

LACROIX

Les lignes de niveau à l'appui d'une nouvelle vision de la géographie physique

par Pierre Lamandé

Université de Nantes

courriel : pierre.lamande@laposte.net

L'objet de cet article est de voir quelle place a occupé l'introduction à la géographie mathématique et à la géographie physique, écrite par Sylvestre Lacroix en préliminaire à la version française de la Géographie moderne de Pinkerton. Il s'agit aussi d'évaluer le rôle de cette introduction, à la suite des travaux de Ducarla et de Dupain Triel, dans le processus d'adoption des lignes de niveau comme outil usuel de la cartographie. Cette adoption a été favorisée par la position sociale de Lacroix et par son influence au Dépôt général de la guerre. On verra aussi que les lignes de niveau ont inspiré à Lacroix une vision de la géographie physique qui doit beaucoup à Alexander Von Humboldt et préfigure la géomorphologie et la biogéographie.

1 Introduction

En 1804 paraît la première traduction française de la *Géographie moderne* de Pinkerton. Sylvestre François Lacroix en rédige l'introduction sous le titre de « Géographie mathématique et critique ». En 1811, lors de la seconde édition, il complète cette contribution par une « Introduction à la géographie physique ». Ce sont ces deux textes que nous examinerons en nous focalisant sur trois questions. Pourquoi cet académicien, essentiellement connu pour ses productions mathématiques, a-t-il entrepris ce travail ? Quel est son rôle dans la transmission du savoir et l'exploitation des lignes de niveau comme outil cartographique ? Quelle est la place de cette nouvelle pratique dans sa vision de la géographie physique et quel sera son héritage ?

La *Géographie moderne* de Pinkerton est souvent considérée comme l'un des ouvrages qui, avec les travaux allemands, ceux de Malte Brun et de Jeddiah Morse, ont ouvert la voie à la géographie moderne. Sa genèse a été étudiée par A. A. Wilcock (1974) qui met en parallèle la production de Malte Brun. Par ailleurs, la tradition cartographique française a fait l'objet d'une étude approfondie de Josef Konvitz (1987). Ces deux auteurs, qui ont largement exploré le domaine qui nous intéresse, ont cependant négligé Lacroix et c'est ce manque que nous voulons combler en situant ce savant dans la vie sociale et intellectuelle de son temps et en rappelant sa place au Dépôt général de la guerre (Bret 1991).

La « Géographie mathématique et critique » de Lacroix fut bien accueillie. Elle remplaçait

l'introduction astronomique de la version anglaise, rédigée par le Révérend S. Vince, professeur d'astronomie et de philosophie expérimentale à l'Université de Cambridge, et considérée comme trop technique par Pinkerton. La version française de son ouvrage, rédigée par Walckenaer, fit l'objet de critiques acerbes du 'Strabon anglais' : « Il n'y a pas un mot de moi dans la traduction française, faite à la hâte et souillonne, et dont les notes sont remplies d'inexactitudes. La seule partie intéressante est l'introduction par Lacroix. Vous devriez recommander au Dr Vince de la lire et d'abréger son introduction. Il serait peut-être préférable de lui substituer une traduction de Lacroix. C'est ce que je ferais si j'étais seul juge ». De fait, le texte de Lacroix remplaça celui de Vince dans les éditions anglaises ultérieures.

2 Lacroix comme géographe et sa place dans la transmission des connaissances cartographiques et des lignes de niveau

Il est utile de revenir sur les parcours de Ducarla et Dupain Triel, dont les biographies sont indigentes (Michaud L. G. 1843 ; Hoefler 1858 ; Roman d'Amat et R. Limouzin 1967), pour expliquer la filiation entre la (ré)introduction des lignes de niveau et leur utilisation, tant par Lacroix que dans les cartes d'État-Major françaises dont l'établissement s'étend entre 1818 et 1880. En effet, les deux personnages n'ont pas le même profil intellectuel, ni le même réseau de relations, ce qui expliquerait que leurs places soient différentes dans la concrétisation de la nouvelle méthode de nivellement.

2.1 Ducarla (1738-1816)

Ducarla, né à Vabres (Tarn), perdit son père en 1750 et fut adopté par deux de ses oncles qui avaient une belle fortune. Il a montré, dès le plus jeune âge, un goût décidé pour l'astronomie, dit Michaud. Enrichi par l'héritage de ses oncles, il fit partie de ces hommes du XVIII^e siècle, fascinés par la science à laquelle il put consacrer toutes ses réflexions. Comme beaucoup d'amateurs éclairés de l'époque, il voyage et affirme avoir exposé ses idées sur les lignes de niveau (imaginées dès 1765) à des ingénieurs militaires. En 1771, il part pour Paris où il rencontre Grandjean de Fouchy, Duhamel et Buache qui l'encouragèrent. Il présenta son travail à l'Académie le 4 mai 1771 ; Messier, chargé de rapporter sur son étude, mais occupé par l'observation d'une comète, lui aurait demandé un délai. Ducarla note : « De nouvelles affaires m'ayant attiré chez moi, celle-ci n'a plus occupé l'Académie » (Ducarla 1782, p. 100). Konvitz révèle, en fait, que Messier fit un rapport le 11 mai 1771 : le savant, peu enthousiaste, jugeait que les lignes de niveau étaient trop difficiles à comprendre par le lecteur moyen des cartes. C'est à Castres que parut en 1775 le premier opuscule de Ducarla, *Des grands mouvements de la matière*. Le savant partit pour Genève où, dit-on, il rencontra Saussure. C'est là que fut éditée sa *Cosmogonie* (1779-1780) qui porte pour l'essentiel sur l'astronomie, mais dont un cahier est consacré à la géographie physique et donne un premier aperçu des courbes de niveau. Même si Ducarla affirme que ses idées sur une nouvelle expression du nivellement furent bien reçues, celles-ci restèrent encore confidentielles. Issu d'une famille protestante, Ducarla s'était converti au catholicisme. Le séjour genevois n'est pas sans rappeler la foi calviniste de son enfance.

Ce fut le Musée de Court de Gébelin, lui aussi protestant, que le savant fréquenta lors de son séjour parisien entamé en 1781 et qui fut le premier lieu de sociabilité à l'accueillir. Court de Gébelin, né à Nîmes en 1719, était le fils d'un ministre du culte protestant qui émigra en Suisse. Il quitta Lausanne pour Paris en 1763 et y mourut en 1784. Membre de la loge maçonnique des neufs sœurs, il dirigeait le groupe de ceux qui entreprenaient, fin 1780, de faire des lectures publiques. Puis il fonda, le 21 novembre 1782, le Musée de Paris¹ qui connut rapidement des difficultés : départ d'une partie de ses membres vers le Musée de Pilâtre de Rozier en 1783, puis mort de Gébelin en mai 1784. C'était un de ces établissements qui avaient, avec succès, répondu à la

demande de renouvellement idéologique, éducatif, politique et scientifique dans la décennie précédant la Révolution. Le biographe de Ducarla dit qu'à Paris le savant fréquenta d'Alembert, Condorcet, Diderot et Lalande.

Les livres que rédigea par la suite Ducarla s'inscrivaient dans une intense activité scientifique. Ses *Vues sur la géographie physique*, sont, lues à la première assemblée publique du Musée de Paris le 21 novembre 1782, et les *Expressions du nivellement...* éditées par Dupain Triel paraissent la même année. Le savant donne ensuite trois ouvrages : *Le feu souterrain* en 1783, *Des inondations volcaniques* (s.l. n. d.) et *Du feu complet* en 1784, dont la publication fut payée par le Musée si l'on en croit la biographie de Michaud. Ducarla compose aussi à cette époque un grand nombre de mémoires insérés dans le *Journal de physique* et le *Journal encyclopédique* des années 1781 à 1784. La mort de Court de Gébelin coïncide avec la fin de sa production scientifique. Après être resté deux ans dans la capitale comme précepteur de la princesse de Listenois, Ducarla retourne dans le Tarn où il meurt le 16 avril 1816.

