

~~S. N. G. F.~~
BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
DE FRANCE

QUATRIÈME SÉRIE

TOME PREMIER

1901

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE
28, rue Serpente, VI

1901

ÉTUDE COMPARÉE DES SYSTÈMES DE TERRASSES
DES VALLÉES DE L'ISSER
DE LA MOSELLE, DU RHIN ET DU RHONE

PREUVES QUE LEUR FORMATION EST DUE
A DES OSCILLATIONS EUSTATIQUES DU NIVEAU DE BASE

par M. de LAMOTHE.

Dans la note que j'ai publiée en 1899 sur les anciennes plages et terrasses du bassin de l'Isser ¹, j'ai cherché à préciser les phases successives par lesquelles avait du passer ce bassin, depuis la fin du Pliocène marin, pour arriver à son état actuel ; j'ai, en outre, établi, que les conclusions tirées de l'étude de l'Isser pouvaient s'étendre à une partie au moins de la côte algérienne. La présente note a pour objet de montrer que des phénomènes comparables, et même identiques, semblent s'être produits pendant le même laps de temps, dans des bassins très éloignés, tributaires de la Méditerranée septentrionale ou de la mer du Nord.

Mais avant d'aborder cet essai de paléogéographie, il me paraît utile et même nécessaire de résumer très brièvement les faits constatés dans l'Isser, en insistant sur quelques points dont l'intérêt ou l'importance n'ont peut-être pas été suffisamment mis en relief dans ma note de 1899, et en profitant de cette occasion pour rectifier quelques fautes d'impression et légères inexactitudes de détail qui s'y sont glissées.

CHAPITRE I^{er}. — Résumé des faits observés dans l'Isser

1^o *L'embouchure* de l'Isser a conservé des traces très nettes d'une série continue de phénomènes alternatifs d'érosion et de remblai, dont les plus anciens datent de la fin du Pliocène marin, tandis que les plus récents appartiennent à l'époque actuelle ².

1. de LAMOTHE. Note sur les anciennes plages et terrasses du bassin de l'Isser et de quelques autres bassins de la côte algérienne. *B. S. G. F.*, (3), XXVII, p. 257 et seq.

2. Consulter les feuilles de Ménerville et de Palestro de la carte géologique de l'Algérie à 1/50.000, et la planche III qui est jointe à ma note précitée.

Le nombre de ces périodes alternatives d'érosion et de remblai encore observables, a été de six; elles sont marquées par six niveaux de cailloutis, formant pour la plupart des terrasses étagées, bien distinctes les unes des autres (fig. 1).

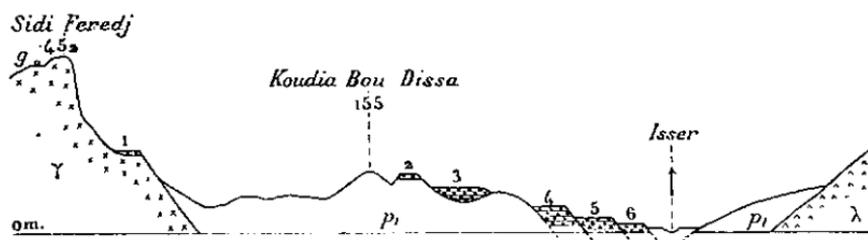


Fig. 1. — Coupe schématique de la vallée de l'Isser près de l'embouchure.

- γ. Liparites et granites; λ. Labradorites et andésites; p_1 , Marnes bleues du Pliocène inférieur; 1, Cailloutis et plage de 200-205 m. (1^{er} niveau); 2, Id. de 130-150 m. (2^e niveau); 3, Id. de la haute terrasse (3^e niveau); 4, Id. de la moyenne terrasse (4^e niveau); 5 et 6, Id. des basses terrasses (5^e et 6^e niveaux); g, Galets roulés à 430 m. d'altitude. — La largeur de la zone occupée par les alluvions entre les deux massifs éruptifs est d'environ 13 kilomètres.

Les altitudes relatives de ces divers niveaux au voisinage de l'embouchure¹, sont exprimées par les nombres ci-après :

1 ^{er} niveau	200 à 205 m. ²
2 ^e —	130 à 150
3 ^e —	93 à 95
4 ^e —	55 à 57
5 ^e —	28 à 30
6 ^e —	15 à 16 m. ³

Il y a lieu de remarquer qu'entre les 3^e et 4^e niveaux il s'est produit un léger déplacement négatif horizontal du niveau de base qui a eu pour effet de diminuer l'altitude relative des terrasses plus anciennes; si l'on en tient compte, l'altitude relative du 3^e niveau devient 98-100 m.

Les terrasses sont surtout développées au voisinage de l'embouchure où les principales (3^e, 4^e et 5^e niveaux) peuvent se suivre pendant plusieurs kilomètres; elles se morcellent en approchant

1. Dans tout ce mémoire, l'expression *altitude relative* signifie altitude au-dessus des eaux d'étiage du cours d'eau actuel.

2. L'altitude de ce niveau qui est en dehors de la vallée actuelle de l'Isser est prise par rapport au niveau de la mer.

3. Ces limites sont probablement un peu faibles; elles sont basées sur la détermination d'un seul lambeau, celui de Blad Guitoun.

de la région montagneuse et semblent disparaître un peu en amont de Palestro ; en même temps leurs altitudes relatives augmentent sensiblement. Ces altitudes augmenteront encore dans l'avenir, car l'Isser, qui ne possède pas dans la région de Palestro son profil d'équilibre et dont les pentes sont relativement fortes (4 à 5 millim. par mètre dans les gorges), continue à creuser son lit.

2° L'épaisseur primitive des nappes alluviales ne peut pour la plupart d'entre elles être déterminée avec précision, soit en raison des dénudations qu'elles ont subies (1^{er} et 2^e niveaux), soit parce qu'elles se réduisent presque toutes à une mince bordure, et que rien n'indique la largeur originelle de la nappe et surtout la position du thalweg correspondant. Cependant, en ce qui concerne le 2^e niveau, la comparaison des cotes des bases et des sommets de tous les lambeaux que j'y ai rapportés, me conduit à penser que l'épaisseur a dû atteindre au moins 40 m.

Pour le 3^e niveau, dont il existe une section transversale presque complète ¹, l'épaisseur réelle a dû être très voisine de 35 m.

Enfin, pour les 4^e et 5^e niveaux, les épaisseurs mesurées près du bord *axial* ², c'est-à-dire du bord le plus rapproché de l'axe de la vallée, sont respectivement de 40 à 45 m. pour le 4^e niveau, de 28 à 30 m. pour le 5^e. Mais ces nombres sont des *minima* et il est fort probable que les épaisseurs *maxima* ont été supérieures de quelques mètres au moins.

Vers l'amont, à Palestro, les épaisseurs observées paraissent diminuer d'une façon notable.

3° En l'absence de fossiles caractéristiques, j'ai été conduit par des considérations tirées surtout de l'état de conservation des terrasses et de leur groupement, à classer *provisoirement* les deux premiers niveaux dans le Pliocène supérieur, et les quatre autres dans le Pleistocène ³. La terrasse du 3^e niveau dont l'altitude au-dessus du thalweg est voisine de 93 m., serait par suite une haute terrasse ; celle de 55 à 57 m. (4^e niveau) pourrait être appelée moyenne terrasse, et celles de 28 à 30 m. et de 15 à 16 m. (5^e et 6^e niveaux) représenteraient les basses terrasses.

1. de LAMOTHE. *Op. cit.*, fig. 5, p. 274.

2. C'est le bord que les géologues suisses appellent *externe*, tandis qu'ils appliquent le qualificatif *interne* au bord qui longe les pentes de la vallée. Ces dénominations peu rationnelles me paraissent devoir être rejetées, car elles ne peuvent qu'engendrer des confusions.

3. de LAMOTHE, *Op. cit.*, 1899, p. 288.

Les cailloutis plus anciens que la haute terrasse correspondraient aux graviers de plateau ou *Deckenschotter* de la vallée du Rhin.

4° Les 1^{re}, 2^e et 3^e nappes sont nettement indépendantes ; elles se sont accumulées dans des lits différents comme direction, altitude et profondeur (fig. 1).

Les cailloutis du 3^e niveau (haute terrasse) sont également indépendants de ceux du 4^e puisqu'ils occupent un chenal distinct. On a ici la preuve matérielle que non seulement le creusement de la vallée qui a précédé le remblayage n'a pas amené celle-ci à la profondeur du thalweg actuel, mais que son fond est même resté à près de 63 m. au dessus de ce thalweg¹. Ce fond serait donc plus élevé de quelques mètres que la surface supérieure de la moyenne terrasse de 55 m., s'il ne s'était pas produit dans l'intervalle un léger déplacement horizontal du niveau de base qui a eu pour conséquence le relèvement du thalweg actuel.

Les 4^e, 5^e et 6^e niveaux forment un groupe bien tranché ; ils sont *emboîtés partiellement*.

L'ignorance dans laquelle nous sommes de leur épaisseur exacte, ne permet pas de fixer d'une façon précise l'altitude de leurs bases ; il est probable que la base de la moyenne terrasse s'élevait à une dizaine de mètres au plus au-dessus du thalweg actuel et que celle des deux autres en était très voisine, peut-être même a-t-elle été plus basse.

