



HAL
open science

Un inventaire des aérographies du massif du Mont Blanc

Melaine Le Roy, Philip Deline

► **To cite this version:**

Melaine Le Roy, Philip Deline. Un inventaire des aérographies du massif du Mont Blanc. Neige et glace de montagne: Reconstitution, dynamique, pratiques, 8, Collection EDYTEM - Cahiers de Géographie, n°8, pp.101-110, 2009. halsde-00375607

HAL Id: halsde-00375607

<https://hal.science/halsde-00375607>

Submitted on 31 Mar 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Collection
EDYTEM

Numéro 8 - Année 2009

*Cahiers de
Géographie*

NEIGE et GLACE de MONTAGNE

Reconstitution, dynamique, pratiques



UN INVENTAIRE DES AÉROPHOTOGRAPHIES DU MASSIF DU MONT BLANC

AN AERIAL PHOTOGRAPHY INVENTORY FOR THE MONT BLANC MASSIF

MELAINE LE ROY, PHILIP DELINE

Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie/CNRS, Campus scientifique, F 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.

Contact : melaine.le-roy@univ-savoie.fr

RÉSUMÉ

Le massif du Mont Blanc, espace frontalier entre trois pays alpins, constitue un laboratoire scientifique de premier ordre pour étudier plusieurs des problématiques de recherche du laboratoire EDYTEM, notamment en ce qui concerne les domaines glaciaires et périglaciaires. Dans ce contexte, un inventaire des aérographies couvrant le massif et disséminées au sein de plusieurs organismes a été effectué. Près de 5000 photographies prises au cours de 92 missions ont ainsi été identifiées, assurant une couverture homogène et à haute résolution temporelle du massif depuis la fin des années 1930. Cet inventaire a donné lieu à une première réflexion sur la constitution d'une base de données de ces documents pour faciliter les recherches documentaires futures.

MOTS-CLÉS : PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES, MASSIF DU MONT BLANC, BASE DE DONNÉES, TÉLÉDÉTECTION.

ABSTRACT

The Mont Blanc massif, frontier between three alpine countries, is a first order scientific laboratory for most of the EDYTEM research fields, especially the study of glacial and periglacial domains. In this context an inventory of the aerial photographs covering the massif and disseminated within several institutions was carried out. Nearly 5000 photographs taken during 92 aerial missions were identified, that ensure a homogeneous and high temporal resolution cover of the massif since the end of the 1930's. This inventory led to a first reflexion on the constitution of a database to facilitate future research.

KEYWORDS: AERIAL PHOTOGRAPHY, MONT BLANC MASSIF, DATABASE, REMOTE SENSING.

INTRODUCTION

La télédétection se définit au sens large comme l'acquisition, le traitement et l'interprétation d'informations sur un objet ou un processus par un instrument de mesure distant (Chorowicz et Deroin, 2003). Cet instrument est le plus souvent un capteur (photographique, laser ou radar) aéroporté (à bord d'un hélicoptère, d'un avion ou d'un satellite). Les données récoltées sont de nature différente pour répondre à un grand nombre d'applications : cartographie thématique (photographie aérienne et imagerie satellitaire dans le visible, l'infrarouge ou en multispectral), topographie de surface et champs de vitesse (radar), génération de modèles numériques d'élévation à haute résolution spatiale (LiDAR). La télédétection est devenue un mode privilégié d'étude des processus naturels depuis une cinquantaine d'années, notamment en montagne, d'accès difficile. Des disciplines telles que la glaciologie, la géomorphologie glaciaire et périglaciaire, la nivologie ou l'hydrologie en ont bénéficié car elle a grandement facilité l'acquisition de données.

Dans le domaine glaciaire, les photographies aériennes ont été utilisées historiquement pour la photo-interprétation et la planimétrie, notamment dans le cadre des premiers inventaires de glaciers (Vivian, 1975 ; Patzelt, 1980). Elles servent aussi de base à des études diachroniques de l'évolution des surfaces englacées (Jobard, 2005 ; Deroin et Condom, 2007 ; Rabatel, 2009). La restitution photogrammétrique des prises de vue aériennes permet la réalisation de Modèles Numériques de Terrain (MNT), notamment à des dates différentes. La comparaison de ces MNT autorise alors le calcul de variations de

volume, pour caractériser par exemple les changements morphologiques induits par la déglaciation (Schiefer et Gilbert, 2007) ou calculer des bilans sédimentaires (Veyrat-Charvillon, 2005) ou des bilans de masse glaciaires (Vincent et Reynaud, 1991 ; Andreassen *et al.*, 2002 ; Thibert *et al.*, 2005). Cette méthode, dite volumétrique pour les glaciers, par opposition à la méthode directe (glaciologique), demeure coûteuse car elle nécessite une logistique importante (mise en place de points d'amer, vols spéciaux). Dans les Alpes françaises, quelques glaciers ont fait l'objet de vols spéciaux, commandités par le CEMAGREF (Centre d'Etude du Machinisme Agricole et du Génie Rural des Eaux et Forêts) entre 1975 et 1991 (Burnet et Murat, 1985 ; Thibert, 2007). Le LGGE (Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement) applique également cette méthode sur les glaciers de son réseau d'observation avec une périodicité quinquennale pour valider les bilans de masse annuels obtenus par mesures *in situ* et extrapolées à l'ensemble du glacier (Vincent *et al.*, 2000). La photogrammétrie aérienne permet également d'étudier les déplacements d'objets géographiques tels que les glaciers ou glaciers rocheux avec une bonne précision (Kääb, 2002 ; Kaufmann et Ladstädter, 2002)

Les données issues de la télédétection spatiale ont pris aujourd'hui le pas sur les aérophotographies dans le domaine des sciences de l'environnement, notamment pour l'étude de la cryosphère et de son évolution (Bamber et Rivera, 2007 ; Berthier, 2008), dans les Alpes (Berthier *et al.*, 2004 ; Paul *et al.*, 2007 ; Trouvé *et al.*, 2007 ; Rabatel *et al.*, 2008) et sur l'ensemble de la

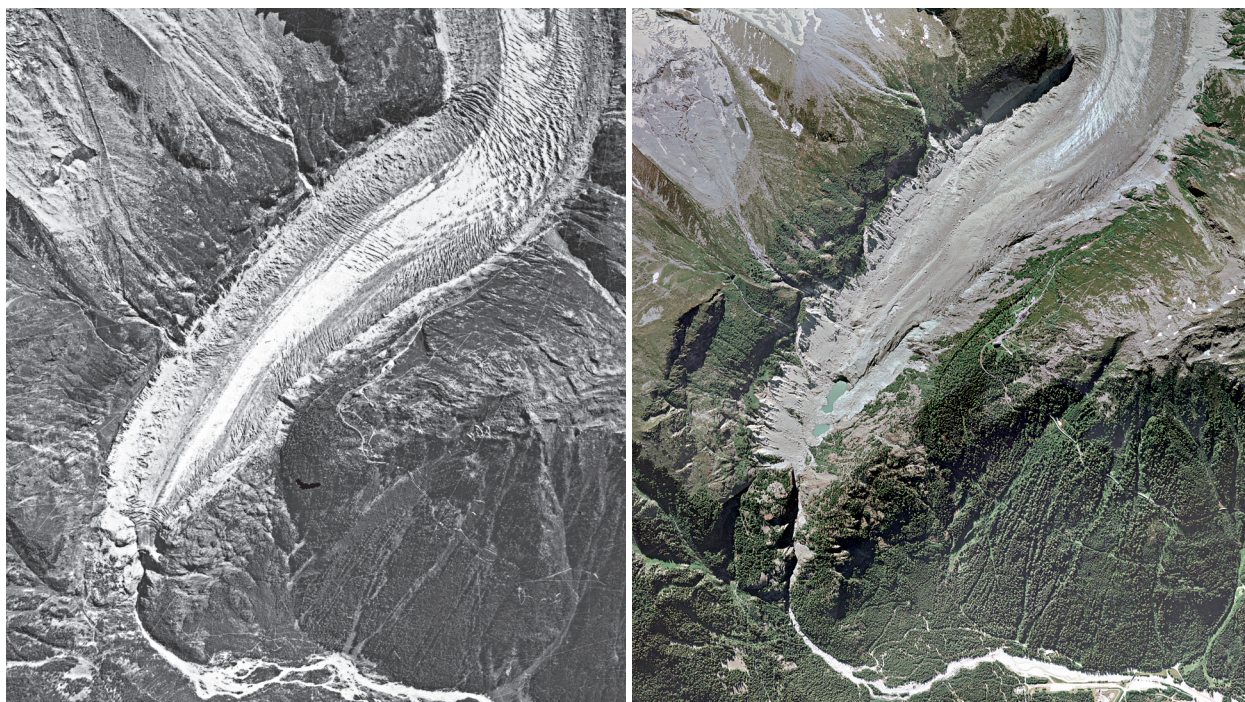


Figure 1 - Vues aériennes de la Mer de Glace (Massif du Mont Blanc), à gauche en 1949 (mission IGN F3630-3631), à droite en 2004 (Orthophoto 74) ; © IGN - Photothèque Nationale.