Il semble bien que Ducarla se soit, dès 1782, coupé des savants parisiens, au moins sur le plan intellectuel. Lavoisier, le 17 août 1782, lisant le rapport qu'il a fait avec Brisson sur un des mémoires du savant, intitulé « La sensation du froid dans les montagnes » n'est pas tendre. Ducarla est un partisan du phlogistique et explique ce phénomène par le fait que l'air est mauvais conducteur de la chaleur. Lavoisier commente : « Quoique cette explication soit probable et conforme à ce qu'on connaît en physique, nous pensons que le fait que M. Ducarla cherche à expliquer a encore besoin d'être confirmé. Il attribue à la même cause la difficulté qu'ont les corps de brûler et de s'enflammer sur les hautes montagnes, et il pose que cette difficulté tient à ce que la matière du feu contenue dans les corps se dégage avec trop de facilité dans un air rare ; mais nous ne sommes pas de son avis à cet égard et nous ne pensons pas que ce phénomène puisse s'expliquer par la seule propriété qu'a l'air d'être un mauvais conducteur » (Lavoisier 1782). Même si le grand chimiste n'a pas encore publié ses découvertes, il avait dès 1777 exprimé ses doutes sur la théorie du phlogistique. Il commettra son *Essai de nomenclature chimique*, point de départ de la chimie moderne, en août 1787. Les conceptions physiques de Ducarla, largement développées dans *Du feu complet*, ont peut-être porté les académiciens à

1) Sur le rôle des loges maçonniques dans l'élaboration et la diffusion des Lumières cf. Kosselleck, 1969. Sur le mouvement des Musées et Lycées cf. Guénot 1986.

négliger ses idées en matière de cartographie. De plus, durant la période cruciale de la Révolution et de l'Empire, il est absent de la capitale où tout se joue. De fait, c'est Dupain Triel, l'éditeur des *Expressions du nivellement*, qui prend le relais et cherche à diffuser la théorie des lignes de niveau.

2.2 Dupain Triel

Né à Paris le 26 novembre 1722, Dupain Triel est le frère cadet de Dupain de Montesson né en 1720, ingénieur géographe qui enseigna au futur Louis XVI le lever des plans. Outre les biographies indigentes des dictionnaires déjà mentionnés, on dispose, à son sujet, d'un rapport de Lavoisier fait en 1792 au Bureau de consultation des arts et métiers, créé en janvier 1792 par l'Assemblée nationale. On peut, grâce à ce texte, retracer la carrière de Dupain Triel. Ingénieur militaire, il fait les campagnes du maréchal de Saxe qui s'achèvent vers 1748. Il participe ensuite à l'élaboration de la carte de Cassini de Thury, entamée en 1744. Il change donc de cadre institutionnel, la compagnie en charge de cette mission devenant privée. En 1765, Lavoisier et Guettard sont missionnés par le Département des mines et minières pour dresser une carte minéralogique de la France. Dupain Triel est chargé de correspondre avec eux, de réduire les cartes de Cassini, de faire tous les dessins, les coupes et les profils et d'exécuter toutes les gravures. Quand Monnet prend la suite de Lavoisier et Guettard, Dupain Triel poursuit cette tâche qui aboutit, après quinze années de travail, à un atlas minéralogique d'une partie de la France en seize feuillets. À cette occasion, de nombreux relevés de nivellement de terrain sont menés, grâce au baromètre. Ils ne furent pas intégrés dans les cartes, mais servirent sans doute aux travaux ultérieurs de Dupain. Lorsqu'en 1780 le gouvernement interrompt cette tâche, faute de fonds, Dupain continue à travailler pendant deux ans et dresse une carte de France manuscrite en 13 feuillets grand aigle, qui complétait ce qui avait été publié. Il commet par ailleurs en 1780 et 1781, probablement en tant que membre de l'administration de la province du Berry, trois ouvrages géographiques: un *Mémoire sur la navigation intérieure du Berri par un des membres de l'administration provinciale de cette généralité lu à l'Assemblée de 1780*, un *Atlas de la généralité du Berri considéré sous les différents rapports de sa division en sept élections* et une réédition de l'ouvrage de Vauban, le *Mémoire sur la navigation intérieure des rivières de France*. En 1782, il est géographe du Roi et de Monsieur lorsqu'il édite les *Expressions du nivellement...* de Ducarla. Cette relation avec Monsieur a dû lui permettre de rencontrer

Lacroix. Les années précédant la Révolution, Dupain Triel publie encore deux livres sur la cartographie. Bien qu'âgé, il essaie de faire avancer, dans le nouveau contexte politique, les idées de Ducarla qu'il avait faites siennes. En 1791, il présente à l'Assemblée nationale ses *Recherches géographiques sur les différentes hauteurs des plaines de la France, sur les mers et leurs côtes presque par tout le globe et sur les diverses espèces de montagnes ; Mémoire accompagné de cartes explicatives*, et édite en 1804 un *Mémoire explicatif de la géographie perfectionnée par de nouvelles méthodes de nivellement d'après Ducarla publiées pour la deuxième fois*, où il se présente comme censeur pour la géographie. On ne connaît pas la date de son décès.

Outre la géographie et la cartographie, Dupain Triel s'est intéressé aux problèmes éducatifs. Dès 1759, il commet une *Lettre à M. le comte de ... dans laquelle on examine l'insuffisance de la méthode actuelle d'enseigner les mathématiques*, qui paraît pour la troisième fois en 1779. Durant la période révolutionnaire, il écrit encore trois opuscules consacrés aux réformes de l'enseignement, textes qui s'insèrent dans le flot d'écrits sur ce sujet qui fleurissent alors. Il est certain qu'il conservait des liens avec le monde savant et partageait leur désir de rénovation du système éducatif. C'est sur le rapport de Lavoisier qu'il reçoit une aide gouvernementale en 1792. En juin 1795, il est nommé adjoint pour la stéréotomie à l'École centrale des travaux publics, future École polytechnique, poste dont il démissionne sept mois plus tard (il avait alors 73 ans). Là encore, il est plus que probable qu'il rencontra Lacroix dans ce monde, alors en effervescence, qui défendait vigoureusement la place de la science dans le nouveau paysage politique et éducatif².

Dans la préface de son *Mémoire explicatif de la géographie perfectionnée par de nouvelles méthodes de nivellement...* adressée au citoyen ministre, Dupain Triel, qui se présente comme ancien ingénieur géographe militaire, ci-devant censeur pour la géographie, écrit à propos du livre de Ducarla qu'il a publié : « Depuis vingt-deux ans qu'a paru ce travail, il y en a vingt que, l'édition en étant épuisée, il reste comme enseveli dans un profond oubli. Il fallait, pour l'en faire sortir, qu'à l'impulsion puissante donnée de nos jours à l'esprit de découvertes se joignissent des circonstances favorables ... et j'y suis heureusement arrivé sous votre ministère ». Cette affirmation, qui relève de la rhétorique aux puissants, doit être nuancée. Lavoisier, en 1792, dans son rapport au Bureau de consultation des arts et métiers

2) La littérature sur ce sujet est importante. Pour une vue d'ensemble cf. N. et J. Dhombres 1989.

déjà cité, reconnaît que, si les dernières feuilles de la carte de Cassini ont fait une place à la cartographie thématique des mines et à ce qui en relève, rien n'a été fait «dans la vue de donner une idée des niveaux». Il ajoute cependant qu'il a rassemblé les matériaux pour pallier cette insuffisance et que l'indication du nivellement, dont l'absence avait été reprochée à la carte de Cassini, est plus que souhaitable. Nous avons vu, par ailleurs, que Dupain Triel avait commencé à publier des cartes utilisant les lignes de niveau. Enfin leur lecture, dont la difficulté avait été soulignée en 1771, était alors largement facilitée par l'exposition publique, dans les cours de Monge à l'École normale de l'an III, de la géométrie descriptive, mise au point et enseignée à l'École militaire de Mézières. En effet, ce nouvel outil mathématique, contrairement aux méthodes projectives utilisées par les cartographes du XVIII^e siècle, permet de décrire les figures de l'espace sur une feuille plane et d'y lire avec précision toutes leurs coordonnées. La comparaison de *l'Expression des nivellements* et du *Mémoire...* montre cette évolution. Le premier ouvrage s'étendait sur 111 pages in 8°, le second n'en a plus que 32 in 4°. Toutes les explications de Ducarla visant à donner le moyen de reconstruire mentalement l'espace à partir des lignes de niveau sont supprimées, ce qui sous-entend que le lecteur n'en a plus besoin.

