

## Une tentative d'évaluation du travail de l'érosion sur les massifs montagneux qui dominant la plaine du Pô

In: Revue de géographie alpine. 1960, Tome 48 N°4. pp. 593-605.

---

Citer ce document / Cite this document :

Gabert Pierre. Une tentative d'évaluation du travail de l'érosion sur les massifs montagneux qui dominant la plaine du Pô. In: Revue de géographie alpine. 1960, Tome 48 N°4. pp. 593-605.

doi : 10.3406/rga.1960.1886

[http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga\\_0035-1121\\_1960\\_num\\_48\\_4\\_1886](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rga_0035-1121_1960_num_48_4_1886)

---

# Une tentative d'évaluation du travail de l'érosion sur les massifs montagneux qui dominent la plaine du Pô

par **Pierre GABERT**

---

Arrivant à la fin de nos recherches sur la morphologie des plaines du Pô occidentales, nous avons pensé qu'il serait intéressant de tenter de faire le bilan du travail de l'érosion sur les versants italiens des Alpes et sur le versant padan de l'Apennin Ligure et de l'Apennin septentrional. Certes, il suffit d'avoir parcouru l'admirable colline de Turin et la grande dorsale du Montferrat dans lesquelles ont été repris des milliers de mètres d'épaisseur de matériaux conglomératiques et molassiques pour comprendre la grande importance des accumulations tertiaires dans cette vaste zone de subsidence. Mais grâce aux travaux méticuleux des géophysiciens et des géologues italiens de l'A.G.I.P. Mineraria (Section pétrolière de l'Ente Nazionale Idrocarburi) — travaux que nous avons pu consulter grâce à leur amabilité — nos idées sur le travail de l'érosion dans les bordures montagneuses de la plaine ont pu se préciser. En effet des sondages très précis ont confirmé les données établies par les recherches sismiques des pétroliers, et, s'il n'est pas question dans le cadre de cet article d'en donner les résultats détaillés, du moins pouvons-nous, en les confrontant avec nos observations personnelles dues à dix ans de recherches dans les plaines du Pô, apporter un certain nombre de conclusions à des problèmes qui ont passionné tous ceux qui se sont intéressés à la morphologie et à la géologie alpines. La publication, à la fin de 1959, de la carte des isobathes de la base du Pliocène dans les plaines du Pô nous a dégagés des obligations morales de discrétion que nous avons promis de respecter vis-à-vis de nos collègues italiens.

Le problème principal était d'arriver à évaluer les cubages de matériaux détritiques entassés dans la plaine. Il nous a fallu d'abord éliminer toute prétention, dans l'état actuel des recherches, au sujet de l'épaisseur des dépôts antérieurs au Pliocène, car les sondes ne les ont jamais traversés. Par exemple la densité des sondages ayant traversé le Miocène est trop faible pour qu'une étude basée sur ces résultats et sur les coupes naturelles examinées dans le Montferrat et dans les Langhe ou les collines de Como permette d'aboutir à des résultats valables. Mais pour la sédimentation pliocène et quaternaire nous disposons d'une documentation très sérieuse, de sondages fort nombreux avec lesquels il est possible de se faire une idée assez exacte de la puissance de l'accumulation dans les plaines de niveau de base piémontaise et lombarde. Les coupes étudiées sur les zones de piedmont où le matériel pliocène a été repris par les mouvements tectoniques postérieurs nous ont permis de compléter les évaluations des cubages concernant le Pliocène et la couverture quaternaire. Nous avons fait figurer dans le Quaternaire les couches villafranchiennes continentales et calabriennes selon les décisions prises à la demande des chercheurs italiens notamment par le Congrès géologique de Londres (1948). Nous préciserons ailleurs les conditions dans lesquelles l'étonnante subsidence du golfe padan s'est poursuivie du début du Tertiaire jusqu'à nos jours, mais nous pouvons déjà affirmer qu'elle n'a pas connu de véritable arrêt, de même que les montagnes voisines ne sont jamais restées longtemps immobiles. Pour ne citer ici que quelques exemples, la base du Pliocène dans la plaine de Vercelli à Desana est à — 2 191 m (au-dessous du zéro marin) et celle du Quaternaire à — 680 m. A Ottobiano, à l'Ouest de la plaine de Pavie, les mêmes bases se trouvent respectivement à — 3 000 et à — 1 100 m, l'Helvétien se trouvant à — 4 130 m. En bordure de l'Apennin le Quaternaire descend parfois au-dessous de 2 000 m, et à Codigoro, au Nord des Valli di Comacchio, il atteint 2 345 m d'épaisseur !

