

Bulletin

DE LA

SOCIÉTÉ

GÉOLOGIQUE

DE FRANCE.

Come Vingt-deuxième. Deuxième série.

1864 A 1865.

PARIS,

AU LIEU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

RUE DE FLEURUS, 39.

1865

et paraissant disséminés sans ordre, s'est présentée une autre série de nodules discoïdes, disposés en lignes. A mesure qu'on s'avanceit au nord, dans la colline, ces disques prenaient de plus en plus de développement et se rapprochaient; puis ont fini par se confondre et par former plusieurs bancs continus de grès qui barraient complètement la tranchée.

Cette circonstance géologique, curieuse pour la science, a rendu le percement beaucoup plus long et beaucoup plus dispendieux, parce que l'autorité, en raison des dangers qu'auraient pu faire courir aux passants des coups de mines, n'a pas voulu autoriser l'emploi de la poudre pour l'abattage de cette roche; on a donc été obligé de la faire sauter à coup de masse et à l'aide de coins de fer, sur une étendue de plus de 120 mètres. Heureusement que le terrain inclinant légèrement au nord, en sens inverse de la pente de la rue, ces bancs ont fini par disparaître dans le sol, un peu au-dessus de la rue de Stockholm. Ces grès calcarifères, après leur exposition à l'air, c'est-à-dire quand ils ont perdu une partie de leur eau de carrière, deviennent assez durs pour être exploités, sur plusieurs points du bassin de Paris, comme pavés.

Grès de formation marine actuelle. — Cet exemple saisissant de la formation, peut-être très-récente et pouvant même se continuer encore aujourd'hui, nous porte d'autant plus à admettre que la plupart des grès se sont formés d'une manière analogue, postérieurement au dépôt des sables qui ont servi à les constituer, que nous avons en quelque sorte assisté, il y a déjà plus de trente ans, sur les plages sablonneuses de la Grèce, à la formation de grandes plaques et même de couches de grès, par l'agglutination des sables du rivage par un ciment également calcaire. Ce ciment était évidemment fourni par la mer; car ces grès où se rencontrent parfois, ainsi que nous l'avons fait connaître, des débris de céramique, ne se forment que dans la zone de flot, et ce qui le prouve, c'est que d'une part les sables cessent de s'agglutiner aux points extrêmes où les eaux de la mer, quand elles déferlent sur la plage, ne peuvent plus atteindre, et de l'autre que sa formation s'arrête également court à la ligne du niveau constant de la mer. Il n'y a d'exception à cette règle qu'en cas d'affaissement ou d'exhaussement du sol, ainsi que nous en avons reconnu un exemple, dans la presqu'île d'Anavolousa, de l'île de Myconos

tête de chou gigantesque, restée longtemps à la surface du sol en forme de témoin, attirait surtout l'attention des passants, qui la prenaient généralement pour une coquille fossile...

(Archipel), où un de ces bancs de grès a été soulevé, par un mouvement de bascule, sous une inclinaison de 20 à 25 degrés (1).

Il résulte pour nous de ces observations un fait qui nous paraît assez bien démontré, savoir : que les grès ne se forment pas et ne peuvent guère se former au fond de la mer; que les sables doivent y rester constamment à l'état meuble et que ce n'est qu'après leur émergence que ceux-ci peuvent s'agglutiner, parce que la chaux tenue en dissolution, soit par les eaux de la mer, soit par celles d'infiltration, a besoin de se combiner avec l'acide carbonique pour pouvoir se concrétiser à l'état de carbonate.

Nodules de phosphate de chaux. — Nous profitons de l'occasion que nous donne la présente communication pour relever l'erreur où sont tombés quelques géologues, relativement à l'origine des nodules de phosphate de chaux des sables verts et autres étages de la craie qui ne sont pas plus des coprolithes que des masses roulées ou remaniées. Ces rognons, généralement d'un vert noirâtre et de formes assez bizarres, n'affectent pas il est vrai, la régularité ordinaire des concrétions calcaires et ferrugineuses, mais ils n'en ont pas moins été formés, comme celles-ci, par un transport moléculaire du phosphate de chaux, très-probablement emprunté aux débris organiques des terrains avoisinants. Ainsi que cela a ordinairement lieu pour ces sortes d'imbibition, ce sont principalement les fossiles du terrain même qui ont servi de centres d'attraction. La présence de ces seuls fossiles des sables verts dans les rognons est donc bien plutôt la preuve de leur mode de formation postérieure dans les sables, qu'une preuve de provenance archaïque. En examinant d'ailleurs ces nodules avec soin, on reconnaît facilement qu'ils empruntent leur couleur au terrain même qui les renferme et qu'ils contiennent tous les éléments de celui-ci, agglomérés par la matière concrétante adventive, c'est-à-dire le phosphate de chaux (2).

(1) Voyez la planche II, figure 3, de notre coupe générale de Myocènes, dans l'Atlas du grand ouvrage de l'*Expédition scientifique de Morée*, et à la page 57 du tome II, 2^e partie du texte. — C'est au même phénomène maritime de la zone de flot, que sont également dues les concrétions mamelonnées, botrioides, de carbonate de chaux, colorées en noir par des matières organiques, que nous avons également fait connaître, comme indiquant la limite de cette zone de flot, tout le long du rivage rocheux et calcaire du cap Ténare (Matapan) et que nous avons fait aussi figurer, planche IX, figure 2.

(2) Ce mode de formation nous a été constaté par nous, nous nous en sommes souvent servi pour faire promptement et facilement

C'est donc avec raison que MM. Raulin, d'Archiac, Leymerie et Buvignier ont soutenu contre l'opinion d'Alcide d'Orbigny, que les rognons ou nodules phosphatés des sables verts de Novion, de Machéroménil et de Saucés, département des Ardennes, n'étaient pas des cailloux roulés ou remaniés, mais des masses qui s'étaient formées par concrétions postérieures dans les couches mêmes qui les renferment, à la manière des silex de la craie (1).

De quel banc, d'ailleurs, proviendraient ces masses de phosphate de chaux? Sans doute, au lieu de petits nodules clairs-semés qu'on rencontre généralement, il aurait pu se former une couche de grès à ciment de phosphate de chaux, comme il s'en forme à ciments siliceux, calcaires ou ferrugineux; mais malheureusement pour l'agriculture, dont les phosphates sont reconnus être aujourd'hui l'amendement le plus puissant et le plus énergique des terres arables, rien de semblable n'a encore été observé dans notre sol crayeux, où l'exiguité des nodules témoigne, au contraire, de la rareté du phosphate de chaux, leur élément constituant; dans les Ardennes, par exemple, où l'on commence à les exploiter sur de nombreux points, notre collègue M. Alfred Caillaux a constaté que la masse des nodules est tout au plus de deux et demi pour cent de la masse du terrain qui les renferment.

