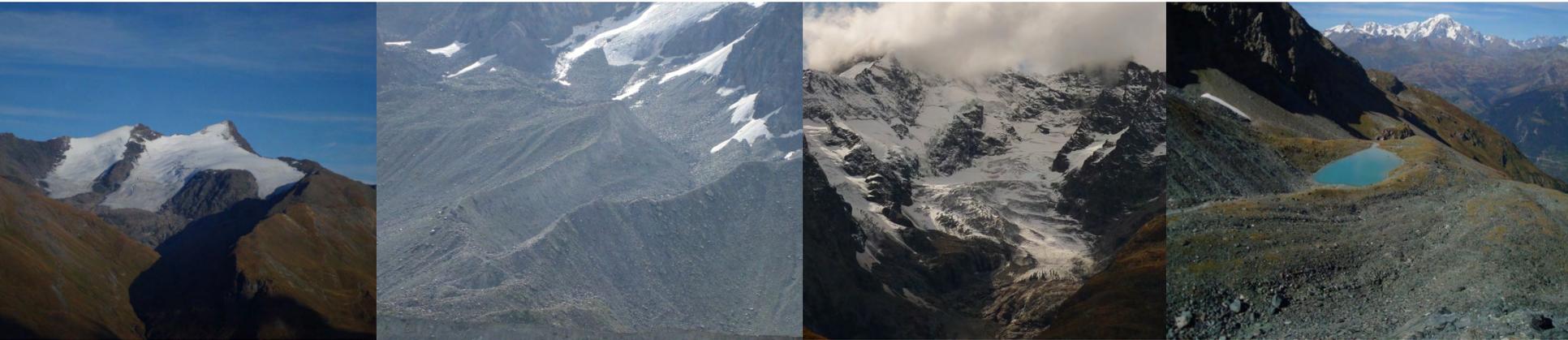


# Inventaires des glaciers , marges proglaciaires et phénomènes associés

## De Glaciorisk à GlaRiskAlp



Séminaire technique – Gestion des risques d'origine  
glaciaire et périglaciaire

Grenoble, 12 Mars 2012

Marie Gardent , Philip Deline



# GLACIORISK (2001 - 2003)

→ Développer des études scientifiques pour la détection, la surveillance et la prévention de futures catastrophes glaciaires.

→ Créer un inventaire précis de tout les sites potentiellement dangereux en Europe (base de données en ligne: <http://www.nimbus.it/glaciorisk/gridabasemainmenu.asp>)

## 5 actions principales:

- Inventaire et base de données
- Etudes de cas (Arsine, Rochemelon, Taconnaz)
- Simulations numériques
- Prévention et réduction des catastrophes
- Transfert aux utilisateurs finaux

The screenshot displays the GLACIORISK European Project website interface. At the top, it lists participating organizations: France (CEMAGREF, ETNA, ONF-RTM, LGGE-CNRS), Italy (CNR-IRPI, SMS/Nimbus), Norway (UOSLO, NVE), Iceland (UI (IS)), Austria (DGGS), and Switzerland (VAW-ETHZ). The main heading is "WELCOME TO GRIDABASE, GLACIER RISKS DATA BASE : MAIN MENU".

The central focus is on "GLACIER 'CHARPOUA'" with a risk type of "ice avalanches". It provides a "Glacier list | Statistics" link and a map. The glacier's characteristics are listed as follows:

Type:	Cirque glacier	Latitude (°, cent):	45.55
Country:	France	Longitude (°, cent):	6.949
Region:	Haute Savoie	Surface (km <sup>2</sup> ):	0.5
Massif/Ice Cap:	Mont Blanc	Length (km):	1.6
Municipality:		Width (km):	0.3
Municipality code:		Min. altitude (m):	2400
Location:	It's an affluent of the Mer de Glace on the right bank (with no junction with the "Mer de Glace"), located downstream from the confluence between the glacier of the Tacul and the glacier of Leschaux	Max. altitude (m):	3300
		Orientation (°):	
		Slope (°):	29

Below the glacier details, an event is recorded: "EVENT: Date 28/9/1997 - Date quality: ↑ Top". The event description states: "a serac fall happened again. Ice blocks came from the front of the glacier, and the volume has been estimated at 40.000 or 60.000 m3 (see the opposite picture)". The effects include "1 death, a mountaineer who was on the path to the shelter". The number of deaths and injured is 0. A note mentions that the P.G.H.M. provided precise information for this event.

Sections for "DAMAGES" and "BIBLIOGRAPHY" are visible, with "DAMAGES" currently empty. The source is cited as "PGHM Chamonix, 0 - adjutant Oustry" and "R.T.M Annecy, 0 - Archives du service".

A second event is listed: "EVENT: Date 1/5/1997 - Date quality: ↑ Top". Its description is "a serac fall happened, with a volume of about 50.000 m3". The effects are "no damages". The number of deaths and injured is 0. A note indicates that the global information is medium because the area is not frequented a lot during this time of the year.

**Partenaires :** France (CEMAGREF, ETNA, ONF-RTM, LGGE-CNRS), Italy (CNR-IRPI, SMS/Nimbus), Norway (UOSLO, NVE), Iceland (UI (IS)), Austria (DGGS), Switzerland (VAW-ETHZ)

→ Reconnaissance des aléas potentiels dans les secteurs englacés et récemment désenglacés des Alpes occidentales

→ Études locales sur sites pilotes

**I. Reconnaissance des aléas potentiels dans les secteurs englacés et récemment désenglacés des Alpes occidentales**

- 1.A Localisation et quantification des secteurs englacés et récemment désenglacés ;
- 1.B Elaboration d'une typologie des aléas actuels, passés et à venir ;
- 1.C Evaluation de la prédisposition des secteurs glaciaires et récemment désenglacés à produire des phénomènes d'instabilités.