5° Les haute et moyenne terrasses (3^e et 4^e niveaux) sont couvertes d'un limon fin, jaunâtre, très argileux, renfermant de nombreuses concrétions calcaires. L'épaisseur de ce limon a probablement dépassé 20 m. pour chacune d'elles. Je n'y ai pas observé de traces certaines de stratification : il est vrai que la plupart des coupes sont très mauvaises. Sauf de rares exceptions le limon semble faire défaut sur les autres niveaux, ou n'y être représenté que par une couche mince. Un limon également jaunâtre, présentant parfois des traces de stratification horizontale couvre le fond de la vallée de l'Isser depuis l'embouchure jusqu'en amont de Blad Guitoun ; l'Isser y a creusé son lit sur 8 à 10 m. de profondeur. Il diffère du limon des terrasses par l'absence des concrétions.

6° Les principaux niveaux de cailloutis se lient à leur extrémité aval à des *plages*, en général remarquablement conservées ; les

1. Voir dans ma note de 1899 la fig. 5, p. 274.

autres se terminent à des cotes qui concordent avec celles de plages ou de débris de plages situés dans le voisinage. Les altitudes de la mer correspondant à ces plages sont très approximativement données par le tableau ci-dessous :

1 ^{er} niveau	200 à 205 m.
2 ^e —	135 à 145
3 ^e —	98 à 100
4 ^e —	55
5 ^e —	30
6 ^e —	15 à 17

Il n'est pas impossible qu'il y ait eu des plages et des niveaux de cailloutis plus élevés ; car j'ai trouvé à des altitudes de 350 et même 430 m. (fig. 1). des traces de plages qui me paraissent certaines ¹. Peut-être ces anciennes plages marquent-elles d'anciens niveaux de la mer du Pliocène inférieur, dont l'altitude, comme je l'ai montré, a dû être beaucoup plus grande que celle marquée par les marnes bleues et les mollasses ².

La plage de 15-17 m. se retrouve très nette sur un certain nombre de points de la côte algérienne. Au contraire, le niveau de cailloutis correspondant n'apparaît qu'exceptionnellement dans l'Isser et dans les autres vallées. Cela tient à ce que le lit actuel de la plupart des rivières, occupe le même emplacement que celui correspondant aux niveaux de 15 et de 30 m. On conçoit que, dans ces conditions, l'érosion qui a suivi la formation de la nappe de 15 m. en ait le plus souvent supprimé les traces dans toutes les vallées étroites parcourues par des cours d'eau puissants ou à allures torrentielles.

La régularité même avec laquelle les différents niveaux de plages se reproduisent sur un certain nombre de points de la côte algérienne semble indiquer, indépendamment des conséquences que je développerai plus loin, que la Méditerranée est, depuis le Pliocène supérieur tout au moins, privée de marées. Nous verrons en effet dans le chapitre II que la concordance des altitudes des anciennes plages sur de grandes étendues est incompatible avec l'existence des marées.

7^o Ainsi que je l'ai montré ³, le lien qui existe entre les plages et les nappes alluviales dont les terrasses représentent les débris, et la formation des unes et des autres, ne peuvent s'expliquer que

1. de LAMOTHE. *Op. cit.*, p. 268 et 297.

2. *Id.*, p. 290.

3. *Id.*, p. 290 et seq.

par des oscillations verticales du niveau de base, c'est-à-dire de la ligne de rivage. Il est absolument impossible de l'attribuer à une cause agissant vers l'amont comme on a tenté de le faire pour les terrasses de la vallée du Rhin. D'une manière générale, il semble que l'abaissement de cette ligne de rivage (mouvement *négalif* de M. Suess) ait été prédominant à partir du Pliocène supérieur; mais ce mouvement *négalif* n'a pas été continu; il a été périodiquement interrompu par des mouvements *positifs* d'amplitude plus faible.

Chaque mouvement négatif a déterminé une phase d'érosion et d'approfondissement de la vallée; chaque mouvement positif a été au contraire la cause d'une phase de remplissage. L'épaisseur du remblai à l'embouchure marque à peu près l'amplitude du mouvement positif.

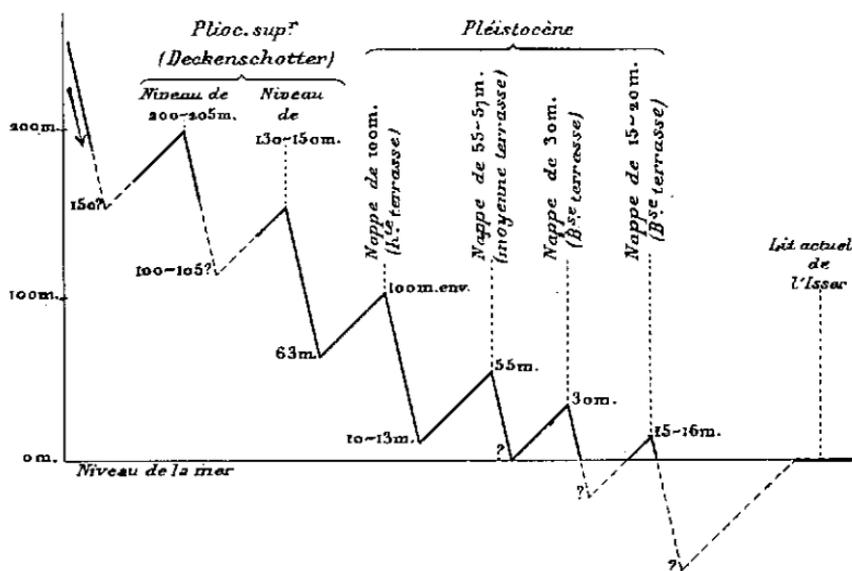


Fig. 2. — Diagramme des oscillations verticales du niveau de base à l'embouchure de l'Isser, pendant le Pliocène supérieur et le Pléistocène. — Echelle des hauteurs : 1 millim. pour 5 mètres.

On peut représenter par le diagramme de la figure 2, la succession de ces oscillations verticales du niveau de base à l'embouchure de l'Isser¹. Les parties en pointillé sont hypothétiques;

1. Ce diagramme doit être substitué à celui que j'avais donné à la page 291 de ma note sur l'Isser; il est plus complet et quelques inexactitudes de détail ont été rectifiées.

rien n'indique dans l'Isser ce qui s'est passé antérieurement au 1^{er} niveau ; mais il semble, comme je l'ai dit plus haut, que la ligne de rivage ait été beaucoup plus élevée et qu'il y ait eu un mouvement négatif considérable après le Pliocène marin. D'autre part l'absence de sondages et de données précises sur les épaisseurs des nappes des 1^{er}, 2^e et 6^e niveaux, ne permet pas de fixer exactement l'amplitude des oscillations correspondantes. Toutefois, il est probable, en raison de la largeur de la vallée que le substratum en aval de Blad Guitoun et jusqu'à l'embouchure, doit se trouver à une certaine profondeur au-dessous du thalweg actuel. Il n'est pas inutile de rappeler, à ce propos, que dans la Mitidja, des sondages nombreux ont établi que la vallée avait été creusée à près de 200 m. au-dessous du niveau de la mer, puis remblayée.

L'état actuel paraît correspondre à une période de stabilité relative de la ligne de rivage marquant, soit la fin d'un mouvement négatif, soit, beaucoup plus probablement, celle d'un mouvement positif. En tous cas, il n'y a dans l'Isser, aucune trace de *déplacement historique ou récent* de la ligne de rivage, abstraction faite des légers changements dus à des causes locales : courants, vents, apports du fleuve, etc.

8^e Indépendamment des *variations verticales*, le niveau de base a subi dans l'Isser des *déplacements horizontaux* de très faible étendue, et qui n'ont pas modifié sensiblement les lignes de rivage : celles-ci sont restées voisines et à peu près parallèles. On peut en conclure que la dépression méditerranéenne présentait déjà à la fin du Pliocène marin, le long de la côte algérienne, des pentes rapides et une profondeur notablement supérieure à l'amplitude des variations du niveau de base, et que la configuration générale de la côte n'a pas subi de changements sensibles depuis cette époque.

9^e *Le parallélisme* des nappes alluviales des 3^e, 4^e et 5^e niveaux et leur faible accroissement d'altitude jusqu'à Blad Guitoun prouvent que déjà à l'époque du 3^e niveau, le fleuve avait à peu près réalisé un profil d'équilibre à pentes très faibles entre l'embouchure et le débouché des gorges. Les oscillations ultérieures du niveau de base ont eu seulement pour effet d'abaisser ou de relever le lit de quantités sensiblement égales à leur amplitude.

10^e Je terminerai ce résumé en appelant l'attention sur *la longue durée* qu'a dû exiger la succession des phénomènes constatés dans l'Isser depuis la fin du Pliocène marin. Il ne paraît pas

douteux que les mouvements positifs ont dû s'accomplir avec une très grande lenteur. Un mouvement rapide aurait reporté brusquement la ligne de rivage dans l'intérieur des terres, et le comblement du golfe ainsi formé aurait donné naissance à des couches inclinées comme celles des deltas. Or, nulle part dans l'Isser, même au voisinage immédiat des anciennes plages, il n'existe de traces de cette inclinaison : les alluvions des différents niveaux y sont rigoureusement parallèles au thalweg.

En ce qui concerne la vitesse des mouvements négatifs, je ne vois aucun argument décisif à invoquer dans un sens ou dans l'autre. On remarquera cependant que l'intervalle entre un mouvement négatif et le mouvement positif suivant, a dû être chaque fois suffisamment long pour permettre au fleuve de reconquérir son profil d'équilibre, au moins dans la partie inférieure de son cours.

CHAPITRE II. — Examen des difficultés que présente la comparaison des résultats obtenus dans l'Isser avec les observations similaires faites dans d'autres régions.