Une preuve de ce mode de formation peut encore se déduire d'une observation très-intéressante faite par M. Charles de Molon, le grand dénicheur de phosphates français, dont il a déjà reconnu des gisements dans une quarantaine de nos départements, auxquels il vient encore d'ajouter celui des Alpes-Maritimes, où l'on ne s'était pas douté jusqu'ici de leur existence; il y a reconnu dernièrement, aux environs de Grasse, les sables verts à nodules de phosphate de chaux, sur une longueur de plus de 15 kilomètres. Cet habile agronome, persévérant propagateur de l'emploi en agriculture de ce puissant amendement, dont M. Élie de Beaumont est le véritable initiateur en France (2), a fait, disons-nous,

l'analyse quantitative très-approximative de la matière imbibante qui est celle qui ordinairement intéresse, puisqu'il nous suffisait de constater par une pesée la différence de poids ou de densité entre deux volumes égaux de la roche à l'état naturel et de cette même roche imbibée; cette différence donne le tant pour cent de la matière du ciment, fer, chaux, silice ou phosphate de chaux, etc.

(1) Voy. *Bull. Soc. géol.*, 1^{re} sér., t. XIV, p. 485 et 2^e sér., t. I, p. 460; t. XIII, p. 604; t. XVIII, p. 808.

(2) Cet éminent géologue termine son remarquable travail sur les phosphates par la phrase toute poétique suivante : « L'agriculture, en

la remarque que, quand le gault faisait défaut sur un point, il y avait constamment absence de nodules phosphatés dans les sables verts. Cette observation judicieuse de la part d'un géologue praticien aussi exercé que M. de Molon a une certaine importance au point de vue de la recherche des gisements et peut aider à diriger avec plus de certitude les travaux d'exploitation qu'on pourrait être tenté d'entreprendre parfois infructueusement, si l'on n'était pas prévenu de cette circonstance géologique. Le fait s'explique d'ailleurs, par la raison que les eaux ont besoin de séjourner un certain temps pour pouvoir céder au sol les substances qu'elles tiennent en dissolution; or, toutes les fois que la couche perméable ne repose pas immédiatement sur une couche imperméable, les eaux sont entraînées trop rapidement pour que les concrétions puissent avoir le temps de se former sur ce point.

Nous pensons, de tout ce qui précède, que les nodules de phosphate de chaux, dont nous avons reconnu également la formation au milieu des guanos, peuvent aussi continuer à se former ou à s'accroître dans les sables verts, comme les silex à meulière, ceux de la Ferté-sous-Jouarre, entre autres, et nous ajouterons comme les minerais de fer en grains, ceux de la Franche-Comté, de la Bourgogne, du Berri, etc., qui, en dépit de l'opinion des géologues suisses, sont de formation postérieure au terrain et continuent aussi à se former. Que l'on consulte, à ce sujet, tous les ouvriers mineurs un peu expérimentés de ces contrées, surtout ceux des environs d'Autrey, près Gray; tous vous affirmeront que, là où l'on a déjà anciennement exploité, le minerai se reforme!... Autrefois, on aurait repoussé cette opinion de simples ouvriers mineurs et carriers comme indigne d'être prise en considération. Il n'en est plus de même aujourd'hui, et nous avons souvent eu occasion de constater que parmi ces hommes sans instruction, qui passent leur vie en présence de phénomènes que nous ne pouvons guère observer qu'en passant, il y en a qui sont doués de beaucoup d'esprit d'observation et de perspicacité; et en ce

utilisant les phosphates concrétés en nodules dans certaines couches géologiques, ferait rentrer dans le tourbillon organique les restes des races éteintes et rendrait à la vie, sous une forme nouvelle, la poussière des Iguanodons, des Mosasaures, des Poissons antédiluviens, merveille digne d'être comptée parmi celles d'une époque où l'on se parle à travers l'Océan, où l'homme, le bœuf, le roc lui-même, sont transportés avec la vitesse des oiseaux. » (*Moniteur universel* des 24, 25 juillet, 25 août 1856; 14, 12 février, 26, 27 mars, 18 et 28 juillet 1857.)

qui concerne leur opinion sur ces minerais de fer en grains, par exemple, nous avons récemment été assez heureux pour pouvoir la vérifier et la constater par nous-même. Dans une tranchée du chemin de fer de Gray à Vesoul qui s'est trouvée traverser, sur un point du territoire de la commune de Seveux, d'anciennes fouilles, au moment même où nous visitions les travaux, nous avons pu reconnaître que des grains et de petites géodes de minerais de fer s'y étaient déjà reformés et continuaient à s'y reformer par suite des infiltrations ferrugineuses assez abondantes auxquelles tout le sol argileux de cette partie de la vallée de la Saône paraît soumis.

Nous avions donc parfaitement raison de combattre comme tout à fait impropre le nom de *terrain sidérolithique* (1) qu'on cherche à introduire maintenant dans la science, du moins en tant qu'il doit représenter un horizon géologique constant qui serait caractérisé par les dépôts de minerais de fer en grains!... Car d'après les faits, on le voit, ces minerais peuvent être d'une origine très-moderne au milieu de terrains beaucoup plus anciens pouvant d'ailleurs différer d'âge géologique entre eux. Appliquer donc à ces différents dépôts un nom spécial serait évidemment s'exposer à amener des confusions regrettables qu'il faut plutôt chercher à éviter.

M. de Mortillet lit le mémoire suivant :

L'époque quaternaire dans la vallée du Pô;
par M. G. de Mortillet.

La vallée du Pô, une des plus belles d'Europe, est bordée au nord par les Alpes et au sud par les Apennins. Ce sont là deux magnifiques barrières! Les Alpes, au mont Blanc, atteignent jusqu'à 4810 mètres d'altitude et dans le mont Rose 4630. Les Apennins contiennent une série de sommets qui dépassent, même parfois de beaucoup, 2000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Pourtant, d'après les anciennes idées, ces deux gigantesques chaînes de montagnes seraient chacune le produit d'une seule (2) révolution, de

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2^e sér., t. XVI, p. 445.

(2) Les Alpes sont divisées en deux systèmes appartenant chacun à un soulèvement différent. Mais chaque système n'en serait pas moins le produit d'une seule révolution très-violente et très-rapide.

courte durée, qui les aurait fait surgir tout à coup, comme par enchantement. Là où il y avait une plaine, se forme d'un seul jet une chaîne de montagne de 4000 mètres de haut, longue de plusieurs centaines de kilomètres. ... C'est la théorie de la création de toute pièce appliquée aux chaînes de montagnes.

Cette théorie a régné en maîtresse absolue pendant longtemps. Elle compte même encore un certain nombre de partisans. Pourtant la simple observation des faits la bat en brèche de toute part.

Pour ne parler que des Alpes, lorsqu'on étudie la composition géologique de cette chaîne de montagnes, comme je l'ai fait dans mon mémoire : *Les terrains du versant italien des Alpes comparés à ceux du versant français* (1), on reconnaît jusque vers le centre des dépôts appartenant aux époques triasique et liasique. Les dépôts des époques suivantes ne pénètrent plus jusqu'au centre de la chaîne. Il y avait donc déjà alors une certaine élévation du sol qui le faisait surgir au-dessus de la mer. Ainsi le premier soulèvement des Alpes date au moins (2) de l'époque liasique, c'est-à-dire du milieu de la grande période secondaire.

