



HAL
open science

Chapitre 4. D'un objet rare à un produit de destruction massive

Jean-Luc Arnaud

► **To cite this version:**

Jean-Luc Arnaud. Chapitre 4. D'un objet rare à un produit de destruction massive. Jean-Luc Arnaud. La carte de France – Histoire et techniques, Parenthèses, pp.52-61, 2022, 978-2-86364-330-3. halshs-03687832

HAL Id: halshs-03687832

<https://shs.hal.science/halshs-03687832v1>

Submitted on 24 Oct 2022

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License



Chapitre 4. D'un objet rare à un produit de destruction massive

Jean-Luc Arnaud, « D'un objet rare à un produit de destruction massive », chapitre 4 de *La carte de France, histoire et techniques*, Marseille, Parenthèses, 2022, p. 52-61.

Après les opérations de géodésie, de topographie et de rédaction, la dernière étape du processus de fabrication de la carte est sa reproduction. Cette étape est décisive quant au partage du savoir cartographique. Le nombre de tirages envisageables depuis un original détermine le prix de revient de chaque unité et l'ampleur de sa diffusion. Au cours des deux siècles et demi traités dans ce livre, l'histoire de la production cartographique est étroitement liée à celle des progrès des procédés de reproduction. Elle est marquée à la fois par des améliorations successives et par plusieurs découvertes majeures qui bouleversent la production et les bases de calcul du prix de revient des documents imprimés. En moins d'un siècle, on passe d'un objet rare et coûteux à un produit de destruction massive, pendant la Première Guerre Mondiale en particulier.

Un objet rare

Contraintes du cuivre

Entre le milieu du XVIII^e siècle et la fin des années 1820, le mode d'impression des documents cartographiques n'a pas beaucoup progressé. Les planches sont gravées sur cuivre en taille-douce et imprimées en noir. Malgré l'introduction de la pointe sèche et de l'eau forte pour graver le modelé du terrain vers 1830, ce procédé est chronophage et donc coûteux. Ainsi par exemple, chaque planche de la carte d'état-major à l'échelle 1:80 000, dont la figuration cartographique mesure 50 par 80 cm, a nécessité en moyenne 26 années de travail dont douze pour la gravure¹. La gravure sur cuivre présente plusieurs autres défauts. Tout d'abord, la correction est très délicate et malgré le soin apporté à cette opération, il n'est pas rare qu'elle déforme la plaque et contribue à amoindrir la qualité des tirages. Cette difficulté entraîne une réduction des corrections au minimum et surtout, une

¹ . Rouby, Edouard Emmanuel, *La Cartographie au dépôt de la Guerre. Notice historique et descriptive sur les publications du dépôt de la Guerre*, Paris, J. Dumaine, 1876, p. 32.

longue attente entre le moment où une correction à exécuter est relevée sur le terrain et son report sur la plaque de cuivre. Enfin, compte tenu de la taille des documents cartographiques, il est impensable d'imprimer en plusieurs couleurs. Les documents reproduits en taille-douce doivent être colorisés à la main, procédé peu compatible avec une production de masse².

L'usure des plaques présente aussi l'inconvénient de limiter le nombre d'épreuves tirées à partir de chaque cuivre. Il varie entre 2500 et 3000 en fonction des auteurs³ ; cette différence semble trouver une part de son origine dans les méthodes d'essuyage de l'encre. On peut procéder avec le plat de la main, ou bien avec un tampon imbibé d'urine coupée d'eau⁴. La première méthode est plus lente mais elle ne fatigue pas la plaque, la seconde, plus rapide, a pour résultat d'attaquer légèrement le cuivre et donc de réduire le nombre des tirages qu'il est envisageable d'en attendre⁵. En d'autres termes, les années de travail consacrées à la gravure d'une plaque, sont nécessairement partagées entre un petit nombre de tirages. Dans le cas de la carte d'état-major, si on arrondi les douze années de gravure d'une plaque à 3000 jours, chaque tirage emporte avec lui une journée de travail. Ainsi, les cartes gravées en taille-douce ne sont pas rares et coûteuses à cause du temps requis pour en effectuer le tirage – à la fin du XVIII^e siècle, un imprimeur et son aide pouvaient tirer 32 épreuves par jour de la carte de Cassini⁶ – mais surtout parce que les plaques de cuivre s'usent rapidement.

Le modèle économique alors en vigueur est très différent de celui qui préside aujourd'hui au calcul du prix d'impression d'une reproduction. Actuellement, compte tenu du nombre d'exemplaires imprimables depuis une même plaque offset et de la facilité avec laquelle on peut produire ces plaques, le prix de revient d'un tirage est d'autant plus faible que le nombre d'exemplaires imprimés est élevé. Dans le cas de la taille-douce, la matrice est irrémédiablement détruite par les tirages. Grâce aux nouveaux procédés de traitement des plaques adoptés à partir du milieu des années 1850, on compte *in fine* peu de planches ayant atteint cette limite mais, au cours des années 1870, les plaques des feuilles *Paris* et *Châlons-sur-Marne* sont trop usées pour supporter de nouveaux tirages, elles doivent être entièrement refaites à partir de plaques vierges.

Dans ce contexte, les 274 cuivres de la carte d'état-major ne permettent pas de produire plus d'un million quatre cent mille tirages. A titre de comparaison, au cours du premier mois de la Grande Guerre, le Service géographique de l'armée livre plusieurs

² . Dans la mesure où le papier doit être humidifié avant le tirage, sa taille augmente dans des proportions variables et il devient difficile d'éviter les décalages entre les différents passages sous la presse. Cette difficulté augmente avec la taille des documents. L'opération de placement des plaques est désignée *calage* ou bien *repérage*.

³ . 2500 tirages selon Rouby, *op. cit.*, p. 33 ; 3000 tirages selon Berthaut. Ce dernier note aussi que la réfection d'une plaque permet d'obtenir 2000 tirages supplémentaires mais qu'elle nécessite un mois de travail par décimètre carré, soit plus de trois ans pour une feuille de la carte d'état-major. Berthaut, Henri-Marie Auguste, *La carte de France, 1750-1898, étude historique*, Paris, Service géographique de l'armée, 1898, tome 2, p. 97 et 102.

⁴ . Berthiaud, Emile, Boitard, Pierre, *Nouveau manuel complet de l'imprimeur en taille-douce*, Paris, Roret, 1837, p. 61.

⁵ . Bacler d'Albe, « Notice sur la gravure topographique et géographique, rédigée en 1803 », *Mémorial du Dépôt général de la Guerre*, vol. 2, Paris, Dépôt de la guerre, 1831, p. 136-137.