Les résultats que je viens d'exposer ne sont pas spéciaux au bassin de l'Isser. Ainsi que je l'ai indiqué ¹, les lignes de rivage paraissent avoir subi, sur une partie notable de la côte algérienne, une même série d'oscillations verticales, synchroniques, et d'amplitudes correspondantes à celles de l'Isser, qui ont également déterminé dans les vallées des phases alternatives d'érosion et de remblai.

La manifestation sur des étendues aussi considérables et pendant une aussi longue période de phénomènes d'un rythme aussi régulier, est difficilement conciliable avec l'hypothèse de mouvements propres de la lithosphère, et on est par suite logiquement conduit à attribuer ces oscillations des lignes de rivage à des mouvements alternativement positifs et négatifs de la surface de la Méditerranée et des mers en communication avec elle pendant la même période de temps ².

Mais, si cette conception est exacte, si ces mouvements *eusta-*

1. de LAMOTHE. *Op. cit.*, 1899, p. 297 et seq.

2. Observation déjà faite dans ma note sur l'Isser. p. 300. — Cette conclusion ne vise, bien entendu, que les mouvements qui ont eu lieu pendant le Pliocène supérieur et le Pleistocène, et je n'ai nullement la pensée de l'étendre aux périodes antérieures.

tiques ont eu réellement lieu, on doit évidemment en retrouver les traces dans d'autres régions du globe, partout où des mouvements propres de la lithosphère, ou des causes locales, ne les ont pas effacées ou défigurées par la *superposition* de leurs effets.

On saisit immédiatement l'intérêt que présenteraient au point de vue géologique la recherche et l'étude comparée de ces traces sur un grand nombre de points du globe. Si, en effet, on pouvait établir que les lignes de rivage ont subi ailleurs que sur la côte algérienne des oscillations identiques à celles observées sur cette côte, et que les vallées correspondantes ont été le théâtre de phénomènes alternatifs d'érosion et de remblai comparables à ceux constatés dans l'Isser, on aurait le droit de conclure : 1° que des oscillations eustatiques se succédant dans le même ordre et avec le même rythme que sur la côte algérienne, ont affecté la surface des mers pendant le Pliocène supérieur et le Pleistocène ; 2° que les portions de la lithosphère où l'on retrouve des systèmes de terrasses *régulières* semblables à celui de l'Isser, sont restées *relativement fixes* pendant le même laps de temps ; 3° enfin, que la formation de ces terrasses est due exclusivement aux oscillations du niveau de base et ne peut être attribuée, comme on a tenté de le faire, à des causes accidentelles ou locales, sans relation avec les variations de ce niveau. Il est inutile d'insister sur l'importance qu'auraient ces conclusions au point de vue de l'histoire géologique à partir du Pliocène supérieur.

Malheureusement le problème, sous sa forme générale, n'est pas susceptible, actuellement du moins, d'une solution. On ne peut demander à un même géologue de le résoudre à l'aide de recherches personnelles, et, d'autre part, les matériaux nécessaires pour un travail de cabinet sont le plus souvent ou trop rudimentaires, ou trop peu précis, ou même trop sujets à caution pour pouvoir être utilisés dans une étude dont les résultats dépendent entièrement de la précision des données.

Les causes de cette insuffisance des documents concernant les anciennes plages et terrasses, sont assez importantes pour mériter un rapide examen ; leur exposé servira d'ailleurs à expliquer et à justifier la méthode suivie dans ce mémoire.

1° *Impossibilité d'utiliser actuellement les matériaux fournis par l'étude des anciennes lignes de rivage.*

L'étude comparée des anciennes lignes de rivage ne peut conduire à des résultats pratiques que si l'on parvient tout d'abord

à déterminer dans chaque région, et pour chacune des lignes de rivage observées, le niveau moyen de la mer qui lui correspond. Or, il suffit d'examiner les phénomènes actuels pour se rendre compte des obstacles qui s'opposent, dans la plupart des cas, à cette détermination.

Les traces de l'action de la mer (cordons littoraux, plateformes littorales) ne correspondent qu'exceptionnellement au niveau de la mer qui les a produites. Dans les mers sans marées, les écarts entre les formations littorales et le niveau de la mer sont en général très faibles : j'ai cependant constaté, en Algérie, que l'amplitude totale de ces écarts pouvait accidentellement atteindre 4 à 5 m. ¹.

Il en est tout autrement dans les océans à marées. Plusieurs plages peuvent correspondre à un même niveau moyen de la mer, et les écarts entre la plateforme des basses mers d'une part, celle des hautes mers et le cordon littoral des tempêtes d'autre part, variables sur chaque point avec l'amplitude des marées, dépassent fréquemment 10 mètres ; en outre, ces variations peuvent sur des points très rapprochés d'une même côte, passer d'une quantité voisine de zéro au maximum ².

D'un autre côté, l'amplitude des marées est elle-même liée à la configuration des côtes, à la répartition des terres et des mers, à la profondeur de ces dernières, et toutes ces particularités doivent nécessairement varier avec chaque modification de la ligne de rivage et par conséquent, avec les mouvements positifs ou négatifs.

Enfin, si les mouvements eustatiques ont été lents, comme certains indices permettent de le supposer, il a pu se former, surtout pendant les périodes négatives, des plateformes littorales auxquelles ne correspondent dans les vallées aucune terrasse. La série des plages pourra par suite présenter localement un nombre de termes plus grand que celle des terrasses.

Ainsi, même dans les cas où les traces des anciens rivages seraient intactes, où la dénudation, le ruissellement sur les pentes, la présence d'anciennes dunes, n'auraient pas altéré leurs altitudes originelles, la comparaison des observations faites dans des régions éloignées sera le plus souvent à peu près impossible, tant que l'on ne parviendra pas à éliminer la part d'influence des marées dans les altitudes observées, élimination qui jusqu'à présent, n'a, je crois, jamais été tentée.

1. de LAMOTHE. *Op. cit.* 1899, p. 299.

2. A l'entrée de la baie de Fundy, l'amplitude des marées est seulement de 2 m. 70; elle atteint 16 m. au fond de la baie.

Il convient d'ajouter que les altitudes ont été rarement déterminées par des procédés rigoureux, sauf dans les pays qui possèdent des cartes à grande échelle (1/25.000 au moins) et que, par suite, les nombres obtenus n'offrent pas, en général, la précision nécessaire.

On ne peut guère espérer, dans l'avenir, combler entièrement ces lacunes. Dans beaucoup de régions, le nombre des observations sera toujours nécessairement très restreint. Les causes de destruction des anciennes plages ont été, en effet, très nombreuses, et leur disparition est un fait beaucoup plus général que leur conservation. Sur les côtes escarpées, quelques rares galets sont souvent les seuls témoins de l'action de la mer (Sidi Férédj et pentes de Bouzaréah à l'ouest d'Alger). Sur les côtes plates ou peu inclinées, c'est à une distance plus ou moins grande dans l'intérieur qu'il faudrait rechercher les traces des plages les plus anciennes; mais, si l'on réfléchit que la dénudation du bassin hydrographique a dû, depuis l'époque de la plage de 200 m. par exemple, atteindre une valeur équivalente sur une partie de sa surface, on concevra sans peine que la probabilité de retrouver ces traces soit extrêmement faible. L'action de l'homme sur les côtes occupées par les peuples primitifs¹, la végétation dans les pays équatoriaux, la présence de glaciers, ont aussi, à des degrés divers, contribué à la disparition des anciennes lignes de rivage.

On comprendra donc qu'en présence de toutes les difficultés que je viens d'exposer, j'aie été amené à renoncer dans ce premier essai d'étude comparée, à faire porter les comparaisons sur les anciennes lignes de rivage, et à me borner à l'utilisation des matériaux concernant les terrasses fluviales. On ne peut, pour le moment, que souhaiter avec M. Geikie² que l'étude de ces anciennes lignes de rivage soit l'objet, dans l'avenir, de recherches méthodiques et précises: la multiplicité et la précision des résultats permettront seuls de faire la part des influences perturbatrices et d'obtenir des données comparables³.

1. Observation de Robert, citée par SUSS. *La Face de la terre*, édit. française, II, p. 21.

2. A. GEIKIE. De la coopération internationale dans les investigations géologiques. Mémoire présenté au Congrès géologique international de 1900, p. 6.

3. Pour montrer l'intérêt de ces recherches, je citerai le relevé suivant des anciennes plages de la baie Murray (Commission géologique du Canada. Rapport de progrès jusqu'en 1863, p. 979). On y a observé quatre plages à 30,

2° *Difficultés de l'étude comparée des anciennes terrasses fluviales.*

Malgré l'abondance des matériaux, cette étude soulève encore un certain nombre de difficultés qui limitent fatalement le nombre des documents utilisables : elles proviennent surtout du manque de précision de la plupart des observations. En général, la détermination des altitudes laisse à désirer. Quelques auteurs se sont bornés à donner des altitudes absolues : ce renseignement est sans valeur, et il est impossible d'en tirer parti, si des cartes topographiques à grande échelle ou la connaissance du profil longitudinal du cours d'eau ne permettent pas d'en déduire les altitudes relatives. D'autres se contentent d'encadrer les niveaux entre des limites trop vagues pour qu'on puisse les comparer.

Dans les pays comme la France, où les cartes à grande échelle font défaut, une détermination rigoureuse n'est possible que dans des cas très rares, et par suite un grand nombre d'observations demeurent inutilisables.

