

LA PHOTOTOPOGRAPHIE TERRESTRE EN FRANCE : UNE TECHNIQUE DE TRANSITION¹

Par Nicolas GUILHOT
professeur vacataire à l'INSA de Lyon
nicolas.guilhot@laposte.net

INTRODUCTION

Le 19 août 1839, quand François Arago présenta à l'Académie des sciences la technique photographique développée par Niépce et Daguerre, il envisageait déjà « les moyens rapides d'investigation que le topographe [pourrait] emprunter à la photographie² ». Sa remarque ne procédait pas d'une intuition géniale, mais de la simple analogie avec les relevés architecturaux exécutés à la chambre noire. Ce dispositif ancien, dont la photographie constituait d'ailleurs un développement par application des propriétés chimiques de certaines matières photosensibles, fut utilisé dès 1845 par le commandant Aimé Laussedat³ (1819-1907) pour déterminer la position et l'altitude

de points du paysage à partir de croquis panoramiques. En adoptant la chambre photographique pour le levé de l'église Santa Maria delle Grazie à Milan en 1850, Laussedat fonda la discipline consacrée à la mesure indirecte à partir de photographies, connue aujourd'hui sous le nom de photogrammétrie (voir encadré). Les applications topographiques furent expérimentées dès les années 1860, mais elles restèrent toujours limitées en France, jusqu'à l'essor de la photographie aérienne pendant la première Guerre mondiale. Éclipsée par la généralisation des levés aériens, qui demeurent aujourd'hui encore la principale méthode de levé topographique, la phototopographie terrestre constitua pourtant une étape essentielle dans l'industrialisation de la pratique topographique.

Métrophotographie, photogrammétrie, phototopographie : la polémique lexicale

En France, la méthode de mesure indirecte par photographies était désignée soit par le terme de métrophotographie inventé par Laussedat, soit par le terme de photogrammétrie. Le nationalisme scientifique français s'opposa durablement à ce dernier terme, traduit de l'allemand, même si certains virent dans sa racine latine plutôt que germanique un hommage à Laussedat⁴. Adopté lors de la création de la Société internationale de photogrammétrie en 1913, le terme fut encore rejeté par la section française de cette organisation, fondée au sein de la Société française de photographie sous le nom de Section Laussedat. Finalement, il ne s'imposa en France qu'au milieu du 20^e siècle : l'influent géographe Emmanuel de Martonne ne commença par exemple à l'employer qu'en 1948 dans sa *Géographie aérienne*⁵ et en 1951 dans la neuvième édition de son classique *Traité de géographie physique*⁶.

Pour désigner les applications topographiques de la photogrammétrie, la plupart des auteurs contournèrent longtemps le problème lexical en privilégiant des expressions générales comme « levés photographiques ». Laussedat lui-même parlait souvent de la « méthode des perspectives photographiques », sans doute par référence aux méthodes perspectives traditionnelles de la topographie. Il utilisa parfois le terme de phototopographie, adopté en Italie et aux États-Unis et repris par les topographes alpins sous l'influence d'Henri Vallot, parce qu'il donnait plus d'importance au but (la topographie) qu'au moyen (la photographie). Lorsque le Service géographique de l'armée adopta cette méthode en 1911, il privilégia un terme construit sur le même schéma : stéréotopographie⁷, pour désigner les applications topographiques de la photographie stéréoscopique. Sur les feuilles des cartes de France, le terme générique de photogrammétrie n'apparut qu'au cours des années soixante-dix : ce changement de vocabulaire peut être rapproché du changement de système technique alors en cours, marqué par le passage des plaques aux films photographiques qui nécessita l'adoption de nouveaux instruments de prise de vue et de restitution.

¹ Cet article constitue, pour l'essentiel, un résumé d'éléments issus de la 3e partie de la thèse de l'auteur : *Histoire d'une parenthèse cartographique : les Alpes du nord dans la cartographie topographique française aux 19^e et 20^e siècles*, thèse de doctorat, Univ. Lyon 2, 2005, 1148 p., disponible en ligne sur : http://demeter.univ-lyon2.fr:8080/sdx/theses/notice.xsp?id=lyon2.2005.guilhot_n-principal&id_doc=lyon2.2005.guilhot_n&base=documents&dn=1

² Arago François, « Le daguerréotype », *Compte rendu des séances de l'Académie des sciences*, 1839, p. 265.

³ Laussedat devint colonel du Génie en 1874.

⁴ Legros Commandant, *Éléments de photogrammétrie. Applications élémentaires de la photographie à l'architecture, à la topographie, aux observations scientifiques et aux opérations militaires*, Paris, Société d'étude scientifique, 1891, p. 3.

⁵ Martonne Emmanuel de, *Géographie aérienne*, Paris, Albin Michel, 1948, 243 p.