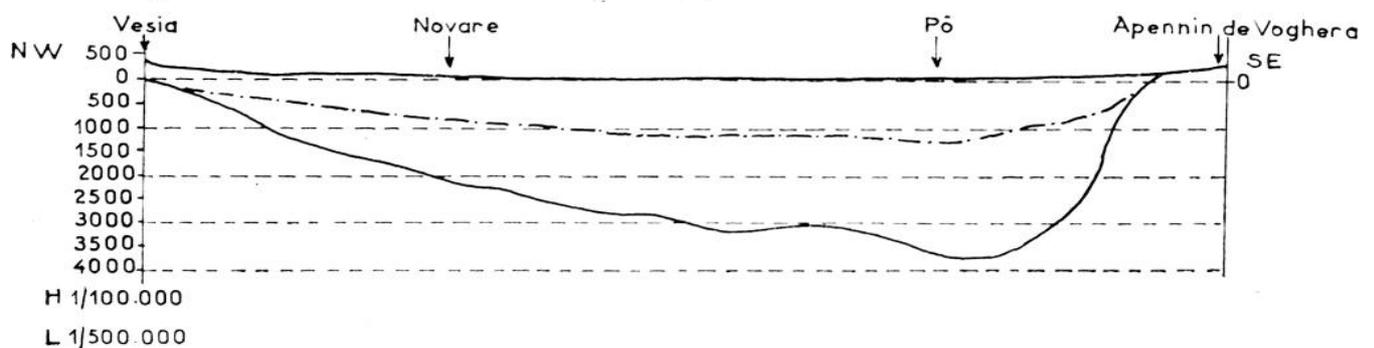


Fig. 1. Coupe schématique de la base du Pliocène et du Quaternaire (trait plein, Pliocène; tireté, Quaternaire).

A titre d'exemple voici le profil simplifié obtenu pour la base du Pliocène et celle du Quaternaire à travers la plaine du Pô du débouché de la Sesia à l'extrémité de l'Apennin de Voghera.

C'est pourquoi on peut se demander si les périodes de calme orogénique ont été suffisamment longues pour que des surfaces d'érosion aient eu le temps de se développer dans le matériel particulièrement résistant du versant italien des Alpes ? Même dans ce cas, est-il possible d'en retrouver des traces dans le relief en raison des énormes démolitions qui caractérisent les deux dernières périodes pliocène et quaternaire ? En ce qui concerne la première question, l'étude des dépôts corrélatifs des collines de Turin et de ceux révélés par tous les sondages prouve qu'aucune période depuis le début du Tertiaire n'a connu un véritable arrêt dans la sédimentation. Se servir de la finesse des faciès de certains horizons pour en conclure à un quasi-aplanissement des reliefs qui dominant le bassin revient à bâtir une histoire sur de mauvaises bases. Il faudra donc trouver d'autres explications à cette originalité des faciès pliocènes, c'est ce que nous essayerons de faire dans notre travail en cours sur la plaine du Pô. Quant à la deuxième question, ce qui va suivre confirmera les doutes émis par R. Blanchard à propos de l'existence sur les Alpes piémontaises des surfaces d'érosion placées là-haut par certains morphologues italiens.

### **I. — Comment évaluer les volumes ainsi enlevés aux Alpes et à l'Apennin ?**

Les géologues de l'A.G.I.P. ont évalué en 1957 que, pour toute la plaine du Pô, le Pliocène est représenté en gros par un volume de 40 000 km<sup>3</sup>, volume auquel il faudrait ajouter celui — impossible à calculer — des terrains du Pliocène moyen enlevés par l'érosion, ainsi qu'une partie du Pliocène supérieur déblayé au pied de la montagne au cours du Quaternaire. Pour le Quaternaire, y compris ses faciès marins, le nombre serait à peu près identique. Et en ce qui concerne le Miocène et le Paléogène dont nous ignorons l'épaisseur et l'extension, il faut également estimer leur volume à plusieurs dizaines de milliers de km<sup>3</sup>. Donc un total qui dépasserait certainement les 80 000 km<sup>3</sup> pour le Pliocène et le Quaternaire seulement, ce qui pour reprendre la comparaison des géologues pétroliers représenterait plusieurs fois le cubage de l'Apennin septentrional actuel — entre le méridien de Gênes et la limite qui passe par Rimini, Arezzo et la vallée de l'Arno — pour lequel on arrive en gros à 15 000 km<sup>3</sup>. Il est vrai qu'une partie du matériel tertiaire vient de continents aujourd'hui disparus, mais cela ne joue pas en