En outre, les divers dépôts des époques postérieures se trouvent, d'une manière générale, échelonnés en retrait au pourtour du noyau central, ce qui montre que le soulèvement est toujours allé en augmentant, et cela d'une manière bien lente et bien paisible puisque, commencé pendant l'époque jurassique, il a duré pendant toute la série crétacée et la période tertiaire.

Une preuve directe et irrécusable de l'extrême lenteur du soulèvement des montagnes se tire du plissement et du contournement des roches. Dans presque toutes les chaînes de montagnes, mais peut-être plus encore dans les Alpes que partout ailleurs, on voit des couches très-diversement plissées et contournées. Quand ces plissements se sont formés les couches étaient déjà complètement solides, sans quoi, au lieu de rester intactes, de conserver leurs caractères distinctifs et leur puissance respective, elles auraient

(1) Gabriel de Mortillet, extrait du *Bull. Soc. géol. de France*, 2^e sér., vol. XIX, p. 849 à 907, séance du 5 mai 1862.

(2) La distribution des dépôts anthracifères et la composition des poudingues de ces dépôts montrent qu'à l'époque houillère il y avait déjà dans les Alpes de profondes dépressions et des rochers s'élevant au-dessus des plaines, subissant d'assez puissantes actions de dénudation. Ces rochers se trouvaient à peu près dans la position des noyaux cristallins actuels.

formé un énorme empâtement où tout se serait trouvé confondu. Eh bien, pour plisser, tordre, froisser, comme on le voit dans les Alpes, des couches solides, sans les réduire en poussière, sans les briser en mille et mille fragments, il faut nécessairement une action d'une lenteur prodigieuse. Quoi de plus cassant, de moins flexible que le silex ? Pourtant en Lombardie, entre la ville d'Iséo et Pilzone, en remontant la rive gauche du lac, sur un petit sentier qui conduit à une grotte, on voit dans un calcaire blanc, aux couches toutes froissées et contournées, des lits de silex qui ont été courbés en forme de tuiles, sans se briser. Les quartzites des Alpes, ces grès compactes, à ciment siliceux, qui se rompent si facilement, se rencontrent parfois courbés, comme repliés sur eux-mêmes sans avoir été cassés, même fendus. On peut en voir un magnifique exemple en Savoie, dans la vallée de la haute Isère, sur la route de Brévière à Tignes. Cet exemple est d'autant plus concluant qu'en ce point les couches de quartzite, qui n'ont que quelques centimètres d'épaisseur, sont très-régulières, très-nettement dessinées, parfaitement conservées, et pourtant toutes repliées de la manière la plus brusque. On en peut détacher qui sont recourbées en demi-cercle et forment comme des chéneaux pas plus grands que les chéneaux ordinaires de nos toits.

Il est évident que les soulèvements lents et progressifs, en faisant tendre de plus en plus les couches formant l'écorce terrestre, ont dû produire de temps en temps des craquements, des ruptures, ce que les géologues appellent des failles. Mais ces craquements, ces ruptures, ne se produisaient pas d'un seul coup partout, tous ensemble, n'occasionnaient pas de grands bouleversements généraux ; ils constituaient une série de phénomènes plus ou moins fréquents, plus ou moins violents et plus ou moins étendus, phénomènes qui ne sont autre chose que les tremblements de terre. Les chaînes de montagnes au lieu de s'être formées d'un seul jet, par suite d'une violente révolution, sont donc le produit de soulèvements lents et de tremblements de terre successifs ayant agi pendant un laps de temps énorme. Un grand défaut, très-répandu en géologie, consiste à marchander avec le temps. Le temps pour le géologue doit être ce qu'est l'espace pour l'astronome, une donnée presque infinie. Les quelques années pendant lesquelles se déroule l'histoire sont aux temps géologiques, ce que les petites distances qui séparent les divers points de notre globe sont aux espaces célestes. En poursuivant cette comparaison, parfaitement juste, la longueur de l'époque quaternaire qui nous occupe spécialement peut être assimilée

aux dimensions de notre système planétaire. Les six mille ans traditionnels équivaldraient au diamètre de la terre dont la longueur se trouve 12 000 fois dans l'espace qui sépare le soleil de la terre et 230 000 dans celui qui le sépare d'Uranus.

Non-seulement la chaîne des Alpes ne s'est pas formée tout d'une pièce, en une seule fois, mais, ainsi que je l'ai établi dans mon travail : *Les terrains du versant italien des Alpes comparés à ceux du versant français*, elle a subi de nombreuses oscillations qui ont successivement soulevé ou abaissé quelques-unes de ses parties. Je ne rappellerai ici qu'un exemple qui a eu un grand retentissement ces dernières années. En Savoie, entre Saint-Jean de Maurienne et Saint-Michel, on voit des roches nummulitiques, tertiaire inférieur, reposer directement sur des couches liasiques. Cette portion des Alpes était donc à sec pendant la plus grande partie de la grande période secondaire. Elle s'est abaissée au commencement de la période tertiaire; puis, après le dépôt d'assises nummulitiques, elle s'est soulevée de nouveau et n'a plus été recouverte par la mer.

La formation d'une chaîne de montagnes est, comme on le voit, un fait complexe, résultat d'un grand nombre d'actions et de réactions prolongées pendant de longues périodes et concourant lentement à l'œuvre commune.

Généralement, d'après M. Élie de Beaumont, le grand classificateur des chaînes de montagnes, on admet que les Alpes sont de formation extrêmement récente, bien plus récente que les Apennins. C'est le contraire pourtant qui est vrai. En effet, la chaîne des Alpes se dessine, comme on vient de le voir, depuis l'époque jurassique, c'est-à-dire le milieu de la période secondaire, tandis que la chaîne de l'Apennin a son noyau formé par des macignos qui appartiennent à l'époque éocène ou tertiaire inférieure. Ainsi, l'origine de la chaîne de l'Apennin est de beaucoup postérieure à celle de la chaîne des Alpes. Si, négligeant l'origine, on ne veut tenir compte que du dernier soulèvement ayant laissé des traces bien sensibles, on arrive au même résultat. Les dernières roches soulevées dans les Alpes sont les mollasses de l'époque miocène ou tertiaire moyen, tandis que dans l'Apennin on rencontre le pliocène ou tertiaire supérieur dialoqué, soulevé, redressé.