**II. Etudes locales sur sites pilotes**

- 2.A Site pilote « Sérac de Taconnaz »
- 2.B Site pilote « Sérac des Grandes Jorasses »
- 2.C Site pilote « Etude du glacier de Tête Rousse »
- 2.D Site pilote « Vulnérabilité des secteurs désenglacés »
- 2.E Site pilote « Métrologie de la dynamique des glaciers »

**7 partenaires** : CNR-IRPI Turin, ARPA VdA, FMs Courmayeur, LGGE, GIPSA-Lab, EDYTEM (CNRS), LISTIC (UdS)

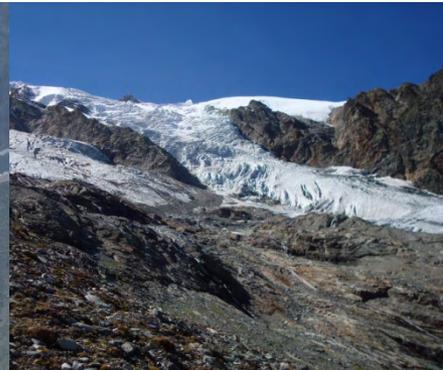
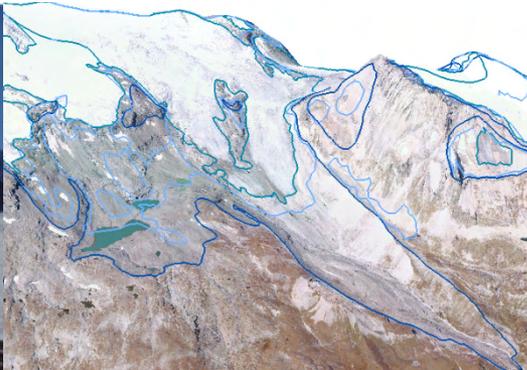
**Financeurs** : UE (FEDER), Italie, Ministère de l'environnement français, Régions Rhône-Alpes et PACA, Savoie et Haute-Savoie, Haute vallée de l'Arve, Saint-Gervais



**Activité 1.a:** Localisation et quantification des secteurs englacés et récemment désenglacés (depuis la fin du Petit Âge Glaciaire, et en particulier depuis les années 1980) et chronologie des fluctuations glaciaires post-PAG.

Constat: il n'existe pas d'étude exhaustive des fluctuations glaciaires à l'échelle des Alpes Occidentales.

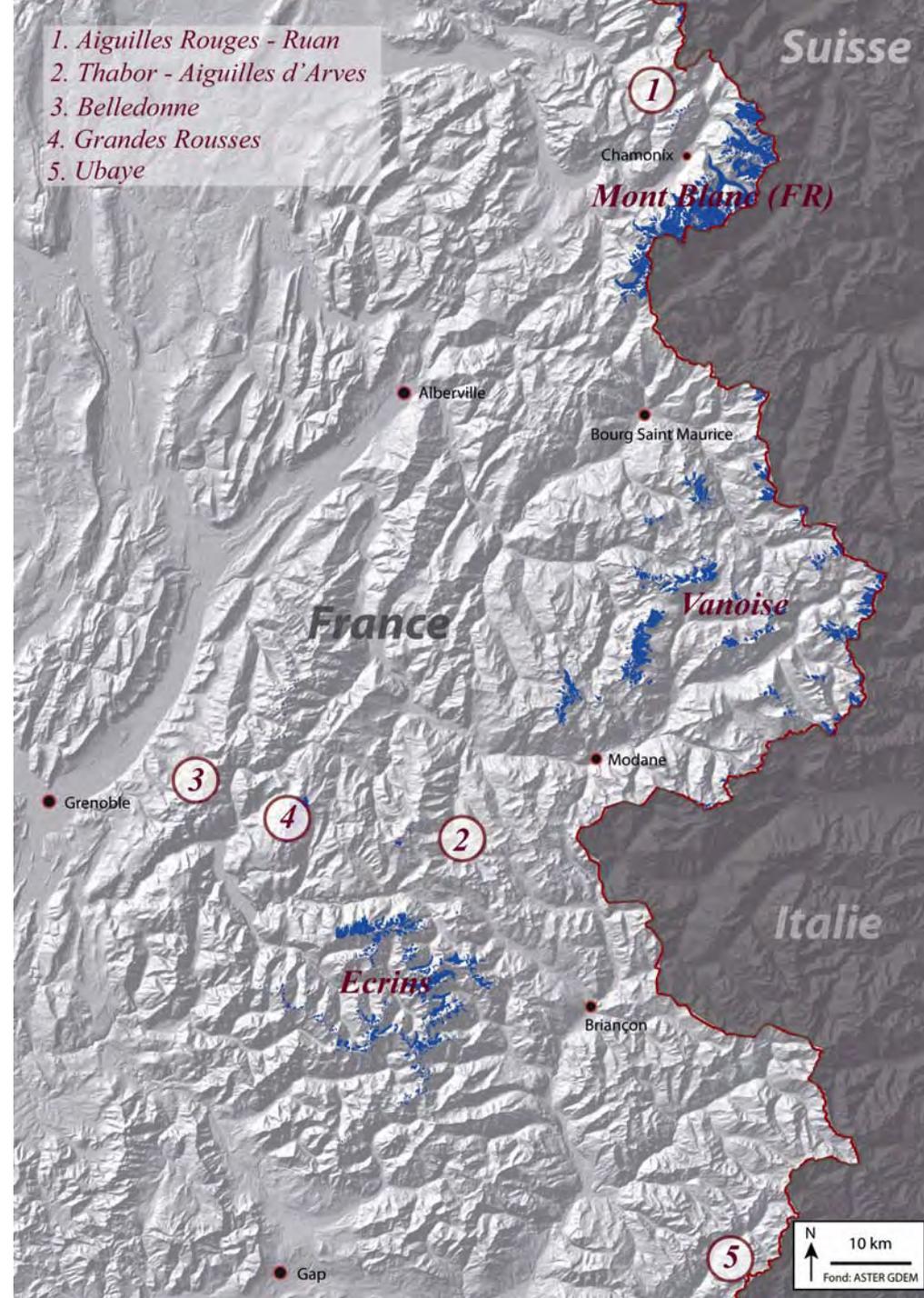
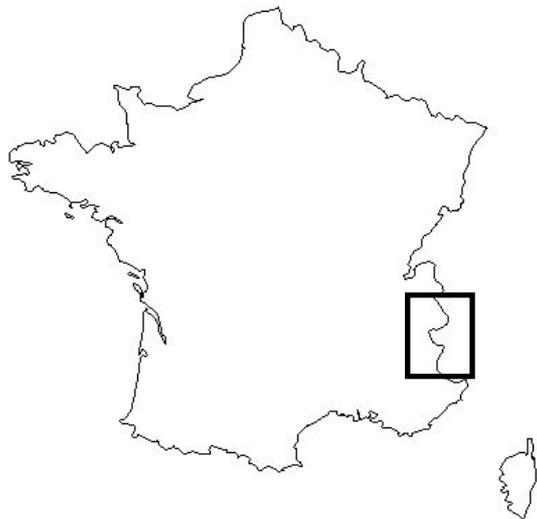
- Dresser un inventaire cartographique à haute résolution de l'état actuel des glaciers des Alpes Occidentales.
- Cartographier les marges pro-glaciaires qui résultent du désenglacement depuis le PAG, et plus particulièrement depuis les années 1980.