⁶ . Pelletier, Monique, *Les cartes des Cassini. La science au service de l'Etat et des provinces* [1990], Paris, Comité des travaux historiques et scientifiques, 2013, p. 195.

millions de documents cartographiques sur le front⁷. De toute évidence, le mode de production a changé.

Du cuivre à la pierre

Les progrès techniques ont joué un rôle fondamental dans l'espérance de vie des matrices. A ce titre, le Dépôt de la guerre puis le Service géographique de l'armée sont toujours en quête de nouvelles technologies de reproduction en sous-traitant les travaux à des établissements privés ou en se dotant du matériel nécessaire, auquel ils apportent parfois des améliorations. La lithographie, procédé basé sur l'incompatibilité entre les corps gras (l'encre) et l'eau, ou gravure sur pierre, a été mise au point à la fin du XVIII^e siècle. Cependant, les presses en bois de cette période étaient incapables d'assurer une impression homogène du format d'une carte géographique. Ainsi, en 1825, alors que ce procédé est exploité dans de nombreux domaines, la cartographie et le dessin technique lui préfèrent encore la taille-douce⁸. L'année suivante, la société française de géographie mandate une commission pour comparer la taille-douce et la lithographie. Elle conclut que la seconde méthode est parfaite pour les aspects artistiques mais que, pour la topographie, elle ne permet pas d'atteindre la précision de la taille-douce. Il faut attendre les premières presses montées sur des bâtis en fonte – au début des années 1830 – pour que son usage se développe en cartographie⁹. Ainsi par exemple, dès 1834, l'administration des Ponts et Chaussées fait imprimer en lithographie une carte du cours du Rhin en dix-huit feuilles¹⁰. C'est dans ce contexte qu'en 1839, alors que la carte d'état-major compte une soixantaine de feuilles seulement, le Dépôt de la guerre en prépare une nouvelle version découpée en fonction des périmètres départementaux [F1839]. La gravure est reportée sur des pierres lithographiques, qui ne pèsent pas moins de 220 kg chacune, par un procédé chimique désigné autographie¹¹ et l'impression en est confiée à l'atelier parisien Kaepellin qui dispose alors du matériel nécessaire. Le procédé est intéressant à plusieurs titres. Tout d'abord, il permet de conserver la plus grande part de la précision des tracés de la gravure sur cuivre. Ensuite, il contribue à la fois à économiser les cuivres et à proposer des documents de qualité à un prix très inférieur à celui des tirages directs. Par contre, la lithographie présente un défaut important, il est pratiquement impossible d'apporter des modifications au contenu des documents mais, à la fin des années 1830, cette question ne se pose pas encore. Ainsi, l'usage de la lithographie pour l'impression des cartes géographiques est-il assez circonstancié. C'est une technique exploitée pour la dernière phase du processus de production. Le cuivre reste indispensable pour la matrice initiale et pour les mises à jour. Suivant les mêmes techniques et les mêmes objectifs que pour la carte départementale – conservation des cuivres et accroissement de la diffusion – le Dépôt

⁷ . *Rapport pour 1914-1919*, p. 11.

⁸ . La lithographie semble avoir été utilisée pour tirer des cartes dès 1809 mais il s'agit alors de documents de petits formats. De Sousa, Jörge, *La mémoire lithographique*, Paris, Arts et métiers du livre, 1998, p. 70.

⁹ . Ristow, Walter-William, « Lithography and maps, 1796-1850 », in David Woodward, éd., *Five centuries of map printing*, Chicago, University of Chicago Press, 1975, p. 80 et 94-96.

¹⁰ . *Carte du cours du Rhin depuis Bâle jusqu'à Lauterbourg, gravée sur pierre en 18 feuilles...* Les mentions de responsabilité ne sont pas explicites mais la lithographie semble avoir été préparée par Simon Frères à Strasbourg et l'impression faite à Paris par A. Ehrardt.

¹¹ . L'autographie est un procédé qui permet de reporter sur une pierre lithographique un dessin effectué (ou imprimé) avec une encre grasse sur un papier gommé à l'amidon et à la gélatine. Bersier, Jean Eugène, *La Gravure, les procédés, l'histoire*, Paris, Berger-Levrault, 1984, 4^e édition, p. 77-79.



Des cuivres particulièrement éprouvés

Jusqu'au milieu des années 1850, les corrections de la gravure sont effectuées au repoussé. L'opérateur commence par gratter la planche au *recto* pour effacer les traits de gravure. Ensuite, il repousse le cuivre par derrière pour compenser le creusement qui résulte du grattage. Comme en témoigne cette photographie du dos d'une plaque de cuivre vers 1900, cette méthode soumet les plaques à rude épreuve et elle les déforme. – Extrait de Berthaut, Henri-Marie Auguste, *op. cit.*, tome 2, hors pagination [coll. particulière].

de la guerre publie une collection dédiée aux environs des villes et des camps militaires à partir de la fin des années 1830 [F1837].

La fée électricité

Les corrections apportées à chaque planche ont été multiples. Leur report sur le cuivre a longtemps constitué un problème majeur. La mise au point de techniques qui n'altèrent pas les cuivres et soient faciles à mettre en œuvre a nécessité de multiples essais. Au début de la période considérée, les modifications sont effectuées au repoussé. L'opérateur commence par gratter la planche au *recto* pour effacer les traits de gravure. Ensuite, il repousse le cuivre par derrière pour compenser le creusement qui résulte du grattage ; cette méthode présente plusieurs inconvénients. Elle déforme les planches et elle efface une zone plus large que nécessaire ; les reprises de gravure sont augmentées d'autant. Cette technique est utilisée jusqu'en 1856, date à laquelle un premier atelier de galvanoplastie est installé au sein du Dépôt de la guerre. Suivant le procédé de l'électrolyse, cette technique permet de déposer une couche de métal sur un support conducteur de l'électricité. Une préparation particulière du support permet ensuite de séparer les deux objets – plaques de cuivre en l'occurrence – et d'obtenir une version en négatif de l'original. Ce sont alors des piles qui fournissent l'électricité nécessaire à l'opération et il ne faut pas moins de vingt-cinq jours de bain pour obtenir une nouvelle plaque¹². A partir de ce moment-là, les planches-mères ne sont plus utilisées pour les tirages, on les remplace par des contre-types. Par ailleurs, le fait de disposer d'un moyen qui permet de produire à la fois des planches en négatif (les traits sont en relief) et des positifs, conduit à une réorganisation des méthodes de mise à jour. Les effacements sont effectués par grattage sur

¹² . Berthaut, Henri-Marie Auguste, *op. cit.* , tome 2, p. 123.

la version négative de la plaque ; on utilise ensuite une version positive de la précédente pour graver les compléments suivant les procédés habituels. Quelques années plus tard, à partir de 1860, on utilise à nouveau l'électrolyse pour déposer une mince couche d'acier sur les plaques destinées au tirage. Leur résistance et leur durée de vie sont alors sensiblement augmentées¹³. Ainsi, l'introduction de l'électricité au Dépôt de la guerre constitue pour la carte d'état-major un moment décisif en ce sens qu'il la sauve. Sans la galvanoplastie, les premières planches gravées auraient été usées et inutilisables avant l'achèvement de l'ensemble des feuilles de la carte. En 1856, 150 feuilles seulement sont publiées et certaines planches de cuivre ont déjà été très fatiguées par le nombre des épreuves tirées¹⁴.