ce qui concerne le Pliocène et le Quaternaire. Cependant, ces volumes dépassent de loin ce qu'on avait toujours imaginé pour la plaine padane. Pour le bassin occidental<sup>1</sup> actuel nous avons essayé à notre tour et d'une façon plus précise de voir à quels nombres nous pourrions estimer le remblaiement. Nous nous sommes servi pour documents de base de la carte des isobathes de la base du Pliocène établie par l'A.G.I.P., de 200 m en 200 m, et nous avons fait passer autant que possible nos coupes sur les sondages connus en 1960 (dont un certain nombre n'ont pas été encore publiés). Nous avons aussi calculé les altitudes moyennes des reliefs développés dans les matériels pliocènes et quaternaires en bordure des montagnes et dans les collines du bassin padan occidental tel que nous l'avons défini. Notre limite a été même repoussée jusqu'au méridien de Bergamo au N.-E., afin d'englober les affluents de l'Adda. En appliquant une méthode de calcul géométrique, nous avons ainsi obtenu des chiffres valables, car les plus proches possible de la réalité, sur l'épaisseur moyenne des sédiments plio-quaternaires et récents accumulés dans ces plaines. Nous avons également calculé les superficies de ces zones d'accumulation pour arriver à nous faire une idée la plus juste possible du cubage déposé au pied des Alpes et des Apennins. Il faut cependant considérer que les résultats n'ont qu'une valeur indicative, et si les nombres n'ont pas été arrondis, comme ils auraient pu l'être pour simplifier les résultats étant donné l'approximation des évaluations, ce n'est pas dans le but de donner l'illusion de mesures très précises, mais tout simplement pour montrer exactement la façon dont nous avons procédé. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de prouver que ce sont là des nombres que l'on peut considérer comme des minimums, d'autant plus qu'une partie des dépôts du Pliocène moyen et supérieur ont été enlevés sur le piedmont. Un dernier fait n'a pu entrer en ligne de compte : le remaniement des matériaux et ce qui a été entraîné dans l'Adriatique.

## II. — Des volumes considérables.

Nous avons respecté la division du bassin occidental en deux parties de part et d'autre du Montferrat, chacune ayant son originalité :

---

<sup>1</sup> Nous entendons par « Bassin Occidental » toutes les plaines piémontaises et lombardes jusqu'à l'Adda et l'extrémité septentrionale de l'Apennin de Flaisance.

1° *Le bassin septentrional lombardo-piémontais*, jusqu'à Serio et à l'extrémité de l'Apennin de Plaisance, offre une épaisseur moyenne de dépôts pliocènes et quaternaires de 2 100 m; ce n'est pas étonnant, vue la forte subsidence de cette zone. Étant donné une superficie de 9 775 km<sup>2</sup>, le cubage total est de 20 573 km<sup>3</sup>, nous aurions là seulement un quart du remblaiement pliocène et quaternaire de tout le bassin padan tel que l'A.G.I.P. l'a estimé. Les sondages prouvent en effet que les plus fortes accumulations se trouvent dans les plaines orientales et le delta. Dans cette masse nous avons essayé de distinguer, par les mêmes méthodes, les apports pliocènes de ceux du Quaternaire. Nous sommes arrivés aux nombres suivants : 770 m d'épaisseur moyenne pour le Quaternaire, soit 8 308 km<sup>3</sup>, donc pour le Pliocène il reste 12 219 km<sup>3</sup>.