# Les Glaciers des Alpes françaises:

→ 275 km<sup>2</sup> (2006-09)

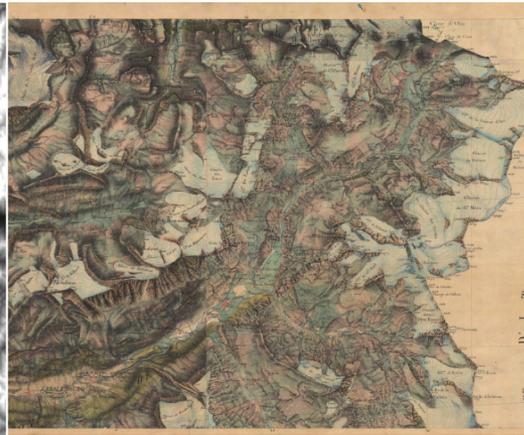
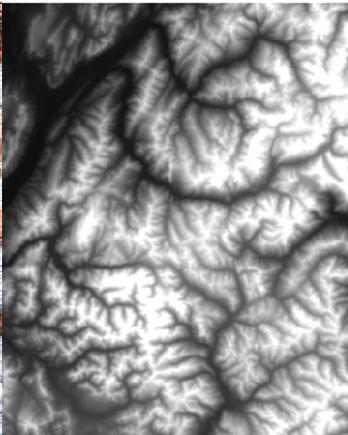
96 % des surfaces englacées sont réparties entre les massifs des Ecrins (~68 km<sup>2</sup>), de la Vanoise (~179 km<sup>2</sup>) et du Mont Blanc (~120 km<sup>2</sup>)



# 2. Méthodologie

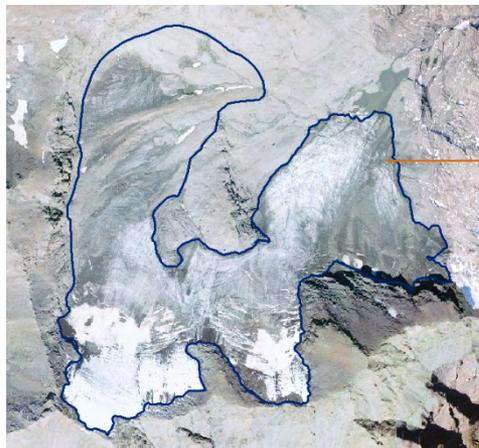
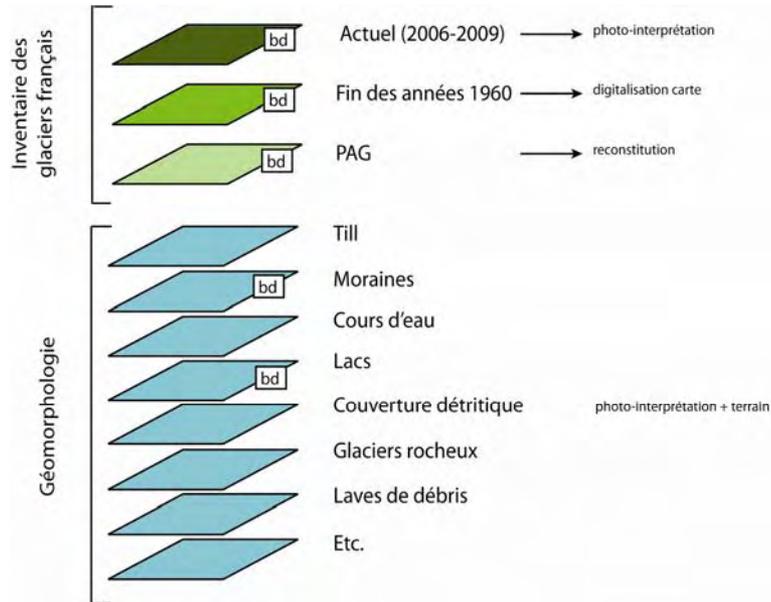
## a. Documents disponibles:

Type	Nom	échelle	Date
Cartes	Cartes d'Etat Major	1/40 000	levés de 1835 à 1864
		1/50 000	levés vers 1900
	Cartes topographiques IGN	1/25 000	1967-70
Orthophoto-graphies	Couleur et/ ou InfraRouges couleur	Pixel de 50 cm	73: 2009, 2006, 2001 74: 2008, 2004, 1998 05 et 38: 2009, 2003
MNT	MNT IGN (bd topo)	25 m	1979 ?
	MNT RGD	4 m	
	GDEM ASTER	30 m	2000
Autres	Photographies aériennes		divers
	Cartes diverses (Vallot, cartes du Service géographique de l'Armée, etc.)	1/20 000	divers



## b. Construction d'un Système d'information géographique

*SIG = système informatique permettant d'organiser, d'analyser et de présenter des informations localisées géographiquement*



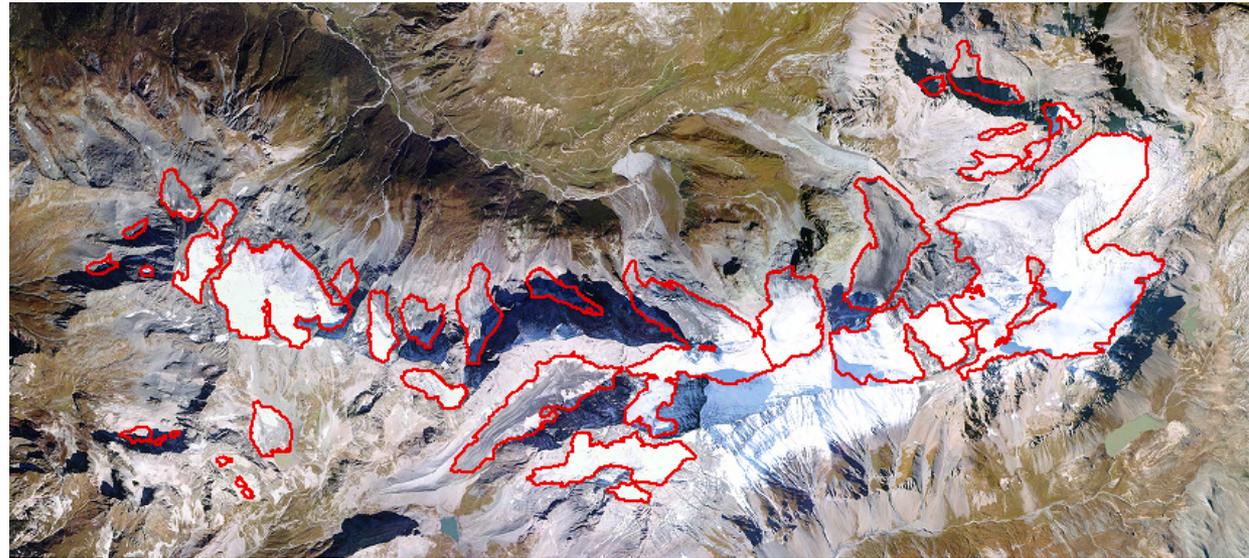
Field	Value
code_WGI	F4N01153A04
date_photo	2006
doc_utilise	ortho_ign
Flabéite	<null>
FORM	3
glaciers_2006.Sum_SHAPE1	165288,5632
glaciers_2006.Sum_SHAPE	226560,4137
largeur_max	0,73
Latitude	45° 20' 49,257" N
Longitude	6° 58' 42,280" E
longueur_max	1,56
MAX	3250,6841
MEAN	3030,7861
MIN	2903,7439
MORPHOLOGIE	
Nom	Glacier de Méan Martin
Notes	<null>
ORIENTAT_1	NE
ORIENTATIO	NE
Precision	7016
RIVER_BASI	4N011
SHAPE_Area	862479,175133
SHAPE_Length	7015,855541
Type	Z

<i>Glaciers actuels</i>
Code
Nom du Glacier
Massif
Secteur
Code WGI
Bassin versant
Longitude
Latitude
Surface (m <sup>2</sup> )
Périmètre (m)
Surface couverture détritique (m <sup>2</sup> )
Surface voile détritique (m <sup>2</sup> )
Longueur max
Altitude minimale
Altitude maximale
Altitude moyenne
Orientation moyenne
Documents utilisés
Date documents utilisés
Type de glacier
Forme du glacier
Autres caractéristiques
Incertitude
Note
Terrain
Surface de retrait (fin 1960s-actuel)
% de retrait depuis fin 1960s