2.3 Lacroix, mathématicien

Lacroix, né à Paris le 28 avril 1765, fit ses études au Collège des Quatre Nations, actuel Institut de France. C'est là qu'il s'initie aux mathématiques et, dès 1779, se livre à de longs calculs astronomiques. En 1780, le jeune Lacroix suit les cours donnés par Gaspard Monge dans la chaire royale d'hydrodynamique. C'est le début d'une longue amitié qui ne se démentira pas. Lacroix dut se révéler particulièrement brillant car, le premier décembre 1782, grâce à l'appui de Monge alors examinateur de la Marine, il est nommé professeur des Gardes du pavillon à Rochefort. Sous l'influence de son ancien maître avec lequel il entretenait une correspondance suivie, Lacroix s'oriente alors vers la théorie des équations aux dérivées partielles et ses applications à la théorie des surfaces, sans pour autant oublier l'astronomie. Fin 1784, il envoie des Tables du soleil présentées à l'Académie le 15 janvier 1785. Ce mémoire attire l'attention sur lui. À la demande de Monge, il écrit un article relatif aux recherches sur les équations aux dérivées partielles entreprises sous sa direction : soumis à l'examen d'une commission constituée de Condorcet, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, et Monge, ce travail fit l'objet d'un rapport favorable le 11 février 1786.

Les deux académiciens procurèrent bientôt à Lacroix une nouvelle situation, cette fois à Paris. Pilâtre du Rozier, intendant des cabinets de physique, de chimie et d'histoire naturelle de Monsieur, comte de Provence, avait fondé son Musée dont la première séance se tint le 11 décembre 1781. Cet établissement libre d'enseignement, destiné à la haute société, bénéficiait de la vogue considérable de la science. Le programme initial prévoyait les cours suivants : physique et chimie avec leurs applications aux arts et métiers, électricité, procédés de teinture, mathématiques orientées vers leurs applications à la mécanique et à l'astronomie, anatomie du cheval, anatomie artistique, italien et anglais. Le Musée connut une grande vogue durant les deux premières années de son existence. Dès la troisième année les difficultés commencèrent. Pilâtre du Rozier s'intéressait en effet beaucoup plus aux expériences aérostatiques qu'à son enseignement ou à l'administration, et les finances décroissaient avec le nombre d'auditeurs. Pilâtre meurt le 15 juin 1785, lors d'une expérience aérostatique. Le conseil d'administration du Musée découvre alors que l'institution est très endettée. Monsieur et le comte d'Artois (futur Charles X) fondent une société qui rachète l'établissement et mettent à sa tête le marquis de Montesquiou Fezensac. Le Musée devient Lycée et son enseignement est réorganisé : la littérature et l'histoire font leur apparition. Membre de l'Académie Française, le marquis s'efforça d'obtenir la collaboration de ses collègues. Fourcroy accepta l'enseignement de l'histoire naturelle et de la chimie, La Harpe celui de littérature. Condorcet, pressenti pour les mathématiques, choisit, sur les conseils de Monge, le jeune Lacroix pour assurer cet enseignement sous sa direction. Ce dernier put ainsi revenir à Paris et fréquenter un milieu intellectuel alors très influent et innovant. Il est probable qu'il y rencontra Dupain Triel, géographe de Monsieur, même si celui-ci ne donnait pas de cours au Lycée.

Cette situation ne dure pas. Le 31 août 1787, le cours de mathématiques du Lycée est réuni à celui de physique et Lacroix perd son poste. Le 13 février 1787, il avait été nommé, sur recommandation de Condorcet, professeur de mathématiques à l'École militaire de Paris, mais celle-ci ferme ses portes début 1788 et Lacroix est de nouveau en quête d'une place. C'est durant ces deux années parisiennes qu'il se met au calcul des probabilités (en avril 1787, il partage avec Bicquille le prix de l'Académie des sciences sur la théorie des assurances maritimes) tout en continuant ses travaux sur les tables astronomiques, la géométrie infinitésimale, et en commençant à réunir les matériaux qui serviront à l'élaboration de son *Traité de calcul différentiel et intégral*. Il se marie avec

Marie Nicole Sophie d'Arcambal et se lie d'amitié avec Lalande, Legendre, Cassini et Laplace. Sur recommandation de ce dernier, examinateur des élèves du corps de l'artillerie, Lacroix est nommé, en mars 1788, professeur de mathématiques, physique et chimie à l'école du Corps royal de l'artillerie de Besançon. Éloigné des lieux de pouvoir, Lacroix conserve des liens épistolaires étroits avec les savants parisiens et confirme son statut scientifique. Le 29 août 1789, il est nommé correspondant de Condorcet à l'Académie. Il resta pourtant cinq années en Franche-Comté et c'est la tourmente révolutionnaire qui donna à sa carrière un nouvel essor.

En 1793, Laplace étant en disgrâce, Lacroix lui succède comme examinateur des aspirants et élèves du corps de l'artillerie. Il retourne définitivement à Paris alors que son autre protecteur, Condorcet, proscrit, se cache pour bientôt être découvert et mourir. Lacroix est nommé, en 1794, chef du bureau de l'organisation des écoles, attaché au bureau du Comité d'instruction publique. Durant les premiers mois de 1795, il est, avec Hachette, assistant de Monge dans son enseignement de géométrie descriptive à l'École normale de l'an III. Il a fait paraître en 1785 un *Essai de géométrie sur les plans et les surfaces courbes*, qui est le premier traité sur cette discipline. En janvier 1796, Lacroix est nommé professeur de mathématiques à l'École centrale des Quatre nations. En 1797 et 1798, les deux tomes de son grand *Traité du calcul différentiel et du calcul intégral* sont édités. Le 24 mai 1799, il devient membre de l'Institut et, la même année, succède à Lagrange dans la chaire de mathématiques de l'École polytechnique où il reste jusqu'en 1809. Entre 1797 et 1802 paraît son cours complet de mathématiques. La fin des écoles centrales en 1802 conduit Lacroix à fonder, avec Hachette, Thurat et les frères Vernon, une École des sciences et des lettres. En 1805, il développe les conceptions éducatives et philosophiques qui l'avaient inspiré dans un *Essai sur l'enseignement en général et sur celui des mathématiques en particulier*. C'est la période la plus créatrice de Lacroix, celle où il peut mettre en application ses conceptions. C'est aussi dans cette décennie si fertile qu'il écrit *l'Introduction à la géographie mathématique* (1804) puis *l'Introduction à la géographie mathématique et physique* (Paris 1811).