⁶ Martonne Emmanuel de, *Traité de géographie physique*. 9e édition, Paris, Armand Colin, 1951, 3 vol.

⁷ Vallot Henri, Vallot Joseph, *Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*, Paris, Gauthiers-Villars, 1907, p. XIII.

LE DÉVELOPPEMENT LIMITÉ DE LA MÉTHODE LAUSSEDAT

Les travaux de Laussedat et Javary

La méthode mise au point par Laussedat pour les levés architecturaux à la chambre photographique ne commença vraiment d'être appliquée à la topographie qu'en 1863, quand le commandant en confia l'expérimentation au capitaine Javary, chef des travaux graphiques à l'École polytechnique, dans le cadre des levés de places fortes du Dépôt des fortifications. Après plusieurs essais souvent inachevés qui permirent de formaliser la méthode, Javary dressa en 1864 un plan de Grenoble au 1 : 5 000, généralement considéré comme le premier véritable levé photographique en raison de son degré d'achèvement et de la superficie couverte (environ 20 km²). Le travail photographique de terrain ne dura que soixante heures ; mais il fallut presque deux mois au bureau pour restituer les clichés, c'est-à-dire déterminer et reporter sur le plan la position des six cents points identifiés sur vingt-neuf épreuves.

Laussedat et Javary décrivent la méthode employée dans leurs rapports au Dépôt des fortifications. Elle était fondée sur le principe qu'une photographie est une perspective conique : la position de la prise de vue étant connue, les lois de la perspective permettaient de déterminer l'orientation de tous les points du cliché par rapport au centre optique de l'objectif (qui était le point de fuite des perspectives). Si un élément se trouvait sur plusieurs clichés, sa position était déterminée par le recoupement des droites représentant ces orientations sur le plan, comme dans la méthode classique des intersections graphiques. L'altitude était calculée à partir de l'altitude de la station photographique, de l'inclinaison de l'axe optique, et de la mesure, sur le plan en cours de construction, de la distance entre la station et le point à déterminer. Convaincu du potentiel de sa méthode, Laussedat n'en proposa pourtant que tardivement un exposé systématique, après quelques livres concis¹¹, dans ses *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique* (1893-1903)¹².

Simple sur le plan théorique, la méthode Laussedat s'avérait plus complexe sur le plan pratique. La qualité des techniques photographiques disponibles et la nécessité de recouper les clichés exigeaient une extrême rigueur dans les prises de vue. En 1863, la restitution du plan de la position militaire de Culoz avait dû être ainsi abandonnée à cause d'épreuves ratées. Laussedat mis au point un instrument spécial : le photothéodo-

lite, qui permettait de prendre les clichés et d'effectuer les mesures nécessaires à leur restitution, mais lourd et long à mettre en place, il ne fut utilisé que brièvement, en 1865 et 1866, par Javary, qui revint ensuite à un goniomètre et à une chambre photographique ordinaires. Au bureau, la restitution des clichés exigeait des opérateurs compétents, connaissant suffisamment le terrain pour identifier les points sur les photographies. La méthode était artisanale : chaque cliché demandait un traitement particulier, suivi de nombreux calculs, puis de constructions graphiques complexes pour reporter sur le plan les points déterminés. Laussedat assurait que dans les expérimentations du 1 : 1 000 au 1 : 20 000, « le temps économisé [sur le terrain] était considérable, comparé à celui qu'exigeaient les anciennes méthodes », mais les opérations de bureau étaient très longues et minutieuses : cette complexité influença profondément l'accueil fait à la nouvelle méthode.

Le rejet officiel de la méthode Laussedat en France

Si Laussedat et Javary garantissaient la polyvalence de leur méthode, ils n'envisageaient sa généralisation que pour les cas où il était avantageux d'allonger le travail de bureau pour réduire les opérations de terrain (plans de fortification, levés en région accidentée ou au cours d'un conflit). Pour cette raison, elle fut surtout adoptée dans des pays au relief difficile : en Italie avec Porro en 1863 ; au Canada avec J.J. McArthur en 1888 ; ou en Suisse avec Rothlisberger, Helbling et Wild en 1892. Mais en France, son expérimentation fut rapidement abandonnée : la Brigade d'études photographiques, créée sous la direction de Javary en 1865, fut dissoute en 1871 et jamais remplacée.

