

5

SUR LES
TERRAINS DILUVIENS
DES PYRÉNÉES,

PAR H. DE COLLENO,
PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX.



Extrait des *Annales des Sciences géologiques*
publiées par M. RIVIÈRE. — 1843.

(Paris)

**PARIS.—IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
Rue Racine, n° 28, près de l'Odéon.**

TERRAINS DILUVIENS

DES PYRÉNÉES.

Les géologues qui ont étudié la composition du sol dans le sud-ouest de la France, ont été conduits à établir dans les terrains meubles superficiels de cette contrée, une distinction fondée principalement sur la manière dont ces terrains ont été déposés. Les sables des Landes, résultat d'une sédimentation régulière qui s'opérait sur des surfaces très-étendues, sont rangés aujourd'hui dans les terrains tertiaires dont ils forment l'étage le plus élevé. Les dépôts de cailloux roulés qui recouvrent souvent les sables des Landes, dépôts dont l'épaisseur très-irrégulière est en relation avec la forme des vallées actuelles, ont été rapportés au contraire à l'action de courants violents et passagers qui auraient suivi en général les pentes que les eaux suivent encore de nos jours¹.

Cette distinction, facile à reconnaître aux environs de Bordeaux, devient de plus en plus évidente à mesure qu'on remonte le cours des rivières qui descendent des

¹ Dufrenoy, *Mémoires pour servir à une description géologique de la France*, t. III, p. 134. Jouannet, *Considérations sur les terrains tertiaires de la Gironde*, dans les *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. IV

Pyénées. Les sables des Landes et les cailloux *diluviens* ou *erratiques* changent quelques-uns de leurs caractères en approchant de leur point de départ commun ; mais la séparation entre les deux classes de dépôts devient en même temps beaucoup plus tranchée. Ainsi, les sables des Landes passent dans les environs d'Orthez à des amas de cailloux roulés quarzeux dont le diamètre ne va pas au delà de 3 centimètres ; à Pau, des cailloux granitiques et calcaires se mêlent aux fragments de quartz ; cet ensemble constitue un poudingue plus ou moins solide qui forme à l'est de cette ville le sol des Landes du Pont-Long et s'étend jusque dans les environs de Tarbes. Les cours d'eau actuels (le Gave de Pau, l'Adour, etc.) coulent à un niveau de beaucoup inférieur à celui de ce plateau ; les dépôts diluviens, quoique fort élevés au-dessus des eaux actuelles, sont cependant inférieurs au niveau des poudingues du Pont-Long, et là mieux qu'ailleurs, on reconnaît que les courants diluviens ont suivi les grandes vallées creusées en partie dans le prolongement des sables des Landes.

La distinction entre le terrain tertiaire supérieur et les dépôts diluviens, est tout aussi marquée dans la vallée de la Garonne. Le plateau qui domine ce fleuve à Saint-Gaudens et à Montréjah, est recouvert d'un terrain caillouteux analogue par son âge et par sa composition aux poudingues du Pont-Long. A La Broquère, la Garonne, qui a coulé depuis St-Béat dans une direction approchant de celle du sud au nord, tourne brusquement vers l'ouest, et les pentes à la droite de la vallée sont recouvertes de blocs granitiques d'un volume considérable (1 mètre et plus de diamètre). Il est évident à La Broquère, que les blocs granitiques appartiennent à

un autre ordre de phénomènes que les cailloux du plateau de St-Gaudens.

J'ai dit que les dépôts diluviens ont été attribués à l'action de courants qui auraient suivi les grandes vallées que les eaux suivent encore de nos jours; il est naturel, dans cette hypothèse, que ces dépôts prennent plus d'importance là où les cours d'eau ont aujourd'hui et ont toujours dû avoir le plus de vitesse, et par conséquent, la plus grande force de transport. C'est en effet ce qu'on observe en avançant vers l'axe de la chaîne des Pyrénées, où le terrain diluvien ou erratique présente, quoique sur une plus petite échelle, les diverses formes qu'il affecte dans les vallées des Alpes ¹.

On sait que l'explication du transport de blocs erratiques des Alpes, au moyen de grands courants, a été vivement contestée depuis quelques années, et qu'une nouvelle hypothèse, fort répandue aujourd'hui, cherche à rendre compte de ce transport à l'aide d'immenses glaciers qui auraient occupé toute l'étendue des vallées actuelles, suivant M. de Charpentier, qui auraient recouvert la plus grande partie de l'Europe, suivant M. Agassiz. L'hypothèse glaciaire a été appliquée récemment aux

¹ La différence d'échelle entre le terrain diluvien des Alpes et celui des Pyrénées est telle, que d'habiles observateurs avaient cru pouvoir négliger ce dernier, ou le mentionner seulement sous le nom vague de *terrain de transport*. M. Élie de Beaumont, se fondant sur les observations des géologues qui avaient fait une étude spéciale des Pyrénées, disait en 1828 que la chaîne des Pyrénées ne présente pas, *au moins sous une forme bien marquante*, le phénomène des grandes pierres transportées. On ne rencontre rien, en effet, dans cette chaîne, que l'on puisse comparer aux blocs granitiques dispersés sur le Jura, à 1000 mètres au-dessus de la plaine de la Suisse, ou aux cailloux alpins entraînés jusqu'à la Méditerranée.

Pyrénees , et les géologues de cette nouvelle école parlent aujourd'hui de l'existence des anciens glaciers des Pyrénées comme d'un fait incontestable. •

Avant de choisir entre les deux hypothèses , qui ont été émises pour expliquer le transport des dépôts diluviens des Pyrénées , je crois devoir entrer dans quelques détails sur la forme de ces divers dépôts , sur leur étendue , sur la hauteur à laquelle ils s'élèvent relativement au fond des vallées , sur la nature des roches qui entrent dans leur composition. Je ne prétends point donner cependant une monographie complète des terrains diluviens des Pyrénées , car un tel travail exigerait beaucoup plus de temps que je n'ai pu en consacrer à l'étude de cette chaîne ; les faits que je citerai appartiennent exclusivement aux Pyrénées françaises , et plus particulièrement aux vallées d'Ossau ou du Gave d'Oloron , du Lavedan ou du Gave de Pau , de l'Adour , de la Neste , de la Garonne , de l'Ariège , et aux Pyrénées-Orientales ¹.

J'ai dit que l'on trouvait une première accumulation de blocs granitiques à La Broquère, c'est-à-dire au point où la vallée de la Garonne commence à prendre un caractère véritablement montueux ; si on remonte la Garonne de La Broquère à Luchon , on trouve que le fond de la vallée est constamment occupé par des blocs presque exclusivement granitiques , moins volumineux cependant que ceux que l'on a laissés derrière soi à La Bro-

¹ J'ai évité , autant que possible , de citer des localités qui ne se trouvent point indiquées dans les cartes de Cassini , afin de pouvoir être suivi par les personnes qui n'auraient point à leur disposition les cartes topographiques qui existent pour certaines vallées des Pyrénées.

quère. Lorsque le lit du fleuve est encaissé dans des gorges plus ou moins étendues, les blocs s'élèvent souvent à une certaine hauteur sur les flancs des vallées en amont de ces gorges : c'est ce que l'on peut voir, par exemple, auprès de Burgalais, au-dessus d'un défilé dans lequel la Pique (c'est le nom de la branche de la Garonne qui descend du port de Venasque et rejoint à Cierp la Garonne d'Arran) coule entre des escarpements calcaires. A deux kilomètres au sud de Luchon, la Pique coupe un mamelon granitique sur lequel est assise la tour si pittoresque de Castelviel ; en amont de ce défilé, les flancs de la vallée offrent des talus peu inclinés qui sont composés d'une accumulation de blocs granitiques ayant de 12 à 20 mètres cubes, auxquels s'unissent quelques fragments éboulés des hauteurs schisteuses voisines. Le dépôt de terrain meuble s'élève de 50 à 60 mètres au-dessus du lit du torrent : cette hauteur correspond à peu près à celle du mamelon granitique de Castelviel, comme si ce mamelon eût décidé le maximum d'élévation de la cause quelconque qui a transporté les blocs à leur place actuelle.

Les roches des blocs de la vallée de la Garonne sont peu variées ; ainsi de La Broquère jusqu'au centre de la chaîne, les trois quarts des blocs au moins appartiennent à un granite à quartz grisâtre, mica brun-verdâtre et feldspath blanchâtre tirant quelquefois sur le rouge de chair ; le grain de la roche est de moyenne grosseur, mais on y trouve disséminés des cristaux de feldspath bien plus volumineux, dont quelques-uns atteignent 10 et même 15 centimètres de longueur. Le quart restant des blocs est formé d'un granite non-porphyroïde, bien remarquable par les nervures parallèles qui font saillie autour des blocs roulés, surtout lorsque ces blocs ont été

exposés aux actions atmosphériques. On sait que Ramond s'était beaucoup occupé de cet accident particulier au granite des hautes sommités des Pyrénées, depuis le Vignemale jusqu'au Pic de Néouvielle, et qu'il croyait y voir un commencement de cristallisation de la roche ; il est probable, à en juger par la quantité des blocs de ce granite à nervures saillantes qu'on trouve dans la vallée de Larboust, que cette roche doit former de grandes masses vers l'origine de cette vallée, origine qui n'est pas très-éloignée du pic de Néouvielle. Quant au granite porphyroïde, M. Ramond et M. de Charpentier l'indiquent comme formant les cimes voisines du port d'Oo, c'est-à-dire les points de la chaîne auxquels prennent origine les vallées de Larboust et du Lys. On ne trouve que fort rarement parmi les blocs de la vallée de la Garonne d'autres roches que les deux variétés de granite que je viens d'indiquer : ce sont alors des fragments éboulés des hauteurs voisines ou entraînés de distances peu considérables ; ainsi les blocs de la plaine située entre Saint-Bertrand-de-Comminges et la Garonne sont calcaires en partie, et on y reconnaît les diverses variétés de marbre exploitées autour de Saint-Béat ; les blocs calcaires ont souvent plus d'un mètre de diamètre dans cette plaine, tandis que le volume des cailloux granitiques n'est guère que de 4 à 5 décimètres cubes.

Les accumulations de blocs transportés s'élèvent surtout à de plus grandes hauteurs, lorsque la vallée dont ils occupent le fond vient à changer de direction sous un angle un peu considérable. Cette circonstance, que j'ai indiquée déjà à La Broquère, devient bien plus distincte lorsqu'on approche de la haute chaîne centrale ; ainsi la vallée de Larboust, qui court du sud au nord depuis les lacs d'Espingo et de Séculejo jusqu'au vil-

lage d'Oo, tourne ensuite vers l'est pour se réunir au-dessous de Saint-Aventin à la vallée d'Oeil; le village de Garen est situé à gauche de cette vallée, dans le prolongement de sa partie supérieure, sur un plateau élevé de 100 mètres environ au-dessus du torrent d'Oo. Ce plateau fait partie d'un terrain de transport qui depuis le village d'Oo se prolonge jusqu'à Cazeaux, et même jusqu'à Saint-Aventin, sur une longueur de 4 kilomètres environ. Les talus de ce terrain de transport qui regardent le sud sont occupés par des prairies et des champs à la surface desquels on voit souvent des blocs de granite porphyroïde de 200 et même de 300 mètres cubes, dont les arêtes sont émoussées, mais non effacées. Dans les coupures qui permettent d'étudier la structure intérieure du sol, on voit que les blocs granitiques (et ceux en moins grand nombre qui appartiennent à des roches métamorphiques) sont enveloppés dans des matières détritiques beaucoup moins volumineuses, et que les blocs de 3 décimètres de diamètre et au-dessus ne forment pas la dixième partie de la masse totale du terrain de transport. Un peu à l'est de Saint-Aventin, les berges de la route laissent voir des couches limitées, ou plutôt des masses lenticulaires très-aplaties, composées de strates obliques au plan général du dépôt : chacune de ces masses se distingue de celles qui l'avoisinent par le volume des éléments qui la composent, volume qui va quelquefois jusqu'à la grosseur d'un œuf. Au nord de Cazeaux, la montagne qui sépare la vallée de Larboust de celle d'Oeil est composée de couches schisteuses grossières, dirigées de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest, plongeant au nord-nord-est de 45° environ. Les pentes méridionales de cette montagne sont recouvertes de blocs granitiques qui reposent immédiatement sur la tranche

des schistes : ces blocs ont pour la plupart de 20 à 30 mètres cubes, mais il en est quelques-uns qui ont jusqu'à 200 mètres cubes ; leurs arêtes sont généralement un peu émoussées ; ils sont isolés le plus souvent ; cependant il en est qui sont groupés de manière à former des traînées suivant la pente de la montagne : les blocs les plus élevés sont à 400 mètres environ au-dessus du lit du torrent. Sur le flanc droit de la vallée, on voit quelques blocs dispersés sur les tranches des roches schisteuses ; mais ils sont en très-petit nombre, et ils ne s'élèvent pas à une hauteur aussi considérable que ceux de la rive gauche.