planète, avec le programme GLIMS notamment (*Global Land Ice Measurement from Space*) (Raup *et al.*, 2007). En effet, les plateformes disponibles sont de plus en plus nombreuses, la résolution spatiale, spectrale et temporelle des acquisitions s'améliore très rapidement parallèlement à la baisse de leur coût (Racoviteanu *et al.*, 2008). Les scènes satellitaires apportent de plus une vision synoptique que ne permet pas la couverture restreinte des photographies aériennes. Le projet GLIMS se base ainsi principalement sur des données optiques ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) qui remplissent les conditions nécessaires au suivi de différents paramètres glaciologiques (Racoviteanu *et al.*, 2008) et dont les couples stéréo permettent la génération de MNT (comme SPOT 5 HRS, mais le coût des données de ce dernier est très élevé). D'autres capteurs sont aussi utilisés pour l'étude de la cryosphère, comme LANDSAT TM/ETM, ou les capteurs des satellites Corona (satellite espion US des années 1960-70) et, plus récemment, QuickBird et Ikonos qui possèdent des résolutions spatiales pouvant s'approcher de celle des photographies aériennes (métrique voire infra-métrique). Les MNT issus des données radar acquises dans le cadre de la SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) en 2000 constituent une autre source largement utilisée pour le calcul des bilans glaciaires (Rignot *et al.*, 2003 ; Berthier *et al.*, 2007). L'interférométrie radar (InSAR) est également de plus en plus mise en oeuvre pour des applications dans le domaine périglaciaire comme la quantification du déplacement des glaciers rocheux (Lambiel *et al.*,

2008), ou dans le domaine glaciaire, pour la détermination de vitesses d'écoulement par exemple (Trouvet *et al.*, 2007).

Cette nouvelle donne permet donc d'étendre le suivi des glaciers à l'échelle mondiale. Néanmoins, les aérophotographies gardent un intérêt pour les études diachroniques car elles permettent de remonter plus loin dans le temps, les premiers survols réguliers ayant débuté dans les années 1930 et 1940 (*cf* www.ign.fr). C'est notamment pour cette raison qu'une démarche d'inventaire similaire a été proposée pour les glaciers italiens (Giardino *et al.*, 2001)

Le présent inventaire des aérophotographies du massif du Mont Blanc a eu pour objet l'identification de la ressource disponible, fondant un début de réflexion sur la constitution d'une base de données pour en faciliter la consultation. Etant donné le caractère transfrontalier du massif, les données sont dispersées sur différents sites en France, en Italie et en Suisse. Ce travail a été mené dans le cadre du programme de recherche *PERMAdataROC*, qui visait à évaluer l'influence potentielle de la dégradation du permafrost sur l'occurrence des écroulements rocheux en haute montagne alpine. L'inventaire a ainsi été utilisé pour identifier des dépôts d'écroulements par photo-interprétation (thèse en cours de L. Ravanel), mais aussi pour l'étude diachronique de la couverture détritico-glaciaire du glacier d'Estelette (Val Vény) (Mazué *et al.*, 2009). Le fait que le massif du Mont Blanc ait été retenu pour cet inventaire résulte en particulier du choix de ce secteur comme site-atelier de l'axe transversal SNG (Systèmes Nivo Glaciaires) du laboratoire EDYTEM.

I - LES MISSIONS AÉRIENNES

Les commanditaires des missions aériennes sont principalement les instituts géographiques nationaux dans les trois pays considérés : Institut Géographique National (IGN) en France, Istituto Geografico Militare (IGM) en Italie, et SwissTopo en Suisse.

Il existe cependant des disparités selon les pays, avec par exemple le rôle important de l'échelon régional en Italie. Les missions commanditées par la région Vallée d'Aoste (RAVA) sont ainsi plus nombreuses et de meilleure qualité que celles de l'IGM sur le massif.

En France, des organismes publics décentralisés (DDE, ONF) ou des laboratoires de recherche (CEMAGREF, LGGE) complètent les missions de l'IGN qui ont une faible répétitivité (en moyenne de 5 ans, mais moins dans les secteurs à faible développement urbain), par exemple par des vols de SINTEGRA (Grenoble) pour ces deux laboratoires. Les échelles de ces vols spécifiques peuvent être plus grandes que celles de l'IGN, pour la mesure de bilans de masse glaciaire par photogrammétrie notamment. Il faut noter également que la photothèque de l'IGN conserve un fond important de photographies aériennes obliques, dont un certain nombre couvrent le massif du Mont Blanc. Ces

photographies, dont le décompte n'apparaît pas dans le présent inventaire, ont été prises par la Compagnie Aérienne Française (CAF) et l'IGN entre 1935 et 1966 sur le massif (C. Huon, com. pers.). Enfin, on peut noter que la nouvelle orthophotographie de la Haute Savoie qui sortira courant 2009 sera basée sur une couverture aérienne de 2008 commanditée par le Conseil Général de la Haute Savoie.

Pour la Suisse, nous n'avons identifié que SwissTopo comme opérateur de missions aériennes.

Différentes structures universitaires et administrations territoriales des trois Etats ont été contactées et visitées pour la constitution de l'inventaire. Chacune est mentionnée dans le tableau 1, avec le nom de la personne responsable de la photothèque. Des contacts ont également été établis avec d'autres structures (RTM 73, DDE 73, Inventaire Forestier National - échelon de Lyon), sans enrichissement de l'inventaire car leurs aérophotographies étaient disponibles ailleurs. Il reste à inventorier les ressources de l'ETHZ (Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich), qui possède des vols sur le massif du Mont Blanc (A. Bauder, com. pers.), et de la RGD 73-74 (Régie de Gestion des Données des

| Pays | Organisme | Localisation | Responsable |
|--------|--|-------------------|-------------------|
| FRANCE | Université de Savoie, CISM, Laboratoire Environnement et Dynamiques des Territoires de Montagne (EDYTEM) | Le Bourget du Lac | Fayçal Soufi |
| | Université de Savoie, Laboratoire d'Informatique, Systèmes, Traitement de l'Information et de la Connaissance (LISTIC) | Annecy | Emmanuel Trouvé |
| | Université Joseph Fourier, Institut de Géographie Alpine (IGA) | Grenoble | Laetitia Azzolin |
| | Université Joseph Fourier, Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (LGGE) | Grenoble | Christian Vincent |
| | Service Restauration des Terrain de Montagne de la Haute Savoie (RTM 74) | Annecy | Jérôme Liévois |
| | Direction Départementale de l'Equipement de la Haute Savoie (DDE 74) | Annecy | Crisol Serrate |
| | CEMAGREF, centre de Grenoble | Grenoble | Emmanuel Thibert |
| ITALIE | Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica Perugia, Sede di Torino (CNR IRPI) | Turin | Giovanni Mortara |
| | Università di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra | Turin | Marco Giardino |
| SUISSE | Université de Lausanne, Institut de Géographie de l'Université de Lausanne (IGUL) | Lausanne | Manon Rosset |

Tableau 1 - Organismes visités pour la constitution de l'inventaire des photos aériennes du massif du Mont Blanc.

bles sous forme de contre-types (copie du film original), un support qui autorise des scans de haute précision (sur un scanner à rouleaux) pour les travaux photogrammétriques car il offre une résolution deux fois supérieure aux contacts papier (Veyrat-Charvillon, 2005). L'IGN réalise également des contre-types sur demande pour ses missions arctiques (C. Huon, com. pers.).

