



HAL
open science

Quelle démarche cognitive pour réaliser une carte mondiale de l'arésisme ?

Marie-Françoise Aufrère, Pascal Marty, Marie-Claire Robic

► **To cite this version:**

Marie-Françoise Aufrère, Pascal Marty, Marie-Claire Robic. *Quelle démarche cognitive pour réaliser une carte mondiale de l'arésisme ?*. *Le Monde des Cartes*, 2009, 199, pp.47-65. <halshs-01227537>

HAL Id: halshs-01227537

<https://shs.hal.science/halshs-01227537v1>

Submitted on 21 Dec 2016

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

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



HAL Authorization

Aufrère M.-F., **Marty** P., Robic M.-C., 2009.

Quelle démarche cognitive pour réaliser une carte mondiale de l'arésisme ? Les enseignements de la correspondance De Martonne-Aufrère,

Le monde des cartes, 199 : 47–65

QUELLE DÉMARCHE COGNITIVE POUR UNE CARTE MONDIALE DE L'ARÉISME ?

Les enseignements de la correspondance De Martonne - Aufrère

par

Marie-Françoise Aufrère

Comité français d'histoire de la géologie (COFHIGEO)

7 rue Saint-Hyacinthe 75001 PARIS

Courriel : mfaufriere@free.fr

Pascal Marty

CNRS, UMR 5175 CEFÉ, Montpellier et USR 3138 CEFRES, Prague

Vyšehradská, 49. 128 00 Prague 2. République Tchèque

Courriel : pascal.marty@cefe.cnrs.fr

Marie-Claire Robic

CNRS, UMR Géographie-cités, équipe E.H.GO

13 rue du Four 75006 PARIS

Courriel : robicmc@parisgeo.cnrs.fr

Au carrefour de la climatologie, de l'hydrographie et de la géomorphologie, Emmanuel de Martonne commence une carte des régions privées d'écoulement vers l'océan avant 1914, et il la reprend après la guerre, avec la collaboration de Léon Aufrère. Il la présente pour la première fois au congrès international de géographie du Caire (1925). De Martonne a la réputation de se méfier de la théorisation, de pratiquer une recherche inductive fondée sur l'observation de terrain. Comment produire une carte mondiale dans ce cadre cognitif ? Comment pallier l'absence de données précises ou fiables sur beaucoup de portions des continents ? La correspondance entre les deux collaborateurs, encore inédite, permet de saisir cette carte en train de se faire. Elle montre que l'acte cartographique fait appel à plusieurs types d'opérations conjointes de figuration, de catégorisation, de calcul, d'interprétation de cartes intermédiaires. Elle révèle le rôle majeur joué par l'hypothèse climatique dans la construction de la carte comme dans son interprétation. Au total, le processus implique une activité de modélisation par laquelle, progressivement au cours de sa carrière de géographe, de Martonne serait passé de l'usage implicite d'une norme climatique européocentrée à l'adoption d'une règle universelle à référence climatique ou zonale.

Les membres de l'école française de géographie sont réputés avoir été très réservés face à la théorisation et avoir valorisé l'induction, y compris dans son champ le plus proche des sciences de la nature, en géographie physique. C'est notamment l'image que ses élèves ou ses contemporains ont dressée d'Emmanuel de Martonne (1873-1955), patron de la géographie française pendant l'entre-deux-guerres, auteur de cette « bible » qu'a été le *Traité de géographie physique*, publié d'abord en 1909 et plusieurs fois réédité. Prudence, anti-dogmatisme, éclectisme, rapport direct, empirique, aux réalités, le caractériseraient :

« Il se méfiait des constructions dogmatiques. [...] Il préférerait emprunter à chaque doctrine ce qui lui paraissait susceptible d'expliquer les faits observés. Une attitude trop systématique lui paraissait préjudiciable à une analyse correcte des faits, trop complexes et généralement mal connus. Bien qu'il se soit peu expliqué sur les méthodes de recherche en géographie, il adoptait volontiers la méthode inductive du naturaliste. Une solide description des faits, sans idée préconçue, devait, dans son esprit, précéder des explications prudentes » (Dresch 1975, p. 37-38).

Les mêmes soulignent aussi la confiance que de Martonne avait dans son expérience personnelle du terrain et dans son propre coup d'œil, un « œil exer-

cé et [qui] savait relever vite les faits essentiels » (Dresch 1975, p. 40). Cette idée de la « justesse » du coup d'œil est reprise par plusieurs témoins tel Robert Ficheux : « Partout où il est passé, M. de Martonne a su voir, vite et bien » (cité par Palsky 2001, p. 271). André Cholley a été très disert sur l'intérêt que de Martonne portait à tous les « moyens visuels d'expression » et à la cartographie en particulier, et il lui prête l'opinion suivante sur la centralité de la carte dans la formation du géographe :

« La carte ne doit pas être uniquement le document que l'on consulte pour se rendre compte de la forme et de l'extension des phénomènes ; elle ne doit pas être uniquement une simple transposition des faits tels que l'analyse nous les révèle ; elle joue un rôle considérable dans la synthèse, car pour la construire nous sommes obligés de généraliser, c'est-à-dire de mettre l'accent sur les rapports essentiels d'une combinaison géographique. C'est pourquoi il n'y a pas de moyen plus efficace de voir les choses géographiquement, d'acquérir l'esprit géographique que de s'astreindre à la patiente et efficace construction des cartes, en particulier des cartes synthétiques. » (Cholley 1956, p. 12).

« Parangon du géographe classique, E. de Martonne est un homme de la vue et de l'expression iconique », conclut Gilles Palsky (Palsky 2001, p. 271), en soulignant les talents reconnus du géographe comme dessinateur et cartographe.

Mais comment produire les cartes ? Et, pour un adepte de l'information visuelle directe, la question est-elle identique lorsqu'il s'agit de géographie générale ou de géographie régionale ? Comment exercer ce fameux coup d'œil lorsque l'ambition est non pas de produire une monographie ou de faire une étude comparée de contrées de taille limitée, mais de travailler à l'échelle de la terre entière, pour réaliser la carte mondiale d'un phénomène ? Non seulement les capacités d'une seule personne conviennent mal au recueil documentaire, mais le regard, même aérien, ne peut plus suffire. Aussi faut-il compter sur des collaborations et sur des substituts de la vue directe. Comment suppléer au manque d'information, que celle-ci soit immédiate (par l'autopsie personnelle du terrain) ou médiata (des descriptions sûres, dues à des collègues ou à des spécialistes avertis, ou des représentations fiables, photographiques ou cartographiques) ? Comment faire lorsque la couverture du monde par le témoignage, par la carte ou par l'image figurative, est partielle et inégale en qualité ?

C'est le problème que pose notamment la réalisation d'une carte des régions privées d'écoulement vers l'océan, que de Martonne présente pour la

première fois au Congrès international de géographie du Caire, en avril 1925 (fig. 1). Cette carte est co-signée par Léon Aufrère (1889-1977), avec qui de Martonne a entretenu une longue collaboration et avec qui il a échangé, pendant plusieurs décennies, une correspondance suivie qui est aujourd'hui, pour la partie écrite par de Martonne, en possession de Marie-Françoise Aufrère, fille de Léon Aufrère.

Or, en raison de sa défiance à l'égard de l'abstraction, les propos méthodologiques et les métadiscours de de Martonne sont rares. Certes, au-delà des témoignages évoqués ci-dessus, on dispose désormais d'analyses circonstanciées de ses convictions épistémologiques et de certaines de ses pratiques iconographiques et textuelles (Mendibil 2001 ; Orain 2001 ; Palsky 2001). Mais, pour ce qui est de la posture épistémologique générale, sa caractérisation repose plus sur les textes de géographie régionale que sur ceux de géographie physique générale, et sur des travaux de divulgation plutôt que sur les articles de recherche. Olivier Orain a montré combien les textes les plus programmatiques manifestent d'ambiguïtés ou de tensions, en particulier une tension entre une posture anti-doctrinale affichée et des convictions assurées sur la nature de la géographie, sur sa méthode et sur ses fondements. Au terme de l'analyse, Orain qualifie l'attitude de de Martonne de « réaliste », une attitude partagée par la plupart des membres de l'école française de géographie (Orain 2009). Ce réalisme recouvre une conviction relative à la fois à la nature du lien entre le réel et l'investigation scientifique et aux pratiques et aux valeurs développées par le géographe dans sa recherche :

« La pensée géographique est ce faisant conçue dans le plain pied du réel, sans discontinuité avec (et sans construction de) l'objet qu'elle vise [...] Le réel est un donné, indépendant du chercheur, qui impose son pli à la recherche. Mais il est plus que cela : il est directement saisissable, non médié, en continuité pleine et entière avec la science » (Orain 2001, p. 296).

Quant à la pratique cartographique, sur laquelle l'auteur s'est, parfois, assez précisément expliqué, elle n'est connue qu'à travers les résultats publiés, sans le cortège d'opérations qui l'ont accompagnée. C'est donc une grande chance que de disposer, grâce à une correspondance très spontanée, des échanges entre les deux hommes, conduits pour réaliser une carte du monde entre le 2 mai 1924 et la fin de l'été 1928 (fig. 2). Indépendamment des relations interpersonnelles qu'ils traduisent et qu'ils construisent, dont il sera peu question ici, ces lettres permettent de suivre ce que de Martonne lui-même a appelé la « galère aréique » (Aufrère 1996) : pour

Pour une carte de l'arésisme

347 lettres d'Emmanuel de Martonne (1873-1955) à Léon Aufrère (1889-1977) 1922-1952

Je savais que mon père avait collaboré avec de Martonne et l'abbé Breuil. Un jour j'ai trouvé une boîte verte parmi d'autres boîtes vertes portant une étiquette : « de Martonne ». Elle contenait les lettres envoyées par de Martonne à mon père pendant trente ans, de 1922 à 1952. Pourquoi ai-je lu ces lettres ?

La première raison, ou plutôt, la raison première, décisive, est subjective. Que faisait mon père avant que j'existe ? Qui était ce de Martonne dont j'avais si souvent entendu parler ? J'avais une occasion d'apprendre quelque chose sur mon père, longtemps après sa mort. Je n'ai pas été déçue. Après avoir parcouru des pages assez obscures pour moi de géomorphologie, une lettre m'a particulièrement intéressée : de Martonne vient d'être informé du mariage de mon père, et il accepte, volontiers, d'en être le témoin. Breuil a marié mes parents. Il est devenu mon parrain. Je connaissais cette histoire de mes origines. Mais j'ai été ravie de la découvrir racontée par un témoin et par quel témoin ! C'est le petit bout de la lorgnette.

