LEÇONS

DE

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

PAR

ALBERT DE LAPPARENT

PROFESSEUR A L'ÉCOLE LIBRE DE HAUTES ETUDES
ANCIEN PRÉSIDENT DE LA COMMISSION CENTRALE
DE LA SOCIETE DE GÉOGRAPHIE

OUVRAGE CONTENANT
117 FIGURES DANS LE TEXTE ET UNE PLANCHE EN COULEURS

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADEMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1896

PRÉFACE

Ce livre n'a pas la prétention d'être un *Traité* de géographie physique. Pour qu'il eût droit à une telle qualification, il aurait fallu lui donner des proportions beaucoup plus considérables, et comprendre dans son cadre, sans y pouvoir ajouter aucun intérêt de nouveauté, nombre de questions aujourd'hui exposées, avec toute la compétence désirable, dans des ouvrages justement estimés.

Ce que l'auteur s'est proposé, c'est de fournir, par un corps de doctrines logiquement enchaînées, un point d'appui aux tentatives qui, depuis plusieurs années, sont faites pour asseoir l'enseignement géographique sur des bases pleinement rationnelles. De divers côtés, avec une bonne volonté digne d'éloges, on a créé des chaires nouvelles, consacrées à la géographie physique. Très justement on les a confiées à des géologues, estimant qu'ils étaient mieux armés que d'autres pour démêler les causes des particularités de la surface terrestre. Toutefois, il serait téméraire de prétendre que le personnel géologique fût, d'ores et déjà, en situation d'exercer, dans toute sa plénitude, la mission nouvelle qui lui incombait. Moins encore pourrait-on soutenir que les clients habituels des

facultés des lettres, à qui cet enseignement venait s'offrir, fussent suffisamment préparés à le recevoir.

Pour des causes diverses, la géologie n'a jamais tenu en France, dans le cadre de l'instruction secondaire, une place en rapport avec son importance ; et ce qui est curieux, c'est que cette situation inférieure, loin de s'améliorer, s'est aggravée au fur et à mesure, en dépit des progrès vraiment gigantesques que la science du globe réalisait dans ces dernières années. Si on laisse encore à cette spécialité une part nominale dans les programmes, du moins a-t-elle disparu de tous les examens qui forment la sanction normale des études classiques. Or, on sait ce que valent, en France, aux yeux des maîtres tout comme à ceux des élèves, des connaissances sur lesquelles les candidats aux brevets universitaires savent qu'ils ne seront pas interrogés.

Par une singulière contradiction, cette exclusion coïncide avec le moment où l'on reconnaît la nécessité d'introduire, dans les études géographiques, une rigueur d'analyse dont la géologie garde tout le secret, exigeant ainsi, des candidats à l'agrégation, une somme et une nature de connaissances auxquelles les traditions de l'enseignement littéraire n'ont préparé ni les maîtres ni leurs disciples.

Nous n'avons pas à rechercher ici d'où vient cet étrange état de choses, et c'est à d'autres qu'il appartient d'en poursuivre en haut lieu la réforme. Notre rôle à nous est de démontrer par le fait la fécondité d'un accord entre la géographie et la géologie, à l'aide d'un livre qui soit comme une sorte de pont jeté entre les deux sciences, où il n'intervienne de la seconde que ce qui paraît strictement nécessaire, et encore sous la forme la plus discrète ; mais à la condition que, de son côté, l'étude des formes actuelles accepte de n'être

jamais séparée de la considération du passé qui les a engendrées.

Cet ouvrage aurait donc pu être intitulé « Leçons sur la genèse des formes géographiques ». Même, si nous avions écrit en Amérique, où ces notions commencent à devenir d'un usage courant dans des universités maîtresses de leurs programmes, nous n'eussions pas hésité à arborer franchement le mot de *géomorphogénie*, récemment créé de l'autre côté de l'Atlantique. Mais, au milieu des difficultés que nous venons de signaler, il y avait quelque danger à venir effaroucher, par l'emploi d'un terme nouveau, des esprits mal préparés pour entrer de suite à pleines voiles dans la voie que nous voudrions leur ouvrir. Nous avons donc conservé à ce travail le titre sous lequel ont été professées depuis quatre ans, à l'École libre de Hautes Études, les leçons d'où l'ouvrage est sorti.

Puisse l'intérêt de ces considérations, qui prêtent à tous les accidents de la surface une véritable vie, être de plus en plus vivement ressenti, et contribuer à provoquer une réforme, non seulement dans l'enseignement usuel de la géographie, désormais assujetti à plus de rigueur, mais encore dans celui de la géologie! Car cette science n'obtiendra vraiment sa place légitime dans le domaine des connaissances d'ordre général que si elle cherche à se rendre accessible à tous, en dépouillant son aridité traditionnelle pour devenir surtout l'histoire de l'évolution géographique.

A. DE LAPPARENT.

Janvier 1896.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE V

Première leçon. — LES GRANDES LIGNES DU DESSIN GÉOGRAPHIQUE.... 1

Définition de la Géographie physique, 1. — Figure et dimensions de la terre, 4. — Valeur du relief terrestre, 7. — Répartition du relief. Notion des lignes de partage, 10. — Relief du fond des océans, 15. — Comparaison de la terre ferme et du fond des mers, 17. — Constitution des grandes aires océaniques, 21. — Dépression méditerranéenne, 24. — Remarques générales sur le dessin de la surface terrestre, 25.

Deuxième leçon. — LE RELIEF DE L'ÉCORCE TERRESTRE..... 28

Profil de la terre ferme, 28. — Signification des particularités du profil, 30. — Profil du fond des mers, 31. — Socle continental. Convexités. Ombilics, 34. — Courbe hypsographique de l'écorce terrestre, 35. — Particularités régionales. Europe. Atlantique, 38. — Afrique. Australie, 39. — Dyssymétrie des lignes de relief, 40. — Profil combiné des rides continentales et des fosses océaniques, 41.

Troisième leçon. — CONDITIONS GÉNÉRALES DU MODELÉ TERRESTRE... 44

Rôle des phénomènes extérieurs, 44. — Notion du modelé, 45. — Agents du modelé, 46. — Divers modes de façonnement de la surface, 47. — Relation des agents du modelé avec les conditions météorologiques, 48. — Distribution de la chaleur sur le globe, 49. — Déformation des zones de température, 50. — Irrégularité de la zone chaude, 51. — Isothermes diverses, 51. — Considération des isobares. Zone des basses pressions équatoriales, 52. — Bandes des pluies équatoriales, 54. — Bande des vents alizés, 54. — Bande des basses pressions australes, 56. — Complication des isobares dans l'hémisphère boréal. Moussons, 57. — Effets du Gulf-Stream, 58. — Zone désertique, 59. — Importance des conditions géographiques, 60. — Influence des lignes de relief, 62. — Particularités des dépressions, 64. — Détails divers sur la distribution des pluies. Conditions des déserts, 66.

Quatrième leçon. — CONDITIONS NORMALES DU MODELÉ PAR LES EAUX COURANTES..... 69

Importance prépondérante des eaux courantes, 69. — Cas d'un territoire homogène. Effets du ruissellement, 69. — Notion du niveau de

base. Profil d'équilibre, 70. — Vitesse de l'affouillement, 71. — Partie torrentielle, 72. — Affluents, 73. — Établissement du profil en travers, 74. — Divagation du cours d'eau, 76. — Phénomènes de capture. Cols, 77. — Modifications diverses du réseau initial, 78. — Plaine de débordement. Conditions de pente, 79. — Adoucissement des versants, 80. — Aplatissement final, 81. — Territoires argileux, 82. — Influence des conditions météorologiques, 83.