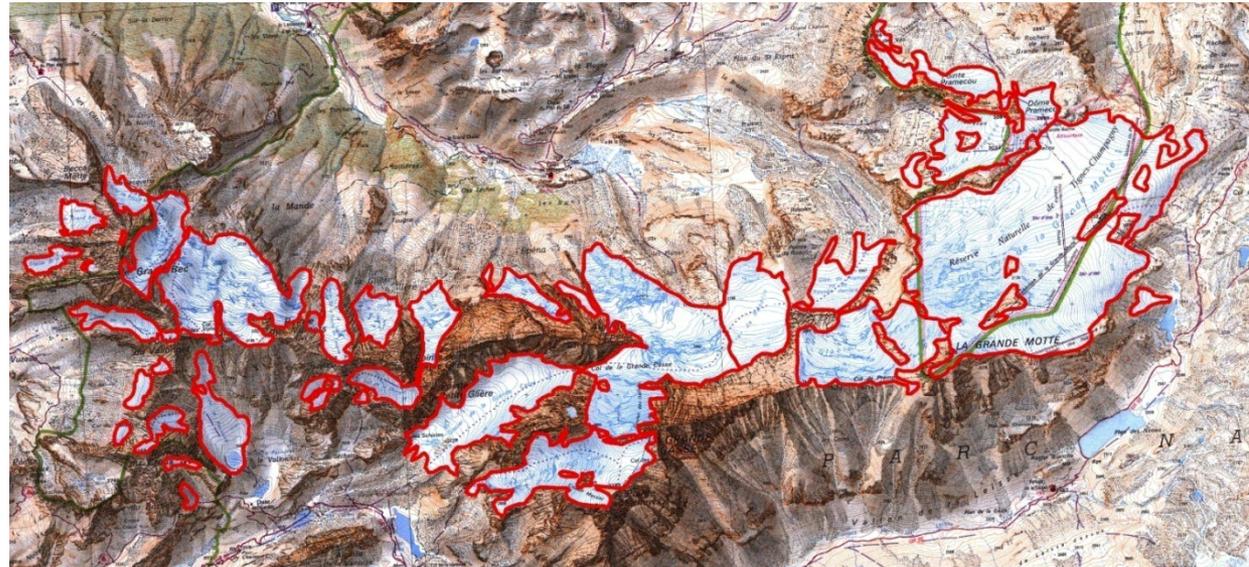
## c. Cartographie des glaciers

→ Inventaire des glaciers actuels, basé sur des orthophotographies récentes (2006 - 09)

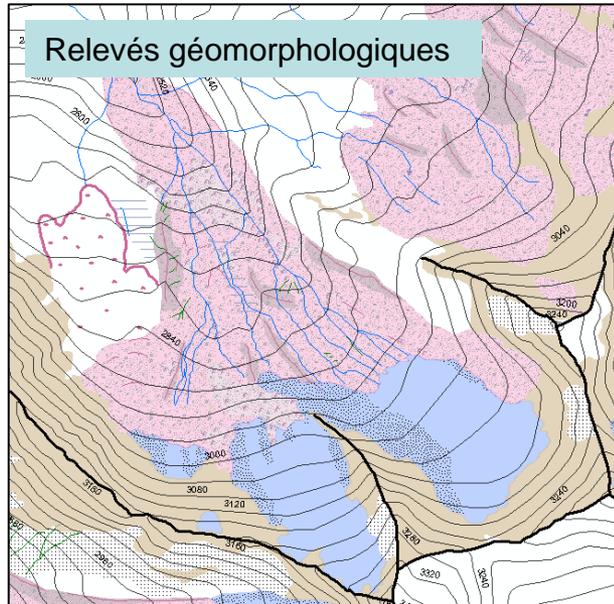
+ Vérification terrain (couverture détritique, ombre, neige)



→ Inventaires des glaciers à la fin des années 1960, basé sur les cartes topographiques 1:25 000 de l'IGN



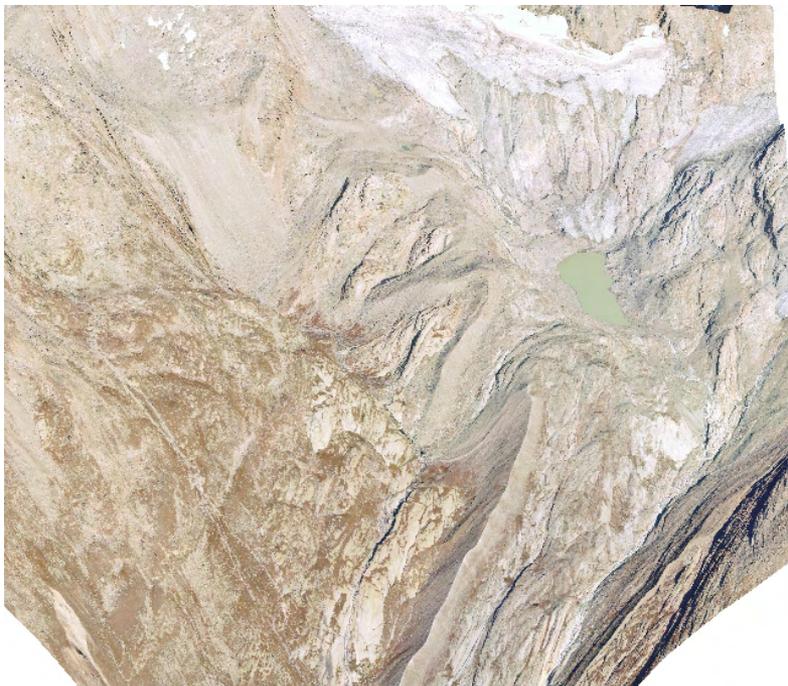
→ Inventaire des glaciers au Petit Âge Glaciaire (PAG): Reconstitution de la position des glaciers en croisant les relevés géomorphologiques et les documents anciens



Informations supplémentaires

## d. Cartographie des secteurs récemment désenglacés

- Création d'une légende géomorphologique
- Repérage des formes et cartographie depuis les orthophotographies actuelles, éventuellement drapées sur le MNT
- Vérification et complément sur le terrain
- Intégration des données de terrain au SIG



