

UN « ÉLÉPHANT BLANC » EN PLEINE RÉVOLUTION FRANÇAISE : LES GRANDES TABLES DE LOGARITHMES DE PRONY COMME SUBSTITUT AU CADASTRE !

Les projets qui n'aboutissent pas, bien qu'ils aient consommé d'importantes ressources, ne sont hélas pas chose rare. Si le domaine scientifique est un terrain sur lequel de tels projets prospèrent, c'est parce qu'ils acquièrent une aura qui cache l'échec aux yeux de responsables de plus haut niveau. Sous la Révolution française, un projet de ce type a été mené durant onze ans sous la responsabilité de Gaspard de Prony, avec pour finalité de calculer des logarithmes avec une très grande précision. Malgré la mobilisation d'une centaine de personnes, le Bureau du Cadastre n'a rien produit. Prony a masqué cet échec avec une habileté remarquable par ses témoignages qui omettaient ses propres défaillances en matière de qualité des chiffres et qui rejetaient la responsabilité de l'arrêt du projet sur ses supérieurs, au niveau gouvernemental.

Par **Jean-Louis PEAUCELLE***

De nos jours, les ingénieurs et les chercheurs utilisent tous pour leurs calculs des ordinateurs. Depuis près d'un demi-siècle, on ne se sert plus de tables de logarithmes. Or, ces tables ont été nécessaires pendant longtemps aux ingénieurs, aux astro-

nomes et aux navigateurs. Elles avaient pour but de simplifier les opérations en réutilisant des calculs déjà

* Professeur de gestion à la retraite.



« Gaspard-Clair-François-Marie Riche, baron de Prony (1755-1839), a été membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des Ponts et Chaussées, professeur et examinateur à l'École polytechnique. Il a été le premier directeur du Bureau du Cadastre nouvellement créé, et les grandes tables de logarithmes furent calculées suivant ses instructions ».

faits par d'autres. La plus ancienne table trigonométrique est l'*Opus Palatinum* (1) élaboré par Georg Joachim Rhéticus (1514-1574), un disciple de Copernic (1473-1543). Son *Thesaurus mathematicus* était encore plus précis (2). Avec l'invention des logarithmes par l'Écossais John Napier (1550-1617), de

(1) 1596 sinus, tangentes et sécantes avec 10 décimales, de 10 secondes en 10 secondes.

nouvelles tables furent éditées, notamment par le Hollandais Adrien Vlacq (1600-1667). Sous la Révolution, on a introduit la division centésimale du cercle en grades : il a donc fallu calculer les tables correspondantes. Prony, directeur du Bureau du Cadastre de 1791 à 1802, a dirigé le calcul des loga-

(2) 1613 sinus, tangentes et sécantes avec 15 décimales, de 10 secondes en 10 secondes.

rithmes des fonctions trigonométriques de 100 000 divisions du quart de cercle (avec quatorze décimales) et ceux des 200 000 premiers nombres. Cette œuvre gigantesque est consignée dans seize volumes *in-folio*, établis en deux exemplaires restés à l'état manuscrit (3). Les conditions de l'élaboration collective de cette œuvre sont étranges, puisque ce fut un service administratif qui les mena, et non pas l'Observatoire, qui en aurait pourtant été le principal utilisateur scientifique. Ce fut d'ailleurs un échec, puisque ces tables n'ont pas été diffusées. Ce ratage a été parfaitement camouflé par son responsable durant tout le déroulement du projet, comme par la suite, lorsqu'il évoquait son passé.

Gaspard-Clair-François-Marie Riche, baron de Prony (1755-1839), a été membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des Ponts et Chaussées, professeur et examinateur à l'École polytechnique. Il a été le premier directeur du Bureau du Cadastre nouvellement créé, et les grandes tables de logarithmes furent calculées suivant ses instructions.

Durant onze années, le Cadastre a réalisé deux sortes de travaux : des cartes et des tables. Nous montrerons ci-après comment ces tâches se sont substituées à l'objectif initial qui était de nature fiscale : établir la répartition de la contribution foncière.

Cette histoire détaillée est établie d'après les documents conservés tant à la bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées (4) qu'aux Archives Nationales (5).

LE BUREAU DU CADASTRE

Créé en 1791, le Bureau du Cadastre fut supprimé par Napoléon en 1802, qui créa un nouveau Bureau du Cadastre en 1807, avec la mission précise de faire établir des cadastres parcellaires dans chacune des communes françaises (les impôts fonciers furent toujours en arrière-plan de ces missions cadastrales).

La contribution foncière

En 1790, l'Assemblée nationale décida de remplacer les anciens impôts par une contribution foncière assise sur le revenu net des propriétés (6). Elle suivait en cela les idées de l'économiste François Quesnay. Elle

décida de faire établir des plans des propriétés par commune (7). Et, au niveau central, fut créé un Bureau du Cadastre, que Prony mit sur pied.

Avant tout fruit du travail du Bureau du Cadastre, la contribution foncière a été levée de la manière suivante : on a pris comme base l'impôt royal dit du vingtième, dont l'assiette était le revenu de toutes les propriétés. En 1789, cet impôt avait rapporté 57 millions de livres. En 1791, on voulait porter la collecte à 300 millions. L'Assemblée votait chaque année une répartition par département. Puis chaque département répartissait sa quote-part entre ses cantons et entre ses communes. Au niveau des communes, une commission formée de cinq contribuables et d'un agent communal déterminait la répartition entre les propriétaires, avec comme seule limite légale le fait que l'impôt payé ne devait pas dépasser le quart du revenu net des assujettis.

Bien évidemment, ces répartitions donnaient lieu à de nombreuses contestations et, dès 1791, on a accordé des dégrèvements inégalement répartis entre les départements, des dégrèvements qui ont représenté environ un dixième de l'impôt global cinq ans plus tard, rendant ainsi l'imposition très insatisfaisante.

Pour répondre aux besoins de la contribution foncière, Prony a conçu un gigantesque projet en huit points allant de la révision de la carte de Cassini (8) jusqu'à la connaissance de la population par commune (9). Ce projet correspond aux missions actuelles de l'Institut National des Statistiques et des Études Économiques (INSEE) et de l'Institut Géographique National (IGN). Pour mener à bien ce projet, Prony disposait en tout et pour tout de six employés ! La disproportion entre les buts et les moyens était flagrante. Mais même lorsque le Bureau du Cadastre compta plusieurs dizaines de personnes, le programme initial ne fut jamais réellement engagé.

Cet échec résulte d'une absence de méthode. On ne savait pas comment établir la « production nette », tant au niveau national qu'aux niveaux intermédiaires. De plus, à cette finalité première, Prony substitua d'autres objectifs plus faciles à poursuivre, notamment celui de publier des tables de logarithmes très précises. Cette difficulté méthodologique poussait Prony à faire glisser les objectifs du Bureau du Cadastre vers des tâches réalisables présentant un intérêt scientifique intrinsèque.

(3) À la bibliothèque de l'Institut et à la bibliothèque de l'Observatoire de Paris.

(4) 8281 table X, folio 305, Ms 1497, Ms 1745, Ms 2148, Ms 2402, Ms 242, Ms.fol.1890, MS.FOL.2774.