Plus tard, j'ai relu ces lettres autrement : et si elles pouvaient intéresser d'autres que moi ? En temps que philosophe, je suis intéressée par la création scientifique, et de ce point de vue, les lettres sont essentielles. J'avais lu les textes dits fondamentaux de Descartes et j'avais été troublée à la lecture de sa correspondance : elle donnait vie à ses publications ou elle les rendait vivantes, alors que les publications effacent parfois incertitudes, contradictions et tensions. C'est dans cet esprit que j'ai relu ces lettres et l'ouvrage issu de la collaboration d'Emmanuel de Martonne et Léon Aufrère, entre 1922 et 1928 : *Les régions sans écoulement vers l'océan*, ouvrage qui contient, entre autres, l'élaboration d'une carte de l'arésisme. Ces lettres conduisent à une nouvelle lecture de la publication.

En effet, les auteurs sont confrontés en permanence à des difficultés pratiques et théoriques. Commençons par les difficultés pratiques. Ils cherchent à établir une carte avec d'autres cartes, alors que des cartes leur manquent ou n'existent pas ou qu'on a affaire à des *terra incognita*. Leur correspondance élabore des calculs interminables, les annule ou les corrige. Sans parler des remontrances du maître à l'élève, et des réponses de l'élève peu docile au maître. On peut ici parler de difficultés « pratiques », les difficultés pouvant être théoriques pour l'un et pratiques pour l'autre : que dire des retards systématiques de l'élève qui conteste la géographie de l'époque, alors que le maître tient à respecter les échéances négociées avec l'éditeur ! À chacun ses priorités. De Martonne, peut-être excédé, a qualifié un jour cette collaboration de « galère aréique ».

De plus, les difficultés théoriques s'accumulent. Des problèmes se posent, que la géographie de l'époque ne donnait pas les moyens de résoudre avec précision. Les deux hommes bricolent ou font des acrobaties avec des ignorances et ce qui leur apparaît comme des insuffisances théoriques constitutives, et plus précisément avec une climatologie dynamique en cours de constitution. Malgré ces difficultés, ils parvinrent à établir une carte de l'arésisme. Aujourd'hui leurs lettres apparaissent comme celles de pionniers. Ultérieurement, Léon Aufrère justifiait ainsi son abandon de la géographie pour l'histoire de la géographie : « J'ai été amené à l'Histoire des disciplines auxquelles la Géomorphologie doit faire appel. L'Histoire a ici la valeur d'une critique et d'un examen de conscience en considérant la discipline envisagée comme une chose dans sa totalité existentielle, actuelle et passée. La naissance d'une notion est parfois d'une tout autre époque que sa rationalité de sorte qu'une discipline peut être considérée comme une réunion d'idées de divers âges et de diverses valeurs. Cette considération apporte donc avec elle des conditions de critique particulières » (Aufrère 1952, p. 11). Après sa collaboration avec de Martonne, Aufrère a été voir comment leurs prédécesseurs posaient et résolvaient les problèmes avec les concepts de leur époque. Il a ainsi publié *Soulavie et son secret* en 1952, pour étudier comment, avec la géographie de 1780, Soulavie est tout de même parvenu à démontrer que les rivières creusaient leur vallée.

J'ai d'abord lu ces lettres par le petit bout de la lorgnette, et j'ai bien fait, puisque la première lecture m'a conduit à une autre. Je suis à la recherche de l'autre correspondance, celle d'Aufrère à de Martonne. Peut-être existe-elle encore, quelque part. Peut-être a-t-elle été détruite par les hasards dits de l'histoire. À supposer que cette dernière correspondance soit introuvable, les lettres retrouvées révèlent, à elles seules, un aspect de la géographie des années 1920-1930 en train de se faire. Je les ai enregistrées sur ordinateur et nous avons le projet, Pascal Marty, Marie-Claire Robic et moi, de les publier.

Marie-Françoise Aufrère, décembre 2008

nous, de connaître les doutes, les suggestions, les discussions, les hypothèses éventuelles échangées « off record », loin de la rédaction policée d'un texte scientifique et loin de sa forme finale d'article de revue, après des partis-pris d'écriture, des autocensures, des négociations, l'intervention des dessinateurs, des directeurs de la publication et des éditeurs... Par ailleurs, les archives de Léon Aufrère permettent de visualiser partiellement le travail de documentation et de mise en forme réalisé progressivement. En quoi ces archives éclairent-elles la démarche cognitive effectivement mise en œuvre par de Martonne, dans une collaboration forte en interactions mais qui s'est effectuée, en fait et en droit, sous son autorité ?

On tâchera de mettre en évidence la complexité des opérations qui conduisent à la confection des cartes, complexité qui correspond bien à la notion de « processus figuratif », développée par Jean-Marc Besse dans son analyse de la nouvelle historiographie cartographique : un processus constitutif de l'activité cartographique et de la « série d'opérations discursives et graphiques dont elle est l'aboutissement » (Besse 2008, p. 27). Réinter-rogeant son rejet de la théorie, on s'intéressera particulièrement au rapport que de Martonne entretient avec l'hypothèse et avec l'activité d'interprétation des informations de terrain et des cartes. Après avoir exposé les trois éléments du cadrage programmatique dans lequel s'est opéré le travail, selon les divers textes publiés, on analysera les conditions qui ont rendu possible le travail d'élaboration de la carte. On repèrera ensuite, grâce à la correspondance, plusieurs types d'opérations effectuées. En conclusion, au vu du modèle climatique qui guide fondamentalement de Martonne dans son investigation, on s'interrogera sur les trois dimensions de son projet de connaissance et particulièrement sur la portée de sa carte des régions privées d'écoulement vers l'océan dans un itinéraire spécifiquement martonnien d'interrogation sur la normalité des faits de géographie physique à l'échelle de la Terre.

1 Une série de cartes mondiales des régions privées d'écoulement vers l'océan

1.1 Trois cartes de 1925 à 1928-1929

Ce sont trois cartes en couleurs qui ont été successivement publiées, sous la double signature de de Martonne et d'Aufrère, à partir de 1926. La pre-

mière, d'abord présentée sous forme d'une minute au 1 : 20 000 000 au Congrès international de géographie du Caire, est publiée l'année suivante dans les actes, sous le titre « Extension des régions privées d'écoulement vers l'océan », au 1 : 100 000 000. Elle comporte une légende correspondant à trois dégradés de rouge : « Aucun écoulement », « Écoulement n'atteignant pas l'océan », « Région où la distinction n'est pas possible ». La deuxième carte (fig. 3) est parue dans la revue américaine, *The Geographical Review*, en 1927, sous le titre de « Map of interior basin drainage » au 1 : 50 000 000 ; la légende comporte six mentions avec un rouge plus intense et un rosé pour les deux premières : « Areic regions (without surface drainage) », « Endoreic regions (interior basin drainage) », « Exoreic (throng-flowing drainage) », « Chief watersheds », « Regions of dunes », « Deserts ». Cette carte comporte de la toponymie : les auteurs distinguent les hydronymes, les noms de grandes régions et, en police spéciale, les régions dunaires ; les réseaux hydrographiques sont différenciés en deux catégories, dessinées en bleu en trait plein et en tirets. Une troisième carte, réplique, en français, de la précédente, est publiée dans les *Annales de géographie* de 1928 et dans une brochure de l'Union géographique internationale (UGI) éditée pour le congrès de Cambridge de 1928, sous le titre de « Carte des régions privées d'écoulement vers l'océan ». Enfin, une carte en noir et blanc, sans échelle, intitulée « Extension des régions privées d'écoulement régulier vers la mer » est insérée dans le *Traité de géographie physique* à partir de l'édition de 1929¹ (fig. 4) : elle simplifie les contours des cartes précédentes en adoptant la distinction entre « drainage extérieur sans écoulement régulier », « drainage intérieur avec écoulement régulier (l'absence d'écoulement vers la mer est dû au relief) » ; une ligne continue figure les « limites actuelles de la région privée d'écoulement », tandis qu'une ligne en tirets représente la « même limite avant l'extension du drainage océanique par érosion régressive ».

La correspondance permet de faire remonter la collaboration entre Aufrère et de Martonne à la fin de 1923. Leur travail vise la présentation d'une communication au Caire, devant la section de géographie physique le 3 avril 1925. Sur la suggestion du président de séance, Emmanuel de Margerie, ou de de Martonne lui-même, le congrès a émis le vœu de la publication d'une carte générale des bassins fermés. Selon les dires de de Martonne, son projet de réaliser

1) Il s'agit ici de la « Quatrième édition, entièrement refondue (deuxième tirage, revu et corrigé par l'Auteur) », dont le tome 2 consacré au Relief du sol a été publié en 1929. Cette carte est insérée dans le chapitre XIV, « Modelé désertique et actions éoliennes ».

une telle carte date d'avant la guerre. Il avait, pour ce faire, mobilisé plusieurs étudiants de la Sorbonne, chargés chacun de l'étude d'une région particulière du globe. Après une parenthèse de cinq ans, il en a repris la réalisation, en mobilisant pour cela le jeune Aufrère qui a accepté de travailler à la réduction et à l'assemblage des cartes intermédiaires réalisées. Ils ont donc oeuvré de concert à réalisation de la carte, comme l'atteste la signature commune. Mais, sauf exceptions, seul de Martonne a signé les articles publiés avec la carte. La collaboration avec Aufrère figure lors de la présentation de leurs travaux sur l'extension du drainage océanique à l'Académie des sciences (1925). Elle est mentionnée explicitement (« *the devoted collaboration of L. Aufrere* ») dans le texte de l'article publié aux États-Unis (Martonne 1927). Aufrère est co-auteur de la longue brochure de 1928 patronnée par l'UGI et de l'article des *Annales de géographie*. Pour Le Caire, Aufrère était seulement crédité de « la révision des calculs et de la réduction de la carte ».

À la différence de cartes mondiales dont de Martonne a pu être l'initiateur dans les années trente, alors qu'il est l'un des patrons de l'UGI, cette carte est réalisée dans un cadre collaboratif, mais sans la dimension internationale d'une organisation d'équipes ou de savants distribués sur le globe entier. Cependant, de Martonne indique à propos des sources que des cartes d'échelle moyenne de diverses provenances et que tous les renseignements possibles ont été utilisés.

1.2 Trois conditions de possibilité

On évoque ici les trois conditions de possibilité qui semblent nécessaires à une connaissance géographique du phénomène de l'absence d'écoulement vers l'océan, au vu des publications.