Trop souvent les altitudes ont été prises à la surface supérieure des terrasses, sans faire abstraction des limons, des cônes de déjection latéraux, des dépôts glaciaires qui en ont relevé le niveau, ou sans tenir compte des ravinements qui ont déprimé cette surface. Des erreurs de 8 à 10 m. et plus, peuvent être la conséquence de ces oublis.

La connaissance préalable du profil longitudinal du cours d'eau est nécessaire pour comparer des terrasses situées sur des points éloignés d'une même vallée, car je montrerai dans les paragraphes consacrés aux vallées du Rhône et de la Moselle, l'influence considérable que peut exercer l'état de ce profil sur leurs altitudes relatives. Or, je ne crois pas qu'aucun géologue s'en soit jusqu'à présent préoccupé.

Nous verrons également (chapitre V) que les comparaisons ne peuvent utilement porter que sur des portions de vallée à *pentcs très faibles* où le profil d'équilibre non seulement est à peu près atteint actuellement, mais était déjà réalisé à l'époque de la formation des plus anciennes terrasses. Les altitudes relatives des terrasses et leurs intervalles croissent en effet très rapidement avec les pentes des cours d'eau, et les comparaisons qui porteraient sur des

100, 182, 326 pieds. Ces nombres convertis en mètres (pied anglais = 0 m. 305) deviennent respectivement : 9 m. — 30 m. 5 — 55 m. 5 — 99 m. 43. Il est difficile de ne pas être frappé des analogies de cette série avec celle de l'Isser, les trois derniers termes concordant d'une façon absolue dans les deux séries.

régions où l'évolution du profil a été très différente, ne pourraient aboutir à aucun résultat pratique.

Enfin, on remarquera qu'il était indispensable, surtout dans une tentative qui est, je crois, la première de ce genre, de ne choisir comme sujets de comparaison que des régions assez rapprochées pour permettre d'étudier sur place et de résoudre au besoin *de visu* les difficultés d'interprétation que peuvent incidemment faire naître les travaux dont elles ont été l'objet.

Pour ces différentes raisons, l'étude comparative des terrasses fluviales que j'ai entreprise dans ce mémoire s'est trouvée limitée en dehors de l'Isser, aux vallées de la Moselle, du Rhin et du Rhône. Dans la Moselle, j'ai utilisé pour la région en amont de Toul, les recherches que j'y poursuis depuis une vingtaine d'années, recherches qui ont été notablement facilitées par les levés de précision à 1/20.000 du service du Génie. Grâce aux travaux de M. Grebe dans les environs de Trèves, j'ai pu essayer de donner une idée générale de la série complète des formations alluviales de cette vallée. Dans la vallée du Rhin pour des raisons que j'indiquerai au chapitre III, je me suis borné à bien préciser la série des terrasses des environs de Bâle, telle qu'elle résulte des travaux de du Pasquier et de M. Gutzwiller. Dans la vallée du Rhône, le seul système de terrasses bien caractérisé et bien conservé est, jusqu'à présent, celui que M. Depéret a signalé dans les environs de Valence, et dont la carte géologique détaillée donne le tracé. En utilisant les différents nivellements exécutés dans cette région et les cotes de la carte qui sont en général *très exactes*¹, j'ai pu déterminer avec une très grande précision les altitudes de la plupart des niveaux, et il m'a paru possible, par suite, d'utiliser les données relatives aux terrasses de Valence au même titre que celles fournies par les autres vallées.

Bien que mes recherches aient été limitées aux quatre vallées précitées, et même à des portions restreintes de plusieurs d'entre elles, les résultats obtenus concordent d'une façon si remarquable, que l'extension aux vallées du Rhin, du Rhône et de la Moselle des conclusions tirées de l'étude de l'Isser apparaîtra, je l'espère, comme suffisamment justifiée.

1. Cette observation ne s'applique, bien entendu, qu'à la feuille de Valence.

CHAPITRE III. — Etude des terrasses de la Moselle, du Rhin et du Rhône

I. — Vallée de la Moselle

Dans le mémoire que j'ai publié en 1897 sur les terrains de transport du bassin de la haute Moselle ¹, j'ai signalé l'existence en aval de Noir-Gueux de plusieurs terrasses et niveaux de cailloutis. Grâce à une exploration récente de la plus grande partie de la vallée en amont de Toul, je puis en donner aujourd'hui un aperçu un peu plus complet et plus précis.

Toutefois, comme en l'absence de cartes à grande échelle, il était matériellement impossible de déterminer et de suivre les niveaux sur toute cette étendue, je me suis borné à étudier les points où ces niveaux étaient le mieux conservés et où les *levers de précision* permettaient une détermination rigoureuse des altitudes ².

Je terminerai cette étude de la haute Moselle par un résumé très succinct des résultats auxquels sont arrivés les géologues allemands dans la basse Moselle, de façon à donner une idée de l'évolution de l'ensemble de la vallée à partir du Pliocène supérieur.

A. — La Moselle en amont de Metz ³

1° ABSENCE DE TERRASSES DANS L'INTÉRIEUR DU MASSIF VOSGIEN

Dans *l'intérieur de l'île montagneuse des Vosges* ⁴, le bassin de la Moselle ne présente *aucunes traces* de terrasses. Les pentes, jusqu'au voisinage des points culminants du plateau vosgien, sont fréquemment recouvertes de galets roulés dont la présence prouve

1. de LAMOTHE. Note sur les terrains de transport du bassin de la haute Moselle, 1897. *B. S. G. F.*, (3), XXV, pages 378 et seq.

2. Presque toutes les altitudes indiquées ont été prises sur les levés à 1/20.000.

3. Consulter les feuilles 69 (Nancy), 70 (Lunéville), 85 (Epinal) de la carte géologique détaillée à 1/80.000, ainsi que la carte à 1/200.000 jointe à ma note précitée.

4. J'emprunte cette expression à E. de Beaumont; elle exprime d'une façon saisissante la saillie actuelle du massif vosgien par rapport aux régions circonvoisines. — DUFRENOY et E. de BRAUMONT. Explic. de la Carte géologique de France. I. Les Vosges.

que le creusement des vallées du bassin, sur une étendue verticale de 400 m. au moins, a été un phénomène progressif. Mais ces cailloutis ne forment qu'exceptionnellement des dépôts d'une puissance appréciable (crête de la rive gauche de la Moselle entre Château-Lambert et le Mont-de-Fourches, la Demoiselle, Bois de la Feigne au N. O. de Longuet, etc.), et il ne me paraît pas possible, *pour le moment du moins*, de tirer aucune conclusion de la comparaison de leurs altitudes relatives. On remarquera, du reste, que les plus anciens de ces dépôts se sont formés à une époque où les cours d'eau de la région montagneuse n'avaient certainement pas encore acquis leur profil d'équilibre, ou plus exactement réalisé la continuité de leurs pentes; leurs lits devaient être encore interrompus par des rapides et des chutes ¹. Dans ces conditions, ainsi que je le montrerai dans le chapitre V, les nappes qu'ils ont formées ne peuvent avoir aucun lien avec les nappes régulières de la zone extra-montagneuse, et leur étude ne présente dès lors qu'un intérêt secondaire, au point de vue qui nous occupe. On ne doit pas perdre de vue, en outre, qu'il est à peu près impossible d'expliquer les particularités des dépôts de transport de l'île vosgienne sans admettre l'intervention de mouvements positifs ou négatifs, affectant le massif vosgien sans agir sur les régions circonvoisines ². Cette intervention, qui a nécessairement modifié les positions relatives des dépôts, rend très difficiles les recherches qui les concernent.

Il existe, il est vrai, *en amont de Remiremont*, dans le fond même de la vallée principale et de ses affluents, des accumulations de sables et de galets roulés qui occupent des étendues souvent considérables le long du cours d'eau et présentent quelque analogie avec les terrasses régulières (sablon de Bussang, de Remenvillers, de Rupt, du Vacceux, de Travexin, de Sainte-Anne, près Remiremont, des Goujoux, etc.). Mais on reconnaît bien vite en les étudiant qu'aucune confusion n'est possible. Ces dépôts ne forment pas une bordure continue, conservant, par rapport au thalweg, une altitude constante ou variant d'une façon régulière; ils sont au contraire disposés en gradins successifs, superposés comme des marches d'escaliers; la comparaison de leurs altitudes absolues et leur stratification inclinée le plus souvent à 25° ou 30°, ne laissent aucun doute sur leur origine lacustre: comme je l'ai

1. C'est la conséquence nécessaire de la disposition du grès vosgien en gradins d'altitude croissante de la périphérie de l'île vers l'intérieur.

2. de LAMOTHE. *Op. cit.*, 1897, p. 435 et seq.

démontré ¹ il est impossible de concevoir leur formation sans faire intervenir une nappe d'eau dont le niveau se serait abaissé par saccades depuis la cote 620 jusqu'à la cote 406.

En aval de Remiremont, ou plus exactement à partir du confluent de la Moselle et de la Moselotte, on voit brusquement apparaître sur les deux rives de la Moselle de larges terrasses alluviales à surface très souvent plane, dont l'altitude au-dessus du thalweg ne dépasse pas 25 à 30 m., et que, malgré d'assez nombreuses lacunes, on peut suivre vers l'aval bien au-delà de la frontière. Si l'on ne pénètre pas dans les détails, on serait tenté d'y voir une formation homogène et de considérer leur ensemble comme représentant une basse terrasse. Il est facile de montrer que cette interprétation ne serait pas fondée.