(5) F/14/2146, F/17/1052/B, F/17/1238, F/17/1244b, F/1b1/44, F/20/283, F/4/1246.

(6) Loi du 23 novembre-1^{er} décembre 1790. On parle aujourd'hui de « valeur locative ».

(7) Décret des 4-21 août 1791, décret des 21-28 août 1791, décret des 16-23 septembre 1791.

(8) César-François Cassini (1714-1784) et son fils Jean-Dominique Cassini (1748-1845) ont effectué, de 1756 à 1789, des relevés de triangulation sur mille points géodésiques.

(9) 1) Révision des grands triangles de la carte de France. 2) Triangles secondaires avec tous les clochers. 3) Détermination des hauteurs. 4) Arpentage du terrain. 5) Typologie des différentes sortes de cultures. 6) Topographie souterraine adaptée à la minéralogie. 7) Géographie hydraulique. 8) La population, l'industrie, les mœurs, la salubrité (AN F/20/283 fol. 38).

LES MOYENS ALLOUÉS AU BUREAU DU CADASTRE

Le Bureau du Cadastre a commencé à exister à la fin 1791 occupant des bureaux provisoires, et ce n'est qu'à partir de juin 1793 que les salaires ont été versés régulièrement aux employés. Les moyens commencèrent à augmenter après la création du Comité de Salut Public. Prony était soutenu par Lazare Carnot (1753-1823), qui était membre de ce Comité depuis septembre 1793. Carnot resta au pouvoir jusqu'en juillet 1797. Ces dates correspondent au maximum des effectifs du Bureau du Cadastre. Sous la Terreur, Prony, dont le nom avait été évoqué par l'appareil répressif, a été protégé par Carnot (mais ils ne se fréquentèrent pas durant la Révolution. On peut donc avancer l'hypothèse que les liens qui les unissaient étaient antérieurs à cette période de l'Histoire).

Les deux hommes avaient beaucoup de points communs : leur âge (à deux ans près), leur goût pour les mathématiques, leur formation artistique, et tâtaient tous deux de la poésie (10). Ils étaient placés dans la même situation inconfortable, celle d'avoir un grand talent et d'être barrés dans leur carrière notamment par les nouvelles dispositions prises par Louis XVI visant à brider la promotion des officiers roturiers. Carnot était officier du Génie. De 1776 à 1780, il fut en poste à Cherbourg, un port en construction durant tout le règne de Louis XVI, où le Génie, la Marine et les Ponts-et-Chaussées coopérèrent. Perronet fut sollicité pour son expertise. Mais ce fut probablement Prony qui s'y rendit à sa place (11). Carnot avait été élève de Gaspard Monge (1746-1818) à l'école de Mézières et il lui recommanda Prony pour des leçons particulières en mathématiques. Ainsi, Monge soutint toujours Prony : il le fit nommer à l'Institut dès la création de celui-ci (en 1795) et il l'associa à l'École Polytechnique.

Ainsi, grâce au soutien de Carnot, le Bureau du Cadastre a disposé de plus d'une centaine de personnes (composé pour un tiers d'élèves ingénieurs géographes anciens polytechniciens, un petit tiers de dessinateurs et de géographes et pour un gros tiers de calculateurs). Un tel effectif aurait dû permettre de produire des résultats. Or, rien n'en est sorti. Comment cela fut-il possible, dans un moment où toutes les énergies étaient mobilisées pour la défense de la Patrie ?

(10) CARNOT, 1820, *Opuscules poétiques du général L.-N.-M. Carnot*, Paris, Baudouin Fils.

(11) Il a pris « sa part à l'examen des projets médités pour fonder la digue de Cherbourg », d'après Charles DUPIN (1784-1873), 1840, *Éloge de M. le Baron de Prony*, Chambre des Pairs, Séance du 2 avril 1840, p. 7.

LES TRAVAUX DU BUREAU DU CADASTRE

On peut distinguer cinq étapes dans les onze années d'existence du Bureau du Cadastre. Lors de la première étape, le but du calcul de l'impôt foncier resta primordial – on a calculé la surface des départements. Lors d'une deuxième étape, on a calculé les grandes tables. Ce calcul s'acheva en mars 1795. À ce moment-là, Prony répondit à une demande d'édition de tables trigonométriques réduites, qui furent terminées en juillet 1795. La quatrième étape a été celle de la détection des erreurs de calcul et de leur correction. Les grandes tables furent calculées une deuxième fois. Les vérifications se terminèrent au début de l'année 1798. Dans une cinquième étape, Prony fit encore calculer quelques tables, graver diverses cartes et dresser des exemples de cadastres communaux par type de culture.

La détermination de la superficie des départements (octobre 1791-juillet 1793)

Prony a constitué son Bureau du Cadastre en octobre 1791 avec six personnes, dont un sous-directeur, Jean Henri Hassenfratz (1755-1827), un franc-maçon aux parcours multiples, ingénieur des Mines, ancien élève de Monge, engagé à fond dans le combat révolutionnaire (12).

Hassenfratz a été nommé au Bureau du Cadastre probablement parce qu'il avait travaillé avec Lavoisier. Ayant été fermier général, ce dernier avait des idées sur l'impôt territorial et les avait exposées à ce moment-là (13). Il estimait le produit net des cultures à 2,75 milliards de livres, dont il fallait déduire plus de la moitié (soit 1,55 milliard) pour les frais de culture. Sur le reste, une imposition de 50 % aurait généré un impôt de 600 millions de livres pour l'État. Rien n'était indiqué sur la manière de s'y prendre en pratique pour collecter cet impôt, mais le calcul global reposait sur une analyse par type de culture.

Le problème crucial était celui de la répartition de l'impôt foncier entre les départements. Leur superficie était une des bases sur lesquelles fonder les différences. Les départements avaient été créés le 4 janvier 1790. La documentation sur leur découpage existait, à l'Assemblée nationale (à Versailles). Prony fit faire un calque de la carte des départements et une copie des procès-verbaux propres à chacun d'eux. Il fit reconstituer une carte où les surfaces dans le plan étaient égales à celles sur la sphère, avec les frontières entre les départe-

(12) Emmanuel GRISON, 1996, *L'Étonnant parcours du républicain Jean-Henri Hassenfratz (1755-1827)*, Paris, Presses de l'École des Mines.

(13) Antoine-Laurent DE LAVOISIER, 1791, *De la richesse territoriale du royaume de France*, Paris, Imprimerie Nationale.

ments, et entre les districts à l'intérieur de chacun des départements. Il était alors prêt à calculer leur superficie, par carroyage. Celle-ci était égale à celle du nombre de carrés se trouvant à l'intérieur du territoire à mesurer et à la partie estimée de ceux en recouvrant le pourtour.

Le 19 janvier 1792, Prony envoya au ministre de l'Intérieur son estimation de la superficie de la France continentale et des îles. Il calcula de la même manière celles des districts et des départements (en toises carrées, en arpents carrés et en mètres carrés) (14). La précision finale était excellente, de l'ordre de 0,02 % (15) par rapport aux superficies des départements actuellement reconnues. Mais Prony s'est illusionné, en voulant donner la superficie des départements au centimètre carré près.