Cinquième leçon. — INFLUENCE DES CONDITIONS GÉNÉTIQUES SUR LA MARCHE DU MODELÉ..... 84

Conditions qui modifient la marche du modelé. Influences génétiques. 84. — Massifs calcaires fissurés, 85. — Lapiez. Apparences ruiniformes, 88. — Massifs de calcaires tendres, 90. — Districts de grès, 92. — Terrains hétérogènes. Division des cours d'eau en tronçons, 93. — Cascades, 94. — Pertes des rivières. Lacs de barrages rocheux, 95. — Terrasses. Deltas torrentiels, 96. — Cas divers de rupture de pente, 97. — Modelé des versants hétérogènes, 99. — Profil des versants, 100. — Rideaux, 101. — Variété du paysage, 102.

Sixième leçon. — I. CONDITIONS GÉNÉTIQUES DU MODELÉ DANS LES FORMATIONS ÉRUPTIVES ET GLACIAIRES..... 103

Formations éruptives. Cônes et cratères, 103. — Coulées, 104. — Culots et massifs d'injection. Massifs de granite, 105. — Dépôts glaciaires, 107.

II. — INFLUENCES TECTONIQUES PASSIVES..... 109

Définition des influences tectoniques. Effets de l'inclinaison des strates, 109. — Développement de la structure en gradins, 110. — Évolution du réseau. Phénomènes de capture, 112. — Cas d'une inclinaison inverse, 115. — Dômes localisés, 115. — Profil en travers. Vallées monoclinales, 116.

Septième leçon. — LES INFLUENCES TECTONIQUES PASSIVES DANS LES RÉGIONS PLISSÉES ET DISLOQUÉES..... 118

Pays régulièrement plissés, 118. — Voûtes démantelées, 119. — Inégalités du plissement. Lacs tectoniques. Cluses, 120. — Massifs disloqués, 121. — Conséquences d'une forte inclinaison des strates, 122. — Cours d'eau surimposés, 122. — Influence des failles, 124. — Vallées de fracture, 125. — Pays de Bray; vallée de la Seine, 126. — Glens écossais, 127. — Vallées des fjords norvégiens, 128. — Effondrements locaux, 129. — Cirques, 131. — Caractères généraux des massifs disloqués, 132. — Massifs exotiques. Klippen, 133. — Dépressions régionales, 134. — Dépressions sans écoulement maritime, 135. — Causes de l'insuffisance des agents du modelé dans les dépressions, 136. — Dépressions momentanément drainées, 137. — Anciens fonds de mer, 138. — Effondrements linéaires, 139.

Huitième leçon. — CYCLE D'ÉROSION. — APLANISSEMENT FINAL..... 141

Notion du cycle d'érosion, 141. — Enfance et jeunesse d'un réseau hydrographique, 141. — Maturité du réseau, 142. — Partie torrentielle, 143. — Tronçon moyen, 144. — Tronçon inférieur, Plaines alluviales, Deltas, 144. — Signes divers de la maturité, 145. — Vieillesse du réseau, 146. — Notion des pénéplaines, 147. — Exemples de pénéplaines, 148. — Plateau central. Ardenne. 150. — Inversion du relief, 152. — Vitesse du travail d'aplanissement, 153. — Influence du régime météorologique. 153.

Neuvième leçon. — MODIFICATIONS DU MODELÉ PAR LES INFLUENCES TECTONIQUES ACTIVES..... 155

Effets d'un changement du niveau de base. Ouverture d'un nouveau cycle, 155. — Mouvements négatifs, 156. — Formation des gorges ou cañons, 157. — Cañons des territoires à stratification régulière, 158. — Méandres encaissés, 159. — Gorges du Plateau central, de l'Ardenne et du massif rhénan, 160. — Mouvements d'ensemble. Plateaux proprement dits, 163. — Mouvements positifs, 165. — Déformation de vallées. Effondrements locaux, 166. — Mouvements orogéniques. Vallées transversales, 167. — Affaissements généraux. Ombilics de vallées, 169. — Lacs de bordure, 170. — Détails divers sur les lacs de bordure, 172. — Remarques générales sur l'allure des phénomènes tectoniques, 173. — Influence des éruptions volcaniques, 174. — Cônes volcaniques, 174. — Cavités cratériformes, 176. — Modifications géographiques diverses produites par les éruptions volcaniques. Lacs de barrage. Cascades, 177. — Changements du réseau hydrographique, 178. — Laccolithes, 179.

Dixième leçon. — CYCLES D'ÉROSION SUCCESSIFS. ANALYSE DE QUELQUES RÉSEAUX HYDROGRAPHIQUES 181

Notion des cycles successifs, 181. — Littoral atlantique des États-Unis, 182. — Connecticut. New Jersey, 183. — Région des Appalaches, 184. — Plaine côtière des États-Unis, 185. — Californie, 186. — Variété des systèmes hydrographiques, 187. — Rivières à pente rapide et discontinue, 188. — Bassin de la Somme, 189. — Bassin du Pô, 190. — Bassin de Paris, partie moyenne, 191. — Zones hydrographiques du bassin, 191. — Dernières phases de l'évolution du réseau parisien, 193. — Aperçu de l'évolution du bassin, 194. — Phénomènes de capture en Champagne, 195. — Particularités hydrographiques de la Lorraine, 197. — La Moselle à Toul, 197. — Causes probables de la capture, 199. — Conséquences diverses, 200. — Réseau hydrographique rhénan, 201. — Profil du Rhin, 202. — Histoire du fleuve, 204.

Onzième leçon. — LE MODELÉ GLACIAIRE 206

Définition et importance du modelé glaciaire, 206. — Désagrégation des roches par la gelée, 206. — Action des glaciers, 208. — Caractères des vallées glaciaires, 210. — Dépôts glaciaires, 211. — Amphithéâtres morainiques, 211. — Lac de Constance, 212. — Lacs glaciaires divers, 213. — Changements de lit des fleuves. Seuils post-glaciaires, 214. — Lacs de cirques, 215. — Importance relative de l'érosion par les glaciers, 216. — Calottes glaciaires, 216. — Topographie glaciaire. Zone centrale, 217. — Zone périphérique. Topographie morainique, 218. — Exemples de topographie morainique, 220. — Particularités de la topographie morainique. Œsar. Drumlins, 222. — Altération des moraines. Loess, 224. — Modifications géographiques produites par les extensions glaciaires, 225. — Toundras, 227.

Douzième leçon. — I. LE MODELÉ PAR LES INFLUENCES SOUTERRAINES. 228

Définition des influences souterraines, 228. — Eboulements provoques par les infiltrations, 228. — Effets de la circulation souterraine, 229. — Formation des dépressions de la surface, 230. — Grottes, réseaux souterrains, 231. — Particularités du Karst. Rivières souterraines, 232. — Relation des dolines avec les cours d'eau souterrains, 234. — Lacs temporaires, 235. — Conditions particulières de la contree du Karst, 236. — Territoires divers d'érosion souterraine, 237. — Infiltrations dans les districts volcaniques, 237.

II. — LE MODELÉ PAR LES INFLUENCES ÉOLIENNES 238

Caractères généraux du modelé par les influences éoliennes, 238. — Conditions d'exercice de l'action du vent, 239. — Effets de l'insola-

tion, 240. — Influence de la répartition des pluies. Insuffisance du régime hydrographique, 241. — Transport de matériaux. Érosion éolienne, 242. — Formation des dunes, 243. — Paysage de dunes, 244. — Particularités diverses du phénomène éolien, 245. — Question des loess, 246. — Relation du climat désertique avec le relief, 247. — Relation des déserts avec les dépressions, 247. — Destinée des déserts, 248. — Régions de steppes, 249.