La carrière de Lacroix se poursuit dans le nouveau cadre établi par l'Empire. En 1805, il enseigne les mathématiques transcendantes au Lycée Bonaparte. Lors de la création de l'Université, il devient professeur de calcul différentiel et intégral à la Faculté des sciences de Paris dont il sera le doyen. En 1809, Lacroix quitte son enseignement à Polytechnique

pour y devenir examinateur permanent. En 1815, il est nommé professeur au Collège de France où il restera jusqu'à sa mort. Il publie en 1816 son *Traité élémentaire de calcul des probabilités*. La Restauration le démet de son poste à Polytechnique en 1816 et, en 1825, il laisse son enseignement au Lycée. Il abandonne son poste de doyen la même année. Est-ce la maladie qui l'empêche de participer en 1821 à la fondation de la Société de géographie où sont présents tant de collègues académiciens : Laplace (président), Monge, Cuvier, Fourier, Gay Lussac, de Humboldt, Berthollet, etc. ? En 1828, Benjamin Francœur assure ses cours au Collège de France. Cette année là, le jeune Abel, en visite à Paris, le trouve « affreusement chauve et délicieusement vieux », ce qui ne l'empêche pas de commettre en 1828 un dernier ouvrage, *l'Introduction à la connaissance de la sphère*. Il abandonne bientôt toute activité mathématique et meurt le 24 mai 1843.

2.4 Lacroix, la cartographie et le Dépôt général de la guerre

Revenons à notre première question. Pourquoi ce mathématicien a-t-il été pressenti pour faire l'introduction à la *Géographie* de Pinkerton ? La première partie qu'il rédige en 1804, l'« Introduction à la géographie mathématique et critique », relève bien de ses compétences ; outre ses connaissances astronomiques et mathématiques, son enseignement à l'École des gardes du pavillon l'a familiarisé avec la cartographie. De plus, à cette date, Lacroix a une situation privilégiée dans le monde scientifique et éducatif. Le réseau académicien lui assure une ouverture intellectuelle et un lieu de sociabilité dont la puissance est grande sous le Consulat et au début de l'Empire (N. et J. Dhombres, 1989). Lacroix a également acquis une notoriété comme auteur de manuels. Ceux-ci sont très vite introduits dans les écoles centrales. Ainsi Puissant, futur directeur du Dépôt qui enseigna à l'école centrale d'Agen, y prenait pour guide *l'Algèbre* de Clairaut rééditée par Lacroix, la *Géométrie* de Lacroix et surtout celle de Legendre, les *Essais de géométrie sur les plans et les surfaces courbes ou éléments de géométrie descriptive*, *l'Application de l'algèbre à la géométrie* de Lacroix, la *Statique* de Monge et *l'Architecture hydraulique* de Prony. Enfin, le premier programme rédigé pour les lycées napoléoniens s'appuie, en mathématiques, presque exclusivement sur les traités de Lacroix qui resteront longtemps des ouvrages de référence, non seulement en France, mais aussi à l'étranger.

Mais Lacroix s'intéresse aussi à la géographie et est en relation avec le Dépôt général de la guerre qui

va bientôt être le maître d'œuvre de la carte de l'État-Major (Bret, 1991). En août 1801, le général Andréossi, nommé à la tête du Dépôt, cherche à le réorganiser. Il y reste trop peu de temps pour que ses projets aboutissent, mais il engage une rationalisation de la production cartographique. Début 1802, un modèle de « cahiers topographiques » est établi et diffusé auprès des autorités : c'est Lacroix qui en accuse réception pour l'Institut. Nicolas Antoine Sanson prend la direction du Dépôt en mai 1802 et y reste jusqu'en 1812. Andréossi, Sanson et Pascal-Vallonge, qui fut l'adjoint des deux premiers, et l'animateur du *Mémorial du Dépôt général de la guerre* entre 1802 et 1810, avaient tous trois participé à l'expédition d'Égypte et travaillé avec les savants accompagnant Bonaparte. Lacroix ne fit pas partie du voyage, mais était lié à ce groupe. Professeur à Polytechnique, il côtoie les chefs du Dépôt qui étaient membres du Conseil de perfectionnement. On dispose d'une lettre de 1802 dans laquelle Lacroix recommande Regnard à Andréossi (SHD, DGG, reg. 9, frimaire an 8-fin an X). Patrice Bret (1991) parle d'un programme d'instruction des élèves (non signé) présenté sous Andréossi et s'interroge sur le nom de son auteur, hésitant entre Lacroix et Lomet. Il souligne que la formulation de ce document est très proche de celle de Monge dans ses *Développements sur l'enseignement adopté pour l'École centrale des Travaux Publics*. Mais sur ce plan, il n'y a pas de différence entre les visions de Lacroix et Monge. Ce qui est sûr, c'est que ce texte, quel qu'en soit l'auteur, manifeste une volonté de renouvellement de l'enseignement scientifique et que Lacroix y avait largement participé en écrivant ses traités.

Les liens entre Lacroix et Sanson sont encore plus manifestes. Le second poursuit la tâche de rénovation de son prédécesseur : il nomme une grande commission topographique mixte qui, de septembre à novembre 1802, fixe les normes et les signes conventionnels des cartes. En septembre 1802, le premier numéro du *Mémorial du Dépôt général de la guerre* contient une « Notice sur la construction des cartes géographiques » due à Lacroix qui analyse les différents types de projection jusqu'à celle proposée en 1789 par le mathématicien vénitien Lorna. Lacroix porte un jugement favorable sur la projection utilisée par John Flamsteed (astronome anglais 1646-1719) dans son *Atlas céleste*, et surtout sur sa correction, pratiquée, en particulier, par Jean Baptiste d'Anville, géographe du roi (1697-1782). Une seconde commission est chargée de choisir le type de projection. Réunie en janvier 1803, elle comprend Lacroix, Sanson et trois de ses subordonnés, et porte son

choix sur la projection de Flamsteed modifiée, recommandée par Lacroix, dont l'usage était déjà répandu en France dans les cartes à petite échelle. Ces deux commissions ont posé les bases de l'établissement de la carte de l'État-Major, décidée en août 1817, et, plus généralement, celles du travail des ingénieurs géographes français du XIX^e siècle. Par la suite, Lacroix continuera de suivre l'œuvre du Dépôt de la guerre et de son directeur Puissant.

2.5 Et les lignes de niveau ?

La question du relief devient de plus en plus présente dans la formation des élèves géographes. Dans les instructions du général Meunier, responsable du Dépôt entre octobre 1798 et décembre 1799, on parle de la nécessité de rendre sensibles les ondulations du terrain et, dans le rapport sur l'enseignement fait le 13 nivôse an 7, on lit notamment que le cours a porté sur la manière d'exprimer la topographie et de rendre sensible sur une surface plane l'aspect et le relief du terrain. Les exigences deviennent plus fortes dans le « Règlement général d'instruction pour l'École impériale des ingénieurs géographes ». Ce nouvel établissement, fondé le 30 octobre 1809, s'adresse à des élèves beaucoup mieux préparés que leurs prédécesseurs, car ils sortent de Polytechnique et maîtrisent, en particulier, le nouvel outil de représentation scientifique de l'espace sur un plan : la géométrie descriptive. On perçoit, dans le règlement, la nécessité pour les élèves de savoir relever et exprimer le nivellement sur une carte. Dans la partie théorique, on lit dans la rubrique géodésie : « théorie analytique du sphéroïde terrestre ; application de cette théorie à la recherche des formules employées pour calculer les longitudes, les latitudes, les azimuths, les différences de niveaux etc. ». Dans la pratique, le règlement demande de « reconnaître sur le terrain les lignes de plus grandes pentes, et celles des sections horizontales, faire des nivellements avec un goniomètre, avec un niveau d'eau, un niveau à bulle d'air, un baromètre & », de savoir faire les « calculs des différences de niveau, à l'aide des opérations trigonométriques ou des mesures barométriques, ou au moyen des observations faites avec le niveau d'eau, le niveau à bulle d'air etc. ». On y retrouve également l'importance traditionnelle du dessin : « Il faut le secours des couleurs, de la perspective aérienne et des projections d'ombres pour exprimer les édifices, les montagnes, les rochers, carrières, friches, bois, plantations et tous les accidents du terrain ; les rivières, ruisseaux, lacs, étangs, chutes d'eau, mer & le tout projeté sur le plan horizontal³ ». Enfin, il n'est pas anodin que

3) Tous ces textes sont reproduits dans Bret 1991.

paraître en 1811 un ouvrage de J. B. Biot qui donne le moyen de calculer simplement les différences de niveau à l'aide de mesures barométriques.