Officiellement, ce rejet était motivé par des considérations de précision : à cause de l'influence des conditions de prise de vue et des erreurs potentielles dans les constructions graphiques de la restitution, le service cartographique officiel jugeait que les levés photographiques ne pouvaient atteindre la précision des levés directs et que « l'emploi de la photographie [ne devait être regardé] que comme une aide utilisable à l'occasion, et non comme un moyen appelé à remplacer les méthodes régulières¹⁴ ». Mais ce recours à l'argument classique de la précision ne reposait sur aucune comparaison systématique. En fait, la véritable raison de ce rejet tenait probablement plus aux conditions d'utilisation de la méthode Laussedat qu'à la qualité de ses résultats. Le principal obstacle au développement des levés photographiques fut la généralisation des levés

⁸ Javary Capitaine, « Lever photographique de Grenoble construit et nivelé par le capitaine Javary au moyen de perspectives, selon la méthode de M. le commandant Laussedat », Paris, 1864, dessin minute en couleur, échelle 1 : 5 000, 103 x 138 cm. Service historique de l'Armée de terre (SHAT), Dépôt des fortifications, article 21, section 13, paragraphe 2, carton 3, n°1. Dans les notes suivantes, ce carton est seulement désigné par les initiales SHAT.

⁹ Lettre de Laussedat au général de division Charron, président du Comité des fortifications, datée du 29 novembre 1864. SHAT, n°1.

¹⁰ SHAT, n°s 1 et 2.

¹¹ Notamment : Laussedat Colonel Aimé, *La métrophotographie*. Edition révisée [1ère édition 1889], Paris, Gauthier-Villars, 1899, 52 p. ; et : Laussedat Colonel Aimé, *Les applications de la perspective au lever des plans, vues dessinées à la chambre claire, photographies...* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1893.

¹² Laussedat Colonel Aimé, *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique*, Paris, Gauthier-Villars, 1898-1903, 3 vol.

¹³ Laussedat Colonel Aimé, *La métrophotographie*, op. cit.

¹⁴ Berthaut Colonel Henri-Marie-Auguste, *La carte de France, 1750-1898 : étude historique*, t.2, Paris, Impr. du Service géographique, 1898, p. 321.

de précision aux 1 : 10 000 et 1 : 20 000 à partir de 1875. Afin de garantir une certaine uniformité à ces levés devenus réguliers, le capitaine de La Noë et le colonel Goulier fondèrent la méthode employée sur la mesure systématique du terrain à l'aide de nouveaux instruments (règle à éclimètre, alidade holo-métrique, tachéomètre). Alors que la méthode Laussedat restait encore artisanale parce qu'elle reposait sur la qualité des opérateurs, cette instrumentation de la méthode des levés de précision, jugée presque mécanique¹⁵, permettait l'emploi d'opérateurs moins compétents – le service cartographique souffrant d'une carence régulière dans ce domaine depuis la suppression du corps des ingénieurs géographes en 1830¹⁶.

L'ADOPTION DE LA MÉTHODE LAUSSEDAT PAR LES TOPOGRAPHES-ALPINISTES

La simplification graphique d'Henri Vallot

En France, la méthode Laussedat ne fut véritablement utilisée que par les topographes-alpinistes qui, à la suite des travaux commencés par Franz Schrader dans les Pyrénées en 1869, développèrent une cartographie indépendante, alternative aux cartes officielles qu'ils jugeaient imprécises, erronées et inexplicables. Pour lever les régions de haute montagne, Schrader avait conçu un instrument permettant de tracer des tours d'horizon suffisamment précis pour déterminer au bureau la position des éléments topographiques : l'orographe. Quand les cousins Henri et Joseph Vallot décidèrent en 1890 de dresser une nouvelle carte du massif du Mont Blanc à l'échelle inédite du 1 : 20 000, ils se proposèrent de lever « les parties les moins accessibles [...] à l'aide de l'orographe Schrader, ainsi que par les procédés photographiques imaginés par le colonel Laussedat, dans les régions où cette méthode [paraît] avantageuse¹⁷ ». L'orographe s'étant révélé inadapté aux visées lointaines à grande échelle, ils adoptèrent définitivement les procédés photographiques en 1894.

S'ils justifèrent toujours leur choix par des arguments de rapidité et de précision qui s'expliquaient autant par l'ambition scientifique de leur projet que par leur vif désir de participer au progrès technique, l'analyse détaillée de leur publication montre clairement qu'ils adoptèrent la méthode Laussedat par défaut, alors qu'il la connaissait encore mal, après avoir jugé toutes les autres méthodes insuffisamment précises. Dans ce choix rapide et définitif, l'ambition intellectuelle d'originalité jusque dans la méthode employée joua un rôle important, mais le facteur déterminant fut certainement le perfectionnisme dictatorial d'Henri Vallot. En concentrant au bureau l'essentiel des compétences nécessaires à la représentation topographique, la méthode Laussedat lui permit en effet de déléguer les opérations de terrain, y compris à son

cousin Joseph, sans altérer la qualité des travaux. Elle l'autorisa aussi à optimiser les courtes campagnes d'été (quatre mois avec des conditions météorologiques très favorables) et à diriger seul les travaux de restitution pendant le reste de l'année¹⁸.