La production reste cependant contrainte par la lenteur du procédé d'impression. On tire au maximum une cinquantaine d'exemplaires par presse et par jour. Compte tenu du mode d'encrage des cuivres, il ne semble alors pas envisageable d'intervenir sur ce rythme, la guerre de 1870 change la donne.

Essor de la lithographie

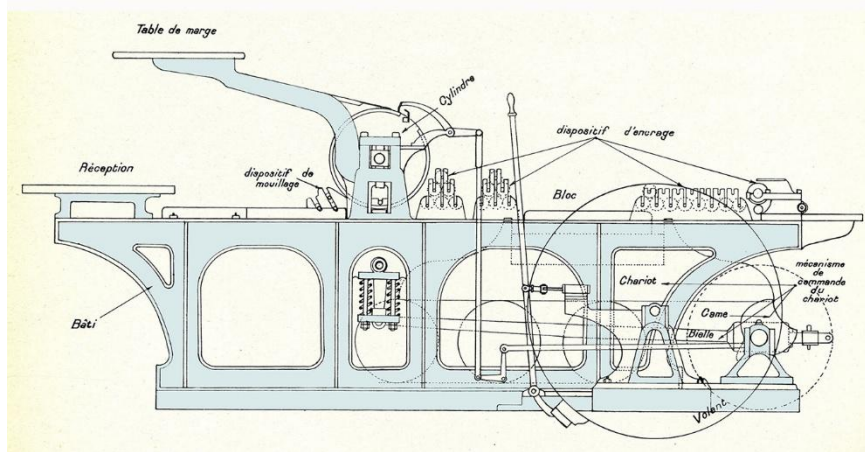
La guerre de 1870 montre à la fois l'importance d'une cartographie de qualité mais aussi la nécessité de disposer facilement de nombreux exemplaires de chaque feuille. Sur cette base, on décide d'abandonner la carte par département et de la remplacer par des reports sur pierre des versions les plus récentes de la carte originale. Les pierres de la carte départementale sont alors effacées et réutilisées pour cette nouvelle édition. Entre 1872 à 1880, elle donne lieu à un changement d'échelle de la production et de la diffusion des connaissances cartographiques. Mais la lithographie conserve ses défauts ; les blocs de pierre sont difficiles à manipuler et chaque mise à jour doit être gravée sur la planche de cuivre avant d'être l'objet d'un nouveau report sur pierre. Ces difficultés conduisent à la recherche de méthodes plus aisées à mettre en œuvre. En 1873, par exemple, le Dépôt de la guerre fait imprimer une carte du Mexique en méthode typographique. Cette carte, d'abord dessinée sur pierre, a été reportée sur métal par procédé chimique, mais, au contraire des tailles-douces, la plaque a été gravée en relief. Son encrage, à l'aide d'un rouleau de cuir, est bien plus rapide que pour les gravures en creux dans la mesure où elle ne comporte pas de phase d'essuyage. Ce report a été réalisé par l'atelier Yves et Barret à Paris. L'expérience a permis de conserver les pierres originales en bon état et d'abaisser le prix de vente des tirages¹⁵. On n'a pas retrouvé d'exemplaire de la carte en question. Par contre, pour une carte du Mont-Blanc en couleurs dressée au milieu des années 1860, on dispose à la fois d'un tirage lithographique (original) et d'une réimpression typographique. La seconde, sans date mais de toute évidence des années 1870, porte la mention « Gravure en relief de Yves et Barret ». Le résultat obtenu est de qualité très inférieure à celui de la lithographie mais la feuille est vendue un franc seulement, montant dérisoire pour une carte en couleurs à ce moment-là¹⁶.

¹³ . *Le Registre des planches mères* conserve les traces des opérations successives d'aciérage / désaciérage qui suivent et précèdent chaque mise à jour d'une plaque. Registre manuscrit pour les années 1860 à 1880, cartothèque de l'IGN.

¹⁴ . Rouby, Edouard Emmanuel, *op. cit.*, p. 150.

¹⁵ . *Ibid.*, p. 79.

¹⁶ . *Massif du Mont Blanc, levé par MR Mieulet...*, Paris 1865 ; édition lithographique, sans date, gravée par Erhard Schièble, imprimée par Lemercier ; édition typographique, sans date, gravée par Yves et Barret, imprimée par la Vve Ethiou-Pérou.



Presse pour l'impression lithographique

Le bloc de pierre (et, plus tard, la plaque de zinc), est posé sur un chariot tandis que la feuille de papier à imprimer est maintenue par des pinces sur un cylindre. A chaque aller-retour du chariot, le pierre est successivement mouillée, encrée et mise au contact d'une nouvelle feuille à imprimer. – Extrait de Cahierre, Loïc, De Brommer, Stéphane, *Procédés de reproduction et d'impression*. Paris, Institut géographique national, 1943, face page 171.

A partir du milieu des années 1870, le Dépôt de la guerre explore une autre voie, la zincographie¹⁷. Le procédé est très proche de la lithographie mais on remplace la pierre par une plaque de zinc dont la surface est grainée de manière régulière¹⁸. De la même manière que sur la pierre, le dessin peut être reporté à partir d'un tirage d'une plaque de cuivre sur papier autographique, il peut aussi être tracé directement au crayon lithographique – sorte de pastel gras qui joue le même rôle que l'encre. En faisant varier le grain de la plaque on obtient un résultat plus ou moins contrasté. Au contraire des tentatives précédentes, cette technique donne rapidement satisfaction. Ses avantages sont évidents ; pour un résultat semblable, on remplace une pierre de 200 kg et qui coûte 200 francs par une plaque de zinc de 4 kg payée seulement 20 francs. Par ailleurs, le zinc présente l'avantage d'être plus facile à mettre à jour que les pierres lithographiques¹⁹. L'adoption de la zincographie est complétée en 1878 par l'acquisition au Dépôt de la guerre d'un moteur à gaz et de deux presses Wibart qui permettent d'imprimer à partir de plaques de zinc. Ce travail était auparavant confié à des ateliers privés²⁰. La première feuille imprimée sur zinc par le Dépôt de la guerre date de l'année suivante. Avec la zincographie et la motorisation des presses, la production change à nouveau d'échelle. En moins de vingt ans, on est passé de quelques milliers de feuilles par an à plusieurs centaines de milliers.