Ce sont ces dépôts pliocènes qui forment le fond de la vallée du Pô. On les trouve tout le long de l'Apennin, ce qui les a fait désigner sous le nom de terrains subapennins. Au centre de la plaine on les voit très-développés dans l'Astésan, et on les

retrouve à la colline de San-Colombano, en Lombardie, entre Pavie, Lodi et Plaisance. Sur le côté nord, ils ont été fortement dénudés ; pourtant des lambeaux qui existent aux environs d'Ivrée et près du lac d'Orta en Piémont, à la Folla d'Induno, près de Varèse, à Nèse près Bergame et à Castenedolo près Brescia, en Lombardie, montrent que la formation vient bien s'appuyer contre la base des Alpes. Elle se compose essentiellement d'argiles ou marnes bleues qui ont parfois une très-grande puissance. Ainsi M. le comte Corbelli ayant fait exécuter un forage artésien à sa villa de Rivoltella, dans la plaine de Reggio, Émilie, la sonde a traversé plus de 675 mètres de ces argiles sans en atteindre la base. Ces argiles contiennent des coquilles marines, surtout à leur partie supérieure et autour du bassin. Elles constituent un dépôt de fond, ce qui est confirmé par les coquilles qu'on y trouve. Ce sont effectivement des espèces qui appartiennent dans leur ensemble à une faune propre aux eaux qui ont une certaine profondeur.

Sur ces argiles reposent assez généralement des sables jaunes, développés surtout au pourtour du bassin. C'est là un dépôt côtier. En effet les coquilles contenues dans ces sables sont nombreuses et appartiennent à des espèces de rivage. On trouve aussi assez fréquemment dans ces sables des débris végétaux et des ossements d'animaux terrestres, corps flottés qui dénotent une côte voisine. Enfin ces sables contiennent souvent en très-grande abondance des cailloux plus ou moins gros, disséminés en petits lits ou en amas. Ces cailloux se montrent surtout vers la partie supérieure du dépôt. Le pliocène de la vallée du Pô offre donc dans son ensemble la coupe théorique suivante en allant de haut en bas :

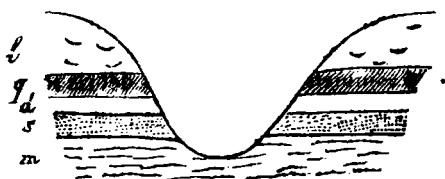
Zone côtière. du N.E.	{	Lits de cailloux, côte immédiate.
		Sables grossiers, voisinage de la côte.
		Sables fins, première influence de la côte.
Zone de pleine mer.	{	Argile très-fossilifère, région de la faune de pleine mer qui demande une certaine hauteur d'eau, mais qui pourtant pas trop n'en veut.
		Argile de moins en moins fossilifère, diminution de la vie par suite de l'augmentation de la profondeur.
		Argile presque sans fossiles, mer très-profonde.

De cette disposition générale et régulière on doit conclure qu'il y a là deux formations de nature différente, l'une de mer assez profonde, l'autre côtière; et, comme cette dernière recouvre la première sur de très-grandes étendues, il faut admettre que la

mer se retirant progressivement, le dépôt côtier s'est successivement avancé vers le centre de la plaine, recouvrant peu à peu les argiles déposées précédemment. Ce qui confirme cette appréciation, c'est que les argiles deviennent en général plus puissantes en s'éloignant des bords du bassin.

Après le retrait de la mer, il y a eu dans les parties extérieures du bassin, comme dans l'Astésan, dépôt d'eau douce. Ce dépôt commencé vers la fin de l'époque pliocène s'est continué avec modification de faune pendant l'époque quaternaire. En suivant le chemin de fer de Turin à Asti, à la descente qui se trouve entre les stations de Villanova et de Villafranca, on peut observer une coupe très-intéressante, signalée déjà depuis assez longtemps par R. Gastaldi.

Coupe entre Villanova et Villafranca.



- m* — Marnes bleues.
- s* — Sables jaunes.
- d* — Dépôt d'eau douce pliocène.
- q* — Quaternaire fluviatile.
- l* — Lehm.

Sur les marnes bleues pliocènes *m* de pleine mer reposent les sables jaunes, pliocène supérieur, *s*, avec Balénoptères et Dauphins, dépôt côtier. Au-dessus repose un autre dépôt *d*, avec Unios et autres coquilles d'eau douce; ce sont les atterrissements fluviaux de la fin de la période pliocène, généralement composés de graviers gros et menus et de sables souvent très-purs. Ils contiennent beaucoup de débris de Mastodontes et d'Éléphants, et aussi quelques-uns de Rhinocéros et d'Hippopotames (1).

Tetralophodon (Mastodon) arvernensis, Croiz. et Job.

Trilophodon (Mastodon) Borsonii, Hays.

Loxodon (Elephas) meridionalis, Nusti.

(1) Bartolomeo Gastaldi, *Cenni sui vertebrati fossili del Piemonte*, 1858, in-4.

Euclephas (Elephas) antiquus, Falc.
Rhinoceros leptorhinus, Cuv.
Hippopotamus major, Nesti.

Ces alluvions d'eau douce sont superposées sans interruption aux couches marines et se mêlent pour ainsi dire avec elles; aussi s'est-il trouvé dans l'Astésan une dent de Mastodonte à laquelle adhérerait une Huître. C'est par degrés aussi, très-insensiblement, qu'elles passent à des couches d'argile, de marne et de calcaire grossier, *q*, constituant un vrai fond de marais et renfermant beaucoup de débris de ruminants, diverses espèces de Bœufs, *Bos*, et Cerfs, *Cervus*, de Solipèdes, Cheval, *Equus*, et de rongeurs Marmotte, *Arctomys*, faune qui a la plus grande analogie avec la faune actuelle du pays et même avec celle des régions plus froides. En effet, dans le calcaire grossier quaternaire, à une élévation seulement de 250 mètres environ au-dessus de la mer, on a découvert, en 1846, près Ferrere, Astésan, un crâne entier et quelques os d'une Marmotte très-voisine de celle qui vit actuellement sur les sommets des Alpes. Ces débris sont dans la collection du Valentino. Le musée de Turin en possède d'autres provenant des mêmes couches. C'est aussi très-probablement du même niveau que provient une molaire de jeune Mammouth, *Elephas primigenius*, Blum., trouvée dans le Pô, entre Moncalieri et Carignano.

Enfin, le tout est recouvert par le lehm, *l*, dépôt argileux rouge, très-puissant, très-uniforme, contenant des concrétions calcaires, mais sans fossiles.

De nombreux ossements fossiles trouvés dans la partie la plus basse du Piémont, et surtout en Lombardie, montrent que les dépôts quaternaires et même peut-être les alluvions pliocéniques se retrouvent, le long du Pô, presque à la surface du sol.

On a découvert dans les sables du Pô, entre Casteggio et Stradella, où d'une manière plus précise, entre Pontalbera et Arena, un magnifique crâne de *Cervus megaceros*, Aldr., deux belles têtes de Bœuf, dont l'une au moins appartient au *Bos urus*. Ces fossiles se trouvent actuellement dans le cabinet de Pavie. Dans les graviers de la rive opposée, on a trouvé aussi plusieurs fragments d'Éléphant et une dent de *Rhinoceros*, probablement le *tichorhinus*.

Près de Casteggio, une portion d'humérus d'un Bœuf gigantesque.