Formes et formations structurales	Formes et formations périglaciaires	
Lignes de crête	Protalus rampart	
Substratum	Lobe de gélifluxion	
	Glacier rocheux actif	
	Glacier rocheux inactifs	
	Ebouilis (tabliers et cônes)	
Formes et formations glaciaires	Formes et formations fluviales	
Glacier	Cours d'eau permanents	
Secteurs très crevassés	Lacs	
Seracs	Emergence du torrent émissaire	
Rimaye	Source	
Glace morte	Laves de débris	
Dépression, effondrement glaciaire	Dépôts de laves de débris	
Couverture détritique	Ravinement	
Voile détritique	Dépôts fluvioglaciaires	
Cordons morainiques certains	Cônes fluvioglaciaires	
Cordons morainiques incertains		
Cordons morainiques extrapolés		
Cordons morainiques PAG		
Cordons morainiques déposés entre le PAG et les années 1980		
Cordons morainiques déposés depuis les années 1980		
Cordons morainiques supraglaciaires		
Moraine		
Till		
Faible épaisseur de till		
Incision dans moraine		
Principaux cônes nivo-glaciaires		
Cirque		
Roches moutonnées		
	<th>Formes et formations gravitaires</th>	Formes et formations gravitaires
	Dépôt d'éroulement	
	Niche d'arrachement supposée	
	Glissement	
	<th>Éléments anthropiques</th>	Éléments anthropiques
	Bâtiments, remontés mécaniques	
	Pistes de ski	
	Routes, pistes	
	<th>Autres</th>	Autres
	Points cotés	
	Gros blocs	
	Signal frontal	

## → Inventaire des lacs apparus depuis le PAG

- Cartographie des lacs existant actuellement à l'intérieur des marges proglaciaires, depuis les orthophotographies récentes (2006-09)
- Cartographie des lacs répertoriés sur les cartes topographiques 1:25 000 de l'IGN
- Datation de l'apparition des lacs grâce aux photographies aériennes de l'IGN

- 1- **NOM**
- 2- **CODE**
- 3- **LATITUDE**
- 4- **LONGITUDE**
- 6- **ALTITUDE**
- 7- **SURFACE**
- 8- **PERIMETRE**
- 9- **POSITION**
- 10- **CARACTERISTIQUES DU BARRAGE**
- 11- **CONTACT AVEC LE GLACIER**
- 12- **ORIGINE**
- 13- **ALIMENTATION**
- 14- **NOM GLACIER A L'ORIGINE DU LAC**
- 15- **CODE GLACIER A L'ORIGINE DU LAC**
- 16- **DATE DE CREATION**



