

Relations entre la structure géologique du bassin de Paris et son hydrographie

Gustave F. Dollfus

Citer ce document / Cite this document :

Dollfus Gustave F. Relations entre la structure géologique du bassin de Paris et son hydrographie. In: Annales de Géographie, t. 9, n°46, 1900. pp. 313-339;

doi : 10.3406/geo.1900.5829

http://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1900_num_9_46_5829

Document généré le 01/09/2016

II. — GÉOGRAPHIE RÉGIONALE

RELATIONS ENTRE LA STRUCTURE GÉOLOGIQUE DU BASSIN DE PARIS ET SON HYDROGRAPHIE

(CARTE, PL. X)

SOMMAIRE GÉNÉRAL

Introduction. — Principes généraux.

- I. — *Étendue considérée* : Bassin de la Seine.
- II. — *Situation géologique originale* : lac du calcaire de Beauce; sables granitiques et graviers de la Sologne; faluns de la Touraine.
- III. — *Nature des accidents tectoniques.*
- IV. — *Détails régionaux* :
 - 1^o Région Nord : Ardenne, Flandre, Belgique; Boulonnais; Artois, Picardie du Nord; Picardie du Sud, Pays de Bray.
 - 2^o Région centrale : Haute-Normandie, Ile-de-France; Roumois, Lieuvin, Eure, Mantois, Hurepoix, Thimerais.
 - 3^o Région Ouest : Basse-Normandie, Bocage normand, Plaine de Caen, Pays d'Houlme, Pays d'Auge; Le Merlerault, Perche, Sarthe.
 - 4^o Région Sud : Beauce, Pays Chartrain, Orléanais; Puisaye, Nivernais; Morvan; Bourgogne, Côte-d'Or.
 - 5^o Région Est : Bassigny, Champagne humide, Lorraine; Argonne, Ardenne.
- V. — *Limites périphériques du Bassin de la Seine* : rive droite; rive gauche.

(*Premier article.*)

INTRODUCTION. — PRINCIPES GÉNÉRAUX.

Si l'on suppose une surface théorique horizontale, on conçoit que les eaux atmosphériques s'y étaleront en une nappe uniforme. Si cette surface perd son horizontalité pour prendre une inclinaison quelconque, les eaux s'accumuleront vers la région basse et le premier principe de l'hydrographie est établi. Les eaux obéissent à l'attrac-

tion terrestre et s'écoulent proportionnellement à leur masse et au carré de leur vitesse; elles tendent à détruire et à entraîner les matériaux qu'elles rencontrent, elles ravinent les coteaux et comblent les vallées.

La direction prise par les eaux en s'écoulant à la surface dépend en tout premier lieu de la pente des couches, et pour les eaux d'infiltration elle est également une conséquence de l'inclinaison des terrains à travers lesquels elles ont été absorbées. L'hydrographie est donc dominée par l'examen des faits géologiques qui ont déterminé la structure des couches; la direction des eaux est une conséquence forcée des mouvements du sol et des accidents qui ont affecté les couches qui le composent. Le ruissellement ne vient qu'en second lieu, il est imposé par la tectonique et en relations avec la grandeur de la surface du bassin d'approvisionnement; la dureté relative des couches vient en dernier lieu.

On admet généralement aujourd'hui que tous les mouvements qui ont affecté les couches terrestres sont dus à des pressions latérales, à des effondrements régionaux, à une contraction de la croûte solide qui, en diminuant de volume, s'est crevassée et plissée. De là la création de lignes de points hauts ou *anticlinaux*, et de régions basses ou *synclinales* qui sont rapidement devenues les gouttières des parties relevées.

Il résulte de ces constatations que les relations de l'hydrographie avec la structure géologique du sol sont infiniment plus intimes qu'on ne l'avait pensé jusqu'ici, l'histoire des cours d'eau et la géologie tectonique peuvent se prêter un mutuel appui. L'explication de l'état présent est liée à des faits positifs anciens dont nous devons trouver la clef en nous reportant à une époque plus ou moins lointaine. Conformément à la nomenclature de M^r W. M. Davis, qui a eu le mérite d'appeler à nouveau l'attention sur ces questions intéressantes, je qualifierai comme suit les divers cours d'eau :

1^o Cours d'eau à écoulement naturel logique ou *conséquents* : c'est-à-dire les cours d'eau qui s'écoulent suivant le plan naturel d'inclinaison des couches, et les cours d'eau collecteurs qui suivent plus ou moins parallèlement les axes anticlinaux et qui groupent dans un synclinal les eaux des cours conséquents. Il est à remarquer que ces gouttières fondamentales peuvent être *conséquentes* quand elles suivent la ligne de pente de leur fond, ou *inconséquentes* quand elles coulent à contre-pente de la direction générale des couches sur lesquelles elles ont établi leur cours.

2^o Cours d'eau à écoulement contradictoire, ou *inconséquents*.

3^o Cours d'eau *obséquents*, ceux qui dépassent la ligne de faite par le recul progressif de leurs déblais, et vont s'alimenter partiellement sur le versant opposé à leur pente normale.

4° Cours d'eau *sécants*, ceux qui franchissent les anticlinaux, par divers procédés que nous aurons à examiner.

Les anomalies aux principes fondamentaux de l'écoulement rationnel constituent autant de problèmes hydrotectoniques dont l'étude est importante. Il est nécessaire pour chaque cas particulier de remonter aux causes primitives qui, à un moment donné, ont forcé les eaux à prendre une route inattendue, et d'appeler à notre aide aussi bien l'histoire des plissements généraux, des fractures locales, des éboulements, éruptions volcaniques, ravinements marins, que la considération de la dureté des matériaux, de leur perméabilité, de leur dissolution sur place, ainsi que la nature des matériaux de transport dont la présence est souvent un argument péremptoire pour la reconstitution des anciens tracés.

Quatre méthodes permettent d'expliquer la direction prise par la plupart des cours d'eau de tracé anormal: 1° La capture; 2° La surimposition; 3° La fracture du terrain; 4° Le contournement des axes.

Je ne dirai qu'un mot de la *capture*, le mécanisme des cours d'eau obséquents est aujourd'hui bien connu. L'encaissement régressif de tous les cours d'eau vers l'amont peut s'observer sur le bord de tous les plateaux, les brèches, les cols pratiqués à travers les lignes de faite amincies ne peuvent surprendre, et les canaux creusés par l'industrie humaine qui réunissent les fleuves sont tracés pour la plupart dans des vallons obséquents.

La *surimposition* est basée sur le fait géologique de la discordance, c'est-à-dire de la superposition de couches n'ayant pas la même inclinaison. Généralement, la discordance tient à ce qu'une mer nouvelle est venue accumuler des sédiments sur des dépôts anciens déjà soulevés. Les dépôts de la mer la plus récente sont sans relation de direction, d'inclinaison, de nature minérale, avec les dépôts de la mer ancienne qui a produit les sédiments inférieurs. Le système hydrographique s'établira d'après les conditions de la surface du dépôt supérieur et s'y approfondira avec le temps; il arrivera un moment où les cours d'eau atteindront dans la profondeur le terrain ancien disposé d'une manière quelconque par rapport à cette couverture, mais comme leur lit sera encaissé dans les roches nouvelles, ils seront forcés d'entamer les roches inférieures d'une manière quelconque, et finalement si des ravinements surviennent, si de grandes dénudations font disparaître les couches supérieures, il pourra se faire que le cours d'eau reste approfondi et enfoncé dans un terrain avec lequel il n'a aucun rapport tectonique. Nous verrons que le cours supérieur de l'Orne est dans ce cas, et que celui de la Semoy, dans l'Ardenne, ne peut être expliqué que par ce concours tout spécial de circonstances.

La *fracture* par faille se conçoit aisément: les cassures terrestres peuvent se produire dans n'importe quelle direction, elles peuvent

briser les anticlinaux perpendiculairement à leur direction, et l'on comprend que les eaux se frayent rapidement un passage à la faveur des fractures. On expliquait autrefois par des failles (le plus souvent sans les avoir constatées) toutes les directions anormales des cours d'eau, sous le nom de « vallées de fracture ». Aujourd'hui ce n'est qu'après un examen approfondi que nous pouvons adopter cette solution, pour quelques vallées; on verra qu'elle est inapplicable à la Meuse, pour laquelle on l'avait préconisée, et qu'elle s'applique au contraire à une portion du cours de la Loire (entre Nevers et Gien) qu'on avait toujours qualifiée de vallée d'érosion.

En ce qui concerne le *contournement des axes*, il s'agit d'un phénomène très fréquent qu'il est nécessaire d'éclaircir. Les axes anticlinaux, comme les failles et tous les accidents géologiques, sont des phénomènes limités en étendue. On les voit débiter plus ou moins vigoureusement, se prolonger sur une certaine longueur, et finir plus ou moins brusquement. Il est rare même que sur une bien grande distance ils persistent dans des conditions identiques: ils varient d'amplitude et d'altitude.

L'expression de *dôme*, qui implique un plongement périphérique, introduite par M^r Marcel Bertrand pour désigner l'un des incidents multiples de variation d'altitude dans le cours d'un axe anticlinal, me paraît inutile, car c'est un incident de la vie de tous les anticlinaux: il n'y a pas à proprement parler de plongement périphérique plus ou moins circulaire ou elliptique, mais une série d'irrégularités dans la marche d'un phénomène spécialement longitudinal, étroit et prolongé.

Fréquemment il s'est produit dans les plissements une sorte de relais, c'est-à-dire que, dans les faisceaux de plis parallèles, c'est tantôt l'un, tantôt l'autre qui est dominant; tel anticlinal prend de l'importance au voisinage, en arrière et parallèlement à la direction dans laquelle le précédent s'abaisse ou se termine. Il s'est formé ainsi des cols naturels, des points où les anticlinaux sont abaissés jusqu'à pouvoir être franchis par les déversoirs qui drainent les synclinaux; ces cols qui paraissent disposés sans ordre, en chicane les uns par rapport aux autres, donnent passage à des cours d'eaux qui n'ont d'anormal que l'apparence. L'étude hydrographique doit donc s'appliquer à rechercher avant tout les lignes de direction tectonique des couches, à s'assurer du tracé des anticlinaux et des synclinaux; puis il faudra examiner comment l'allure des cours d'eau s'accorde avec ces lignes factières, chercher à expliquer les anomalies, et passer des faits actuels aux faits anciens, qui élargissent nos vues en nous conduisant à la géographie rationnelle, à l'embryogénie de la géographie¹.