Il est vrai que, selon les recommandations de la grande commission topographique de 1802, le relief va être figuré dans la carte de l'État-Major par des hachures, et non selon la méthode des courbes de niveau recommandée par Lacroix. Mais on sait que celles-ci étaient dressées sur un calque préliminaire qui permettait de tracer les hachures dans le sens de la pente. On peut toutefois se demander si ces hachures sont les lignes de plus grande pente ou les perpendiculaires aux courbes de niveau. Le fait que Lacroix, au numéro 118 de sa *Géographie mathématique et critique*, prenne soin de démontrer que les projections des lignes de plus grande pente ne peuvent exprimer les formes du terrain de manière aussi complète et aussi bien déterminée que les lignes de niveau conduit à penser que les hachures étaient les projections des lignes perpendiculaires aux lignes de niveau, le problème mathématique de tracer une famille de courbes orthogonales avec une autre famille de courbes étant mathématiquement et graphiquement résolu. Quoiqu'il en soit, si les lignes de niveau ne sont pas apparentes sur la carte finale, elles ont bien servi de base à la figuration du relief. La principale raison de ce choix semble être encore la difficulté de la représentation mentale de l'espace à partir de ces lignes. Si la formation des ingénieurs géographes leur permet de franchir cet obstacle, le lecteur moyen n'a pas toujours cette faculté. Choisir les hachures, c'est perdre en partie la possibilité de lire directement sur la carte les élévations, mais cela permet de se rapprocher de l'aspect visuel du terrain et de sa représentation par l'ancienne perspective, technique issue de la peinture et qui était l'outil privilégié des cartographes du XVIII^e siècle. Notons enfin que la question des ombres, si importante pour donner l'illusion du relief sur une feuille, avait été renouvelée par la géométrie descriptive de Monge.

2.6 L' « Introduction à la géographie mathématique et critique »

Ce texte de Lacroix « a principalement pour objet la construction des cartes » (Lacroix 1804, p. xxii ; 1811, p. 2). Il commence par l'exposition des notions astronomiques nécessaires pour le calcul des longitudes et latitudes des points de la Terre (pour l'essentiel les mouvements comparés de la Terre, du Soleil et des étoiles et leurs conséquences climatiques et géographiques). Après avoir expliqué la construction et la lecture des globes, Lacroix envisage les différentes projections utilisées pour la construction des cartes et la manière de remplir le

canevas des longitudes et latitudes en se servant des diverses sources accessibles : plans levés trigonométriquement, renseignements des voyageurs ou des historiens. Puis il explique la lecture des cartes ainsi obtenues et termine par la méthode de représentation du nivellement exposée par Ducarla et Dupain Triel. Cette exposition, reconnaît-il, « ne contient, à la vérité, que les rudiments des matières importantes que j'y ai traitées ; mais c'est la première fois qu'elles sont réunies et assujetties à un enchaînement méthodique » (Lacroix 1811, p. 188). De fait l'ensemble formé par Lacroix est totalement ordonné dans le but d'établir rigoureusement les cartes et d'en permettre une lecture 'critique'. Le savant donne en effet les connaissances nécessaires pour lire les cartes, évaluer les relevés et, éventuellement, les corriger.

Plusieurs caractéristiques de ce texte sont intéressantes à souligner. Les développements les plus récents de la topographie, de la cartographie, de l'astronomie et des outils mathématiques nécessaires pour ces sciences sont maîtrisés, mais Lacroix prend garde de surcharger le lecteur par une exposition détaillée des diverses théories, se limitant à l'essentiel. Il y a très peu de démonstrations ; elles ne sont jamais analytiques, mais s'appuient sur une géométrie souvent élémentaire que le lecteur est supposé maîtriser. De nombreuses figures permettent d'avoir une intuition visuelle et, lorsque les circonstances exigent des développements plus pointus, Lacroix renvoie aux tables qui en contiennent les résultats et peuvent être exploitées directement. Il donne cependant en note les principaux travaux théoriques qui les sous-tendent, ceux des astronomes et des mathématiciens : Lambert, Euler, Lagrange entre autres. Il cite aussi le *Traité de géodésie* (1805) et le *Traité de topographie, d'arpentage et de nivellement* (1807) de Puissant, ainsi que les travaux contenus dans le *Mémorial topographique et militaire*, livres qui servent de base pour l'enseignement au Dépôt de la guerre, sans oublier le journal de géographie allemand rédigé par M. de Zach et les *Annales de la géographie et de l'histoire*, publiées par Malte-Brun « où il rassemble beaucoup de matériaux pour la description physique, commerciale et politique des diverses régions de la terre ». Le lecteur peut ainsi compléter ses connaissances en puisant aux meilleures sources.

Les principales méthodes utilisées par les cartographes sont exposées, et, là encore, l'auteur montre leurs 'défauts', c'est-à-dire les distorsions que produisent inévitablement les représentations planes d'une sphère sur un plan, les mathématiciens ayant montré, rappelle-t-il, que la sphère n'est pas une

surface développable. Il donne, en même temps, le moyen de les corriger pour obtenir les renseignements désirés : distances, surfaces, routes marines conduites à partir des boussoles, etc. On trouve, dans l'« Introduction », les projections géométriques (intersection d'un cône visuel avec le plan du tableau), stéréographiques ou orthographiques, celles par développement cylindrique ou conique. Il y a aussi des projections mathématiquement plus complexes : celle de Flamsteed et sa modification par Delisle et d'Anville, celles de Cagnoli et de Cassini. Lacroix parle de la projection imaginée par Mercator et Édouard Wright pour les cartes marines, de la fabrication des globes à l'aide des fuseaux, mais aussi de l'importance de la connaissance des courants. Il décrit les signes, conventionnels ou non, utilisés pour distinguer les côtes, les rivières, les routes, etc. Le lecteur dispose ainsi de moyens pour reconnaître la projection utilisée par l'auteur de la carte qu'il utilise, en comprendre les symboles et en tirer les informations qu'il désire, le plus exactement possible.

L'aspect le plus innovant est sans doute l'insistance de Lacroix sur la nécessité de représenter le relief par les lignes de niveau : « Ce n'est pas assez d'avoir sous les yeux, dans les cartes, la situation des lieux, la connexion des régions, leur étendue, leurs divisions, circonstances qui appartiennent à la géographie mathématique et politique ; on voudrait aussi connaître la forme de la surface terrestre dans ces régions, c'est-à-dire son élévation ou son abaissement par rapport à celle de la sphère qui coïnciderait avec la surface de la mer, supposée calme, de laquelle on part pour mesurer les inégalités de la terre ». Renvoyant aux diverses méthodes utilisées par les cartographes du XVIII^e siècle pour représenter les montagnes (ombres, coupes suivant un plan, altitudes marquées en un point, etc.), il les estime largement insuffisantes. Le relief, dit-il, est « susceptible d'être exprimé comme les sinuosités des côtes qui ne sont pareillement, à l'égard du fond de la mer, que des crêtes de montagnes ». Il reconnaît que Philippe Buache est le premier à s'être intéressé à la géographie physique et à avoir tracé les contours des lignes de sommité des montagnes. Mais les profils ne sont qu'une représentation partielle que l'on ne peut multiplier. Il en vient alors à la méthode de Ducarla qui est très vite exposée grâce aux nouvelles connaissances de la géométrie descriptive ; ce sont les intersections de la terre avec les sphères concentriques (localement assimilées à des plans). Elles sont graduées à partir de la sphère qui coïncide avec la surface de la mer supposée calme, puis projetées sur le plan de la carte. Il est notable que des propriétés, qui sont la conséquence des lois mathématiques et de la gravitation, sont immédiate-