La vallée du Lys offre à quelques kilomètres de Luchon une accumulation de blocs analogue à celle de Garen, quoique sur une échelle moins considérable. Cette vallée prend son origine au pied du glacier de Crabioules¹, et court d'abord dans une direction nord-est pendant 6 à 7 kilomètres, puis elle se rétrécit en tournant brusquement vers l'est-sud-est pour longer la montagne de l'Izert et les cimes de Superbagnères, célèbres par la vue dont on y jouit sur les glaciers et les pics de la Maledetta et sur toute la chaîne centrale des hautes Pyrénées. Lorsqu'on se rend de Luchon aux cascades par lesquelles les eaux du glacier se précipitent dans la vallée du Lys, on traverse d'abord l'accumulation de blocs granitiques que j'ai signalée en amont de Castelviel ; puis on se dirige vers l'ouest dans une gorge boisée, ouverte dans les roches métamorphiques arénacées et schisteuses qui s'appuient au nord-est sur les granites de Castelviel. Dans cette gorge on ne voit d'autres blocs

¹ Ce glacier est indiqué dans la carte de Cassini sous le nom de Brioules.

que ceux qui sont dans le lit même du torrent, et ces blocs appartiennent encore au granite porphyroïde des environs du port d'Oo. Les premiers pâturages de la vallée du Lys sont sur des talus peu inclinés qui s'étendent depuis les parois schisteuses presque verticales au pied de l'Izert jusqu'au lit du torrent; les prairies y sont semées çà et là de blocs plus ou moins volumineux (entre 20 et 50 mètres cubes), à arêtes souvent très-vives, de granite porphyroïde, de manière à faire supposer que ces pâturages recouvrent une accumulation de blocs analogue en petit à celle de Garen. Sur un point les blocs passent même à la rive droite du torrent, de manière à simuler un barrage complet de la vallée. Cette accumulation est placée vis-à-vis de la partie de la vallée du Lys qui se dirige au nord-est : plus au sud, le sol de la vallée ne présente presque plus de blocs; il est parfaitement uni, quelquefois même marécageux.

Je citerai encore dans les environs de Luchon une accumulation de blocs erratiques qui se trouve dans une position assez distincte de toutes celles que j'ai signalées jusqu'ici. Si l'on monte depuis le bord du Go vers Gouron en suivant le côté droit du torrent qui descend de ce hameau, on marche constamment sur des blocs de granite porphyroïde; un peu avant d'arriver au hameau, un éboulement du sol met à découvert une masse de terrain de transport à l'état de sable grossier dans lequel on voit enchâssés des blocs d'un mètre de diamètre. On trouve encore quelques blocs granitiques à l'est de Gouron, à 500 mètres environ au-dessus du Go, en montant vers les pâturages de Superbagnères. Vers le sommet, on trouve des lits de granite intercalés dans le micaschiste qui forme la masse de la montagne; mais la roche est entièrement distincte de celle des blocs de Gouron.

est assez difficile d'expliquer la marche que peuvent avoir suivie ces blocs; ils sont totalement en dehors de la direction de la vallée de Larboust, et l'on ne saurait guère comprendre comment des blocs qui seraient descendus par cette vallée auraient pu rebrousser chemin pendant 1500 mètres pour venir s'arrêter à Gouron; d'un autre côté le hameau de Gouron se trouve assez exactement sur le prolongement de la partie supérieure de la vallée du Lys, dont il est séparé par la montagne de l'Izert qui joint Superbagnères au mont Ceriré. Doit-on admettre que les blocs de Gouron sont venus des hauteurs de Crabioules, qu'ils font suite pour ainsi dire à l'accumulation que j'ai indiquée dans la vallée du Lys? Dans cette hypothèse on devrait trouver quelques blocs indiquant le passage de la masse générale, et je n'en ai vu aucun sur les pâturages de la montagne de l'Izert. Nous verrons cependant sur d'autres points de la chaîne que des traînées de blocs ont dû traverser, pour arriver à leur position actuelle, des contre-forts presque aussi élevés que celui qui ferme au nord-est la vallée du Lys.

La vallée de l'Adour présente à une petite distance de Bagnères-de-Bigorre des accumulations de terrains meubles, beaucoup plus considérables que tout ce que l'on voit dans les environs de Luchon. Les cabanes d'Artigues, à l'est du pic du Midi, sont situées sur une petite plaine de 500 mètres de long, encaissée dans des roches métamorphiques. On a pratiqué récemment une coupure dans le sol de cette plaine dans le but de dévier l'Adour et de capter des sources sulfureuses qui se perdent aujourd'hui dans les eaux du torrent; cette coupure m'a permis d'étudier la composition du sol de la petite plaine; c'est un sable jaunâtre grossier dans lequel les blocs sont assez rares: les plus volumineux ne

dépassent pas un mètre cube ; presque tous sont granitiques ; quelques-uns cependant sont d'un schiste micacé noirâtre que l'on retrouve en place sur les pentes du pic du Midi : les arêtes des blocs sont à peine émoussées.

La petite plaine d'Artigues se termine vers Grip par un talus rapide ; la crête de ce talus se prolonge sur le côté droit du vallon, et y marque une terrasse sensiblement horizontale qui a atteint à Grip une hauteur de 300 mètres environ au-dessus de l'Adour. A la gauche du vallon il n'existe point de terrasse comparable à celle du côté droit, mais on voit à un niveau correspondant quelques blocs granitiques qui paraissent en quelque sorte en indiquer un rudiment.

A l'est-sud-est de l'auberge de Grip, s'ouvre un ravin qui paraît marquer la séparation des terrains schisteux métamorphiques, d'avec les terrains meubles qui forment les plateaux (*Sarrat*) de Mortis et de Bon. La terrasse venant de la plaine d'Artigues se dessine à la partie sud de ce ravin sur des schistes plus ou moins cristallins, tandis qu'au nord on ne voit plus aucune roche en place. Lorsqu'on part de l'auberge de Grip pour monter sur le plateau de Mortis, on trouve en quittant les pâturages de la vallée un bois qui recouvre un entassement de blocs granitiques ayant pour la plupart un mètre cube environ. M. Philippe¹, avec qui j'ai visité cette localité, a reconnu le granite de ces blocs comme se trouvant en place aux environs du pic d'Es-

¹ J'ai eu l'avantage de faire toutes mes excursions aux environs de Bagnères avec M. Charles Desmoulins, de Bordeaux, et avec M. Philippe, naturaliste qui explore cette partie des Pyrénées depuis plus de dix ans. On comprendra facilement combien une telle société peut ajouter de valeur aux observations que j'ai faites dans cette contrée.

pade, au fond du vallon de Cadèrolles, qui rejoint l'Adour aux cabanes d'Artigues; quelques blocs fort rares appartiennent au gneiss et au micaschiste du pic du Midi. Vers la moitié de la montée, on trouve au-dessus du bois, des éboulements dans lesquels on peut reconnaître que la composition du sol est la même que celle de la plaine d'Artigues; sur un espace triangulaire de 20 mètres de haut et autant de large à la base, je n'ai compté que cinquante blocs environ ayant plus de 30 décimètres cubes; ces blocs sont disséminés dans un gravier granitique dont les éléments ne dépassent guère la grosseur d'un pois. Au moment d'atteindre le plateau, on voit les blocs granitiques constituer presque seuls une masse prismatique très-allongée, qui paraît surajoutée à la masse générale du terrain meuble, et dont l'arête supérieure se dessine parallèlement à la courbe décrite par l'Adour jusqu'au-dessus de Sainte-Marie; à l'est de cette arête on descend subitement d'une vingtaine de mètres pour atteindre le niveau général du plateau de Mortis. Le volume des blocs qui composent cette sorte de digue ou de rempart varie depuis 1 jusqu'à 20 mètres cubes; les arêtes en sont généralement un peu arrondies, mais bien prononcées cependant; le granite, qui en constitue la plus grande partie, appartient encore au pic d'Espade; il est identique avec celui des blocs qui recouvrent le pied du coteau vers Grip.

Les plateaux de Mortis et de Bon, qui s'étendent à l'est du vallon de l'Adour, présentent une surface ondulée, sillonnée çà et là par des ravins assez profonds, dans lesquels on reconnaît la même composition du sol encore que celle qu'on a trouvée en montant depuis Grip. C'est toujours la même disproportion entre les blocs granitiques un peu volumineux et la masse aré-

nacée générale. A la surface du sol on voit parmi les gazons quelques blocs d'un quartzite blanc qui sont tombés des hauteurs qui dominent le plateau vers le sud. Si l'on se dirige vers l'est, en longeant le pied de ces hauteurs, on arrive, une heure et demie après que l'on a quitté Grip, à un talus très-uniforme, incliné de 30 degrés environ, et dont le sommet domine de 80 ou 100 mètres la surface générale du plateau. Au haut de ce talus on trouve une arête arrondie au delà de laquelle on redescend par une pente analogue jusqu'au fond du vallon des Claus¹, qui est au moins à 200 mètres au-dessous. Cette nouvelle digue, qui termine vers l'est le plateau de Bon, est recouverte en entier de blocs granitiques dont les arêtes sont généralement bien conservées; on dirait la répétition sur une plus grande échelle de ce que j'ai indiqué au-dessus de Grip. Si l'on remonte le vallon des Claus, on voit la digue de blocs granitiques se rattacher au flanc gauche du vallon le long duquel elle forme ensuite une terrasse sensiblement horizontale jusqu'à la rencontre du plan incliné du vallon, tout comme la digue de Grip se rattache par une terrasse à la petite plaine d'Artigues. Le côté droit du vallon des Claus est formé de calcaire amygdalin (marbre Campan) et de schistes fortement inclinés; quelques blocs granitiques sont épars sur les tranches des couches. En descendant vers le vallon de Paillole, la digue de blocs granitiques s'élargit à sa base de manière

¹ Ce vallon n'a point de nom dans la carte de Cassini; il rejoint, entre le pré Saint-Jean et le village de la Séoube, le vallon qui descend du pic d'Arbizon, et qui est connu dans le pays sous le nom de vallon de Paillole; le torrent qui le parcourt porte le nom de *la Séoube*.

à occuper tout le fond du vallon des Claus, dont le ruisseau se fait jour alors à travers un éboulement de fragments granitiques, puis la digue, toujours plus élargie, va se terminer par une pente assez inclinée couverte de broussailles, à l'extrémité septentrionale du pré Saint-Jean, vers les auberges de Paillole.

La route qui descend de ce point vers Sainte-Marie, est tracée constamment entre la Séoube et le pied du terrain de transport dont le vallon des Claus forme la limite orientale. Ainsi en quittant les auberges de Paillole, on suit d'abord pendant une demi-heure l'extrémité assez escarpée de la digue des Claus; les travaux de la route font voir que la masse intérieure de cette digue n'est pas composée exclusivement de gros blocs granitiques, ainsi qu'on pourrait le penser d'après la surface de ses pentes; les blocs y sont en général assez arrondis; il y en a peu qui dépassent 30 décimètres cubes, et ceux d'un mètre cube sont rares; la proportion des blocs à la masse des graviers est d'un dixième environ. Après la fin de la digue des Claus, la route longe le pied du plateau de Bon; le talus vers la vallée devient moins rapide, il est couvert de prairies; mais en approchant de Sainte-Marie, l'extrémité de la digue de Grip présente en petit une répétition de ce que l'on voit à Paillole à la fin de celle des Claus; les prairies y sont remplacées par des broussailles parsemées de gros blocs qui se continuent jusqu'au confluent de l'Adour et de la Séoube.

Si l'on cherche à se rendre compte de l'étendue occupée par le terrain de transport entre le vallon de Grip et celui des Claus, on trouve que la surface peut en être considérée comme un trapèze dont la grande base (de Paillole à Sainte-Marie) aurait 6 kilomètres, et la petite

base (le long des montagnes schisteuses au sud) 3 kilomètres; la hauteur du trapèze peut être estimée à 4 kilomètres environ, ce qui donnerait pour la surface totale de ce terrain de transport 18 kilomètres carrés. En estimant à 100 mètres son épaisseur moyenne (estimation qui est certes au-dessous de la réalité), on aurait pour le volume de ce terrain 1800000000 de mètres cubes.

Les mêmes circonstances se répètent dans les divers vallons qui descendent du pic du Midi vers la vallée de Campan; celui de Lesponne qui descend du lac Bleu¹, situé à l'ouest du pic, et qui débouche dans la vallée principale à 5 kilomètres au sud de Bagnères, est surtout remarquable par le grand nombre des blocs qui y sont accumulés, et par la disposition particulière qu'y présente en certains points le terrain de transport. Je n'ai pas visité moi-même la vallée de Lesponne, mais voici quelques notes que M. Charles Desmoulin a bien voulu me communiquer sur cette localité. La masse du terrain de transport y est composée de débris des schistes micacés qui se trouvent en place dans l'arête qui sépare les eaux de l'Adour de celles qui descendent à Barèges et au Gave de Pau; dans cette masse se trouvent disséminés des blocs de granite ordinaire, granite à gros grains, granite porphyroïde, gneiss, gneiss porphyroïde, et vers l'origine de la vallée seulement, quelques blocs de schiste micacé maclifère : ces derniers blocs, moins résistants, ont été détruits en descendant la vallée, et ils ne sont plus représentés que par une im-

¹ Le lac Bleu, ainsi nommé dans la carte topographique des environs de Bagnères par Samazenilh, n'est point indiqué dans la carte de Cassini.

mentité de menus fragments de ce même schiste. Toutes ces roches se trouvent en place dans les environs du lac Bleu.

Le terrain de transport commence à occuper le fond de la vallée à 3 kilomètres au sud-ouest du village de Lesponne ; à partir de ce point il forme sur le flanc droit de la vallée une terrasse uniforme qui s'élève par suite de la pente du torrent jusqu'à 100 et même 150 mètres au-dessus de ce torrent, et qui se prolonge jusqu'au nord-est du village ; cette terrasse disparaît ensuite, ou du moins elle n'est plus représentée que par quelques blocs granitiques d'un mètre cube environ, que l'on peut suivre jusqu'au prieuré de Saint-Paul au confluent de l'Adour de Lesponne et de celui de Sainte-Marie. Sur le côté gauche de la vallée, la terrasse formée par le terrain meuble est beaucoup plus accidentée ; plusieurs promontoires s'avancent de ce côté de manière à barrer en partie la vallée, et chacun de ces promontoires donne lieu à des accumulations extraordinaires du terrain de transport ; ainsi, à 1500 mètres au sud-ouest de Lesponne ce terrain s'élève jusqu'à 400 mètres au-dessus du torrent ; vers l'extrémité de la vallée, les blocs granitiques ont même passé par-dessus un de ces promontoires calcaires pour arriver dans le petit vallon de Serris qui débouche à Beaudéan. M. Charles Desmoulin a mesuré quelques-uns des blocs granitiques de la vallée de Lesponne, et il leur a trouvé 20, 24 et jusqu'à 40 mètres cubes.