En 1887, l'imprimerie du Service géographique de l'armée se dote de deux nouvelles machines à moteurs de type Alauzet. Leur débit atteint 400 à 650 coups par heure. Quatre presses supplémentaires de la même marque sont acquises deux ans plus tard. Elles relèguent les presses de taille-douce au rayon des curiosités. Les chiffres sont éloquentes ;

¹⁷ . Technique brevetée par Firmin Gillot en mars 1850.

¹⁸ . La zincographie se développe à partir du début du XIX^e siècle mais il faut attendre plusieurs améliorations du procédé pour qu'il soit applicable à l'impression des cartes géographiques de grand format. Alinhac, Georges, *Rédaction cartographique. Premier fascicule. Eléments de base et technique générale*, Paris, Ecole nationale des sciences géographiques, 1954, p. 71.

¹⁹ . Berthaut, Henri-Marie Auguste, *op. cit.*, tome 2, p. 108-110.

²⁰ . *Ibid.*, p. 115.

en 1889, le Service géographique de l'armée a imprimé 7500 épreuves en taille-douce – avec quatre presses à bras et autant d'imprimeurs – tandis que l'imprimerie zincographique a donné 2 300 000 de coups de presse²¹.

Les machines s'améliorent ensuite de manière progressive. On gagne en productivité et en facilité d'utilisation avec l'ajout de chargeurs et de récepteurs des feuilles à imprimer. Ces presses sont alors les plus performantes mais l'idée de monter la plaque de zinc sur un rouleau, matérialisée pour la première fois en 1860 par Henri Voirin, est l'objet d'un renouveau d'intérêt lorsqu'en 1903, l'imprimeur américain, Ira Washington Rubel, pense à effectuer l'impression proprement dite par l'intermédiaire d'un rouleau en caoutchouc placé entre le cylindre support de la plaque et le papier. La rotative offset est née, les premières machines, alors désignées *roto-calco*, sont produites en France par Jules Voirin [fils du précédent) vers 1910.

Au cours du XIX^e siècle, le Dépôt de la guerre ne semble pas avoir compté parmi les précurseurs pour l'adoption des méthodes d'impression les plus récentes. Au contraire, il est alors très prudent et laisse volontiers les autres établissements effectuer les essais avant d'adopter une nouvelle technique de production²². L'attitude du Service géographique de l'armée à l'égard des presses offset est assez différente puisqu'il fait installer la première machine de ce type dès 1912. Elle permet de régler de manière précise le niveau d'encre ; à ce titre, elle est très appréciée pour le tirage des planches chargées. On l'utilise en particulier pour les feuilles de montagne de la carte d'état-major dont l'impression est « difficile à réussir » sur les machines plates. Avec un rendement industriel estimé à 1200 exemplaires par heure, cette nouvelle presse a aussi pour effet d'augmenter la cadence des tirages. Ces avantages donnent lieu à l'acquisition d'une seconde presse au début de l'année 1914²³. A la veille de la Grande Guerre, le Service géographique de l'armée dispose d'une capacité d'impression de 40 000 coups de presse par jour dont 28 000 en offset²⁴. La multiplication de ces machines après la Guerre conduit à l'abandon progressif des presses à plat²⁵.

Difficultés de la couleur

Le passage du cuivre à la pierre puis au zinc joue un rôle essentiel dans le maintien de la carte d'état-major. Mais cette carte est imprimée en noir. Au moment où il adopte ces nouvelles techniques, le Dépôt de la guerre effectue aussi des essais d'impression en couleurs. La difficulté principale trouve son origine dans la taille des documents cartographiques et leur repérage au cours des passages successifs sous la presse. A ce titre, la chromolithographie présente un avantage décisif par rapport à la taille-douce et à la lithographie classique dans la mesure où il n'est pas nécessaire d'humidifier les feuilles avant les tirages, ce qui affecte leurs dimensions. Cette technique, mise au point au milieu

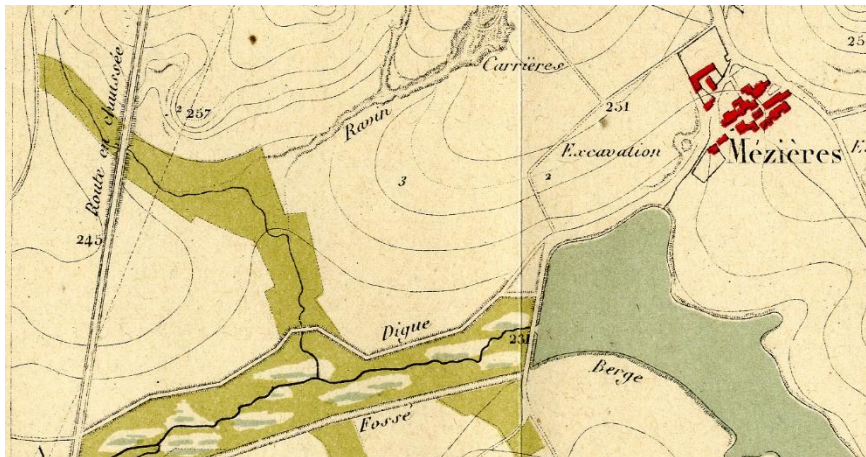
²¹ . Dans la mesure où chaque feuille imprimée en couleurs nécessite autant de coups de presse que de couleurs, ce chiffre est supérieur au nombre de feuilles imprimées. Cependant, à ce moment-là, la plus grande part des cartes est encore imprimée en noir. *Rapport pour 1889*, p. 70.

²² . Il est par exemple remarquable que l'adoption malheureuse d'une nouvelle technique pour l'impression de la carte de Prudent en 1873, correspond à une commande du Dépôt des fortifications et non du Dépôt de la guerre.

²³ . *Rapport pour 1914*, p. 53.

²⁴ . Pour obtenir ce résultat, le rédacteur du rapport de 1919 a retenu des rendements individuels sensiblement différents de ceux indiqués dans les documents précédents. Ainsi, pour les presses à plat de type Alauzet, dont le rendement est estimé à 400 à 650 coups à l'heure en 1889, il est évalué à 300 en 1914. Au contraire, pour les *roto-calco* Voirin, on est passé de 1200 coups à l'heure en 1912 à 2000. *Rapport pour 1914-1919*, p. 4 et 327.

²⁵ . *Rapport pour 1928-1929*, p. 166.