1.2.1 Un monde entièrement connu, mais inégalement

Carte mondiale d'un phénomène naturel, la carte des régions privées d'écoulement vers l'océan est inséparable d'une forme de mondialisation que des géographes comme de Martonne admettent au moins implicitement, et dont ils font comme la condition de possibilité de la nouvelle phase scientifique à laquelle ils pensent contribuer. Le fait que la terre entière soit reconnue par les Occidentaux est en effet, si l'on accorde du sens au dispositif cartographique qui ponctue les chapitres du *Traité de géographie physique*, une condition nécessaire pour développer la géographie générale physique que l'ouvrage entend exposer (Arrault 2009). Ce manuel s'ouvre, en effet, par un chapitre qui, sous le titre de « Évolution de la géographie », montre que la terre a

été progressivement connue par les Européens, ce qu'une carte exprime par la représentation de « l'extension de l'horizon », sur laquelle l'ensemble des continents est considéré comme désormais reconnu. Symptomatiquement aussi, chacune des grandes parties du livre s'ouvre par un état des lieux, c'est-à-dire un « état de la connaissance » du phénomène visé. En tête de la partie consacrée au « relief du sol » (comme on dit alors) en particulier, figure une mappemonde de l'« état de notre connaissance topographique du globe », évaluée à l'aune de la couverture cartographique des régions du globe et à la qualité des cartes (échelles et régularité des levés) (fig. 5). Ici, beaucoup de blancs figurent encore dans l'intérieur de l'Afrique, l'Amérique du Sud, l'Australie, l'Asie, et dans les régions de haute latitude.

1.2.2 Connaître le monde de visu ?

Science de « plein vent » selon l'expression de Lucien Febvre, la géographie qui prend forme au début du XX^e siècle combine en fait le rapport direct au terrain et l'érudition construite par la compilation cartographique et par la synthèse documentaire. Elle se veut aussi explicative. Dans le cas de de Martonne, la démarche cognitive qu'on lui reconnaît valorise donc particulièrement l'autopsie de terrain et l'art de voir. Par ses premiers travaux, par sa promotion individuelle et collective des missions et des excursions, il démontre effectivement une capacité de voir et de représenter les faits géographiques par une gamme très complète de procédés de visualisation qui mobilisent le coup d'œil, le savoir faire photographique, le dessin, le panorama, le bloc-diagramme, la carte. On pourrait aussi ajouter la description naturaliste.

Outre l'Europe de l'Ouest et l'Europe centrale (il a fait sa thèse de géographie sur la Valachie et sa thèse de sciences sur les Carpates), de Martonne a fréquenté l'Amérique du Nord dans la première décennie du XX^e siècle, en participant à deux excursions transcontinentales en 1904 et 1912. Le compte rendu qu'il consacre au premier voyage lui permet d'évoquer, pour la première fois, le modelé désertique et d'illustrer son analyse par la représentation de deux panoramas du Nouveau-Mexique qu'un incident climatique (un *sheet flood*), lors de l'excursion, lui a permis d'observer et de dessiner d'après nature (fig. 6). Voici son récit et son constat :

« Une pluie diluviale [*sic*] d'une nuit avait suffi pour inonder la plaine, emporter les rails et ruiner la voie ferrée sur une étendue considérable. On pouvait voir l'eau couler au hasard sur le sol caillouteux et uni, semé de touffes de Mesquite, se rassembler en torrents boueux qui ravinaient le sol, pour se perdre dans les sables à quelques centaines de mètres plus loin. C'est ainsi que les débris

des montagnes sont étalés sur une surface presque aussi uniforme que celle d'un lac» (Martonne 1905, p. 16).

Ces dessins montrent la qualité de vision et la précision du trait pour représenter, par exemple, le « glacis² » qui, typiquement, borde des reliefs dont la « hardiesse » apparaît singulière à de Martonne par rapport aux formes auxquelles il a été accoutumé.

De Martonne précise, dans ses publications, l'état de la connaissance directe qu'il a des bassins intérieurs et des régions arides. Pour l'Afrique du Nord, l'excursion qu'il suit en Égypte vers le Sinaï et la mer Rouge lui permet de compléter son expérience du sud marocain et algérien (cf. Martonne 1921). Son récit détaillé de l'excursion à Qosséir de 1925 lui donne aussi l'occasion de restituer ses observations de terrain, ses comparaisons, ses inférences sur le rôle respectif des eaux courantes, de la désagrégation mécanique et de l'action éolienne, témoignant manifestement de grands talents descriptifs.

A défaut de ce savoir direct, ses textes invoquent les informations issues des publications de collègues, géographes, géologues, hydrologues... On peut en imaginer autant que les catégorisations de contrées, que les descriptions textuelles ou les images figuratives publiées. Mais la base du travail semble être constituée par les fonds cartographiques existants. Dans cet usage de la carte, la question de l'œil se pose encore, selon les publications, puisqu'il faut sélectionner les lieux d'après leur physionomie sur les cartes : « On a en général considéré comme bien drainées toutes les régions où les cartes d'échelle moyenne indiquent un chevelu d'affluents », affirme de Martonne en 1926 (Martonne 1926, p. 28). Selon de Martonne et Aufrère, avec le perfectionnement de leur méthode, les problèmes de discrimination se posent moins en raison de l'inégale valeur des cartes disponibles qu'en raison de la complexité du réel : « l'imprécision même des limites du drainage intérieur » (Martonne, Aufrère 1928a, p. 3). Aussi ont-il été conduits à catégoriser les formes de dégradation de l'hydrographie. Cette variété de formes se donne à voir dans une certaine mesure sur les cartes. On le voit, par exemple, dans le cas de dégradation caractérisé par l'existence du « ruissellement torrentiel désertique » (comme dans le désert égyptien), dont le phénomène est susceptible d'une description du processus et dont la signature cartographique est différenciée : « Les lits des torrents sont assez individualisés, mais peuvent rester sans eaux plusieurs années. Une forte pluie occasionnelle y lance une crue appelée

séil, analogue aux laves des torrents alpins, qui emporte tout sur son passage, mais dure peu et ne parcourt pas même toute la vallée. La trace de ce régime se voit dans une bonne carte à l'absence de hiérarchie régulière des thalwegs » (Martonne, Aufrère 1928a, p. 4) ; de même, l'écoulement en nappe mince ou *sheet-flood*, fréquent dans l'ouest américain et dans les Bolsons du Mexique, dont la signature est constituée par « les glacis d'alluvions descendant vers le centre du bassin, avec rigoles sèches discontinues » (*ibid.*).

Ce faisant, de Martonne admet avoir dû procéder à un travail d'interprétation pour aboutir à la carte : « Cette interprétation s'appuie sur des relations établies, dans les cas où les cartes sont assez précises, entre les formes hydrographiques et le climat, et sur la considération des données météorologiques, là où existaient des doutes » (Martonne, Aufrère 1928a, p. 5). Il doit même ajouter aux considérations climatiques des faits de lithologie et le rôle des paléoclimats.

1.2.3 Des questions géographiques sur des processus anormaux

Mais quel est l'enjeu ? Quel problème poursuit de Martonne quand il envisage ces aires privées d'écoulement vers l'océan ? Est-ce pour améliorer la connaissance physique du globe en délimitant les grandes entités qui le composent, tels les déserts ? Son argumentation déborde, en fait, une perspective strictement descriptive, elle correspond à la vocation explicative de la géographie moderne à laquelle il entend concourir, et qui figure en début de son *Traité* comme l'ont souligné Numa Broc et Christian Giusti en 2007 : « Comme ses sœurs aînées les sciences naturelles, la géographie physique ne peut se contenter de décrire, elle doit expliquer ».

Ses interprétations visent des perspectives hydrologiques et des perspectives morphologiques. Les premières, dont on sait l'importance qu'elles ont revêtue dans toute la vie professionnelle de de Martonne (Cholley 1956, p. 10 *sq.*), sont annoncées en premier lieu en 1925 : « Cependant le sujet ne se réduit pas à délimiter les déserts, sa signification ne peut être bien comprise sans envisager le sort des précipitations tombant à la surface du sol » (Martonne 1926, p. 25). De Martonne évoque alors le devenir des eaux de pluie (évaporation, infiltration, écoulement libre), de telle sorte que le jeu de ces processus et la nature des conditions climatiques sont, pour lui, constitutifs du sujet. Mais s'y ajoute un volet morphologique, car une partie de ces régions

2) Ce terme figure en légende en 1929.

privées d'écoulement vers l'océan a pour origine l'existence de « bassins fermés » d'origine tectonique.

Mieux, la question soulève un problème géomorphologique fondamental, qui lie des considérations hydrologiques, hydrographiques et morphologiques dans le cadre de la théorie du cycle d'érosion de William Morris Davis. Sans la détailler ni se référer au géographe américain, de Martonne en rappelle les grandes lignes qui confèrent au cas étudié la portée d'une anomalie manifeste :

« Dans les deux cas [désert ou dépression fermée], les conditions hydrographiques sont anormales, les conditions morphologiques ne le sont pas moins. Le modelé de la surface du sol change lentement mais constamment sous nos yeux par le travail de l'érosion des eaux courantes, qui creusent leur lit en tendant vers le profil d'équilibre, et l'on sait que ce profil s'appuie sur le niveau de base uniforme des océans. Partout où l'écoulement n'atteint pas la mer, l'érosion obéit à un niveau de base local, qui peut être notablement au-dessus de celui des océans, parfois au-dessous (mer Caspienne, mer Morte, etc.) » (Martonne, 1926c, p. 26).

Il ne s'agit donc plus de préciser l'aire d'extension des grandes régions de la planète, à la manière de l'*Atlas Berghaus*. C'est en effet à cet atlas que de Martonne se réfère régulièrement pour montrer l'intérêt qu'a soulevé la question, affirmant que son planisphère hydrographique a été reproduit par de nombreux auteurs qui ont effectué le calcul de la proportion des surfaces continentales à drainage interne (soit plus du cinquième des surfaces continentales, selon l'océanographe Murray qui aurait effectué le premier des évaluations de surfaces d'après cette carte, suivi par D.K. Gilbert et par A. Penck qui a évalué la superficie des *Binnengebiete* à 29 millions de km² carrés soit 22% des continents (Martonne 1926, p. 27)). De Martonne aboutit à 40 millions de km² soit 26% des terres en 1925. L'une des planches introductives de la partie géographique de l'*Atlas historique et géographique Vidal-Lablache* (1894) représente d'ailleurs ces grandes entités que nous appellerions ontologiques, sous le titre général de « Comparaisons géographiques » (fig. 7).

De Martonne crédite ce phénomène spécial de drainage d'une portée sectorielle ou thématique, comme l'ont reconnu, selon lui, quelques auteurs qui se sont presque tous restreints à une question climatique. En revanche, « D.K. Gilbert est le seul qui paraît soupçonner la complexité de la question » (Martonne, 1926c, p. 7). Donc, plus fondamentalement, si l'on suit la critique formulée par de Martonne à l'égard de ses prédécesseurs, l'étude que le géographe vise veut rendre compte d'une

« complexité » : la complexité d'un phénomène et la complexité des causes expliquant la localisation et l'extension de formes anormales. L'enjeu de la représentation cartographique déborde donc la description pour viser une connaissance scientifique qui dépasse les postures déjà adoptées par des savants naturalistes :

« Notre connaissance cartographique, hydrographique et climatologique de la surface de la terre semble avoir fait assez de progrès pour justifier un essai de représentation plus détaillée et plus exacte d'un phénomène dont nous venons de montrer l'intérêt, et pour qu'on essaye une interprétation de l'image obtenue » (Martonne 1926c, p. 27).