A peu de distance de la fontaine dite d'Annibal, des fragments de défense d'un jeune Éléphant.

Sur les rives du Pô, entre Casteggio et Montaldo, un os et quelques dents bien conservées de *Rhinoceros tichorhinus*, très-probablement.

A Casteggio même, dans les fouilles d'une cave, une dent canine de l'*Ursus spelæus* (1).

Dans le Pô, en face d'Arena, un très-beau fémur d'Éléphant (2).

Au-dessous de Pavie, près la Torre de Negri, à peu de distance de Belgioioso, plusieurs grands ossements d'Éléphant, Rhinocéros, Élan, Bœuf.

Entre Belgioioso et Spessa, Éléphant.

Tout près de Belgioioso, au rio Sanguigno, un fémur d'Éléphant.

Entre le Pô et San-Colombano, fragment de mâchoire d'Éléphant.

Sur les rives du Serio, près Crema, fragment de défense.

Près de Lodi vieux, sur les bords du Lambro, une portion de tête d'Élan.

Dans le même territoire de Lodi, près la Muzza, bois gauche d'un Élan.

Près du confluent du Lambro avec le Pô, tête de grand Bœuf.

Dans la vallée du Lambro, [près Malegnano, une autre tête de grand Bœuf (3).

Enfin, Balsamo-Crivelli a déposé au musée de Pavie une portion de mâchoire d'*Elephas meridionalis*, Nesti, trouvée en 1857, sous 3 mètres de terrain alluvional, près de San-Colombano, dans le val d'Amagna, mais plutôt dans le bassin du Lambro que dans la colline.

Toute cette faune, grands Bœufs, grands Cerfs, Ours des cavernes, *Rhinoceros tichorhinus*, appartient bien à la période quaternaire, période pendant laquelle vivaient encore des Éléphants, tels que le Mammouth, *Elephas primigenius*. Quant à l'*Elephas meridionalis*, qui était abondant vers la fin de l'époque pliocène, lorsque vivaient les Mastodontes, a-t-il prolongé son existence jusqu'à l'époque quaternaire? C'est très-probable. Cependant, comme la colline de San-Colombano est pliocénique, il pourrait bien se faire que

(1) Balsamo-Crivelli, dans la *Rivista italiana di scienze, lettere ed arti*, 43 déc. 1863, p. 796.

(2) Spallanzani, *Viaggi alle due Sicile*, 1793, in-8, vol. IV, chap. 34, p. 342.

(3) Breislak, *Descrizione geologica della provincia di Milano*, 1822, in-8, chap. 7, 450 à 463.

l'individu du val d'Amagna appartient aux couches alluvionales du pliocène.

Pendant l'époque pliocène, la vallée du Pô, limitée déjà par les Alpes et l'Apennin, était occupée par la mer. Un soulèvement lent et progressif du sol a fait peu à peu écouler cette mer. Le rivage se rapprochait successivement du rivage actuel de l'Adriatique et des alluvions d'eau douce se déposaient dans la partie supérieure de la vallée formant une plaine de plus en plus étendue. Ce soulèvement continuant, ces premières alluvions et les dépôts marins sous-jacents ont dû éprouver l'action corrodante des eaux courantes, et il a dû se produire de grands ravine-ments. Ce sont ces corrosions et ces ravine-ments qui ont fourni les éléments des dépôts de sables et de cailloux qui se sont formés successivement sur les marnes bleues à mesure que la côte se rap-prochait du bassin actuel de l'Adriatique.

Le retrait successif de la mer pliocénique pourrait être attribué à une simple action de remplissage du bassin, à un colmatage lent, produit par des courants d'eau plus ou moins trouble venant se jeter à la mer. Mais, ce qui prouve que cette explication est in-suffisante et qu'il y a eu soulèvements accompagnés de grandes dénudations, c'est la différence des niveaux auxquels se trouvent actuellement les dépôts pliocènes. Ainsi, pendant que dans la plus grande partie de la vaste plaine du Pô ils sont profondément enfouis dans le sous-sol, probablement, parfois au-dessous du niveau actuel de la mer, on les voit s'élever plus ou moins au-dessus du niveau de la plaine à Castenedolo près Brescia et à San-Colombano en Lombardie, où ils forment des monticules dominant tout le sol environnant, de même à Nèse près Bergame et à la Folla d'Iuduno près Varèse, où ils sont dans la région des collines, au-dessus de cours d'eau qui s'écoulent vers la plaine, aux environs d'Ivrée, bien au-dessous du lit de la Doire, dans les collines de l'Astésan, et surtout sur les pentes de l'Apennin. C'est surtout sur ces pentes qu'on rencontre les dépôts pliocènes à d'assez grandes altitudes et qu'on voit très clairement qu'ils ont été soulevés, dis-loqués. Ils forment là parfois de hauts plateaux séparés de la plaine par de grandes brisures.

Après le soulèvement des dépôts pliocènes et le ravinement qui en a été la conséquence inévitable, s'est produit une action inverse. Il y a eu un affaissement lent et progressif du sol. Pendant cet affaissement toutes les parties précédemment ravinées se sont remplies successivement d'alluvions qui se sont élevées bien au-dessus des niveaux actuels, puisque tous les cours d'eau de la

plaine du Pô coulent actuellement au pied de terrasses alluvionales plus ou moins hautes. En outre, sur divers points des collines on retrouve des lambeaux de ces anciennes alluvions qui montrent qu'elles se sont élevées souvent bien au-dessus des plateaux actuels.

Est venu ensuite un nouveau soulèvement qui, rendant aux eaux courantes une plus grande puissance de corrosion, a fait creuser le lit actuel de toutes les rivières, de tous les torrents qui sillonnent la plaine. C'est à ce soulèvement qu'est due la formation des terrasses longitudinales qui accompagnent tous les cours d'eau un peu importants. Ce nouveau soulèvement, à ce qu'il paraît, par moments s'est très-fort ralenti, et par moments, au contraire, a été plus actif, plus énergique ; c'est ce qui a occasionné la formation de diverses terrasses à des niveaux différents.

Ces trois mouvements successifs du sol : grand soulèvement vers la fin de l'époque pliocène, affaissement considérable dans la première partie de l'époque quaternaire, ensuite nouveau soulèvement, ces trois mouvements, dis-je, ont laissé des traces authentiques, évidentes, indubitables. Ce n'est point là une hypothèse hasardée, c'est une déduction nette, précise, qui découle tout naturellement, qui découle forcément de l'observation impartiale des faits et de l'interprétation rationnelle des lois de l'hydrostatique, des lois qui régissent le régime des eaux. La corrosion du sol suppose nécessairement un exhaussement de ce sol au-dessus du niveau de la mer. L'accumulation de dépôts d'alluvions suppose l'action contraire, un abaissement.