La précision et la rapidité des procédés photographiques ne se vérifièrent qu'après une longue adaptation de la méthode Laussedat qui aboutit à la publication en 1907 d'un manuel sur les Applications de la photographie aux levés topographiques en haute montagne¹⁹. Après avoir mis au point en 1894 un instrument adapté aux prises de vue en montagne (le phototachéomètre), Henri Vallot avait en effet procédé à une simplification graphique de la restitution, dans laquelle toutes les opérations étaient effectuées par des mesures (sur les clichés ou sur le plan) et des constructions graphiques, à l'exception des calculs d'altitude et de mise à l'échelle. Plus encore que dans la méthode Laussedat, les résultats dépendaient de la compétence du restituteur : la détermination de chaque point demandait de nombreuses mesures à la loupe, une grande précision dans les constructions, ainsi qu'une bonne connaissance du terrain. Henri Vallot perfectionna continuellement sa méthode : en 1923, son fils Charles affirmait qu'ils avaient « exigé du procédé photogramétrique beaucoup plus qu'il ne lui avait été primitivement demandé²⁰ » ; pour la carte du massif du Mont Blanc, ils restituaient une moyenne de 75 à 100 points par kilomètre carré pour le tracé des courbes, et de 120 à 150 points pour le dessin du rocher – alors que Javary n'avait restitué que 30 points par kilomètre carré pour son plan de Grenoble. Parallèlement, Henri Vallot exposa une version encore simplifiée de sa méthode graphique pour les travaux moins ambitieux des autres topographes-alpinistes. A partir de tours d'horizon rapides effectués avec des instruments simples (chambre photographique ordinaire, règle à éclimètre), cette méthode leur permettait d'obtenir des résultats d'une précision satisfaisante pour des zones que ne représentaient encore aucune carte à grande échelle.

Les travaux des topographes-alpinistes

Henri Vallot diffusa ce qui fut appelé la méthode Laussedat-Vallot au sein de la Commission de topographie du Club alpin français, créée en 1903 sur une idée du polytechnicien Paul Helbronner²¹. En imposant ses méthodes de travail par un véritable prosélytisme technique, soutenu par les quatre évangiles qu'étaient ses manuels pratiques²², Vallot participa à une certaine professionnalisation des topographes-alpinistes. Prédicateur enthousiaste, il affirmait en 1906 que « le topographe-alpiniste [disposait] des procédés photographiques, qui lui [étaient] familiers, qu'il [avait] constamment à sa disposition et auxquels il [avait] recours le plus volontiers, parce qu'il s'en

¹⁶ Ibid., p. 326.

¹⁷ Les levés de précision étaient également perçus comme un bon entraînement topographique pour les officiers : même après la généralisation des levés aériens dans les années trente, le SGA continua de réunir des brigades d'instruction utilisant cette méthode.

¹⁸ Vallot Henri, Vallot Joseph, « Note sur la carte du massif du Mont Blanc à l'échelle du 20 000e et étude des Aiguilles-Rouges », *Annuaire du Club alpin français*, 1892, 19, p. 10-11.

¹⁹ Vallot Henri, « Troisième note sur la carte au 20 000e du massif du Mont Blanc », *Annuaire du Club alpin français*, 1903, 30, p. 385-386.

²⁰ Vallot Henri, Vallot Joseph, *Applications de la photographie...* op. cit.

²¹ Vallot Charles, « Quatrième note sur la carte au 20 000e du massif du Mont Blanc », *Revue alpine*, 1er trimestre 1923, 24, 1, p. 13.

²² Vallot Henri, *Manuel de topographie alpine*, Paris, Barrère, 1904, 172 p. ; Vallot Henri, *Instructions pratiques pour l'exécution des triangulations*

[servait] aisément et presque sans dépense supplémentaire, ni éducation préalable²³». Cependant, non seulement une « éducation préalable » semblait plus que nécessaire au vu de la production littéraire d'Henri Vallot, mais encore l'analyse des procès-verbaux de la première Commission de topographie (1903-1914) montre que sa méthode ne fut utilisée – même ponctuellement – que pour la moitié des travaux des membres. Surtout, seules les œuvres les plus ambitieuses en exploitèrent toutes les possibilités : la carte des Aiguilles de l'Argentière – Massif des Sept-Laux de Robert Du Verger (1911), la Carte du massif de la Chartreuse de Charles

Buisson (1919, 5 feuilles), la Carte de la vallée de Sales et du cirque des Fonts de Robert Perret (1922), et la Carte du massif du Mont Blanc des Vallot (1925-1935, 16 feuilles) – toutes au 1 : 20 000. Occultées par ces dernières, les cartes-croquis et les schémas topographiques des autres membres étaient le plus souvent dressés avec la forme la plus simple de la méthode Laussedat-Vallot : des tours d'horizon photographiques, souvent sans restitution. Plus généralement, cette méthode ne fut presque pas employée en dehors de la commission, qui réunissait, il est vrai, la majorité des topographes indépendants.