2° *Le bassin piémontais méridional*, des Alpes maritimes à la plaine d'Alexandrie comprise, n'apporte malgré la forte subsidence des plaines de Saluzzo et d'Alexandrie que des nombres plus médiocres. Il est vrai que les difficultés de calcul ont été plus grandes à cause de la dissection des collines pliocènes de la région de Bra-Asti et de la rareté des sondages profonds. Le Pliocène et le Quaternaire, avec une épaisseur moyenne de 1 200 m, représenteraient, sur les 3 610 km<sup>2</sup> de cette région, 4 332 km<sup>3</sup>, soit en gros le quart des accumulations du bassin septentrional. Dans ce volume, le Quaternaire, d'une épaisseur moyenne très approximative de 150 m, figure avec 541 km<sup>3</sup>, le Pliocène représentant le reste, soit 3 991 km<sup>3</sup>. De telles différences entre les deux bassins s'expliquent par une subsidence très active au Nord du Montferrat où elle s'est poursuivie d'une façon impressionnante tout au long du Quaternaire. Elle est évidemment beaucoup plus faible au Sud, où elle s'est rapidement ralentie; d'autre part, les apports quaternaires ont été plus faibles au Sud en raison de la médiocrité des organismes glaciaires. Le Quaternaire ne constitue qu'un voile assez mince dans le synclinal d'Asti et même dans les plaines de Mondovi, Ceva et le long des Alpes maritimes. Le Pliocène est beaucoup plus épais, bien que l'érosion l'ait également déblayé en de nombreux points dans le Piémont méridional et autour des collines des Langhe. D'autre part, les montagnes de cette bordure méridionale n'ont pris une certaine importance qu'à la fin du Pliocène, à la suite de nombreux mouvements tectoniques, il est donc normal que les matériaux entassés à leur pied n'atteignent pas les volumes de ceux déposés au pied des grandes Alpes.

Finalement si nous groupons les volumes obtenus dans les deux bassins nous arrivons au nombre global de 24 859 km<sup>3</sup>, dont 8 849 sont attribuables au Quaternaire et 16 010 au Pliocène, *donc rien*

que pour le Pliocène un cubage supérieur à celui de l'Apennin septentrional actuel, tel qu'il a été estimé à 15 000 km<sup>3</sup> par l'A.G.I.P. Or il est certain que les quantités réelles de matériaux arrachés aux montagnes au cours de cette période plio-quadernaire sont assez largement supérieures à ces nombres puisque une partie, impossible à calculer, s'est déposée à l'Est des limites de notre région. Un nombre de 30 000 km<sup>3</sup> au moins nous paraît vraisemblable, ce qui représenterait deux fois le volume de l'Apennin septentrional actuel. D'après l'A.G.I.P., la masse globale sédimentée dans le bassin padan au cours du Pliocène et du Quadernaire est de l'ordre de 80 000 km<sup>3</sup>, nous pensons qu'il s'agit là d'une estimation raisonnable. Comme il s'agit, du moins à notre connaissance, de la première tentative de ce genre, du moins pour la plaine du Pô, nous avons poussé nos calculs afin d'envisager quelle tranche de matériel a été ainsi enlevée sur les montagnes et les collines qui sont drainées vers nos plaines.

### III. — Des érosions très actives.

Le problème est rendu plus facile par la relative étroitesse du bassin versant italien des Alpes occidentales, et surtout par la netteté aussi bien de la ligne faitière que du contact des reliefs élevés avec les plaines. Il faut encore considérer qu'au Pliocène inférieur le drainage vers l'Est était plus réduit que de nos jours. En effet, si les rivières tyrrhéniennes n'ont guère fait reculer la ligne de partage des eaux sur la crête de l'Apennin ligurien et des Alpes maritimes, il n'en a pas été de même du côté des Alpes occidentales. M. R. Blanchard a estimé que les captures au profit du Pô avaient conquis environ 1 200 kilomètres carrés, ce qui est tout de même un nombre assez important. Cette conquête a été progressive et il est impossible de faire entrer ce facteur dans nos calculs, nous avons considéré artificiellement que les captures étaient faites dès le début, ne courant ainsi que le risque de donner des nombres plus petits que la réalité pour la tranche de matériaux enlevée par l'érosion, puisque nous rapporterons leur volume à une surface un peu trop grande (pour les dernières phases de l'érosion seulement). De même dans les Alpes orientales et centrales des captures ont fait évoluer la surface des bassins versants, même si l'on ne prend pas pour argent comptant les cartes dressées par Staub. Il aurait aussi fallu tenir compte, pour être le plus près de la réalité, de la présence des lacs depuis le Quadernaire, dans lesquels une bonne partie des transports alpestres se sont arrêtés, exemple les grands deltas lacustres de l'Adda et du Tessin. Donc les résultats que nous donnerons ne peuvent être que des évaluations minimum.