Pendant que la plaine du Pô, s'exhaussant ou s'affaissant successivement, éprouvait de grandes corrosions ou se remplissait d'alluvions, il se produisait dans les Alpes un phénomène fort intéressant. Les glaciers, qui maintenant se trouvent relégués seulement autour des plus hauts sommets dans les grands massifs, prenaient un immense développement, envahissaient toutes les vallées alpines et venaient même déboucher dans la plaine à l'extrémité de ces principales vallées, comme je l'ai établi dans la notice qui accompagne ma *Carte des anciens glaciers du versant italien des Alpes*.

Partout où les glaciers ont pénétré jusqu'à la plaine du Pô, les dépôts glaciaires extrêmes reposent sur les alluvions des plus hautes terrasses, des plus hauts plateaux. La plus grande extension des glaciers correspond donc à l'époque du plus grand affaissement du sol. Ce n'est qu'après cette plus grande extension que les cours d'eau ont creusé leur lit actuel et que se sont formées

les terrasses successives. Ce fait, constaté par l'observation directe, nous met à même de conclure que les glaciers se développaient pendant la période d'affaissement du sol, et qu'ils se sont retirés pendant la dernière période d'exhaussement. Mais, comme les moraines terminales, par leur immense développement, prouvent que les glaciers sont restés pendant fort longtemps à leur maximum, il est à présumer qu'entre les deux mouvements inverses du sol, il s'est passé une fort longue période de repos, pendant laquelle le sol n'a subi aucun mouvement.

L'étude des faunes renfermées dans les diverses assises qui constituent la plaine du Pô vient confirmer toutes les déductions qui précèdent.

Pendant l'époque pliocène, la mer Subapennine était peuplée d'espèces d'animaux dont une partie existent encore dans la Méditerranée. Les espèces éteintes se rapprochent aussi beaucoup des espèces existant dans le même bassin. Il en est pourtant quelques-unes qui dénotent une température légèrement plus élevée que la température actuelle. Les animaux terrestres conduisent à la même conclusion. Ce sont des Mastodontes, des Éléphants, des Rhinocéros, des Hippopotames, animaux appartenant à des genres qui sont relégués actuellement dans les pays les plus chauds. Les mollusques terrestres et d'eau douce, qui ont encore moins varié que les animaux marins et les mammifères, nous fournissent une preuve plus concluante. En effet, dans des couches d'eau douce du pliocène de San-Agata, vallée de la Scrivia, en Piémont, on trouve en abondance le *Melanopsis prærosa*, Linn., ou *M. buccinoidea*, Fér., espèce encore très-répandue, mais seulement en Espagne, dans les îles de la Méditerranée, et en Asie Mineure. On y trouve aussi la *Melania curvicosta*, Desh., qui de l'avis de ce célèbre conchyliologiste n'est autre que la *M. tuberculata*, Mull., qui vit actuellement en Algérie. Dans la collection Michelotti, à Turin, j'ai vu l'*Helix vermicularia* de Brocchi, provenant du pliocène marin de la vallée d'Andova, Astésan; ce n'est qu'un type très-chagriné de l'*H. vermiculata*, type que l'on retrouve parfois actuellement en Ligurie. La même collection contient la véritable *Helix vermiculata* de la couche à Mastodonte, superposée au pliocène marin, de Ferrere, également dans l'Astésan. Maintenant l'*Helix vermiculata* n'habite plus le Piémont; pour la retrouver, il faut franchir l'Apennin et aller sur les bords de la Méditerranée. L'époque pliocène, même vers la fin, avait donc une température un peu plus élevée que celle qui existe de nos jours.

Cette température a dû diminuer progressivement pendant les

premiers temps de l'époque quaternaire. En effet, nous voyons disparaître les Mastodontes avec la période tertiaire; mais certaines espèces se prolongent davantage, comme l'*Elephas meridionalis* et l'*Hippopotamus major*. Pourtant ils s'éteignent aussi pour faire place à une faune appropriée à supporter un climat beaucoup plus froid. Cette faune se compose de grands Bœufs, de grands Cerfs; on y voit des Marmottes jusque dans la plaine. Il y a, il est vrai, encore un Éléphant, le *primigenius*, et un Rhinocéros, le *tichorhinus*; mais des corps de ces animaux trouvés gelés dans les glaces de la Sibérie montrent qu'ils étaient couverts de longs poils et de laine, et que par conséquent ils étaient faits pour habiter un climat froid.

Dans la plaine du Pô, les débris de cette faune se trouvent dans les dépôts presque superficiels, ce qui montre qu'elle vivait au moment du grand affaissement du sol, moment de la grande extension des glaciers.

La position des moraines terminales des anciens glaciers sur les alluvions anciennes des plateaux, la dissémination en dehors de ces moraines des gros blocs roulés également à la surface de ces plateaux et non dans le lit actuel des cours d'eau, prouvent que ces lits se sont creusés depuis la grande extension des glaciers. Mais on se demande ce que sont devenues toutes les matières, produit des dénudations qui ont façonné les terrasses? Elles ont dû prolonger la plaine au détriment de la mer, qui s'est toujours resserrée de plus en plus. Mais un phénomène qui a absorbé une énorme quantité de sédiments est un affaissement par glissement qui s'est produit dans le bassin de l'Adriatique. Ce glissement du sol a été établi très-clairement par les puits artésiens de Venise. En forant ces puits jusqu'à des profondeurs variant entre 60 et 170 mètres au-dessous du niveau de la mer, on n'a traversé que des dépôts d'eau douce, et à divers niveaux on a rencontré des couches tourbeuses, avec débris de végétaux annonçant une ancienne végétation à l'air libre, un ancien sol. L'enfouissement de ces sols et de ces dépôts d'eau douce à une grande profondeur au-dessous du niveau actuel de la mer ne peut s'expliquer que par un glissement lent des sédiments terrestres dans les profondeurs du bassin de l'Adriatique, glissements qui ont, d'une part, déterminé la courbe des couches aquifères, de manière à en faire des bassins de réception, et, d'autre part, qui ont poussé assez avant dans la mer l'extrémité de ces couches, et les ont assez tassées pour ne pas permettre à l'eau interposée de

s'écouler librement, ce qui fait qu'elle remonte dans les trous de sonde et jaillit au-dessus de la surface du sol.

Cet abaissement du sol, par glissement, se reconnaît aussi par l'étude des terrasses. En se rapprochant de la mer, ces terrasses s'abaissent et finissent par disparaître; on voit que le sol restait à un niveau assez bas pour échapper aux actions corrosives et dénu-dantes des cours d'eau.