3. Un problème récurrent, le calage des couleurs

Sur ce modèle, publié par le Dépôt de la guerre en 1828, dans un format de 19 x 21 cm, le décalage des couleurs témoigne des difficultés rencontrées par les imprimeurs pour positionner les planches d'impression, même lorsqu'il s'agit de formats moyens. – Extrait de « Cartes minutes. Application des procédés de la Commission de Topographie réunie en 1828... », planche n° 5 de *Mémorial, série 2*, tome V, 1927-1928.

des années 1830, est exploitée pour la cartographie dans le cadre de la production de luxe. Ainsi, en 1841, l'imprimerie nationale produit une carte géologique de la France à l'échelle 1:500 000, en six feuilles et en couleurs²⁶. A ce moment-là, quelques imprimeurs seulement disposent du matériel nécessaire pour réaliser de tels travaux. En 1843, la maison Kaepelin teste la superposition d'encre transparentes de manière à donner un nombre de couleurs supérieur à celui des planches d'impression²⁷. Il faut cependant attendre le début des années 1860 pour que le Dépôt de la guerre produise ses premières cartes en couleurs. Il s'agit des planches de l'atlas de la campagne de Napoléon III en Italie²⁸. Imprimées en chromolithographie au format grand in-folio, elles comptent chacune quatre à six couleurs²⁹.

Dès lors, on multiplie les expériences d'impression en couleurs, elles ont laissé peu de traces mais quelques documents en témoignent. Ainsi par exemple, en 1867, l'imprimerie Lemercier teste un *nouveau procédé pour l'exécution de cartes et plans en couleurs*. Il s'agit d'une lithographie, produite à partir de la carte d'état-major, représentant les environs d'Épernay³⁰. Quelques années plus tard, pour l'impression de la carte des environs de Paris au 1:20 000, un essai de chromolithographie, dont un exemplaire est conservé aux archives de l'IGN, n'est pas estimé assez satisfaisant³¹. Pour sélectionner la technique à adopter, le Dépôt de la guerre évalue à la fois le résultat obtenu et les procédés à l'aune de leur facilité de mise en œuvre et de leur coût. En effet, au contraire des cartes

²⁶ . Dufrenoy, A. et Elie de Beaumont, Léonce, *Carte géologique de la France à 1/500 000*, Paris, Ministère des travaux publics, 1841.

²⁷ . Ristow, Walter-William., *op. cit.*, p. 97.

²⁸ . *Campagne de l'Empereur Napoléon III en Italie, 1859. Atlas des champs de bataille*, Paris, Imprimerie Impériale, 1860-1861.

²⁹ . Rouby, Edouard Emmanuel, *op. cit.*, p. 77.

³⁰ . [Environs d'Épernay], *Spécimen de gravure sur pierres lithographiques. Extrait de la Carte du Dépôt de la guerre à l'Echelle de 1:80 000. Nouveau procédé pour l'exécution de cartes et plans en couleurs*, Gravé par J. Geisendörfer, Paris, Lemercier, 1867.

³¹ . Il s'agit de la feuille n° 1 de la série, elle n'est pas datée mais un exemplaire conservé à l'IGN porte une mention manuscrite indiquant qu'il s'agit d'une chromolithographie et un timbre gaufré au nom de Léon Vidal, il précise que le procédé exploité est la photochromie. Vidal, photographe à Marseille, est l'auteur d'un traité consacré à cette technique, publié en 1903.



4. Premier essai d'impression lithographique en couleurs

Ce document constitue le premier essai d'impression lithographique d'une carte de grand format en couleurs par le Dépôt des fortifications. Elle a été imprimée par la maison Lemercier à Paris. Les empâtements et les lacunes provoqués par l'irrégularité de l'encrage des pierres conduisent à suspendre la production de cette série après la publication de quelques feuilles seulement. – Extrait de la feuille n° v, *Paris*, de la carte de France dressée par F. Prudent à l'échelle 1:500 000. Paris, Dépôt des fortifications, 1873.

géologiques par exemple, certains documents ne sont pas des produits de luxe mais doivent être largement diffusés et susceptibles d'être fabriquées en grand nombre en cas de conflit³².

On assiste alors à une multiplication des cartes imprimées en couleurs où l'histoire militaire et la géologie occupent une place importante. Pour leur part, les premières séries cartographiques françaises en couleurs apparaissent au début des années 1870. Le premier essai est conduit par le Dépôt des fortifications en 1873 pour la publication de la nouvelle carte de France à l'échelle 1:500 000 dressée par Ferdinand Prudent [F1873]. Chaque feuille mesure 65 par 80 cm pour un format utile de 52 par 70 cm ; la première, *Paris*, est imprimée en lithographie à la fin de l'année 1873. L'opération se révèle plus complexe que prévu, les pierres sont lourdes, difficiles à manipuler et à caler. Par ailleurs, les difficultés de repérage des couleurs donnent lieu à d'importantes pertes de travail et de papier. En tout état de cause, dès l'année suivante, on adopte un nouveau mode d'impression à partir de plaques

³² . Sur ces questions, Rouby (*op. cit.*) montre bien que, au moins depuis le conflit de 1871, le Dépôt de la guerre doit être capable d'organiser une production de masse au meilleur prix de revient.

de cuivre. Pour chaque couleur, on reporte un tirage par procédé chimique sur une plaque particulière. Cette méthode est alors nouvelle, elle a été mise au point et est exploitée par la maison Erhard qui en conserve le secret. Cependant, alors qu'elle donne satisfaction pour les petits formats, la taille des feuilles de la carte de Prudent multiplie les difficultés de réglage de la presse. Après de multiples essais, le résultat obtenu est estimé assez médiocre.