L'opération de spatialisation cartographique est la base nécessaire d'une opération spécifique de connaissance savante, une « synthèse », qui constitue l'apport propre de la géographie.

Si l'on suit encore les publications, et d'abord celle du Caire, le projet dessiné par de Martonne est dominé par une interrogation d'ordre géomorphologique. La bizarrerie introduite par les zones sans débouché vers l'océan est, en effet, qu'elles ne relèvent pas du niveau de base général, mais qu'elles évoluent en fonction d'une référence locale. De Martonne relève donc l'anormalité du phénomène du point de vue géomorphologique, et par là, assure-t-il, l'anormalité de ses conséquences. L'enjeu lui paraît considérable en raison de l'ampleur des surfaces concernées, donc de la proportion des terres effectivement arides et dont les eaux n'atteignent pas l'océan ; il relève, là, une sorte de scandale que son texte exprime par le point d'exclamation :

« Au point de vue morphologique tout l'ensemble des régions de drainage intérieur est dans une situation anormale. La loi du niveau de base n'est pas applicable à un tiers des terres accessibles au modelé par les eaux courantes [...] Ainsi, l'évolution des formes d'érosion normale est presque dans un cas sur deux réglée par des niveaux de base locaux d'altitude variable ! » (Martonne 1926c, p. 30).

De Martonne parle de « menace » pour désigner des phénomènes de capture : « *Headward erosion of the systems draining to the ocean threatens the independence of the interior basins [...] Lake Chad is threatened by the Niger* » (Martonne 1927, p. 413). Ailleurs il dramatise : « Toute l'économie de la surface du globe serait changée si les précipitations qui y tombent trouvaient partout leur chemin vers les Océans, comme c'est le cas normal dans la plupart des régions habitées par les hommes curieux de comprendre la vie physique de la Terre » (Martonne, Aufrère 1928b).

Question strictement physique ou, aussi, perspecti-

ve humaine ? La dramatisation ou du moins la modalisation des propos qui soulignent la mise en cause de l'universalité d'une référence, le niveau de base, et au total l'écart par rapport à une certaine normalité, donne au questionnement une tonalité alarmiste.

2 Le travail de construction de la carte

Les archives montrent que l'élaboration de la carte, sa réalisation et sa publication, passent par plusieurs opérations. On distinguera, à partir de ce que la correspondance donne à lire de la fabrication des faits scientifiques, quatre opérations principales : le travail cartographique, la dénomination des phénomènes, la production d'indices mesurables et enfin l'interprétation de la carte. La correspondance montre que, loin de suivre un schéma simple de succession, ces opérations sont itératives : elles se répètent plusieurs fois, de Martonne et Aufrère revenant fréquemment sur leurs tracés, leur vocabulaire, leurs formules et leurs calculs, leurs interprétations, et reprenant, dans certains cas, toute la série des opérations. En outre, les archives cartographiques d'Aufrère rendent sensibles les différentes phases de la fabrication de la carte. Quant aux déconvenues éditoriales de l'un ou/et de l'autre auteurs et aux bonnes fortunes, elles font aussi partie de cette aventure cartographique.

2.1 Le travail cartographique

Selon les explications fournies dans les publications, la carte des régions privées d'écoulement vers l'océan résulte d'un travail initial effectué sur des cartes partielles de continents ou de sous continents ou sur les feuilles de la Carte internationale au millionième et sur toutes les cartes disponibles au 1 : 500 000 environ. Le patient travail de synthèse est présenté comme une conséquence des « progrès de la cartographie » (De Martonne, Aufrère 1928a) : « le domaine aréique se délimite assez facilement quand le matériel cartographique est suffisamment précis » et, par exemple, dans le cas d'absence de réseau hydrographique repérable, une grande confiance est portée à la signature morphologique des types d'écoulements, repérable sur des cartes à des échelles proches du 1 : 100 000.

Il s'avère que la production de la carte finale passe par celle d'une multiplicité de cartes intermédiaires de travail, régionales, ou par continents et par fuseaux continentaux ; que les fonds utilisés doivent pouvoir donner lieu à des calculs de surface et de pourcentages des surfaces latitudinales occupées

par les divers types de drainage, de telle sorte que les projections utilisées ne sont pas indifférentes ; que la disponibilité de cartes de qualité est essentielle à l'entreprise.

Les cartes hydrographiques ont donc été une base essentielle, ainsi que l'attestent les échanges épistolaires et les documents de travail cartographiques, cartes à moyenne échelle (fig. 8) et tableaux de calcul. Mais beaucoup d'autres informations s'y sont ajoutées. Une note manuscrite d'Aufrère au dos d'un de ces tableaux précise ainsi, pour la partie Europe-Asie, que l'espace a été divisé en bassins en se fondant sur « la ligne de partage des eaux... là où il y a un écoulement superficiel permanent ou temporaire » et que, pour les bassins arides, la délimitation s'est faite en tenant compte du relief : « [On a considéré] comme des régions hydrographiques des dépressions à peu près dépourvues d'écoulement et au centre desquelles on trouve d'ailleurs des schotts, des chebkas ou des ergs, c'est à dire des traces d'une hydrographie en voie d'appauvrissement. » Plusieurs sources ont été utilisées : « la carte des frontières de l'Empire russe, les cartes de Vivien de Saint-Martin, et la 3^e partie de *La face de la Terre*³ » ; pour compléter ces informations, il a fallu tenir compte des données climatiques (précipitations et températures), mais aussi s'appuyer sur des croquis, études ou récits d'explorateurs tel ceux de Sven Hedin.

Les lettres envoyées à Aufrère permettent, de leur côté, de préciser le versant proprement cartographique du travail. Néanmoins, cette correspondance passe sous silence des choix et des considérations qui vont de soi pour deux spécialistes de la cartographie. Elles confirment toutefois plusieurs points, en premier lieu la recherche constante de cartes de fragments de continents, les plus précises possibles afin d'améliorer l'information de base. Par exemple pour l'Argentine (3 mai 1925) ou encore pour l'Australie (15 novembre 1925).

On comprend mieux comment et sur la base de quelles informations se fait le calcul des diverses superficies par zones latitudinales, si essentiel à l'argumentaire qui accompagne la carte. Les polygones tracés sur les calques et cartes correspondent au découpage de la surface terrestre en degrés sur un fond de carte au 1 : 20 000 000, projection d'Eckert, sur lequel est porté un réseau de parallèles et de méridiens, en degrés. Les auteurs s'appuient, autant que possible, sur des mesures existantes, mais ils calculent eux-mêmes plusieurs valeurs : « les chiffres en noir ont été pris dans le mémoire de Schokalsky. Les autres nombres écrits en noir et les

3) E. Suess, *Das Antlitz der Erde* (La Face de la Terre), publié entre 1883 et 1909.

nb écrits en rouge ont été calculés par nous, à l'aide de la carte des frontières de l'Empire russe », dit encore la note manuscrite d'Aufrère. De Martonne envisage de refaire certains calculs (trouver la valeur de température pour chaque intersection de parallèle et de méridien), mais recule devant le temps qu'il faudrait y consacrer (13 février 1925) et utilise les valeurs de la carte de Hann dans l'*Atlas Berghaus* (27 octobre 1925). Ce travail fastidieux de mise au point des données à partir de la documentation disponible fait l'objet de plusieurs échanges entre les deux chercheurs (« Merci pour les corrections. J'espère que ce sont les dernières ! Car ma toile de Pénélope est à refaire à chaque instant », lettre du 27 octobre 1925). Des discussions sur les calculs ont encore lieu au printemps 1928 lors de la rédaction du texte pour le congrès de Cambridge et de la mise au point des tableaux et graphiques.

Enfin, la correspondance a fait progressivement place, à partir de 1926, à des remarques sur la fabrication du document lui-même : qualité des papiers, des encres, travail du dessinateur, couleurs à utiliser, toponymie à faire figurer, gravure et impression, relations avec l'éditeur :

« A. Colin m'envoie le dessin du fond de carte. Au premier abord il m'a fait très bon effet. La projection est parfaite. Les contours sont bien. Il me semble que le dessinateur a légèrement exagéré certains détails, baies, caps. Comme il a travaillé très consciencieusement je crois qu'il l'a fait intentionnellement, puisque la réduction n'amène pas un bouchage [...]. Je voudrais bien que vous voyiez cela. Mais le document n'est pas de ceux qu'on ose faire voyager. Il est sur carte bristol et un écrasement lui serait fatal. Mon impression est qu'il faut accepter ce travail et qu'on ne peut avoir mieux » (lettre du 25 juin 1926).

On voit un de Martonne cartographe autant que géographe, connaissant dans le détail les procédés de production des cartes à l'imprimerie : « Mais quel dommage de ne pas avoir fait tout de suite la carte sur papier fort (il est possible que les défauts vinsent en partie du gondolage du papier calque ; on a beau photographier sous glace, mais malgré cela les déformations des fibres du papier mouillé subsistent » (lettre de mai 1927). Les archives permettent donc de mettre à jour le travail de mise en cohérence et les préoccupations d'explication de géographes-cartographes.

2.2 La dénomination des phénomènes

« Régions privées d'écoulement vers l'océan », « *regions of interior-basin drainage* », telles sont les expressions génériques utilisées dans les titres de la carte et des publications. Mais de Martonne peut se

targuer d'avoir créé les néologismes, « aréisme » et « endoréisme », qu'il présente en 1926 à l'Académie des sciences et, à l'intention des géographes, dans son article pour les *Annales de géographie* : concluant son état des lieux, il estime que « personne n'a songé à distinguer l'endoréisme et l'aréisme » (Martonne, Aufrère 1928a, p. 3). Pourtant, le géographe était connu pour sa prudence en termes d'innovation terminologique : Cholley remarque « qu'il a toujours marqué une sérieuse appréhension vis-à-vis de la multiplication des termes techniques, des néologismes qui risquent d'encombrer notre discipline d'un jargon hermétique, ce qui est, on l'avouera, tout le contraire de l'esprit géographique » (Cholley 1956, note 2 p. 2).