L'étude des vallées des montagnes qui aboutissent à la plaine du Pô vient confirmer toutes les données déduites de l'étude de la plaine elle-même. Du côté des Alpes, les phénomènes glaciaires ont compliqué la question; mais du côté de l'Apennin il n'en est point ainsi. Dans ces vallées, les cours d'eau coulent sur des assises plus ou moins épaisses de cailloux, ce qui prouve que les lits de ces cours d'eau étaient plus profonds autrefois et qu'il y a eu depuis un affaissement qui a permis aux dépôts de se former. D'autre part, on voit sur les côtés des vallées des amas de cailloux plus ou moins considérables jusqu'à d'assez grandes hauteurs, ce qui prouve de grandes corrosions qui n'ont pu se faire que par suite d'un soulèvement du sol. Il y a donc eu un premier soulèvement qui a fait creuser les vallées à un niveau plus bas que le niveau actuel, puis un affaissement qui a fait combler les anciennes vallées jusqu'à une assez grande hauteur, enfin un nouveau soulèvement, moins considérable que le premier, qui a, en grande partie, fait débayer ces vallées. La vallée du Reno, qui débouche dans la plaine près de Bologne, peut servir de type pour l'étude de ces divers mouvements, et cela d'autant plus qu'elle contient un chemin de fer qui en rend l'accès facile et dont les travaux ont mis la constitution géologique bien en relief. La voie ferrée est placée dans la majeure partie de son parcours au milieu du lit du fleuve, et pourtant elle repose toujours sur les cailloux qui ont été assez profondément excavés par des chambres d'emprunt destinées à fournir les matériaux de la chaussée. Sur les côtés, les berges de la vallée montrent des lits de cailloux qui, sur l'ancienne route à la montée de Sihauo, sont à plus de 31 mètres au-dessus du lit actuel du Reno, à la même hauteur, au point où l'on a rectifié la route à Boschi, enfin à 35 mètres au plateau de Calvenzano. Ce point de Calvenzano est d'autant plus intéressant, que dans le ravin qui est en aval, on voit au niveau du plateau un cône de dégorgeement assez important qui prouve ce que les moraines terminales des anciens glaciers ont déjà fait reconnaître, savoir: qu'entre la fin de l'époque d'affaissement et le commencement de l'époque du

second soulèvement il s'est écoulé un assez long espace de temps.

Malheureusement jusqu'à présent on n'a rien trouvé dans les terrains quaternaires de la vallée du Pô qui puisse fournir des données pour l'histoire de l'Homme. Les instruments de pierre de l'Apennin sont épars à la surface du sol. Les objets des tourbiers et des lacs de la partie du nord de la plaine sont à des niveaux qui n'ont pas varié depuis le dépôt de ces objets; enfin les marnières de l'Émilie se trouvent sur un sol qui n'a subi depuis leur formation que quelques légères corrosions ou plus fréquemment encore des atterrissements plus ou moins considérables par l'effet lent du colmatage et par suite d'inondations, mais tout cela, géologiquement parlant, est bien peu de chose et n'a point d'importance.

Ces mouvements successifs du sol :

Exhaussement à la fin de la période tertiaire,

Abaissement pendant la première partie de la période quaternaire,

Et nouvel exhaussement pendant la seconde partie de cette période,

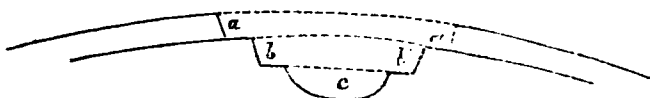
Se reconnaissent très-bien, non-seulement dans la plaine du Pô, mais dans toute l'Italie. Paolo Savi, de Pise, les a signalés en Toscane (1). Je les ai reconnus dans les environs de Rome (2). Lyell s'est depuis longtemps occupé de ceux de la Sicile. Seulement, sur le versant méditerranéen de l'Apennin, la côte actuelle étant généralement rocheuse et solide n'a pas glissé, comme à Venise, dans la profondeur de la mer, et l'on retrouve les coquilles marines jusqu'à des niveaux très-élevés, nouvelle preuve directe du soulèvement de l'époque quaternaire.

A la suite de la communication de M. de Mortillet, M. Dausse présente les réflexions que voici :

« M. de Mortillet vient de dire que les chemins de fer longitudinaux de la vallée du Pô, à la rencontre de tous les grands affluents de la rive gauche, ont donné cette coupe :

(1) Paolo Savi. *De movimenti avvenuti dopo la deposizione del terreno pliocenico nel suolo della Toscana*, Pise, 1863 (extr. du *Nuovo cimento*, avril et mai 1863).

(2) Gabriel de Mortillet. *Géologie des environs de Rome*, Milan, 1864 (extr. des *Atti della Soc. Ital. sc. nat.*, séance du 26 juin 1864).



» Présentant 1° deux cônes de déjections superposés l'un à l'autre et rendus distincts par l'étage arqué *aa'*; 2° au-dessous, un autre étage *bb'*, non arqué; 3° au-dessous encore, un dernier évidemment *c*, en forme de cunette, au fond duquel coule aujourd'hui l'affluent.

» Et M. de Mortillet attribue les divers évidements *aa'* *bb'* et *c*, à des soulèvements géologiques. Je crois devoir faire à ce propos les observations suivantes :

» Lorsqu'on dénude et qu'on défriche un bassin montueux, on ôte au sol la consistance que la végétation lui avait acquise. L'équilibre est ainsi rompu trop souvent entre la force érosive des eaux courantes et la résistance du sol. Les torrents que cet équilibre *éteignait* (1) se raniment; ils se remettent en *activité*, et cela dure jusqu'à ce que, à force d'excaver leur région supérieure, le *urbassin d'érosion* (2), et de relever à l'issue de leur couloir la vallée où ils débouchent, en y étalant et en y amoncelant leurs dépôts, couche par couche, sous forme de cône épaté, leur force érosive ne puisse plus vaincre la résistance du sol. À ce terme, la végétation, si elle était laissée libre, pourrait consolider d'elle-même l'équilibre rétabli, et de plus en plus éteindre les torrents; c'est-à-dire que les crues de ces torrents (les crues seules sont capables d'opérer des érosions et des dépôts considérables, des déformations très-notables de la surface terrestre) deviendraient de moins en moins chargées de matières pierreuses et terreuses, et par conséquent de moins en moins visqueuses. Mais alors, et pour cela même, il leur faudrait une moindre pente, conformément au principe dont j'ai longuement entretenu l'Académie dans plusieurs mémoires récents dont je renets aujourd'hui le sommaire à la Société géologique; en sorte qu'un second travail incessant succéderait immédiatement au premier; et ce nouveau travail, moins rapide que l'autre, progresserait en sens inverse, c'est-à-dire au rebours du courant, telle étant essentiellement la manière de progresser de

(1) Heureuse expression due à M. Surell.

(2) M. Surell appelle, comme on sait, cette région supérieure *bassin de réception*; elle me semble mieux nommée *bassin d'érosion*, qualification plus en rapport, intrinsèquement, avec celles des deux autres parties des torrents, le *couloir* et le *cône de déjections*.

toute érosion. C'est ainsi que les cours d'eau finissent par s'encaisser d'eux-mêmes dans leurs propres déjections, et c'est pourquoi la profondeur de l'encaissement croît en remontant, à mesure que la moindre pente d'équilibre des eaux moins visqueuses de l'époque d'*extinction* plonge de plus en plus sous la plus grande pente d'équilibre des eaux plus visqueuses de l'époque d'*activité*.

» Le phénomène dont j'ai ici en vue spécialement quelques effets est résumé, je crois, tout entier dans cette courte synthèse.