Dans les calculs portant sur ces tranches de terrains arrachées aux Alpes nous sommes partis des surfaces des bassins montagnards jusqu'en bordure immédiate du piedmont quaternaire. Cette superficie a été calculée sur les cartes italiennes au 1/100 000<sup>e</sup>, étant donné l'impossibilité de nous procurer auprès des organismes italiens des données peut-être plus exactes. Nous avons cependant contrôlé les nombres obtenus avec ceux figurant dans l'annuaire du Servizio Idrografico del Pô (1953) pour les principales rivières. Les résultats ont été les suivants : la superficie des montagnes et collines, Montferrat compris, drainées vers le bassin occidental est de 31 180 km<sup>2</sup>. La surface totale concernant tout le relief au-dessus des plaines padanes serait de 68 320 km<sup>2</sup> (jusqu'au Frioul et à Rimini). Il est donc possible d'arriver à des résultats valables, à condition que l'on n'oublie pas de tenir compte des différences de densité entre les matériaux de la plaine et les roches dont ils dérivent dans les montagnes. Nous avons adopté la densité moyenne calculée par le spécialiste italien O. Vecchia<sup>2</sup> pour la plaine du Pô : 2,2. Si ce chiffre paraît un peu fort, il faut penser que le tassement des matériaux a été très considérable, d'où le rapprochement avec la densité originelle de 2,7. Dès lors le calcul des épaisseurs enlevées par les érosions plio-quaternaires est facile : elles représentent, pour les reliefs dont les bassins versants s'écoulent vers les plaines occidentales, 650 m, dont 418 m pour le Pliocène et 232 m pour le Quaternaire. Pour tous les reliefs dont les matériaux se sont accumulés dans les plaines du Pô, en partant des estimations des géologues pétroliers, nous obtenons 953 m répartis également entre les deux périodes, étant donné l'importance que prennent vers l'Est les apports quaternaires d'origine apennine.

Le nombre de 650 m concerne le versant italien des Alpes occidentales, les Alpes maritimes, le versant méridional des Alpes centrales (tout le bassin de la Scrivia et des plaines d'Alexandrie et Voghera). Nous avouons que l'importance de ce résultat nous a étonné, bien que ce soit un nombre indicatif et certainement inférieur à la réalité<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> *Rivista di Geofisica Applicata*, 1952, fasc. 1.

<sup>3</sup> Mais M. Winkler-Hermaden, dans son ouvrage *Geologisches Kräftespiel und Landformung* (Vienne Springer-Verlag, 1957, 822 pages, 124 figures), trouve des nombres de même grandeur pour les Alpes centrales et orientales, d'après les cubages de matériaux accumulés dans les plaines pannoniennes : 1 000 mètres environ au cours du Pliocène et du Quaternaire (là une partie du Pontien y figure). Nous en sommes d'autant plus heureux que M. Winkler-Hermaden se sert de ces résultats pour des reconstructions tout à fait différentes des nôtres.

Il y a bien là une confirmation de l'énorme subsidence de la plaine en rapport avec l'importance des atterrissements au pied de tous les massifs relevés par les mouvements tectoniques pontiens et ceux qui ont persisté au cours du Pliocène pour s'exagérer à la fin de cette période. D'autre part, de grands coups de balai ont résulté des bouleversements climatiques dont les traces dans la morphologie sont encore si évidentes. S'il nous est impossible de calculer ce qui revient aux uns et aux autres, cependant on peut dire que le Quaternaire, comprenant ici les dépôts calabriens marins et villafranchiens continentaux, a vu des apports moindres que le Pliocène, mais nous allons voir qu'il s'agit plus d'une question de durée de la période que de l'intensité de l'érosion, car à ce sujet l'avantage reste bien au Quaternaire.

En effet, il nous a paru intéressant d'essayer de comparer l'érosion actuelle à celle dont nous venons de donner les résultats. Pour cela nous ne disposons que de rares documents — heureusement de grande valeur vu la précision des travaux des ingénieurs italiens — documents puisés dans les recueils du Servizio Idrografico del Pô (1939-53) avec quelques éléments supplémentaires qui nous ont été aimablement fournis par la section de ce service à Turin. Des taux de turbidité ont été obtenus sur des périodes de plusieurs années : 1924-35 et 1934-54 pour le Pô à Meirano (Turin). Deux inconvénients apparaissent pour de telles comparaisons :

1° Absence de mesures pour une grande partie des rivières des plaines occidentales, puisque nous ne disposons que de celles du Pô à Turin et Plaisance, du Tanaro à Montecastello, de la Doire Baltée à Ponte Baio, c'est-à-dire très haut en amont dans la montagne.