# 3. Etat d'avancement

## a. Inventaires des glaciers

- Inventaire 2006-09

→ **Achevé**

- Inventaires fin des années 1960

→ **Achevé**

- Inventaire PAG

→ **En cours**

### Exemple du Massif de la Vanoise:

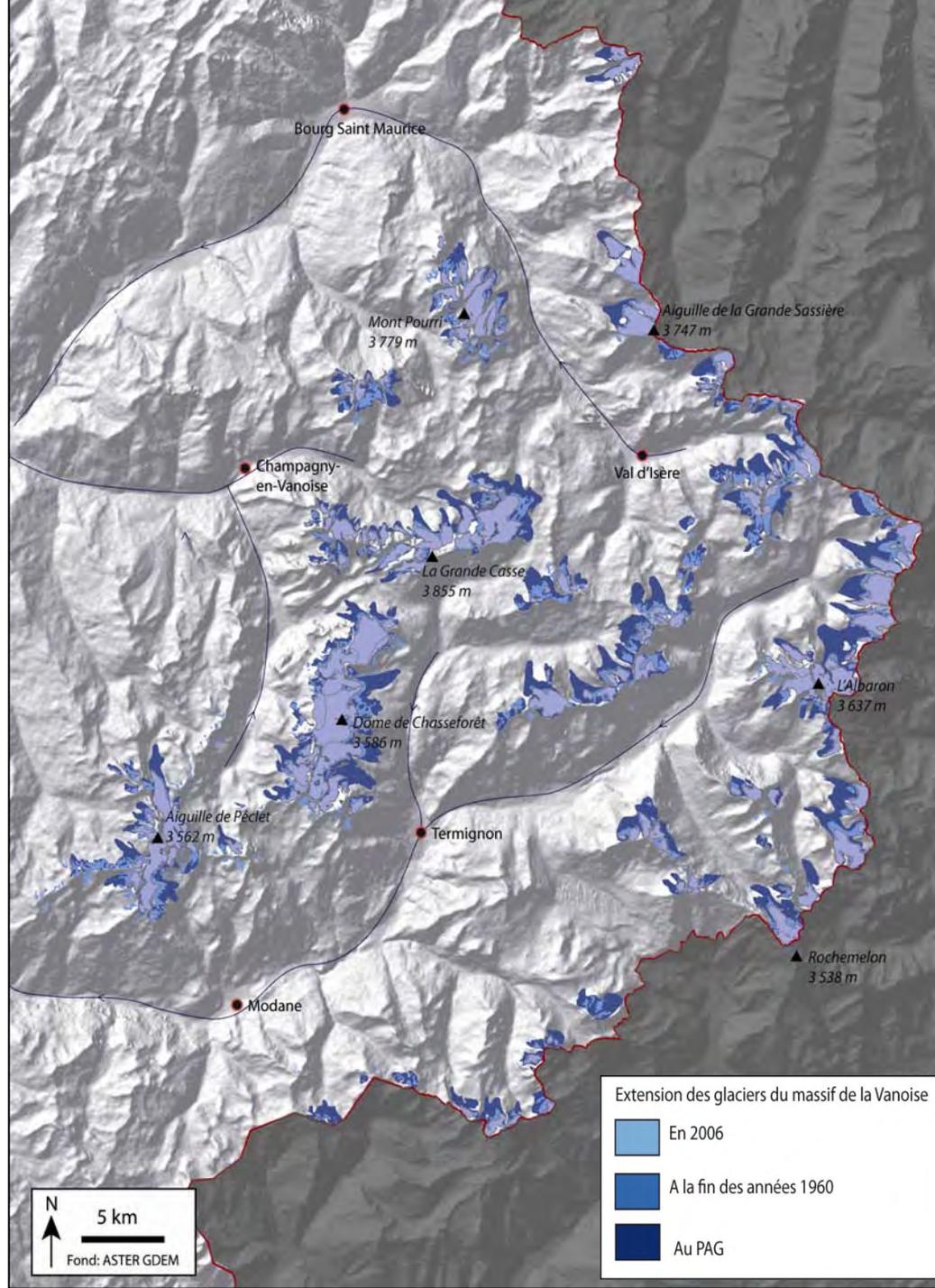
PAG: 235 km<sup>2</sup>

Fin années 1960: 131,34 km<sup>2</sup>

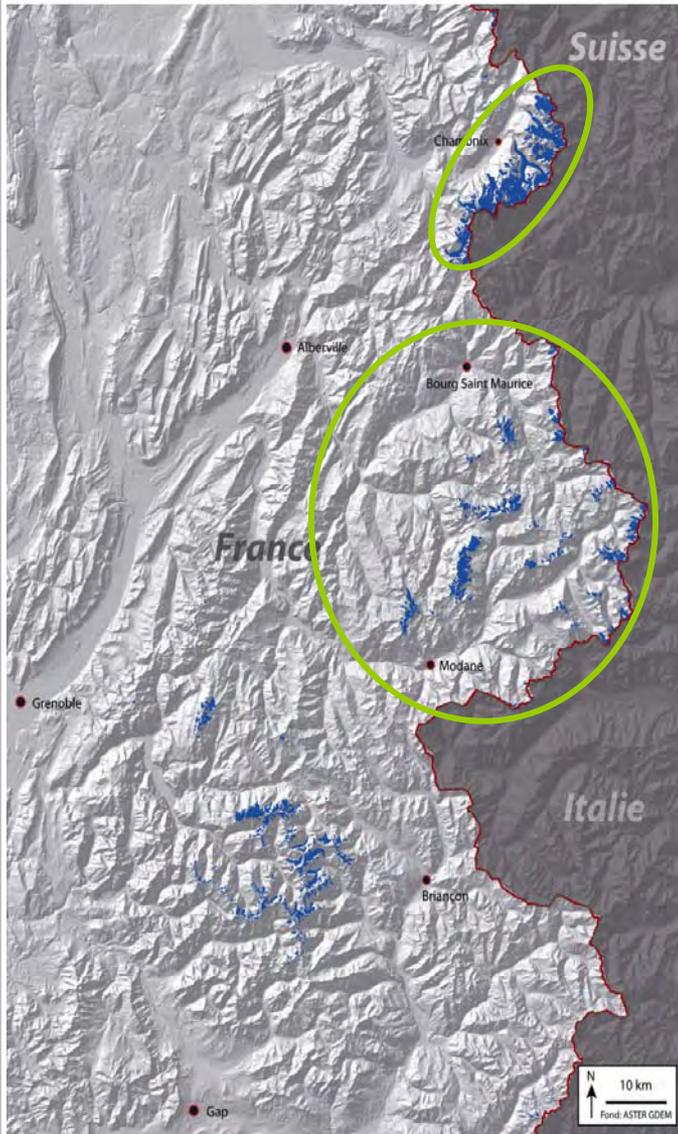
2006: 92,91 km<sup>2</sup>

→ - 60 % depuis le PAG

→ - 29 % ces 40 dernières années



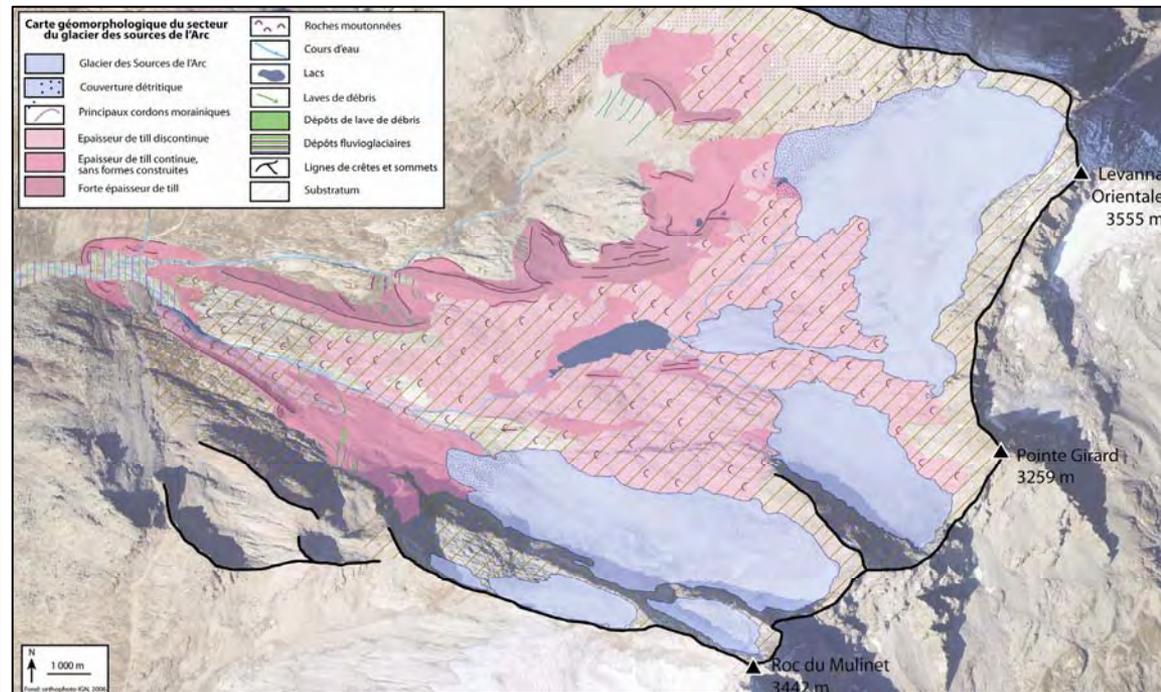
## b. Cartographie des secteurs désenglacés