Pour avoir une carte qui conservât les superficies, il fallait procéder à des corrections de coordonnées. Ces corrections requéraient des multiplications des mesures sur le terrain par le sinus de l'angle entre la sphère et le plan de projection. Pour réduire ces calculs complexes à de simples additions, Prony fit établir une table des multiples des sinus (avec sept décimales) pour les minutes de la division sexagésimale du cercle (égales à $1/60^\circ$ de degré).

Prony a ainsi simplifié le travail de ses employés. Mais cet usage interne n'exigeait l'édition que de quelques exemplaires et la table pouvait se cantonner aux petits angles. En effet, elle « ne devait s'étendre que jusqu'à environ 20 degrés, parce qu'elle n'était destinée qu'à abrégé les calculs des angles d'inclinaison, mais le directeur a [vait] réfléchi qu'elle pouvait être de la plus grande utilité pour rapporter toutes les longueurs horizontales à la méridienne et à la perpendiculaire sans aucun calcul trigonométrique et [pour] placer tous les points d'une carte d'un plan sans se servir, pour le tracé des angles, d'aucun moyen graphique dont les plus exacts sont toujours sujets à des erreurs inévitables » (16). Ainsi, Prony annonçait de lui-même un possible dérapage. Il devait calculer le produit net par département : il a décidé de calculer leurs superficies. Ce fut là un premier glissement d'un but compliqué vers un but simple, qui pouvait être considéré comme un préalable. Mais il opéra un deuxième glissement, celui d'un outil intermédiaire de travail interne vers une table logarithmique destinée au public externe. La table des multiples des sinus, composée dès la fin 1792, a été imprimée en mai et en juillet 1793 (17). De cette table imprimée, il n'en reste aujourd'hui que deux exemplaires.

(14) Pour la conversion, il a utilisé la définition provisoire du mètre adoptée par la Convention, le 1^{er} août 1793.

(15) Pour la Côte-d'Or.

(16) ENPC Ms 2148 (2), travail complémentaire depuis le 31 mai 1792.

Le calcul de la superficie des circonscriptions territoriales a donc occupé le Bureau du Cadastre au tout début de son existence. Le résultat fut atteint, probablement en 1794. Cette phase se recoupe avec celle du projet d'élaboration de grandes tables de logarithmes, projet dont l'idée remontait à décembre 1793.

Les grandes tables de logarithmes (décembre 1793-mars 1795)

Le 3 novembre 1793, le Bureau du Cadastre fut intégré à la Commission des Subsistances et des Approvisionnements. Prony put alors tripler ses effectifs ; il embaucha neuf dessinateurs, six mathématiciens et huit garçons de bureau (aux fonctions non précisées). Les anciens furent promus : ainsi, le général Charles Frérot d'Abancourt (1758-1801) devint chef de la section graphique et Jean-Guillaume Garnier (1766-1840), chef de la section de calcul (cette abondance de moyens était certainement due à Carnot).

Prony forma alors le projet de calculer les fonctions trigonométriques pour la nouvelle division du quart de cercle. Voici les termes dans lesquels il évoquait son ambition, le 20 décembre 1793 : « Ce travail consiste à former des tables trigonométriques en logarithmes et en nombres naturels où les approximations seront poussées jusqu'à 20 chiffres et pourront être publiées avec 16 caractères, accompagnées des différences 1ères, 2des et 3ces » (18).

Le 5 mai 1794, Prony réclama au Comité de Salut Public huit calculateurs et deux dessinateurs en promettant la publication de ces grandes tables dans les cinq mois. Le lendemain, le Bureau du Cadastre était placé sous les ordres de la Commission des Travaux Publics contrôlée par Carnot et, le 11 mai 1794, Prony obtint les dix personnes supplémentaires demandées, ainsi que la mission d'imprimer les tables en 10 000 exemplaires (19). Prony embaucha trois mathématiciens, quatre calculateurs, six dessinateurs et un expéditionnaire (ainsi, en octobre 1794, il avait sous ses ordres quarante-six personnes).

Le tirage prévu, de 10 000 exemplaires, était démesuré pour un ouvrage destiné uniquement aux scientifiques. Le plus gros tirage de cette époque avait été celui de l'*Encyclopédie* de Diderot. Sa première édition eut 2 250 souscripteurs et fut tirée à 4 250 exemplaires. C'était considérable, même si, avec les rééditions ultérieures, on est parvenu à un total de 24 000 exemplaires. Il arrivait souvent, au XVIII^e siècle, que

(17) En 1 000 exemplaires. Prony a même prétendu qu'elles ont été imprimées à 6 000 exemplaires (ENPC Ms 2148 (11) situation du Cadastre et transports au 30 frimaire An II (20 décembre 1793)).

(18) ENPC Ms 2148 (11) situation du Cadastre et transports au 30 frimaire An II.

(19) Décret n°17 du 22 floréal An II.

l'on compose des textes (comme, par exemple, des plaidoiries) pour n'en tirer qu'une ou deux dizaines d'exemplaires.

Prony a mis en avant des arguments scientifiques et nationalistes pour ce travail. « Elles [les grandes tables, car celles-ci étaient déjà calculées. Or, Prony décida de recommencer les calculs avec des pivots tous les 40 pas : « Je pris le parti de construire à neuf par mes procédés manufacturiers les tables portatives, sans avoir recours aux grandes et, dans l'espace de neuf jours, ces tables portatives furent calculées double et sans erreur ». En fait, la durée totale des travaux fut de quatre décades (cinq semaines).

Les tables réduites ont été terminées en mai 1795. Elles furent composées et imprimées en mille exemplaires, sous la forme d'un unique volume de 136 pages. Bien que disponibles gratuitement, elles n'ont été prises que par une seule personne. L'École Normale de l'An III ayant été supprimée en mai 1795, ces tables réduites avaient perdu leur principal client. On ne possède aucun exemplaire de cette édition (il en reste seulement trois manuscrits). L'échec de ces tables et la disparition des mille exemplaires imprimés seraient très étranges si l'on ignorait le fait que de meilleures tables avaient paru entre-temps. En effet, avant l'été 1795, avait été publiée une autre table des logarithmes à sept décimales, avec la division en $1/10\ 000^{\circ}$ du quart de cercle, c'est-à-dire une table ayant les mêmes caractéristiques que la table réduite de Prony, une table concurrente, donc. Cette table avait été composée par Callet (23) d'après les grandes tables de Prony. Dans sa préface, Callet remerciait Garnier, le chef des calculateurs de Prony. Il remerciait aussi Charles Simon Thévenau (1759-1821), qui avait vérifié les résultats sur les tables calculées au Bureau du Cadastre (or, celui-ci avait été embauché par Prony en mars 1795). Ainsi, furent donc publiées deux tables qui auraient dû être identiques. On allait pouvoir les comparer. Celle de Callet a rapidement été renommée pour son exactitude. On ne possède pas d'exemplaire imprimé des tables réduites de Prony, mais dans le manuscrit original de l'Observatoire, on voit de nombreuses corrections par surcharge des caractères, des corrections apportées à la plume. Beaucoup d'erreurs portent sur le troisième ou le quatrième chiffre après la virgule. Il aurait été possible de faire une liste d'*errata*, mais la table de Callet n'en avait pas besoin. Elle prit le marché – celle de Prony était devenue inutile.