Si l'on passe du vallon de Grip dans celui de Baréges par le Tourmalet, on trouve presque dès l'origine de ce second vallon des accumulations énormes de blocs granitiques qui descendent de tous les ravins du côté méridional ; la roche appartient aux cimes d'Aiguecluse, de

Lienz, d'Escoubous, etc., qui dominent la vallée vers le sud, de sorte que les blocs dont il s'agit appartiennent plutôt à des éboulements locaux qu'à un véritable terrain erratique. A plus forte raison l'on ne saurait voir des blocs erratiques dans ces éboulements gigantesques que l'on fait admirer aux touristes dans la vallée d'Héas et dans celle de Gavarnie; mais lorsqu'on descend le Gave au nord de Luz, l'entrée de la gorge de Pierrefitte est marquée par une accumulation de blocs granitiques qui couvrent le flanc de la montagne entre les villages de Sazos et de Grust. Cette accumulation correspond au prolongement d'une ligne qui partagerait en deux parties à peu près égales l'angle formé par le confluent du Bastan et du Gave. Plus à l'ouest la vallée de Cauteretz est semée de blocs granitiques venant des hautes montagnes au sud des bains; ces blocs se sont accumulés en amont des gorges, ou sur les pentes qui font face au changement de direction de la vallée, comme j'ai dit que la chose avait lieu dans les environs de Luchon. Au-dessous de Pierrefitte les blocs descendus à la fois de Baréges, de Gavarnie et de Cauteretz, forment des accumulations plus considérables que celles des hautes vallées. A 2 kilomètres au nord d'Argelez, le débouché de la vallée d'Estrem de Salles est occupé par un dépôt de terrain de transport ouvert à peine pour laisser passage au torrent. Le contrefort calcaire qui forme le flanc gauche de la vallée s'avance vers le Gave, de manière à barrer en partie la plaine d'Argelez; les blocs y descendent, à 200 mètres au-dessus du niveau de cette plaine, une sorte de terrasse d'un kilomètre environ de longueur. A la rive droite du torrent une terrasse plus prononcée, ayant un kilomètre de long et 2 à 300 mètres de large, se termine à l'ouest par une arête parallèle à

la direction générale de la vallée de Luz ; au delà de cette arête un talus incliné de 15 à 20 degrés descend au plateau de la vallée d'Estrem de Salles, qui est à 120 ou 130 mètres au-dessus de la plaine d'Argelez ; on ne voit plus de blocs au delà de ce talus. Les blocs les plus volumineux se trouvent sur les points les plus élevés des terrasses ; j'y en ai mesuré un de 120 mètres cubes. La masse intérieure est composée de graviers ; les blocs de 3 décimètres de diamètre n'entrent que pour un dixième environ dans la composition de cette masse ; les blocs plus volumineux sont rares. Quant à la nature des blocs, on y reconnaît des schistes micacés maclifères de Pragnères et du pic de Bergons ; des granites à veines saillantes parallèles de Caunteretz ; des blocs des roches décrites par M. de Charpentier sous le nom de *trapp primitif*¹, roches qui se trouvent en place auprès de Baréges, etc.

L'ensemble de cette accumulation est placé dans le prolongement de la direction de la gorge de Pierrefitte. et vis-à-vis du centre de cette gorge on voit quelques blocs atteindre jusqu'à 400 mètres de hauteur au-dessus de la plaine d'Argelez. Au reste, je n'ai rien vu, dans toute cette masse de blocs erratiques, qui provint des montagnes calcaires de l'Estrem de Salles. Il faut ajouter, pour compléter la description du terrain de transport d'Argelez, que la rive droite du Gave est occupée, à l'est de cette ville, par un monticule isolé de calcaire schisteux de 5 ou 6 kilomètres de long, et que les flancs de cet îlot ne portent point de blocs.

Lorsqu'on descend la vallée du Gave, d'Argelez jusqu'à Lourdes, on voit à la rive gauche du torrent, et à

¹ *Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées*, p. 264.

15 ou 20 mètres au-dessus de son lit, une terrasse peu suivie, composée presque exclusivement de fragments schisteux et calcaires identiques avec les roches qui dominent cette terrasse; il est rare que la surface de la terrasse soit horizontale; le plus souvent elle paraît se conformer aux ondulations du sol sur lequel elle repose. D'après ces diverses circonstances, on peut conclure que cette terrasse ne fait point partie du terrain diluvien, ou du moins qu'elle est due à un tout autre phénomène que celui qui a transporté les blocs granitiques depuis Barèges et Caunteretz jusqu'à Argelez.

J'ai dit, en commençant, que les accumulations du terrain diluvien étaient le plus puissantes aux tournants des vallées : on devrait donc s'attendre à trouver un dépôt très-volumineux à Lourdes, où le Gave venant d'Argelez dans une direction sud-nord, tourne brusquement vers l'ouest pour se diriger vers Saint-Pé. Cependant, on ne voit là qu'une accumulation peu importante : mais il faut observer que le rocher élevé qui supporte le château de Lourdes a pu s'opposer à l'action de la cause quelconque qui transportait les blocs, qu'il a pu la dévier insensiblement tout comme il dévie aujourd'hui le cours du Gave; la chose est d'autant plus probable, que ce mamelon calcaire se présente au milieu de la plaine de Lourdes comme une sorte de jetée, et se termine vers le sud par une arête de peu d'épaisseur. Quoi qu'il en soit de la cause qui a empêché les blocs granitiques de s'accumuler à Lourdes, il paraît que l'influence de cette cause n'a pas été très-étendue, car la vallée du Gave est barrée, à 3 kilomètres à l'ouest, par une digue horizontale qui la traverse obliquement depuis le débouché du vallon d'Aigueblanque, venant du sud, jusqu'à Peyrouse : cette digue est coupée à peu près en son

milieu par un ravin assez étroit dans lequel coule le Gave ; la grande route de Pau monte sur le haut de la digue par une pente assez rapide, et les berges de la route permettent de voir qu'il y a là encore la même proportion que partout ailleurs entre les graviers granitiques et les blocs d'un certain volume, les blocs de 3 décimètres de diamètre ne formant guère que le dixième de la masse : ce n'est que vers le haut que les blocs atteignent des dimensions considérables (60 et quelquefois même 100 mètres cubes) ; ce sont presque exclusivement des granites à veines saillantes comme ceux de Caunteretz et de Baréges¹. Le haut de la digue est élevé de 50 à 60 mètres au-dessus du Gave ; mais des blocs isolés, anguleux, s'élèvent jusqu'à 100 et 120 mètres sur les escarpements calcaires et schisteux du flanc droit de la vallée. La largeur de l'espace occupé par le terrain erratique, dans la direction de la route, est d'un kilomètre environ ; il se termine, à l'ouest, par un talus qui se raccorde, vers Peyrouse, avec la surface d'une plaine élevée de 8 à 10 mètres au-dessus des plus grandes eaux du Gave. Cette plaine se prolonge ensuite sur les bords du Gave jusque dans les environs de Pau, où la vallée présente trois étages distincts ; le supérieur est la fin du plateau tertiaire du Pont-Long ; l'inférieur, c'est la plaine que le Gave recouvre aujourd'hui dans ses plus grandes crues ; l'étage moyen, sur lequel sont situés les villages si fréquents et si riches qu'on traverse entre Coaraze et Pau, paraît être la continuation de la plaine diluvienne de Saint-Pé.

¹ Quelques groupes d'ophite se mêlent, sur les points les plus élevés, aux fragments de granite ; mais ces blocs se rattachent à la massé ophitique voisine de Saint-Pé, et ne sont point de véritables blocs erratiques.

J'ai dit que les blocs du vallon de Gouron, auprès de Luchon, étaient venus peut-être des cimes de Crabioules, en passant par-dessus la montagne de l'Izert; il se pourrait aussi que les blocs erratiques de Peyrouse fussent arrivés à leur position actuelle en passant par-dessus les hauteurs qui dominent la plaine d'Argelez vers le nord-ouest, pour descendre ensuite par le vallon d'Aigueblanque, dont le dépôt diluvien de Peyrouse occupe à peu près le débouché : il est certain du moins que les hauteurs calcaires entre Lourdes et ce vallon sont parsemées çà et là de blocs granitiques, à la hauteur de 150 et 200 mètres au-dessus du Gave; quelques-uns de ces blocs ont de 60 à 100 mètres cubes.

La route de Lourdes à Bagnères présente à quatre kilomètres à l'est de Lourdes un fait du même genre, dans lequel la marche des blocs erratiques est indiquée d'une manière plus positive. Les montagnes qui dominent la route sont constituées par des assises calcaires qui ont été fortement disloquées par les ophites de Lourdes; le vallon suivi par la route est assez plat, et je n'y ai vu à la surface du sol que des blocs calcaires ou ophitiques éboulés des hauteurs voisines; cependant on trouve une petite accumulation de blocs granitiques au nord et à cinq minutes du village d'Arcizac, vis-à-vis du débouché d'un vallon venant du sud; les blocs granitiques reposent sur une pente calcaire bosselée et arrondie; ils ont de 8 à 10 mètres cubes; les plus élevés sont à vingt mètres au-dessus du fond du vallon. Outre le granite on reconnaît dans quelques-uns des blocs d'Arcizac des micaschistes maclifères de Pragnères. Or la voie la plus directe, la seule que la disposition des lieux permette d'adopter pour la marche de ces blocs, c'est le vallon qui débouche à Arcizac et dont

l'origine, vers Sère sur le revers de la vallée de Juncalà, doit être à 4 ou 500 mètres au-dessus du Gave à Lourdes. Au reste nous allons trouver dans la vallée d'Ossau des blocs granitiques se suivant sans interruption par-dessus l'arête qui sépare deux vallées.

Ainsi que Palassou l'a indiqué depuis longtemps, la vallée d'Ossau est parsemée de blocs énormes de granite qui vont se rattacher par la gorge des Eaux-Chaudes aux masses granitiques du pic du Midi de Pau. Le Gave d'Oloron, qui coule du sud au nord depuis sa source jusqu'à Arudy, change brusquement de direction auprès de ce bourg pour tourner presque à angle droit vers l'ouest. Aussi les coteaux calcaires au sud d'Arudy sont-ils couverts de blocs granitiques, dont le volume et la disposition rappellent ce que j'ai dit des accumulations semblables dans les diverses vallées que j'ai décrites jusqu'ici ; mais le fait le plus saillant du terrain diluvien d'Arudy, c'est qu'il passe au-dessus des coteaux calcaires qui barrent la vallée d'Ossau, pour se déverser dans le vallon du Nès que la route de Pau aux Eaux-Bonnes parcourt dans toute sa longueur. Les débris granitiques constituent, ainsi que l'avait remarqué Palassou, « une haute colliné d'une forme semi-circulaire, dont le contour suit le lit sinueux du Gave et » ferme du côté du nord les campagnes fertiles du bassin » d'Arudy. » Ces débris s'étendent à l'est jusqu'à Sévignac, et le fond du vallon au nord de ce village en est jonché jusqu'à la source du Nès, distante de quatre kilomètres environ. « On ne découvre pas aux environs » de Sévignac de masses continues de granite : les blocs » de cette roche paraissent avoir été roulés des hautes » montagnes granitiques situées vers l'extrémité méridionale de la vallée d'Ossau, et dont on trouve partout

» une quantité plus ou moins grande de débris en
» montant jusqu'à la crête des Pyrénées¹. »

D'après ce qui a été dit jusqu'ici du terrain de transport des vallées de la Garonne, de l'Adour, du Lavedan et d'Ossau, on peut conclure que les grandes accumulations de ce terrain ont toujours eu lieu là où les vallées se trouvent brusquement resserrées (Burgalais, Castelviel, Pierrefitte), ou bien sur les points où ces vallées changent de direction sous un angle un peu prononcé (Garen, Argelez, Arudy, etc.). Il en est de même pour la vallée de la Neste qui présente à Labarthe une accumulation de blocs granitiques comparable à celle de La Broquère; cette accumulation correspond au point où la Neste, qui a suivi depuis Arreau une direction du sud au nord, tourne brusquement vers l'est pour rejoindre la Garonne à Montrejuau. Quant à la vallée de l'Arriège, il résulte de la description qu'en a donnée M. de la Peyrouse, que les cailloux granitiques s'y étendent jusqu'au nord de Saverdun. « La surface des plaines en est entièrement jonchée; ces cailloux sont d'abord assez menus, mais ils augmentent considérablement de volume, de telle sorte que peu après Pamiers ce sont de lourdes masses de plusieurs milliers. » A Tarascon, l'Arriège change sa direction nord-ouest pour tourner au nord-nord-est; le prolongement de la partie supérieure de la vallée est marqué par une accumulation de blocs granitiques qui occupe le débouché du vallon de Gourbit; cette accumulation s'étend même dans la vallée de Vicdessos qui est obstruée près de Niaux « par une montagne de transport qui en

¹ *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrénées*, Pau, 1815, page 121.

» occupe la rive droite, et qui passe très-rarement sur la
» gauche ; cette montagne a une grande élévation, et le
» point le plus élevé se trouve au-dessous d'une large
» échancrure des montagnes calcaires qui communique
» avec la vallée de l'Arriège à Ussat. La gorge de Génat
» et d'Alliat, opposée à l'échancrure, est remplie des
» mêmes débris. Entaillé jusqu'au vif pour le passage
» de la chaussée, le terrain de transport laisse voir à
» découvert de gros quartiers de granite roulé¹.»