ment perçues par Lacroix, alors qu'elles avaient échappé autant à Ducarla qu'à Dupain Triel. Donnons trois exemples : la possibilité de dessiner n'importe quel profil à partir de la carte ainsi construite (voir la figure donnée en annexe) ; la définition des lignes de plus grande pente comme reliant les points où deux lignes de niveau consécutives se rapprochent le plus ; la reconnaissance du fait que les eaux s'écoulant des montagnes suivent un chemin perpendiculaire aux lignes de niveau, alors que les représentations des cours d'eau par Ducarla et Dupain Triel ne respectent pas cette règle. Bref, les idées de Ducarla sont devenues une théorie susceptible d'un traitement mathématique et de la plus grande précision, comme les autres outils de la cartographie. Le texte affirme enfin que le nombre de relevés est souvent suffisant pour dessiner ce type de cartes et que, dans le cas contraire, le tracé des cours d'eau permet d'y suppléer.

La place de Lacroix dans la transmission et le développement des connaissances cartographiques paraît donc importante. On a vu comment le texte qu'il a rédigé vulgarise les principales méthodes cartographiques en usage, mais aussi comment Lacroix a su rattacher les intuitions de Ducarla à un corpus scientifique, ce qui a favorisé leur développement tant au niveau théorique que pratique. Par ailleurs, sa place au confluent des divers groupes intéressés par la cartographie, — savants, enseignants et ingénieurs militaires —, lui a permis d'influer concrètement sur ce domaine.

3 Le nivellement dans la conception géographique de Lacroix

Mais l'importance accordée à la question du nivellement ne repose pas uniquement sur un intérêt cartographique. Elle a aussi son origine dans une vision de la géographie physique innovante. Voici ce que Lacroix en dit dans la préface de 1811 : « L'accueil favorable qu'a reçu la première partie de cette introduction, lorsqu'elle parut en 1804, à la tête de la *Géographie moderne* de M. Pinkerton, m'a confirmé dans l'idée que ce pourrait être une chose utile d'exposer les principes de la géographie, indépendamment de toute description particulière des lieux, et m'a suggéré le projet de faire, pour la géographie physique, ce que j'avais fait pour la partie mathématique, en donnant quelques développements aux notions générales sur les accidents de la surface terrestre que j'avais rappelées à l'occasion de la figure du terrain. S'il est nécessaire, pour juger du mérite d'une carte, de connaître les procédés sur lesquels sa construction est fondée, il n'est pas moins à propos d'avoir quelques directions sur la

manière d'y lire les circonstances physiques du local, pour en imprimer le tableau dans son esprit. Enfin, pour attacher quelque intérêt à la description des formes du terrain, à l'indication des phénomènes météorologiques qui constituent le climat, avoir une idée générale de ces formes et de ces phénomènes, considérés, pour ainsi dire, d'un seul point de vue sur tout le globe. Tel est le double objet que je me suis proposé de remplir dans la partie physique de cette introduction ».

La préface montre aussi la vision critique qu'a Lacroix de la géographie physique de son temps. Il ne voit que deux ouvrages dont le but soit à peu près le même que le sien. La *Géographie générale* de Varenus, que les progrès de la science « ont rendu très défectueux sur sa partie physique », et *l'Introduction à la géographie* par Robert de Vaugondy, qui « ne donne de détails que sur les projections des cartes et n'offre pour le reste que l'explication des termes et le tableau des grandes divisions de la terre et de la mer, appuyées sur les conventions établies ». Enfin, « Philippe Buache est le premier qui ait proposé de fonder ces divisions sur des bases naturelles, mais il n'a présenté sur cette méthode que des cartes et des fragments liés à des idées systématiques qu'on lui a contestées et que j'ai eu le grand soin d'écarter ». Le travail de Lacroix sur la géographie physique rompt avec la tradition française, encore représentée à l'École normale de l'an III par Mentelle et Buache de Neuville (neveu et élève de Philippe Buache), dont le savant conteste les présupposés, non fondés sur une observation systématique de la nature. Lacroix est d'ailleurs assez prudent. Il sait que le tableau qu'il présente n'est qu'un « cadre à remplir à mesure que les observations seront plus nombreuses et plus précises ; car, dans le peu que j'en ai rapporté, j'ai souvent rencontré beaucoup d'incertitudes, et même de contradictions, sur des objets susceptibles de mesures exactes ».

La géographie physique de Lacroix doit beaucoup aux travaux d'Alexander von Humboldt : « On verra, dans le cours de l'ouvrage, combien je suis redevable aux travaux de M. de Humboldt et aux communications qu'il a bien voulu me donner ». Il n'est pas question de revenir sur cet immense géographe qui a déjà fait l'objet de multiples travaux (par exemple Minguet 1969). On sait qu'Humboldt entame, en 1799, ses voyages en Amérique dont il revient en août 1804 pour aller en Italie puis se fixer à Paris de 1808 à 1827. Le 6 février 1804, il est élu correspondant pour la section de physique générale de la première classe de l'Institut national et devient associé étranger le 14 mai 1810. Il fait paraître ses *Tableaux*

de la nature consacrés à la description des paysages américains en 1807-1808. C'est probablement comme académicien que Lacroix est entré en relation avec lui. Humboldt partage avec Lacroix un certain nombre d'idées, non seulement scientifiques, mais aussi philosophiques et libérales. R. Taton (1961) a publié une lettre d'Humboldt à Lacroix en date du 8 octobre 1816, où le savant allemand affirme avoir trouvé, dans le livre du Français (le *Traité élémentaire du calcul des probabilités*), « un nombre de considérations philosophiques qui manquaient totalement dans l'ouvrage de M. Laplace ». Il ajoute : « La justice que vous rendez à Condorcet et à Helvétius devient presque un acte de courage dans les temps où nous vivons, si végéter peut s'appeler vivre en parlant des êtres pensants ». Ces appréciations élogieuses expliquent pourquoi Lacroix a communiqué à Humboldt un certain nombre de résultats, avant même qu'ils ne fussent publiés, privilège qu'il refusa à Pinkerton.

La partie « Géographie physique » commence par une description des régions naturelles de la surface terrestre. Le mot 'naturel' est ici important car il s'oppose aux divisions 'artificielles'. C'est Buache qui est ainsi visé, sa géographie physique se réduisant à l'étude de la répartition et de la forme extérieure des montagnes, supposées rendre compte à elles seules des principales divisions géographiques. Faute de cartes donnant les courbes de niveaux, Lacroix s'appuie sur les relevés barométriques et l'étude des bassins fluviaux. Il commence par les océans, les mers intérieures et les fleuves. Ceux-ci lui permettent de partager l'Europe et l'Asie en quatre « pentes de première classe » (où les cours d'eau vont vers l'Océan), occidentale, septentrionale, orientale et méridionale, quatre pentes de seconde classe (où les cours d'eau vont vers une mer intérieure, Méditerranée, Baltique, Caspienne et d'Aral) ; ces pentes délimitent dix grandes régions : cinq à l'extérieur en comptant pour deux la pente occidentale vers l'Océan, et cinq vers l'intérieur en ajoutant aux bassins des mers intérieures le plateau central d'Asie. On retrouve, aux limites de ces régions, des montagnes. La méthode descriptive que Lacroix propose, en privilégiant les lignes de niveau, annonce la géomorphologie. On part des nœuds où se rencontrent les crêtes principales, puis on regarde les vallées principales qui en sont issues et enfin les vallées secondaires. Le savant montre sans peine que les lois générales proposées (par Buache) pour rendre compte de la disposition des montagnes sont contredites par les observations. Il est sceptique vis-à-vis du neptunisme : « On pourrait croire aussi que leur aspect général (celui des montagnes) tient à la nature volcanique du plus grand nombre ; et nous

les considérerons de nouveau sous ce rapport. Mais tous ces faits seront éclaircis lorsque M. de Humboldt aura terminé la publication de son intéressant voyage ».