Détail de la feuille Argentières (1928) de la carte du massif du Mont Blanc au 1 : 20 000 d'Henri, Joseph et Charles Vallot.

MÉCANISATION DE LA RESTITUTION ET DÉVELOPPEMENT DES LEVÉS PHOTOGRAPHIQUES

La stéréotopographie : un prolongement de l'instrumentation des procédés topographiques

Dans les services officiels, les principaux obstacles au développement des levés photographiques étaient la complexité de la restitution et la nécessaire compétence des opérateurs. Depuis la fin du 17^e siècle, l'évolution de la cartographie avait

été dominée par l'importance croissante de la mesure instrumentale du terrain par rapport à son interprétation topographique. Pour les levés de précision, le colonel Goulier avait d'ailleurs inventé le terme de topométrie pour « désigner l'ensemble des opérations de mesure qui se rencontrent dans tout levé », par opposition à la topologie. Les levés²⁴ photographiques s'inscrivaient dans ce mouvement de formalisation de la topographie à grande échelle par le relevé instrumental et systématique du terrain, mais la restitution des clichés restait trop artisanale.

complémentaires en haute montagne, Paris, G. Steinheil, 1904, 132 p. ; Vallot Henri, Vallot Joseph, *Applications de la photographie...* op. cit., 1907 ; Vallot Henri, *Levés à la planchette en haute montagne*, Paris, Barrère, 1909, 193 p.

²³ Vallot Henri, « La nouvelle carte de France au 50 000e. Ses rapports avec la haute montagne », *La Montagne*, mai 1906, 2, 5, p. 228-229.

²⁴ Berthaut Colonel Henri-Marie-Auguste, *La carte de France*, t.2., op. cit., p. 326.

A la fin du 19^e siècle, les services topographiques canadien, allemand, suisse et autrichien, recherchaient tous une solution instrumentale à la complexité de la restitution. Ils la trouvèrent dans l'emploi de clichés stéréophotographiques : des vues jumelées prises avec la même orientation depuis les extrémités d'une base (de cent à mille mètres en moyenne en topographie), qui donnaient une impression de relief quand elles étaient observées simultanément avec un binoculaire. La stéréotopographie restait fondée sur les principes énoncés par Laussedat, mais elle simplifiait singulièrement la restitution. En effet, les lois de la perspective permettaient de calculer directement les coordonnées et l'altitude d'un point présent sur deux clichés stéréoscopiques, là où la méthode Laussedat exigeait plusieurs vues différentes. L'impression de relief donnée par l'observation binoculaire facilitait également l'identification des points importants, en particulier pour les opérateurs qui ne connaissaient pas le terrain. Surtout, la symétrie des vues stéréophotographiques permettait d'envisager la mécanisation des mesures effectuées sur les couples de clichés.

Stéréocomparateur et stéréoautographe : une mécanisation encore artisanale

Edouard-Gaston Deville, ancien officier de la marine française devenu chef du Service topographique canadien, fut le premier à envisager, en 1895, la conception d'un appareil de stéréophotogrammétrie appliqué au tracé des courbes de niveau²⁵. Mais il n'acheva cet instrument qu'en 1902, alors que l'Allemand Karl Pulfrich avait déjà construit son stéréocomparateur en 1901. Celui-ci permettait « de mesurer sur les photographies les données utilisées à leur restitution²⁶ ». Son principal avantage était de n'exiger aucune connaissance du terrain : l'opérateur déplaçait « les clichés au moyen des volants [de] l'appareil de façon à obtenir le contact stéréoscopique entre une marque repère, vue dans la lunette binoculaire, et le point du terrain [à] restituer²⁷ » ; quand le contact était établi, il était possible de restituer le point visé sans l'identifier. Un stimulus visuel direct remplaçait ainsi un processus cognitif complexe : la restitution pouvait donc être confiée à un opérateur qui n'avait pas parcouru le terrain, ce qui permettait une division du travail que Laussedat lui-même avait appelée de ses vœux²⁸, à l'époque où le taylorisme s'imposait dans les pays industrialisés.

Malgré des manipulations longues et fastidieuses qui n'éliminaient pas tous les calculs de la méthode Laussedat, le stéréocomparateur connut un succès rapide en Europe, bénéficiant de plusieurs déclinaisons par Fourcade (1901), Capetown ou von Hübl (1903). Les recherches s'orientèrent ensuite sur l'automatisation de ces instruments de restitu-

tion. En 1907, le lieutenant von Örel, de l'Institut géographique militaire de Vienne, mit au point le stéréoautographe. Cet appareil complétait l'instrument de Pulfrich : l'opérateur visait les différents points caractéristiques des lignes planimétriques sur le stéréocomparateur, et le stéréoautographe donnait un tracé continu et mécanique de ces lignes. Le curseur qui indiquait l'altitude de chaque point pouvait être immobilisé, de telle sorte que tous les points pour lesquels était obtenu le contact stéréoscopique se trouvent à la même altitude : l'opérateur obtenait alors le tracé d'une courbe de niveau. La précision, de deux à trois mètres en position et en altitude, était jugée satisfaisante puisqu'elle ne dépassait pas la tolérance graphique du quart de millimètre au 1 : 20 000²⁹. De plus, en supprimant les longs calculs et en accélérant le tracé, le stéréoautographe permettait de restituer un plus grand nombre de points.