Dans le département des Pyrénées-Orientales, le terrain de transport se présente sous des formes un peu différentes de celles que j'ai signalées jusqu'ici : je vais entrer dans quelques détails sur cette contrée, pour donner une idée complète des terrains diluviens des Pyrénées.

La masse granitique du Canigou, placée à peu près au centre du département des Pyrénées-Orientales, paraît avoir décidé la configuration générale du sol de toute la contrée. En effet, l'observateur placé sur les sommités de cette montagne voit rayonner autour de lui un certain nombre de vallons dont la plupart s'infléchissent ensuite pour se terminer au nord à la vallée de la Tet, ou bien au sud à celle du Tech. Depuis la Croix-de-Fer, qui indique le point le plus élevé, on ne peut apercevoir que les pentes au nord et à l'est de la montagne ; celles du sud sont cachées par une des cimes du Canigou qui, moins élevée que la Croix-de-Fer, l'est pourtant assez pour masquer la vue de ce côté ; mais les vallons qui rayonnent vers le nord sont surtout parfaitement distincts depuis la Croix : ce sont, en allant de

¹ La Peyrouse, *Fragments de la géologie des Pyrénées*, dans les *Mémoires de l'Académie de Toulouse*, t. III, p. 384.

l'est à l'ouest, le vallon de Valmanya dirigé vers l'est-nord-est, puis celui d'Estober, et successivement les vallons de Taurinya, de Fillols, de Corneilla, celui qui descend à l'ouest-nord-ouest vers les ruines de l'abbaye de Saint-Martin, enfin un petit vallon qui se dirige d'abord à l'ouest-sud-ouest jusqu'aux pâturages de Cadit, pour tourner ensuite au nord et rejoindre le précédent à Castel. Tous ces vallons, le premier et le dernier exceptés, prennent leur origine dans des fentes qui partent du plateau très-incliné de Belach, situé à 200 mètres environ au-dessous de la Croix-de-Fer, plateau qui a environ 300 mètres de long sur 50 de large.

Les arêtes granitiques qui séparent ces divers vallons présentent les formes les plus âpres et les plus déchirées ; les touristes qui visitent les bains du Vernet peuvent prendre une idée de ce caractère sauvage du Canigou dans leur excursion obligée aux ruines de Saint-Martin, dont le pittoresque est dû principalement à la forme sévère des cimes déchiquetées qui les entourent. On dirait, en gravissant les divers vallons, ou pour mieux dire les divers ravins qui sillonnent la partie septentrionale du Canigou, que le déchirement du sol granitique y date à peine de quelques siècles, tant les causes actuelles paraissent avoir respecté les contours produits par les ruptures, peut-être par le retrait de la masse cristalline¹.

La forme des arêtes du Canigou change brusquement à la rencontre du granite avec les terrains de transition qui en entourent la base : on sait, d'après les observa-

¹ Je crois pouvoir citer comme un effet de retrait la division en prismes quadrangulaires que présente le granite à très-petits grains passant à l'eurite, dans la *cheminée*; on nomme ainsi le couloir par lequel on monte des pâturages de Cadit à la Croix-de-Fer.

tions de M. Dufrénoy¹, que le contact du granite avec le calcaire est marqué par une zone d'amas de minerai de fer qui sont exploités à Sahorra, à Fillols, à Vallestavia, à Batère, etc. Cette zone est bien plus suivie encore que ne pourrait le faire croire la liste des exploitations; car, il existe un grand nombre de masses de minerai qui ne sont pas exploitées, soit parce qu'elles n'offrent pas une richesse comparable à celle des autres localités, soit par la rareté du combustible, soit par d'autres circonstances. Ainsi, le village du Vernet est construit sur un mamelon composé en très-grande partie de fer hydraté; mais ce ne serait qu'en détruisant une partie du village que l'on pourrait entreprendre l'exploitation de cette masse, si d'ailleurs le minerai était aussi riche que celui de Sahorra et de Fillols, situé à peu de distance à l'ouest et à l'est du Vernet. La surface des terrains de transition est beaucoup moins tourmentée que celle des granites; mais d'ailleurs ces terrains ont une bien petite largeur au pied du Canigou; ils sont immédiatement recouverts par des terrains meubles, qui occupent les dernières pentes des contreforts, que j'ai dit partir du plateau de Belach; les terrains meubles paraissent même constituer en totalité l'extrémité septentrionale de ces contreforts, et ils y forment des collines à formes arrondies, dont les contours contrastent d'une manière frappante avec les aspérités du terrain granitique. Cette disposition des terrains meubles du Canigou est surtout facile à reconnaître dans les environs du Vernet; le sentier qui conduit de ce village à celui de Sahorra, est tracé à la limite même du granite et du terrain de transi-

¹ *Mémoires pour servir à une description géologique de France*, t. II, p. 416.

tion : on trouve à mi-côte une masse de granite dont les fentes nombreuses présentent des surfaces de glissement parfaitement polies : la descente vers Sahorra se fait presque constamment sur une masse ferrugineuse , intercalée dans les micaschistes, et les calcaires de transition plus ou moins saccharoïdes. C'est au col même où passe le point le plus élevé du sentier, que commencent les terrains meubles , et ils s'étendent sans interruption jusqu'à la rencontre de l'arête calcaire qui borde à Villefranche la rive droite de la Tet ; c'est également à ce col que commencent les cultures variées , qui donnent un aspect si riant à la partie inférieure du vallon du Vernet. A la partie droite de ce vallon , l'église du Vernet est construite sur un mamelon ferrugineux ; le pied de ce mamelon est recouvert de blocs granitiques indiquant le commencement du terrain diluvien , mais la forme de ce terrain n'est pas aussi simple que de l'autre côté du vallon : deux ravins descendant du Canigou viennent rejoindre le vallon principal entre les Bains et Villefranche ; ces ravins sont séparés par une arête de terrain meuble , de sorte que la route qui descend du Vernet à Villefranche , longe successivement le pied de trois contreforts qui appartiennent tous au terrain meuble : l'un de ces contreforts présente, à 2 kilomètres du Vernet , un escarpement de 15 à 20 mètres de haut, dans lequel on voit que les matériaux sont entassés de la manière la plus irrégulière et sans aucune trace de stratification ; les blocs de plusieurs mètres cubes y sont mêlés à diverses hauteurs dans les graviers qui composent au moins les trois quarts de la masse : les blocs présentent en général des arêtes parfaitement conservées.

Si l'on remonte les ravins , séparés par ces contreforts, on arrive à un point où le terrain meuble ne se trouve

plus que dans le fond des vallées ; c'est-à-dire que ce terrain présente , quoique d'une manière moins nette , la même disposition que j'ai indiquée dans les environs du pic du Midi de Bagnères. Plus haut encore , on voit les traînées du terrain meuble aboutir à des éboulements qui remplissent les anfractuosités escarpées du Canigou : on dirait que ces éboulements indiquent réellement l'origine des terrains meubles de la base de la montagne. Cette disposition est surtout facile à reconnaître dans le ravin qui remonte de Corneilla à Fillols. Il faut ajouter , pour compléter la description du terrain diluvien du Vernet , que le fond de ce vallon est semé de blocs granitiques très-abondants qui ont depuis 1 jusqu'à 12 et 20 mètres cubes. La roche de tous les blocs du Vernet est constamment celle qui forme la masse centrale du Canigou.

Le terrain meuble qui encaisse le vallon du Vernet , vient se terminer au nord contre le calcaire de transition qui forme la rive droite de la Tet , depuis Olete jusqu'à Prades. Au-dessous de cette ville , les contreforts de terrain meuble se prolongent souvent jusqu'au lit même de la Tet et la grande route de Prades à Ille rencontre successivement six de ces contreforts , qu'elle traverse en les entamant assez profondément , pour qu'on puisse reconnaître que la composition du sol y est entièrement analogue à celle des collines de Corneilla , de Fillols , etc. ; le dernier des contreforts , avant Ille , paraît se prolonger vers l'est-nord-est , parallèlement au cours de la Tet et se confondre avec le terrain meuble qui couvre toute la plaine du Roussillon.

On a dit que « les amas puissants de galets qui constituent le sol d'atterrissement des environs de Perpignan , alternent toujours avec des zones de sable , de

» calcaire argileux , d'argiles calcaires , etc. ¹ ; » je crois que l'on a confondu là deux choses entièrement distinctes : en effet , les escarpements tertiaires qui forment la rive gauche de la Tet entre Ille et Perpignan , sont composés de sables et de marnes bleues avec des lits de coquilles bien conservées ; mais ils ne m'ont jamais présenté aucune couche que l'on puisse comparer aux galets superficiels de Thuir , de Toluges , etc. ; d'un autre côté , les sondages artésiens de Toluges , de Bages , etc. , n'ont point indiqué non plus l'alternance supposée entre les amas de galets et les couches sédimentaires bien réglées ². Ce qui résulte bien évidemment de la configuration du sol entre Ille et Perpignan , c'est que le terrain tertiaire avec fossiles subapennins de la rive gauche de la Tet , est à un niveau supérieur de 20 ou 30 mètres à celui des cailloux roulés de la rive droite. Il y aurait donc là une faille postérieure au dépôt des terrains subapennins , et cette faille , dirigée vers l'est 17° nord , serait sensiblement parallèle aux dislocations produites dans le midi de la France , lors du soulèvement de la grande chaîne des Alpes. On sait d'ailleurs que M. Dufrénoy a conclu des dislocations du sol dans les Pyrénées-Orientales , que le Canigou n'a pris son relief actuel qu'après le dépôt de l'étage tertiaire supérieur.

Les détails dans lesquels je suis entré jusqu'ici prouvent assez que le terrain diluvien ou erratique existe dans les Pyrénées comme dans les Alpes. J'ajouterai avec M. de Charpentier : « qu'il se présente dans les

¹ Paillette , *Bulletin de la Société géologique de France* , t. XIII , p. 251.

² Voir le détail des couches traversées par les sondages de Bages et de Rivesaltes , dans le *Bulletin de la Société géologique* , t. IV , p. 215.

» deux chaînes avec la même forme ; qu'il y est accom-
» pagné des mêmes accidents, et que toute la diffé-
» rence qu'il peut y avoir ne consiste que dans son
» étendue, laquelle est plus considérable dans les Alpes
» que dans les Pyrénées¹. » Il n'est donc point éton-
nant qu'une partie des géologues qui ont parcouru
les Pyrénées, depuis la publication des travaux de
MM. Agassiz et de Charpentier, aient cru reconnaître
dans cette chaîne des *moraines* analogues à celles qui
ont été signalées en Suisse et en Savoie à des dis-
tances de plusieurs myriamètres des glaciers actuels.
Ainsi M. Boubée a cité à la Société géologique, la
moraine de Garen, celles que l'on rencontre en des-
cendant la vallée de Venasque, celles de La Broquère,
de Tibiran, de Grip, d'Argelez; celles de Gavarnie et
d'Héas; celles d'Arudy; celles du confluent de la Taule,
de Tarascon et d'Orgeix, dans l'Ariège; celle du Ver-
net, au pied du Canigou, etc., etc.².

L'existence d'anciennes moraines une fois admise
dans les Pyrénées, il fallait nécessairement rechercher
si les anciens glaciers qui avaient produit ces moraines
n'avaient point laissé d'autres traces de leur existence,
et le résultat de ces nouvelles recherches a conduit
M. Boubée à reconnaître « des surfaces polies et striées
» dans les vallées de la Pique, du Lys, de Larboust,
» d'Arran, de Venasque, de Louron, de Gavarnie, etc. »
Il a ajouté que ces roches polies et striées étaient dues
incontestablement à l'action de glaciers qui ont cessé
d'exister avant toute tradition historique³. Je vais dé-

¹ *Essai sur les glaciers*, p. 212.

² *Bulletin de la Société géologique de France*, t. XIII, p. 347.

³ *Ibid.*

crire à mon tour les surfaces polies et striées que j'ai eu lieu d'observer dans les diverses vallées des Pyrénées que j'ai parcourues, et j'y ajouterai l'indication des érosions verticales, des *caves*, de tous les accidents, enfin, qui ont été signalés depuis quelques années, comme caractérisant le passage et le séjour des glaciers.

J'ai dit plus haut que la tour de Castelvieu occupe, à deux kilomètres au sud de Luchon, le point le plus élevé d'un mamelon granitique dont les pentes vont se terminer au-dessous des roches métamorphiques de Saint-Mamet et de Superbagnères. Partout où ce granite est à découvert, il présente des surfaces largement arrondies; mais la roche est si âpre au toucher, qu'il est difficile d'admettre que cette forme extérieure de la masse granitique soit due à un frottement quelconque. Il n'y a point là de filons de quartz saillants qui aient conservé le poli et les stries qui auraient été effacées ailleurs par l'action de l'atmosphère; de sorte que, même l'hypothèse glaciale acceptée, rien ne prouve que la forme générale du granite de Castelvieu ne soit point celle qu'une masse pâteuse a pu prendre lors de son refroidissement. Sur quelques points seulement, la surface de ce granite présente des parties réellement polies. Ainsi, à un quart d'heure de Luchon, sur le chemin du port de Venasque, on voit entre les maisons d'un petit hameau des surfaces de quelques mètres carrés présentant le poli d'une glace, avec des stries que l'on peut à peine distinguer à l'œil nu. Les parties les plus lisses correspondent à l'entrée des diverses maisons. Quelques pas au sud de ce hameau, la surface de la masse granitique fait une petite saillie de 25 mètres de long, sur un des côtés de la route. Les points

les plus saillants de cette surface sont polis et luisants ; ils présentent des stries dont les unes sont presque horizontales ; les autres , dans le sens de la plus grande pente. Un bloc de granite porphyroïde est enchâssé dans la route, un peu plus loin , et la surface supérieure de ce bloc est polie absolument comme le granite en place l'est plus bas. Il résulte de là que le polissage des roches de Luchon est postérieur au transport des blocs erratiques ; mais il y a plus : sur le chemin du Portillon de Burbe et de la vallée d'Arran, les intervalles entre les parties protubérantes du granite de Castelvieu sont assez irrégulièrement pavés en cailloux granitiques. Or, la surface du granite en place traversée par la route, et celle de l'ancienne chaussée, sont polies et striées absolument l'une comme l'autre. En général, le granite de Castelvieu ne présente de surfaces polies que sur les points qui servent de passage habituel ; partout ailleurs, la surface en est arrondie, bosselée ; mais elle ne présente aucune trace de frottement. Je pense que c'est cette disposition des surfaces granitiques polies de Luchon, qui a fait dire, il y a quelques années, qu'elles étaient produites *par les fagots des habitants*.