Ainsi que je l'ai fait déjà remarquer ² cet ensemble est en réalité formé de deux zones séparées par l'accident topographique de Noir-Gueux, et bien distinctes par tous leurs caractères (fig. 3) ³ :



Fig. 3. — Coupe schématique des alluvions de la Moselle entre Remiremont et le Saut du Broc. — Echelle approximative des longueurs : 1 millim. pour 146 mètres.

c, Afléurement de gneiss granulitique ; t_{iv}, Grès vosgien ; A, Terrasses lacustres à stratification inclinée ; B, Basse terrasse à stratification horizontale ; B', Gradin inférieur de la basse terrasse.

a. — *En amont de Noir-Gueux*, la surface de tous les lambeaux est contenue dans un même plan dont l'horizontalité est presque absolue sur près de 7 kil. (407 m. 25 La Madeleine, 406 m. 8 plateau de Longuet) ⁴. L'altitude des terrasses au-dessus du thalweg va par suite en croissant d'une façon notable de l'amont vers l'aval (25 m. 5 à la Madeleine, 33 m. vis-à-vis Longuet).

1. de LAMOTHE. *Op. cit.*, 1897, p. 398 et seq. Voir aussi la planche XVII.

2. de LAMOTHE. *Op. cit.*, 1897, p. 400, 403. La carte jointe à cette note a nettement séparé ces deux zones.

3. Cette figure est destinée à remplacer celle de la page 399 du mémoire de 1897 qui par suite d'une erreur de gravure avait été mal disposée.

4. Cotes fournies par les plans à 1/20.000.

En aval d'Eloyes, au contraire, la surface supérieure de tous les lambeaux est contenue dans deux plans inclinés parallèles au thalweg, c'est-à-dire dont les altitudes relatives ne varient pas sensiblement jusqu'à Metz et même jusqu'à Trèves.

b. — *En amont de Noir-Gueux*, la stratification est partout inclinée à 27° ou 30°, sauf dans les coupures faites par les eaux, où elle est horizontale. Les couches inclinées sont recouvertes d'une nappe horizontale de galets qui forme la surface supérieure de la terrasse. Toutes les coupes fraîches que j'ai vues depuis vingt-deux ans démontrent d'une façon très nette cette structure et je ne puis m'expliquer qu'elle ait pu être niée ¹. (La Madeleine, Saint-Etienne, le Châtelet, usine Béchamp, tranchées exécutées pour l'établissement du canal de la Moselle entre Saint-Nabord et Noir-Gueux en 1883).

En aval d'Eloyes la stratification est toujours parallèle au thalweg, c'est-à-dire sensiblement horizontale; elle est marquée par l'intercalation de lentilles de sable et de graviers, et par l'horizontalité habituelle des grands axes des galets. (Gravières d'Arches, d'Archettes, de la Vierge, d'Épinal, de Châtel, de Thaon, de Charmes... , etc.).

c. — *En amont de Noir-Gueux*, il y a absence complète de blocs dans les alluvions en couches inclinées qui sont formées exclusivement de petits matériaux et où le sable joue un rôle considérable, souvent prépondérant. Les blocs ne se rencontrent que dans les coupures faites par les eaux (talus de Saint-Etienne près du pont de Remiremont) et à la surface des dépôts surtout au voisinage des pentes.

A partir de Noir-Gueux, le sable devient beaucoup moins abondant et jusqu'à une distance assez grande des Vosges, ne joue plus qu'un rôle subordonné par rapport aux galets. Des blocs d'origine généralement rapprochée se montrent surtout au voisinage de Noir-Gueux; leur volume habituellement faible (1/2 m. c.) peut atteindre exceptionnellement 5 m. c. (bloc de granulite au sud-est de la gare d'Eloyes). Ces blocs ne semblent pas avoir dépassé Dognéville: ceux que Hogard y a signalés étaient de petite dimension et provenaient du massif granulitique d'Épinal. A Thaon, près de la gare, les plus gros ont 30 à 35 cent. de diamètre.

Les blocs sont toujours arrondis et même roulés, quand ils sont d'origine lointaine; les seuls blocs anguleux sont ceux qui ont été l'objet d'une exploitation ou qui proviennent des pentes voi-

1. B. S. G. F. Réunion extraordinaire à Remiremont. Note de M. Bleicher, (3), XXV, p. 924.

sines. Ceux qui ont leurs arêtes faiblement émoussées sont toujours d'origine très rapprochée.

d. — Les dépôts *en amont de Noir-Gueux* sont caractérisés par l'extrême rareté des granites à amphibole caractéristiques des Ballons d'Alsace et de Servance¹; mais ces roches n'y font pas défaut, comme on l'a prétendu à tort (*B. S. G. F.* (3), XXV, p. 925); j'en ai trouvé dans presque toutes les sablières.

Ces mêmes roches ne se rencontrent avec quelque fréquence que dans les coupures de la Moselle (placage à structure torrentielle contre les pentes de la terrasse de Saint-Etienne, coupure de Noir-Gueux, etc.), et dans le lit de la rivière.

En *aval de Noir-Gueux* les granites feuille morte qui ne se montrent qu'exceptionnellement dans le barrage, sauf sur la rive gauche, apparaissent en grand nombre dans la terrasse basse à partir de la gare d'Eloyes.

On voit qu'il est impossible de considérer les dépôts situés en aval de Noir-Gueux comme le prolongement de ceux situés dans la cuvette de Remiremont. Ce sont des dépôts formés dans des conditions absolument différentes, à tous les points de vue : les premiers sont nettement fluviatiles, les seconds franchement lacustres. La basse terrasse ne commence par suite qu'en aval de Noir-Gueux ou plus exactement, près d'Eloyes, où se termine l'accident topographique de Noir-Gueux et où la Moselle franchit la grande faille qui limite vers l'ouest l'Île vosgienne. On peut dire par conséquent que la *basse terrasse n'existe actuellement qu'en dehors du massif vosgien.*

2° BASSES TERRASSES².

La basse terrasse, dont je viens d'indiquer les caractères généraux, borde la vallée de la Moselle en aval d'Eloyes jusqu'à Toul, et même bien au-delà vers l'aval, puisqu'on en retrouve des traces à Metz, à Trèves, etc. Elle est parfois continue sur de grandes étendues; sa largeur transversale peut atteindre 700 m. (Pouxieux) et exceptionnellement 1400 m. (au sud de Chavelot).

1. La variété qui constitue les sommets de ces Ballons est connue dans les arts sous le nom de granite feuille morte, terme dont je me servirai à l'avenir pour abrégé. Voir ma note de 1897, p. 416.

2. Il est à peu près impossible de suivre ces terrasses sur la feuille d'Epinal où la plupart des lambeaux en aval d'Epinal n'ont pas été figurés; elles sont au contraire très bien représentées sur la carte de de Billy, à la même échelle, publiée il y a 50 ans,

Elle est essentiellement formée de sable et de galets roulés en parfait état de conservation ; la stratification est horizontale. Le limon n'y joue qu'un rôle accessoire, il fait le plus souvent défaut et son épaisseur, quand il existe, est toujours très faible (0 m. 50 à 1 m.) sauf au voisinage des pentes. (Charmes, rive droite).

L'épaisseur totale des alluvions de la basse terrasse est très variable, par suite des dénudations qu'elle a subies. Entre Eloyes et Pouxoux, entre Epinal et Chavelot, entre Girmont et Vaxoncourt, elle atteint au moins 20 m. : à Thaon, elle a dû s'élever très probablement à 30 m. Elle est en général beaucoup plus faible, et parfois même, les cailloutis ne forment qu'une couche de quelques décimètres sur la plateforme rocheuse qui correspond en partie à l'ancien fond de la vallée.

La basse terrasse se compose en réalité de deux niveaux bien distincts, quoique emboîtés, l'un de 20 m., l'autre de 30 m.

En aval d'Epinal, le niveau le plus bas est de beaucoup le plus développé et le seul qui soit à peu près intact ; c'est lui qui forme presque entièrement les larges terrasses que suit la voie ferrée entre Epinal et Thaon (terrasses de la gare d'Epinal, de Golbey, de Thaon ¹, de Girmont à Vaxoncourt ¹, de Charmes à Chamagne, du Bois de la Ville en aval de Toul, etc...). Plusieurs de ces terrasses n'offrent aucune pente transversale appréciable malgré leur grande largeur. D'après les levés de précision, l'altitude de ce niveau est comprise entre 19 et 21 m. ; elle est le plus souvent égale à 20 m.

Au voisinage des pentes et surtout dans les rentrants de la vallée, on observe à la surface de la terrasse de 20 m., sur un grand nombre de points, des cailloutis de même nature qui s'élèvent à 5-10 m. au-dessus de cette surface. Ce sont les débris d'une nappe plus ancienne qui s'élevait à 30 m. au-dessus de la Moselle : la nappe de 20 m. s'est, en partie, formée à ses dépens et y est emboîtée.

Parmi les points où les observations sont les plus faciles je citerai les suivants :

Au sud de la route de Mirecourt, près de Golbey, une grande gravière en exploitation s'élève exactement à 345 m., dominant la terrasse de la gare de 8 m. et la rivière de 27 à 28 m. Une partie de la large terrasse qui s'étend de Golbey à Chavelot est encore à 26-28 m. A l'ouest de la gare de Thaon la coupe est particulière-

1. Teintée comme Muschelkalk sur la carte d'Epinal.

ment nette comme le montre la figure 4 : il y a une petite plateforme de cailloutis granitiques à 331 m. (30 m. au-dessus de la Moselle) et une autre qui supporte la gare à 321 m. (19 à 20 m. au-dessus de la Moselle). Entre Nomexy et Vincey, le mamelon 309



Fig. 4. — Coupe des terrasses de la rive gauche de la Moselle à Thaaon. — Echelle approximative des longueurs : 1 millim. pour 32 mètres.