Mais l'enthousiasme technique des contemporains conclut un peu rapidement à l'automatisation du tracé cartographique, alors qu'il n'était que mécanisé, le stéréoautographe ne traçant les lignes qu'à partir d'une série de points choisis et visés par l'opérateur. Le maniement de l'instrument restait complexe. Le choix des points caractéristiques et la gestion des imperfections des clichés exigeaient toujours des opérateurs compétents en topographie. De plus, entre 10 et 25 % de la surface ne pouvaient pas être restitués et devaient être complétés par des levés classiques à la planchette. L'absence de généralisation posait aussi des problèmes dans le tracé des lignes, qui devait parfois être revu par un topographe. Malgré l'accélération considérable de la restitution permise par ces instruments, la stéréotopographie restait donc largement artisanale, dans le sens où elle reposait plus sur la compétence des opérateurs que sur l'efficacité des instruments ou la formalisation des méthodes.

L'adoption des levés photographiques au Service géographique de l'armée

En France, le Service géographique de l'armée (SGA) ne reprit les essais de levés photographiques qu'en 1911, plus de quarante ans après la suppression de la Brigade d'étude photographique. Pendant cette période, les levés réguliers avaient surtout concerné l'est de la France, en particulier les régions alpines très adaptées à l'emploi de la photographie, mais le credo du SGA était resté inchangé : les levés directs étaient plus simples à mettre en œuvre pour les régions accessibles, et les procédés d'intersection classiques suffisaient pour représenter les zones inaccessibles. Si les brigades alpines utilisèrent très ponctuellement l'orographe de Schrader, elles ne prenaient des photographies que dans un

²⁵ Deville Édouard-Gaston, *Photographic surveying, including the elements of descriptive geometry and perspective*, Ottawa, Impr. du Gouvernement, 1895.

²⁶ Perrier Général Georges, « Les progrès de la géodésie, de la topographie et de la cartographie, 1880-1930 », *Le Génie civil*, novembre 1930, numéro spécial cinquantenaire, p. 138.

²⁷ *Le Service géographique de l'armée. Son histoire, son organisation, ses travaux*, Paris, Impr. du Service géographique de l'armée, 1938, p. 154.

²⁸ Laussedat Capitaine Aimé, « Compte rendu sommaire des expériences de photographie appliquée au lever des plans faites par le capitaine Javary en 1863 et 1864 ». *SHAT*, n°1.

²⁹ Gendre Commandant F., « Travaux du Service géographique de l'armée dans les Alpes en 1923 et 1924 », *La Montagne*, 21, 181, avril 1925, p. 99.



Détail de la feuille Charges 1-2 (1939) des plans directeurs au 1 : 20 000 du SGA.

but documentaire. En 1903, le SGA affirmait encore que « nulle part [dans les Alpes], il n'[était] apparu qu'on aurait trouvé avantage à faire appel à la photogrammétrie [...] : car il faut considérer comme réhébitoraires en topométrie les cas où la somme de travail qu'exige un procédé est hors de proportion avec le résultat qu'on a besoin d'obtenir ». Au contraire, il maintenait que « le levé par la photographie, avec sa complexité d'organisation, ses sujétions de toute sorte et ses cas d'impuissance » ne semblait pas adapté « à la topographie à grande échelle en montagne, exécutée en quelque sorte industriellement comme c'est le rôle d'une brigade topographique³⁰ ».

Même s'il insistait explicitement sur les problématiques industrielles d'efficacité et de rendement, le SGA ne s'intéressa que tardivement aux nouveaux instruments de restitution, pourtant déjà bien diffusés en Europe. Une mission d'étude fut finalement envoyée en Allemagne en 1910. La compétition franco-allemande en matière scientifique et technique stimula sans doute le revirement rapide du SGA : dès le retour de la mission, celui-ci décida « l'achat des instruments du Dr Pulfrich et l'essai de la stéréophotogrammétrie, pendant la campagne de 1911, pour les levés au 20 000e de la région glaciaire du Pelvoux³¹ ». Ainsi, l'officier d'administration du Génie Coulon exécuta seul des

essais de levés photographiques dans l'Oisans entre 1911 et 1913, puis sur le versant ouest du massif du Mont Blanc en 1914³². L'unique stéréocomparateur acquis par le SGA permit de restituer 11 590 hectares avant la guerre. L'expérience accumulée par les services étrangers et les topographes-alpinistes profita au SGA qui, confronté aux lacunes de la restitution, mit en place des opérations de complètement dès 1913. Ces essais se révélèrent d'autant plus concluants que l'organisation adoptée pour les levés de précision, séparant la phase de préparation (triangulation complémentaire) de la phase de levé, s'avéra parfaitement adaptée aux levés photographiques et à leur restitution qui pouvaient s'appuyer sur les résultats de la préparation.