» Mais la dénudation de main d'homme d'un sol montueux pourrait-elle jamais donner lieu aux immenses cônes de déjections des affluents de la rive gauche du Pô?

» Je ne le crois pas.

» Je crois qu'il faut chercher ailleurs la cause en question : d'abord, par exemple, dans le soulèvement du sol montueux; et, s'il y a bien dans la vallée du Pô, à tous les grands affluents de la rive gauche, les deux cônes de déjections superposés de la coupe de M. de Mortillet, on les attribuerait alors à deux soulèvements plus ou moins rapprochés, mais distincts. D'autres explications viendront tout à l'heure.

» Quant à l'encaissement du cours d'eau dans le cône de ses déjections, il succède toujours immédiatement à la formation du cône, quelle que soit la vraie cause première de l'entraînement plus ou moins précipité des matériaux constituant ce cône. Puis, une sorte de périodicité dans le retour des grandes crues des affluents, pendant le cours de la clarification de leurs eaux, en d'autres termes, des accès violents et passagers dans ce retour des grandes crues, et de plus simultanés pour tous ces affluents, accès non-seulement possibles, mais présumables, ont pu produire des étages du genre de ceux de la figure (p. 152), par la raison que plus les crues érosives dont il s'agit étaient encore chargées de matières pierreuses, et plus l'érosion dont elles étaient capables a dû avoir un profil large et peu profond; plus, au contraire, ces crues étaient déjà clarifiées, et plus leur cours a dû se rétrécir et s'encaisser, se creuser davantage.

» Il faut dire en outre que des débâcles résultant du subit abaissement de certains lacs, par le fait de l'érosion à reculons, résultant elle-même de la clarification des affluents du Pô, ont opéré divers évidements de grande échelle, tout autrement inexplicables; les vallées voisines et parallèles de l'Agogna et du Tésin, nominément, justifient, je crois, cette allégation.

» A tout ce qui précède il importe d'ajouter encore que les soulèvements géologiques accroissent énormément les cours d'eau,

et que, si la végétation produit aussi cet effet, surtout à cause de la réduction qu'elle opère dans l'évaporation, ce ne peut être, relativement, que dans une mesure restreinte, et d'ailleurs différemment. A l'appui de la première assertion, je me contenterai de citer un seul exemple pris parmi tant d'autres dans une *Statistique des rivières de France*. L'Isère, à Grenoble, débite, année moyenne, huit fois plus d'eau que la Seine censée réduite à un égal bassin; par suite de la différence d'altitude des deux bassins, et en vertu de cette loi que je crois avoir établie dans la partie de l'ouvrage cité, que l'Académie a couronné en 1840 (1), à savoir que, *toutes choses égales d'ailleurs, il tombe d'autant plus d'eau en pluie ou en neige, sur un point quelconque de la surface terrestre, que son altitude est plus grande*. Cette considération peut aider en effet beaucoup, on le conçoit, à expliquer l'ampleur des cônes de déjections des affluents du Pô, de même que, bien entendu, la grandeur et la forme des évidements ou déblais dont ces cônes sont les remblais.

» Sans doute, un exhaussement vertical de toute pièce du bassin total d'un fleuve amènerait, avec le temps, un certain envasement progressif à reculons, et du fleuve et successivement de ses divers affluents, si le soulèvement général dont il s'agit allongerait peu ce fleuve vers la mer, ce qui arriverait, soit dit en passant, pour tous les fleuves de vieille date. Mais, pour le Pô, rien jusqu'ici, que je sache, n'induisait à cette hypothèse, et l'on sait, au contraire, que, du moins, depuis les temps historiques, le fait d'un tassement lent et continu des *delta* des fleuves aboutissant à l'Adriatique entre le Timavo et l'Issauro, c'est-à-dire entre Duino (près Trieste) et Pesaro, et mêlant leurs apports sablonneux et vaseux sous l'influence du courant littoral, des marées et des vents, on sait, dis-je, que le fait d'un affaissement progressif très-notable de tout ce vaste dépôt ne peut être contesté (2).

• Mais un abaissement un peu considérable et rapide du bassin total d'un grand fleuve amènerait la formation par les affluents de grands cônes de déjections dans la vallée du récipient, en occasionnant la fonte subite d'une partie des neiges et des glaciers qui couvriraient les hauteurs du bassin. De là pourraient résulter, pendant la liquéfaction dont il s'agit, des cours d'eau capables

(1) Voyez un extrait de cet ouvrage dans les *Annales des ponts et chaussées*, 1842, 2^e cahier.

(2) *Elementi di geologia pratica e teorica* de M. de Collaego, p. 53 et suiv.

d'entraîner, de leur région supérieure dans la vallée principale, un immense volume de matériaux et de les y accumuler promptement en vastes cônes.

» Je dirai aussi que des soulèvements et des abaissements simultanés, et plus ou moins locaux, ont pu produire à la fois, plus ou moins localement aussi, dans les Alpes et les vallées qui sont à leur pied, tous les divers effets que je viens d'indiquer.

» Enfin et surtout les causes, quelles qu'elles soient, qui ont amené, plus ou moins vite, la fonte des immenses glaciers qui ont longtemps couvert les Alpes et rempli au loin les vallées qui en descendent, n'ont pu manquer de donner lieu, dans la vallée du Pô, à la formation de cônes de déjections hors de proportion avec ceux que peuvent produire l'époque actuelle et toute l'imprévoyance dont l'homme est capable.

» Mais il est clair que le sujet que je viens d'effleurer à peine est très-vaste et s'étend à toutes les vallées. Les aperçus que j'ai risqués ne me font nullement méconnaître, tout au contraire, la haute valeur des observations précises que j'ai reproduites en commençant, surtout de celles dont la répétition identique avec tous les grands affluents de la rive gauche du Pô serait bien constatée. J'ai désiré seulement indiquer quelques idées générales qui me semblent de mise en l'espèce, et, de mon côté, exciter l'attention des géologues expressément sur ce fait que les divers cours d'eau qui ont sillonné la face du globe ont laissé partout des témoins fidèles de leur action, mais trop peu interrogés jusqu'à présent. Quant à la cause particulière des évidements signalés par M. de Mortillet, je la vois, en résumé et en gros, dans la clarification des crues des affluents, et non point en des soulèvements géologiques du genre de ceux dont les Alpes sont le résultat et qui auraient, au contraire, ramené ces affluents à l'état de torrents actifs, formant alors dans la vallée principale des cônes de déjections ou vastes remblais, au lieu d'opérer les évidements ou déblais, toujours plus ou moins restreints, que représente la figure du commencement de cette note. Je dois rappeler, du reste, en terminant, que je n'ai touché qu'un seul point des nombreuses et importantes observations sur toute l'Italie du nord et du centre que M. de Mortillet nous a communiquées. »

Flexibilité générale des couches du globe. — M. Virlet, en engageant M. de Mortillet à ne pas trop s'appuyer sur les accidents de flexion de couches qu'il a cités, pour en tirer la