L, Limon argileux recouvrant les cailloutis de la moyenne terrasse ; M, Gradin supérieur de la basse terrasse ; B, Gradin inférieur ; t_1 , Muschelkalk.

de la carte d'état-major est formé de cailloutis stratifiés qui marquent à peu près l'ancien niveau de la nappe alluviale, à 27 m. au-dessus de la Moselle. Le niveau de 30 m. est certainement représenté dans la forêt de Charmes ; mais il m'a été impossible, faute de cartes à grande échelle, de l'y suivre. On l'observe à Méréville, entre ce village et Pont-Saint-Vincent.

Au nord-est de Toul, la partie supérieure des cailloutis de Bois-la-Ville, en partie masquée par du limon, forme à 28-30 m. au-dessus de la Moselle une plateforme bien distincte de celle de 20 m. qui en borde le pied, et le petit plateau alluvial qui supporte la batterie de Gondreville, sur la rive droite, est également à 30 m.

Enfin, à Metz ¹, le vaste plateau du Sablon entre la Seille et la Moselle est à 30 m. au-dessus de la rivière ; l'épaisseur des alluvions est de 12 à 15 m.

En amont d'Épinal, on retrouve jusqu'à Arches des débris plus ou moins étendus des nappes que je viens de décrire. Celui de la Vierge (1500 m. en amont) est le plus important, il forme une bordure dont la largeur peut atteindre 40 à 50 m. et que l'on peut suivre presque sans interruption sur la rive droite sur 2 k. 5 jusqu'en face de Dinozé. En approchant des pentes les cailloutis disparaissent et sont recouverts par une couche épaisse de sable à galets de quartz blanc provenant par ruissellement du grès vosgien des pentes voisines. Si l'on tient compte de cette particu-

1. JACQUOT. *Descript. géol. de la Moselle*, p. 310 et seq. — SCHUMACHER. *Mitteilungen der geolog. Landesanstalt von Elsass-Lothringen*, p. XXXII et seq., tome IV.

larité, on peut admettre que l'altitude relative de la terrasse de la Vierge est de 30 m. au plus.

Un petit lambeau de la même nappe se montre au sud de la gare de Dinozé, à l'altitude de 27-30 m. A Arches (fig. 8) l'église est bâtie sur une vaste plateforme de 250 m. de largeur, sans pente transversale, qui s'étend d'une façon continue sur près de 800 m. depuis Arches jusqu'au débouché de la vallée de la Niche. Son altitude est de 16 m. 5. Vis-à-vis, sur l'autre rive de la Niche, on trouve superposés deux lambeaux d'alluvions, l'un à 16-17 m., l'autre à 30 m.

La grande plateforme de grès vosgien qui domine la rive droite du vallon de Géroménil, en amont et en aval du village, est *en aval* bordée par un placage de cailloutis granitiques avec sable blanc très bien lavé qui forme un replat très net à 396 m., dominant par suite le thalweg de 26 m. Comme on ne peut pas suivre ces cailloutis jusqu'à Arches et que d'autre part la rapidité des pentes de la vallée est très grande (0.0078) il est difficile de dire à quel niveau de la basse terrasse ils correspondent. En face d'Arches, la terrasse sur laquelle est bâti le village d'Archettes est en partie formée par un cône de déjection dont la tête est dans le ravin de Mossoux : il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte ; mais au nord de l'église, il existe encore un petit lambeau correspondant exactement à celui d'Arches.

Plus à l'est, la vaste plateforme qui s'étend entre la Niche, le Saut du Broc et Pouxoux, est à 365 m. 6, par conséquent à 17 m. au-dessus de la Moselle.

Enfin, toutes les terrasses qui bordent les deux rives depuis Pouxoux jusqu'à la halte d'Eloyes sont uniformément à 19-20 m. au-dessus de la Moselle (fig. 3).

Bien que cette altitude soit exactement la même que celle des terrasses du niveau inférieur en aval d'Épinal, il est impossible de considérer les terrasses situées entre Eloyes et Pouxoux comme appartenant à ce niveau. Il suffit pour s'en rendre compte de jeter les yeux sur le profil longitudinal de la Moselle donné par la figure 5. Ce profil montre qu'en aval de Thaon, la Moselle possède à peu près son profil d'équilibre et a réalisé la continuité des pentes, tandis qu'en amont, jusqu'à Remiremont, son lit présente un double bombement formé par la granulite de C en D, par le grès vosgien de D en E, puis par des alluvions de profondeur inconnue jusqu'à Remiremont. C'est à un de ces bombements qu'est dû le Saut du Broc, cataracte en miniature de 7 à 8 m.

Si la période actuelle a une durée suffisamment longue, la Moselle finira par régulariser son lit entre Thaon et Remiremont et suivra à peu près le profil marqué en pointillé. Lorsque ce travail sera terminé, les altitudes relatives de toutes les terrasses de cette région se trouveront augmentées de quantités variables suivant leur position par rapport aux bombements. Il faut donc, si l'on veut les comparer à celles de la région en aval de Thaon, qui, pendant le même temps, n'auront éprouvé que des variations d'altitude très faibles, leur faire subir au préalable une correction additive plus ou moins grande.

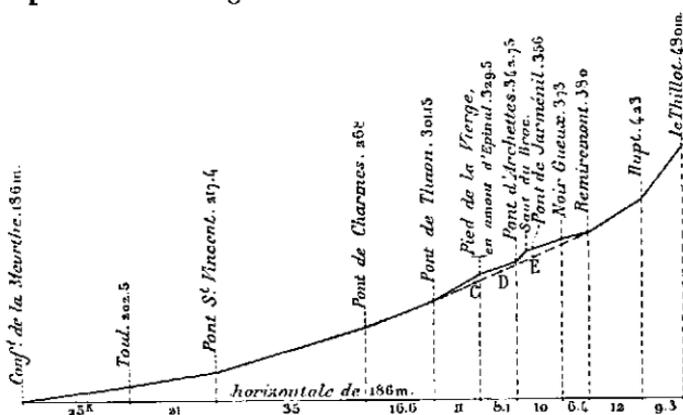


Fig. 5. — Profil longitudinal de la vallée de la Moselle entre Frouard et le Thillot (Eaux moyennes). — Echelle : longueurs 1 millim. pour 2 kilom.; hauteurs 1 millim. pour 10 mètres.

Entre Pouxieux et Eloyes cette correction peut, avec une grande probabilité, être évaluée *au minimum* à 10-12 m., le Saut du Broc représentant à lui seul près de 8 m.; l'altitude finale des terrasses de cette zone atteindrait donc 29-31 m. A Arches, la correction serait de 3 à 4 m.; enfin à la Vierge elle s'élèverait à 4 ou 5 m.

Ainsi, lorsque la régularisation du lit sera terminée, les basses terrasses entre Épinal et Eloyes comprendront deux niveaux : l'un de 30-32 m. au moins (exceptionnellement 34 à 35 m. à la Vierge), l'autre de 20 m., qui seront le prolongement des deux niveaux de 20 et de 30 m. signalés en aval d'Épinal.

On verra dans le chapitre V que le léger écart d'altitude que présente la terrasse de la Vierge est la conséquence des lois qui régissent la formation des nappes alluviales.

Age de la basse terrasse.

L'âge de la basse terrasse, considérée dans son ensemble, est nettement fixé par les nombreux fossiles qu'on y a trouvés, notam-

ment à Toul ¹, à Metz ², et près de Schweich en aval de Trèves ³. Ils proviennent surtout d'*Elephas primigenius* et de *Rhinoceros tichorinus*. A Metz, on les a recueillis dans la terrasse de 30 m. A Toul, ceux des fortifications proviennent plutôt du niveau inférieur de la basse terrasse; ceux du vallon de l'Ingressin sont peut-être plus anciens et pourraient appartenir à un débris de la moyenne terrasse dont il sera question plus loin.

On peut, je crois, considérer comme immédiatement antérieurs au remblai qui constitue la basse terrasse, et comme contemporains de la fin du creusement qui a précédé ce remblai, les lignites étudiés par M. Fliche à la base des cailloutis de Jarville ⁴. Aucune coupe cotée n'ayant, à ma connaissance du moins, été publiée, il ne m'est pas possible de dire actuellement si ces lignites sont à la base du niveau de 30 m. ou à la base de celui de 20 m. On y a trouvé *Lorix Europæa*, *Picea excelsa*, *Pinus Montana*, *Alnus viridis*, *Alnus incana*, *Betula alba* (forme *pubescens*). M. Fliche a cru pouvoir conclure de cette association que la région était couverte par une forêt à caractère boréal très accentué.

Liaison entre la basse terrasse et les dépôts lacustres de la région de Remiremont.

Nous avons vu que la zone des basses terrasses fluviales se terminait à l'amont près d'Eloyes, et que celle des terrasses lacustres s'arrêtait à l'aval près de Noir-Gueux (fig. 3). Entre ces deux zones se place une forme topographique des plus remarquables, le barrage de Noir-Gueux, signalée depuis longtemps par Hogard, et dont j'ai rappelé en 1897 ⁵ les caractères principaux et prouvé l'origine alluviale et latérale (fig. 6 et 7).

Je me bornerai donc ici à appeler l'attention sur les particularités topographiques du barrage, notamment sur celles qui définissent ses rapports avec les dépôts qu'il sépare.