Quelques années plus tard, c'est le Dépôt de la guerre qui prépare une première série cartographique en couleurs. Il ne s'agit pas d'un nouveau document original mais d'un extrait de la carte d'état-major à l'échelle 1:80 000 [F1832_04]. Cette carte, où le modelé du terrain est figuré en hachures, est très chargée et difficilement lisible dans les régions de montagne. Pour cette raison, le Dépôt de la guerre retient la région frontalière avec l'Italie, entre le lac Léman et les rives de la Méditerranée, pour tester les possibilités offertes par les procédés les plus récents. Compte tenu du format des feuilles de la carte originale – 50 x 80 cm utiles – et des mauvais résultats obtenus avec la carte de Prudent, chaque feuille est partagée en quatre coupures pour faciliter le calage des couleurs. L'impression est réalisée en zincographie à partir de reports de tirages des cuivres. Les trois planches – noir, bleu et bistre – donnent un résultat en quatre couleurs ; le vert qui figure les zones boisées est produit par superposition de bistre et de bleu. Les premières feuilles sont tirées par la maison Lemercier, imprimeur à Paris. A partir de 1886, elles sont imprimées sur les presses du Service géographique de l'armée. A la suite de cette première expérience, les cartes en couleurs se multiplient. Elles sont d'abord produites par report, comme c'est le cas avec la carte des Alpes au 1:320 000 [F1852_01], puis, directement sur zinc, sans passer par la gravure sur cuivre. Au début des années 1880, on passe de la zincographie – dessin à l'encre grasse – à la zincogravure – gravure d'une couche de protection – qui permet de tracer des traits plus fins qu'auparavant³³. La carte de France à l'échelle 1:200 000 publiée à partir de 1888 [F1881] est produite suivant ce procédé. L'expérience s'avère plus difficile que prévu pour l'équilibre des couleurs et l'importance donnée à chaque catégorie d'information. Ainsi, la publication de cette carte est marquée par une multitude de variations de sa charte graphique pendant plus de vingt ans. La zincogravure est utilisée jusqu'au milieu des années cinquante pour les planches de teintes, en particulier pour les cartes géologiques. Par contre, pour les planches de traits, sa mise en œuvre est longue et délicate. Elle est abandonnée au tournant du siècle à la faveur de la photo-métallographie qui permet de reporter des dessins effectués sur supports transparents par insolation sur des plaques de zinc recouvertes d'une couche photo-sensible³⁴. Il est remarquable que l'atelier de photographie du Service géographique de l'armée soit, encore en 1910, une annexe du service de zincographie. Les procédés photographiques sont aussi exploités pour transformer les aplats de couleur – qui ont tendance à coller au zinc au moment de l'impression – en trames de pointillés. Il s'agit de la simili-gravure, produite par insolation des plaques à travers un film transparent dont le traitement de surface permet de décomposer les aplats en une trame de points de taille variable en fonction de la valeur à représenter. Les premiers essais datent du début du XX^e siècle comme en témoigne une épreuve imprimée en 1906 pour la planche d'estompage d'une feuille de la carte d'Algérie au 1:50 000³⁵. Les résultats sont jugés satisfaisants, ils

³³ . La zincogravure exploite les mêmes propriétés chimiques que la zincographie mais on dessine sur une plaque (ou pierre) préparée pour retenir l'eau avec une couche hygroscopique. Le dessin est gravé dans cette couche, ce qui met la pierre à nu et la rend adhérente à l'encre grasse. Alinhac, Georges, *op. cit.*, p. 77.

³⁴ . *Ibid.*, p. 80.

³⁵ . Feuille n° 94, *St Arnaud*. Epreuve d'essai datée du 2 juillet 1906. Archives IGN.

sont appliqués au cours de la même année à la figuration du modelé du terrain de la carte de France à la même échelle [F1906].

Généralisation des rotatives

Ensuite, et jusqu'au début des années vingt, les progrès de l'équipement matériel ne sont pas très différents de ceux qui touchent l'impression en noir. Chaque feuille est passée sous autant de presses qu'elle comporte de couleurs. A ce moment-là, le Service géographique de l'armée s'équipe d'une nouvelle machine composée de deux groupes d'impression installés en ligne. Chaque groupe est dédié à une couleur et le passage des feuilles entre les deux est mécanisé³⁶. Quelques années plus tard, on passe de deux à quatre couleurs avec une nouvelle presse composée d'autant de groupes. Le nombre et la capacité des machines augmentent ensuite régulièrement de telle manière que, à la veille de la Seconde Guerre, l'imprimerie du Service géographique compte quatre presses plates et neuf rotatives dont la capacité totale de tirage est de 40 à 50 000 coups de presse par journée de huit heures de travail³⁷.

Cet équipement offre alors la possibilité d'imprimer en quadrichromie : le noir et les trois couleurs primaires (jaune, cyan et magenta). Mais cette technique, basée sur une décomposition des couleurs pour préparer les planches d'impression, est alors considérée comme peu fiable. Ainsi, l'IGN continue pendant plusieurs décennies à procéder avec une sélection de couleurs particulières qui présentent l'avantage d'être imprimées en aplats plutôt qu'en superposition de trames pointillées avec la quadrichromie. Cette technique trouve cependant sa limite au milieu des années soixante-dix avec l'introduction de photographies sur les volets de couvertures des cartes touristiques. Le principe des couleurs sélectionnées n'est pas satisfaisant et les photos sortent assez mal [fig. F1953/f9]. Afin d'y remédier, l'IGN adopte la quadrichromie en 1988 pour la carte au 1:25 000. Cette technique, basée sur la superposition de couleurs primaires tramées, donne cependant des résultats inférieurs à ceux obtenus avec les couleurs sélectionnées pour les traits les plus fins, les courbes de niveau en particulier. La différence est assez sensible pour les feuilles qui représentent des régions de montagne. De manière à conserver les photos de couverture sans sacrifier la qualité de la carte, l'IGN retient alors un procédé mixte qui combine la quadrichromie avec une cinquième couleur sélectionnée – bistre – pour les courbes de niveau³⁸. Par ailleurs, les couleurs sélectionnées restent en service jusqu'en 2014 pour les autres cartes topographiques. Ainsi, par exemple, la couleur de couverture des cartes de la série *Orange* à l'échelle 1:50 000 ne résulte pas d'un mélange visuel d'une impression tramée de magenta et de jaune superposés mais bien d'une encre de couleur orange imprimée en aplat.

Ces différences de traitement étaient alors facilitées par la multiplicité des machines. Chaque train d'impression était dédié à des travaux particuliers. Mais, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, à chaque renouvellement des presses, leur nombre diminue à la faveur de l'accroissement des cadences et de la réduction des temps de calage. La dernière étape de ce processus a été franchie au cours de l'été 2015 avec le remplacement de deux rotatives par une seule et unique machine – un train de cinq groupes d'impression.

³⁶ . Il s'agit d'une machine à deux couleurs seulement ; *Rapport pour 1922-1923*, p. 128.

³⁷ . *Le service géographique de l'armée. Son histoire, son organisation, ses travaux*, Paris, Ministère de la Défense nationale et de la Guerre, 1938, p. 187.

³⁸ . En pratique, cette cinquième couleur est utilisée seulement pour les feuilles qui figurent des régions de montagne. Les autres feuilles sont imprimées en quadrichromie classique.

Sa cadence maximale, de 15 000 exemplaires par heure, est amplement suffisante pour une production des trois à quatre millions de documents par an. Alors que la plupart des presses récentes – les rotatives – utilisent du papier en rouleau, l'IGN a privilégié une alimentation en feuilles prédécoupées qui permet un meilleur repérage. Ces feuilles de 105 par 143 cm de côté sont adaptées au format de la nouvelle carte au 1:25 000 dont la publication a débuté en 2015.

Pour la préparation des plaques d'impression, la généralisation des outils numériques a aussi fortement contribué à réduire l'équipement matériel. Depuis 2007, le procédé CTP – *computer to plate* – permet de produire les plaques d'impression par gravure au laser d'une couche thermosensible sans passer par l'intermédiaire de films tramés comme c'était le cas auparavant³⁹. Les châssis d'insolation à partir de films restent néanmoins en service jusqu'en 2012 pour la réimpression de documents anciens.