2° Les taux de turbidité ne concernent que les troubles; leur échappent évidemment les matériaux de fond qui au sortir de la montagne constituent un volume impossible à apprécier mais certainement très important. Les matériaux de fond devaient d'ailleurs représenter une masse encore plus importante à l'aval des vallées englacées au cours du Quaternaire. Sans entrer dans les détails indiquons que le Tanaro à Montecastello évacuerait en moyenne 485 tonnes d'alluvions par km<sup>2</sup> de son bassin versant, la Doire Baltée à Ponte Baio 484 tonnes, le Pô à Plaisance (période 1924-1935) 268 tonnes; mais ici il faut tenir compte des affluents de droite tels que le Tanaro et les autres torrents descendant de l'Apennin, ainsi que les apports des rivières alpines, surtout celles qui ne se décantent dans aucun lac : Stura di Lanzo, Orco, Doire Baltée, Cervo, Sesia. En effet à Turin le Pô, sur la moyenne 1933-

1954, ne charrie que 71,24 tonnes au km<sup>2</sup>, laissant certainement une part non négligeable de ses alluvions sur la plaine de Saluzzo. Notre but ici n'est pas de discuter les raisons de ces différences sur lesquelles M. Pardé s'est minutieusement penché (*R.G.A.*, 1952), mais d'avoir simplement des points de comparaison avec les taux de turbidité<sup>4</sup> tels qu'on peut les imaginer au Pliocène et au Quaternaire. Pour convertir ces tonnages en mètres cubes de matériaux nous avons également adopté la densité de 2,2, qui a été reconnue comme celle des dépôts plio-quaternaires de la plaine du Pô par O. Vecchia. C'est ainsi que, en prenant le taux moyen du Pô à Plaisance, à la rencontre des domaines alpin et apennin, nous avons en gros, pour un taux de 268 tonnes/km<sup>2</sup>, un cubage de 121 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

Si nous répartissons ce cubage sur toute la plaine occidentale et sur la durée approximative de la période pliocène et quaternaire (d'après Moret), soit 6 500 000 ans, nous obtenons une accumulation de 22 656 km<sup>3</sup>, soit à 2 000 km<sup>3</sup> près les résultats calculés plus haut. Si nous faisons maintenant le calcul inverse, c'est-à-dire en partant des accumulations pliocène-quaternaires et de la durée de leur dépôt, nous arrivons au nombre suivant :

1° Pour le Quaternaire, dont la durée approximative est de 500 000 ans, nous trouvons un cubage annuel de 566 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, soit, avec la même densité de 2,2, 1 245 tonnes par km<sup>2</sup>.

2° Pour le Pliocène (6 000 000 d'années) : 133 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, soit 292,6 tonnes au km<sup>2</sup>, ce qui confirme ce qu'il n'était pas difficile de prévoir : *l'intensité plus grande de l'érosion au Quaternaire par rapport au Pliocène*. Les transports vers les plaines auraient été ainsi trois fois supérieurs durant le Quaternaire aux transports actuels par la Doire Baltée ou le Tanaro, ceci explique qu'en si peu de temps de telles épaisseurs de matériaux aient pu s'entasser dans les plaines et sur le piedmont<sup>5</sup>. Il faut cependant ne pas oublier qu'une bonne partie de ces transports s'est effectuée par l'intermédiaire des glaciers, d'où la surcharge des rivières à l'aval et la construction de grands cônes de déjection. En ce qui concerne le Pliocène, les nombres sont de très loin inférieurs à ceux du Quaternaire puisqu'ils arrivent à peine au quart des précédents, cela n'a rien d'étonnant puisqu'une grande partie des pentes

---

<sup>4</sup> Il s'agit d'ailleurs plutôt des dégradations spécifiques annuelles, lesquelles sont les produits de la turbidité par le débit.

<sup>5</sup> De nos jours, pour ne citer qu'un exemple, la Dranse du Valais évacue à Martigny 1 270 tonnes/km<sup>2</sup>, et nous savons également par les travaux de M. Corbel l'énorme dégradation spécifique des bassins glaciaires alpins ou islandais.