1. Nous nous voyons malheureusement dans la nécessité de supprimer toute bibliographie; le nombre des documents consultés est si considérable que nous aurions doublé l'étendue déjà longue de cette étude.

I. — ÉTENDUE CONSIDÉRÉE — BASSIN DE LA SEINE.

Si nous cherchons à appliquer ces données au bassin de la Seine, nous sommes conduits à dépasser notablement ses limites actuelles; l'Ardenne, l'Artois au Nord, le Perche et le Bocage normand à l'Ouest, une partie du bassin de la Loire et du Morvan au Sud, nous intéressent également; et si nous laissons de côté le problème de la haute Meuse, c'est que nous n'en avons pas fait une étude suffisante et qu'il mérite à lui seul une monographie. C'est presque l'ancienne Neustrie, de la Manche au Massif Central.

Il conviendra d'examiner en premier lieu l'état du bassin de Paris lors du dépôt des terrains tertiaires les plus récents qu'on y rencontre, puis, prenant chaque région naturelle en particulier, de suivre ses modifications.

Rien de plus irrégulier, de plus irrationnel que le bassin de la Seine. Il a la forme d'une outre couchée, fort large en arrière et rétrécie vers son débouché en un goulot étroit, sa dimension transversale atteignant 300 km., tandis que son débouché en a moins de 30. La Loire présente des conditions analogues, et le Rhin a un bassin plus bizarre encore. Ce sont en réalité des bassins compliqués, formés à la suite de vicissitudes nombreuses, et constitués par des tronçons d'époques diverses, dont les raccords sont dus à des accidents successifs.

Le bassin de la Somme est beaucoup plus rationnel que celui de la Seine. C'est un véritable synclinal qui débouche normalement à la mer, en pleine largeur; il nous semble que c'est le vrai bassin naturel central du pays. La Somme actuelle n'est qu'un affluent du Nord, qui occupe mal sa vaste vallée; certainement, il existait en amont du bassin actuel des racines autrefois bien plus puissantes, dont la fonction naturelle devait être de réunir les eaux du pied Sud de l'Ardenne et de combiner l'Oise et l'Aisne, ainsi qu'une partie de la Meuse. Cette situation paraît n'avoir pris fin qu'à la période quaternaire inférieure.

On doit considérer comme une seule région l'espace compris entre la ligne de l'Ardenne-Artois et celle du Merlerault-Orléanais-Morvan. Théoriquement, sa limite à l'E. est jalonnée par la Meuse, et sa terminaison au SW. est virtuellement formée par un grand fleuve collecteur occupant en partie l'emplacement de la Manche, prenant sa source dans le Bourbonnais et débouchant à la mer soit au large de Cherbourg, soit à travers l'isthme du Cotentin. Cette région s'est trouvée divisée hydrographiquement en deux sous-bassins par le soulèvement ultérieur, orienté au NW., qui correspond à l'anticlinal du Bray. Ce grand événement paraît avoir eu sa répercussion loin dans l'Est, jusqu'à Sézanne, Vitry-le-François, Commercy et Nancy, les eaux anciennes au Nord de l'axe ayant leur écoulement rationnel dans la Somme, celles du Sud formant une Seine réduite; c'est

par un grand phénomène de capture que l'Aisne d'abord, l'Aire ensuite sont venues rejoindre la Seine, et nous en examinerons les conditions. Mais ces considérations trouveront mieux leur place avec les détails que nous pourrons développer ailleurs.

II. — SITUATION GÉOLOGIQUE ORIGINALE.

Dans l'examen des faits géologiques préparatoires, je ne remonterai pas à des périodes fort anciennes. Si le bassin de Paris conserve encore dans quelques-uns de ses traits le souvenir de son orographie pendant la période secondaire, par exemple, ces traits sont si obscurs qu'ils ne sont pas encore pour nous déchiffrables, et que force nous est de les laisser présentement de côté. Nous savons que la mer sénonienne couvrait largement le bassin de Paris, s'avancait dans la région de la Loire et s'étendait sans obstacle de Sens à Montereau, Montargis, Gien, Romorantin, Blois et Châteaudun. Pendant l'Éocène inférieur la région est redevenue continentale, la mer thanétienne occupant le Nord ne dépassait pas Crépy-en-Valois, Précy-sur-Oise, Gisors, Rouen, il n'y avait aucune trace de soulèvement dans le Pays de Bray, les sédiments venus du Sud dénotent pour cette longue période des apports du Plateau Central dans la région de la Seine. Les argiles plastiques de Montereau, les sables granitiques du Breuillet, les poudingues de Nemours sont formés d'éléments venus du Sud, se dirigeant vers une mer située au Nord. A l'époque du calcaire grossier marin, dont j'ai récemment examiné l'extension au Sud de Paris, la mer s'ouvrait dans la direction de la Belgique, de l'Angleterre et du Cotentin, les fleuves qui arrosaient l'ancien Morvan et le Plateau Central d'alors se déversaient par un cours analogue à celui de l'Yonne et du Loing.

Je passe rapidement sur l'Oligocène inférieur, pendant lequel la mer avait reculé vers le Nord sans que la situation de la haute Seine-Loire fût modifiée. Pendant le dépôt du calcaire de Brie, un ou plusieurs lacs couvraient la Brie, s'étendant avec la même faune dans la direction du Loing vers Gien, Briare, Châtillon-sur-Loire, Nevers, Bourges jusqu'à Montluçon; ces eaux douces s'avançaient plus loin peut-être encore au S. sur l'emplacement du Plateau Central, toute cette région formant alors une vaste pénéplaine.

Pendant l'Oligocène moyen, la mer des sables de Fontainebleau reprit possession du bassin de Paris par le Nord-Ouest; sa limite méridionale est marquée par de puissants cordons littoraux de poudingues battant contre des falaises de craie sénonienne¹. Or M^r Termier a montré que la matière même des sables et grès de Fontainebleau n'avait pu être empruntée qu'à un massif cristallin considérable, vraisemblable-

1. G.-F. DOLLÉUS, Carte de la mer des sables de Fontainebleau dans le bassin de Paris *Bull. Soc. géol. de Fr.*, n^os série, XXVIII, 1900, p. 121.

ment situé au S., et qu'encore une fois les roches granitiques de l'Auvergne avaient fourni les principaux éléments des nouveaux sédiments. Il est probable qu'un large fleuve venant du S. se déversait dans le bassin de Paris, toujours par le chenal de la Sologne et du Loing, et ainsi on peut expliquer la présence de coquilles fluviomarines semblables à celles d'Étampes jusque dans le bassin d'Ébreuil (Allier), d'après les découvertes de MM. de Launay et Munier-Chalmas.

Je me hâte d'arriver au calcaire de Beauce (Oligocène supérieur), qui peut me servir très utilement comme première base d'une esquisse hydrographique : c'est le point de départ décisif des phénomènes qui ont amené la situation actuelle.

Lac du calcaire de Beauce. — Ce qui fait l'importance du lac de Beauce, c'est qu'il s'agit d'un dépôt ayant une faune uniforme et caractéristique s'étendant sur un espace très vaste et qui a dû se déposer sur un plan horizontal, les différences d'altitude que nous constatons aujourd'hui étant la preuve de mouvements ultérieurs du sol. Ainsi, quand nous voyons les mêmes calcaires lacustres monter de 90 mètres de niveau à Montargis, à 130 mètres à Orléans, pour retomber à 50 mètres à Saint-Viâtre en Sologne et remonter à 130 mètres à Theillay (près Vierzon), nous pouvons conclure qu'ils ont participé à divers plissements postérieurement à leur dépôt. Ces différences d'altitude avaient depuis longtemps préoccupé les géologues : d'Omalius d'Halloy, en 1812, annonçait comme probable l'existence d'une série de lacs étagés depuis l'Auvergne jusqu'au bassin de Paris; Croizet et Jobert essayèrent de délimiter ces lacs successifs, mais Raulin, par des nivellements soigneux, fit voir qu'il s'agissait d'altitudes normalement croissantes, et non pas de plusieurs nappes horizontales superposées; finalement Pissis, en 1843, a montré le relèvement régulier et continu du calcaire de Beauce jusqu'à Paulhaguet (Haute-Loire).

Nous sommes donc tout préparés à adopter les vues développées par M^r Julien, professeur à l'Université de Clermont, qui établit que le lac du calcaire de Beauce s'est étendu sur presque toute la région centrale de la France et qu'on en trouve des lambeaux portés aujourd'hui en Auvergne jusqu'aux plus grandes altitudes, que l'étendue actuelle tout occasionnelle de ces dépôts est limitée par des failles et qu'ils ont été reliés aux calcaires d'eau douce de l'Aquitaine et peut-être à ceux du bassin du Rhône. Le rivage réel des lacs de l'étage aquitainien est encore inconnu; cet étage correspond à une phase continentale dans toute l'Europe occidentale, et il nous est même très difficile d'entrevoir dans quelle direction ces grandes nappes d'eau douce prenaient leur écoulement vers la mer; je puis dire seulement que l'océan le plus rapproché possédait un golfe dans la Gironde.