L'échelle des vols identifiés est très variable (du 1 : 4 000 au 1 : 60 000). La taille des épreuves papier (conditionnée par la taille du négatif) varie également : de 13×17 cm pour les missions les plus anciennes, à 18×18 cm à partir de 1952, et 23×23 cm depuis 1970. Les émulsions utilisées sont majoritairement le panchromatique (qui absorbe toutes les longueurs d'onde de la portion visible du spectre solaire) noir et blanc et l'émulsion couleur. Quelques vols ont été effectués en infrarouge (couleur ou N&B).

Pays de Savoie), dont l'utilisation des données est subordonnée à l'établissement d'une convention avec l'Université de Savoie, mais qui ne possède pas *a priori* de ressource qui n'ait déjà été identifiée (cf www.rgd.fr), à l'exception de l'orthophoto 2009. Au final, s'il n'est pas exhaustif pour la Suisse, cet inventaire est en revanche probablement complet pour la France et l'Italie.

Dans la grande majorité des cas, les photographies aériennes sont consultables dans les organismes sous forme de contacts papier (tirages papier par contact, *i.e.* sans agrandissement par rapport au négatif), mais la nature des supports est très variée et va de la diapositive au fichier numérique. Certains clichés conservés au CEMAGREF et au LGGE sont également disponi-

C'est le cas notamment des vols de l'IFN (Inventaire Forestier National) car cette bande spectrale est adaptée à la caractérisation de l'activité photosynthétique et donc au suivi du couvert forestier (Boureau, 2008) ou de l'humidité dans les sols (Gagnon, 1999). On parlera de « fausses couleurs » pour les vols en infrarouge couleur car un code couleur est utilisé pour traduire le rayonnement IR. Le multispectral (*i.e.* image résultant de l'acquisition de données dans plusieurs bandes spectrales) est aussi représenté par l'orthophoto MIVIS 1999 de la Vallée d'Aoste et par les scènes SPOT. Aucune mission effectuée en émulsion couleur ne semble avoir eu lieu avant les années 1970, et la première mission couleur disponible auprès de l'IGN est celle de 1993.

II - LA PROCÉDURE DE COLLECTE DES DONNÉES

Dans chaque organisme, les missions et les photogrammes (*i.e.* photographies prises à l'aide d'une chambre photogrammétrique) disponibles ont été listés. Des photographies numériques d'un grand nombre de photogrammes ont été prises, de façon exhaustive lorsque le nombre le permettait, ou avec une moyenne d'une photo tous les deux ou trois photogrammes pour les missions à nombreux clichés. Ceci afin d'avoir une information sur la qualité et la couverture des clichés. Le tableau d'assemblage (TA) est le document qui représente les différentes lignes de vols d'une mission aérienne et l'emprise spatiale des photogrammes la composant. Lorsqu'ils étaient disponibles, ils ont également été reproduits, par photocopie (missions italiennes disponibles à l'IRPI), ou plus souvent par photographie numérique. Les TA de la majorité des

missions de l'IGN nous ont été gracieusement fournis par C. Huon (responsable de la photothèque nationale de l'IGN) sous la forme de fichiers lisibles sous un SIG (format Mapinfo Mid/Mif) ; ils comprennent la localisation du centre du cliché et des informations relatives à la prise de vue dans une table associée. Contrairement à l'IGN, SwissTopo ne fournit pas gratuitement les TA de ses missions.

En dehors de ceux de l'IGN, les TA sont très hétérogènes et pas toujours très lisibles (figure 1), ce qui rend souvent difficile la saisie des clichés dans la base de données. Certains TA figurent l'emprise du cliché par un rectangle (donc avec une déformation par rapport à la réalité du terrain de montagne), d'autres par un polygone, peut-être plus proche de la réalité du terrain, mais dont le centre est alors difficile à déterminer. Sur

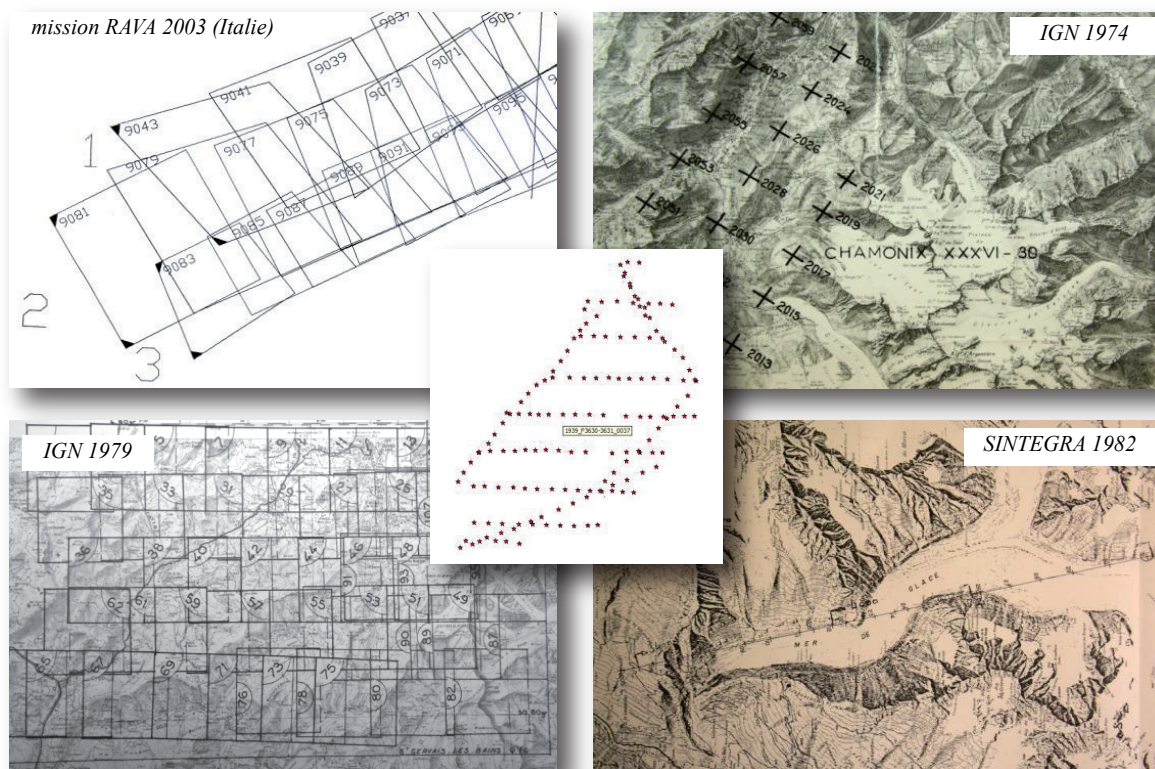


Figure 1- Quelques exemples illustrant l'hétérogénéité des tableaux d'assemblages ; au centre : tableau d'assemblage numérique de la mission IGN 1939.

d'autres TA, le centre des clichés est représenté par des croix ou des cercles à la précision relative du fait de la largeur du figuré utilisé. Il faudra alors trouver une

solution pour mieux localiser les centres (ou donner une marge d'erreur sur cette position) afin de garantir une saisie homogène des données.

III - MISE EN PLACE D'UNE BASE DE BONNÉES

Une première esquisse d'une base de données des clichés aériens a commencé à être mise en place sous Microsoft Access®. La saisie n'a concerné à ce jour que des missions dont le TA figure le centre des clichés, soient les vols du CEMAGREF, et la mission 1939 de l'IGN.