étaient recouvertes de forêts jusqu'au Pliocène supérieur. Cependant l'érosion n'est pas pour autant négligeable puisqu'avec 292,6 tonnes au km<sup>2</sup> la turbidité théorique dépasse celle du Pô à Plaisance et est quatre fois plus forte que celle du même fleuve à Turin ! La hardiesse des reliefs relevés par les grands mouvements de compensation qui entretiennent les grandes dénivellations, les précipitations abondantes et surtout les énergiques balayages des produits de décomposition à la fin du Pliocène expliquent l'importance de ces nombres <sup>6</sup>. C'est pourquoi il serait imprudent de se fier aveuglément aux faciès généralement fins des couches pliocènes pour en tirer des conclusions sur l'état des reliefs montagneux au cours de cette période. Pour le Quaternaire, l'étude des grandes terrasses fluvio-glaciaires ne pourra que confirmer l'importance de l'érosion sur les montagnes et l'énorme puissance des organismes glaciaires et fluviaux qui en descendaient.

3° Enfin un dernier problème doit être soigneusement examiné : celui de la comparaison entre le volume des matériaux arrachés à la montagne, calculé comme nous l'avons fait, en tenant compte de la densité plus faible des matériaux accumulés dans la plaine, et le volume que représente le creusement des vallées dans la montagne — c'est-à-dire l'aération du volume montagneux telle qu'elle a été définie notamment par les travaux de MM. Onde (R.G.A., 1939) et Péguy (R.G.A., 1942). En effet, on pourrait nous objecter que si le volume des matériaux accumulés dans les plaines est inférieur à celui qui correspond à l'aération actuelle de ces reliefs, l'argument principal contre la présence des surfaces d'érosion signalées sur les Alpes occidentales et centrales perdrait une grande partie de sa valeur.

Ces surfaces coïncideraient, d'après les auteurs italiens (Vanni, Capello, Dainelli, etc.), avec des reliefs mous et des replats importants situés généralement vers 2 250-2 500 m d'altitude. C'est pour-

---

<sup>6</sup> Les comparaisons avec les régions dont les conditions climatiques semblent se rapprocher de celles que les flores fossiles si abondantes dans le Pliocène italien permettent d'imaginer, pourraient être à plus d'un titre très intéressantes. Malheureusement, la rareté des observations les rend bien difficiles, surtout si l'on se tourne vers les régions montagneuses de la zone intertropicale humide. Il faudrait pouvoir disposer d'observations sérieuses sur les rivières qui descendent des Andes, vers l'Amazonie, ce qui n'est pas le cas. Cependant nous sommes plus riches du côté des fleuves de l'Asie du Sud-Est ; exemples : pour l'Irrawady, 465 t/km<sup>2</sup> à Prome, 300-500 ou 800 pour le Gange, mais aussi 2 820 pour le Kosi à Chabia, c'est-à-dire à sa sortie du massif himalayen et d'une large zone de collines de roches tendres. Le Mékong à Kratie transporte encore 151 t ; quant au Nil, à sa sortie de l'Abyssinie, il évacue 345 t/km<sup>2</sup> (tous ces chiffres nous ont été aimablement fournis par M. Pardé).

quoi nous avons essayé de calculer le volume représenté par l'aération actuelle des versants italiens des Alpes occidentales et centrales jusqu'à l'Adda au-dessous de l'altitude 2 500 m. Pour cela nous avons repris les nombres d'altitudes moyennes des bassins-versants montagnards calculés par l'Ufficio Idrografico del Pò, et nous avons effectué de notre côté des mesures au planimètre sur les cartes d'état-major au 1/100 000<sup>e</sup>. Les résultats obtenus ont confirmé pleinement ceux que l'on pouvait logiquement attendre de nos calculs précédents, c'est-à-dire que globalement nous sommes arrivés à une aération correspondant à une tranche de 600 m environ. Ce nombre serait encore plus faible si nous n'avions considéré que les régions alpines qui se dressent au-dessus des plaines les plus subsidentes depuis Saluzzo jusqu'à l'Adda. D'autre part, nous rappelons que pour la première partie de nos calculs nous avons obtenu des nombres minimums, tandis que pour cette dernière évaluation nous obtenons un nombre maximum, l'écart réel entre les deux phénomènes doit être supérieur à celui que nous obtenons. De toute façon le nombre obtenu montre que *l'aération correspond à un volume de roches inférieur à celui arraché par les érosions pliocène et quaternaire : ce qui prouve bien que celles-ci ont fait sauter toute trace d'aplanissement antérieur*. Il semble que l'on ait pris trop facilement de nombreux replats structuraux, de beaux épaulements, voire les niveaux de fonds de cirques pour des traces de surfaces d'érosion auxquelles des étiquettes miocènes et pliocènes ont été accrochées sans tenir compte des dépôts corrélatifs des plaines padanes et des conditions morpho-climatiques de leur sédimentation.