Il est néanmoins probable que le lac de la Limagne n'avait pas le même niveau hypsométrique que celui de la Sologne, avec lequel il communiquait vraisemblablement par Bourges et Sancoins : la faune présente des animaux différents, elle offre un aspect plus méridional, nous n'avons ni calcaire à *Cypris*, ni calcaire à Phryganes dans la

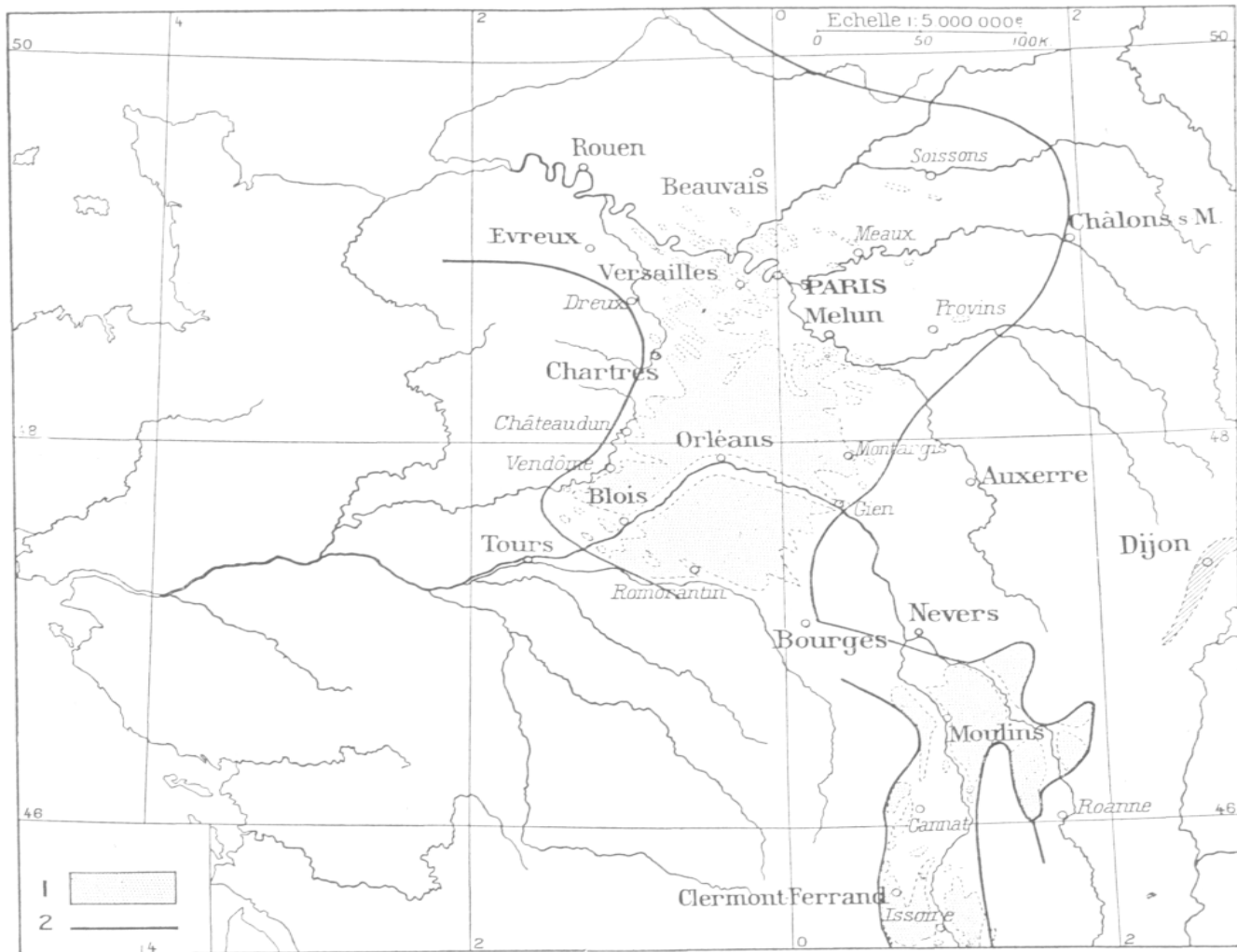


Fig. 1. — Étendue du calcaire de Beauce.

1. Affleurements actuels du calcaire de Beauce.
2. Limite probable de son extension.

Beauce, et les gros animaux sont plus abondants, plus variés, dénotant un climat sensiblement plus chaud dans la région de la Limagne.

En ce qui nous concerne, nous avons à tirer de ces détails plusieurs conclusions capitales pour l'histoire de nos fleuves, savoir : que les ondulations n'existaient pas encore dans le bassin de Paris, que les failles du Nivernais et du Sancerrois n'étaient pas ouvertes, que le Plateau Central n'offrait presque aucune saillie.

Sables granitiques et graviers de la Sologne. — Au-dessus des dépôts lacustres et laguno-lacustres du calcaire de Beauce, on découvre brusquement et sur une vaste surface l'arrivée d'une grande alluvion granitique boueuse, argilo-sableuse, qui prouve une transfor-

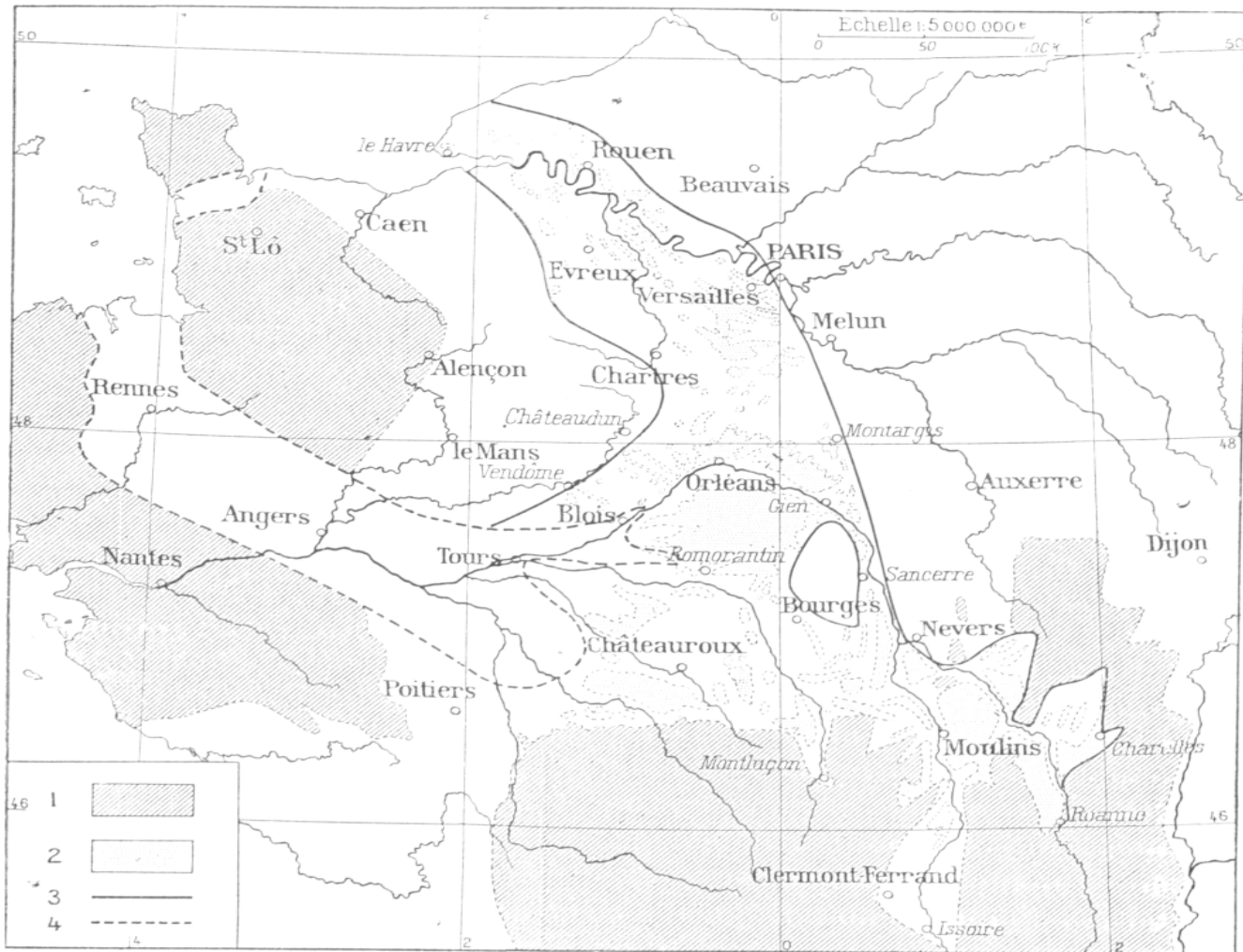


FIG. 2. — Extension des sables de la Sologne.

1. Terrains anciens.
2. Affleurements actuels des sables de la Sologne.
3. Limite probable de leur extension.
4. Parties recouvertes par la mer des Faluns.

mation radicale des sédiments. Quels étaient l'origine de ces sables et les motifs de leur brusque apparition, c'est ce que nous avons cherché pendant quinze ans aux environs de Paris, avant d'avoir reconnu le point d'origine et la région d'écoulement à la mer. Ils détonnaient à tel point parmi les autres sédiments du bassin parisien qu'on les avait longtemps supposés éruptifs; leur monographie ne serait pas

ici à sa place, je donnerai seulement une carte de leur étendue actuellement connue. Or, ces sables ont participé, comme le calcaire de Beauce, aux ondulations subies par les couches parisiennes, ils sont donc également antérieurs à leur principal mouvement; ils passent à une forte altitude sur la Forêt d'Orléans et retombent en Sologne aux cotes les plus basses auxquelles ils soient connus. Mais, contrairement à ce qui s'est passé pour les calcaires de Beauce, ils ont occupé la vallée de la Loire, en amont de Gien, et trouvé leur passage, grâce aux grandes failles qui venaient de s'ouvrir dans le Sancerrois et le Nivernais. En les poursuivant dans cette direction, on les trouve occupant des plateaux élevés entre la Loire et l'Aubois, et ils se relient aux épaisses alluvions granitiques anciennes situées sur la rive gauche de l'Allier. La position de ces alluvions granitiques prouve que la surrection du Plateau Central et l'ouverture des failles du Nivernais-Morvan sont des phénomènes concomitants, postérieurs à l'Oligocène et antérieurs au Miocène inférieur.