Treizième leçon. — LE MODELÉ DES RIVAGES MARITIMES..... 251

Conditions générales du modelé des rivages. Puissance mécanique des vagues, 251. — Formation des falaises, 252. — Plates-formes littorales, 252. — Accidents d'un rivage en falaise, 253. — Iles d'érosion, 255. — Détails divers sur les falaises, 256. — Débouché des vallées. Estuaires, 257. — Cas d'un rivage hétérogène et vallonné, 257. — Appréciation du travail de l'érosion, 258. — Vallées submergées. Sillons de fracture, 259. — Rias, 260. — Fjords, 262. — Détails divers sur les fjords, 263. — Éléments tectoniques des fjords. Action glaciaire. Types subordonnés, 267. — Rivages du type dalmate, 268. — Côtes d'effondrement, 270. — Question des plaines d'abrasion marine, 271. — Côtes plates, 272. — Régime variable des côtes plates, 273. — Echancrures des côtes plates, 274. — Deltas. Limans, 275. — Côtes coralliennes, 275. — Détails statistiques sur les rivages maritimes, 276. — Importance de l'érosion marine, 277.

Quatorzième leçon. — RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES PÉRIODES GÉOLOGIQUES. 278

Objet de ce résumé, 278. — Sédimentation contemporaine, 278. — Stratification. Localisation des sédiments, 279. — Frange sédimentaire. Vitesse de formation, 280. — Vicissitudes de l'histoire sédimentaire, 281. — Complication de l'histoire géologique. Fossiles, 282. — Terrain archéen, 283. — Divisions principales des temps géologiques, 284. — Divisions de second ordre, 285. — Appréciation de l'importance des temps géologiques, 287. — Dislocations de l'écorce terrestre, 288. — Caractère des dislocations, 289. — Manifestations éruptives, 290. — Composition des roches éruptives, 290. — Principales roches éruptives, 292. — Phénomènes explosifs. Emanations gazeuses, 293. — Terrains métamorphiques, 293. — Variation des conditions physiques avec le temps, 294.

Quinzième leçon. — I. PRINCIPES DE LA PALÉOGRAPHIE..... 297

Importance et difficultés de la paléographie, 297. — Intervention de la paléontologie, 298. — Caractère provisoire des essais de paléographie, 298. — Signification des massifs archéens, 299. — Massifs d'ancienne consolidation, 301. — Recherche des anciens rivages, 301. — Reconstitution du relief, 302. — Anciennes montagnes, 302. — Complication des accidents de surface, 303. — Exemple de la Dent de Morcles, 304. — Signification des injections granitiques, 305.

II. — TRAITS GÉNÉRAUX DE L'ÉVOLUTION GÉOGRAPHIQUE..... 306

Application des principes posés; massifs archéens, 306. — Continents précambriens, 308. — Trace de dépôts littoraux précambriens, 308. — Noyaux archéens divers, 310. — Modifications géographiques de l'ère primaire, 311. — Continents carbonifériens, 312. — Continent austral, 312. — Continents jurassiques, 314. — Dernières périodes géologiques, 316. — Traits généraux du dessin paléogéographique. Unités stables, 317. — Dépression médiane. Zone de plissements, 317. — Divisions naturelles de la terre ferme, 319. — Plissements américains, 319.

Seizième leçon. — L'EUROPE. LES ILES BRITANNIQUES. — I. APERÇU GÉNÉRAL SUR L'EUROPE..... 321

Formes des côtes européennes : caractères de l'Europe septentrionale, 321. — Différences avec la zone méditerranéenne, 322. — Zone médiane, 323. — Massif russe, 324. — Caractères du réseau hydrographique de l'Europe, 324. — Rôle historique des divisions de l'Europe. Zone méditerranéenne, 325. — Zone septentrionale. Région française, 326. — Ordre à suivre dans les descriptions, 327.

II. — Les Iles Britanniques 328

Aperçu général. Massif ancien, 328. — Dislocation et façonnement du massif, 328. — Divisions de l'Ecosse. Highlands, 329. — Fjords et lacs. Cours d'eau, 330. — Golfe de Caithness. Différences des côtes écossaises, 331. — Lowlands. Hautes terres du sud, 333. — Hébrides, Orcades, Shetland, 333. — Angleterre. District des lacs, 335. — Origine des lacs. Relief du pays, 336. — Pays de Galles, 337. — Cornouaille, 338. — Région orientale. Allure générale, 338. — Histoire de la région, 339. — Développement du réseau hydrographique, 340. — Emersion pleistocène, 341. — Dôme wealdien, 342. — Bassin de l'île de Wight, 343. — Structure de l'Irlande, 344. — Réseau hydrographique, 345. — Les côtes irlandaises, 345. — Circonstances de l'isolement de l'Irlande, 346. — Conditions déduites de la répartition des animaux, 347.

Dix-septième leçon. — I. La péninsule scandinave 349

Structure générale de la Scandinavie, 349. — Interruptions de la ligne de faîte. Dislocations atlantiques, 349. — Conditions géologiques du faîte scandinave, 350. — Fjords. Vallées du versant oriental, 351. Traces de l'action glaciaire, 352. — Terrasses, lignes de rivage, 353. — Vicissitudes de la Baltique, 354. — Scanie, 355.

II. — La plate-forme russe 356

Caractères généraux de la contrée, 356. — Conditions de pente. Rôle historique du massif, 357. — Distinction de deux territoires glaciaires, 357. — Finlande. Paysage morainique, 358. — Alignements finlandais, 359. — Plate-forme russe : ses divisions, 360. — Régions de la terre noire et des steppes. Leur réseau hydrographique, 360. — Explication des particularités des cours d'eau, 361. — Oural, 363.

III. — Les Pays-Bas de l'Europe septentrionale 364

Définition des Pays-Bas, 364. — Section occidentale, 364. — Pays-Bas néerlandais. Cordon littoral et Marches, 365. — Campine. Geest, 367. Oldenbourg et environs, 367. — Région de l'Elbe. Lande de Lunebourg, 368. — Schleswig-Holstein, 368. — Côte de Rügen, 369. — Jylland. Iles danoises, 369. — Littoral baltique. Plate-forme des lacs, 370. — Versant méridional de la plate-forme, 372. — Zone des grandes rivières, 372. — Landes méridionales, 373.

Dix-huitième leçon. — Zone des massifs anciens. — Bassin de Paris. 374

Aperçu général sur la région française, 374. — Divisions naturelles du Bassin de Paris, 375. — Massif central. Caractères généraux, 376. — Traces de la pénéplaine archéenne, 378. — Régions disloquées du massif central, 379. — Anciennes dépressions lacustres. Limagne, 381. — Dépressions de la Loire. Bassin d'Aurillac. Bourbonnais, 382. — Massifs volcaniques. Cantal. Cézallier, 382. — Mont-Dore. Monts Dômes, Velay, Aubrac, 383. — Régime hydrographique du plateau central, 384. — Traces glaciaires, 385. — Massif armoricain. Caractères généraux, 386. — Disposition des plis armoricains, 386. — Dépressions du massif. Effets de l'érosion, 387. — Régime hydrographique, 388. — Massif ardennais. Caractères généraux, 389. — Divisions du massif, 390. — Golfe du Luxembourg. Plateau rhénan.

Palatinat, 390. — Massif alsacien. Caractères généraux, 391. — Vallée du Rhin. Revêtement triasique, 392. — Bassin de Paris. Sa préparation historique, 393. — Épisodes sédimentaires, 394. — Influence du lac de Beauce, 395. — Dernières dislocations, 395. — Constitution de la topographie du bassin, 396. — Auréoles et falaises successives, 397. — Pays du bassin; auréoles crétacées, 398. — Auréoles jurassiques, 399. — Pays du massif tertiaire, 400. — Pays de dislocations, 401. — Particularités hydrographiques, 402.