Cette opinion, ainsi exprimée, a dû paraître bizarre aux personnes qui ne connaissent point Luchon : mais les faits que je viens de citer prouvent bien que le poli très-limité du granite de Castelvieu est postérieur, non-seulement au transport des blocs erratiques, mais encore à la construction des chaussées du pays. J'ai retrouvé des faits analogues sur les granites de Bosost, dans la vallée d'Arran, sur les calcaires compactes et semi-cristallins de la vallée de Larboust, et en général partout où les chemins et les sentiers de ces diverses

vallées traversent des parties découvertes de roches susceptibles de prendre le poli.

On trouve, en outre, aux environs de Luchon, des surfaces polies et striées qui ont une tout autre origine que les précédentes, quoique le phénomène qui les a produites se continue encore de nos jours : ce sont les parois des couloirs qui servent de passage habituel aux avalanches, et que l'on peut reconnaître aux extrémités des vallées de Larboust, du Lys, etc. J'avais remarqué, en montant au Port de Venasque, le 1^{er} août, un couloir aboutissant à un tas de neige que le sentier traversait, à côté du plus élevé des petits lacs voisins du col. La surface du micaschiste présentait, à la limite de la neige, un nombre considérable de stries, toutes sensiblement parallèles à cette limite. Ces stries, assez fines, pouvaient cependant être suivies à l'œil nu sur des longueurs de plusieurs décimètres. Je n'hésitai pas à y voir un effet des avalanches ; et, en effet, si un nouvel éboulement de neige mêlée de quelques cailloux anguleux de quartz était venu recouvrir ce qui restait de l'ancienne avalanche, ces cailloux auraient nécessairement produit sur la surface du schiste micacé des stries analogues à celles que j'avais sous les yeux. Je visitai de nouveau cette localité quinze jours plus tard ; la neige avait entièrement disparu ; la surface striée, complètement à découvert, présentait alors, au-dessous de l'ancienne limite de la neige, une multitude de stries se croisant les unes les autres sous des angles très-aigus, et ne s'écartant jamais que de quelques degrés d'une ligne horizontale. Cette disposition est facile à expliquer, d'après ce que j'avais vu le 1^{er} août ; la surface des accumulations de neige produites par les avalanches ne peut pas être toujours rigoureusement paral-

lèle à elle-même. Or, c'est la forme de cette surface qui décide la direction suivie par les éboulements qui viennent la recouvrir; dès lors les graviers, entraînés par les nouvelles avalanches traçant des stries parallèles à la surface du moment, peuvent, doivent même nécessairement croiser sous des angles très-aigus à la vérité, les stries des années précédentes.

Mais il existe aussi dans les Pyrénées des surfaces polies et striées dont l'origine se rattache, suivant toute probabilité, au transport des blocs erratiques. Dans la vallée du Lys, l'espace compris entre l'accumulation de blocs au sud de Castelviel et celle que j'ai signalée aux premiers pâturages, offre sur plusieurs points des surfaces polies, des surfaces striées, des surfaces creusées même d'ornières assez profondes : à 1 kilomètre environ à l'ouest du confluent de la vallée du Lys, avec celle qui descend du port de Venasque, la roche schisteuse métamorphique en couches presque verticales, est fortement bosselée à sa surface; les parties les plus saillantes sont polies, et on peut quelquefois retrouver le poli de la roche sous les mousses qui la recouvrent en partie : quelquefois, des stries plus ou moins marquées croisant les fissures de clivage des schistes, se dirigent dans le sens de la vallée : j'ai vu de ces stries que l'on pouvait suivre sur plus d'un mètre de long. Ailleurs, la roche est creusée en ornières dont les parois sont aussi polies que peut l'être la tranche d'une roche schisteuse; j'ai mesuré une de ces ornières de plus d'un mètre de large et autant de profondeur. Les surfaces polies de la vallée du Lys sont situées à 10 mètres environ au-dessus du lit actuel du torrent qui coule dans un canal très-étroit, creusé dans les schistes micacés : les parois de ce canal présentent, au moment des basses eaux, le même poli, les mêmes

stries, les mêmes ornières que celles qui se trouvent à un niveau plus élevé sur les côtés de la vallée : cette identité dans les modifications qu'a subies la surface de la roche, doit faire admettre nécessairement l'identité de la cause qui a produit ces modifications. La différence de niveau n'est pas tellement grande ici, qu'on ne puisse admettre que les eaux ont recouvert quelquefois, à des époques même assez récentes, toutes les surfaces polies de la vallée du Lys, et peut-être la force du torrent, dans ses plus grandes crues, suffirait-elle pour expliquer les diverses apparences que présentent aujourd'hui les roches de cette vallée : mais il est des localités pour lesquelles cette explication ne saurait être admise ; tel est en particulier le rocher calcaire qui supporte le château de Lourdes, élevé de 50 mètres au moins au-dessus du Gave qui coule à ses pieds. La partie de ce rocher qui se présente comme la tête d'une jetée vis-à-vis du débouché de la vallée d'Argelez, est entièrement bosselée et sillonnée d'ornières plus ou moins profondes : on y reconnaît même des excavations grossièrement cylindriques de quelques décimètres et quelquefois de plus d'un mètre de diamètre, c'est-à-dire de ces excavations que l'on a considérées comme *le creux d'anciennes cascades*. La position isolée du mamelon calcaire de Lourdes rend impossible l'existence de telles cascades dans l'ordre de choses actuel, et je ne doute pas que ces *cuves* ne soient invoquées un jour comme une preuve de l'ancienne étendue des glaciers des Pyrénées : je vais cependant citer un fait qui me paraît démontrer que l'existence des cascades n'est point nécessaire pour produire des excavations cylindriques, *des puits, des cuves* analogues à celles de Lourdes.

On sait que le Tarn forme à son entrée dans les plai-

nes d'Alby, une cataracte connue sous le nom de *Saut du Sabot*; cette cataracte tombe de 20 mètres de hauteur dans une gorge fort étroite qui a 300 mètres de long environ, gorge qui est creusée dans les roches schisteuses semi cristallines qui constituent le fond de la vallée. Une grande partie de l'eau du Tarn est employée comme moteur à l'aciérie qu'on a établie depuis quelques années sur la rive gauche du fleuve, vis-à-vis du village de St-Juery; toute l'eau qui n'est point utilisée pour les usines, se décharge habituellement par la cataracte, de sorte qu'il existe là des deux côtés de la rivière une sorte de plate-forme formée par la masse de micaschiste qui semble barrer le fleuve, et que l'eau ne recouvre que dans ses plus grandes crues. Je visitai le *saut du Sabot* en quittant les Pyrénées, et je fus frappé de la ressemblance qui existe entre la surface des micaschistes sur lesquels a coulé et coule encore quelquefois le Tarn, et celle des micaschistes de la vallée du Lys; ce sont les mêmes stries, les mêmes sillons, le même poli: ce poli est si parfait sur quelques points à St-Juery, que l'on ne peut y marcher qu'avec précaution; mais ce qui est particulier à cette dernière localité, c'est que la surface des roches schisteuses y est creusée de *cuves* plus ou moins profondes et dont le diamètre varie depuis quelques décimètres jusqu'à 1 mètre. l'orifice de ces cuves est au-dessus du niveau habituel du Tarn, qui ne les recouvre que dans les grandes crues; il est impossible d'imaginer des chutes d'eau qui auraient pu produire ces cuves, à moins que de faire arriver jusque-là *les glaciers des Cévennes*! Mais les employés de l'aciérie m'ont dit que le nombre et les dimensions de ces cuves variaient à chaque crue du Tarn, et la même chose m'a été répétée par les bateliers, les

pêcheurs, les meuniers de St-Juery : on m'a montré des cuves de 2 ou 3 décimètres qui auraient été produites par la dernière crue, et je suis resté convaincu que le passage violent d'une grande masse d'eau sur une surface presque horizontale, suffit dans certains cas pour produire ces excavations cylindriques, ces *puits* que l'on a regardés comme l'une des plus fortes preuves de l'existence et de la grande étendue des anciens glaciers ¹.

D'après ce qui précède, je crois qu'il n'est nullement démontré que, dans les Pyrénées du moins, *les roches polies, leurs stries et leurs sillons soient dus aux glaciers et uniquement aux glaciers* ²; il nous reste à examiner si les accumulations de blocs et de graviers, si les *moraines*, que l'on trouve dans les vallées de cette chaîne, ont pu réellement être produites par l'agent auquel on voudrait attribuer aujourd'hui les accumulations analogues des vallées de la Suisse. Parmi les dépôts de terrain de transport que j'ai eu l'occasion d'observer dans les Pyrénées, et que j'ai cités dans les premières pages de ce travail, c'est celui de Grip qui m'a le plus rappelé la forme des moraines des glaciers des Alpes. Le naturaliste suisse qui traverserait de l'est à l'ouest le plateau de Bon, et qui rencontrerait à l'extrémité de ce plateau une digue de 6 kilomètres de long et de 20 à 30 mètres de hauteur, composée ou du moins recouverte presque en entier de blocs granitiques de plusieurs mètres cubes; ce naturaliste, dis-je, aurait le

¹ Il est bien entendu que l'eau n'est ici que le moteur, et que le creusement de la roche est dû à l'érosion produite par des cailloux quarzeux qui tourneraient sur eux-mêmes par suite de mouvements déterminés par les inégalités de la surface schisteuse.

² Agaasiz, *Études sur les glaciers*, p. 198.

droit de chercher à l'ouest de cette digue , dans le fond du vallon de Grip, le glacier dont il croirait avoir traversé une moraine latérale. Mais , en admettant pour un instant l'existence d'un tel glacier , quelle devrait être en remontant vers son origine la forme de ses moraines ? D'après tout ce que nous connaissons des glaciers actuels , la moraine de Grip devrait avoir pour point de départ un éboulement de rochers qui aurait amené à la surface de l'ancien glacier les blocs charriés ensuite par le mouvement de la glace jusqu'au point où nous les observons aujourd'hui : si l'ancien glacier s'était trouvé bordé par des pentes trop rapides pour que les débris pussent s'y arrêter , la moraine pourrait se trouver interrompue brusquement , mais son origine devrait toujours être recherchée en amont des escarpements qui en auraient interrompu le dépôt. Maintenant que trouve-t-on à Grip ? La moraine, qui domine ce hameau à l'est, s'étend vers le sud-ouest sous forme d'une terrasse sensiblement horizontale , et va se rattacher aux cabanes d'Artigues à une plaine qui occupe tout le fond du vallon et qui se prolonge sur le côté gauche de ce vallon en une terrasse analogue , jusqu'à un certain point, à celle du flanc opposé : la *moraine*, les terrasses, la plaine d'Artigues , sont composées des mêmes matériaux confusément entassés ; elles forment un seul tout , elles sont le résultat d'un seul phénomène ; de sorte que si la digue qui termine à l'ouest le plateau de Bon est une moraine latérale , il faudrait voir dans les matériaux meubles de la plaine d'Artigues *une moraine qui occupait l'extrémité supérieure ou la tête du glacier*¹.

¹ On dira peut-être que la plaine d'Artigues marque le point où l'ancien névé se transformait en glacier ; que c'était le *point d'émer-*

Cette disposition de terrasses latérales ayant pour origine commune une petite plaine qui occupe tout le fond du vallon, n'est nullement particulière aux *moraines* de Grip ; j'ai dit plus haut qu'elle se présente avec des circonstances identiques dans le vallon des Claus et dans la vallée de Lesponne ; elle se retrouve aussi, quoique moins marquée, dans les vallons qui sillonnent les pentes du Canigou ; en un mot, partout où j'ai pu suivre des traînées de blocs jusqu'à leur origine, j'ai retrouvé la même disposition qui me paraît exclure immédiatement l'intervention directe des glaciers dans la formation des prétendues *moraines* des Pyrénées. On peut ajouter que les *moraines* de Grip et des Claus ne sont qu'une petite partie de la masse de terrain de transport qui forme le plateau de Bon ; dans l'hypothèse des glaciers, ce plateau tout entier serait une *moraine médiane* des glaciers réunis des Claus et de Grip ; or, voit-on dans la nature actuelle quelque chose d'analogue à une *moraine médiane* dont la longueur ne dépasserait pas la largeur, une *moraine médiane* qui dans l'intérieur d'une chaîne de montagnes, à quelques kilomètres à peine de l'origine des glaciers, présenterait une surface de 18 kilomètres carrés !

sion des blocs qui jusque-là avaient été cachés au fond de la neige ; mais alors il faudrait se demander d'abord en vertu de quelle force les blocs tombés au fond de la neige peuvent se mouvoir sur un plan assez peu incliné, et pour arriver au pied du névé ; car tous les arguments cités par M. de Charpentier (*Essai*, p. 31) contre le mouvement des glaciers par le poids de leur masse supérieure, seraient applicables ici ; puis il resterait à expliquer comment les débris de la plaine d'Artigues ne se rattacheraient à rien vers le haut du vallon ; comment il n'existerait pas une traînée de blocs jusqu'à la roche en place qui les a fournis !