La table réduite (mars 1795-juillet 1795)

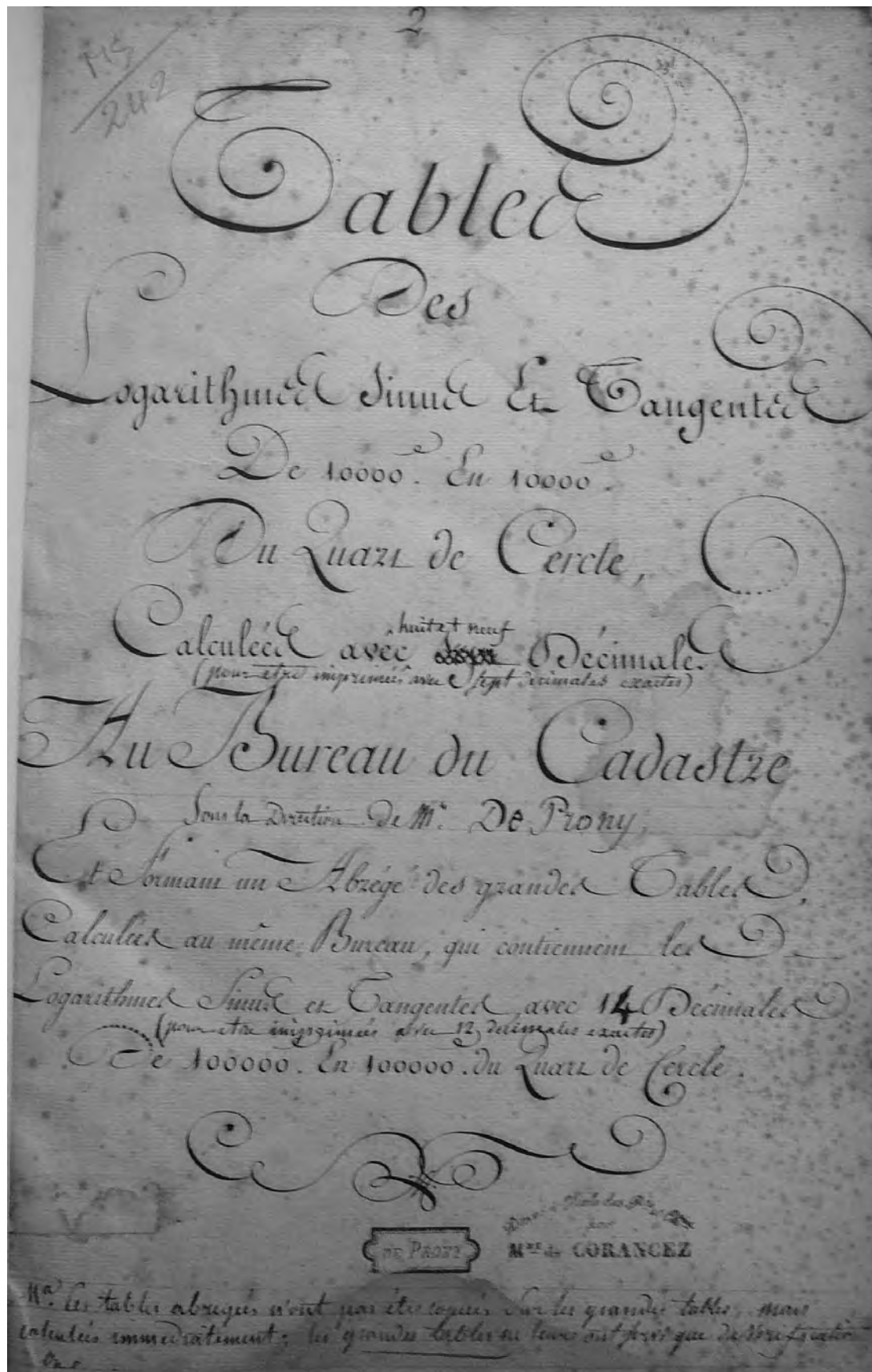
En mars 1795, Prony pouvait estimer son travail terminé. Mais ses tables étaient gigantesques et les savants attendaient un livre qui fût manipulable. En passant par la voie hiérarchique, Lagrange et Laplace, professeurs à l'École Normale, demandèrent une table réduite pour les fonctions trigonométriques par

(20) AN F/17/1238 rapport de la Commission des TP au comité de Salut Public 16 brumaire An III (6 novembre 1794) et 12 nivôse An III (1^{er} janvier 1795). La France avait déclaré la guerre à l'Angleterre le 1^{er} février 1793. Cette guerre dura jusqu'au traité d'Amiens (en 1802). Les tables de logarithmes les plus diffusées étaient celles de l'Anglais Gardiner.

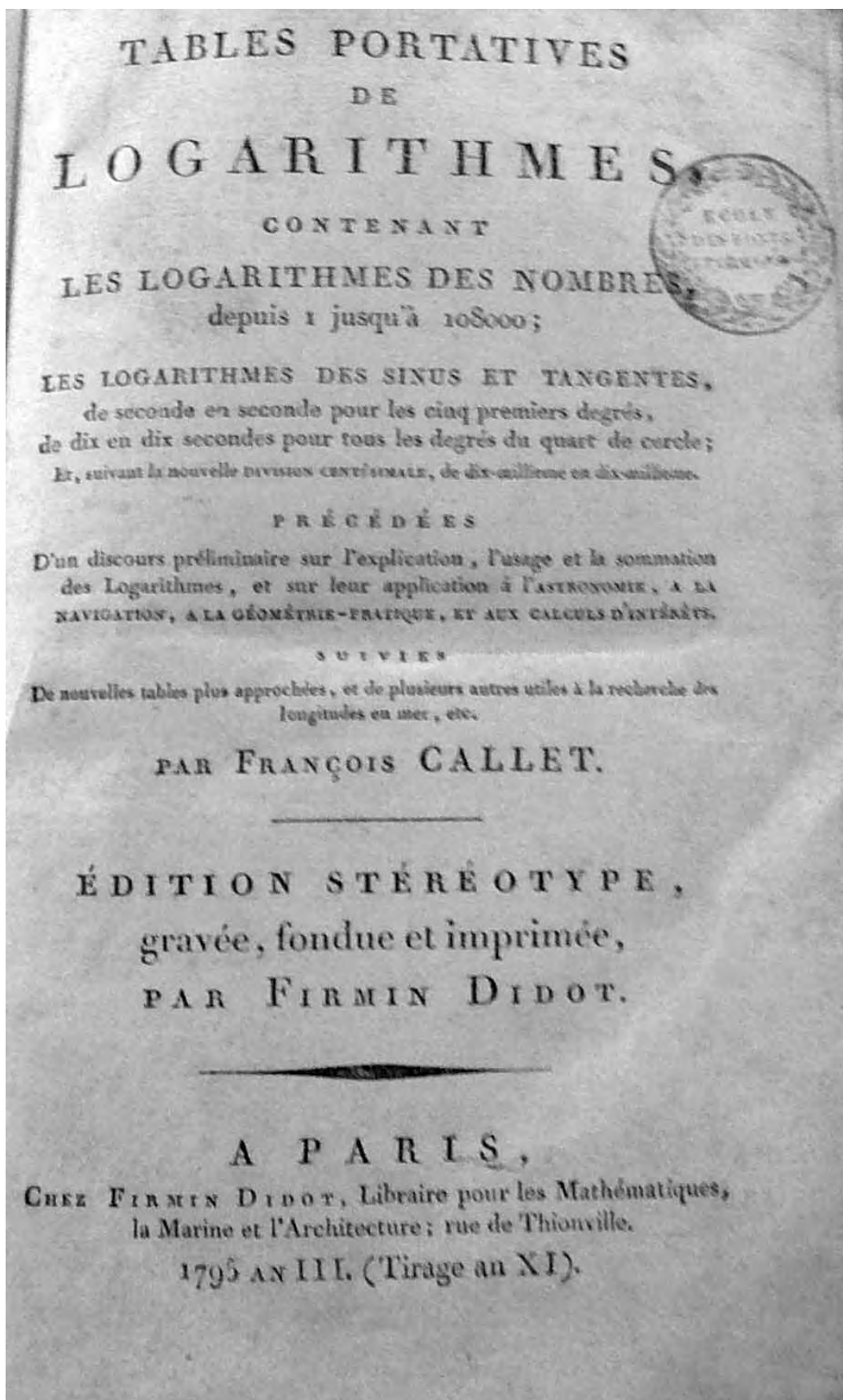
(21) Les différences finies ont une valeur fortement décroissante avec l'ordre auquel elles sont poussées.