Dix-neuvième leçon. — SUITE DE LA ZONE DES MASSIFS ANCIENS... 404

I. — FRANCE MÉRIDIONALE. — PYRÉNÉES.....

Partie méridionale du massif central, 404. — Golfe des Causses, 405. — Golfe de l'Aquitaine. Aperçu général, 406. — Bordure secondaire du golfe, 407. — Pays de l'Aquitaine, 408. — Dépression de la Saône, 409. — Dépression du Rhône. Provence, 409. — Massif des Maures. Bande des Cévennes, 410. — Chaîne des Pyrénées; aperçu général, 412. — Divisions de la chaîne. Versant français, 413. — Versant espagnol, 413. — Noyau ancien des Pyrénées, 414. — Monts Cantabriques. Asturies, 414.

II. — PÉNINSULE IBÉRIQUE..... 415

Aperçu général, 415. — Partie occidentale du massif ibérique, 416. — Partie orientale. Sierras castillanes, 416. — Plaines castillanes, 417. — Bord oriental du massif, 418. — Andalousie. Sierra Morena, 418. — Dépression d'Andalousie, 419. — Sierra Nevada, Basse Andalousie, Baléares, 420. — Bassin de l'Ebre, 421. — Catalogne, 421. — Les rivages de la péninsule ibérique, 422.

III. — MASSIFS ALLEMANDS..... 423

Aperçu général, 423. — Massif rhénan, 424. — Dépression hessoise, 425. — Thuringe, 426. — Forêt de Franconie, 427. — Hartz. Collines subhercyniennes, 427. — Bohême. Aperçu général, 429. — Forêt de Bohême, 429. — Erzgebirge. Suisse saxonne, 430. — Lusace. Sudètes, 431. — Cours de l'Elbe. Oder. Silésie, 432.

Vingtième leçon. — LA CHAINE DES ALPES ET LES CARPATHES..... 433

Aperçu général, 433. — Distinction des Alpes occidentales et des Alpes orientales, 434. — Alpes occidentales. Arc cristallin. Rôle des Alpes liguriennes, 434. — Lacs de la bordure alpine, 436. — Zone des massifs extérieurs, 436. — Chaînes subalpines, 437. — Zone préalpine, 438. — Préalpes, 439. — Région de la mollasse, 440. — Chaîne du Jura, 440. — Particularités du Jura, 441. — Cours du Rhône, 442. — Alpes orientales. Axe cristallin. Prättigau, 443. — Alpes calcaires du nord, 444. — Alpes calcaires du sud, 445. — Vallées transversales, 446. — Zone préalpine. Flysch. Plaines danubiennes, 447. — Jura souabe et franconien, 448. — Chaîne des Carpathes, 449. — Effondrements carpathiques, 450. — Grès carpathique, 451. — Particularités des Carpathes, 451. — Bukovine, Banat, 452. — Rapports des Carpathes avec les Alpes transylvaines, 453. — Plaine hongroise, 454.

Vingt et unième leçon. — LA RÉGION MÉDITERRANÉENNE..... 456

Définition de la région, 456. — Péninsule italienne. Aperçu général, 456. — Plaine du Pô, 457. — Ceinture de la plaine. Vicentin, 458. — Apennin. Dessin général, 459. — Traces de l'ancienne Tyrrhénide, 460. — Détails sur les dislocations du sol italien, 460. — Apennin septentrional, 461. — Apennin moyen, 462. — Apennin méridional, 463. — Sicile, 464. — Péninsule balkanique. Aperçu général, 465. — Région du Karst, 465. — Côte dalmate. Date de sa

dislocation, 466. — Bosnie. Albanie, 467. — Massifs anciens de la péninsule balkanique, 468. — Balkans, 469. — Bassins d'effondrement, 470. — Dobroudja, Roumanie, 470. — Péninsule hellénique. Epire. Pinde, 471. — Thessalie et régions voisines, 471. — Morcellement des terres helléniques, 472. — Mer Egée, 472. — Caractère des dépressions helléniques, 473. — Asie Mineure. Alpes pontiques, 473. — Taurus, 474. — Kourdistan. Arménie, 475. — Anticaucase, Caucase, 475. — Flanc nord du Caucase. Caspienne, 476. — Chaînes africaines. Atlas tellien, 477. — Atlas saharien, 478. — Région des plateaux, 478. — Atlas marocain, 479.

Vingt-deuxième leçon. — LES TERRES ASIATIQUES..... 480

Coup d'œil général, 480. — Interprétation des structures asiatiques, 481. — Abondance des dépressions, 481. — Définition des terres asiatiques, 482. — Sibérie occidentale, 482. — Sibérie centrale, 483. — Région du lac Baïkal, 484. — Nouvelle-Sibérie. Sibérie orientale, 485. — Kamtchatka, 485. — Bassin de l'Amour. Mandchourie, 486. — Pamir, 487. — Hydrographie pamirienne, 488. — Chaînes divergentes. Thian-Chan, 489. — Zone d'effondrements, 490. — Bassins du Tarim et du Gobi, 490. — Kouenlun et ses prolongements, 491. — Tibet, 492. — Karakorum, Himalaya, 493. — Himalaya central, 494. — Régime hydrographique, 494. — Hindoukouch et ses prolongements, 495. — Chaînes iraniennes, 496. — Intérieur de la Perse, 497. — Dépression aralocaspienne, 498. — Chaînes aralocaspiennes, 498. — Dislocation du Turkestan, 499. — Changement de direction des chaînes asiatiques au voisinage du massif chinois, 499. — Caractères du massif chinois, 500. — Relief et réseau hydrographique de la Chine, 501. — Pays de la terre jaune, 502. — Archipel japonais, 503. — Indochine, 504. — Arc malais, 504. — Dislocations de la Malaisie, 505. — Iles de la Sonde. Philippines, 506.

Vingt-troisième leçon. — LES PLATES-FORMES INDO-AFRICAINES..... 508

Définition des plates-formes indo-africaines, 508. — Aperçu général sur l'Afrique, 508. — Divisions de la région saharienne, 510. — Caractères du Sahara, 510. — Bordure septentrionale du Sahara, 511. — Chotts tunisiens. Bord du désert libyque, 512. — Sahara occidental et méridional, 512. — Afrique équatoriale. Caractères généraux, 513. — Soudan. Cours du Niger, 514. — Dislocations et régime du Niger, 515. — Congo, 515. — Régime hydrographique du Congo. Altération des grès, 516. — Afrique australe. Aperçu général, 517. — Plates-formes du Cap, 517. — Pays d'Orange et de Natal, 518. — Transvaal, Kalahari, 519. — Régime des côtes de l'Afrique australe, 520. — Madagascar, 521. — Afrique orientale. Vallée du Nil, 522. — Cours et régime du Nil, 522. — Massif éthiopien, 523. — Dislocations de l'Afrique orientale. Ligne des grands volcans, 524. — Ligne du Tanganyika, 525. — Prolongements septentrionaux des dislocations africaines, 526. — Plate-forme de l'Arabie, 527. — Divisions de l'Arabie, 528. — Syrie, Mésopotamie, 528. — Hindoustan. Orographie, 529. — Caractères de la plate-forme, 530. — Pays de Gondwana. Dislocations indiennes, 530. — Plaine indo-gangétique, 531. — Rôle du Salt Range. Vallée de l'Indus, 531. — Plateau de Chillong, 532. — Plate-forme australienne, 533.