- Cartographie géomorphologique

→ En cours

La plupart des marges proglaciaires des massifs de la Vanoise et du Mont Blanc (Fr) ont été cartographiées



Carte géomorphologique du secteur des sources de l'Arc (Vanoise)

## - Inventaire des lacs apparus depuis le PAG

→ En cours

Cartographie presque achevée ; bases de données non complétées

### Exemple du Lac de la Muande (Ecrins)

Fin années 1960: 0,22 ha  
2009: 4,86 ha

→ Surface multipliée par 22 en moins de 40 ans



# 4. Perspectives

# Elaboration d'une typologie des aléas glaciaires

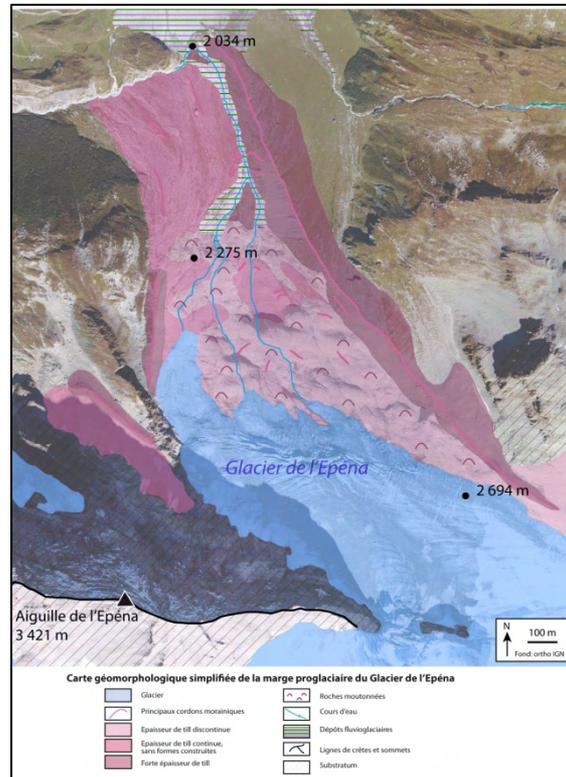
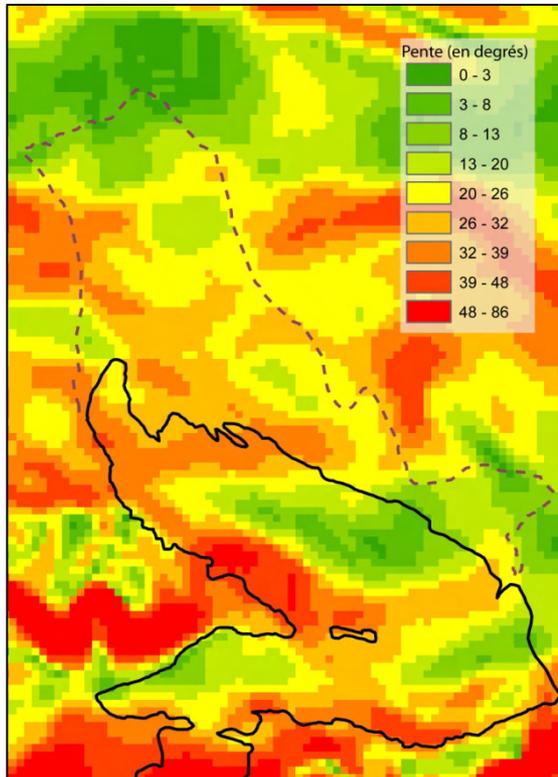
Aléas directs	Aléas indirects	Aléas secondaires	Chaînes d'aléas (exemples)
<p>Vidange glaciaire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lac supraglaciaire,</li> <li>- Lac proglaciaire,</li> <li>-Lac juxtaglaciaire (barrage morainique ou de glace)</li> <li>-Poche intraglaciaire</li> </ul>	<p>Mouvements de masse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déformation gravitaire profonde</li> <li>- Écroulement rocheux par décompression</li> <li>- Glissement rotationnel dans moraines</li> </ul>	<p>Ecroulement mixte (roche + glace)</p>	<p>Avalanche de séracs → avalanche neige → vidange glaciaire (lac à l'aval)</p>
<p>Avalanche de séracs</p>	<p>Laves</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Laves torrentielles depuis marges pro ou moraines</li> <li>- Laves de débris depuis moraines</li> </ul>	<p>Formation puis dégradation du permafrost post-glaciaire</p>	<p>Vidange glaciaire → lave torrentielle</p>
<p>Glissement – rupture du glacier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Glacier froid</li> <li>- Glacier tempéré (suppression de la butée de pied)</li> </ul>			<p>Ecroulement sur glacier → accélération du glacier</p>
<p>Accélération de l'écoulement</p>			

# Vers l'identification des sites favorables aux aléas

Données Inventaire  
des glaciers

Traitements SIG

identification des secteurs  
susceptibles de présenter  
des instabilités



**Exemples de croisement  
de données :**

Lave torrentielle

→ épaisseur du till et pente  
dans une marge proglaciaire

lac supra-glaciaire

→ présence d'une couverture  
détritique et pente d'un glacier

Merci de votre attention....