Le SGA changea donc brusquement de discours : après en avoir longtemps réfuté l'intérêt, il souligna en 1912 « l'utilité et même la nécessité du levé par la photographie des régions supérieures des hautes montagnes³³ ». Mais ce revirement subit ne peut s'expliquer par la seule « découverte » tardive du stéréocomparateur. Le choix des massifs de l'Oisans et du Mont Blanc se justifiait autant par leur difficulté de parcours que par leur succès touristique : la concurrence des travaux des topographes-alpinistes joua un rôle important, même s'il ne fut pas aussi direct que ces derniers le prétendirent. Développées à la suite des tensions franco-italiennes

³⁰ *Rapport sur les travaux exécutés en 1903*, Paris, Impr. du Service géographique de l'armée, 1904, p. 13-14.

³¹ *Rapport sur les travaux exécutés en 1911*, Paris, Impr. du Service géographique de l'armée, 1910, p. 40.

³² Ces derniers levés furent interrompus par la guerre à un stade prématuré.

³³ *Rapport sur les travaux exécutés en 1911*, Paris, Impr. du Service géographique de l'armée, 1912, p. 44.

de 1882-1902³⁴, les troupes alpines généraient aussi un besoin nouveau en levés détaillés de ces régions peu accessibles. Mais le facteur principal fut certainement les difficultés budgétaires du SGA. Ce dernier exécutait sur ses fonds propres tous les travaux de la nouvelle carte de France au 1 : 50 000 depuis 1898. En limitant la durée des opérations de terrain, la phototopographie apportait une solution technique à la lenteur des opérations provoquée par le manque de personnel. Ce fut d'ailleurs l'orientation explicitement privilégiée par la nouvelle direction du SGA lors de la reprise des travaux après la guerre, en 1921.

Des levés photographiques terrestres aux levés aériens

La première Guerre mondiale marqua en effet une rupture profonde. La guerre de position et les modifications perpétuelles du front avaient démontré l'importance des plans directeurs à grande échelle et la nécessité de méthodes topographiques rapides pour les dresser et les mettre à jour. L'exploitation des photographies s'était généralisée et les progrès de l'aéronautique avaient permis le développement des levés aériens. Mais les difficultés techniques de la photographie aérienne empêchaient encore leur application aux travaux réguliers de temps de paix ; le SGA développa donc l'emploi de la stéréotopographie terrestre. Les opérations de terrain reprirent dans les Alpes en 1922. D'abord confiées à un seul officier, le capitaine Joseph Recordon, elles furent exécutées par des brigades spéciales à partir de 1926. La couverture du massif de l'Oisans fut achevée, puis étendue vers le sud aux environs d'Orcières et de Chorges ; des levés photographiques furent également exécutés en Provence, en Corse et en Algérie (environs de Constantine), mais les Alpes restèrent la principale région d'application.

En effet, les levés photographiques terrestres n'étaient efficaces que dans les régions de fort relief, où l'élévation des points de vue et l'étalement des plans facilitaient la restitution. En 1929, le SGA mena des essais en terrain peu accidenté, qui confirmèrent cette limitation. Contrairement aux levés aériens, dont la généralisation en 1934 entraîna un formidable effort d'industrialisation, la phototopographie terrestre resta toujours une technique de complément et les investissements limités du SGA ne lui permirent pas de dépasser le stade d'une pratique artisanale. Les opérations de terrain étaient toujours assurées par les mêmes officiers qui avaient mené les premiers essais et l'équipement de restitution était insuffisant : le SGA dut sous-traiter l'exploitation d'une partie des clichés terrestres à la Société française de stéréotopographie à partir de 1921, mais il n'acquiesça pourtant qu'un seul stéréoautographe, tardivement, en 1929. Jusqu'au milieu des années trente, la photographie terrestre servait encore à lever les régions trop hautes pour le plafond de vol réduit des avions, mais la couverture du massif du Mont Blanc en 1939 confirma l'efficacité des levés aériens. Encore utilisée comme technique complémentaire sur quelques feuilles alpines, la phototopographie terrestre fut définitivement abandonnée par le SGA à la fin des années trente.