Les glaciers qui rempliraient les vallons de Grip, des Claus, celui de Lesponne même, ne trouveraient point à la partie supérieure de ces vallons des bassins capables de contenir des mers de glace, et des névés pouvant alimenter ces glaciers ; or, « les mers de glace forment la » partie essentielle du phénomène ; c'est là qu'est l'origine et le berceau des glaciers qui ne font que porter » dans les régions inférieures la masse d'eau qui tombe » à l'état de neige dans les hautes régions¹. » Si la masse des glaces était assez puissante pour couvrir les cimes des pics voisins, les moraines devraient présenter des roches venant de points éloignés ; tandis que l'on ne voit à Grip, aux Claus, à Lesponne que des blocs provenant des cimes qui dominent l'origine de ces divers vallons. Voudrait-on expliquer l'existence des glaciers dans ces hautes vallées en disant, comme pour les glaciers dont on a supposé l'existence en Écosse, que « durant la retraite de la calotte de glace qui s'était étendue depuis le pôle nord jusqu'à nos contrées, il y a eu » un moment où les Pyrénées étaient le foyer de nombreux glaciers descendant d'abord de leurs cimes jusque dans la plaine, et n'occupant plus tard que les vallées intérieures avant de disparaître complètement² ! » Il serait plus difficile encore de comprendre comment les glaciers intérieurs touchant à la fin de leur existence, lorsque leur fusion devait être de plus en plus rapide, auraient pu accumuler des moraines d'un volume de presque 2 milliards de mètres cubes !

La grande disproportion que j'ai signalée dans les

¹ Agassiz, *Études sur les glaciers*, p. 24.

² Agassiz, *Théorie des glaces et ses progrès*, dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, t. XLI, p. 127.

environs de Bagnères-de-Bigorre, entre les anciens glaciers supposés et la petite étendue des mers de glace et des névés qui auraient dû nourrir ces glaciers, est un fait presque général dans les hautes vallées des Pyrénées, et ce fait m'empêcherait seul de considérer comme d'anciennes moraines le dépôt erratique de Garen, celui de la vallée du Lys, etc. Dans la vallée du Lavedan, cependant, on pourrait concevoir que les cimes supérieures à la plaine du Luz pussent fournir les névés nécessaires à la formation d'un glacier qui se serait étendu jusqu'à Argelez et à Lourdes; mais on aurait ici une autre difficulté : l'accumulation de terrain de transport à laquelle on a donné le nom de *moraine d'Argelez* se présente depuis Ouzous comme la moraine terminale d'un glacier qui serait descendu de la vallée d'Estrem-de-Salles; cependant lorsqu'on examine la nature des matériaux de cette moraine supposée, on trouve qu'ils proviennent exclusivement des roches cristallines de la chaîne centrale, et que les montagnes calcaires de l'Estrem-de-Salles n'y sont représentées par aucun fragment : or, cette dernière vallée, qui a 12 kilomètres de long et qui est entourée de cimes très-élevées, aurait dû être nécessairement envahie par les glaces à l'époque où les glaciers du Vignemale, du Mont-Perdu et de Néouvielle seraient descendus jusqu'à Lourdes; les blocs de l'Estrem-de-Salles auraient dû se joindre à ceux de la vallée principale, et produire une moraine médiane dont nous devrions retrouver quelque trace aujourd'hui. La forme de la *moraine d'Argelez* n'a donc point de rapport avec ce qui aurait dû se passer, si des glaciers avaient occupé les vallées des Pyrénées, puisqu'on ne trouve pas un seul bloc de l'Estrem-de-Salles, ni au débouché de cette vallée, ni dans la *moraine* de Peyrouse, située à 10

kilomètres au-dessous de la jonction des glaciers supposés. J'ajouterai qu'il existe une relation intime à Argelez entre les blocs qui sont à la surface de la terrasse erratique, et ceux qui gisent épars à la surface des pentes calcaires, à un niveau supérieur à celui de cette terrasse : les blocs isolés deviennent de plus en plus rares à mesure que l'on s'élève ; ils sont distribués sans aucun ordre ; ils ne marquent point sur la pente de la montagne une ligne horizontale qui indiquerait une terrasse supérieure. En un mot, rien à Argelez n'autorise à séparer le transport des blocs disséminés sur les pentes, de celui de la masse de la terrasse elle-même. On peut en dire autant des dépôts de terrains meubles de Peyrouse, de Garen, de la vallée du Lys, etc. ; de sorte que si d'anciens glaciers ont transporté les blocs granitiques de ces divers dépôts, ces mêmes glaciers devraient avoir produit aussi les terrasses qui paraissent servir de base aux blocs erratiques dispersés sur les hauteurs. La terrasse qui se trouve au débouché d'Estrem-de-Salles sera considérée peut-être comme un *diluvium glaciaire*¹ ; on dira qu'elle a été formée par les détritits charriés par le torrent de l'Estrem-de-Salles et déposés dans un lac qui aura occupé l'extrémité de cette vallée. Mais à Garen, il n'existe point de vallée latérale qui ait pu amener les matériaux d'une terrasse, qui a cependant 4 kilomètres de long, 5 ou 600 mètres de large et 200 mètres environ d'épaisseur ; on a donc là une terrasse contemporaine du transport des blocs erratiques, et qui ne provient point d'un *dépôt lacustre glaciaire* ! La nature minéralogique des matériaux des diverses terrasses prouve

¹ Charpentier, *Essai sur les glaciers*, p. 67.

d'ailleurs que les débris arénacés proviennent des mêmes localités que les blocs les plus volumineux.

Les dépôts des vallons de Grip, de Claus, de Lesponne ont quelque analogie avec ces terrasses qui ont été décrites depuis long-temps dans certaines vallées de l'Écosse, et particulièrement dans celle de Glen-Roy ; la différence la plus essentielle consiste en ce qu'on ne trouve dans les Pyrénées qu'une seule terrasse dans chacun des vallons ci-dessus, tandis que le Glen-Roy présente plusieurs terrasses parallèles, superposées les unes aux autres, ce qui leur a valu le nom de *parallel roads* (chaussées parallèles) : on comprend donc que l'on puisse vouloir appliquer aux terrasses des Pyrénées les explications qui auront été adoptées pour celles de l'Écosse. Or, M. Agassiz pense qu'on arriverait facilement à se rendre compte des nombreuses terrasses que l'on rencontre en Écosse, en supposant qu'il existait à l'issue des grandes vallées des barrières de glace qui auraient formé des lacs dont les terrasses indiqueraient les limites¹. Il n'entre point dans le plan de ce travail de discuter la valeur de cette supposition en ce qui concerne les *parallel roads* du Glen-Roy ; mais si on était tenté de l'appliquer aux vallons de Claus, de Grip, de Lesponne, je ferais observer que le pied du terrain de transport arrivant jusqu'à la Séoube et à l'Adour, il ne resterait souvent pour le lit de l'ancien glacier, qui aurait dû barrer ces divers vallons, qu'une largeur de 100 mètres au plus ; et que le glacier aurait dû s'étendre avec cette faible largeur depuis le pic d'Arbizon jusqu'à Bagnères-de-Bigorre, savoir sur une longueur de 25 ki-

¹ *Théorie des glaces*, etc., dans la *Bibliothèque universelle*, t. XLI, p. 137.

lomètres : comment un tel glacier aurait-il pu retenir des masses d'eau de deux milliards de mètres cubes ? comment le contact de cette eau n'eût-il point fondu le glacier au point d'en interrompre la continuité ?

Les difficultés qui s'opposent à toute explication qui fait intervenir dans le transport des blocs erratiques des Pyrénées des glaciers plus étendus que ceux de l'époque actuelle, deviennent bien plus grandes encore, si l'on examine la forme du terrain de transport dans les Pyrénées orientales. Qu'on se figure douze vallons, douze ravins rayonnant autour d'un point central élevé de 2,500 mètres au-dessus de la plaine que ces divers vallons rejoignent à une distance de 12 kilomètres de leur point de départ commun, et qu'on se demande si des vallons ainsi disposés peuvent jamais avoir contenu des glaciers capables de former des *moraines latérales* qui, se joignant vers la plaine, auraient constitué des *moraines médianes* de 2 kilomètres de largeur ! Les dimensions d'une moraine médiane sont déterminées par celles des moraines latérales des glaciers supérieurs : le mouvement progressif du glacier transporte incessamment vers le bas l'accumulation des blocs formée à sa surface, de sorte que des centaines de siècles n'augmenteraient pas sensiblement le volume d'une moraine médiane ; or, les masses de terrain meuble comprises entre les vallons de Fillols et de Taurinya, ou bien entre ceux de Lentilla et de Boulés, suffiraient à elles seules pour combler ces vallons ; et pourtant ces masses auraient dû être transportées par des glaciers ayant en moyenne 10 kilomètres de long sur quelques cents mètres de large, et se réunissant tous vers leur sommet en une cime pyramidale qui aurait représenté à elle seule les mers de glace et les névés, source commune de tous les glaciers du Canigou !

C'est là quelque chose de trop différent de ce qui se voit de nos jours dans les Alpes, pour qu'on puisse attribuer la formation des dépôts meubles de la base du Canigou à la cause qui forme de nos jours les moraines médianes des glaciers de l'Aar ou de ceux du Mont-Rose¹; et les personnes qui ont parlé de la *moraine du Vernet* ont prouvé par cette seule expression qu'il pouvait exister des accumulations de terrains meubles ayant la même composition, le même aspect, la même structure que certaines moraines, et qui cependant auraient été transportées par un tout autre véhicule que les glaciers²!

Il résulterait de ce qui précède, que rien dans les Pyrénées ne nous autorise à admettre l'existence, à d'anciennes époques, de glaciers beaucoup plus étendus que ceux qui occupent aujourd'hui certains points de cette chaîne; mais on a dit, avec quelque apparence de raison, que dans l'explication des phénomènes diluviens, les géologues cherchaient avant tout à renverser l'hypothèse qu'ils combattaient, et qu'ils s'occupaient beaucoup moins de trouver des preuves irrécusables à l'appui de leur propre opinion. Il est facile, en effet, de démontrer que les vallées des Pyrénées n'ont jamais été envahies par des glaciers descendant jusqu'à Lourdes, à Bagnères, à La Broquère, etc., et que les moraines

¹ On trouve des vues fort exactes de ces moraines dans l'atlas qui accompagne les *Etudes sur les glaciers* de M. Agassiz.

² Ce qui a été dit sur l'impossibilité d'expliquer la formation des dépôts meubles des vallons des Claus, de Grip, de Lesponne, par une cause analogue à celle admise par M. Agassiz pour la formation des *parallel roads* de l'Ecosse, peut s'appliquer à plus forte raison aux terrains de transport des Pyrénées orientales, où les vallées principales sont bien plus resserrées que celle de l'Adour au-dessus de Bagnères-de-Bigorre.

de ces glaciers supposés auraient eu d'autres formes que celles que présente le terrain meuble des Pyrénées : il ne serait pas aussi facile de prouver que ce terrain *a été* réellement le résultat d'un transport violent des eaux ; mais on peut démontrer au moins que la disposition du terrain de transport des Pyrénées est *celle que prendrait*, lors de son dépôt, une masse de détritrus suspendus momentanément dans l'eau ; que des courants violents et passagers descendus des cimes des Pyrénées *ont pu* transporter les blocs erratiques aux positions que ces blocs occupent aujourd'hui vers le pied de la chaîne.

On a vu que le terrain de transport des Pyrénées présente le plus souvent une disposition en terrasses sensiblement horizontales (vallons de Grip, des Claus, de Lesponne, Argelez, Garen, etc.) : or, l'action de l'eau est indispensable pour rendre compte de l'horizontalité de ces terrasses : « Les géologues qui ont vu des » glaciers, qui ont étudié leurs moraines actuelles, ne » confondront jamais les terrasses avec des moraines » non remaniées par les eaux : nous voyons d'ailleurs » des terrasses se former tous les jours sous nos yeux ; » les rivières, les canaux et les lacs dont le niveau n'est » pas constant sont bordés de terrasses ¹. » M. Martins, à qui ces considérations ont été suggérées par l'étude des terrasses de la vallée du Rhin, croit cependant que ces dépôts doivent leur forme régulière à l'action d'eaux tranquilles : « qu'ils ne sauraient être l'ouvrage de courants diluviens, torrents rapides et de courte durée. » « La débâcle de la vallée de Bagnes, » ajoute M. Martins, « celle de la Dent du Midi, n'ont rien laissé qui ressem-

¹ Martins, *Bulletin de la Société géologique de France*, t. XIII, p. 345.

» ble à des terrasses régulières. » Mais si les courants diluviens avaient été brusquement arrêtés par les détours, par les rétrécissements des vallées qu'ils parcouraient, ce temps d'arrêt ne devrait-il pas être marqué aujourd'hui par les matériaux détritiques qui se seraient accumulés contre l'obstacle qui, barrant le cours des torrents, leur faisait perdre le pouvoir de tenir ces matériaux en suspension ! Il aurait dû se former en amont de ces obstacles des lacs momentanés ; des terrasses à surface presque horizontale se seraient disposées dans ces lacs éphémères, dont les eaux se seraient écoulées presque immédiatement par la gorge qui avait occasionné leur accumulation momentanée.