La correspondance avec Aufrère montre un de Martonne très préoccupé par le choix de la terminologie la plus adaptée et la plus judicieuse possible pour nommer les notions mises à jour par le travail sur la carte des régions privées d'écoulement et sur l'indice d'aridité. Au début, alors que les deux géographes rassemblent les données, bâtissent l'armature cartographique et sont encore assez loin de pouvoir présenter un produit scientifique fini, de Martonne nomme une recherche en cours en référence à des types d'espaces et non à des processus : « mes documents sur les bassins intérieurs » (lettre du 2 mai 1924), « ma conférence sur les bassins sans écoulement » (lettre du 15 mai 1924). C'est à la fin d'une lettre datée du 10 octobre 1925, lors d'un séjour à sa maison de campagne de Rusquerolles, dans le Tarn, qu'il consulte Aufrère sur le nom à donner à la nouvelle fonction qu'il propose et aux modes de drainage qu'elle permet de distinguer, expliquant au passage qu'il s'inspire des anthropologues et des géologues pour créer ses néologismes :

« J'ai cherché une dénomination pour P : 10 (Tc+10) je l'appelle la fonction d'aridité mais bien entendu c'est une fonction inverse. Le domaine total privé d'écoulement régulier pourrait être appelé endoréique, son complément est exoréique (cf. endogamie et exogamie, endomorphisme et exomorphisme). On parlerait d'endoréisme et d'exoréisme pour drainage intérieur et drainage océanique. La partie du domaine endoréique, privée totalement d'écoulement régulier serait le domaine aréique. Je réfléchirai encore à ces expressions qui ne me satisfont pas entièrement » (lettre du 10 octobre 1925).

Dans les lettres suivantes, de Martonne utilise les mots « endoréisme » et « aréisme ». Néanmoins la correspondance montre sa prudence dans le choix des termes. Tout d'abord, il rejette, pour sa formule, des néologismes « rébarbatifs » (hyétothermique) et préfère un nom simple et intelligible pour le plus grand nombre. Sa culture classique lui fait refuser

« pluviothermique » qui mélange grec et latin. Le 30 octobre 1925, il annonce à Aufrère qu'il a consulté un helléniste sur le choix de ces néologismes. Ce dernier a validé les termes, mais a suggéré d'en modifier l'orthographe en « Arrhéisme », « Endorrhéisme », et « Exorrhéisme ». De Martonne est conforté dans le choix des termes, mais décide de revenir à l'orthographe initiale :

« Je me suis décidé à lancer l'arrhéisme etc. (en proposant l'orthographe simplifiée aréisme etc.) en même temps que l'Indice d'aridité à l'Académie des Sciences et à la Société Météorologique de France » (lettre du 14 juin 1926).

À l'occasion de la publication du texte dans *The Geographical Review*, son interlocuteur, le géographe américain Isaiah Bowman, suggère d'écrire « *endorrheic* », « *arrheic* » et « *exorrheic* », ce qui gêne de Martonne (« Cela ne me plaît pas ; qu'en dites vous ? »). Dans le texte publié, c'est la forme simplifiée qu'il a réussi à imposer, suivie de l'explicitation de la construction du terme avec la mention des termes grecs. Dans l'article des *Annales de géographie* de 1928, les deux orthographes sont citées et le choix de la forme simplifiée est posé. Par ailleurs, on voit que le souci de produire des titres intelligibles pour les lecteurs l'emporte sur celui de la précision savante : « Je ne lui ai pas encore proposé de titre à la carte. Voici celui auquel je pense définitivement : Carte des Régions sans écoulement vers l'Océan. Je n'en suis pas absolument satisfait, mais je n'ai pas trouvé mieux, je ne veux pas inscrire en grandes lettres : aréisme etc., le lecteur n'ayant pas lu l'article n'y comprendrait rien » (lettre du 6 février 1927).

À la fin du printemps 1926, les termes qui désignent les processus prêts à être soumis à la communauté scientifique sont fixés. Cet effort de nomination a été rendu nécessaire par le fait que le travail portait, ce qui le distinguait d'une monographie, sur l'identification et sur la répartition spatiale de processus géographiques.

2.3 La création et le calcul d'indices

Dès la communication du Caire, de Martonne a tenté de rechercher systématiquement les correspondances entre l'aréisme et des phénomènes climatiques, en comparant sa distribution à celles des températures et des précipitations. « On voit, affirme-t-il dans la communication publiée, en s'appuyant sur la figure 2, que la courbe du drainage intérieur suit celle des températures moyennes dans la zone tempérée et celle des précipitations dans la zone chaude » (Martonne 1926, p. 31). En fait, le graphique présente un indice combiné qu'il appelle « fonction d'aridité » (fig. 8).

On peut penser que les cartes ont d'abord été comparées visuellement, de manière peut-être analytique, et que, plus systématiquement, de Martonne a construit un indice, « fonction combinée de la température (T) et des précipitations (P) », qui est donc le suivant, $P : (T+10)$. Cet indice n'est utile que si les données climatiques existent pour l'alimenter. De Martonne tire ces données d'une compilation de travaux allemands (calculs des valeurs moyennes des précipitations de Krener et des températures de Hann). L'indice est finalement adopté sous la forme $P : (T+10)$ où T est la température des masses continentales « qui seules nous intéressent », ajoute de Martonne... C'est, comme il le signale cursivement à Aufrère ou dans les publications, une « fonction inverse », ce qu'il enregistre dans la production graphique par l'inversion de l'échelle d'aridité, figurée en ordonnée, à droite (fig. 9). Le plan des articles de 1927 et 1928 intègre l'indice d'aridité comme un outil permettant de comprendre la carte de répartition des différents modes de drainage, établie à partir du travail de figuration cartographique déjà mentionné.

La correspondance montre que de Martonne, après avoir cartographié les types d'écoulement et calculé les superficies concernées, cherche à mettre au point un indice climatique qui rendrait compte des valeurs trouvées. Elle montre des allers-retours entre données ou cartes climatiques et carte du drainage intérieur. Elle montre également comment, après différents essais, l'indice d'aridité est retenu sous sa forme définitive.

Dans l'une des toutes premières lettres (10 février 1925), de Martonne informe Aufrère des résultats de ses essais pour trouver une fonction climatique qui corresponde à la courbe des pourcentages de drainage intérieur par zone. Il utilise, à ce moment-là, une fonction $10T : P$ (où T est la température en « degrés centigrades » et P les précipitations en centimètres). Le résultat n'est pas satisfaisant : « Refaisant les calculs, je trouve des difficultés. Le minimum d'écoulement pour 10° de latitude Sud ne correspond pas à un minimum de la fonction $T : P$ ».

De Martonne essaie, en même temps, une fonction $P : T$ qu'il transforme en $P : (T+10)$ « pour tenir compte des températures négatives ». Il rencontre la même difficulté pour le minimum de la courbe de la fonction climatique qui ne correspond pas au minimum d'écoulement. Il multiplie les essais avec plusieurs types de données climatiques : « J'ai essayé de substituer à T la radiation solaire. J'ai essayé même la tension maximum de la vapeur d'eau. Le meilleur résultat est encore celui de $P : T + 10$ » (lettre du 13 février 1925).

La correspondance montre que de Martonne tâtonne et, convaincu d'être sur la bonne piste, cherche la meilleure manière d'exprimer ses données en fonction du résultat recherché :

« Je ne comprends pas très bien tous les sursauts de la courbe entre 30 et 50° latitude Sud, cela s'expliquerait sans doute par les faibles surfaces continentales, d'où une perte de sensibilité du %. Pour cela l'arrondissement aux zones de 10° serait très utile » (lettre du 7 février 1925).

Mais les deux jeux de données se testent mutuellement, – la courbe de l'indice doit coller à celle du pourcentage d'écoulement, et celle-ci est à son tour mise à l'épreuve par la fonction climatique :

« J'ai peur que nous n'arrivions pas à faire coïncider le [illisible] des courbes près de l'équateur. Et je persiste à ne pas comprendre le 0 de drainage intérieur pour 10° de latitude Sud. Il y a certainement quelque chose en Afrique orientale et il est très peu vraisemblable qu'il n'y ait rien dans le Nord-Est du Brésil avec moins de 60 cm de Précipitation et 25° de Température » (lettre du 13 février 1925).

Après le congrès du Caire (avril 1925), de Martonne, encouragé par la demande qui lui a été faite d'établir une carte mondiale des régions privées d'écoulement vers l'océan au 1 : 25 000 000, reprend son travail sur la recherche d'une corrélation entre climat et types d'écoulement. À l'automne 1925, il cherche encore la meilleure composition pour sa fonction climatique : précipitations/température, précipitations/radiation solaire ou bien encore précipitations/évaporation (« Je pense essayer quand je rentrerai à Paris une nouvelle courbe, P-E (E=l'évaporation, calculée d'après la température, la teneur vapeur d'eau, et la pression). Théoriquement elle devrait suivre exactement la courbe de Ao, tendant vers la valeur 0 pour Ao=0 » (lettre du 3 octobre 1925).

Néanmoins, une semaine plus tard, le 10 octobre 1925, il semble avoir tranché pour une fonction $P : T$, sur la base de la correspondance avec les données d'écoulement :

« Il se vérifie de plus en plus que la fonction $P : 10 (T_c + 10)$ T_c étant la température moyenne du parallèle sur les continents suit toutes les variations des % du drainage océanique. C'est frappant pour les 3 fuseaux continentaux. Et je suis sur la voie de l'explication du maximum pour 10° Sud pour l'ensemble du globe. Je vous montrerai cela quand vous viendrez à Paris, et j'espère que les chiffres exacts ne dérangeront pas le résultat obtenu avec les approximations que j'ai faites ici ».

Après la confrontation graphique, l'étape suivante est la réalisation d'une carte de l'indice d'aridité pour

la confronter à la carte des écoulements. La formule de l'indice est à ce moment-là fixée dans sa forme définitive : « Faites le calcul en millimètres et non en centimètres comme je l'avais indiqué précédemment c'est-à-dire : $P : T + 10$ et non $P : 10 (T + 10)$ cela donne des nombres presque constamment compris entre 10 et 100 ce qui est plus commode et plus comparable aux valeurs de A » (lettre du 26 octobre 1925).

À partir de cette date, les questions théoriques et méthodologiques qui concernent la mise au point de l'indice semblent réglées. L'article sur l'indice paraît dans la revue *La Météorologie*, ce que de Martonne annonce à Aufrère par une lettre datée du 17 janvier 1926. La correspondance, à partir de la fin de 1925, porte sur les tableaux de chiffres à établir, à vérifier et à corriger. Les questions de la réalisation matérielle des cartes passent ensuite au premier plan.

2. 4 L'interprétation de la carte

À partir de septembre 1926 débute la période de rédaction du commentaire des cartes avec des débats sur l'adéquation entre les éléments rapportés sur la carte et ce qu'on pourrait appeler l'intuition informée de de Martonne. Il s'agit d'une étape du travail scientifique où domine l'interprétation des cartes produites. Néanmoins dans la période précédente, de Martonne mettait systématiquement en relation les données climatiques en sa possession et les informations des ébauches de la carte.