(22) Gabriel Mouton (1618-1694), prêtre, astronome. Denis Roegel donne des explications détaillées sur les calculs de Prony : "*The great logarithmic and trigonometric tables of the French Cadastre: a preliminary investigation*". http://hal.inria.fr/inria-00543946_v1/

(23) Jean-François CALLET, 1795, *Tables portatives de logarithmes*, Paris, Didot.



« En passant par la voie hiérarchique, Lagrange et Laplace, professeurs à l'École Normale, demandèrent une table réduite pour les fonctions trigonométriques par 1/10 000° du quart de cercle et avec sept décimales. Prony en reçut l'ordre fin mars 1795 et il embaucha huit calculateurs de plus. Ces tables réduites, dont il ne reste que des versions manuscrites, furent terminées en mai 1795.



Avant l'été 1795, fut publiée une autre table des logarithmes à sept décimales, avec la division en $1/10\ 000^e$ du quart de cercle, c'est-à-dire une table ayant les mêmes caractéristiques que la table réduite de Prony, une table concurrente, donc. Cette table avait été composée par Callet d'après les grandes tables de Prony ».

La table réduite de Prony, nouvellement calculée et néanmoins erronée posa dès lors le problème de l'exactitude des grandes tables de logarithmes. Comment s'en assurer ? Ce fut la tâche principale de l'étape suivante, une étape dans laquelle le contrôle devint l'élément fondamental.

Calculs à nouveau et vérifications
(octobre 1795-février 1798)

À partir de l'été 1795, Prony fit refaire tous les calculs et comparer les valeurs, qu'il fit corriger en cas de discordance. Ce travail dura deux ans et demi.

Dans le processus d'élaboration d'une table imprimée, il y a deux sources d'erreurs possibles : les erreurs de calcul figurant sur l'original et les fautes de composition typographique.

La composition se faisait directement d'après les feuilles de calcul constituant les volumes manuscrits. Pour connaître l'ampleur des erreurs, quelques échantillons suffirent. Pour la table des multiples des sinus (qui avait été imprimée en juin 1794), Prony avait fait identifier les erreurs typographiques. On a une liste d'environ 200 coquilles, soit 0,1 % des caractères. Pour les grandes tables, on possède une seule page imprimée de la table des sinus naturels. Les valeurs sont très correctes, mais on relève 13 erreurs typographiques, pour 7 700 chiffres (soit environ 0,2 % de caractères erronés). La table réduite devait présenter de 140 à 280 erreurs liées à la composition des 140 000 chiffres, des 10 000 sinus et tangentes, soit, en moyenne, une à deux erreurs par page.

À ces erreurs typographiques s'ajoutaient les erreurs de calcul dans les additions et dans les soustractions répétées. L'erreur porte assez fréquemment sur un seul caractère (il s'agit le plus souvent d'une retenue mal faite). Les manuscrits originaux portent la trace de nombreuses modifications par surcharge, par collage d'une bande de papier ou, encore, par le collage d'une page entière. Ce sont les erreurs qui ont été détectées, et corrigées. Au final, les deux exemplaires des grandes tables sont très proches, mais il avait fallu les ajuster l'un à l'autre.

Pour ce travail de correction, beaucoup plus important, d'autres personnes ont été nécessaires. Prony a demandé des vérificateurs. Il a aussi eu recours à des personnes embauchées pour le calcul des tables réduites. En outre, il a affecté aux calculs des géographes qui avaient été recrutés pour faire des mesures sur le terrain. Au début de 1795, on avait entrepris d'établir le cadastre de Paris. Pour cela, on avait organisé un concours dans toute la France afin de sélectionner vingt-cinq géographes. Ceux-ci arrivèrent à Paris à partir de février 1795. Prony eut alors l'idée d'affecter ces géographes géodésistes au calcul du dou-

ble des grandes tables (24). Seize d'entre eux acceptèrent. C'est ainsi que sur les 75 employés du Bureau du Cadastre, 45 furent chargés du calcul à nouveau et de la vérification des grandes tables.

Ce calcul en double commença en novembre 1795. Les vérifications et les corrections durèrent jusqu'au mois de février 1798, moment où Prony annonça à son ministre que les grandes tables étaient achevées. Il avait fallu deux ans et demi pour valider les chiffres, alors que le calcul du premier exemplaire n'avait duré que neuf mois, avec deux fois moins de personnes.

Réalisation de cartes (mars 1798-mars 1802)

Avec l'arrivée des vingt-cinq géographes ayant été reçus au concours, l'effectif du Bureau du Cadastre, hors école des géographes, a atteint son maximum de 75 personnes en avril 1795. Il ne cessa de diminuer par la suite. Tout d'abord, dans les trois mois qui suivent, 28 personnes sont parties. Ce départ de plus du tiers de l'effectif reflète le fait que le travail de calcul des grandes tables semblait terminé. Mais en novembre 1795, Prony a embauché 14 nouvelles personnes. Jusqu'en juin 1797, l'effectif resta d'environ soixante personnes. C'est à cette période que pour régler la crise financière, le gouvernement a décidé de se séparer de la moitié des fonctionnaires parisiens. Prony « supprima » ainsi 31 personnes. Il ne resta au Bureau du Cadastre aucun des géographes recrutés par concours pour établir le cadastre de Paris (sauf deux qui se firent réembaucher sur des postes subalternes). Théveneau, un mathématicien, travailla au Bureau du Cadastre à partir de mars 1795. Il témoigna des mauvaises relations de Prony avec son personnel au moment de la vérification des tables : « Un jour, son chef fit quelques corrections au travail qu'il lui présentait. Blessé de cela, Théveneau l'apostropha rudement : "Misérable, lui dit-il. Tu es bien payé ; tu occupes une place que je mérite mieux que toi ; tu n'es pas digne de m'avoir sous tes ordres, ni même d'être sous les miens", et il se retira » (25). Théveneau fut licencié en juin 1797 (L'ambiance au sein du Bureau du Cadastre devait être détestable...).