L'étude de détail des sables granitiques montre qu'ils se jetaient dans une mer, au N., occupant quelque golfe au centre de la Manche actuelle. Ils sont à 100 m. d'altitude sous les phares, au Havre, ravinant la craie, et s'étendent sur la région haute entre la Seine et la Rille; près de Rouen, ils renferment encore des cailloux roulés de meulière de Beauce, et, aux Andelys, de nombreux silex crétacés; entre la Seine et l'Eure, ils occupent des altitudes très diverses et ravinent, suivant leur niveau, les diverses couches de l'Oligocène et de l'Éocène. Près d'Écos, on les trouve encore reposant sur le Sénonien et englobant des fragments tabulaires de meulière fossilifère tout à fait analogue à celle de Montjavoult. La ride crétacée formant la Haute-Normandie, dirigée obliquement du Merlerault à Dieppe, existait déjà, mais à une altitude probablement inférieure. Je passerai rapidement sur leur position, sur la rive gauche de la Seine; dans la région de Paris, ils sont toujours en poches dans les meulières ou le calcaire de Beauce; j'ai considéré autrefois la localité de Lozère, près Palaiseau, comme typique. Auprès d'Étampes, ils se montrent souvent très graveleux, et le ravinement descend parfois jusqu'aux sables de Fontainebleau. A Montargis, quelque affluent de l'Est leur apportait des cailloux crétacés volumineux. En Sologne, où leur épaisseur est maximum, les cailloux sont plus rares, le courant principal n'y passait point et s'atténuait par dispersion sur une surface très étendue. A Montabuzard, près d'Orléans, les sables granitiques ont ouvert de véritables vallées dans le calcaire de Beauce¹.

L'existence des sables de la Sologne dans la vallée de la Loire est

1. G. DOLLEUS et P. GAUCHERY, *Notes nouvelles sur le calcaire de Montabuzard*, (Bull. Soc. géol. de Fr., III^e sér., XXVII, 1899, p. 21-27.)

de haute importance : ils y pénètrent à Gien, vont à Briare, Châtillon-sur-Loire, où M^r Gauchery les a le premier reconnus, se suivent à Léré, Boulleret, Saint-Bouise, Sancergues, La Guerche, Sancoins, Lurcy-Lévy sur plus de 100 km., formant terrasse à des altitudes régulièrement croissantes au-dessus des autres formations ; ils contiennent, à partir de Saint-Bouise, des silex jurassiques au lieu de silex crétaçés, et les galets de quartz laiteux deviennent de plus en plus gros et abondants ; ils se relient enfin, dans le Bourbonnais, à des arkoses qui reposent sur les roches granitiques en place. Le massif du Sancerrois formait une île, et les alluvions granitiques miocènes de l'Allier se rendaient aussi en Sologne par le trajet suivi aujourd'hui par l'Auron, tandis que les débris granitiques du bassin du Cher provenaient du bassin ancien de Montluçon et que les sables de la Brenne se déposaient au débouché de la Creuse.

Les sables de l'Orléanais avec leur faune à *Dinotherium Cuvieri* et *Mastodon angustidens* sont intimement liés, comme on sait, aux sables de la Sologne et permettent de leur attribuer avec sécurité l'âge du Miocène inférieur ; d'autre part, et cette observation est de très grande importance, les sables de la Sologne, dans aucune partie de leur extension, ne contiennent de débris volcaniques. Tandis que les alluvions actuelles ou anciennes de la Loire renferment en abondance des cailloux basaltiques et des fragments de laves, les sables de la Sologne n'en contiennent pas le moindre débris ; ils sont *antérieurs* au phénomène volcanique en Auvergne¹. Il n'y a pas à tenir compte ici de quelques phénomènes précurseurs qui ont déterminé la production de pépérites dans les calcaires de la Limagne, mais qui n'ont pu fournir aucun débris reconnaissable dans la masse des alluvions siliceuses.

En ce qui concerne l'hydrographie, le régime fluvial le plus ancien que nous puissions reconnaître dans le bassin de Paris est dans la dépendance évidente du haut bassin de la Loire. L'écoulement S.-N. des eaux du Plateau Central récemment soulevé se faisait à travers la région faillée du Nivernais et par-dessus le relèvement crétaçé de la Haute-Normandie. Tout le cours inférieur actuel de la Seine est dominé par cet événement, car nous pouvons supposer que le drainage rationnel et plus ancien du bassin de Paris semble avoir été par la vallée de la Somme. Dans tous les cas, il semble bien que l'emplacement actuel de la vallée de la Seine soit une conséquence de l'ancienne direction prise par les sables de la Sologne, une suite du premier tracé d'écoulement des eaux du Plateau Central à la mer, directement au N.

D'un autre côté, quand nous parlons dans toutes ces études du *bassin de la Loire*, nous devrions, de préférence, employer l'expression de *bassin de l'Allier*, car il n'est pas démontré pour nous que ces deux

1. Le volcanisme important en Auvergne a débuté au Miocène supérieur.

cours d'eau, à peu près équivalents, aient toujours eu la même fortune; nous soupçonnons au contraire qu'à une certaine époque la Loire, complètement indépendante de l'Allier, se déversait dans la Saône vers Chagny, en empruntant en sens inverse le cours de la Bourbince et la dépression suivie par le canal du Centre.

Faluns de la Touraine. — La géologie va nous apprendre comment prit fin le régime de la Seine-Loire; ce moment est caractérisé par l'arrivée soudaine, dans l'Ouest de la France, de la mer du Miocène moyen, avec toute sa faune d'aspect sénégalien. D'après une étude spéciale que nous avons faite, la mer des faluns s'ouvrait en Bretagne, vers Dinan et Dol, gagnait la vallée précambrienne de Rennes et s'enfonçait vers la Loire en suivant la direction de ce gé-anticlinal; la courbe de 120 m. d'altitude donne à peu près son rivage dans l'Anjou, la Touraine et le Blésois. Cette mer vint capturer en Sologne le fleuve des sables granitiques, soutirer la Loire supérieure au bassin de la Seine en lui donnant un écoulement plus bas et plus rapide. La grande épaisseur des sables granitiques en Sologne ne peut s'expliquer que par un affaissement progressif du sous-sol, qui cadre bien avec l'arrivée de la mer falunienne et avec sa pénétration jusqu'à la bordure de cette même région.

Je considère le phénomène de l'ondulation et du soulèvement des couches parisiennes comme concomitant à cet affaissement de l'axe précambrien directeur, et ce fut seulement alors que le bassin de Paris prit l'unité et l'étendue qu'il possède aujourd'hui. Après le dépôt des sables granitiques, après le soulèvement de la Forêt d'Orléans seulement, on peut le considérer comme constitué à nouveau et comme opérant pour son compte avec les seules précipitations atmosphériques attribuables à sa surface réduite.

Au Miocène supérieur, le bassin de la Touraine s'est relevé, le rivage marin s'est reporté en Anjou, la mer s'est étendue sur la Vendée, et le cours de la Loire débouchant directement par Nantes s'est établi, en franchissant de nombreux anticlinaux arasés par les ravissements marins, mais sensiblement sur l'emplacement qu'il occupe aujourd'hui; toute liaison avec le bassin de Paris a été rompue.

Je résumerai comme suit la succession de ces grands événements.

SUCCESION DES ÉVÉNEMENTS PRÉPARATOIRES

L'ÉTABLISSEMENT DU SYSTÈME HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN DE PARIS¹

Oligocène supérieur.	{	Vaste lac de Beauce horizontal. Ile-de-France non plissée. Plateau central non soulevé. Écoulement mal connu. Le calcaire lacustre se dépose sur des terrains plissés du NE. au SW. dans la région bourbonnaise.
----------------------	---	--

1. Nous désignons par A l'événement et par B son résultat.

Miocène inférieur. . .	}	A	Surrection du Plateau Central et fractures N.-S. du Nivernais, fracture de la région du Morvan et de la Saône.
		B	Ravinement de la Haute-Normandie. Vaste alluvionnement granitique, du Plateau Central à la Manche.
Miocène moyen. . .	}	A	Effondrement axillaire breton jusqu'en Sologne.
		B	Plissements NW.-SE. du bassin de Paris. Envahissement de la mer des faluns et capture du fleuve des sables granitiques.
Miocène supérieur. . .	}	A	Recul de la mer en Anjou, détournement de la Loire.
		B	Accentuation des plissements dans l'Ouest. (Apparition du volcanisme en Auvergne.)
Pliocène.	}		Influence de la dureté des roches encaissantes.
			Approfondissement des vallées; haut diluvium.
			Capture par la Seine de l'Oise et de l'Aisne. Groupement des eaux, influence de l'altitude inégale des crêtes. Maximum du volcanisme.

III. — NATURE DES ACCIDENTS TECTONIQUES.

Un mot est nécessaire sur les diverses formes des accidents tectoniques.

Dans le Nord, dans l'Ouest, dans le Centre du bassin de Paris, les couches sont toutes ondulées : des plis plus ou moins amples ou aigus, plus ou moins dissymétriques se succèdent parallèlement et transversalement comme autant de vagues terrestres dans le grand golfe Neustrien; de la Vendée aux Vosges, leur orientation axillaire est toujours au NW.

Au Sud, dans le Sancerrois, le Nivernais, le Morvan, la Côte-d'Or, on découvre un régime de cassures nettes, orientées au N. ou au NE.

Dans l'Est, en Champagne, en Argonne, dans la Haute-Bourgogne et la Lorraine, on trouve des rides sculpturales qui n'ont pas paru jusqu'ici constituer des rides tectoniques propres, et qui sont disposées en segments de courbes concentriques dont la convexité est tournée au SE.

Dans quelle mesure est-il possible de relier ces traits divers ?

On a souvent expliqué les failles comme étant le résultat d'un pli crevé, comme produites par un effet latéral de poussée si violente que les couches n'ont pu se plier assez vite et qu'une rupture a été inévitable. Nous reconnaissons que pour un grand nombre de cas cette explication est juste, — la faille du Pays de Bray est produite sans aucun doute par la rupture d'un pli, — et dans ce cas on trouve toujours des couches plus ou moins ondulées aux extrémités des accidents, des commencements d'inflexions, des amorces de cuvettes synclinales. Mais pour tout un autre groupe de failles, comme celles du Perche orientées au NE., ou celles du Morvan dirigées au N., l'explication est impossible. Ce sont des cassures franches, sans préparation, sans courbures partielles. Le déplacement des couches s'est effectué en

masse par compartiments parallèles à faces verticales ; il paraît résulter d'un mouvement violent, brusque, par opposition au régime des plis qui paraissent dus à des mouvements lents, répétés, continus. La distinction est frappante ; il n'y a ni continuité, ni relations entre les deux systèmes tectoniques.