D'emblée, on l'a vu, il semble que de Martonne ait en tête des interprétations d'ordre climatique, mais surtout un questionnement sur les aires d'arésisme indexé aux problèmes d'érosion. Certes, au long de ses publications, il insiste sur la pluralité des causes en jeu ; ainsi dans son premier article publié, il affirme : « Les causes qui peuvent provoquer l'absence d'écoulement vers la mer sont aussi variées que ses conséquences » (Martonne 1926, p. 26). Mais l'ensemble de ses choix confirme la dominante climatique, qui se précise aussi progressivement dans ses publications. La correspondance montre, plus nettement que celles-ci, la façon heurtée, par avancées et reculs, dont se façonnent ses convictions. En mai 1924, de Martonne admet que l'absence d'écoulement puisse avoir lieu « pour raison climatique ou géographique ».

Lors de ses premiers essais, le géographe constate (3 octobre 1925) que le rôle du climat se révèle moins important que ce qu'il attendait (« Je pensais que la courbe des % du drainage absolument nuls serait plus climatologique »), mais il revient très vite à une conception où le climat est un facteur dominant (« Plus je vais plus je reconnais la

prépondérance du climat, le relief agit surtout par son intermédiaire » (lettre du 11 octobre 1925)). L'interprétation de la carte des régions privées d'écoulement est essentiellement guidée par l'hypothèse climatique. D'abord, de Martonne doute de l'absence d'arésisme dans le cas de contrées à la fois chaudes et sèches, notamment dans les latitudes de 10° sud, où les cas du Nord-Est du Brésil et de la Corne de l'Afrique l'interpellent. C'est ce qu'attestent des échanges d'avant et d'après le congrès du Caire, où il a acquis des informations sur l'Afrique qui le confirment dans ses intuitions. Symétriquement, il doute de la présence d'arésisme en dehors des basses latitudes (« Ce régime d'arésisme me paraît bien extraordinaire tout de même si haut en latitude ! » (lettre du 27 février 1927)). Dans la phase de rédaction du commentaire de la carte, de Martonne porte à la connaissance d'Aufrère que, pour l'Amérique du Sud, le Grand Chaco est plus arrosé qu'il ne pense et, inversement, que le Nord-Est du Brésil l'est moins. Il conteste les choix d'Aufrère en s'appuyant sur les chiffres de précipitations ou sur les données biogéographiques en sa possession (« Je ne suis pas tout à fait d'accord pour le Grand Chaco ! ». « Les cartes de pluies de V... y indiquent de 50 cm à 1 mètre » (avril-mai 1927)).

Les va-et-vient d'un interlocuteur à l'autre et d'un indice à l'autre sont fréquents. Ainsi, toujours pour le Brésil, les hésitations sont grandes en raison des discordances entre les informations fournies par les cartes hydrographiques et les cartes ou les informations climatiques disponibles ; dans ce cas, la carte-témoin, celle de Vivien de Saint Martin, semble invalidée au vu des conditions climatiques.

Lorsque les données publiées manquent, de Martonne interroge des témoins, des experts qui seraient dépositaires d'une vérité-terrain. Pour les États-Unis, il suggère de soumettre à Baulig un calque avec « les tracés des régions les plus délicates » (lettre du 26 novembre 1926). Pour le Brésil, il consulte, au printemps 1928, un spécialiste (Mettler) qui « promet pour Lundi une carte du Nord-Est du Brésil portant toutes les rivières qui coulent pendant moins de 2 mois ». Il écrit plus tard : « Je viens de causer avec Mettler. Je lui ai demandé carrément : y a-t-il oui ou non des rivières qui ne coulent que 1 année sur 2 ou 3. Il a répondu non, sauf peut-être sur les plateaux de grès. Notez bien cela. Donc ne pas exagérer l'étendue aréique au Brésil. La carte ne peut servir » (mai 1928).

Les lettres des mois de mai et juin 1928 montrent surtout deux auteurs luttant pour remettre à temps

leur manuscrit. De Martonne a tiré le bilan de sa coopération avec Aufrère dès avril 1928 :

« Je n'ai pourtant pas de remords de vous avoir embarqué dans la galère aréique. Car 1) vous n'y êtes entré que de votre plein gré, et même c'est vous qui avez demandé à prendre part au voyage. 2) je crois que vous avez appris quelque chose dans cette navigation aventureuse et bien plus longue que nous ne le pensions l'un et l'autre. 3) à mon point de vue personnel, si vous m'avez plus d'une fois fait enrager par votre lenteur, et votre incapacité à aboutir à une date déterminée, je sais très bien, que sans vous, ce travail ne serait pas abouti avec tout ce qu'il a fait sortir soit de ma tête, soit de la vôtre, et je pense tout de même que les avantages du voyage contrebalancent sa longueur et ses incidents. J'espère qu'il en est de même pour vous » (lettre du 28 avril 1928).

Après le congrès de Cambridge, durant l'été 1928, la correspondance ne contient quasiment plus de mention de ce travail. Dans une correspondance du 17 juin 1929, de Martonne informe Aufrère qu'il ne réussit à introduire son indice d'aridité que dans la bibliographie de son chapitre sur le climat, mais non dans le texte. Les cartes sont publiées et, paradoxalement, grâce aux turbulences de cette collaboration, la carte de l'arésisme est finalement publiée en trois lieux, ce qui n'était absolument pas prévu au départ, et la carte de l'aridité a pu être introduite sur plusieurs supports (fig. 10). L'indice d'aridité est mis en circulation dans les débats intenses sur les représentations synthétiques du climat (Marty 2001 ; Gomez-Mendoza 2001).

Conclusion

« Galère aréique », « toile de Pénélope », selon les expressions de de Martonne lui-même, c'est bien un processus complexe et itératif que de produire une carte. Il s'agit bien d'un « acte cartographique » (Besse 2007). Revenant aux trois conditions de possibilité de la carte des régions privées d'écoulement vers l'océan, examinées ci-dessus, mais en les prenant à l'envers de leur présentation, on tirera trois conclusions de l'analyse de la carte en train de se faire.

Celle-ci montre bien d'abord que, en dépit de la réputation d'empirisme attachée à de Martonne, la production de sa carte du monde est un processus dans lequel l'hypothèse, sinon la théorie élaborée, a une place considérable. Ce que révèle la correspondance, c'est le rôle finalement majeur que le géographe accorde au facteur climatique pour construire sa carte, là où les données d'observation manquent, ou bien pour critiquer et rectifier les esquisses. La recherche d'indices qui expliqueraient la variation et les contours du phénomène d'arésisme est guidée par

cette même idée que le facteur climatique est déterminant. Au cours des tâtonnements essayés par de Martonne pour créer celui-ci, le meilleur indice lui paraît être celui dont la courbe se conforme, au plus près, à la variation du phénomène à expliquer, comme si cette coïncidence et la bonne forme de ses graphiques – qui montrent un « pattern » très net, comme diraient aujourd’hui certains scientifiques – tenaient lieu de preuve que l’explication par l’indice d’aridité est correcte, valide. Dans ces flottements, cependant, le rôle de L. Aufrère est celui d’un aiguillon qui pousse de Martonne vers des démarches explicatives déductives. Et de Martonne semble vouloir se contenter d’une explication somme toute formelle, peu processuelle, où l’aréisisme est (une) fonction de la température et de la pluviosité ; il freine son collaborateur qui veut poursuivre l’explication en direction de la climatologie dynamique. Au total, dans cet acte cartographique où le climat est considéré comme facteur (principal) de formes terrestres, des observations un peu aberrantes relèvent finalement de l’anomalie à expliquer plus avant.

Ces tâtonnements et ces bricolages successifs mêlent en fait, dans la durée, des démarches cognitives que l’on a tendance à opposer, alors qu’elles se combinent ou se suivent en de nombreuses boucles : inductions ou généralisations à partir d’études de cas, déductions à partir d’hypothèses initiales. Ne serions-nous pas dans un raisonnement « réductif » (ou « abductif »), une démarche dans laquelle nous sommes « à la recherche d’une règle pour expliquer un fait » ? Cette démarche correspond à « ce que nous faisons lorsque nous avons affaire à quelque circonstance fort curieuse, qui serait expliquée en supposant qu’elle est un cas particulier d’une certaine règle générale et que nous adoptons de fait cette supposition », comme l’a énoncé Pierce, cité par Jean-Marc Besse (Besse 2002, p. 16). On retrouve, dans la longue recherche sur l’aréisisme, les trois temps qui accompagnent ce type de démarche : l’observation de phénomènes étonnants, l’idée que si telle hypothèse était vraie, ils cesseraient d’être étonnants, et l’examen de cette hypothèse « pour voir si cela ne permettrait pas de rendre raison des anomalies que l’on a observées » (Besse 2002, p. 17). Quant à la production de la carte, elle se révèle inséparable d’opérations de catégorisation, de nomination, de calculs, de figurations diverses (graphiques et cartographiques) : elle ne relève pas d’un acte strictement référentiel ; elle ne renvoie pas à une réalité déjà là, qu’elle représenterait ou reproduirait simplement.

Par ailleurs, le projet cognitif, le « problème » qui motive de Martonne dans cette aventure aréique n’est sans doute pas une fois pour toutes fixé. Mais un point est clair : il ne s’agit plus pour le géographe

de fixer l’assiette de grandes entités géographiques à la manière de l’*Atlas Berghaus*. De Martonne se place dans un registre savant, au sens que son objet est, dans sa visée, de droit, sujet à explication scientifique, et non pas seulement à délimitation sur une mappemonde. Mieux, au carrefour de la climatologie, de l’hydrographie et de la géomorphologie, cet objet relève d’une opération de synthèse qui est l’œuvre propre du géographe : l’« image », pour reprendre le mot de de Martonne à propos de sa carte, atteste l’existence d’un phénomène géographique qu’il a nommé et dont il a inscrit la forme. Cette autre combinaison dont de Martonne est l’auteur, l’indice d’aridité, participe aussi de la performativité de la géographie, puisqu’il conditionne non seulement la trame de l’aréisisme et de l’endoréisisme, mais encore d’autres spatialisations d’ordre géomorphologique et biogéographique. D’ailleurs, de Martonne a défendu cet indice dans des débats ultérieurs et l’a perfectionné par des recherches nouvelles alors que la question de l’aréisisme ne l’intéressait plus en tant que telle (Marty 2001).