À partir de 1798, l'équipe réduite du Bureau du Cadastre s'occupa de trois tâches : dessiner des cartes, calculer des éphémérides (horaires prévisionnels des mouvements du soleil, de la lune, des marées, etc.) et construire de nouvelles tables.

Durant cette période, Prony fut l'objet de plusieurs attaques. Tout d'abord, en mai 1797, à l'occasion de la discussion budgétaire, son rôle fut remis en cause. André-Daniel Laffon-Ladébat (1746-1829), membre du Conseil des Anciens, fut chargé de faire un rapport sur la contribution foncière. Il en conclut qu'il fallait avoir « une connaissance du vrai produit territorial de

(24) Sous le prétexte que le Bureau du Cadastre ne disposait pas des instruments de mesure sur le terrain pour ces géodésistes.

(25) Louis Gabriel MICHAUD (1811-1828), *Biographie universelle, ancienne et moderne*. Vol. 45, Paris, Michaud, p. 375.

chaque département, de chaque canton, de chaque commune » (26). Le Bureau du Cadastre devait y tendre. En attendant, il proposait de continuer de lever l'impôt foncier avec les clés – provisoires – de répartition entre les départements dont il disposait. Ce document était complété par un rapport de Prony annonçant le nouveau projet d'établir le cadastre de toute la France sur la base des déclarations des communes comportant l'indication des propriétaires, des superficies, des types de culture, les produits nets, les troupeaux, la population, l'industrie. Prony reportait ainsi le travail sur les responsables communaux. Ce projet aurait duré dix ans, pour un coût de 20 millions de livres.

Les seules traces de ce vaste programme furent le cadastre par type de culture de Vitry-sur-Seine et le comptage des surfaces de labours, de pâturages, de bois, de vignes, du bâti, des routes et des friches de 55 communes du canton de Choisy-le-Roi. C'étaient là des modèles pour l'élaboration d'autres cadastres communaux, mais ceux-ci ne semblent pas avoir été établis sur le terrain. À partir de ces surfaces, le « produit net » servant de base à l'impôt foncier aurait été établi grâce à des études spécifiques portant sur des cultures types. Mais Prony n'entama pas ces études.

En juin 1800, un membre anonyme du Bureau du Cadastre dénonça ce qu'il s'y passait. Voici ses griefs : le directeur, cumulant ses fonctions avec celle de directeur de l'École des Ponts-et-Chaussées depuis octobre 1798, n'avait pas le temps de s'occuper du cadastre ; les employés étaient souvent absents, notamment les élèves de l'École des géographes, associée au Bureau, et il n'y avait pas de travail à exécuter. Ce rapport émanait de « quelques employés laborieux du cadastre, lesquels, attachés à leurs devoirs, se plaignent d'un désœuvrement dont ils voudraient sortir » (27). Les réformes proposées étaient radicales : supprimer l'École des géographes et envoyer la moitié des effectifs du Bureau du Cadastre sur le terrain (28).

En 1801, Prony tenta de valoriser son action en demandant à l'Académie des Sciences un audit sur les grandes tables. Ses collègues écrivirent : « Il résulte d'un examen si attentif et si approfondi que les tables du cadastre sont aussi précieuses par leur exactitude que par leur étendue. Sans doute, cette étendue même les empêchera d'être jamais d'un usage aussi habituel que celles qu'il sera possible de renfermer dans un volume plus portatif : il n'en est pourtant pas moins à

désirer qu'elles soient publiées soit pour être employées dans des calculs importants et qui exigeraient une précision non commune, soit pour servir de type et de modèle pour la fabrication et la vérification des tables de toute forme et de toute étendue qu'on jugera bon de publier. » (29). Mais la conclusion aurait pu être plus enthousiaste. En effet, pour ces usages spécifiques, les deux exemplaires manuscrits auraient pu suffire.

L'expertise demandée par Prony était de sa part une ultime manœuvre pour jouer de son double statut de scientifique et de responsable administratif, comme il l'avait toujours fait. Sa nomination au poste de directeur de l'École des Ponts-et-Chaussées, en octobre 1798, affaiblissait sa position. Certes, il n'était plus payé par le Bureau du Cadastre, mais il n'avait plus de temps à y consacrer. Ses calculateurs n'avaient plus de projet précis. Dès lors, il n'y avait rien d'anormal à ce que Bonaparte supprimât, en 1802, le Bureau du Cadastre.

L'examen détaillé des archives fait ainsi apparaître cinq étapes, qui se différencient de par leurs résultats, parmi lesquels les tables. Cette scansion permet de comprendre comment s'est opéré le glissement des buts et comment Prony, installé dans ses bureaux à Paris, ne concevait pas vraiment le travail cadastral sur le terrain. La diffusion des grandes tables passait aussi par le concours d'un imprimeur, ce fut Ambroise-Firmin Didot. Or, les relations de ce dernier avec Prony se sont dégradées au fur et à mesure que se profilait l'échec du projet.

LES RELATIONS DE PRONY AVEC L'IMPRIMEUR AMBROISE-FIRMIN DIDOT

Prony tenait à ce que ses grandes tables logarithmiques soient diffusées. Dès août 1794, il en prépara l'impression. « Les coopérateurs du cadastre ont fait tous les efforts dont ils sont capables... et sont actuellement en état de commencer l'impression du plus grand et du plus beau travail trigonométrique et logarithmique qui ait jamais existé » (30).

Il se tourna vers Ambroise-Firmin Didot (1764-1836), qui avait déjà imprimé sa *Table des multiples des sinus*, et qui imprimait les assignats pour le gouvernement. Le contrat qui fut établi est un modèle à ne

(26) *Rapport au Conseil des Anciens fait par Laffon-Ladébat au nom de la commission nommée sur la résolution du Conseil des Cinq-Cents du premier floréal, relative à la contribution foncière*. Séance du 2 prairial An V (21 mai 1797), BNF 8- LE45- 33, Paris, Imprimerie Nationale, p. 19.

(27) AN F/4/1246.

(28) Un an plus tard, Tranchot et Pigeou, auteurs probables de la dénonciation, furent envoyés sur la rive gauche du Rhin pour cartographier les quatre nouveaux départements. Après 1814, la France remit à la Prusse les 321 cartes qu'ils avaient réalisées.

(29) LAGRANGE, LAPLACE et DELAMBRE (1801), « Rapport sur les grandes tables trigonométriques décimales du cadastre. Contenu dans Prony », in PRONY, 1801, *Notice sur les grandes tables logarithmiques et trigonométriques calculées au Bureau du Cadastre, sous la direction du citoyen Prony*, pp. 24-25.