Vingt-quatrième leçon. — L'AMÉRIQUE DU NORD..... 534

Aperçu général, 534. — Evolution du territoire américain, 534. — Région canadienne, 535. — Traces de la topographie glaciaire, 536. — Modifications récentes du réseau hydrographique, 537. — Saint-Laurent. Labrador. Région des prairies, 538. — Région des Appalaches. Aperçu général, 539. — Histoire de la région, 539. — Traits fondamentaux des Appalaches, 540. — Détails divers, 541. — Dépression

centrale, 541. — Partie septentrionale du massif plissé, 542. — Chaînes des Palissades, 543. — Piedmont, 544. — Plaine côtière, 544. — Plateaux du Cumberland, 545. — Plateaux des Alleghanies, 546. — Plaines du Mississipi, 546. — Monts Ozark. Arkansas, 547. — Grandes plaines de l'Ouest, 548. — Rivages du golfe du Mexique. Floride, 549. — Région occidentale. Aperçu général, 549. — Dessin de la région, 550. — Chaînes septentrionales, 551. — Monts des Cascades, 552. — Sierra Nevada, 552. — Hydrographie et érosions de la Sierra, 553. — Chaîne côtière. Dépression californienne, 553. — Plateaux volcaniques de l'Orégon, 554. — Dislocation des Montagnes Rocheuses. Accidents du Yellowstone, 554. — Monts Wahsatch, 555. — Grand Bassin, 555. — Anciens lacs. Régime désertique, 556. — Hauts plateaux, 557. — Phénomènes d'érosion. Cañons, 557. — Monts Uintah. Monts Henry, 558. — Plateau du Rio-Grande, 559. — Montagnes Rocheuses proprement dites, 559. — Black Hills, 560. — Front Range, 560. — Parcs, jardins, 561.

Vingt-cinquième leçon. — I. L'AMÉRIQUE CENTRALE ET LES ANTILLES. 562

Aperçu général, 562. — Mexique, chaînes de la Sierra Madre, 562. — Plateau mexicain, 563. — Volcans du Mexique, 563. — Chaînes des isthmes américains. Aperçu général, 564. — Guatemala. Honduras. Nicaragua, Costa-Rica, 565. — Isthmes de Panama et de Darien, 566. — Yucatan. Golfe du Mexique, 566. — Antilles, 567. — Dislocations des Antilles, 568.

II. L'AMÉRIQUE DU SUD 568

Aperçu général, 568. — Massif brésilien, 569. — Montagnes du Brésil, 570. — Bassins du Parana et du Sao Francisco, 571. — Versant amazonien, 571. — Guyane, 572. — Bande des dépressions. Llanos, 573. — Dépression de l'Amazone, 573. — Dépressions argentines, 574. — Pampas, 575. — Patagonie. Terre de Feu, 575. — Cordillère des Andes. Aperçu général, 576. — Constitution des Andes chiliennes, 577. — Cordillères argentines, 577. — Virgation des chaînes, 578. — Partie méridionale des Andes, 578. — Caractères du littoral chilien, 579. — Particularités du versant occidental des Andes, 580. — Tectonique générale des Andes, 580. — Partie moyenne des Andes, 582. — Plateau péruvien, 582. — Disparition des volcans. Tremblements de terre, 583. — Cordillères péruviennes, 584. — Coude de la Cordillère, 584. — Andes équatoriales, 585. — Andes colombiennes. Chaînes du Venezuela, 585. — Influence d'un massif ancien, 586. — Résumé de la structure des Andes, 586.

III. LES TERRES POLAIRES 587

Terres américaines, 587. — Groenland, Spitzberg, Nouvelle-Zemble, 588. — Islande, 589. — Terres antarctiques, 590.

LEÇONS

DE

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

PREMIÈRE LEÇON

LES GRANDES LIGNES DU DESSIN GÉOGRAPHIQUE.

Définition de la Géographie physique. — La *Géographie physique* doit être, par raison d'étymologie, la description du globe terrestre, exclusivement basée sur les caractères *naturels* que présente la surface de notre planète. Tandis que l'ancienne géographie accordait une place prépondérante à tout ce qui est du fait de l'homme, non seulement la nouvelle doctrine écarte cet ordre de considérations, mais elle prétend subordonner l'action humaine à l'influence de la nature, en cherchant, dans les particularités du milieu, l'une des principales parmi les causes d'où résultent les différences qu'on observe entre les divers groupes de populations.

D'ailleurs, la géographie physique entend ne pas demeurer une science purement descriptive. Il ne lui suffit pas de définir et de classifier de son mieux, d'après les apparences extérieures, l'ensemble des détails qui constituent ce qu'il est permis de nommer la *morphologie terrestre*. Elle sait maintenant que ces formes ont une raison d'être, tirée des vicissitudes par lesquelles a passé, durant une longue suite de siècles, la surface de ce globe, dans l'histoire duquel les annales de l'humanité ne tiennent qu'une place presque insignifiante. C'est pourquoi, sans se confondre avec la science qui a ces vicissitudes pour objet propre, c'est-à-dire avec la géologie,

la géographie physique est de plus en plus amenée à reconnaître la nécessité d'être au courant des données principales de la science géologique. Là seulement elle peut acquérir la notion de ces structures internes, qui commandent jusqu'à un certain degré les formes extérieures, et dont elle est obligée de tenir compte, au même titre et dans la même mesure que la peinture et la sculpture ont le devoir d'observer les règles de l'anatomie.

Mais cela ne suffit pas encore, car l'état présent du globe est la résultante d'une superposition compliquée de phénomènes, qui ont agi successivement, tantôt dans le même sens, tantôt en sens contraires; de telle façon que les structures et les formes actuelles ont une histoire, qui seule les rend pleinement intelligibles. Si le géographe n'est pas tenu de déchiffrer lui-même cette histoire, du moins il est forcé d'y avoir égard, absolument comme l'ethnographe est dans l'obligation de ne pas ignorer le passé des peuples dont il veut faire comprendre les mœurs et les caractères physiques. C'est en se conformant à ces exigences que la description du globe acquiert une base solide, et devient vraiment ce qu'on pourrait appeler la *géographie rationnelle*.

Ainsi compris, le cadre de cette science est extrêmement vaste. D'une part, elle embrasse la définition précise, au double point de vue de la forme et de la genèse, de toutes les unités homogènes entre lesquelles peut se diviser la surface du globe. D'autre part, il lui appartient de rechercher comment la forme de ces unités réagit sur la distribution de conditions physiques, dont le principe est extérieur à notre planète, et d'où dépendent ici-bas les réactions de tout ordre qui s'accomplissent à la surface, soit dans le règne minéral, soit dans le monde organique. Après quoi la science achève son œuvre, en traçant le tableau des résultats définitifs qu'engendre cette combinaison d'éléments divers, et où l'activité humaine intervient pour sa grande et légitime part.

C'est à ce dernier chapitre, essentiellement descriptif, que se sont surtout appliqués jusqu'ici les efforts des géographes, même de ceux qui ont le mieux senti la nécessité de rompre avec les conventions arbitraires du passé.

A la vérité, de louables tentatives ont été faites par eux, surtout depuis cinquante ans, pour asseoir la classification des formes de la surface sur des considérations purement naturelles. Mais les œuvres inspirées par cette tendance sont restées incomplètes, parce qu'elles n'étaient pas suffisamment imprégnées de la notion des causes profondes auxquelles tient la variété des tableaux de la

nature. Faute de cette initiation préalable, on s'est trop souvent laissé guider par des homologies plus apparentes que réelles, s'exposant ainsi, suivant une juste comparaison de M. W. M. Davis [1], à des méprises comme celles que commet le vulgaire, quand il se croit autorisé à classer les baleines avec les poissons, ou les chauves-souris avec les oiseaux.