J'avoue que je suis moins édifié sur les rides sculpturales de l'Est. J'ai peine à croire que les grands traits généraux de direction qu'on y observe soient dus exclusivement à une inégale dénudation, à la variabilité de composition minérale et de résistance des couches qui les constituent. Cette tectonique sans accidents, sans plis, sans failles, me déconcerte. Les observations ont-elles été jusqu'ici assez rigoureuses ? Certaines ondulations de faible amplitude n'ont-elles pas dirigé les dénudations, sans que les moyens d'observation peu précis dont nous disposons encore aient pu les faire découvrir ? Il arrive souvent que des accidents secondaires sont greffés sur des mouvements plus importants et s'y perdent pour un observateur qui n'est pas averti. Des ondulations secondaires concentriques ne sont-elles pas masquées par un relèvement périphérique intense ? Dans la région tertiaire Est du bassin de Paris, le prolongement de certains anticlinaux ne se manifeste que par des paliers d'arrêt dans l'ascension de toutes les couches, relevées avec intensité vers le N. Or, les rides orographiques de l'Est paraissent souvent, comme le montre notre carte, sur le prolongement d'axes anticlinaux bien connus et en relation hydrographique avec eux. Nous laissons néanmoins la question ouverte, n'ayant aucune observation probante pour affirmer la continuité des axes directeurs. Nous reviendrons sur ce problème délicat en étudiant le réseau hydrographique de l'Est.

IV. — DÉTAILS RÉGIONAUX

1^{re} Région Nord : Ardenne, Flandre, Belgique. — L'Ardenne nous apparaît actuellement comme un vaste plateau orienté de l'W. à l'E., qui s'abaisse lentement et régulièrement vers le N., tandis qu'il descend très vite mais moins profondément vers le S. Ce plateau est découpé par des cours d'eau très encaissés, qui paraissent occuper depuis longtemps leur position actuelle. La structure géologique est compliquée ; on y observe des couches variées, orientées parallèlement et reployées un grand nombre de fois. L'hydrographie ne présente qu'un relief très éloigné de ces complications, et on peut en déduire qu'elle s'est établie sur une surface très différente des conditions actuelles. L'Ardenne primaire a été, en effet, arasée par la mer à bien des reprises ; c'est une vieille pénéplaine. Après les dépôts houillers qui se sont formés presque horizontalement, les divers terrains existants, par l'effet d'une colossale pression latérale, se sont

pliés et repliés, ils ont formé des montagnes assez hautes, et il existait sur cet emplacement une île considérable pendant les temps triasiques et jurassiques. A l'époque du Crétacé moyen et supérieur, la mer s'approchant de plusieurs côtés en submergea la plus grande partie et fit disparaître les inégalités de la surface. Dans l'Ardenne centrale, à Hockai, à 540 m. d'altitude, on connaît des amas importants de silex du Sénonien; dans la région rhénane, on trouve des sables, graviers et marnes fossilifères continentaux d'âge aquitainien; dans la partie occidentale, au S. de Charleroi, apparaissent des sables tertiaires (Landénien et Bruxellien). Enfin, dans la région française de la Sambre, les dépôts qui ravivent les terrains primaires sont constitués par des sables crétacés grossiers (Albien et Cénomaniens).

Toutes ces couches paraissent avoir formé sur le versant Nord une nappe plus ou moins continue, faisant suite à celle du Brabant, dans laquelle les cours d'eau ont creusé parallèlement leur lit en un régime conséquent; ces cours d'eau se sont approfondis sur place et leur emplacement s'est trouvé sans relations avec le régime arasé et plissé sous-jacent. Il n'y aurait donc pas lieu d'examiner longuement les faits anciens, comme étant indifférents à la situation présente, si certaines ondulations anciennes, si certains synclinaux très accusés ne nous apparaissaient comme ayant joué plus récemment.

Je n'examinerai pas en détail le système hydrographique de la Belgique. Ce pays, dans sa région de plaine, a été étudié avec succès par M^r van Overloop¹, qui, par des travaux topographiques très soignés, a montré que l'Escaut avait occupé plusieurs lits différents aux diverses époques et raviné le Tertiaire du Brabant en laissant des chaînes de collines orientées suivant son cours moyen. Depuis, M^r A. Rutot a précisé le débouché de ces eaux dans la plaine maritime², et M^r Lorie a étudié ce système fluvial en Hollande³.

Le fait important qui domine toute l'hydrographie de la région est le fossé qui sépare l'Ardenne du Brabant, fossé qui est occupé d'une extrémité à l'autre par le grand bassin houiller, et qui est arrosé par des cours d'eau variés d'une complication bien digne d'étude.

Cette gouttière Nord du toit ardennais comprend le cours ou des parties du cours des rivières suivantes :

1^o La Vesdre, qui vient du massif de Moresnet-Gemmenich, draine Limbourg, Verviers, et vient joindre la Meuse à Liège en compagnie de l'Ourthe;

1. E. VAN OVERLOOP, *Les origines du bassin de l'Escaut*. Bruxelles, 1890. In-8, 92 p., 1 pl., 2 cartes.

2. A. RUTOT, *Les origines du Quaternaire de la Belgique* (Bull. Soc. belge de Géol., XI, 1897, p. 4-140, 12 fig., 1 pl.).

3. J. LORIE, *Contributions à la géologie des Pays-Bas*. VII. *Les métamorphoses de l'Escaut et de la Meuse* (Bull. Soc. belge de Géol., IX, 1895, p. 50-77, fig., 2 cartes.).

2° La Meuse entre Liège (63 m.) et Namur (82 m.), distance 54 km. ;

3° La Sambre entre Namur et Landelies (distance 34 km.) (Marchienne-au-Pont, alt. 105 m.) ;

4° Le plateau de Fontaine-l'Évêque (de Landelies à Anderlues, 8 km.) ; col de Godarville à 155 m. ;

5° L'Haisne, de Binche (source à Anderlues à 170 m.) à Condé-sur-l'Escaut (alt. 15 m.), cours 54 km. ;

6° L'Escaut, de Condé à Bouchain (alt. 56 m.), 15 km. ;

7° Le cours de la Sensée par Arleux en Ostrevent ;

8° Le cours de la Scarpe appartient à la même dépression.

Les marécages de la haute Deule et de La Bassée sont la suite des mêmes fonds.

La gouttière Sud de l'Ardenne est jalonnée par :

1° Le cours de la Chiers, séparée de la Moselle, qui lui fait suite, par le plateau de Longwy et se jetant dans la Meuse à Bazeilles ;

2° La Meuse, de Bazeilles (alt. 160) à Mézières (alt. 147), distance 30 km. ;

3° Le cours de la Sormonne, 26 km. ;

4° Le col d'Éteignières-Auvillers (alt. 274 m.) 3 km. ;

5° Les cours des rûs de Bonneau, des Champs, du Gland (ensemble 34 km.), jusqu'à l'Oise à Hirson (alt. 170 m.) ;

J'examinerai brièvement le tracé des anticlinaux du massif ardennais. L'axe central ou axe des Hautes-Fagnes passe à la Baraque-Michel (675 m.) et forme la crête des Hautes-Fagnes (Hohe Venn) à Stavelot (530 m.), franchit la cluse de l'Amblève (280 m.), se suit à la Roche (cluse de l'Ourthe), Saint-Hubert, Gedinne, Fumay (491 m., cluse de la Meuse 118 m.), le Cul-des-Sarts, Hirson.

Un axe méridional peu divergent passe à Saint-With, la Baraque-Dupont, Bastogne, Serpont, Nord de Paliseul (cote 423 m.), Revin (cluse de la Meuse), Rocroy, Éteignières.

Un axe septentrional très important au point de vue géologique, nommé *Crête du Condroz*, qui sépare le bassin de Dinant de celui de Namur, s'oriente comme suit : Botz, Eupen (Prusse), Pepinster, Fraipont, faille de Chenée près Liège (cluse de l'Ourthe), Ombret, Huy (plateau 260 m., cluse du Hoyoux à 110 m.), Dave au S. de Namur (plateau 260 m., cluse de la Meuse à 85 m.), Fosse, Sart-Eustache, Jamioulx (cluse de l'Heure), Landelies (plateau 190 m., cluse de la Sambre à 110 m.), Anderlues, Binche (100 m.), Nouvelles au S. de Mons, Dour, Angré, Quievrechain, Marly-lès-Valenciennes, au N. de Bouchain, en suivant la faille-limite Sud du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais.

Pendant que nous sommes en train de marquer ces lignes directrices qui suivent les lignes de crête des couches, il importe d'exami-

ner la limite Nord du fossé houiller, de la grande dépression structurale allant du Nord de la France à Aix-la-Chapelle à travers toute la Belgique et bordant la limite Sud du plateau cambro-silurien du Brabant étudié par M^r Malaise. Cette limite est marquée par un double anticlinal qui paraît peu connu. La voûte Sud, qui borde immédiatement le Houiller et qui est formée de calcaire carbonifère, est la mieux visible, elle est coupée par l'Escaut entre Antoing et Tournai; M^r Delvaux en a parlé en 1885. Elle se suit en France au S. de Lille et l'interprétation de nombreux forages indiqués par M^r Gosselet sur la nouvelle édition de la feuille de Lille de la *Carte géologique détaillée* permet de tracer son axe souterrain; il s'avance par Cysoing sur Watignies et Ligny dans la direction de Laventie-Estaires. Meugy avait bien indiqué cette grande voûte de calcaire carbonifère dans ses anciens travaux; l'axe passe probablement à Chercq près de Tournai (alt. de l'Escaut, 17 m.), où le Dévonien a été trouvé sous le calcaire carbonifère à une faible profondeur.

Nous l'avons indiqué en 1890 sous le nom d'*axe de Tournai*, qu'on peut lui conserver, mais son tracé dans la profondeur en Belgique est à rectifier.