(30) AN F/17/1238 2 fructidor An II (19 août 1794).

pas suivre. Mille pages étaient prévues. Didot a fourni deux devis, l'un, très cher, avec la « méthode traditionnelle ». Le tirage, à 10 000 exemplaires, formait 80 % du coût total.

La deuxième méthode dite du « poly-typage » était préconisée par Didot et Prony. Elle consistait à conserver les caractères composés et à ne les souder qu'après vérification. Si les premières épreuves montraient des erreurs, on pouvait les corriger en remplaçant les seuls caractères erronés. La qualité de la table pouvait ainsi s'améliorer de tirage en tirage. L'édition était décomposée en deux phases. Dans la première phase, on composait et on tirait 500 exemplaires ; les 9 500 exemplaires suivants étaient tirés dans un deuxième temps. Le coût total était supérieur d'un tiers, mais la dépense initiale était réduite de moitié. Cette solution fut retenue dans un contrat, signé en août 1794.

Profitant du découpage du travail en deux étapes, Didot a fait payer la composition deux fois plus cher. La différence de coût entre les deux solutions s'expliquait, pour moitié, par cette composition plus chère et, pour moitié, par le coût des caractères conservés. Le contrat fut donc signé en août 1794, et des paiements échelonnés étaient prévus pendant dix-huit mois. Didot reçut le premier montant en septembre. Il acheta le métal nécessaire pour fondre les caractères, il fabriqua ceux-ci et il commença à composer la table à partir des versions manuscrites. Environ un an plus tard, il fit le point sur l'exécution du marché. Il avait composé 527 pages, soit la moitié du contrat initial, mais le projet avait doublé de volume, passant à 2 100 pages. Alors que Didot avait prévu de n'imprimer que les valeurs des logarithmes, Prony l'avait contraint à y ajouter toutes les valeurs des différences qu'il avait utilisées pour le calcul. Le travail déjà réalisé ne formait donc plus qu'un quart de l'ensemble du travail nouvellement projeté.

Les paiements ont été effectués conformément aux termes du contrat initial, mais la monnaie avait perdu de sa valeur. Didot a réclamé un rattrapage dans les paiements, mais le gouvernement cessa de payer. Curieusement, Didot ne parlait pas du doublement de la pagination (Il se réservait sans doute la possibilité de le faire une fois cette première rallonge obtenue...).

En tenant compte de la baisse de valeur des assignats, les paiements reçus par Didot à la fin décembre 1795 représentaient 35 % du contrat signé, alors que celui-ci aurait dû être payé à hauteur de 90 %. L'impécuniosité du gouvernement, en pleine crise financière, aurait arrêté l'impression des tables. Mais au cours de cette année 1795, Prony avait constaté les erreurs de calcul. Or, il lui manquait le principal : les chiffres exacts. Il ne fit même pas corriger les épreuves que Didot lui avait remises. La crise financière était une bonne couverture pour le problème posé par les erreurs. Deux ans plus tard, au début de 1798, Prony disposait enfin de chiffres

très corrects, mais il n'avait plus de soutien au gouvernement. L'impression ne fut pas reprise.

Dans ce projet raté, Prony a coopéré avec Didot tout d'abord en soutenant sa méthode et son devis élevé. Il lui a fourni les pages manuscrites à typographe, mais il a exigé l'impression de tous les éléments du calcul. Cette décision avait, comme nous l'avons vu, conduit au doublement de la pagination initiale. Ni Didot ni Prony n'ont fait signer d'avenant. Ce fut là une grosse erreur, parce que Didot ne savait pas du tout comment se terminerait l'édition. Il n'imaginait pas que les chiffres des documents manuscrits puissent présenter autant d'erreurs (il n'avait envisagé que les seules erreurs de typographie).

Didot a partiellement trahi Prony quand il a engagé l'édition des tables de Callet, au début de 1795. Du point de vue commercial, ce fut un grand succès. Cela l'a conduit à refuser d'imprimer l'édition, concurrente, des tables réduites de Prony. Pourquoi a-t-il lâché un partenaire dont il tirait profit ? La réponse n'est pas claire, mais il est probable que Prony prenait du retard dans sa part du travail d'édition, notamment dans la vérification des épreuves, dès le début de 1795. À l'été 1795, Didot a certainement vu les discordances entre les deux éditions des tables réduites et il a compris le problème des erreurs, qu'il a sans doute perçu comme un problème de composition. Fin 1795, il a compris que Prony recalculait tout en double. Il a alors cherché à se dégager du projet sans avoir à subir de pertes financières. Il a tout arrêté, en prenant l'inflation des assignats pour prétexte. Il avait fait la moitié du travail prévu initialement et en avait été payé d'un tiers, mais il n'y perdit rien, car il récupéra ses précieux caractères.

Prony n'a pas respecté sa part du contrat avec Didot : il n'a pas fourni des chiffres exacts, il n'a pas respecté le calendrier de fourniture des épreuves corrigées, il a enfreint le devis initial en doublant la pagination des volumes à éditer. Dès le début de 1795, Didot a senti que ce partenaire manquait de fiabilité et ce fut probablement ce qui le poussa à éditer Callet, le concurrent.

CONCLUSION

À la tête du Bureau du Cadastre, Prony a abandonné progressivement sa mission initiale et lui a substitué une mission de calcul, notamment le calcul des grandes tables de logarithmes, mais aussi le dessin de cartes et le calcul de surfaces, globales et par type de culture. La raison en est simple : on manquait de méthode pour établir le « produit net » attaché à chaque parcelle de terrain. Les services fiscaux contemporains butent sur ce même problème. On savait que la surface des parcelles n'était qu'un élément parmi d'autres de cette valeur.

Il est intéressant de noter que jusqu'en 1807 et la décision prise par Napoléon (31), le cadastre parcellaire a été évité. Cette fuite devant le cadastre par parcelle a peut-être été liée à une répulsion partagée par tous les décideurs de l'époque vis-à-vis de Gracchus Babeuf (1760-1797), ancien commissaire à terrier (32) en Picardie. Celui-ci avait édité un pamphlet en faveur d'une réforme agraire radicale attribuant à chaque chef de famille onze arpents (6 hectares) de terres à cultiver (33). Un cadastre par parcelle aurait risqué d'être l'outil de cette politique égalitariste. Ne pas établir un tel inventaire des parcelles était une manière d'empêcher cette redistribution.

En ce qui concerne la population, Prony s'était fixé initialement comme objectif de connaître le nombre d'habitants, mais il s'était contenté de collecter les ouvrages de dénombrement publiés antérieurement et il y avait décelé de nombreuses discordances. Mais cela ne l'avait nullement incité à recommander un recensement (le premier recensement fut réalisé en France en 1801 sous l'autorité de Lucien Bonaparte et de Jean-Antoine Chaptal).