Pour obvier à cet inconvénient, il est indispensable de mettre à la disposition des géographes des règles fondées sur une exacte appréciation des circonstances qui ont présidé à la genèse des formes terrestres. C'est à cette tâche, qui réclame plus particulièrement la compétence du géologue, que nous comptons nous appliquer ici. L'honneur d'avoir ouvert le chemin dans cette direction revient à Élie de Beaumont, qui en exposait magistralement le principe, dès 1833, dans sa mémorable description des Vosges, bientôt suivie par l'*Introduction à l'Explication de la carte géologique de France*, où les rapports de la forme avec la structure sont esquissés en traits saisissants. Plus d'un auteur s'en est heureusement inspiré depuis lors; et cependant la semence a été lente à germer, tant était puissante l'influence du préjugé qui, sous prétexte de rompre définitivement avec l'ancien régime, avait été jusqu'à proscrire, en géographie, l'emploi des noms de provinces et de pays!

D'ailleurs, à ces efforts partiels, il manquait un essai de codification dogmatique. Cette lacune a commencé à être comblée chez nous en 1888, lors de la publication de l'ouvrage fondamental de MM. de la Noë et de Margerie sur *Les Formes du terrain* [2]. De leur côté, les Américains, dont le territoire offre, surtout dans l'ouest, des facilités absolument exceptionnelles pour la mise en évidence des rapports entre la surface et le sous-sol, donnaient à ces conceptions des développements remarquables, d'où commence à sortir, sous l'influence prépondérante de M. W. Morris Davis, un véritable corps de doctrines. Le nom de *Géomorphologie* a été créé aux États-Unis pour désigner le nouvel ordre de connaissances, auquel sont attachés, en Amérique, les noms de MM. Davis, Lesley, Powell, Dutton, Gilbert, Mac Gee, Hayes, Chamberlin, Diller, Lawson, Campbell, etc. Mais il est juste de rappeler l'influence exercée sur cette éclosion par un grand nombre de savants européens : en Allemagne, MM. Ed. Suess [3], de Richtho-

1. *National geogr. Magazine*, 1889.
2. Paris, Imprimerie Nationale, 1888.
3. *Antlitz der Erde*.

fen [1], Löwl, Penck [2], Kirchhoff [3], Hartung, Supan, Tietze, Heim [4], Rütimeyer, Philippson [5], Th. Fischer, etc.; en Angleterre, MM. Ramsay, Beete Jukes, Whitaker, Topley, A. Geikie, Medlicott, Blanford, Green, Foster, Maw, Greenwood [6], etc.; en France, MM. Élie de Beaumont, Dausse, Suzell, Cézanne, Belgrand, E. Reclus, etc. [7].

Il est permis de penser que le caractère de la doctrine serait encore mieux exprimé par le terme de *Géomorphogénie*, récemment introduit par M. Lawson. Quoi qu'il en soit, cette question de rubrique générale n'ayant qu'une importance secondaire, nous nous en tiendrons au mot, plus facile à faire accepter en France, de *géographie physique*. Pour qu'aucune incertitude ne pèse sur le sens qu'on y doit attacher, on ne saurait mieux faire que de recourir à la formule, vraiment saisissante, qu'en donnait il y a quelques années M. Mackinder d'Oxford [8]. Rappelant qu'après avoir trop souvent abusé des cataclysmes et des hypothèses extraordinaires, la géologie était entrée dans sa véritable voie le jour où elle avait pris pour base de ses spéculations la connaissance des phénomènes actuels, ce qui permettait de la définir : l'*étude du passé à la lumière du présent*, le savant anglais disait de la nouvelle méthode géographique qu'elle devait être l'*étude du présent à la lumière du passé*. Ainsi s'affirme l'étroite union des deux sciences qui ont le globe pour objet. C'est une véritable alliance, et non un lien de subordination, qui les relie l'une à l'autre, et c'est en se développant librement, chacune dans leur sphère, mais sans jamais se perdre de vue, qu'elles parviendront à nous donner la pleine intelligence du milieu où doit se dérouler notre existence terrestre.

Figure et dimensions de la terre. — La terre est un *sphéroïde*, c'est-à-dire un globe très voisin d'une sphère, accomplissant en vingt-quatre heures un tour entier autour d'un axe de position

1. *Führer für Forschungsreisende*, 1886.
2. *Das deutsche Reich*, 1887; *Morphologie der Erdoberfläche*, Stuttgard, 1894.
3. *Länderkunde des Erdteils Europa*, 1887.
4. *Mechanismus der Gebirgsbildung*, 1878.
5. *Studien über Wasserscheiden*, Leipzig, 1886.
6. Il n'est que juste de rappeler qu'Hutton, le célèbre géologue écossais, avait nettement proclamé le grand rôle des eaux courantes dans la genèse des formes de la surface.
7. Qu'il nous soit permis de mentionner ici la tentative que nous avons faite, en 1888, dans notre *Géologie en chemin de fer*, pour établir une classification rationnelle de tous les *pays* du bassin parisien,
8. Cité par W. M. Davis, *loc. cit.*, p. 11.

fixe [1]. Les points où cet axe perce le sphéroïde sont les *pôles*. Tout plan passant par l'axe des pôles dessine, par son intersection avec la surface du globe, un *méridien*. Le plan mené par le centre de la terre, perpendiculairement à l'axe, coupe le sphéroïde suivant l'*équateur*, courbe dont tous les points sont à 90 degrés de distance angulaire des pôles. Enfin chaque point de la surface, dans le mouvement de rotation diurne, décrit parallèlement au plan de l'équateur un cercle dit *parallèle*.

Si la terre était une sphère parfaite, les méridiens et l'équateur seraient des grands cercles égaux, et tous les points situés sur un même plan parallèle à l'équateur décriraient le même petit cercle. Chaque point du globe serait défini par sa *longitude*, c'est-à-dire par l'angle, mesuré sur l'équateur, de son méridien avec un méridien initial, et par sa *latitude*, autrement dit l'arc intercepté sur le méridien, à partir de l'équateur, par le parallèle du point considéré. On pourrait d'ailleurs prendre, pour mesure de cette latitude, l'angle des rayons terrestres aboutissant aux deux extrémités de l'arc, et ces rayons ne seraient autres que les *verticales*, ou lignes du fil à plomb, relatives aux extrémités en question.

Mais, d'une part, le sphéroïde terrestre est aplati aux pôles et, de l'autre, sa surface présente des inégalités qui font que chaque méridien est une ligne irrégulière, renflée à la rencontre des protubérances continentales, tandis qu'elle est déprimée sous les océans. Dès lors, pour qu'un point soit défini, il faut connaître son *altitude*, positive pour la terre ferme, négative pour le fond des mers, c'est-à-dire la distance à laquelle se trouve ce point de la surface idéale qui définit la *figure du globe*.

Pour déterminer cette surface idéale de comparaison, on est convenu de considérer, comme figure propre du sphéroïde, celle qui correspondrait à la surface libre des mers, si cette dernière était partout prolongée sous les continents, ce qu'on cherche à réaliser par les opérations de nivellement. En vertu de la mobilité des particules liquides, la surface libre de la mer, sollicitée à la fois par la pesanteur et par la force centrifuge due à la rotation diurne, doit théoriquement affecter une *figure d'équilibre*, celle d'un *ellipsoïde de révolution*, engendré par la rotation, autour de l'axe, d'une ellipse méridienne invariable. Dès lors les *verticales* deviennent les normales à l'ellipse, et la mesure de deux arcs

1. Les légères variations que peut éprouver la situation de l'axe relativement au globe peuvent être considérées comme négligeables au point de vue de la géographie.

elliptiques limités par des verticales faisant entre elles un angle d'un degré, ces arcs étant choisis l'un près de l'équateur, l'autre près d'un pôle, suffit pour déterminer géométriquement la forme de la courbe. Du même coup, cette connaissance permet d'évaluer la longueur de l'ellipse méridienne à l'aide d'une unité convenue. La forme elliptique trouve son expression complète dans ce qu'on appelle l'*aplatissement*, c'est-à-dire dans le rapport de la différence des deux axes au plus grand d'entre eux.