Différents champs sont à renseigner pour identifier chaque cliché : le nom de la mission, son numéro, la date et l'échelle moyenne du cliché, le type de support et le type d'émulsion (figure 2).

La situation géographique du cliché est renseignée par le biais des informations suivantes :

- *le secteur* : le massif du Mont Blanc a été divisé en grands secteurs correspondant aux bassins versants glaciaires. La figure 3 présente les secteurs utilisés pour la saisie des données. A terme, une telle carte devra être insérée dans un SIG pour faciliter les requêtes spatiales en lien avec la base de données.
- *les coordonnées du centre du cliché*, dans deux systèmes de projection différents : WGS 84 UTM 32, système international plus adapté que le système NTF Lambert pour rentrer des don-

nées provenant de pays différents, comme c'est le cas ici ; et un système alphanumérique, basé sur une grille kilométrique projetée en Lambert 2 étendu (figure 3) et mis en place pour rentrer dans la base de données les missions dont le TA n'est pas disponible.

- *emprise du cliché* : portion de la grille alphanumérique recouverte par le cliché, obtenue par report des clichés des photogrammes sur la grille ; seuls les carrés couverts à plus de 50 % sont pris en considération.
- *toponymes associés* : toponymes issus de la carte IGN TOP 25, associés à la scène couverte par le cliché, y compris pour les secteurs suisses et italiens.

Les autres champs concernent la reproduction éventuelle du photogramme et du TA de la mission lors de l'inventaire. Un espace est prévu pour des commentaires qualitatifs sur le cliché (*e.g.* couverture nuageuse, neigeuse, lisibilité). Enfin, les coordonnées de la structure qui conserve les aérographies et de son responsable sont indiquées, ainsi que les conditions d'accès à la ressource.

| | |
|---|--|
| ID : 431 Nom Mission : CEMAGREF MONT BLANC 1995 (S'INTEGRA) N° cliché : 3108 Date cliché : 12/10/1995 Echelle cliché : 1/5 000 à :/10 000 Type support : Contact papier & ContreType Type émulsion : Pandhro N&B | Reproduction du cliché : <input checked="" type="checkbox"/> Reproduction du Plan de Vol : <input checked="" type="checkbox"/> Commentaires : Lumière rasante avec des ombres importantes, neige en haute montagne. Dépôt d'éroulement ancien sur le glacier en rive droite. Cliché non disponible au moment de l'inventaire. |
| Secteur : Val Montjoie Coordonnées du centre du cliché : X: 325 703 Y: 5 072 534 (UTM 32, WGS 84) D32 (Alphanumérique) Emprise du cliché : C31;C32;D31;D32;E31;E32 Toponymes associés : Combe Blanche, Grande Roche de Tré la Tête, Glacier de Tré la Tête (front), Tré la Petite, Tré la Grande, Séracs de Tré la Grande, Refuge des Conscrits | Localisation physique : Cemagref Grenoble, 2, rue de la Papeterie, BP 76, 38402 ST-MARTIN-D'HERES cedex Contact : emmanuel.thibert@cemagref.fr, 04 76 76 28 13 Consultation / Utilisation : accès libre (sur RDV) |

Figure 2 - Interface de la base de données sous Access ®.

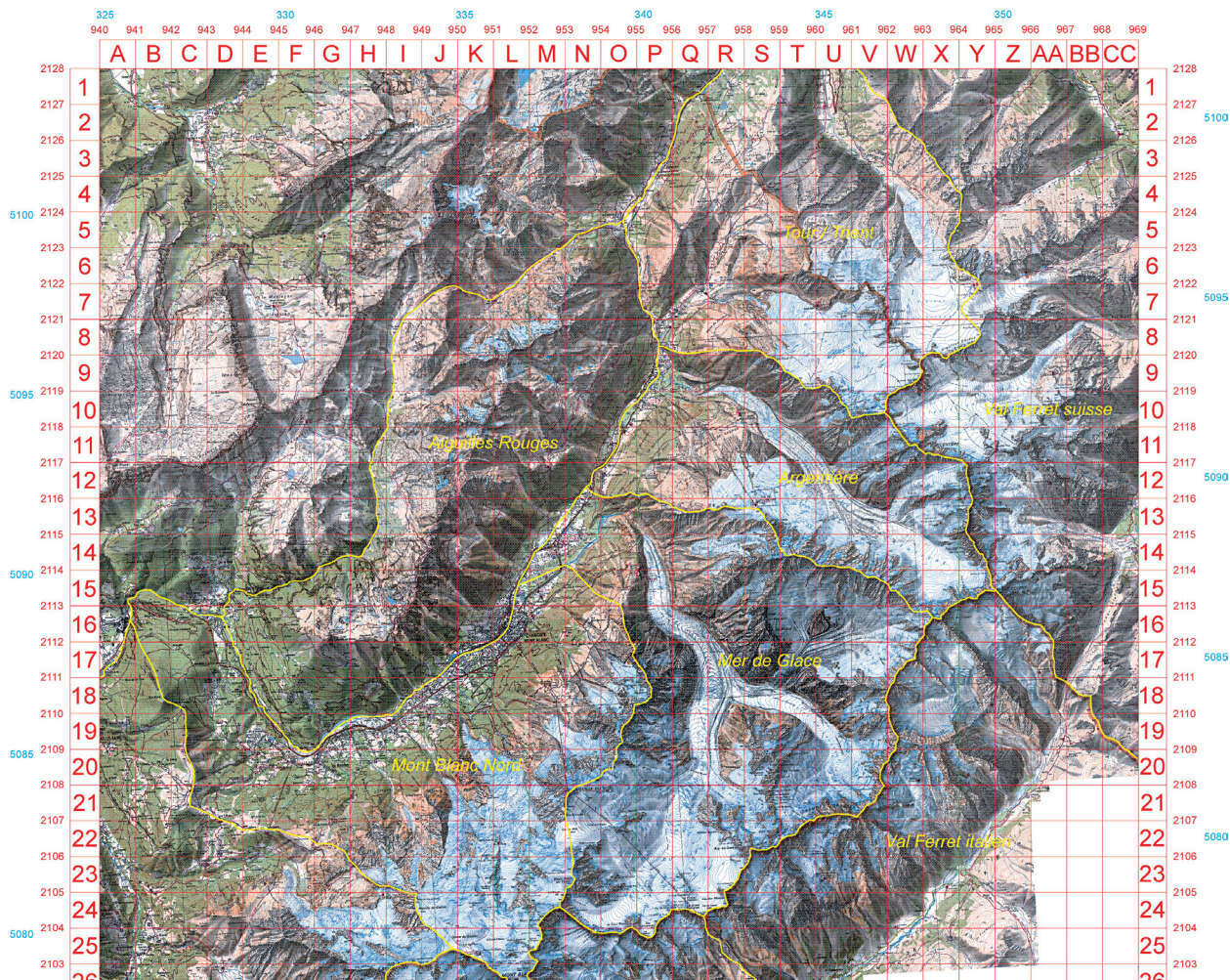


Figure 3 - Une partie de la carte du massif du Mont Blanc avec les différentes coordonnées utilisées pour la saisie des données sous Access ® (fond topographique extrait de la carte TOP 25 Chamonix 3630 OT et St Gervais 3531 ET, © IGN, Paris 2009 - Autorisation n° 80-9026.) :

- référentiel alphanumérique mis en place pour la saisie des missions sans Tableaux d'Assemblage. Il est basé sur le quadrillage kilométrique de la projection Lambert Zone 2 étendu dont les amorces apparaissent en rouge ;
- les amorces bleues correspondent au quadrillage kilométrique de la projection WGS 84 UTM 32, figurant sur les cartes IGN TOP 25 ;
- les différents secteurs du massif sont indiqués en jaune.