Lacroix passe ensuite à la description de l'Amérique, en s'appuyant beaucoup sur les travaux d'Alexander von Humboldt, avec le même principe : on commence par les côtes, les fleuves et leurs bassins, puis on en arrive aux montagnes. L'Afrique n'est qu'esquissée, faute d'informations. Le savant termine par la description des îles, rassemblées en grandes chaînes, mais avec prudence. Il souligne que si les îles peuvent être des sommets de montagnes englouties et un archipel une suite de sommets d'une chaîne de montagnes sous-marines, il faudrait une étude du relief sous-marin pour étayer ces affirmations. Il achève son tableau par les presqu'îles puis les grandes villes dont l'établissement est lié à leur position dans le système fluvial. Nombre de remarques montrent l'importance qu'il accorde à la question du relief, qu'il juge essentielle pour la répartition des espèces vivantes. Ainsi, Lacroix cite l'*Essai sur la géographie des plantes* d'Humboldt et propose de mener une étude géographique sur les plantes et les animaux, reliant celle-ci à la question du relief et annonçant ainsi la biogéographie.

Si l'étude de Lacroix sur les diverses espèces de sols, climats, vents ou océans est relativement classique, elle intègre aussi des découvertes récentes : « Il paraît que ce courant (le gulf-stream) ne se termine pas près de Terre Neuve car M. de Humboldt lui attribue le transport des productions de l'Amérique jusque sur les côtes de Norvège ». Lacroix parle aussi du courant d'Humboldt : « On a vu que le courant du golfe du Mexique avait une température plus élevée que les eaux environnantes, et le contraire a lieu dans un courant qui ramène dans le grand océan équinoxial les eaux du détroit de Magellan ». Il défend enfin l'idée que l'on pourrait, par les substances que contient la terre, étudier son évolution. On connaît la présence de débris de plantes et d'animaux qui ont dû occuper, dans d'autres temps, la surface de la Terre ou vivre dans l'eau salée ou douce : « D'après ces faits, comment se défendre du désir de connaître les états successifs par lesquels la terre a passé pour arriver à celui qu'elle nous présente aujourd'hui ? ». Mais il reste beaucoup à faire. Lacroix s'oppose à toute théorie prématurée : « Ce n'est donc qu'après une connaissance bien dévelop-

pée des êtres existant actuellement sur la terre qu'on peut tirer des conséquences justes de la présence des animaux fossiles qui sont les monuments les plus instructifs des révolutions qu'a subies notre globe » (p. 395-396). Et il cite les travaux de Cuvier et Brogniart dans le bassin de la Seine.

Là encore, les apports de Lacroix resteraient à préciser. Il est sûr cependant qu'il se situe dans le courant innovant de son époque. Malte-Brun, dans l'édition de 1832 du second tome (*Théorie générale de la géographie*) de son *Précis de géographie universelle*, examinant la question du relief, commence par reprendre, presque mot à mot, le texte de Lacroix⁴. Sa conclusion est pourtant radicalement différente : « Mais avant que les éléments d'une semblable carte soient plus nombreux et plus authentiques que ceux que nous possédons aujourd'hui, son exécution ne servirait guère qu'à donner un air de réalité à des idées systématiques fort incertaines. En tout cas, la confusion qui résulterait de cette multiplicité de lignes empêcherait qu'on ne désignât clairement sur ces cartes aucun objet de géographie politique ou historique. Il faut donc reléguer toutes les inventions de ce genre dans les cartes spécialement consacrées à la géographie physique, de même qu'on réserve les détails d'hydrographie pour les cartes nautiques » (p. 171). Par contre, en 1825, P. S. Giraud, membre de l'Institut et de la Commission centrale de la Société de géographie, consacre un long mémoire sur le nivellement général de la France et les moyens de l'exécuter (Giraud 1825). Il considère que c'est une tâche prioritaire, utile pour les progrès de l'hydrographie, de la géographie politique, de l'art militaire, de la géologie et généralement de toutes les parties de l'histoire naturelle. On voit que les vues de Lacroix, que Giraud cite, sont reprises par cet auteur. Celui-ci rappelle que la Société de géographie avait proposé la même année pour sujet de prix « de déterminer la direction des chaînes de montagnes de l'Europe, leurs ramifications et leurs élévations respectives ». Pour ce travail qui dépasse les possibilités d'un seul homme, il sait qu'il faudra, outre les travaux du monde savant, le concours de plusieurs corps, dont ceux des Ponts et Chaussées et des Mines, directement intéressés par le sujet. Giraud lira aussi son mémoire devant les ingénieurs militaires. C'est effectivement de la conjonction de tous ces efforts que naîtra la carte de l'État-Major de la France.

4) La comparaison des p. 168 et sq. de Malte-Brun avec les pages 178 et sq. du Lacroix le montre amplement.