Le second axe, moins précis, est assez rapproché du précédent à Namur, mais s'en éloigne notablement vers l'W. Les psammites du Condroz sont ramenés deux fois au jour à Gelbressée et à Marchelles-Dames. M^r Faly, en 1876, a donné des coupes de la vallée de la Sennette qui montrent divers accidents dans cette bande primaire Nord, — puis dans la vallée de la Senne même disposition entre Horrués et Soignies; M^r Gosselet a donné la coupe de la vallée de la Dendre avec fort bombement à Lens; M^r Dupont, dans une note plus ancienne, a montré les accidents du calcaire carbonifère entre Peruwelz et Leuze. Plus loin nous manquons de détails, nous savons seulement que les forages de Bailleul ont montré le calcaire carbonifère en contre-pente de celui de Lille.

Ne peut-on attribuer l'orientation des collines tertiaires de Cassel et de Flandre à la disposition souterraine de quelque anticlinal, ainsi que cela se présente souvent aux environs de Paris? Car l'orientation de ces collines ne peut s'expliquer par un ravinement hydrographique comme pour les collines tertiaires du Brabant, façonnées par les anciens tracés de l'Escaut. Cet axe souterrain irait déboucher dans le Sénonien en Angleterre, faisant suite à une grande voûte sous l'île de Thanet. Ce serait le dernier pli au bord du grand plateau primaire souterrain anglo-belge; le nom d'*axe de Lens* (Belgique) lui conviendrait très bien.

Pourvus de ces notions, revenons maintenant à l'hydrographie. Nous devons nous demander comment la Meuse a franchi l'Ardenne, car la solution de ce problème, si nous parvenons à l'élucider, nous

aidera à comprendre le passage de tous les autres cours d'eau dans les régions anticlinales. Je rappellerai que, tout d'abord, on a supposé que la Meuse entre Mézières et Namur était une vallée de fracture, que son passage était dû à une faille occasionnelle; mais l'examen de détail de ses nombreux méandres a prouvé l'absence de faille, le néant d'une cassure fortuite. On a pensé ensuite que la Meuse avait coulé dans son emplacement actuel dès avant le soulèvement ardennais, que son lit resté sensiblement à la même place tant en France qu'en Belgique s'était approfondi lentement à mesure que le sol se soulevait, que le travail d'érosion avait été exactement égal au travail de soulèvement, et qu'une régularité absolue avait existé sur tout le trajet du fleuve. Mais cette concordance inattendue avait quelque chose d'anormal, et cette explication tombait d'elle-même quand on observait que les autres cours d'eau de l'Ardenne auraient dû suivre la même fortune, et que nous devrions avoir une série de cours d'eau subparallèles présentant les mêmes caractères. D'autres découvertes sont venues combattre également cette hypothèse de la simultanéité : on a trouvé le fond de la vallée de la Meuse dans la région axiale, à Fumay, occupé non par des roches dures en affleurement et en voie de ravinement, mais par des graviers épais de remplissage. Puis, le cours de la Meuse avant Mézières est complètement différent de celui qu'il a dans la région rocheuse. Tandis que la pente entre Bazeilles et Charleville est de 22 cm. par kilomètre, elle devient brusquement de 60 cm. de Monthermé à Givet; le régime change absolument, ce n'est plus la même rivière. A Fumay, la Meuse est à l'altitude de 115 m., le roc est au-dessous de la cote 100; d'autre part, des amas graveleux ont été découverts sur les hautes berges, un forage à Saint-Pierre-de-Lionne, au-dessus de Fumay, entrepris à 223 m. d'altitude, a rencontré 44 m. d'épaisseur de débris diluviens. Il semble donc que la Meuse, dans sa traversée de l'Ardenne, a possédé autrefois un régime torrentiel et occupé un niveau plus bas que le niveau actuel, puis que, brusquement, elle a augmenté son volume et élevé son niveau pour atteindre son régime d'équilibre actuel. Il faut conclure, suivant moi, à un simple phénomène de capture. La Meuse de Fumay, orientée N.-S. est venue soutirer la Meuse de Mézières, dirigée de l'E. à l'W., qui coulait à un niveau supérieur, et l'a détournée de son cours normal; le drainage du versant Nord est venu audacieusement chercher les eaux de la gouttière du Sud par ravinement régressif, captant en premier la Semoy, qui était un affluent de la haute Meuse. Nous pouvons considérer la coupure de l'Eifel-Westerwald par le Rhin comme tout à fait comparable, et l'existence, au S. du Siebengebirge, de terrasses de graviers disposées à contre-pente en donne une démonstration péremptoire.

Le cours de la Semoy, que je comparerai à celui de la Sambre, est

très particulier : il quitte la région jurassique et triasique tendre et facile pour entrer dans une région de roches primaires très dures ; mais ici, la théorie de l'emplacement préétabli, de la surimposition, est facile à démontrer. Le Trias et le Lias couvraient autrefois, comme le prouvent leurs débris, une surface bien plus grande au S. de l'Ardenne, et la Semoy s'est dirigée au début dans des terrains de couverture dont il ne reste que peu de traces, et suivant une direction qui était alors normale. Pour la Sambre, les terrains de couverture étaient le Crétacé et le Tertiaire des deux côtés ; les rivières actuelles coupent les anticlinaux primaires qui ne se traduisaient autrefois par aucun reflet à la surface, et l'enfoncement commencé dans des roches tendres s'est continué dans des roches dures sans que les cours d'eau aient pu s'en affranchir. La Semoy montre que les méandres ne sont pas toujours un symptôme de paresse, car peu de rivières en possèdent autant, et cependant elle atteint une pente qui monte à 1^m,50 par kilomètre.

L'explication d'un enfoncement sur place n'est pas possible pour la Meuse. Nous n'avons aucune preuve que la région où elle est établie ait été recouverte par des formations marines, nous supposons que son cours, à l'état de ruisseau dirigé de Fumay à Givet et à Namur existait peut-être dès l'Éocène, quand la mer du calcaire grossier occupait le synclinal houiller et quand ses vagues battaient les pentes S. de l'Ardenne.

La sortie de la Meuse du synclinal houiller au-dessous de Liège doit nous arrêter aussi un instant. On peut l'expliquer soit par un phénomène de capture régressive d'une rivière comme le Geer, remontant depuis Maestricht et franchissant l'anticlinal rocheux du Dévonien-carbonifère de Visé pour gagner Liège, soit par une autre méthode qui peut trouver son application dans d'autres régions. Il se trouve que la Vesdre et la Sambre-Meuse, qui se réunissent à Liège, bien que venant de régions diamétralement opposées, ne viennent pas des extrémités les plus éloignées du synclinal, mais prennent naissance en des points où le synclinal est interrompu : il l'est à l'W. par le plateau de Fontaine-l'Évêque, à l'E. par le massif de Gemmenich près Moresnet. Ces ondulations perpendiculaires aux plis sont des faits géologiques généraux, encore mal connus, mais qui ont eu une très certaine influence sur l'hydrographie ; nous connaissons diverses ondes semblables dans le bassin de Paris et nous en parlerons ultérieurement. Nous nous trouvons ainsi en face d'un synclinal limité de toutes parts par des points hauts. Nous avons au S., l'Ardenne ; au N., le Brabant ; à l'W., Fontaine-l'Évêque ; à l'E., Gemmenich, et dans aucune direction l'écoulement normal du fond de bateau n'est indiqué. Évidemment, un lac a dû se former dans de telles conditions, et au point de jonction des cours d'eau réunis en sens inverse les eaux

ont dû s'accumuler : c'est ce qui est arrivé à Liège, où des terrasses de graviers s'étagent à des hauteurs considérables; bientôt ces eaux ont dû déborder pour sortir de la cuvette qui les renfermait et ont ébréché le bord le plus déprimé pour se frayer un passage. On peut donc considérer la Meuse entre Liège et Maestricht, dans son tracé si singulier, comme un cours d'eau de déversement, comme l'émissaire naturel d'un synclinal fermé.

M^r Cornet a signalé récemment¹ une autre particularité du même synclinal, en montrant que divers cours d'eau qui sont aujourd'hui des affluents de la rive droite étaient des affluents de capture, acquis soit par la Sambre, soit par la Meuse, et détournés de leur écoulement naturel dans la direction du Brabant. Ce sont le Piéton, près de Charleroi, l'Orneau venant de Gembloux, affluent de la Sambre, et la Mehaigne, affluent de la Meuse à Huy. Le Geer n'en fait pas partie. Les anticlinaux de Tournai et de Lens (Belgique) ont été d'autant plus facilement franchis que, placés très près de la Meuse et dans une situation très dominante, l'appel par ravinement rétrograde était facile.

Je terminerai cette rapide esquisse de l'Ardenne par quelques mots encore sur le col d'Éteignières-Auvillers. N'ayant pu visiter moi-même cette région, j'ai prié M^r Watrin, contrôleur principal des mines à Mézières, de l'explorer. Le col est à l'altitude de 270 m., on n'y trouve pas de carrières, et une tranchée du chemin de fer montre seulement un limon brunâtre avec nombreux cailloux à la base : ce sont des galets quartzeux très roulés, souvent pugilaires, de grès gris, du quartz filonien laiteux carié à angles émoussés; aucun fragment calcaire n'a subsisté. A signaler de plus un galet de silex crétacé, faisant partie d'un grès poudingue ou tertiaire. Il faut rappeler à ce propos que le diluvium de la Meuse a versé dans le Limbourg belge et hollandais des amas énormes de débris, parmi lesquels on reconnaît de nombreux fossiles du Jurassique du versant Sud, polypiers bathoniens, crinoïdes bajociens, etc.

Boulonnais. — L'explication de l'hydrographie du Boulonnais peut se simplifier beaucoup si l'on observe que cette région fortement soulevée n'est pas formée d'éléments différents de ceux de l'Artois : ce n'est qu'une région où les axes du faisceau de l'Artois se sont rapprochés et où toutes les couches abaissées depuis l'Ardenne sont revenues temporairement au jour.