IV - SYNTHÈSE DE L'INVENTAIRE

Le tableau 1 ci-dessous et pages suivantes répertorie les caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc. Certains sont très ponctuels, d'autres au contraire sont des vols régionaux ou nationaux avec une couverture totale du massif. Ce tableau comprend les métadonnées suivantes :

- *année* : année de la mission.
- *date* : date du ou des vols – certaines missions comportent plusieurs vols à des dates différentes, voire sur deux années consécutives.
- *nom de la mission* : nom déterminé à partir des documents consultés.
- *échelle* : échelle des photogrammes quand elle a pu être retrouvée ; dans le cas de capteurs numériques la résolution est indiquée.
- *support* : le support des photogrammes consultés (*Cont. Papier* : Contact Papier). La plupart des missions sont disponibles sur supports papier

et numérique auprès d'un institut géographique national comme l'IGN.

- *émulsion* : émulsion photographique utilisée : *P. N&B* : panchromatique Noir et Blanc ; *C* : couleur ; *IR* : infrarouge (C ou N&B).
- *tableau d'Assemblage* : *Dispo.* : TA de la mission disponible ou non ; *Pap* : papier ; *Num* : numérique ; *Web* : en ligne ; *Repro.* : reproduction effectuée ou non.
- *couverture* : partie du massif couverte par la mission.
- *organisme détenteur* : organisme qui détient tout ou partie d'une mission sur le massif (le complément étant disponible auprès de l'institut national du pays). Quand aucun organisme visité ne possède le vol, seul l'institut national est mentionné (*IGN, SwissTopo...*).
- *commentaire* : commentaires sur les aérographies consultées.

| Année | Date | Nom de la mission | Echelle | Support | Emulsion | Tableau d'assemblage | | | Couverture | Organisme détenteur | Commentaires |
|-------|-----------------|---|---------------------|---------------|----------|----------------------|--------|--------|---|---------------------|--|
| | | | | | | Dispo. | Format | Repro. | | | |
| 1939 | 23,29/06, 03/07 | IGN F 3630-3631 | 20 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Num. | Oui | Totale | EDYTEM | <i>Enneigement important</i> |
| 1939 | 18/08 | IGN F 3631 | 22 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Num. | Oui | Partielle | EDYTEM | |
| 1939 | 01/06 | IGN F 3531 | 20 000 ^e | Tous supports | P. N&B | Oui | Web | -- | Partielle (E du massif) | IGN | <i>Enneigement important</i> |
| 1948 | -- | IGN F 3631 MONT BLANC | 15 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle (Vallée de ChamoniX, Val Vény) | IGN | <i>Seuls les contacts papier sont disponibles</i> |
| 1948 | -- | MONT BLANC - 1948 | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Gl. De Planpincieux | IRPI | <i>3 photos- obliques</i> |
| 1949 | 04/09 | IGN F 3630-3631 | 26 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale | EDYTEM, LGGE | |
| 1949 | -- | MONT BLANC | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Partielle | DDE 74 | <i>Enneigement important</i> |
| 1949 | 22/07 | CONTAMINES, Ministère de l'Équipement | 4 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle (Val Montjoie) | DDE 74 | <i>Grands tirages papier</i> |
| 1949 | 01 et 04/08 | MONT BLANC, Ministère de l'Équipement | 4 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Partielle (Bionnassay - Les Bossons) | DDE 74 | <i>Grands tirages papier</i> |
| 1952 | 27/07 | IGN F 3631 3630 CHAMONIX MONT BLANC IGN F 3528-3531 | 25 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Num. | Oui | Totale | LGGE, EDYTEM | |
| 1954 | 08 et 09 | IGM | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale | IRPI | |
| 1955 | 16/09 | IGM M. BIANCO | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Val Vény | IRPI | <i>Chute de neige > 1900 m</i> |
| 1958 | 31/07 | IGN FR 120 / 250 | 25 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Num. | Oui | Totale | LGGE | |
| 1959 | 09/09 | IGN FR 166 | 20 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Num. | Oui | Versant Français | EDYTEM | |
| 1960 | 01/09 | CDP 1606 | 6 000 ^e | Tous supports | P. N&B | Oui | Web | -- | Très partielle (Vallée de ChamoniX) | IGN | <i>Couvre seulement la vallée et les fronts des glaciers</i> |
| 1960 | 24/08 | SwissTopo | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Partielle (N du massif) | IGUL | |
| 1961 | 29,30/08 | IGN 3531 / 250 ST GERVAIS | 25 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle (O du massif) | EDYTEM | |
| 1961 | 20/09 | SwissTopo | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Partielle (N du massif) | IGUL | |
| 1965 | 06 ou 07 | RAVA | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Versant italien | IRPI | <i>Centré sur la vallée</i> |
| 1966 | 08/09 | IGN 3531 / 250 ST GERVAIS | 25 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | LGGE | |
| 1967 | 19/08 | IGN FR 1402 / 150 | 15 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | LGGE, IGA | |
| 1967 | 12/10 | IGN F 3630-3631 / 250 CHAMONIX | 25 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale (sauf Orny et Saleina) | LGGE, IGA | <i>Ombres, enneigement important</i> |
| | 11 et 12/10 | IGN F 3531 / 250 ST GERVAIS LES BAINS | | | | | | | | LGGE | |
| 1967 | 08/08 | IGN F 3630 CHAMONIX | | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | LGGE | <i>Pas de photos, seulement le T.A.</i> |
| 1967 | 12/10 | SwissTopo | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Val Ferret | IGUL, IRPI | |
| 1968 | -- | I.G.M. | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Versant italien | IRPI | <i>Grande échelle</i> |
| 1970 | 09/09 | IGN FR 1976 / 200 | 20 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Langues du Tour, Argentière, Mer de Glace | LGGE | |
| 1970 | 15 et 17/09 | IGN F 3630 / 300 CHAMONIX | 30 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale (sauf Orny et Saleina) | LGGE, RTM 74 | |
| | | F 3531 / 300 ST GERVAIS LES BAINS | | | | Oui | Pap. | Oui | | RTM 74, LGGE | |
| 1970 | 17/09 | BRENVIA-MIAGE | -- | diapositive | C | Non | -- | -- | Val Vény | IRPI | <i>Grande échelle</i> |
| 1971 | 17/09 | BRENVIA-MIAGE | -- | diapositive | C | Non | -- | -- | Langue du Miage | IRPI | <i>Grande échelle</i> |

Tableau 1 (partie 1) - Caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc (les plages de couleur soulignent les décennies).

