquise au Lidar terrestre

Exemple de scène acquise au Lidar terrestre

Information colorimétrique ajoutée aux données

Traitement des données

700 000 points acquis avec le Lidar

X – Y – Z pour chaque point

Zones d’ombre

Génération d’un modèle numérique de terrain de haute précision par interpolation des données ponctuelles

Modèle de surface au maximum neigeux

Modèle de surface au minimum neigeux

Volume neigeux sur les versants

Neige résiduelle

Test sur la sensibilité des mesures sur la neige (avril 2012)
Intervalle de 8 jours – Précipitations neigeuses 15 cm
Différence d’altitude entre deux scans consécutifs

Legend
Minus_2504201
0
0 - 0,5
0,5 - 1
1 - 1,5
1,5 - 2
2 - 2,5
2,5 - 3
3 - 3,5
3,5 - 4
4 - 5
(m)
Total volume:
approx.: 170000 m³
N
W
E
S
100
50
0
100 Meters

Evaluation de la densité du manteau neigeux

Total volume:
approx.: 170000 m³

approx.: 103700 m³ water

approx. 1% of total annual outflows

Milieux froids & Changements globaux

1. Le glacier : bilans de masse

Suivi systématique

Dynamiques internes et de surface du glacier / mesures pluriannuelles.

2. Dynamiques des versants

Activité avalancheuse et participation aux processus glaciologiques, hydrologiques et géomorphologiques.

3. La moraine

Dynamiques du permafrost

Réactions de la couche active aux variations climatiques.

Recherche

Milieux froids & Changements globaux

Recherche

Milieux froids & Changements globaux

Recherche

Chaque année, un lac se créé sur le cirque Est de l'Austre Lovénbreen. Sa taille ne cesse d'augmenter et sa vidange se complexifie

La vidange est-elle perceptible dans les débits ? Que représente le lac dans les écoulements totaux ? Mise en regard avec les débits

Chaque année, un lac se crée sur le cirque Est de l'Austre Lovénbreen.
Sa taille ne cesse d'augmenter et sa vidange se complexifie

Une haute résolution spatio-temporelle

Acquisition *in situ* 3 photos / jour (haute résolution temporelle)

Capteur photographique de 10 Mpixels (haute résolution spatiale)

6570 photos/an

Activité de recherche

Une surveillance par « timelapse » : valorisation des vues tangentielles

Création et vidange du lac supra-glaciaire dans le cirque Est de l’Austre Lovenbreen

Localisation des exutoires de l'Austre Lovénbreen

Mesures hydrologiques et hydro-chimiques

Exutoire glacier

Exutoire moraine

La vidange et les écoulements face aux débits des exutoires

5 000 m³/J
0,04 mm

→

0,4 % des écoulements

Milieux froids & Changements globaux

- **Évolutions climatiques ➔** interactions géomorphologie *vs* climat

- Zones en déglacement : **dynamiques paysagères,** évolution très rapide
  conséquences sur les **caractéristiques géomorphologiques** et leur évolution
  sur la biodiversité, sur l'homme et ses sociétés

- Méthodologie : **croisement de données** et **traitement de l'image**
  imagerie (télédétection, photo)
  sources historiques
  mesures *in situ* (DGPS / GPR, relevés climatiques)

Activités et travaux en cours

Les faciès montagnards : indicateurs du passé, du présent et de l'avenir

Application au **glacier d'Aletsch** (Valais, CH)

UMR ThéMA, EPF Lausanne et ETH Zurich, CISM (Chambéry)

Objectifs :

- Observations et évaluation des évolutions paysagères et physiques liées au retrait du glacier
- Application dans le domaine du risque naturel et de l'alimentation en eau

Recherche

Perspectives

Le paysage, témoin des évolutions climatiques

Activités et travaux en cours

Étude des **évolutions paysagères** engendrées par le retrait glaciaire
Travaux communs effectués avec l'**EPFL** (Lausanne) pour les Alpes

1855

1920

2011

Changements climatiques
&
Risques naturels

Activités et travaux en cours

Évaluer les changements paysagers à travers la réponse des dynamiques glaciologiques aux variations climatiques

1855

1920

2011

Changements globaux

Des sources historiques aux données actuelles : indicateurs du passé, du présent et de l'avenir

Objectifs :

- Évaluations des évolutions paysagères et géomorphologiques liées au retrait des glaciers
- Approches comparatives entre différentes aires géographiques (Altitude – latitudes)

Recherche

Perspectives

Reconstruction – rétro-observation

VAW-ETHZ & IACS-EPFL

Changements globaux

Des sources historiques aux données actuelles : indicateurs du passé, du présent et de l'avenir

Objectifs :

- Évaluations des évolutions paysagères et géomorphologiques liées au retrait des glaciers
- Approches comparatives entre différentes aires géographiques (Altitude – latitudes)

Recherche

Perspectives

Reconstruction – rétro-observation

Tests sur le **glacier d'Aletsch** (Valais, CH)
➔ étendre à d'autres bassins glaciaires

Simulation - Prédiction

Milieux froids & Changements globaux

Deux axes « arctiques » pour l'acquisition et le traitement des données

- Le **Spitsberg** (**ANR jeune chercheur PRISM**)

Dynamiques des glaciers et phénomènes de « *surge* » (GLACIODYN)

Réponse d'un système glaciaire au pas de temps court (PAG)

Milieux froids & Changements globaux

Deux axes « arctiques » pour l'acquisition et le traitement des données

- Le **Spitsberg** (**ANR jeune chercheur PRISM**)

  Dynamiques des glaciers et phénomènes de « *surge* » (GLACIODYN)

  Réponse d'un système glaciaire au pas de temps court (PAG)

- Le **Groenland** (**ANR Green Greenland**)

  Dynamiques côtières : trait de côte, rebond isostatique

  Disponibilité des espaces côtiers

Objectifs : Comprendre, évaluer et quantifier les évolutions rapides du présent à travers la prise en compte des paysages

Perspectives

Cartographier les entrailles d'un glacier

Cartographier les entrailles d'un glacier

Cartographier les entrailles d'un glacier

Cartographier les entrailles d’un glacier

Poursuivre la THR : utilisation du drone

Projets à court terme

Poursuivre la THR : utilisation du drone

Perspectives

Lykkeønskninger !

florian.tolle@univ-fcomte.fr eric.bernard@univ-fcomte.fr

ThéMA – UMR 6049
Université de Franche Comté
Besançon