Nous sommes conduits aujourd'hui à modifier la direction de quelques-uns des anticlinaux que nous avons tracés en 1890, parce que nous disposons de travaux de détail qui nous manquaient alors

1. J. CORNET, *Considérations sur l'évolution de la Sambre et de la Meuse* [Ann. Soc. Géol. de Belgique, XXVII, 1899, p. LXVI-LXXII].

et qui nous obligent à redresser généralement nos axes sans en modifier les points de départ et d'arrivée, points où il n'existe aucun doute sur leur présence¹.

La modification la plus importante qu'entraîne le déplacement des tracés dans le Haut-Boulonnais est celle relative à l'axe anticlinal du Blanc-Nez à Caffiers et à Fiennes. M^r Parent a montré que sa direction, au lieu de s'avancer au SE., vers l'Artois, se prolongeait en ligne presque droite sur Blandecques au Sud de Saint-Omer et que la crête, s'abaissant rapidement dans la plaine, disparaissait à Racquinghem. Un synclinal, qui est celui du bassin houiller d'Hardinghen, traverse le pays de Licques par Surques, où un forage a rencontré le calcaire carbonifère à une faible profondeur, à quelques kilomètres au S. des affleurements dévoniens de Hocquinghen.

La présence d'un anticlinal étant dûment constatée près de Saint-Omer, il serait possible de relier ce point avec l'anticlinal carbonifère de Tournai, connu jusqu'au Sud de Lille, à Herlies-Richebourg, pour ormer une limite N. positive au bassin houiller. Je reste d'accord avec M^r Gosselet pour reconnaître l'identité de la coupe de Marquise à Caffiers avec celle du rivage N. du bassin de Namur; mais j'explique facilement la présence de couches dévoniennes plus au N. par l'existence d'un nouveau pli, d'une nouvelle selle, au delà de l'axe de Caffiers, analogue à la double selle qui existe au Nord de Namur et dont nous avons déjà parlé : nous nous rapprochons beaucoup des tracés préconisés par M^r Bertrand, dans l'étude très importante qu'il a publiée sur le Boulonnais².

Cette orographie géologique une fois établie, nous observons que tout le régime hydrographique situé au N., avec déversement soit dans la mer, soit dans l'Aa, est normal. La Hem est un cours d'eau obséquent qui draine le pays de Licques, tandis que l'Aa venant de la région synclinale interne contourne l'anticlinal jusqu'à ce que son abaissement lui permette de le franchir. Des graviers élevés situés sur les collines autour de Saint-Omer témoignent de l'abaissement progressif du niveau de la rivière et de son déplacement continu vers la région la plus basse. A une époque très ancienne, l'Aa passait probablement au défaut de l'éperon d'Helfaut et empruntait le cours singulier de la Melde pour gagner la Lys à Aire.

Pour l'intérieur du Boulonnais, nous sommes obligés de négliger

1. H. PARENT, *Étude sur la Craie à Micraster du Boulonnais et sur les plissements de la Craie dans cette région* (Ann. Soc. Géol. du Nord, XX, 1892, p. 304-333; XXI, 1893, p. 93-104, fig., carte).

J. GOSSELET, *Aperçu général sur la Géologie du Boulonnais* (Congrès Assoc. Franç. Boulogne 1899) contient une bibliographie géologique très importante.

2. MARCEL BERTRAND, *Sur le raccordement des bassins houillers du Nord de la France et du Sud de l'Angleterre* (Annales des Mines, 1^{re} série, III, 1893; *Études sur le bassin houiller du Nord et du Boulonnais* *Ibid.*, V, 1894, p. 569-635).

bien des détails secondaires. Nous signalerons cependant un cas curieux de capture par la mer, à Wissant, du haut cours du ruisseau de Bazinghen. Il y a entre Ausques et le Colombier une large vallée desséchée dont les eaux supérieures descendent directement à la mer et qui autrefois s'écoulaient au Sud par Ambleteuse; l'examen des lieux est saisissant.

L'axe central du Boulonnais me paraît celui même de l'Artois, je lui ai donné autrefois une direction trop au S., n'ayant que des renseignements trop incomplets sur Desvres. Il commence toujours à la Crèche, un peu au N. de Boulogne, et est jalonné dans le centre du Boulonnais par une série de points hauts tels que La Capelle (cote 106 m.), Bellebrune (113 m.), Celles (Selles), Lottinghem. Il a pour gouttières, au N., le ruisseau de Wimereux, et au S., tout le cours de la Liane.

Hors du Boulonnais, le tracé de l'axe principal de l'Artois passe à Fauquembergues (cluse de l'Aa), Dennebroucq (cluse de la Lys), où divers affleurements de terrain primaire sont connus, et il se poursuit en une haute crête parallèlement à la faille qui limite au S. le bassin houiller; sur le versant Nord règne une série de cours d'eau réguliers, conséquents, comme la Clarence et la Lawe, dont les affluents secondaires sont parfois obséquents.

Le tracé de la Liane, jusqu'à Samer, correspond à un synclinal, qui se poursuit au N. de Zoteux et par Ergny, en allant rejoindre le synclinal central de l'Artois formé par le cours supérieur de l'Aa de Bourthes à Verchocq, le cours entier de la Traxène qui passe à Fruges, les sources de la Lys et la vallée sèche située en amont de Verchin à Anvin, enfin le cours supérieur de la Ternoise, synclinal précaire bien mutilé. Il importe, en effet, de signaler ici une perte sérieuse faite par la Lys de tout son cours supérieur naturel, qui est la haute Ternoise, située dans le même synclinal : c'est par le fait d'un cours d'eau capteur agressif, montant d'Hesdin à Blangy, que la Lys a été décapitée. La basse Ternoise, fort rapprochée du plan général d'écoulement, puisque la Canche à Hesdin n'est qu'à 25 m. au-dessus du niveau de la mer, est facilement arrivée par son ravinement rétrograde à soutirer la haute Lys, qui coulait à 100 m. au moins d'altitude et à moins de 20 km. de distance. L'examen de la carte de l'État-major est singulièrement instructif : on y voit la Ternoise jusqu'à Blangy ayant ses vallons affluents dirigés au S., puis ces vallons deviennent perpendiculaires à son cours, et ensuite dirigés inversement au N., comme ils devaient être autrefois quand la Lys supérieure commandait la pente générale des eaux (Voir la feuille d'Arras).

Enfin, le bassin du Boulonnais est bordé au S. par un anticlinal mal connu jusqu'ici et qui a une existence cependant très certaine : il limite le bassin de la Liane au S., accompagne la dernière apparition

du Jurassique dans la forêt d'Hardelot, et M^r Parent a jalonné son cours à Halinghen (feuille de Boulogne), Enquin et la cluse de la Course (feuille de Montreuil), Bimont, Quilen (feuille d'Arras), il passe à Créquy, Ruisseauville, Blangy, Beauvois, Croisette, série de points élevés, et nous le retrouverons dans le Cambrésis; nous le désignerons sous le nom d'*axe de Blangy*, tous les cours d'eau qui en descendent vers le synclinal de la Canche sont réguliers et conséquents.

M^r Gosselet a rappelé, après M^r Barrois, l'opposition qui existe entre l'hydrographie de la région wealdienne en Angleterre, dans laquelle les cours d'eau sont sécants, c'est-à-dire perpendiculaires aux axes, et celle du Boulonnais, qui en est cependant le prolongement naturel, et dans laquelle les cours d'eaux sont conséquents, c'est-à-dire parallèles aux mêmes axes, — mais sans donner d'explication de ce fait. Il semble cependant qu'on peut aventurer une explication plausible, en considérant que les cours d'eau français devaient se jeter tous dans un fleuve sécant, occupant l'emplacement du chenal du Pas-de-Calais. On sait qu'à la fin des temps tertiaires et pendant la plus grande partie du Quaternaire, l'Angleterre était largement unie à la France par un isthme joignant au N. les falaises de Douvres et Folkestone à la craie du Blanc-Nez et du Gris-Nez, et les ondulations crétacées de Beachy Head à l'anticlinal N. de la Canche (anticlinal de Blangy). Il fallait nécessairement une issue vers la mer aux eaux de la surface boulonnaise, et on peut légitimement supposer qu'elle se faisait par le S., les anticlinaux y étant moins importants que ceux du Nord; d'autre part, les sondages exécutés au large de Boulogne par M^r Hallez nous ont montré qu'il existait dans le Pas-de-Calais, du côté de la rive française, un chenal profond, encore en voie d'approfondissement, dit creux de Lobourg et remontant du S. au N.; sur les berges de cette vallée sous-marine, on a trouvé des fonds plats sous-marins couverts de cailloux diluviens roulés et des ossements d'animaux quaternaires (*Elephas primigenius*). Nous pouvons en déduire qu'une vallée ancienne existait à cette place, qu'elle a été envahie par la mer qui s'est avancée par cette brèche et que la mer est venue remplir le rôle d'un cours d'eau sécant, remontant d'aval en amont et recueillant successivement la Liane, la Wimille, la Slack. Cette pénétration de la mer s'est faite sur l'emplacement du Pas-de-Calais actuel, parce que c'est à peu près à cet endroit que les axes du Weald-Boulonnais se trouvaient le plus resserrés et le plus hauts. Les eaux ayant dans cette partie le cours le plus rapide et le plus court, le régime torrentiel le plus agressif, c'est aussi l'endroit où le ravinement s'est fait sentir avec le plus d'énergie, et où les abords ont été le plus rapidement réduits par la dénudation à l'état de plaine maritime, de *pénéplaine*.

Artois, Picardie du Nord. — Les grands plateaux crétacés situés entre l'axe de l'Artois et la grande vallée synclinale de la Somme sont régulièrement découpés dans une direction parallèle au NW. par les rivières de la Canche et de l'Authie, qui coulent, comme nous l'avons montré depuis longtemps, dans des synclinaux et sont séparées par des axes anticlinaux réguliers. La géologie est ici d'accord avec l'hydrographie, et voici la nomenclature de ces ondulations :

Anticlinal de Blangy, commun avec le Boulonnais.

Synclinal de la Canche, rectiligne jusqu'à Berlancourt sur 70 km. ; altitude terminale, 110 m.