| Année | Date | Nom du vol | Echelle | Support | Emulsion | Tableau d'assemblage | | | Couverture | Organisme détenteur | Commentaire |
|-----------|---------------------------------|--|---|---------------------------------|----------------|----------------------|--------|--------|--|--------------------------|--|
| | | | | | | Dispo. | Format | Repro. | | | |
| 1973 | 11/10 | IGN FR 2473 / 200 | 20 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Langues du Tour, Argentière, Mer de Glace | LGGE | |
| 1974 | -- | IGN FR 2437 / 150 IR ST GERVAIS 3531 | 15 000 ^e | Tous supports | I.R. N&B | -- | -- | -- | Partielle (Vallée de Chamonix, Val Montjoie et les langues glaciaires) | IGN | Petits cumulus sur les hauts sommets |
| | | IGN FR 2437 / 150 IR CHAMONIX 3630 | | Cont. Pap. | | Oui | Pap. | Oui | | RTM 74 | |
| 1974 | 13/09 | RAVA Dora Baltea-Dora Di Veni | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Val Vény | IRPI | |
| 1975 | 30/10 | Ministère de l'Équipement | 15 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Vallée de Chamonix | DDE 74 | Seulement le fond de vallée |
| 1975 | 15/09 | RAVA Dora Baltea-Dora Di Ferret | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Versant italien | IRPI | |
| 1976 | 11/10 | MONT BLANC (LGGE) | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Très partielle | LGGE | Langue Argentière, Vol pour photogrammétrie |
| 1976 | -- | CEMAGREF | -- | Plaque de verre | P. N&B | Non | -- | -- | Partielle | CEMAGREF | Glaciers suivis par le CEMAGREF |
| 1979 | 17 et 18/07 | IGN F 7031 ST GERVAIS | 60 000 ^e | Tous supports | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale | IGN | Enneigement important |
| | | IGN F 7031 CHAMONIX | | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | | LGGE | |
| 1979 | 05/09 | IGN F 3531-3631 / 300 ST GERVAIS | 30 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle (moitié O du massif) | DDE 74, LGGE | |
| 1979 | 05/09 | CEMAGREF | -- | Cont. Pap. & Contretype | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | CEMAGREF | Glaciers suivis par le CEMAGREF |
| 1979 | -- | MONT BLANC (LGGE) | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Argentière | LGGE | Langue Argentière, Vol pour photogrammétrie |
| 1980 | 03 et 04/09 | IGN F 3530-3630 / 300 CLUSES-CHAMONIX | 30 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale | LGGE | |
| 1982 | 22/08 | MISSION SINTEGRA MONT BLANC | -- | Cont. Pap. & Contretype | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | LGGE, CEMAGREF | Glaciers suivis par le CEMAGREF-LGGE |
| 1982 | 18/08/1982 et 26/09/1983 | IGN F 82-83 3531 / 300 ST GERVAIS | 30 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle (O du massif) | LGGE | Pas de photos, seulement le T.A. |
| 1982 | 23/08 | SwissTopo | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | N du massif | IGUL | |
| 1983 | 25/09 | RAVA VALLE D'AOSTA 83 | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Versant italien | IRPI | |
| 1983 | 14/09 | CEMAGREF | -- | Cont. Pap. & Contretype | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Très partielle (Bossons, Pélerins) | CEMAGREF | Mission spéciale / avalanche du tunnel du Mont Blanc |
| 1984 | 30/06 et 09/07 | FR 74 IFN 07-150 P-HRC | 15 000 ^e | Cont. Pap. | IR C | Oui | Num. | Oui | Totale | RTM 74, DDE 74, IFN LYON | Enneigement important |
| 1985 | 07/08 et 21/08 | MISSION SINTEGRA MONT BLANC | -- | Cont. Pap. & Contretype | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | CEMAGREF, LGGE | Glaciers suivis par le CEMAGREF-LGGE |
| 1986 | 09 | BRENVA-MIAGE | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Partielle (Val Vény) | IRPI | Grande échelle |
| 1987 | 21/08 | IGN F 3531 / 300 ST GERVAIS | 30 000 ^e | Tous supports | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle (O du massif) | IGN | |
| 1988 | 26/07 | IGN FD 74 / 300 MONT BLANC 3631 | 30 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale | LGGE | |
| 1988 | 06, 07 et 09/08 | IGM | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale | IRPI | |
| 1988/1989 | -- | TERRAITALY Voli Italia 1988/89 | 75 000 ^e | Tous supports | P. N&B | -- | -- | -- | -- | TERRAITALY | www.Terraitaly.it |
| 1989 | 29/08 | IGN FR 4412 / 150 C | 15 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | RTM 74 | Centré sur la vallée et les fronts glaciaires |
| 1990 | 20/07 | IGN FD 73 | 20 000 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Extrémité SO du massif | IGN | |
| 1990 | 20/08 | IGN FR 8251 | 30 000 ^e | Tous supports | P. N&B | Oui | Web | -- | Vallée des Chapieux | IGN | |
| 1990 | 01/09 | MISSION SINTEGRA MONT BLANC | -- | Cont. Pap. & Contretype | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | CEMAGREF | Glaciers suivis par le CEMAGREF-LGGE |
| 1991 | 09/08, 21/08 et 06/09 | RAVA REG. VALLE D'AOSTA 91 | 20 000 ^e | Cont. Pap. | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Totale | I.R.P.I. | |
| 1993 | 11, 18, 20, 21/08 et 04/09/1994 | IGN FD 74 / 200 CHAMONIX MT BLANC | 20 000 ^e | Cont. Pap. | C | Oui | Num. | Oui | Totale | EDYTEM, DDE 74, RTM 74 | |
| 1993 | 20/10 | SwissTopo TRIENTGLETSCHER | 6 000 ^e | Tous supports | -- | Oui | Web | -- | Langue du glacier du Trient | SwissTopo | |
| 1994 | 06/10 | SwissTopo VAL DE BAGNES-MONTE ROSA | 50 300 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | N du massif | SwissTopo | |
| 1994 | -- | TERRAITALY Voli Italia 1994 | 75 000 ^e | Tous supports | P. N&B | -- | -- | -- | -- | TERRAITALY | www.Terraitaly.it |
| 1995 | 20/07 | IFN IR | -- | Cont. Pap. | IR C | Oui | Pap. | Oui | Totale | R.T.M. 74, I.F.N. LYON | Enneigement important |
| 1995 | 12/10 | MISSION SINTEGRA MONT BLANC | 5 000 ^e à 10 000 ^e | Cont. Pap. & Contretype | P. N&B | Oui | Pap. | Oui | Partielle | CEMAGREF | Glaciers suivis par le CEMAGREF |
| 1995 | 07/10 | SwissTopo | variable | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Partielle (N du massif) | SwissTopo. | |
| 1996 | 03, 31/07, 01, 04 et 18/08 | IGN FD 73 / 250 CHAMONIX MT BLANC | 25 000 ^e | Cont. Pap. | C | Oui | Num. | Oui | Partielle (manque le nord du massif) | LGGE, EDYTEM | |
| 1996 | 22/07 | IGN FR 5161 | 25 000 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Vallée de Chamonix et Aig. Du Gôûter | IGN | |
| 1996 | 16/08 | SwissTopo VAL FERRET I.R. | 10 000 ^e | Tous supports | IR | Oui | Web | -- | Val Ferret suisse | SwissTopo. | |
| 1997 | 31/08 | RAVA 97 | -- | Cont. pap. | C | Non | -- | -- | Versant italien | IRPI | |
| 1997 | 27/01 | MONTE BIANCO | 15-20 000 ^e | Cont. Pap. | C | Oui | Pap. | Oui | Partielle (Val Vény) | IRPI | 9 jours après l'éroulement de l'éperon de la Brenva |
| 1997 | 10/02 | SwissTopo GHACCIAIO DELLA BRENVA | 9 300 ^e et 12 000 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Glacier de la Brenva | SwissTopo. | |
| 1998 | 31/08 | MISSION LGGE | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Partielle | LGGE | |
| 1998 | 31/08 | SwissTopo SALEINA-DOLENT | 12 600 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Val Ferret suisse | SwissTopo. | |
| 1998/1999 | -- | TERRAITALY Volo « H2000 » | 40 000 ^e | Tous supports | C | -- | -- | -- | -- | TERRAITALY | www.Terraitaly.it |
| 1999 | 02/09 | SwissTopo | variable | Tous supports | C | Oui | Web | -- | N du massif | SwissTopo | |
| 1999 | 06/09 | Orthophoto MIVIS VALLE D'AOSTA | Résol. 5m | Dalles numériques (format ENVI) | Multi spectral | Oui | Pap. | Oui | Partielle (Versant italien) | Universitat Torino | |

Tableau 1 (partie 2) - Caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc (les plages de couleur soulignent les décennies).