Mais la démonstration est encore plus nette si l'on tient compte du fait que les grandes vallées étaient déjà creusées assez profondément, à la fin du Miocène, au moins dans leur partie aval (alpine évidemment). En effet, le Pliocène inférieur et moyen bien daté se trouve par exemple à plus de 10 km à l'intérieur des Alpes dans la vallée de la Sesia, une des rares vallées piémontaises où les glaciers n'ont pas débordé jusqu'à la plaine. Cela ne veut pas dire d'ailleurs que les Alpes soient restées stables depuis cette époque puisque le Pliocène de cette même vallée de la Sesia est haché par de superbes failles, surtout dans la vallée de son affluent la Sessera, mais il reste évident qu'une partie du travail d'aération que nous venons d'évaluer est attribuable aux périodes géologiques précédentes. Donc, à plus forte raison, la tranche arrachée au cours du Pliocène et du Quaternaire l'a été aux dépens des parties hautes des montagnes et des sections amont des vallées en raison des dénivellations plus grandes et de la puissance des systèmes

d'érosion qui régnaient sur ces versants. Quant aux surfaces encore plus anciennes de l'Eogène, on voit mal comment elles auraient pu se conserver, étant donné les bouleversements tectoniques subis par les Alpes italiennes depuis cette époque et, d'autre part, l'énorme volume arraché au cours du Tertiaire inférieur et moyen. Bien qu'aucun sondage n'ait encore totalement traversé les dépôts éocènes, oligocènes et miocènes dans leurs parties les plus épaisses, on peut l'estimer à 6 ou 7 kilomètres dans la plaine de la Lomellina par exemple et on peut en voir au moins quatre kilomètres dans les couches conglomératiques redressées des collines de Como.

Aux collines souvent arrondies et « vieilles » (R. Blanchard) de la bordure immédiate des Alpes occidentales et centrales s'opposent rapidement les sommets audacieux, échancrés de cirques et découpés par les vallées en auge, mais le « vieillissement » reste un fait très marginal, il n'a jamais eu le temps de mordre profondément dans la masse alpine. Les glaciers d'érosion eux-mêmes, dont nous avons révélé l'existence dès 1955 (*Bulletin Association Géographes français*, 1955), sont récents, d'origine climatique et étroitement localisés à la zone de piedmont. *Donc aucune surface ne peut être véritablement reconstruite et, à plus forte raison, prouvée sur le versant italien des Alpes occidentales et centrales.*

Si notre étude s'intéresse surtout aux accumulations dans les plaines du Pô occidentales, c'est que nous considérons — et nous avons montré — que la plus grande partie de leurs matériaux est d'origine alpine. Dans cette région, les plus gros volumes sont en effet dans les plaines septentrionales piémontaise et lombarde, au pied des Alpes; l'Apennin Ligure et le Montferrat ont surtout contribué au comblement des plaines d'Asti et d'Alessandria dont le volume est assez réduit.

Nous sommes persuadé que ces résultats ont de grandes chances d'être vrais à une approximation de 10 ou 20 %, ce que nous considérons comme un résultat appréciable. Nous pensons cependant que les recherches pétrolières ultérieures permettront de les préciser, mais nous sommes certain qu'elles ne les démentiront pas.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- A.G.I.P. Mineraria ente Nazionale Idrocarburi. -- *I giacimenti gassiferi dell'Europa*. Atti del Convegno di Milano (1957), 2 volumes avec cartes au 1/500 000°. Publié par l'Accademia dei Lincei en 1959.
- R. BLANCHARD. — *Les Alpes Occidentales*, tome VI, Le versant piémontais.
- M. PARDÉ. — *Revue de Géographie alpine*, 1952, fasc. III, Quelques indications sur le régime des rivières alpestres piémontaises.
- Ufficio Idrografico Dol Po. — *Statistica della aree dei bacini idrografici*, volume II, 1920, et volume III, 1925.
- Ministero dei Lavori Pubblici. Servizio Idrografico. — *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*, 1939 et 1954.
- G. VECCHIA. — *Sui principali caratteri strutturali dell'Italia settentrionale dedotti dalle misure gravimetriche* (*Riv. di Geofisica Applicata*, Anno XIII, fasc. I, p. 33-67), Milano, 1952.

Enfin nous tenons à remercier M. le professeur PARDÉ, qui a bien voulu nous aider de ses observations.