Bibliographie

- Biot J. B.**, 1811, *Tables barométriques portatives donnant les différences de niveau par une simple soustraction. Avec une instruction contenant l'histoire de la formule barométrique et sa démonstration complète par les simples éléments de l'algèbre*, Paris.
- Bret P.**, 1991, «Le Dépôt général de la guerre et la formation scientifique des ingénieurs géographes militaires en France (1789-1830)», *Annals of Science*, 48, p. 113-157. *Bureau de consultation des Arts et Métiers*, réimprimé en 1981 par Grimaux, Ayer publishing, p. 640-648 ; mis en ligne sur [www Lavoisier.cnrs.fr](http://www.Lavoisier.cnrs.fr)
- Dhombres N. et J.**, 1989, *Naissance d'un nouveau pouvoir : sciences et savants en France 1793-1824*, Paris, Payot.
- Ducarla**, 1779-1780, *Cosmogénie*, tome I : *Du déplacement des mers, Des comètes, De la lumière zodiacale, Du soleil, Du système planétaire* ; tome II : *Géographe physique, Des météores locaux, Des atmosphères, De l'univers*, Genève, Du Villard fils et Nouffer, 3 vol.
- Ducarla**, 1782, *Vues sur la géographie physique, lues au Musée de Paris dans la rentrée publique du 21 novembre 1782*, Paris, imp. de P.-D. Pierres
- Ducarla**, 1782, *Expressions du nivellement ou méthode nouvelle pour marquer rigoureusement sur les cartes terrestres et marines les hauteurs et la configuration du terrain*, publiée par M. Dupain Triel père Paris. (Ducarla décrit dans ce texte, p. 97-111, la genèse de son idée des lignes de niveau).
- Ducarla**, 1783, *Du feu souterrain*, Paris, imprimerie de Prault, 54 p.
- Ducarla**, *Des inondations volcaniques*, s.l. n.d.
- Ducarla**, 1784, *Du feu complet : observations d'un membre du Musée sur le mémoire de M. Ducarla*, Paris, Moutard, 432 p.
- Dupain Triel**, 1759, *Lettre à Mr le comte de ... dans laquelle on examine l'insuffisance de la méthode actuelle d'enseigner les mathématiques*, Paris, l'auteur. 3^e édition : *Lettre à Mr le marquis de ... sur le plan des études mathématiques convenant à la jeunesse militaire par le sieur Dupain Triel père*, Paris, l'auteur, 1779
- Dupain Triel**, 1781, *Mémoire sur la navigation intérieure du Berri par un des membres de l'administration provinciale de cette généralité lu à l'Assemblée de 1780*, s.l.
- Dupain Triel**, 1781, *Atlas de la généralité du Berri considéré sous les différents rapports de sa division en sept élections*, Paris, l'auteur.
- Dupain Triel**, 1781, éd. **Vauban**, *Mémoire sur la navigation intérieure des rivières de France*, Paris.
- Dupain Triel**, 1782, *Essai d'une table poléométrique ou amusement d'amateur de plans sur la grandeur de quelques villes*, Paris, Dupain Triel.
- Dupain Triel**, 1786, *La France connue sous ses plus utiles rapports ou nouveau dictionnaire universel de la France, dressé d'après la carte en 180 feuilles de Cassini*, Paris, Impr. L. Cellot.
- Dupain Triel**, 1790, *Coup d'œil sur l'établissement de collèges municipaux pour les sciences, les arts et les métiers en faveur de la jeunesse*, Paris, L. M. Cellot.
- Dupain Triel**, 1791, *Des établissements de collèges municipaux pour les sciences, les arts et les métiers, en faveur de la jeunesse, avec quelques conseils aux femmes relativement à leur éducation*, Paris, Les marchands de nouveautés.
- Dupain Triel**, 1791, *Recherches géographiques sur les différentes hauteurs des plaines de la France, sur les mers et leurs côtes presque par tout le globe et sur les diverses espèces de montagnes ; Mémoire accompagné de cartes explicatives*, Paris, Impr. J.B. Herault.
- Dupain Triel**, 1792, *L'homme de guerre ou plan indicatif et discuté des études propres à le former dans l'une et l'autre classe de service*, Paris, l'auteur.
- Dupain Triel**, 1804, *Mémoire explicatif de la géographie perfectionnée par de nouvelles méthodes de nivellement d'après Ducarla, publiées pour la deuxième fois*, Paris, l'auteur.
- Giraud P.S.**, 1825, « Mémoire sur le nivellement général de la France et les moyens de l'exécuter », *Bulletin de la Société de géographie*, tome 4, n° 27 à 32, Paris, Arthus Bertrand, p. 291-305.
- Guénot H.**, 1986, « Musées et lycées parisiens (1780-830) », *Dix-huitième siècle*, n° 18, p. 249-267.
- Hoefler**, *Nouvelle biographie générale*, t. 15, Paris.
- Konvitz J.**, 1987, *Cartography in France 1660-1848 : science, engineering and statecraft*, Chicago & Londres, the University of Chicago Press.

- Kosselleck R.**, 1969, *Le règne de la critique*, traduction française, Paris, Éditions de Minuit.
- Lacroix S.**, 1804, *L'introduction à la géographie mathématique et critique*, Paris, Dentu.
- Lacroix S.**, 1811, *L'introduction à la géographie mathématique et physique*, Paris, Dentu.
- Lavoisier**, 1782, texte mis en ligne sur [www Lavoisier.cnrs.f](http://www.Lavoisier.cnrs.fr)
- Michaud L. G.**, 1858, *Biographie universelle ancienne et moderne*, Paris.
- Minguet C.**, 1969, *Alexandre de Humboldt, historien et géographe de l'Amérique espagnole 1799-1804*, Paris, Maspéro.
- Pastoureau M.**, 1984, *Les atlas français: répertoire bibliographique et étude*, Paris, Bibliothèque nationale.
- Roman d'Amat et R. Limouzin**, 1967, *Dictionnaire de biographie française*, tome XI, Paris.
- Taton R.**, 1961, « Une lettre inédite de Humblodt au mathématicien S. F. Lacroix », *Revue d'histoire des sciences*, t. XIV, n° 24, juillet 1961, p. 329-330.
- Varenius**, 1650, *Geographia Universalis*, Amsterdam, Elzevir. A eu de nombreuses éditions, dont celle de Cambridge en 1672 annotée par Newton, et a été traduite en français en 1755. D'Anville et von Humboldt ont reconnu ses apports
- Wilcock A.A.**, 1974, " 'The English Strabo' : the geographical publications of John Pinkerton ", *Transactions of the Institute of British geographers*, n°61, p. 35-45.

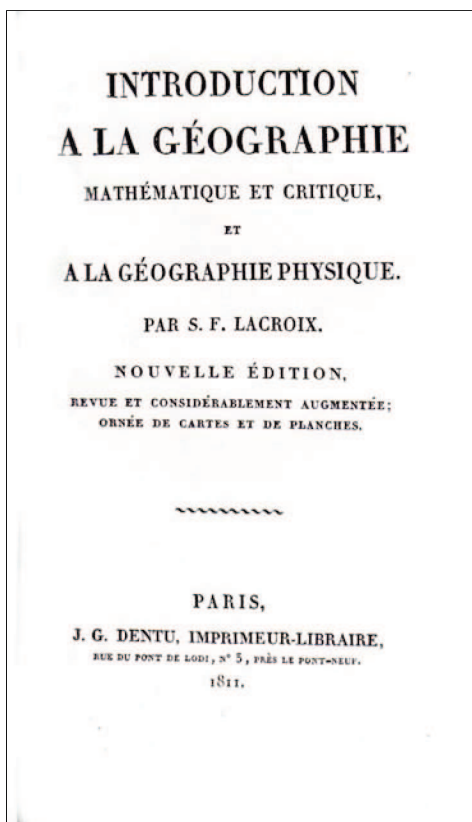


Figure 1 :
Page de titre de la Géographie de Lacroix

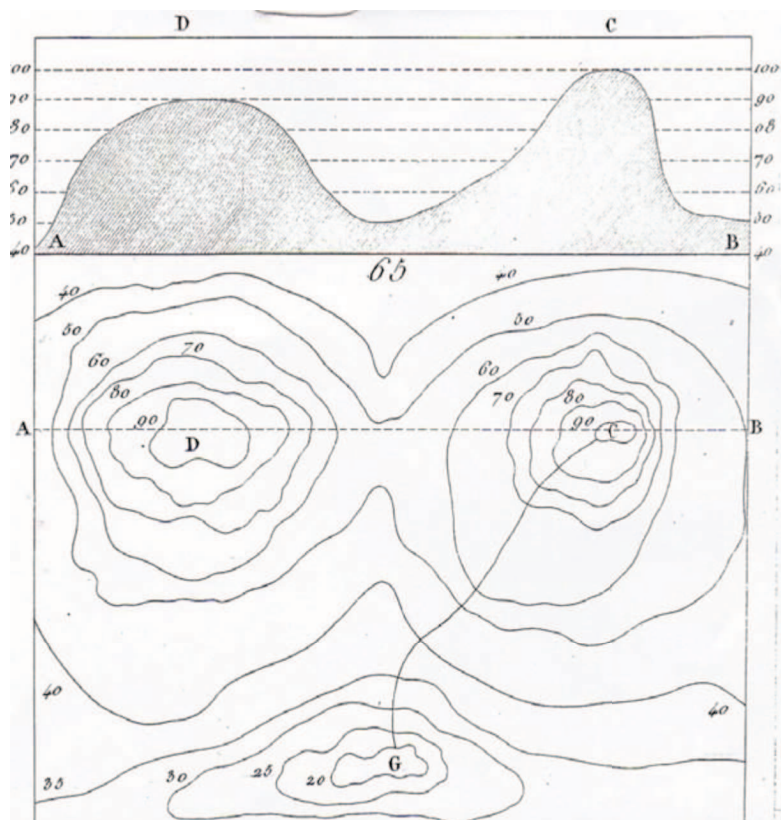


Figure 2 : Tracé d'un profil à partir des courbes de niveau.