| Année | Date | Nom du vol | Echelle | Support | Emulsion | Tableau d'assemblage | | | Couverture | Organisme détenteur | Commentaire |
|-------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------|-------|--|---------------------------|---------------------|
| | | | | | | Dispo | Format | Repro | | | |
| 2000 | 27/06, 31/07, 01, 10, 11 et 16/08 | IGN FD 01-74 | 25 000 ^e | Cont. Pap. | C | Oui | Num. | Oui | Totale | EDYTEM | |
| 2000 | 11/08 | SwissTopo COURMAYEUR-F | 63 000 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Val Montjoie | SwissTopo. | |
| 2000 | 05/09 | SwissTopo GLACIER DE SALEINA-DOLENT | 12 400 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Val Ferret | SwissTopo. | |
| 2000 | 24/08 | Scène SPOT 4 HRVIR | Résol. 20 m | CD-ROM | Multi spectral | -- | -- | -- | Centre de la scène : N 045°52'14" E 007°20'20" | LISTIC | Scène de 60x60 km |
| 2000 | 29/08 | Scène SPOT 4 HRVIR | Résol. 20 m | CD-ROM | Multi spectral | -- | -- | -- | Centre de la scène : N 045°55'23" E 006°40'33" | LISTIC | Scène de 60x60 km |
| 2000 | 24/09 | Scène SPOT 4 HRVIR | Résol. 20 m | CD-ROM | Multi spectral | -- | -- | -- | Centre de la scène : N 045°52'15" E 007°13'37" | LISTIC | Scène de 60x60 km |
| 2001 | 01,12 et 13/08 | IGN FD 73 B C | 25 000 ^e | Tous supports | C | Oui | Num. | Oui | Partielle (manque le nord du massif) | IGN | |
| 2001 | 01,12 et 13/08 | ORTHO PHOTO 74 | 25 000 ^e | Dalles numériques | C | Oui | Pap. | Oui | Versant français | LISTIC, RGD 73-74 | |
| 2001 | variable | SwissTopo | variable | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Totale | SwissTopo. | |
| 2003 | 11/07 | SwissTopo A NEUVE, I.R. | 5 000 ^e | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Glacier de l'A Neuve | SwissTopo. | |
| 2003 | 20/09 | GHIACCIAI VALLE D'AOSTA | 20 000 ^e | Cont. Pap. | C | Oui | Pap. | Oui | Versant italien | IRPI | |
| 2004 | 26, 29, 30/06 et 18/07 | IGN FD 74 | 20 000 ^e | Tous formats | C | Oui | Num. | Oui | Totale | IGN | |
| 2004 | 26, 29, 30/06, 04 et 18/07 | ORTHO PHOTO 74 | 20 000 ^e | Dalles numériques | C | Oui | Pap. | Oui | Versant français | DDE 74, LISTIC, RGD 73-74 | DDE : format ecw |
| 2004 | 01/08 | Scène SPOT 5 HRG | Résol. 5 et 10 m | CD-ROM | P et Multi spectral | -- | -- | -- | Centre de la scène : N 045°52'22" E 007°12'37" | LISTIC | Scène de 60x60 km |
| 2005 | 08 et 09 | SwissTopo SWISSIMAGE 2005 | variable | Tous supports | C | Oui | Web | -- | N du massif | SwissTopo. | |
| 2005 | 09/08 | Scène SPOT 5 HRG | Résol. 5 et 10 m | CD-ROM | P et Multi spectral | -- | -- | -- | Centre de la scène : N 046°04'54" E 006°37'04" | LISTIC | Scène de 60x60 km |
| 2006 | 23, 31/08, 01, 05 et 20/09 | IGN FD 73 | Résol. 68 cm | Cont. Pap. | Numérique | Oui | Num. | Oui | Partielle (manque le nord du massif) | EDYTEM | |
| 2007 | 16/09 | MISSION LGGE | -- | Cont. Pap. | P. N&B | Non | -- | -- | Totale | LGGE | |
| 2007 | 21/09 | SwissTopo | variable | Tous supports | C | Oui | Web | -- | Val Ferret | SwissTopo. | |
| 2008 | -- | ORTHO PHOTO 74 | Résol. 20 cm | Dalles numériques | Numérique | Oui | -- | -- | Versant français | RGD 73-74 | Sortie courant 2009 |

Tableau 1 (partie 3) - Caractéristiques de tous les vols inventoriés à ce jour et qui couvrent tout ou partie du massif du Mont Blanc (les plages de couleur soulignent les décennies).

Au total, près de 5000 clichés appartenant à 92 missions qui couvrent le massif du Mont Blanc ont été recensés auprès de plus d'une douzaine d'organismes. Depuis le début des survols à la fin des années 1930, le massif est couvert en totalité au moins une fois par décennie par une même mission. Mais le très grand nombre de vols partiels et leur complémentarité aboutissent à une couverture à haute résolution temporelle de la plupart des secteurs depuis les années 1950 (tous les 2-3 ans environ, voire moins dans la

période récente). Les missions aériennes sont dans la très grande majorité effectuées pendant l'été, ce qui garantit une lisibilité optimale dans les secteurs de haute montagne (ombres réduites, déneigement). Les aérophotographies de qualité médiocre (pour l'étude des milieux glaciaires et périglaciaires) mentionnées dans les tableaux précédents appartiennent donc aux vols effectués tôt (enneigement tardif) ou tard dans la saison (chute de neige précoce, ombres portées importantes).

CONCLUSION

Cet inventaire des aérophotographies du massif du Mont Blanc est quasi exhaustif pour les données françaises et italiennes – les recherches du côté suisse n'ayant pu encore être menées à terme, faute de temps et d'un accès aisé aux informations. Les données présentées font le point sur la ressource disponible dans les organismes et services administratifs situés dans les Alpes occidentales, pour en faciliter l'accès dans le cadre de recherches futures – l'utilisation de ces données étant généralement possible gratuitement (à l'exception des instituts géographiques nationaux) en établissant un partenariat avec ces structures. Si un plus grand nombre d'images (notamment satellitaires) est disponible sur le marché, leur coût d'acquisition s'avère très élevé.

Par ailleurs, l'utilisation des aérophotographies permet de remonter le temps très antérieurement à la période couverte par les images satellitaires, avec des résolutions le plus souvent supérieures, ce qui explique que les études de l'évolution de la dynamique des versants ou de la cryosphère y aient régulièrement recours.

La base de données constituée reste embryonnaire, avec quelques centaines de clichés rentrés à ce jour sur près de 5000 identifiés. Une réflexion est en cours sur une base de données interactive couplée à un SIG, qui permettrait d'identifier l'emprise des aérophotographies et de faire des requêtes spatiales.