L'INFLUENCE PROFONDE DE LA PHOTOTOPOGRAPHIE TERRESTRE

L'orientation de la recherche photogrammétrique

Malgré son utilisation limitée, la stéréotopographie terrestre eut une influence profonde sur l'évolution des techniques topographiques en France ; mais son rôle fut éclipsé par l'essor des levés aériens, présentés comme une réponse aux limites des levés photographiques terrestres. Pourtant, si cet essor s'explique en partie par les besoins spécifiques auxquels satisfaisait la photographie aérienne (reconnaissance militaire, couverture des colonies, potentiel commercial), et par l'analogie hâtive et trompeuse entre la photographie aérienne et la carte, qui participa à la perception de la photographie aérienne comme l'outil parfait de la cartographie, il s'explique aussi par l'importance du socle méthodologique constitué par les expérimentations en phototopographie terrestre. En définitive, les levés aériens furent moins une réponse aux limites de la photogrammétrie terrestre qu'un développement permis par les possibilités de cette technique, qui déterminèrent durablement l'orientation des recherches. Ainsi, la focalisation sur le redressement des photographies aériennes procédait surtout de la volonté d'obtenir des clichés susceptibles d'être exploités par les méthodes de restitution mécanisée utilisées pour les clichés terrestres – d'autant plus importante que les levés aériens fournissaient un nombre beaucoup plus grand de clichés.

L'influence profonde de la phototopographie terrestre sur le développement de la photogrammétrie aérienne se retrouve dans le discours construit autour de cette nouvelle technique. Au niveau lexical, il est par exemple révélateur que les spécialistes des levés aériens aient parlé de restitution complète pour désigner la restitution, à partir de clichés aériens, à la fois de la planimétrie (régulièrement pratiquée dès 1915-1916) et de l'altimétrie (efficace seulement à la fin des années vingt) : ils se situaient clairement par rapport au référent qu'était la restitution des clichés terrestres. Au niveau rhétorique, ces mêmes spécialistes reprirent systématiquement le discours caricatural du retard sur la science germanophone, dans la forme exacte construite pour critiquer le rejet de la photogrammétrie terrestre en France. Ainsi, ce discours paradoxal louait invariablement le génie des précurseurs français (Laussedat pour le terrestre, Wenz ou Saconney pour l'aérien) tout en soulignant l'évidence des applications topographiques de la photographie (terrestre ou aérienne) et en vilipendant l'inertie des autorités militaires françaises (pour les deux techniques).

L'industrialisation des pratiques topographiques

La phototopographie terrestre ne servit pas seulement de transition entre les méthodes « classiques » formalisées par le colonel Goulier dans le dernier quart du 19^e siècle et la

³⁴ Instaurée par le traité du 20 mai 1882, la Triple alliance entre l'Allemagne, l'Autriche et l'Italie ne fut désamorçée par la France qu'en 1902 par une promesse secrète garantissant la non intervention de l'Italie en cas de guerre franco-allemande.



Détail de la feuille Chorges 1-2 (1956) de la carte de France au 1 : 20 000 de l'IGN. La zone reproduite est à peu près la même que sur la figure 2 : la différence du traitement des zones rocheuses, pourtant dessinées à partir des mêmes levés stéréotopographiques terrestres que sur le plan directeur de 1939, illustre l'évolution topométrique de la rédaction cartographique au cours des années cinquante et soixante.

généralisation des levés aériens après la deuxième Guerre mondiale. Elle constitua véritablement le pivot technique et méthodologique entre une pratique artisanale et une conception plus industrielle de la topographie. Les levés de précision avaient permis une certaine division du travail topographique, en imposant l'étape intermédiaire de la préparation tachéométrique entre les opérations géodésiques et les levés ; ils avaient aussi traduit la volonté de normaliser les pratiques en limitant l'interprétation par l'opérateur. En accentuant la division du travail et en mécanisant le tracé topographique, la stéréotopographie terrestre concrétisa les possibilités d'industrialisation. Mais ses limitations pratiques et géographiques empêchèrent leur généralisation : l'industrialisation ne commença vraiment qu'avec la restitution mécanique de clichés aériens pris en série, couvrant tous les types de relief

sans nécessiter le parcours direct du terrain.

Cette évolution vers une conception industrielle de la topographie dépassait le seul cadre du levé : le stéréoautographe raviva la tentation topométrique apparue avec les levés de précision et donna lieu, à la fin des années vingt, à des expérimentations pour une représentation cartographique purement géométrique fondée sur les seules courbes de niveau obtenues par la restitution. Les difficultés techniques et l'opposition des topographes-alpinistes limitèrent son application, mais ce fantasme d'automatisation, né avec la stéréotopographie terrestre, perdura tout au long du 20e siècle et influença fortement l'évolution des normes de rédaction cartographique, jusqu'à l'adoption du type 1972 qui exploita les possibilités du tracé mécanique.