Vu d'amont, le barrage de Noir-Gueux a l'aspect d'une digue gigantesque de 50 m. de hauteur et de 1600 m. de longueur, jetée d'une rive à l'autre de la Moselle, dans l'axe du vallon de la

1 HUSSON. *Origine de l'espèce humaine dans les environs de Toul*, 1867. Réunion de huit brochures publiées de 1864 à 1867. Carte géol. détaillée 1/80.000 Nancy. Légende.

2 JACQUOT. *Descrip. géol. du département de la Moselle*.

3 *Erläuterungen zur geol. specialkarten von Preussen*. Blatt Sweich.

4 FLICHE. Sur les lignites quaternaires des environs de Jarville. *C. R. Ac. Sc.* 10 mai 1875. — *Id.* Note sur la flore des lignites du nord-est de la France. *B. S. G. F.*, (3), XXV, p. 959 et seq.

5 de LAMOTHE. *Op. cit.* 1897, p. 415 et seq.

Suche, et à travers laquelle les eaux s'échappent par une étroite coupure, large de 40 m. à peine à la base, de 300 m. au sommet.

Ce caractère de digue ou de barrage transversal est d'autant plus saisissant que la vallée en amont, sur 7 à 800 mètres, semble avoir été déblayée presque complètement jusqu'au niveau de la Moselle, des alluvions qui l'encombraient, de sorte qu'entre le pied de la digue et l'extrémité de la terrasse de Longuet, il existe une vaste dépression qui a tous les caractères d'un cirque d'érosion.



Fig. 6. — Coupe transversale du barrage de Noir-Gueux. — Echelle approximative des longueurs : 1 millim. pour 16 mètres.

γ, Gneiss et granulites.

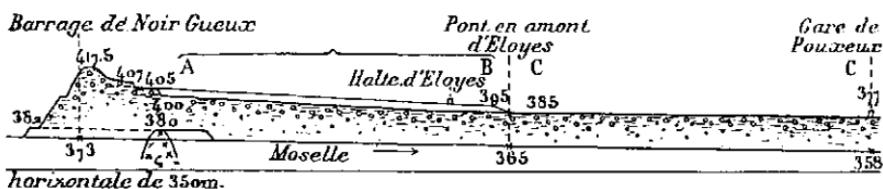


Fig. 7. — Schéma montrant l'élévation du barrage de Noir-Gueux sur la rive gauche de la Moselle et son raccordement avec la basse terrasse. — Echelle approximative des longueurs 1 millim. pour 56 mètres.

AB, Cône de déjection avec ses terrasses d'érosion ; CC, Basse terrasse de 19 à 20 mètres ; c, Affleurement de gneiss granulitique à la base du barrage.

En aval, l'aspect est tout différent : le barrage de Noir-Gueux forme simplement une digue irrégulière dominant de 10 à 15 m. au plus la nappe alluviale remarquablement plane qui s'étend au nord jusqu'à la gare d'Eloyes où commence la terrasse basse. Cette nappe alluviale dont la pente générale est 4 ou 5 fois plus forte que celle de la Moselle actuelle (0,008 à 0,011 au lieu de 0,002) présente plusieurs ressauts successifs, correspondant à des terrasses d'érosion, qui tous convergent vers la coupure de Noir-Gueux. Il en résulte que l'altitude du barrage qui, à Noir-Gueux atteint 50 m. au-dessus de la rivière, tombe à 20 m. un peu en aval de la gare d'Eloyes.

Il est impossible de ne pas être frappé de la concordance appa-

rente qui se manifeste entre ces particularités topographiques et celles qui caractérisent les amphithéâtres morainiques. Nous retrouvons à Noir-Gueux la digue formée par la moraine frontale, le cône de déjection ou de transition qui la raccorde à la basse terrasse, la dépression centrale avec ses dépôts lacustres : il est même intéressant de constater que les caractères *extérieurs* de l'accident de Noir-Gueux sont beaucoup plus nets que ceux de beaucoup d'amphithéâtres morainiques, surtout en ce qui concerne les formations lacustres. Celles-ci, en amont de Noir-Gueux, se sont élevées à la cote 407, c'est-à-dire à 34 m. au-dessus du fond de la coupure actuelle ; on a donc ici la preuve que pendant leur dépôt, la coupure était complètement fermée, jusqu'à une altitude très peu inférieure à celle du sommet de la digue.

En réalité, les analogies s'arrêtent aux particularités superficielles et, malgré les affirmations des géologues qui n'ont étudié Noir-Gueux qu'à ce point de vue, je ne puis que maintenir les conclusions de ma note de 1897 qui, du reste, n'ont pas été réfutées. Comme je l'ai exposé, l'origine alluviale et latérale du barrage de Noir-Gueux est nettement établie par les faits ci-après :

1^o La structure de la partie supérieure du barrage est nettement torrentielle : elle n'est pas morainique. Les éléments sont roulés, généralement petits, associés à du sable fin *bien lavé* ; les blocs sont relativement rares, leur volume est en général très faible (1/2 m. c.), presque tous portent des traces de l'action des eaux.

Par un contraste saisissant, les pentes des deux rives de la Moselle à l'est et à l'ouest de Noir-Gueux, sont couvertes de blocs erratiques parfois énormes (50 m. c.), souvent anguleux, qui s'élèvent jusque sur les points culminants, à 400 m. au-dessus de la vallée.

2^o La base sud du barrage semble formée de sable fin, lavé, en couches stratifiées horizontalement (sablrière au pied sud de la digue ouverte en 1877), et par places, de couches de sable et de gravier plongeant vers l'amont sous des angles de 30 à 35°.

3^o La plupart des éléments sont originaires du massif de Fossard. Les types caractéristiques des Ballons (granite feuille morte, schistes du Carbonifère) y sont très rares, sauf au voisinage de la rive gauche, tandis qu'ils abondent, comme je l'ai dit plus haut, dans les parties inférieures du cône de transition et dans la basse terrasse avec laquelle il se raccorde ¹.

1. Dans une note parue il y a quelques jours dans le tome XII du Bulletin des Services de la carte, M. Delebecque objecte que, d'après la carte, les torrents de la Suche et des Charbonniers paraissent de trop minime importance, pour avoir pu produire une accumulation de matériaux aussi consi-

Ces faits, et surtout la différence de composition existant entre le barrage et les dépôts qui l'encadrent à l'amont et à l'aval, sont évidemment inconciliables avec l'idée d'une origine glaciaire. Il est impossible, en effet, dans cette hypothèse, de comprendre comment un glacier aurait pu simultanément édifier une moraine terminale où les roches caractéristiques de la haute Moselle font défaut, et donner naissance néanmoins à des basses terrasses où ces mêmes roches abondent. Pendant son recul, le même glacier aurait dû accumuler en amont du barrage des dépôts lacustres privés de ces mêmes éléments.

On doit par conséquent considérer le barrage de Noir-Gueux comme un exemple typique d'une forme topographique regardée jusqu'à présent comme caractéristique de l'intervention des glaciers, et due cependant à des causes tout à fait différentes.

3° TERRASSE DE 50 A 60 MÈTRES

Au-dessus des basses terrasses, on observe sur un grand nombre de points des lambeaux plus ou moins étendus d'une terrasse plus élevée dont l'altitude est comprise entre 50 et 60 m.

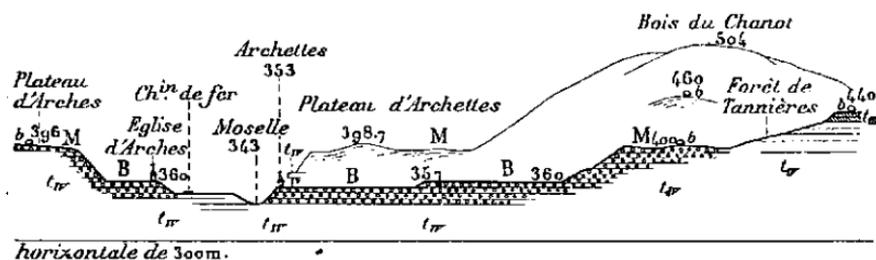


Fig. 8. — Coupe transversale de la vallée de la Moselle près d'Arches.
Echelle approximative des longueurs : 1 millim. pour 66 mètres.

t_{III} , Grès bigarré ; t_{IV} , Grès vosgien ; M, Moyenne terrasse ; B, Basse terrasse ; b, Blocs erratiques. — Les alluvions sont indiquées par de petits cercles. Le plateau d'Archettes et le Bois du Chanot sont au deuxième plan.

C'est dans le bassin d'Arches que ce niveau est le plus remarquablement développé. Tout le bord sud du plateau de Tannières (fig. 8) entre le confluent de la Vologne et le vallon de Mossoux,

dérable que celle du barrage. Je regrette que M. Delebecque n'ait pas eu le loisir de remonter ces deux torrents ; il aurait constaté qu'ils ont en projection chacun près de 2.800 m. de développement, avec 437 m. de différence de niveau, et sont alimentés par d'immenses bassins de réception.

Je reviendrai du reste sur cette question dans une note spéciale.

est formé par une terrasse alluviale dont la largeur peut atteindre 700 m., et dont l'épaisseur s'élève à près de 40 m.¹. L'altitude atteint 405 m. à hauteur du Saut du Broc, soit 50 m. au-dessus de la Moselle.

Vis-à-vis, le plateau d'Arches est également bordé par une terrasse de cailloutis assez étroite, mais dont les débris s'étendent encore par places sur le grès vosgien du plateau jusqu'à l'altitude de 396 m. (53 m. au-dessus de la Moselle).