En 1799, les opérations géodésiques exécutées en vue de l'établissement du système métrique avaient conduit Delambre et Méchain à adopter, pour la valeur de l'aplatissement, le chiffre de $\frac{1}{334}$, ce qui, combiné avec les dimensions des arcs mesurés, assignait à l'ellipse méridienne une longueur de 20 522 960 toises. On en prit la quarante-millionième partie et cette fraction, matériellement exprimée par un étalon en platine déposé aux Archives, est devenue le *mètre*.

Ultérieurement, de nouvelles mesures ont fait voir que la valeur admise pour l'aplatissement était trop faible, et que ce dernier devait être compris entre $\frac{1}{294}$ et $\frac{1}{309}$. De plus, on a dû reconnaître que les différentes mesures d'arc ne donnaient pas des résultats identiques, de telle sorte qu'il n'y avait pas, à proprement parler, d'ellipse méridienne unique.

On aurait pu d'ailleurs le prévoir *a priori*. En effet, pour que la surface des mers affectât la forme d'un ellipsoïde de révolution défini, il faudrait que l'océan eût partout la même densité, et que son niveau, uniquement déterminé par la combinaison de la pesanteur avec la force centrifuge due à la rotation diurne, ne fût influencé ni par les vents, ni par les courants, ni par les variations météorologiques. A la vérité, ces diverses causes n'altèrent la forme du sphéroïde que dans une très faible mesure. Mais il n'en est pas de même des influences dues à l'attraction. La théorie indique que la surface des mers ne peut manquer d'être déformée par le voisinage des masses continentales, dont l'attraction se fait sentir pour son compte, indépendamment de l'action totale du globe. Il s'ensuit que la verticale est déviée, en même temps que la surface des eaux tranquilles ou horizontale s'écarte de la position qu'elle aurait prise sans cette perturbation. C'est donc un ellipsoïde modifié en chaque point par la terre ferme, ou *géoïde*, qui doit exprimer la figure de la nappe océanique. Or la détermination précise de ce géoïde réclame, entre autres choses, la connaissance de l'intensité de la pesanteur, donnée difficile à

mesurer et éprouvant, d'un point à un autre, des variations dont la cause est encore très mystérieuse.

Heureusement les inégalités que provoquent ces causes de déformation n'ont pas l'importance qu'on leur avait tout d'abord attribuée. Il est aujourd'hui démontré [1] qu'en aucun point, le géoïde ne doit s'écarter de l'ellipsoïde théorique de plus de 200 mètres. En particulier pour ce qui concerne l'Europe, le niveau de la mer y est partout sensiblement uniforme, et les variations qu'il peut offrir sur nos côtes sont à peu près du même ordre que les erreurs inévitables des nivellements. En fait, on peut admettre que la figure du globe est exprimée, avec une approximation suffisante, par un ellipsoïde de révolution, dont le demi-axe équatorial aurait 6 378 284 mètres, le demi-axe polaire étant de 6 356 607, et le demi-axe moyen de 6 371 000 mètres. Dans ce cas, la valeur du mètre demeurant pour toujours fixée par l'étalon des Archives, l'ellipse méridienne, au lieu de contenir exactement 40 millions de mètres, en aurait 40 007 860.

Il est à remarquer que même en admettant, pour l'aplatissement terrestre, la plus forte parmi les valeurs proposées, soit $\frac{1}{294}$, le globe terrestre demeure encore trop voisin d'une sphère pour que la différence soit sensible à l'œil, quelle que soit l'échelle de la représentation.

Valeur du relief terrestre. — Ayant ainsi défini la *surface de comparaison* à laquelle on doit rapporter les altitudes et les profondeurs, il est intéressant de savoir dans quelle mesure la surface du globe solide s'écarte de celle dont les éléments viennent d'être indiqués.

Plus des $\frac{70}{100}$ de la surface du sphéroïde sont occupés par la mer. Le reste, c'est-à-dire la terre ferme, ne s'élève jamais au-dessus de l'Océan plus haut que 8840 mètres [2] et, en moyenne, l'altitude des continents, supposée uniformément répartie sur toute leur surface, ne dépasse pas sensiblement 700 mètres [3]. Or le rayon terrestre a 6371 kilomètres. Dès lors la plus haute cime ne domine le niveau de la mer que de la *sept cent vingtième* partie du rayon, et l'altitude moyenne de 700 mètres en représente seulement la *neuf millième* partie. On est donc fondé à dire que le relief de la terre ferme est insignifiant.

1. Cela résulte des travaux mathématiques de MM. Helmert et Hergesell.
2. Altitude de la cime culminante de l'Himalaya.
3. Les calculs les plus récents, ceux de MM. Heiderich et Penck, ont donné respectivement 745 et 735 mètres.

D'un autre côté, il n'existe pas de fosse océanique dont la profondeur, authentiquement mesurée, soit en chiffres ronds supérieure à 8500 mètres [1]. Ainsi la plus grande différence d'altitude, entre deux points de la surface du globe solide, n'atteint pas 17 kilomètres et demi, soit la *trois cent soixante-cinquième* partie du rayon. A la vérité la profondeur moyenne des mers se tient aux environs de 4000 mètres, égale par conséquent à cinq ou six fois l'altitude de la terre ferme. Il n'en est pas moins vrai que si, sur un globe de dix mètres de diamètre, on voulait ménager des cavités représentant à l'échelle les dépressions océaniques, nulle part, il ne faudrait donner à ces cavités plus de *sept millimètres* de creux. Et le même chiffre limiterait la saillie que devraient faire les rugosités continentales. C'est pourquoi on a raison de dire que les inégalités de l'écorce demeurent bien au-dessous de celles que présente la peau d'une orange.

Ainsi d'une part, les montagnes n'ont en aucune façon, relativement aux dimensions du globe, l'importance que nos yeux sont portés à leur attribuer, et, d'autre part, la mer est très loin de constituer ces *abîmes*, que l'imagination se figure si naturellement lorsque, du rivage, on contemple la masse liquide s'étendant à perte de vue. Il y a mieux; lors même qu'un océan aurait sa partie la plus profonde en son milieu, raccordée aux deux bords par des pentes régulières, la courbe ainsi obtenue ne cesserait pas d'être absolument *convexe*. En effet, en raison de la courbure du sphéroïde terrestre, un arc égal à la dimension transversale de l'Atlantique comporte une flèche de 1150 kilomètres; c'est-à-dire qu'à supposer le fond de cet océan absolument plan d'une rive à l'autre, l'épaisseur de la nappe liquide en son milieu serait *cent cinquante fois* plus grande que le maximum de profondeur réellement observé. Une mer de cinq degrés d'amplitude comporte une flèche de 6 kilomètres. Même les mers de Soulou, de Célèbes et de Banda ne réalisent pas ces conditions. Seuls quelques détroits, comme le Pas-de-Calais, ou certaines fosses linéaires exceptionnellement profondes, ont un profil concave. Partout ailleurs, le profil d'ensemble du fond des mers est une courbe convexe, mais dont le rayon de courbure est supérieur à celui de la surface libre.