Remerciements

Nous adressons nos remerciements aux responsables des fonds orthophotographiques consultés pour leur aide et leur accueil.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREASSEN L.M., ELVEHØY H., KJØLLMOEN B., 2002. Using aerial photography to study glacier change in Norway. *Annals of Glaciology*, 34, 1, 343-348.
- BAMBER J.L., RIVERA A., 2007. A review of remote sensing methods for glacier mass-balance determination. *Global and Planetary Change*, 59, 138-148.
- BERTHIER E., 2008. Recul des glaciers de montagne : que nous apprennent les satellites ? *La Météorologie*, 63, 32-39
- BERTHIER E., ARNAUD Y., BARATOUX D., VINCENT C., RÉMY F., 2004. Recent rapid thinning of the 'Mer de glace' glacier derived from satellite optical images. *Geophysical Research Letters*, 31, 17, L17401.
- BERTHIER E., ARNAUD Y., KUMAR R., AHMAD S., WAGNON P., CHEVALLIER P., 2007. Remote sensing estimates of glacier mass balances in the Himachal Pradesh (Western Himalaya, India). *Remote sensing of Environment*, 108, 327-338.
- BOUREAU J.G., 2008. Manuel d'interprétation des photographies aériennes infrarouges, Application aux milieux forestiers et naturels. IFN, 268 p.
- BURNET R., MURAT R., 1985. Surveillance des glaciers par photogrammétrie aérienne. CEMAGREF, division nivologie, Grenoble, 6 p.
- DEROIN J.P., CONDOM T., 2007. Retrait séculaire des glaciers locaux de montagne : un exemple dans les Alpes occidentales françaises. *Comptes Rendus Géoscience*, 339, 449-459.
- CHOROWICZ J., DEROIN J.P., 2003. La télédétection et la cartographie géomorphologique et géologique. Gordon Breach, 142 p.
- GAGNON F., 1999. L'interprétation des photographies aériennes, Méthodes et applications. CCDMD, 210 p.
- GIARDINO, M., MORTARA G., BONETTO, F., 2001. Proposta per la realizzazione di un catalogo aerofotografico dei ghiacciai italiani. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, Supplemento*, 5, 89-98.
- IGN, Photothèque Nationale : <http://www.ign.fr/institut/documentArticle.do?idDoc=5289840&indexRoot=2&indexChild=7¤tRootSearch=&indexChildSearch=>
- JOBARD S., 2005. Les glaciers du Haut Arc (Savoie) : caractérisation et impacts de la décrue post-Petit Âge Glaciaire. Thèse de doctorat, Université de Savoie, Chambéry, 270 p.
- KÄÄB A., 2002. Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57, 1-2, 39-52.
- KAUFMANN V., LADSTÄDTER R., 2002. Monitoring of active rock glaciers by means of digital photogrammetry. Proceedings of the ISPRS Commission III Symposium "Photogrammetric Computer Vision", September 9-13, 2002, Graz, Austria, *IAPRS*, 34, 3B, 108-111.
- LAMBIEL C., DELALOYE R., STROZZI T., LUGON R., RAETZO H., 2008. ERS InSAR for assessing rock glacier activity. In Kane D.L., Hinkel K.M. (éd.), *Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost 2008*, Institute of Northern Engineering – University of Alaska Fairbanks, 1019-1025.
- MAZUÉ R., DELINE P., KIRKBRIDE M., 2009. Suivi de l'évolution de la couverture détritique d'un glacier noir par photo-comparaison : le glacier d'Estelette (Massif du Mont Blanc). *Collection EDYTEM*, 8, *Cahiers de Géographie*, ce numéro.
- PATZELT G. 1980. The Austrian glacier inventory: status and first results. *Proceedings of the Riederalp workshop, September 1978. IAHS-AISH*, 126, 181-183.
- PAUL F., KÄÄB A., HAEBERLI W., 2007. Recent glacier changes in the Alps observed by satellite: Consequences for future monitoring strategies. *Global and Planetary Change*, 56, 111-122.
- RABATEL A., DEDIEU J.P., THIBERT E., LETRÉGUILLY A., VINCENT C., 2008. 25 years of equilibrium-line altitude and mass-balance reconstruction on Glacier Blanc, French Alps, using remote-sensing methods and meteorological data. *Journal of Glaciology*, 54, 185, 307-314.
- RABATEL A., 2009. Evolution glaciaire dans les Andes subtropicales chiliennes entre 1955 et 2007 reconstruite par télédétection (photographies aériennes et images Ikonos). Conséquences pour la ressource en eau. *Collection EDYTEM*, 8, *Cahiers de Géographie*, ce numéro.
- RACOVITEANU A.E., WILLIAMS M.W., BARRY R.G., 2008. Optical remote sensing of glacier characteristics: a review with focus on the Himalaya. *Sensors*, 8, 3355-3383.
- RAUP B., RACOVITEANU A., KHALSA S.J.S., HELM C., ARMSTRONG R., ARNAUD Y., 2007. The GLIMS geospatial database: A new tool for studying glacier change. *Global and Planetary Change*, 56, 101-110.
- RIGNOT E., RIVERA A., CASASSA G., 2003. Contribution of the Patagonia icefields of South America to sea level rise. *Science*, 302, 434-437.
- SCHIEFER E., GILBERT R., 2007. Reconstructing morphometric change in a proglacial landscape using historical aerial photography and automated DEM generation. *Geomorphology*, 88, 167-178.
- THIBERT E., FAURE J., VINCENT C., 2005. Bilans de masse du glacier Blanc entre 1952, 1981 et 2002 obtenus par modèles numériques de terrain. *La Houille Blanche*, 2, 72-78.
- THIBERT E., 2007. Inventaire des photographies aériennes du CEMAGREF. Document interne, 2 p.
- TROUVÉ E., VASILE G., GAY M., BOMBRUN L., GRUSSENMEYER P., LANDES T., NICOLAS J.M., BOLON P., PETILLOT I., JULEA A., VALET L., CHANUSSOT J., KOEHL M., 2007. Combining airborne photographs and spaceborne SAR data to monitor temperate glaciers : potentials and limits. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45, 4, 905-924.
- VEYRAT-CHARVILLON S., 2005. Elaboration d'une méthode de prédiction du volume maximal d'une lave torrentielle. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 354 p.
- VINCENT C., REYNAUD L., 1991. Les variations d'épaisseur du glacier d'Argentière mesurées par photogrammétrie. *Photo-Interprétation*, 30, 2, 65-68.
- VINCENT C., VALLON M., REYNAUD L., LE MEUR E., 2000. Dynamic behaviour analysis of Glacier de Saint Sorlin, from 40 years of observations 1957-1997. *Journal of Glaciology*, 46, 499-506.
- VIVIAN R., 1975. Les glaciers des Alpes Occidentales. Allier, Grenoble, 516 p.

NEIGE et GLACE de MONTAGNE

Reconstitution, dynamique, pratiques

Sommaire

Editorial
Introduction

1 - Reconstitution

- Coutterand S. *et al.* - Le lobe glaciaire lyonnais au maximum würmien : glacier du Rhône ou/et glaciers savoyards ?
- Ravel L. *et al.* - Désenglacement du haut bassin versant du Vorz (massif de Belledonne, Isère), au Tardiglaciaire et à l'Holocène.
- Rey P.-J. - Sociétés et fluctuations du climat dans les Alpes nord-occidentales au Néolithique moyen.
- Le Roy *et al.* - Étude des fluctuations glaciaires du Petit Âge de Glace dans le Massif des Écrins : apports de la lichénométrie.
- Kirkbride M.P. - Datation des moraines holocènes d'Islande par tephrochronologie : un état de l'art.
- Le Roy *et al.* - La dendroglaciologie, ou l'apport de l'étude des cernes d'arbres pour la reconstitution des fluctuations glaciaires holocènes.
- Rabatel A. - Évolution glaciaire dans les andes subtropicales chiliennes entre 1955 et 2007 : conséquences pour la ressource en eau.
- Le Roy *et al.* - Un inventaire des aérographies du massif du Mont Blanc.

2 - Dynamique

- Ravel L. - Évolution géomorphologique de la haute montagne alpine dans le contexte actuel de réchauffement climatique.
- Gruber S. - Le permafrost de haute montagne.
- Deline P. *et al.* - L'Aiguille du Midi (massif du Mont Blanc) : un site remarquable pour l'étude du permafrost des parois d'altitude.
- Saulnier G.-M. *et al.* - Un éléphant volant est-il un oiseau ? Perspectives pour l'observation hydrométéorologique des milieux de montagne.
- Jobard S. - L'instrumentation du glacier du Baounet : quels apports pour la traçabilité des mesures environnementales ?
- Moreau L. - L'exploration du cryokarst glaciaire et son intérêt scientifique pour l'étude du drainage des eaux de fonte.
- Mazué R. *et al.* - Suivi de l'évolution de la couverture detritique d'un glacier noir par photo-comparaison : le glacier d'Estelette.

3 - Pratiques

- Paccard P. - Réchauffement climatique et ressource neige en domaines skiables.
- Gauchon C. - Les hivers sans neige et l'économie des sports d'hiver : un phénomène récurrent, une problématique toujours renouvelée.
- Laslaz L. - L'exclusion des glaciers des zones centrales des Parcs nationaux de la Vanoise et des Écrins et leur équipement pour le ski d'été.
- Cayla N. - Les sentiers d'interprétation glaciaire : des outils de valorisation différenciée des glaciers et de leur territoire.
- Lambert R. - Cartozonage : de la carte au zonage du risque avalanche.
- Moulin A. *et al.* - L'incertitude liée aux avalanches dans les Alpes du Nord : identifications et implications pour la gestion.

La «Collection Edytem»
a pour objet de mettre en avant
l'apport de la géographie, de la géologie
et des sciences de l'environnement
dans l'étude des milieux et territoires
de montagne.

Déclinée en «numéros thématiques», elle
met en avant les travaux réalisés au sein
du laboratoire Edytem et les résultats
de ses programmes et actions
de recherche.



Prix - 15 euros

ISBN 978-2-918435-00-6