Anticlinal de Campagne-lès-Hesdin, passant à Bonnières, Lucheux, Pas. Grandcourt, Fins, le Catelet, Bohain.

Synclinal de l'Authie, 68 km. jusqu'à Sarton, altitude 80 m., prolongement sec jusqu'à Acheux.

Anticlinal du Ponthieu, par Puchevillers, Toutencourt, Warloy.

Synclinal de la Somme, 68 km. jusqu'à Longueau à l'altitude de 21 m., se prolonge dans la basse plaine du Santerre jusqu'à Roye et coupe les collines tertiaires vers Noyon. Ce vaste synclinal, qui n'a pas moins de 35 km. de largeur, est fort remarquable, et hors de proportion avec les eaux qu'il draine actuellement; il faut considérer comme appartenant à son haut bassin tout le massif tertiaire situé entre l'Aisne au S. et la Serre au N.

Tout l'Artois, en résumé, est assez simple, et les coupures des rivières permettent d'en étudier la structure; mais dans la partie centrale, dans le Cambrésis, les traits généraux sont plus difficiles à établir; il ne faut pas oublier que sur toute cette région une épaisse couverture de terrains tertiaires a été enlevée presque complètement. L'Éocène inférieur a laissé quelques buttes de sables et quelques poches dans l'argile à silex, l'Éocène moyen quelques blocs de grès avec *Nummulites levigata*, dont M^r Gosselet a indiqué autrefois l'étendue, mais on ne trouve aucune trace des couches de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène, et cependant la plupart des géologues ont admis que le bassin marin de la Belgique avait communiqué par cette région avec celui de Paris. Comme, d'autre part, il semble bien que les ondulations crétacées ne surmontent qu'en gros les plis primaires et qu'elles n'épousent la forme que des plus importants, de ceux qui ont pu rejouer à une époque relativement récente, le raccordement des axes dans le Cambrésis est délicat.

Nous avons cependant quelques jalons qui nous renseignent; la position de Marcoing, par exemple, au milieu de la feuille de Cambrai, est tout à fait remarquable. L'Escaut franchit à Marcoing, à l'altitude de 57 m., un axe transversal ayant environ 100 m. d'élévation. Cet axe est longé par deux cours d'eau dirigés en sens opposé : l'un venant de l'W. presque en ligne droite, sur 20 km., descend de Bapaume-

Frémicourt (alt. 120 m.), l'autre qui emprunte quelques kilomètres à l'Escaut vient directement de l'E., de Troisvilles, à 20 km., partant de l'altitude 120 m. Ils n'ont aucun affluent notable du côté du N., et le Turonien, formant axe, surgit de dessous le Sénonien; enfin l'Escaut, venant du Catelet, à 12 km. au S., de l'altitude de 86 m., aide à franchir la cluse de Marcoing. Cet axe se relie parfaitement à l'E., au Cateau, à l'axe primaire tel qu'il est révélé par les courbes souterraines que nous avons pu tracer; à l'W., il est une suite naturelle de celui de Blangy.

Cette cluse de l'Escaut correspond au point de jonction le plus bas du bassin du Nord avec celui de la Somme et celui de Paris, à la grande ligne oblique de dépression générale qui traverse la France en écharpe. L'axe indiqué par M^r Cayeux¹ est situé plus au S. : il est la continuation de l'axe de Campagne-lès-Hesdin et coïncide sensiblement avec la ligne de partage des eaux; des ravinements rétrogrades, partis tantôt du Nord, tantôt du Midi, viennent écrêter la ligne théorique, qui est rectiligne sur une très grande étendue.

Picardie du Sud, Pays de Bray. — Le Pays de Bray est une région très importante au point de vue géologique et hydrographique, c'est une voûte transversale immense dont le vousoir N. s'est rompu en un pli-faille. La paroi S. laisse voir sur la tranche toutes les couches soulevées descendant lentement au S. W., tandis que la région Nord plonge très rapidement. Le centre de ce dôme dissymétrique a atteint autrefois 600 m. d'altitude, mais une dénudation active en a vidé la région centrale dans des conditions encore mal connues. M^r de Lapparent en a donné une description géologique qui est restée un modèle du genre; il avait fixé l'âge du soulèvement comme terminant l'éocène supérieur, mais par une étude du prolongement de cet anticlinal nous avons montré ultérieurement que ce mouvement était postérieur, et plus récent que les dernières couches tertiaires du bassin de Paris, les meulières ayant été affectées.

Les directions des axes s'établissent comme suit :

Synclinal de la Somme (indiqué par M^r de Mercey en 1891).

Anticlinal d'Oisemont (partie de l'ancien anticlinal de Gamaches) : il débute au-dessus de Mers (alt. 103), passe à Lincheux, Conty (cluse de la Selle), Folleville (cluse de la Noye), Broyes, Ferrières, Tricot, Margny-lès-Compiègne, où il a été signalé déjà par M^r de Lapparent.

Synclinal de la Bresles : 32 km. en ligne droite jusqu'à Senarpont (alt. 82 m.), puis cours du Liger vers Guibermesnil et Poix de Picardie (indiqué autrefois par M^r de Morgan).

1. CAYEUX. *Ondulations des terrains sur la feuille de Cambrai* (Ann. Soc. géol. du Nord, XVII, p. 71).

Anticlinal de la Forêt d'Eu (partie de l'ancien axe de Gravilliers), débutant à Floques, passant au Mesnil-Réaume, Campneuseville (alt. 124), Aumale (cluse de la Bresles), Grandvilliers, Crèveœur, Froissy, Thieux.

Synclinal de l'Yères : 25 km. en ligne droite jusqu'à Fallencourt (alt. 108) ; la suite n'en est pas connue.

Anticlinal de Berneval-sur-Mer (signalé par M^r Hébert), passant à Gouchaupré, Smermesnil, Nullefont (cote 228), Abancourt, Marseille-le-Petit.

Synclinal de l'Aulne : 35 km. en ligne droite jusqu'à Mortemer, (alt. 132), se prolongeant jusqu'à Formerie.

Anticlinal du Pays de Bray : occupé sensiblement par le cours de la Béthune sur 44 km., et jusqu'à l'altitude de 102 m. à Mesnil-Mauger. Il passe un peu au S. de Gaillefontaine, puis arrive au S. de Songeons, à Saint-Martin-le-Nœud, au S. de Beauvais pour aboutir à Précly-sur-Oise. Nous aurons l'occasion de revenir sur cet accident, le plus important du Bassin de Paris.

L'hydrographie normale de cette boutonnière est bien établie par deux cours d'eau dirigés synclinalement en sens opposé : la Béthune sur la mer à l'W., le Thérain vers l'Oise à l'E. Mais il y a de plus deux émissaires au S., l'Epte et l'Andelle, qui viennent couper la falaise qui circonscrit la vallée interne de Bray et qui nécessitent une explication. Il n'y a pas d'écoulement vers le N. L'Epte est une vallée de capture qui a décapité le cours supérieur de l'Avelon, affluent du Thérain : on s'en rend compte en observant qu'il existe dans la région de la coupure diverses vallées internes aujourd'hui sèches, comme la vallée de Puiseux-en-Bray, coulant en sens inverse de l'Epte et autrefois affluents normaux de l'Avelon. L'Epte, en reculant son lit vers l'amont, a rencontré un vallon dirigé obliquement en sens inverse, à Neufmarché, et, donnant aux eaux un écoulement plus direct, a ravi le bassin supérieur normal de l'Avelon ; le seuil actuel à Neufmarché est à l'altitude de 84 m., le col marécageux actuel de l'Avelon, vers Montreuil, est à 108 m. L'Andelle a capté le cours inférieur du Vivier, affluent de la Béthune, par un mécanisme analogue : le seuil actuel, vers Catillon, est à 117 m. et le col actuel à Epinay vers 137 m. Il est à remarquer qu'actuellement tous ces émissaires du Bray ne transportent plus, et en certaines saisons seulement, que des limons insignifiants, ils sortent de grands marécages sans avoir la force de rouler le moindre débris. Si nous avons le loisir d'entrer dans de plus grands détails, nous pourrions montrer, en outre, que les émissaires latéraux n'occupent pas exactement l'axe géologique, mais que la dureté inégale des roches les en a quelque peu détournés.

Les hautes falaises qui dominent la mer dans cette région, comme en Haute-Normandie, nous prouvent que la terre s'étendait autrefois

fort loin dans cette direction et qu'un vaste système normal de cours d'eau parallèles faisant suite aux cours d'eau actuels les prolongeait jusqu'à l'abaissement complet, à l'W. de l'accident du Bray, à mi-chemin peut-être de l'Angleterre, où ils étaient recueillis par quelque grand fleuve perpendiculaire aux axes et venu du Boulonnais.

Vers l'E., la ligne de faite s'abaisse progressivement; elle est coupée une première fois par l'Oise, qui forme un collecteur perpendiculaire inattendu. Il y a beaucoup à dire sur le cours de l'Oise, on s'accorde à penser qu'il s'est formé à la faveur d'un accident géologique spécial; nous nous sommes longtemps refusé à l'admettre, mais nous avons constaté récemment dans une carrière, entre Mériel et l'Isle-Adam, un régime de failles qui met le calcaire grossier moyen presque horizontal en contact avec la base très inclinée des sables de Cuise, ce qui nous montre que les terrains des deux rives ne sont pas en relation directe et qu'un régime de flexure, tout au moins, règne suivant cette direction. En amont de l'axe du Bray, l'Oise collecte le Thérain et la Brèche, et coupe encore l'axe de la forêt d'Eu en recueillant l'Automne; enfin, elle franchit celui de Margny-lès-Compiègne, conquête difficile comme en témoignent les vastes plaines caillouteuses qui forment le sol de la Forêt de Compiègne, mais conquête fort fructueuse car elle lui valut l'Aronde et l'Aisne; c'est là, en effet, que l'Aisne a été détournée de son cours primitif normal, qui la conduisait dans le synclinal de la Somme sans avoir à franchir aucune cluse.

GUSTAVE F. DOLLFUS,

Collaborateur principal
à la Carte géologique détaillée de la France.

(A suivre.)