En résumé, la mer se borne à occuper les parties déprimées d'une surface extrêmement peu différente de celle d'un sphéroïde

1. On a mesuré 8513 mètres dans le Pacifique, au fond de la fosse des Kouriles, et 8341 dans l'Atlantique, contre les Antilles, dans la fosse des Vierges.

parfait; et il suffirait que le volume de la masse liquide fût augmenté d'un sixième pour que la terre ferme presque tout entière cessât d'exister. Malgré l'énorme importance qu'elle revêt à nos regards, la nappe océanique n'est guère qu'une pellicule, servant à marquer les creux ou, en d'autres termes, à mettre en évidence les principales inégalités d'une surface qui, sans cela, vue de loin, laisserait l'impression d'une régularité presque absolue.

En chiffres ronds, on peut évaluer la superficie du globe à 510 millions de kilomètres carrés, dont 145 pour la terre ferme et 365 pour les mers. Cette répartition est calculée dans l'hypothèse où le pôle antarctique formerait le centre d'une grande île d'environ 10 millions de kilomètres carrés, et dont il semble que quelques rivages se laissent entrevoir par endroits à travers la banquise qui rend ces parages presque inabordables. Avec une altitude moyenne de 700 mètres, le volume des terres situées au-dessus du niveau de la mer représenterait en gros *cent millions de kilomètres cubes*, tandis que, suivant qu'on adopte 4000 ou 3600 mètres pour la profondeur moyenne des mers, on assigne à la masse océanique un volume égal à *quinze ou treize fois* celui des continents.

Ces deux volumes réunis ne représentent que la *six cent soixante-quinzième* partie du volume total de notre sphéroïde. C'est donc avec raison qu'on emploie l'expression d'*écorce terrestre* pour désigner tout ce qui est accessible à l'observation; car en dehors de toute idée théorique sur la constitution interne de notre planète, c'est bien une *écorce*, voire une *pellicule*, que cette partie extérieure qui nous occupe, et au-dessous de laquelle on peut dire qu'aucune investigation directe n'a encore pénétré, puisque le forage le plus profond, sur la terre ferme, n'a pas dépassé 1700 mètres.

Cela posé, la faible valeur des inégalités terrestres, jointe à la régularité du sphéroïde, entraîne une conséquence très importante, qu'il est bon de mettre ici en lumière. Puisque la figure de l'écorce solide diffère à peine de celle d'un géoïde, lui-même presque identique avec un ellipsoïde de révolution, cela veut dire que cette écorce affecte, à peu de chose près, une *forme d'équilibre*, privilège réservé aux matières douées de fluidité, ou tout au moins pourvues d'une grande élasticité.

Il y a plus; la valeur de l'aplatissement terrestre est justement celle que le calcul assigne à un globe qui aurait la densité moyenne de la terre (5, 5) et dont les éléments seraient assez

mobiles pour obéir à la force centrifuge engendrée par le mouvement diurne. De là découle cette conclusion, que la terre a dû, selon toute probabilité, traverser un état initial de fluidité, évidemment déterminé par la chaleur; qu'au début la surface de l'écorce a été ellipsoïdale, et que les inégalités dont elle est aujourd'hui affectée doivent provenir d'une déformation progressive, causée par le refroidissement de notre planète. Sans insister davantage sur ces considérations théoriques, qu'il nous a paru bon de signaler parce qu'elles semblent résulter immédiatement de l'observation, poursuivons l'examen des formes générales de l'écorce.

Répartition du relief. Notion des lignes de partage. — Après avoir constaté combien est faible, suivant la verticale, le contraste mutuel des deux parties, maritime et continentale, de la surface terrestre, il convient de rechercher si du moins ces deux domaines n'auraient pas chacun leur constitution propre, suffisante pour établir entre eux une démarcation tranchée. Il en serait ainsi, par exemple, si d'un côté tous les océans se présentaient à nous comme d'immenses cuvettes, s'approfondissant depuis les bords jusqu'au centre, et si, d'autre part, les continents affectaient la forme de dômes surbaissés, plongeant de tous côtés vers les mers qui les baignent.

Telle n'est pas à beaucoup près l'impression qu'on ressent à la vue des cartes, à la fois *hypsométriques* et *bathymétriques*, où le relief du sol ainsi que la profondeur des mers sont figurés par des courbes de niveau, en même temps que des teintes graduées accentuent les zones d'égal relief moyen [1].

Ce qui frappe au premier abord, surtout si l'échelle des cartes est un peu considérable, c'est l'extrême complication des courbes d'altitude, le morcellement pour ainsi dire infini des zones hypsométriques, les profondes échancrures dont elles sont accidentées, suivant un dessin qui semble échapper à toute définition générale. Mais cette impression se modifie singulièrement si, au lieu de suivre minutieusement chaque courbe, on s'applique à se former une vue d'ensemble, en faisant abstraction des circonstances de second ordre. Ainsi celui qui veut comprendre les lignes essen-

1. Au nombre de ces cartes, nous mentionnerons spécialement : la carte générale (*Weltkarte mit Meerestiefen und Höhenschichten*), publiée en 1893 par l'amirauté allemande ; la carte n° 1 (*Höhen und Tiefen*) de l'Atlas physique de Berghaus (section Géologie) ; la carte n° 10 (*Seetiefen*) du même atlas (section Hydrographie) ; les cartes générales des atlas Schrader et Prudent, Vidal-Lablache, etc. Nous avons d'ailleurs essayé d'en donner une réduction dans la Planche jointe à cet ouvrage.

tielles d'un paysage cligne des yeux pour ne percevoir que les ensembles. Ainsi encore le peintre qui veut représenter un arbre, et à qui un premier regard n'a montré qu'un enchevêtrement confus de feuilles et de rameaux minuscules, s'étudie à y discerner des masses, à la juste expression desquelles il devra subordonner la reproduction des menus détails.

En appliquant ce procédé à la lecture des cartes hypsométriques, on s'habitue bien vite à simplifier les contours des courbes, pour apercevoir, sur la surface des continents, des massifs qui tranchent, par leur dessin comme par leur altitude, sur les régions environnantes. Seulement ces massifs, tantôt allongés en chaînes, tantôt ramassés ou bien étalés en ramifications, occupent très rarement une situation centrale. Les uns, comme l'ensemble du Tibet et de l'Himalaya, ne sont séparés de la mer que par des péninsules aplaties, qui semblent avoir été artificiellement collées contre leurs bords en qualité de hors-d'œuvre; d'autres, comme l'Atlas en Afrique, ou comme la Cordillère des Andes dans l'Amérique du Sud, forment tout contre la mer une simple bande linéaire, qui apparaît comme un bourrelet longitudinal relativement au reste du continent. Mais ce qui est plus frappant encore, c'est qu'il s'en faut de beaucoup que la terre ferme soit, dans son entier, tributaire de la mer. En Asie, les bassins fermés constituent près de 30 p. 100 de la surface. En Afrique, la proportion des territoires sans écoulement s'élève à 32 p. 100. Pour le globe entier, elle atteint au moins *un cinquième* de la superficie continentale. Ces territoires déprimés, en général très plats, dont quelques-uns ont leur fond au-dessous du niveau de la mer, sont d'ordinaire encadrés par des lignes de hauteurs, qui leur assignent des limites assez tranchées; et ainsi la terre ferme, au lieu d'offrir un dessin bien homogène, où se manifesterait partout l'idée directrice d'une descente progressive vers le grand réservoir maritime, se présente sous la forme d'une capricieuse juxtaposition de compartiments, les uns surélevés, les autres déprimés, dont les frontières respectives sont marquées par des chaînes de montagnes.

C'est pourquoi rien n'est plus artificiel que cette notion des grandes *lignes de partage des eaux*, sur laquelle reposait autrefois tout l'édifice de la géographie physique. A coup sûr, il faut bien qu'il s'opère un partage des eaux courantes selon les pentes, et que chaque territoire se divise en bassins fluviaux, eux-mêmes réunis par groupes selon les mers dont ils sont tributaires. En