Enfin, la dimension de la carte et, plus précisément dans son cas, la référence mondiale dans laquelle de Martonne inscrit ouvertement son œuvre de géographie physique, invite à reconsidérer la valeur qu’il accorde à la différenciation qu’il met à jour sur la surface de la Terre. Nous avons déjà montré que, des années 1910 aux années 1940-50, de Martonne s’est émancipé de l’eurocentrisme dont il faisait montre au début du siècle (Robic 2008). Le décentrement est sensible entre un article de 1913 intitulé « Le climat facteur du relief » et un article de 1946 intitulé « La géographie zonale : la géographie tropicale ». En 1913, le géographe analyse les formes de relief du monde en fonction de la norme occidentale ou tempérée, de telle sorte que ce qui est ailleurs qu’en Europe (ou en Occident, ou dans un climat tempéré pluvieux) relève de l’anormalité, voire de la monstruosité. Dans le plaidoyer qu’il fait en 1946 pour la géographie zonale, il développe le potentiel cognitif de cette approche à propos et en partant de la zone tropicale ; ici, la zonalité des phénomènes devient une règle heuristique, de telle sorte que le monde tempéré perd son statut privilégié. De la norme à la règle, du modèle occidental ou tempéré au modèle climatique ou zonal, la prise de distance avec l’ethnocentrisme se révèle dans un changement terminologique et surtout sémantique qui s’est opéré à quelques décennies de distance, et l’on peut penser que le travail scientifique qui a accompagné la réalisation de la carte de l’aréisisme y a contribué.

Comment parler encore d’érosion « normale » *versus* « anormale », de « drainage anormal » quand

une longue série d'opérations de qualification des phénomènes, de catégorisation, de calcul, de corrélations graphiques ou cartographiques, de figuration, d'interprétation, de modélisation implicite ou non, a concouru à dégager une règle universelle et à donner une image unifiée de la Terre ? Sans que ce travail et ses résultats figuratifs soient une condition suffisante pour produire la transformation d'une représentation disjonctive (le normal et le pathologique) en une représentation unifiée, parce qu'assujettie à une règle de différenciation, ils ont contribué sans aucun doute à dépasser les stéréotypes. Le positionnement liminaire de de Martonne, qui liait l'élaboration d'une géographie physique générale à la connaissance exhaustive de la surface terrestre, manifestait le cadrage universaliste dans lequel il s'inscrivait. Mais son texte comportait nombre de lapsus terminologiques qui témoignaient du fait qu'il avait intériorisé la croyance en des faits naturels clivés, normaux ou anormaux, dont la valeur

était indexée sur son propre monde. En revanche, certaines remarques récurrentes manifestaient aussi qu'il était conscient du biais ethnocentrique. Nombre de ses propos sur la normalité étaient modalisés par la référence aux conditions pratiques de l'observation savante, telles ces remarques : « [le] modelé d'érosion normal que l'on observe dans les pays de la zone tempérée que nous habitons » (Martonne 1913), « dans les conditions familières aux Européens [...] » (Martonne 1926), « c'est le cas normal dans la plupart des régions habitées par les hommes curieux de comprendre la vie physique de la Terre » (De Martonne, Aufrère 1928b). Ces propos suggèrent que, si elle s'élargit, cette observation scientifique peut rectifier ses conclusions, s'enrichir, s'universaliser. Mais il faut attendre les années quarante, et sans doute des expériences géopolitiques comme des expériences nouvelles de recherche, dont celle que nous avons évoquée ici, pour que l'ethnocentrisme normalisateur soit inquiété.

Bibliographie

Sources

Archives Léon Aufrère, inédit, Marie-Françoise Aufrère.

Aufrère L., 1952, *Soulavie et son secret*, Paris, Hermann.

Martonne E. de, 1905, « Le VIII^e congrès international de géographie (Washington, 1904) et sa grande excursion dans l'Ouest et au Mexique », *Annales de géographie*, n° 73, p. 1-22.

Martonne E. de, 1909, *Traité de géographie physique*, Paris, A. Colin, 910 p.

Martonne E. de, 1913a, « Le climat, facteur du relief », *Scientia*, 13, p. 338-355.

Martonne E. de, 1913b, *Traité de géographie physique*, Paris, A. Colin (2^e éd.), 922 p.

Martonne E. de, 1918, *Titres et travaux scientifiques de Emmanuel de Martonne*, Paris, A. Colin, 65 p.

Martonne E. de, 1921, « Notes de géographie physique algérienne : le problème du drainage en Oranie », *Annales de géographie*, n° 165, p. 232-231.

Martonne E. de, 1925, *Traité de géographie physique*, Paris, A. Colin (4^e éd. entièrement refondue), t. 1, *Notions générales, climat, hydrographie*, 496 p. ; t. 2, *Le relief du sol*, 562 p.

Martonne E. de, 1926a, « Aréisme et indice d'aridité », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. 182, p. 1395-1398.

Martonne E. de, 1926b, « Excursion à Qosséir », *Congrès international de géographie, Le Caire, Avril 1925*, Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale du Caire, t. 2, p. 185-195.

Martonne E. de, 1926c, « Extension des régions privées d'écoulement vers l'océan », dans Union géographique internationale, *Congrès international de géographie, Le Caire, 1925*, Le Caire, Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale du Caire, t. 3, p. 25-50.

Martonne E. de, 1927, « Regions of interior-basin drainage », *The Geographical Review*, 17 (3), p. 397-414.

Martonne E. de, 1929, *Traité de géographie physique*, Paris, A. Colin, 4^e éd. entièrement refondue (second tirage revu et corrigé par l'auteur), t. 2 2, *Le relief du sol*, 1057 p.

Martonne E. de, 1932, *Titres et travaux scientifiques de Emmanuel de Martonne*, Paris, A. Colin, 62 p.

Martonne E. de, 1946, « Géographie zonale : la zone tropicale », *Annales de géographie*, n° 297, p. 1-18.

Martonne E. de, Aufrère L., 1925, « Extension du drainage océanique », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. 180, p. 939-942.

Martonne E. de, Aufrère L., 1928a, « L'extension des régions privées d'écoulement vers l'océan », *Annales de géographie*, n° 205, p. 1-24.

Martonne E. de, Aufrère L., 1928b, *L'extension des régions privées d'écoulement vers l'océan*, Union géographique internationale, Paris, Imprimerie des presses universitaires, 199 p.

Martonne E. de, Célerier J., Charton A., 1924, « Le massif Rehamna : étude morphologique », *Annales de géographie*, n° 183, p. 289-300.

Autres références

Aufrère M.-F., 1995, « De la 'galère aréique' à l'histoire de la géomorphologie, 1922-1952 : 347 lettres de Emmanuel de Martonne à Léon Aufrère : De Martonne (1873-1955) – Aufrère (1889-1977) », *Bulletin du Comité français d'histoire de la géologie*, 3^e série, t. IX, n° 3, p. 33-41.

Arrault J.-B., 2008, « Une carte de l'élargissement de l'horizon géographique au début du XX^e siècle », *Mappemonde*, 4, n° 92. <http://mappemonde.mgm.fr/num20/articles/art08403.html>

Besse J.-M., 2002, « Problèmes épistémologiques de l'explication », dans Groupe Dupont, *Géopoint 2000, L'explication en géographie*, Avignon, Université d'Avignon et des pays du Vaucluse, p. 11-18.

Besse J.-M., 2008, « Cartographie et pensée visuelle : réflexions sur une schématisation graphique », dans Laboulais I., dir., *Les usages des cartes (XVII^e-XIX^e siècle) : pour une approche pragmatique des productions cartographiques*, Strasbourg, Presses universitaires de Strasbourg, p. 19-32.

Broc N., Giusti C., 2007, « Autour du *Traité de géographie physique* d'Emmanuel de Martonne : du vocabulaire géographique aux théories en géomorphologie », *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n° 2, p. 125-144.

Cholley A., 1956, « Emmanuel de Martonne », *Annales de géographie*, n° 347, p. 1-14.

Dresch J., 1975, « Emmanuel de Martonne », dans *Les géographes français*, Paris, CTHS, Bulletin de la section de géographie, années 1968-1974, p. 35-48.

Gómez-Mendoza J., 2001, « Une référence à distance : Emmanuel de Martonne et l'Espagne », dans Baudelle G Ozouf-Marignier M.-V., Robic M.-C., dir., *Géographes en pratique (1870-1945) : le terrain, le livre, la Cité*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 207-214.

Joseph B., Robic M.-C., 1987, « Exploration d'archives : autour des papiers d'E. de Martonne », *Acta geographica*, n° 72, p. 37-65.

Marty P., 2001, « L'indice d'aridité i : ambitions d'un géographe et usure d'un paradigme », dans Baudelle G., Ozouf-Marignier M.-V., Robic M.-C., dir., *Géographes en pratique (1870-1945) : le terrain, le livre, la Cité*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 217-229.

Mendibil D., 2001, « De Martonne iconographe », dans Baudelle G., Ozouf-Marignier M.-V., Robic M.-C., dir., *Géographes en pratique (1870-1945) : le terrain, le livre, la Cité*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 277-287.

Orain O., 2001, « Emmanuel de Martonne, figure de l'orthodoxie épistémologique postvidalienne ? », dans Baudelle G., Ozouf-Marignier M.-V., Robic M.-C., dir., *Géographes en pratique (1870-1945) : le terrain, le livre, la Cité*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 289-311.

Orain O., 2009, *De plain pied sur le monde : écriture et réalisme dans la géographie française au XX^e siècle*, Paris, L'Harmattan.

Palsky G., 2001, « L'esprit, l'œil et la main : Emmanuel de Martonne et la cartographie », dans Baudelle G., Ozouf-Marignier M.-V., Robic M.-C., dir., *Géographes en pratique (1870-1945) : le terrain, le livre, la Cité*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 269-276.

Robic M.-C., 2008, « Tropicalisme, zonalité, géographie tropicale : les paradoxes d'une émergence », dans Velasco-Graciet H., dir., *Les tropiques des géographes*, Bordeaux, Maison des sciences de l'homme d'Aquitaine, p. 48-61.