Au moins depuis la fin du XIX^e siècle, l'imprimerie du Service géographique de l'armée puis de l'IGN ne travaille pas seulement pour la production interne. Elle effectue aussi des travaux en sous-traitance destinés à d'autres établissements, publics ou privés, en particulier pour les documents de grand format qui nécessitent un bon repérage des couleurs. Ainsi par exemple, elle imprime des cartes géologiques pouvant compter jusqu'à neuf couleurs pour le Bureau de recherches géologiques et minières qui ne dispose plus de sa propre imprimerie depuis plusieurs années⁴⁰.

Destruction massive

Les progrès apportés aux techniques d'impression ont eu deux résultats principaux : le passage à la couleur, d'une part, et une baisse drastique des prix de revient, d'autre part. Bien plus que le premier, ce second aspect est à l'origine d'une véritable inversion du statut des documents cartographiques au cours du XIX^e siècle. Alors que ce sont des produits de luxe jusqu'au milieu des années 1830, leur diffusion s'élargit de manière considérable en quelques décennies.

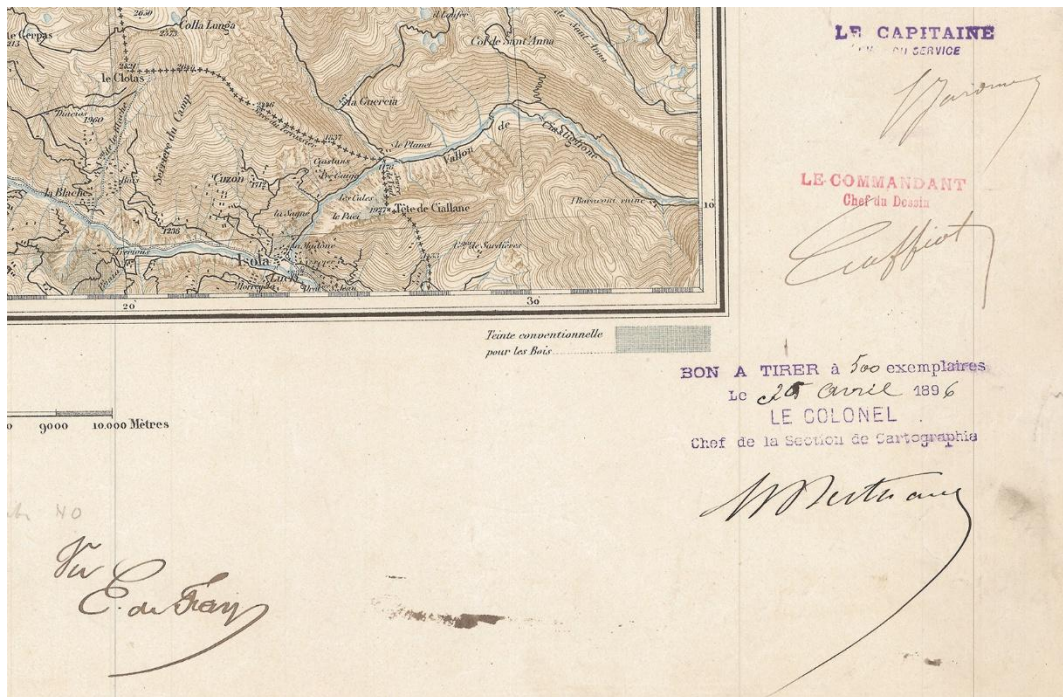
La première édition de la carte du Dauphiné et du Comté de Nice par Pierre Bourcet [F1758] a été tirée en 1758 à une centaine d'exemplaires et elle a été distribuée au compte-goutte. Cette carte constitue alors une exception, la plus grande part des documents cartographiques militaires reste alors sous forme de manuscrits⁴¹. Quelques années plus tard, chaque feuille de la carte de Cassini était diffusée à quelques centaines d'exemplaires seulement. Le prix de revient des tirages est tel qu'en 1787, les administrateurs de la société d'édition refusent d'en céder un exemplaire gratuit à la bibliothèque du château royal de Rambouillet⁴². Les autres cartes gravées sur cuivre ne sont pas distribuées plus largement. Elles le sont d'autant moins que, jusqu'en 1815, la diffusion des grandes séries nationales est soumise au règlement du Dépôt de la guerre qui la réserve aux usages militaires. Ainsi, lorsqu'au début de l'année 1812, pour préparer la campagne de Russie, Napoléon fait imprimer 1000 exemplaires d'une carte de Russie, les 50 000 tirages correspondants constituent

³⁹ . Le CTP succède au CTF (*computer to film*), qui produisait les films utilisés ensuite pour insoler les plaques d'impression.

⁴⁰ . Toutes les informations relatives aux quinze dernières années sont tirées d'une interview de Timothée Royer, ingénieur au service publication et impression de l'IGN, le 23 mars 2016.

⁴¹ . Pichard, Georges, « Représentation et compréhension du terrain chez les ingénieurs du Génie au XVIII^e siècle ». *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, 1998, 3e série (tome 12), p. 4.

⁴² . Pelletier, Monique, *op. cit.*, p. 254.



5. 1896. Bon à tirer pour 500 exemplaires

A l'issue du processus de contrôle de leur mise à jour témoignent les multiples signatures portées sur l'épreuve de *bon à tirer*, les feuilles de la carte des Alpes à l'échelle 1:80 000 en couleurs étaient imprimées en 300 à 500 exemplaires. – Bon à tirer de la feuille *Briançon* pour la carte de France au 1:80 000 en couleurs, 1896. [F1832_04]

une commande sans précédent pour les imprimeurs. Elle mobilise 1500 jours de travail et plus de cinq tonnes de papier pour un résultat dont la plus grande part tombe entre les mains de l'armée russe à la fin du mois d'octobre 1812⁴³.

Cet exemple constitue une exception et si le volume des tirages est considérable, il ne s'agit pas d'améliorer la diffusion du savoir. La première expérience en la matière date de la fin des années 1830 avec la publication de la version de la carte d'état-major par département. Suivant le découpage régulier de la carte originale, six ou bien huit feuilles sont nécessaires pour couvrir l'ensemble d'un département. A raison de sept francs par tirage, le prix d'une carte départementale obtenue par assemblage était particulièrement élevé. Pour leur part, les assemblages imprimés en lithographie et vendus huit francs étaient bien plus économiques. Mais l'étape décisive en matière de diffusion est plus tardive, elle est liée à la fois à la généralisation de la lithographie pour toutes les feuilles de la carte d'état-major et aux procédés électrolytiques qui permettent non seulement de reproduire les planches gravées mais aussi de les aciérer. Avec l'industrialisation de cette technique, le prix de vente des tirages passe de 7 francs 50 à 4 francs en 1868. Pour leur part, les tirages lithographiques sont cédés à un franc la feuille à partir de 1872⁴⁴. Le Dépôt de la guerre pratique alors une véritable politique de prix dont l'objectif est de promouvoir la diffusion des documents. Les chiffres témoignent du résultat de cette politique. En 1869, on vend en moyenne 1620 documents par mois. Grâce à la baisse des prix de vente ce chiffre passe à 12 000 en 1875. Le volume des ventes a été multiplié par sept en six ans⁴⁵.