M. Palassou avait attribué depuis longtemps le transport des blocs erratiques des Pyrénées à une cause analogue à celle que je viens d'indiquer. « Ce ne sont pas » des eaux légères et pures, dit-il, qui auraient suffi » pour occasionner le déplacement et le transport des » blocs dont l'énorme grosseur a lieu d'exciter notre » surprise ; il a fallu que des amas prodigieux com- » posés de cailloux, de terres et de sable, fussent déta- » chés du haut des montagnes, et que, se mêlant aux » torrents, ces matières terreuses et délayées rendissent » l'eau très-bourbeuse et pesante. Par ce moyen, par » l'impulsion, en outre, des rochers, des cailloux et » du gravier charriés par les torrents, des masses iso- » lées d'un volume considérable, exposées au choc vio- » lent de tant de matières réunies, furent entraînées au » loin dans des lieux inférieurs¹. » En effet, si l'on imagine une masse d'eau bourbeuse descendant des cimes du Port d'Oo, par exemple, cette masse, arrêtée dans

¹ *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des Pyrénées*, p. 139.

sa course par les hauteurs de Garen, devra s'accumuler pour un instant contre l'obstacle qui la force à changer de direction. Le flot bourbeux pourra rejeter à des niveaux assez élevés quelques-uns des fragments qu'il a entraînés ; puis un instant de calme laissera déposer au pied de la digue une grande partie des matériaux tenus en suspension dans le liquide, et le restant suivra la nouvelle direction imprimée au torrent par la forme de la vallée, jusqu'au moment où un nouvel obstacle viendra occasionner un nouveau dépôt. On peut ajouter que la vallée de Larboust n'est pas tellement vaste, que les eaux qui proviendraient de la fonte subite des glaces et des neiges qui en occupent le fond, ne pussent s'y élever pour un instant jusqu'à 400 mètres, hauteur des blocs granitiques les plus élevés que j'y ai rencontrés. Dans cette manière de voir, les blocs, dispersés sur les hauteurs, au nord de Garen et de Cazaux, et la terrasse de terrain meuble, sur laquelle sont construits ces deux villages, seraient le résultat d'un même phénomène ; ce seraient dans les deux cas des fragments charriés par une masse d'eau bourbeuse descendue avec une grande vitesse des cimes des Pyrénées. Il y a déjà longtemps que M. Élie de Beaumont a expliqué de la même manière le double phénomène de la dispersion des blocs erratiques autour des cimes principales des Alpes et du transport des masses diluviennes qui, suivant les grandes vallées, sont arrivées jusqu'à la mer.

« Au moment de la convulsion qui a donné son relief »
» actuel à la chaîne principale des Alpes, la contrée au »
» milieu de laquelle elle parut, présentait déjà de très- »
» hautes montagnes ; les neiges dont ces montagnes ne »
» pouvaient manquer d'être couvertes ont dû être fon- »
» dues en un instant par les gaz auxquels est attribuée

» l'origine des dolomies et des gypses, et les eaux pro-
» venant de la fusion ont sans doute concouru, et
» peut-être pour beaucoup, à la production des cou-
» rants diluviens des Alpes¹. » M. de Charpentier a cru
que l'on ne pouvait pas appliquer au terrain de trans-
port des Pyrénées l'explication que M. Élie de Beau-
mont a adoptée pour celui des Alpes. « Si l'on admet,
» dit-il, que les débris erratiques de ces deux systèmes
» aient été transportés de la même manière et par les
» mêmes causes, il faudra admettre aussi qu'au moment
» du soulèvement des Pyrénées, la contrée occupée par
» cette chaîne présentait déjà des montagnes couvertes
» de glaciers, comme cela peut avoir eu lieu pour les
» Alpes; mais les recherches de M. Élie de Beaumont
» ont démontré que lors du soulèvement des Pyrénées,
» il n'existait point de montagnes dans les localités
» qu'elles occupent aujourd'hui, et que cette chaîne sem-
» ble s'être élevée *en une seule fois* du milieu des dépôts
» horizontaux. D'ailleurs, si le transport des fragments
» erratiques eût eu lieu au moment de l'apparition de
» cette chaîne de montagnes, ces débris devraient être
» recouverts par des dépôts tertiaires, puisque la révo-
» lution qui a soulevé les Pyrénées a eu lieu entre la
» formation de la craie et celle des terrains tertiaires.
» Mais rien de tout cela n'y a été observé : le terrain
» erratique des Pyrénées n'est point recouvert par des
» roches tertiaires; sa formation y date de la même
» époque que dans les Alpes, et appartient, comme
» partout ailleurs, à la période diluvienne². »

M. Élie de Beaumont pense, en effet, que la con-

¹ *Annales des sciences naturelles*, t. XIX, p. 213.

² *Essai sur les glaciers*, p. 212.

vulsion qui accompagna la naissance des Pyrénées fut une des plus fortes que le sol de l'Europe eût éprouvées jusqu'alors ; il pense que, pendant les périodes tertiaires, « le système des Pyrénées forma le trait dominant de la partie de la surface de notre planète qui est devenue l'Europe ¹. » Mais il ajoute presque immédiatement à ces considérations sur la première apparition des Pyrénées, que lors du soulèvement de la chaîne principale des Alpes, le sud-ouest de la France a éprouvé des mouvements très-considérables : « Des masses d'ophite sans nombre, perçant le sol de toutes parts, y ont relevé autour d'elles tous les dépôts de sédiment. . . . Considérées dans leur ensemble, ces masses d'ophite sont disposées par bandes qui, pendant naissance au milieu des Corbières et des plaines ondulées de la Gascogne, s'enfoncent en Espagne parallèlement à la direction prolongée des lignes de fracture récentes qui traversent la Provence ². »

La chaîne des Pyrénées a donc été croisée lors du soulèvement des Alpes orientales par des fractures qui, sans détruire la simplicité primitive de la chaîne, ont servi d'issue à ces buttes d'ophite si fréquentes dans sa partie centrale ³. Or, nous savons, d'après les travaux de M. Dufrénoy, que les ophites des Pyrénées sont

¹ *Manuel géologique* de M. de La Bèche, p. 643 de la traduction française.

² *Ibid.*, p. 656.

³ On pourrait ajouter qu'un certain nombre des vallées des Pyrénées, celles qui avoisinent le Canigou et le pic du Midi de Bigorre, par exemple, sont sensiblement parallèles à la direction du système des Alpes orientales. Le gneiss de Montgaillard, sur l'Adour ; les assises crétacées qui recouvrent ce gneiss sont dirigées de l'est 10° nord à l'ouest 10° sud. Peut-être l'élévation extraordinaire du

accompagnées constamment de masses de gypses, et souvent de dolomies¹. On peut donc admettre que, dans les Pyrénées comme dans les Alpes, les glaces et les neiges des hautes cimes durent éprouver une fusion presque instantanée à la fin des périodes tertiaires. Il reste à savoir si les eaux provenant de cette fusion ont été capables de transporter les blocs et les graviers erratiques aux diverses positions qu'ils occupent aujourd'hui.

Le volume de la plupart des blocs des grandes accumulations de Garen, d'Argelez, etc., peut être regardé comme compris entre 15 et 20 mètres cubes. Si l'on suppose des blocs sphériques de 7 mètres de diamètre, et par conséquent de 18 mètres cubes, ces sphères pourront représenter assez exactement le volume moyen des blocs granitiques des Pyrénées. Maintenant, si on admet comme suffisamment exacte l'expérience dans laquelle Hook a trouvé qu'une sphère de 0^m,162 de diamètre, et d'une densité égale à 1,5, prenait, en tombant dans l'eau, une vitesse finale de 1^m,62, et que l'on parte de cette donnée pour calculer la vitesse limite de la sphère de granite de 7 mètres de diamètre, et d'une densité égale à 2,60; on trouvera, d'après les formules générales connues de la chute verticale d'un corps dans un milieu résistant (en supposant ces formules applicables rigoureusement au cas dont il s'agit); on trouvera, dis-je, cette limite égale, à peu de chose près, à 14 mètres par seconde. Si l'on recherche ensuite quelle

pic du Midi de Bigorre est-elle due, comme celle du Canigou, à une dislocation contemporaine de l'apparition des ophites!

¹ *Mémoires pour servir à une description géologique de la France*, t. II, p. 188.

vitesse horizontale aurait dû avoir un courant d'eau pour transporter ces *sphères* de granite, depuis le Port d'Oo, par exemple, jusqu'à Garen, on trouvera que cette vitesse a dû être de 121 mètres par seconde, c'est-à-dire que l'on arrivera à un résultat qui n'est pas absolument impossible à concevoir, quoique beaucoup trop élevé pour que l'on puisse attribuer une telle rapidité aux courants descendus des Pyrénées¹. Mais il faut observer que la sphère supposée de granite n'aurait atteint la vitesse finale de 14 mètres qu'après avoir parcouru une certaine partie de la distance horizontale, ce qui diminuerait déjà considérablement le chiffre de 121 mètres indiqué ci-dessus. Il faut observer, en outre, que les blocs granitiques tombant dans l'eau auraient dû en réalité acquérir des vitesses de chute beaucoup moindres que celle d'une sphère de même volume, à cause de l'excédant de résistance occasionné par leur forme anguleuse et la rotation qui a pu en résulter ; tout comme les grelons tombent dans l'air avec une vi-

¹ En appelant h la hauteur du point de départ du courant, h' la hauteur à laquelle ont été déposés les blocs, d la distance horizontale entre h et h' , t le nombre de secondes nécessaire pour la chute des blocs depuis le niveau h à celui h' , et v la vitesse nécessaire pour le transport des blocs, on aurait $t = \frac{h - h'}{14}$ et $v = \frac{d}{t} = \frac{14 d}{h - h'}$.

Dans le cas de Garen, on trouve, d'après les mesures barométriques de M. de Charpentier, que le Port d'Oo est à 3001 mètres au-dessus de la mer ; les blocs les plus élevés sont à 400 mètres au-dessus de la plaine de Lasto, dont la hauteur au-dessus de la mer est de 1099 mètres ; ils se trouvent par conséquent à une hauteur absolue de 1499 mètres ; la distance horizontale du Port d'Oo à Garen est de 13000 mètres : on aurait donc, pour la vitesse du cou-

$$\text{rant } v = \frac{13000 \times 14}{3001 - 1499} = \frac{182000}{1502} = 121^{\text{m}}, 17.$$

tesse bien inférieure à celle d'une bille de glace d'un volume correspondant¹. D'ailleurs, l'eau provenant de la fonte subite des neiges des Pyrénées devait avoir nécessairement une densité beaucoup plus grande que l'eau ordinaire. Lors de la débâcle de Bagnes en 1818, la densité de l'eau était telle, que M. Escher de La Linth estimait la proportion des matières terreuses et autres aux sept huitièmes de la masse, au moins dans la première partie du cours du torrent. M. de Charpentier parlait de ce même courant comme d'un torrent de boue précédé d'une montagne de bois provenant des forêts, barrières, digues et maisons emportées². Et cependant le trajet, depuis l'éboulement jusqu'au village de Bagnes, s'opéra avec une vitesse de près de 14 mètres (33 pieds) par seconde³; ce qui prouve que dans ces grandes catastrophes la densité du liquide n'est point un obstacle à la rapidité de sa marche.

On est habitué, depuis 1818, à considérer la débâcle de Bagnes comme ayant atteint le maximum de vitesse, et par conséquent aussi le maximum de force de transport que les grandes masses d'eau puissent présenter de nos jours : on a presque oublié qu'il s'est passé dans le siècle dernier un fait bien mieux comparable à ce qui dut avoir lieu lors de la fusion des neiges et des glaces, qui accompagna nécessairement le soulèvement des Alpes orientales et l'apparition des ophites des Pyrénées : ce fait a eu pour témoins les académiciens envoyés

¹ Poncelet, *Introduction à la Mécanique industrielle*, p. 663.

² *Annales de Chimie et de Physique*, t. X, p. 251. La densité de l'eau des grands courants diluviens a été indiquée dès 1819, par M. de Buch, comme pouvant expliquer le transport des blocs erratiques des Alpes.

³ *Annales de Chimie et de Physique*, t. X, p. 262.

au Pérou pour mesurer les degrés du méridien dans le voisinage de l'équateur , et voici dans quels termes en a rendu compte Bouguer : « Le dernier incendie du Coto-
» paxi , celui de 1742 , qui s'est fait en notre présence ,
» n'a causé de tort que par la fonte des neiges. Il y eut
» deux inondations subites ; celle du 24 juin et celle du
» 9 décembre , mais la dernière fut incomparablement
» plus grande : l'eau tomba au moins de 7 à 800 toises ;
» les vagues qu'elle forma dans la campagne étaient
» élevées de plus de 60 pieds , et elle monta en certains
» endroits de plus de 120. Toutes ces eaux avaient 17 ou
» 18 lieues de chemin à parcourir vers le sud de la Cor-
» dillère avant que de pouvoir en sortir par le pied du
» Tunguragua ; elles ne mirent pas plus de 3 heures à
» faire ce trajet : c'est ce qui peut donner quelque idée
» de leur vitesse moyenne , celle qui tient le milieu entre
» la rapidité prodigieuse qu'elles avaient d'abord , et la
» moindre vitesse qu'elles eurent dans la suite : mais si
» on juge par divers effets produits à 3 ou 4 lieues de
» la montagne , elles devaient y parcourir encore 40 ou
» 50 pieds par seconde. Il y eut des pierres très-pesantes
» de plus de 10 ou 12 pieds de diamètre qu'elles changè-
» rent de place et qui furent transportées à 14 ou 15
» toises de distance sur un terrain presque horizon-
» tal¹. On vit aussi de grosses masses de neige
» toutes fumantes qui étaient entraînées par l'eau , et
» qui quoique brisées avaient encore plus de 15 ou 20
» pieds de diamètre². »

D'après cette relation de Bouguer , on voit que le courant descendu de Cotopaxi avait encore une vitesse

¹ Bouguer, *Figure de la terre*, p. lxxvij.