Figure 3 : Carte finale publiée en version française et anglaise, au 1 :50 000 000, ici dans *The Geographical Review* (1927). Le titre en français est « Carte des régions privées d'écoulement vers l'Océan »

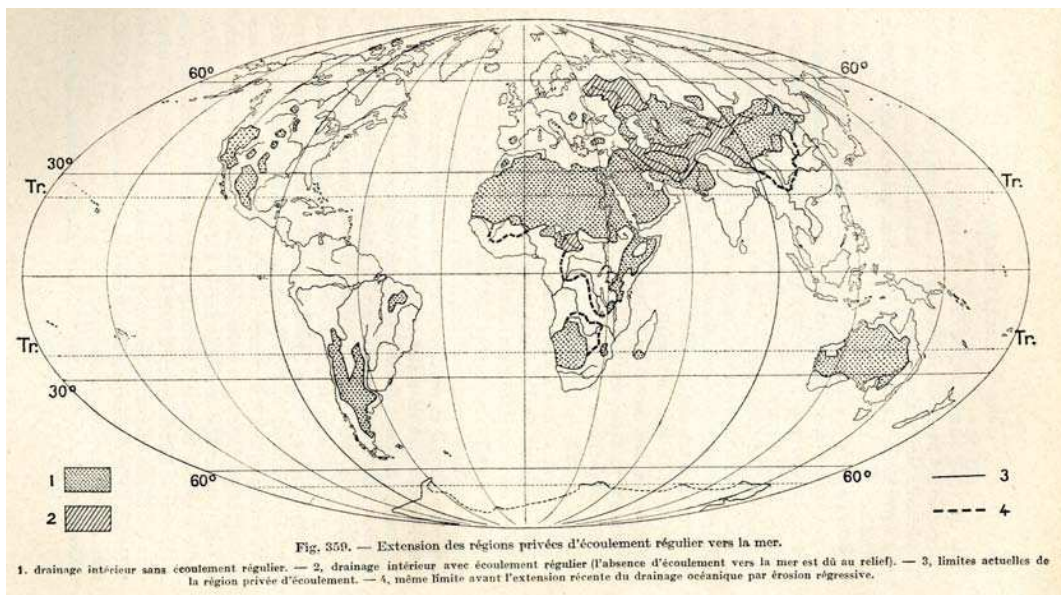


Figure 4 : Carte publiée dans le *Traité de géographie physique* à partir de 1929 (t. 2, « Relief du sol », quatrième édition entièrement refondue – second tirage revu et corrigé par l'auteur)

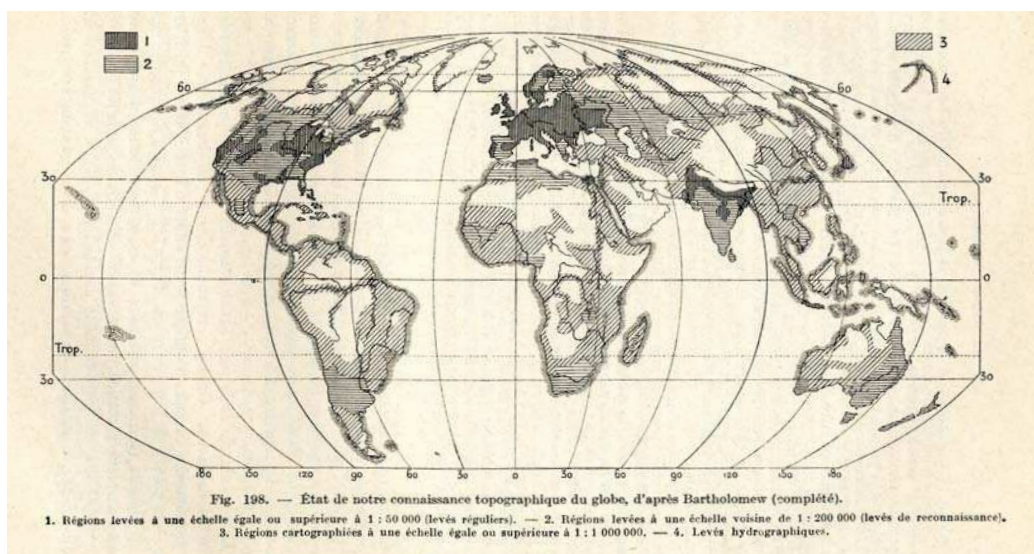


Figure 5 : Carte de l'état de la couverture du monde par des cartes à grande échelle, publiée dans la partie « Relief du sol » du *Traité de géographie physique*

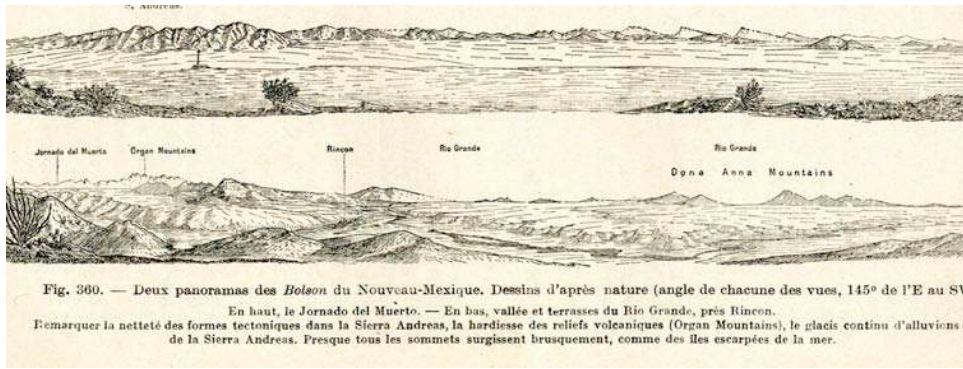


Figure 6 : Panoramas réalisés par Emmanuel de Martonne au Nouveau-Mexique, et publiés dans plusieurs articles, brochures et ouvrages de l'auteur à partir de 1905 (source : *Traité...*, 1929)

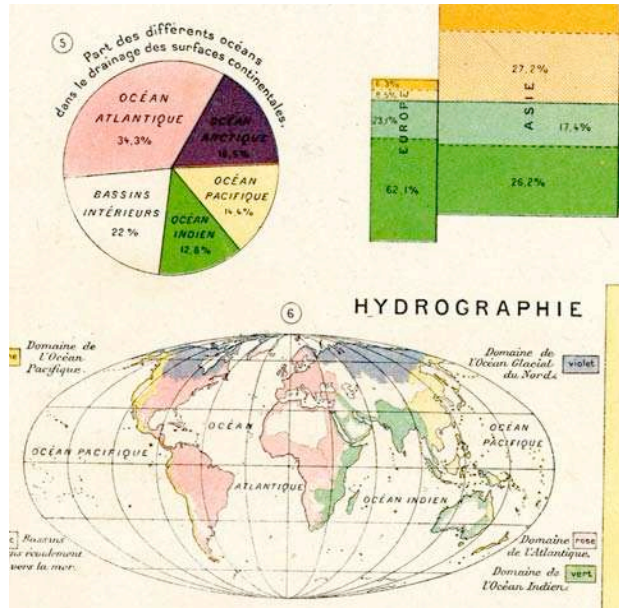


Figure 7 : Extrait de la feuille « Comparaisons géographiques » de l'Atlas historique et géographique Vidal-Lablache



Figure 8 : Une carte du bassin de la Volga réalisée par Léon Aufrère (extrait). Elle porte en légende les « Régions sans écoulement vers une mer libre », avec en blanc « pour raisons orographiques – régions où écoulement régulier » et en jaune « pour des raisons climatiques – régions sans écoulement », le tracé rouge indique « lignes de partage des eaux et limites des régions hydrographiques » (Source : Archives M.-F. Aufrère)

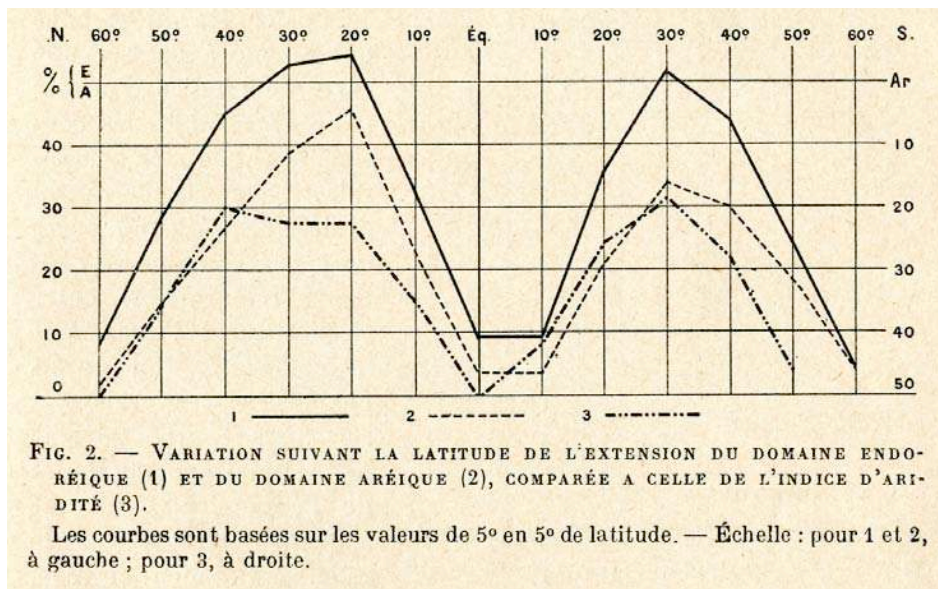


Figure 9 : Graphique représentant simultanément l'extension selon la latitude (abscisses) des domaines arérique et endorérique (en pourcentage des superficies continentales – échelle des ordonnées à gauche), et l'indice d'aridité (échelle des ordonnées à droite, inversée) (Annales de géographie, 1928)

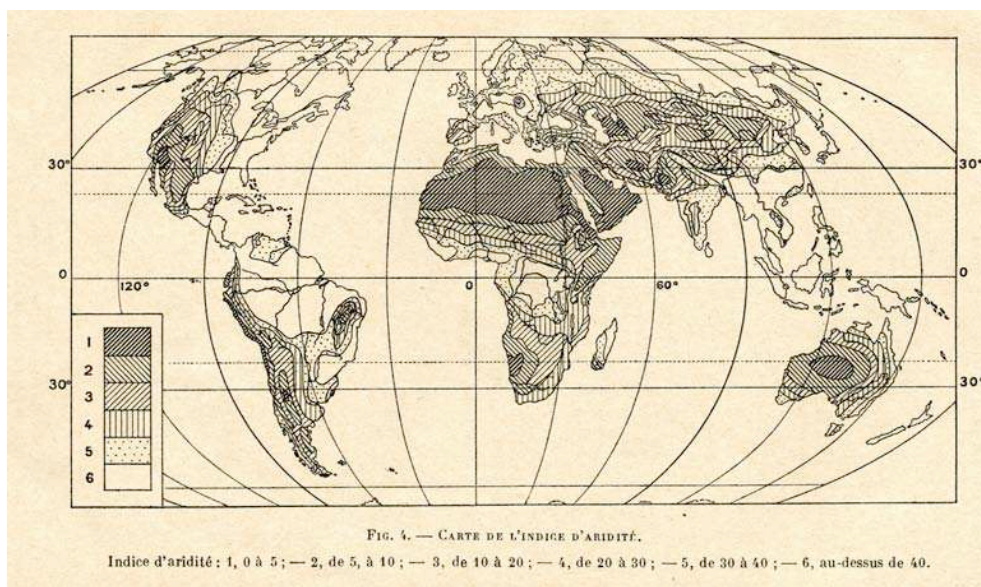


Figure 10 : Carte de l'indice d'aridité, publiée d'abord dans The Geographical Review (1927), puis dans la brochure éditée sous les auspices de l'Union géographique internationale (1928) et dans les Annales de géographie (1928) (source : Annales de géographie).