La production du Service géographique de l'armée suit ce mouvement, elle passe de 149 000 feuilles par mois à la fin des années 1880 à 270 000 au début du XX^e siècle⁴⁶. En ce qui concerne la diffusion des documents, les *bon-à-tirer* de la carte des Alpes à l'échelle 1:80 000 [F1832_04], indiquent qu'au cours des années 1880, chaque nouvelle feuille est imprimée à 2000 exemplaires. Ensuite et jusque vers 1910, chaque nouvelle édition après mise à jour donne lieu à la production de 300 à 500 nouveaux exemplaires⁴⁷.

Entre cinq et dix tonnes par jour

A la veille de la Grande Guerre, plus de 336 000 feuilles sortent des presses du service géographique de l'Armée chaque mois⁴⁸. Cette augmentation montre que la cartographie topographique est devenue un produit de consommation courante qui n'est plus réservé à une minorité. Le début de la Guerre constitue une nouvelle étape dans le développement de la production. Les chiffres donnent le vertige, la cartographie ne semble alors pas avoir une durée de vie beaucoup plus longue que la presse quotidienne. Dès le début du conflit, les presses du Service géographique de l'armée ne sont pas suffisantes. Pour satisfaire les besoins, il réquisitionne plusieurs imprimeries à Paris, à Tours, à Bordeaux et à Clermont-Ferrand. Le début du conflit est le plus consommateur de cartographie. Moins d'un mois après l'ouverture des hostilités, six millions de feuilles ont été imprimées et distribuées. Avec la stabilisation du front, la consommation baisse mais suivant les comptes dressés en 1919, les quatre années de conflit auraient englouti pas

⁴³ . Henri-Marie Auguste Berthaut, *Les ingénieurs géographes militaires 1624-1831*, Paris, Service géographique de l'armée, 1902, vol. 2, p. 245-249 ; *Le service géographique de l'Armée...*, *op. cit.*, p. 27.

⁴⁴ . Rouby, Edouard Emmanuel, *op. cit.*, p. 33.

⁴⁵ . *Ibid.*, p. 84.

⁴⁶ . Résultats obtenus à partir du nombre de feuilles imprimées en 1888, 1889, 1901, 1902 et 1903, données tirées des rapports annuels correspondants.

⁴⁷ . Archives de l'IGN, portefeuille des documents relatif à la carte des Alpes en couleurs à l'échelle 1:80 000.

⁴⁸ . *Rapport pour 1914*, p. 53.

moins de 55 millions de documents cartographiques côté français⁴⁹. Si on estime que les Allemands ont en produit autant et qu'on ajoute à ces chiffres les productions belge et anglaise, ce sont plus de 100 millions de documents cartographiques qui ont été produits et détruits pendant cette guerre, soit plus de deux tonnes et demi chaque jour ! Il est remarquable que la plus grande part de cette production a « échappé » au dépôt légal et qu'elle est peu représentée dans les cartothèques. Par exemple, l'IGN conserve seulement quelques milliers de tirages des plans directeurs de tir. De nombreuses éditions ont purement et simplement disparu dans la boue des tranchées et dans les latrines. Ainsi, avec cette guerre, la cartographie est passée du statut de produit de consommation courante à celui d'un objet voué à la destruction massive. Pour mémoire, les deux plus importantes collections françaises, celles de la bibliothèque nationale de France et de l'IGN, conservent chacune environ un million de documents environ.

La seconde guerre a laissé d'autres traces. Au moment de leur entrée dans Paris, en juin 1940, les Allemands réquisitionnent le stock de cartes de l'armée française, soit cinq millions de feuilles partagées entre 12 000 titres différents⁵⁰. Quelques années plus tard, au milieu de l'année 1944, les mêmes Allemands abandonnent une importante documentation cartographique au moment de leur retraite. Après la libération, elle est récupérée par l'IGN, chargé de les trier et de les distribuer. Un service spécial est créé à cet effet en septembre 1944. En un an et demi, il ne traite pas moins de 2850 tonnes de cartes, soit entre 80 et 100 millions de documents⁵¹. La plus grande part est envoyée au pilon, une partie est récupérée pour être imprimée au *verso* (par les Français et par les Américains), une partie est distribuée aux armées anglaise et américaine qui reçoivent chacune des lots de 10 exemplaires de chaque document (plus de 500 000 feuilles), enfin, ces cartes contribuent aussi à alimenter la cartothèque de l'IGN dont le fonds allemand constitue la plus importante collection d'origine étrangère⁵².

Pour la période la plus récente, les armées communiquent peu sur ces questions. S'il est entendu que les palettes de milliers de cartes hydrographiques, mises à jour à chaque escale avant d'être rechargées sur les navires, ont été remplacés par des versions numériques, l'armée de terre, aussi équipée en données numériques, continue d'utiliser des cartes imprimées sur papier. L'explication, donnée par un conservateur du service géographique de l'armée anglaise au cours d'une conversation informelle, est simple : un impact de balle dans une carte imprimée ne lui retire qu'une faible part de ses informations tandis que le même impact dans un écran le rend inutilisable.



Chapitre précédent

Chapitre suivant

Sommaire

Au-delà des frontières – connaître / conquérir / coopérer

Représenter la troisième dimension

Annexes

⁴⁹ . *Rapport pour 1914-1919*, p. 4-5, 9-11 et 399.

⁵⁰ . *Rapport pour 1940-1942*, p. 23.

⁵¹ . Dans les rapports, les données sont exprimées en tonnes. Calcul de l'auteur sur la base de papier de 100 grammes par mètre carré et d'un tiers de mètre carré par feuille.

⁵² . *Rapport pour 1943-1944*, p. 105 ; *Rapport pour 1945*, p. 42 ; *Rapport pour 1946*, p. 50.

Arnaud, *La carte de France* – « 4. D'un objet rare à un produit de destruction massive »

Les reproductions qui ne portent pas de mention d'origine particulière proviennent de l'Institut national de l'information géographique et forestière.
Ce texte et les dessins de l'auteur sont sous licence creative common : Attribution – ShareAlike 4.0. (CC-BY-SA).