² *Ibid.*, p. lxxj.

de 15 mètres environ par seconde , à une distance de cette montagne égale à celle qui sépare Garen du Port d'Oo ; on voit aussi que des masses de neiges de 6 mètres de diamètre étaient entraînées par ce courant : dès lors, on est autorisé à admettre que les blocs descendus du Port d'Oo pouvaient être enveloppés en partie de neige et de glace qui auraient diminué la pesanteur spécifique des masses transportées. Si l'on prend en considération ces diverses circonstances , on trouvera que le transport des blocs de Garen , lors de la fusion des neiges occasionnée par l'apparition des ophites , n'offre réellement aucune impossibilité. On objectera , sans doute, que l'événement de 1742 ne donna point lieu au transport de blocs semblables; je crois que si la fusion des neiges du Cotopaxi n'a point été accompagnée d'une dispersion de blocs comparables à ceux des Pyrénées, cela tient uniquement à ce que les cîmes des Andes équatoriales ne sont point couvertes de véritables glaciers. Mais que le dégagement de chaleur qui s'est opéré au Cotopaxi , en 1742 et en 1744 , se produise au Mont-Perdu , à Neouvielle , au Port d'Oo , au Pic du Midi de Pau , etc. , et l'on concevra facilement que les blocs qui accompagnent les glaciers des Pyrénées puissent être

¹ D'après La Condamine (*Voyage à l'Equateur*, p. 156), un courant descendu du Cotopaxi , en 1744 , aurait détruit , six heures après l'éruption qui avait fondu les neiges au sommet de la montagne , le village de Napo , situé à trente lieues en ligne droite , *et peut-être à soixante* en suivant les sinuosités du terrain : cette dernière donnée indiquerait , pour la vitesse moyenne du courant , 18^m,50 par seconde , et par conséquent pour les parties les plus voisines de la montagne , où la pente est nécessairement le plus rapide , une vitesse bien supérieure à celle de 15 mètres admise par Bouguer.

transportés à Argelez, à Garen, à Arudy, etc. ¹.

Il résulte des considérations précédentes que le transport des blocs erratiques des Pyrénées par de grands courants d'eau n'est pas aussi difficile à concevoir que le pensent les partisans de la théorie glaciale. Mais on a dit en outre que si des blocs granitiques avaient été lancés contre des rochers calcaires avec la vitesse nécessaire

¹ Les données desquelles je suis parti pour calculer la vitesse finale des blocs erratiques ne sont peut-être pas rigoureusement exactes; les formules que j'ai employées ne sont peut-être pas rigoureusement applicables au cas dont il s'agit: aussi, je ne prétends nullement être arrivé à des résultats mathématiquement exacts; je regarde même de tels résultats comme presque impossibles à obtenir dans des recherches de ce genre; j'ai voulu démontrer seulement que la théorie qui attribue le transport des blocs erratiques aux eaux diluviennes provenant de la fusion instantanée des neiges et des glaces des hautes cimes des montagnes n'est point en opposition avec les lois de la mécanique. Si l'on prend en considération la diminution de gravité occasionnée par les glaces et les neiges qui ont pu adhérer aux blocs pendant leur transport, on comprendra même que les eaux diluviennes aient pu entraîner des blocs beaucoup plus volumineux que ceux de 18 mètres cubes. Les personnes qui ont pu suivre les leçons de M. E. de Beaumont, au collège de France et à l'École des mines, n'ignorent point que ce savant a toujours considéré ces allées de glace comme ayant joué un rôle très-important dans la dispersion des blocs erratiques des Alpes. J'ajouterai que la possibilité du transport des blocs erratiques par la fusion des glaciers n'est pas niée par M. Agassiz, qui admet au contraire que, « si par une cause quelconque un de ces » immenses glaciers chargés de débris de rochers, comme le glacier » inférieur de l'Aar ou le glacier de Zermatt, venait à fondre, et si » la fonte avait lieu assez rapidement pour déterminer des courants » capables d'entraîner de pesantes masses de glace chargées de blocs, » quelques-uns de ces blocs seraient transportés au loin sur ces » radeaux flottants. » (*Théorie des glaces et ses progrès*, dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, t. XLI, p. 127.)

pour leur transport, ils auraient dû être brisés en un million de fragments par la violence du choc¹. Il suffit, je crois, d'avoir vu en place les blocs erratiques des Pyrénées pour être convaincu que cette seconde objection n'est pas aussi sérieuse qu'elle le paraît d'abord : en effet, si les blocs avaient rencontré une surface perpendiculaire à leur direction, s'ils avaient heurté une telle surface avec toute leur force d'impulsion, ils auraient sans doute été brisés par la violence du choc ; mais les pentes des montagnes ne présentent le plus souvent que des inclinaisons de 20 à 30°² ; et l'on comprend qu'un flot arrivant contre une telle pente y glisserait en la remontant et pousserait devant lui les blocs, qui pourraient atteindre ainsi une hauteur supérieure à celle indiquée par le calcul. Il devrait se passer là quelque chose d'analogue à ce qui a été observé à Cherbourg et à Plymouth, où l'on a vu dans les grandes tempêtes des blocs de granite d'un et de deux mètres cubes remonter les pentes des *brise-lames*, poussés par l'action des vagues³. On pourrait comparer encore le choc des blocs erratiques à celui d'un boulet de canon qui ricoche sur un plan qu'il rencontre sous un angle peu considérable ; et peut-être que les *sillons* de certaines pentes calcaires ont eu une origine analogue à celle des sillons laissés à la surface du sol par les ricochets de ces boulets.

¹ *Annales de Chimie et de Physique* t. VI, p. 280 (3^e série).

² E. de Beaumont, *Tableau des valeurs numériques des inclinaisons de certains talus*, etc., dans les *Mémoires pour servir à une description géologique de la France*, t. IV, p. 204. La pente des montagnes de Garen, d'Argelez, etc., n'est certes pas aussi roide que les pentes du Mont-Anvert.

³ De la Bèche, *Manuel géologique*, page 94 de la traduction française.

J'ai essayé jusqu'ici d'indiquer ce qui aurait dû se passer si une grande masse d'eau bourbeuse, chargée de blocs granitiques, descendue des hautes cimes des Pyrénées, avait rencontré devant elle un obstacle quelconque qui eût ralenti sa marche pour un instant et qui en eût changé quelquefois la direction : c'est là, je crois, l'origine la plus probable des dépôts erratiques que j'ai signalés à Garen, à Argelez, à Arudy, à La Barthe, à La Broquère, à Tarascon, etc. Que si une telle masse d'eau, après avoir traversé une gorge étroite, était arrivée dans une vallée plus large ou dans une plaine, elle aurait perdu subitement sa force de transport au débouché de la gorge, là où elle aurait pu s'épancher librement sur un sol peu incliné. Dès lors les débris charriés par une telle masse d'eau auraient dû s'accumuler sur les côtés du courant à l'entrée des plaines : c'est ainsi que doit avoir été déposée probablement cette masse de terrain de transport que l'on observe au débouché des vallons de Grip et des Claus ; c'est là aussi, sans doute, l'origine des dépôts de même nature que l'on rencontre dans les Pyrénées orientales sur les pentes du Canigou ; mais il se présente ici une circonstance particulière. Si l'apparition des ophites et le dégagement des gaz qui l'ont accompagnée ont pu fondre les glaces et les neiges de la partie centrale des Pyrénées, et occasionner ainsi le transport du terrain erratique des vallées d'Ossau, de Lavedan, de la Neste, de la Garonne, de l'Ariège, il n'en a pas été de même au Canigou, puisque la masse entière de cette montagne paraît avoir été soulevée après le dépôt des terrains tertiaires seulement ; d'ailleurs j'ai démontré que la forme de cette montagne ne se prêterait point à une accumulation de neiges et de glaces analogue à celles du Vignemale, du Mont-Perdu, etc. Aussi

je crois qu'il faut regarder les terrains meubles qui recouvrent le pied du Canigou comme résultant des éboulements énormes qui doivent s'être produits lors du soulèvement de cette montagne : ces éboulements ont dû être façonnés par les eaux atmosphériques, de manière à former bientôt des talus d'*entraînement*, tandis qu'une partie des débris transportée à l'est, jusqu'à la mer dans laquelle avaient vécu les mollusques de Nefiach et de Banyuls-des-Aspres, faisait reculer cette mer jusqu'à ses limites actuelles. Peut-être aussi que les terrains meubles de la vallée de l'Adour doivent en partie leur origine à des éboulements analogues à ceux du Canigou. Il serait difficile, en effet, de concevoir dans les environs du Pic du Midi de Bigorre l'existence de réservoirs de neige capables de transporter immédiatement par leur fusion les masses puissantes de terrain meuble qui sont descendues par les vallons des Claus, de Grip, de Lesponne. On sait que M. de Charpentier¹ explique l'accumulation des masses énormes de glace qui ont rempli les vallées des Alpes par la quantité de vapeurs qui ont dû se dégager des fissures du sol par suite du soulèvement de la chaîne, vapeurs qui se seraient ensuite condensées, refroidies et converties en neige. En admettant une partie seulement de ce phénomène, on pourrait expliquer l'entraînement des terrains meubles des bases du Canigou et du Pic du Midi de Bigorre par l'action des pluies torrentielles qui auraient accompagné le soulèvement de ces montagnes lors de l'apparition des ophites².

¹ *Essai sur les glaciers*, p. 311.

² M. E. de Beaumont a publié récemment (*Annales des Sciences géologiques*, juillet 1842, p. 560), un tableau de l'inclinaison de la

Les divers faits que j'ai exposés dans la première partie de ce Mémoire, me paraissent donc pouvoir conduire aux conclusions suivantes :

1° Le fond des vallées des Pyrénées est généralement occupé par un terrain de transport composé de blocs plus ou moins roulés provenant des roches cristallines des hautes cimes centrales.

2° Le terrain de transport est accumulé en grandes

limite supérieure de la zone erratique dans les vallées du Rhône, de la Dranse et de l'Aar, et il a exprimé le désir que des tableaux analogues pussent être publiés pour les autres vallées des Alpes et pour celles des Pyrénées, des Vosges, etc. M. E. de Beaumont a pris soin de prouver l'utilité de pareils tableaux par l'emploi qu'il a fait de ceux qu'il a publiés lui-même pour la recherche de la cause qui a pu transporter les blocs erratiques des Alpes. Je regrette de ne pouvoir fournir aucune donnée pour la construction d'un tableau semblable pour les Pyrénées, car je n'ai vu sur les points élevés de la chaîne aucune surface polie ou striée qui ne puisse être attribuée au passage des avalanches. Cependant il ne sera peut-être pas inutile d'observer ici que, d'après le tableau des hauteurs publié par M. de Charpentier, la ligne qui joindrait le *sommet* du Vignemale aux blocs les plus élevés d'Argelez (hauteur absolue 919 mètres) aurait une inclinaison de $4^{\circ} 30'$; celle qui joindrait le *sommet* du pic de Neouvielle à ces mêmes blocs, $3^{\circ} 39'$; enfin celle qui irait du *sommet* du pic de Bergons aux blocs d'Argelez, $2^{\circ} 30'$. Si l'on tient compte de l'espace vertical qui aurait dû être occupé par les névés des glaciers dont les blocs réunis forment la *moraine* d'Argelez, on arrivera nécessairement à des pentes inférieures à celles sur lesquelles les glaciers des Alpes sont susceptibles de se mouvoir. Quant au Canigou, la pente totale du sommet de la montagne, à Prades, est de 11° d'après les hauteurs indiquées dans la *Connaissance des temps*; mais si l'on considère la pente de sa partie inférieure seulement (c'est-à-dire de celle qui est composée de terrains de transport) des mines de Fillols à la Tet, par exemple, on aura une pente de 7° , ce qui est d'accord avec la formation que j'ai admise des dépôts meubles de la base du Canigou, par l'entraînement des matériaux éboulés lors du soulèvement de cette montagne.

masses partout où les vallées se rétrécissent brusquement, et partout où elles changent de direction sous un angle un peu considérable. La masse du terrain de transport est disposée dans les deux cas en terrasses sensiblement horizontales, et quelques blocs anguleux seulement sont dispersés à diverses hauteurs au-dessus de ces terrasses.

3° Le terrain de transport se présente quelquefois aussi à l'extrémité des vallées sous forme d'*ösars* gigantesques qui continuent à eux seuls les contre-forts latéraux de ces vallées. Ces *ösars* se rattachent par des terrasses horizontales ou peu inclinées à la partie supérieure des dépôts meubles du fond des vallées.

4° Rien n'autorise, dans les Pyrénées, la supposition d'anciens glaciers qui auraient eu une étendue de beaucoup supérieure aux glaciers actuels de cette chaîne; le passage des avalanches produit de nos jours des *surfaces polies et striées*; des causes bien moins énergiques encore donnent quelquefois au granite un lustre parfait. Le passage violent d'une grande masse d'eau suffit pour produire des *sillons* et des *érosions verticales*; de sorte que les diverses modifications de la surface des roches dans lesquelles on a cru voir des preuves de l'ancienne extension des glaciers des Pyrénées peuvent être expliquées par des actions d'un ordre tout différent.

5° Le transport du terrain meuble des Pyrénées peut être rattaché à la fusion des glaces et des neiges, et aux phénomènes météorologiques qui ont dû accompagner l'apparition des ophites. Le terrain de transport des Pyrénées est donc essentiellement un *terrain diluvien*.