Remplacer un objectif difficile à atteindre par des objectifs plus simples est une manière très commune de gérer un service administratif. Prony a d'ailleurs reconnu cette bizarrerie. Évoquant les grandes tables, il a écrit que « ce travail était étranger à mes fonctions de directeur du cadastre » (34) mais, dans le même temps, il affirmait que c'était le gouvernement qui l'en avait chargé. Il ne niait jamais sa mission principale, à laquelle il y a toujours affecté une moitié de l'effectif dont il disposait.

Les rapports de Prony sur l'activité du Bureau du Cadastre ont tous la même structure : réaffirmer les buts vis-à-vis de l'impôt foncier, évoquer les travaux sur la superficie des départements, leur population, leur richesse, les cadastres de certaines communes, puis, comme s'il s'agissait d'un travail annexe, il abordait le projet des grandes tables logarithmiques. À chaque fois qu'une mission nouvelle lui était confiée, Prony répondait positivement et demandait des moyens supplémentaires, qu'on lui accordait. En ce qui concerne le travail annoncé, Prony déclarait toujours que celui-ci était en train d'être terminé. Ces recettes pour tromper le contrôle hiérarchique sont toujours d'actualité. De plus, Prony avait un allié au gouvernement, qui le soutenait en raison de son statut de scientifique. Cette conjonction a permis au Bureau du Cadastre de se maintenir pendant de nombreuses années malgré l'absence

de résultats, alors même que ceux-ci étaient très attendus.

Prony ne s'est pas donné le moyen de contrôler ses calculs. Cela l'a conduit à effectuer le travail en double et à ajuster deux séries de résultats. Cette procédure de contrôle est peu efficace et très consommatrice de temps. Des chiffres acceptables ont été ainsi obtenus au début de 1798, trois ans après la fin prévue du projet. Mais il était trop tard, parce que les soutiens politiques manquaient alors.

À cette défaillance sur l'exactitude s'est ajoutée une ambition outrancière, déjà visible dans le tirage prévu de 10 000 exemplaires. Le premier projet de publication concernait les logarithmes avec 14 décimales. Prony y a substitué, sans aucun accord hiérarchique, un projet deux fois plus volumineux contenant toutes les différentielles partielles. Le coût d'impression a ainsi doublé, sans validation financière préalable.

Les grandes tables n'ont pas été publiées, malgré le soutien initial du gouvernement révolutionnaire. D'une part, parce que Prony n'a pas anticipé les erreurs de calcul et de composition typographique et, d'autre part, à cause de son ambition excessive. La vraie raison de leur non publication n'est pas seulement liée à la crise financière des assignats, comme il l'a donné à croire. Certes, un tel projet aurait dû tenir compte du financement et du soutien extérieur qu'il recevait, mais il devait aussi avoir une gestion interne plus rigoureuse pour maintenir ses objectifs, atteindre des chiffres fiables et conserver le volume de publication fixé initialement. Or, tel ne fut pas le cas. Malgré tout, Prony a pu continuer sa belle carrière d'expert en hydrologie pour Napoléon, de directeur de l'École des Ponts-et-Chaussées et de scientifique inventeur du frein dynamométrique (1826) qui permettait de mesurer la puissance d'un moteur. Il n'a pas été gêné par cet échec, affirmant avoir été un savant devenu la victime de l'avarice d'une certaine hiérarchie gouvernementale.

Ce récit détaillé avait pour but d'exposer le fiasco d'un grand projet très ancien. On remarque que ce fiasco fut admirablement camouflé par Prony, qui en rejeta la responsabilité sur le gouvernement du Directoire, dont la mémoire était honnie. À cause de la crise financière, les grandes tables n'auraient pas pu être éditées. Mais Prony avait fait disparaître les petites tables, où l'on aurait pu détecter des écarts avec celles de Callet. Plus habilement encore, Prony n'a jamais évoqué les diverses étapes du travail réalisé pendant les onze années de fonctionnement du Bureau du

(31) Loi de finances du 15 septembre 1807.

(32) Jusqu'au XVIII^e siècle, le terme « cadastre » n'était employé que dans le sud de la France. Au nord, on préférait le mot « terrier » pour désigner le plan des parcelles d'un propriétaire.

(33) BABEUF (1789), *Cadastre perpétuel, dédié à l'Assemblée Nationale, l'An 1789 et le premier de la Liberté française. Démonstration des procédés convenables à la formation de cet important ouvrage, pour assurer les principes de l'assiette et de la répartition juste et permanente et de la perception facile d'une contribution unique tant sur les possessions territoriales que sur les revenus personnels*, Versailles, Blaizot.

(34) Ms 2148 (12) 3 frimaire An VI (23 novembre 1797).

Cadastre. Il a prétendu que son projet initial avait toujours comporté le calcul en double visant à garantir la fiabilité des chiffres. Ainsi, les difficultés internes survenues lors du déroulement du projet sont restées méconnues. La légende veut donc que Prony ait calculé des tables très précises dans des conditions contradictoires, entre une grande rapidité et un laps de temps de onze années. Ainsi, les historiens qui ont cru le témoignage de Prony ne sont arrivés à connaître ni le calendrier des travaux ni les moyens qui y furent consacrés (35). Il faut remonter aux traces administratives du paiement du personnel pour retrouver ces éléments essentiels.

De tels projets continués sans relâche malgré leur absence de résultat ne sont pas rares. Ils sont coûteux et sans utilité. On les qualifie d'« éléphants blancs ». Il en existe beaucoup, à notre époque, dans le monde entier. La page « *White elephants* » de l'encyclopédie en ligne Wikipédia en compte une trentaine, dont l'avion supersonique « Concorde », dans les années 1960-70, et le « *Cambridgeshire Guided Busway* », ouvert en 2011. La page « Grands travaux inutiles »

de Wikipédia fait état de nombreux exemples en Belgique.

Le projet Aramis d'automatisation du métro parisien, dans les années 1970-80, a été décrit comme tel par Bruno Latour (36). Une liste exhaustive des « éléphants blancs » est impossible à établir.

Il est difficile de débusquer les grands projets inutiles dès lors que leurs responsables s'efforcent de masquer leur échec en supprimant les traces écrites, en valorisant ce qui a malgré tout été fait et en construisant des discours d'apparence rationnelle sur l'excellence du projet et les raisons externes de son échec. Les éléphants blancs réussissent en général à passer inaperçus, faute de pouvoir faire émerger des éléments de preuve. Le cas du cadastre, datant de plus de deux siècles, a pu être décelé grâce aux procédures détaillées que les Révolutionnaires ont mises en place dans l'appareil administratif, et grâce, aussi, à la conservation des pièces administratives afférentes dans les archives. Ces exemples à ne pas suivre sont tout à fait intéressants, de façon à ce que la gestion de projet sache éviter de les reproduire. ■

(35) BRADLEY (1994), *Prony the Bridge-builder The Life and Times of Gaspard de Prony, Educator and Scientist*. Lewinston (NY), Edwin Mellen Press. I. GRATTAN GUINNESS, 1990, "Work for hairdressers: the production of de Prony's logarithmic and trigonometric tables", *Annals of the History of Computing*, 12, pp. 177-185.

(36) Bruno LATOUR, *Aramis ou l'amour des techniques*, Paris, La Découverte, 1992.