Tout le plateau au N.-O. d'Archettes est recouvert par une masse énorme de cailloutis dont l'épaisseur dépasse certainement 20 m. et atteint très probablement 35 à 40 m. au-dessus des escarpements du grès vosgien. Le plateau a été très raviné, mais les points culminants qui s'élèvent à 398 m. permettent de fixer l'altitude minimum de la nappe alluviale à 58 m. au-dessus de la Moselle.

Enfin dans le ravin au sud de Pouxoux, une petite terrasse alluviale s'élève à 405 m., soit 50 m. au-dessus de la Moselle.

On voit que si l'on tient compte pour ces divers lambeaux de leur position par rapport au Saut du Broc, leurs altitudes relatives sont comprises entre 56 et 62 m.

Les alluvions qui constituent ces terrasses sont formées de cailloutis *stratifiés horizontalement*². Les galets granitiques y abondent, et parmi eux j'ai noté, surtout sur le plateau d'Archettes, des granites feuille morte assez nombreux, en moins grande quantité toutefois qu'à dans la basse terrasse; les galets granitiques sont en général en bon état; seuls les granites feuille morte recueillis à la surface des champs, sont souvent très altérés. Quelques blocs de gneiss ou de granulite, dont les plus gros peuvent cuber $3/4$ m. c., sont encore visibles à la surface, notamment près de la forêt de Tannières.

A hauteur d'Épinal, les collines de la rive gauche sont couvertes d'une nappe épaisse de cailloutis surmontés de limons qui souvent en masquent complètement les affleurements. Ces limons qui constituent la « terre des bois » sont formés d'une argile jaune

1. Ce lambeau n'est pas indiqué sur la carte géologique, non plus que les cailloutis du plateau d'Archettes. Voir la carte jointe à ma note de 1897. Je ferai remarquer à cette occasion que M. Bleicher (*B. S. G. F.*, (3), XXV, p. 926) m'a prêté à tort l'opinion que les cailloutis de Tannières étaient d'origine lacustre. Déjà, en 1897, j'en faisais une terrasse fluviale.

2. Gravière ouverte en 1881 sur le talus sud du plateau de Tannières, gravière au sud de Pouxoux.

d'ocre parfois jaspée de blanc ¹ ; leur épaisseur peut atteindre et même dépasser 10 m.

Les cailloutis comprennent des galets roulés de toutes les roches du bassin en amont : ce sont principalement des quartzites du grès vosgien auxquelles s'associent des galets de roches cristallines (gneiss, granulites, granitites, porphyres divers). Les quartzites se montrent presque seuls à la surface et les roches cristallines n'apparaissent que dans la profondeur, très souvent altérées. C'est cette particularité qui a trompé Hogard ; n'ayant pas eu l'occasion de voir des coupes profondes, il a été amené à considérer ces alluvions comme exclusivement formées de quartzites du grès vosgien, et à imaginer pour expliquer ce phénomène, le moulage en glace de toute la région ².

L'altitude de la masse de cailloutis peut être déterminée facilement dans le bois de la Louvroy (champ de manœuvre à l'ouest d'Epinal) ; elle s'élève sur ce point à 377 m., dominant par conséquent la Moselle de 59 à 60 m. au plus. Sur le plateau de Bois-l'Abbé, un peu au nord, les sondages exécutés lors de la construction du fort ont traversé, avant d'atteindre les sables caillouteux une épaisseur moyenne de 5 m. d'argile (0,50 de terre végétale, 2 m. 30 d'argile jaunâtre, 1 m. 50 d'argile rougeâtre avec quelques galets, 1 m. argile jaune avec galets) ; les cailloutis y sont par suite à l'altitude de 375 m. environ, soit 60 m. au-dessus du niveau de la Moselle, nombre qui concorde avec le précédent.

Les mêmes cailloutis recouverts de limon forment les plateaux qui séparent la Moselle de l'Avière, et même une partie de ceux qui bordent la rive gauche de cet affluent ; ils s'étendent également sur la rive droite de la Moselle et sont très développés près de Chatel et en aval. L'altitude de la nappe, abstraction faite des limons, est comprise entre 50 et 60 m. ³, mais plutôt voisine de 60 m.

A Charmes, les cailloutis couvrent la plus grande partie de la forêt et s'élèvent également à une soixantaine de mètres. Malheu-

1. HOGARD. *Syst. des Vosges*, 1837, p. 190. — LEVALLOIS. *Aperçu de la constit. géol. du départ. de la Meurthe*, 1862.

2. HOGARD. *Coup d'œil sur le terrain erratique des Vosges*, 1851 ; *Recherches sur les formations erratiques*, 1858.

Voir à ce sujet ma note de 1897, p. 392 et seq.

3. Ces dépôts n'ont été bien représentés que sur la carte géologique de de Billy, à 1/80.000. Sur la feuille d'Epinal de la carte géologique détaillée, on les a désignés sous le signe P ; mais on a omis les cailloutis et limons des bois de la Louvroy et on a marqué a¹ les cailloutis des Hauts Cailloux qui appartiennent au niveau de 50 à 60 m. et auraient dû par suite être marqués P.

reusement, ainsi que je l'ai déjà dit, l'absence de cartes à grande échelle, et en outre la présence de limons, rendent impossible le tracé des niveaux ¹.

A l'Ermitage à 15 kil. en aval de Charmes, les mêmes cailloutis comprenant des quartzites et des débris granitiques forment une vaste terrasse élevée de 54 m. ² au-dessus de la Moselle.

Enfin, au sud-ouest de Toul, le vaste plateau jurassique de Bois-le-Comte (Point 257) est recouvert de sables et de galets dont l'épaisseur dépasse probablement une dizaine de mètres et qui dominant de 54 m. la Moselle. Bien que les quartzites du grès vosgien y soient prépondérants, on y trouve de nombreux galets granitiques bien conservés, dont le grand axe peut atteindre 0 m. 10; une mince couche de limon recouvre par places les cailloutis ³.

En résumé, on trouve entre Jarménil et Toul des traces très nettes d'une nappe alluviale formant le plus souvent terrasse et dont l'altitude au-dessus du thalweg, voisine de 55 m. à Toul, paraît près d'Épinal se rapprocher de 60. Sa composition est très sensiblement différente de celle de la basse terrasse par suite de la prédominance des quartzites; les granites feuille morte qui autour d'Archettes sont déjà un peu moins fréquents que dans la basse terrasse, semblent faire défaut en aval d'Épinal; du moins je n'en ai pas encore trouvé. Cette absence peut, il est vrai, s'expliquer par la plus grande altérabilité de cette roche, et on peut supposer qu'on en trouverait des débris si l'on disposait de coupes profondes. En outre, il est impossible de concevoir la présence des galets de cette nature dans les graviers de l'Ingressin, près d'Écrouves (N.-O. de Toul), si l'on n'admet pas qu'ils proviennent de la nappe de Bois-le-Comte. On est donc autorisé à conclure que la nappe de 50-60 m. a été formée par une ancienne Moselle plus élevée de 50-60 que la Moselle actuelle et prenant comme elle sa source dans les Ballons d'Alsace et de Servance.

1. Le signe *a*¹ a été sur la feuille de Lunéville affecté à tort à l'ensemble des dépôts de la forêt de Charmes.

2. Cote approximative; ce dépôt n'est pas marqué sur la feuille de Lunéville.

3. Les limons de Chaudeney qui occupent sur la rive droite de la Moselle en face du plateau de Bois-le-Comte une situation analogue, ont, d'après Braconnier, la composition ci-après : silice 644, alumine 207, peroxyde de fer 50, chaux 9, magnésie 1, acide phosphorique 1, 2, perte au feu 92 (*Descript. géol. et agron. des terrains de Meurthe et Moselle*, p. 397 et 398).

Aucun reste de Vertébrés n'a été jusqu'à présent à ma connaissance du moins, trouvé dans la terrasse de 50-60 m. A l'époque de la construction du canal de l'Est, vers 1876, les fouilles exécutées au col de Bois-l'Abbé (3 kil. N.-O. d'Epinal) ont coupé une petite tourbière où l'on a recueilli un certain nombre de débris végétaux plus ou moins transformés en lignite, et quelques traces d'Insectes. M. Fliche qui les a déterminés ¹ a, d'après des renseignements fournis par le service des travaux, mais sans donner aucune coupe, admis que cette tourbière était située à la base des cailloutis qui affleurent dans le col. En outre, partant de cette idée qu'il n'y a eu qu'un seul creusement suivi d'un comblement, il a logiquement conclu que les deux dépôts de Jarville et de Bois-l'Abbé, situés à la base des cailloutis, étaient synchroniques, contemporains de la fin du creusement de la vallée, et antérieurs à son remplissage par les alluvions.

Mais cette déduction se trouve tout d'abord en opposition avec les preuves que j'ai données de l'indépendance des basses terrasses et de la terrasse de 55 m., et la suite de ce travail montrera que cette indépendance n'est pas particulière aux terrasses précitées et appartient aux six niveaux de cailloutis de la vallée de la Moselle, chacun d'eux correspondant à une phase de remblai séparée de la précédente par une phase d'érosion.

D'autre part la superposition des cailloutis de Bois-l'Abbé sur la tourbe n'est nullement certaine. La coupe des terrains traversés par le canal, que le service des Ponts-et-Chaussées a bien voulu me communiquer, ne montre sur le tracé, qu'une seule tourbière qui doit par suite être la même que celle qui a fourni les débris fossiles. Cette tourbière dont l'altitude est de 361 m., se trouve à 40 m. au-dessus de la Moselle, à 7 ou 8 m. au-dessous du col. Elle repose sur des argiles jaunes identiques à celles qui couvrent le plateau de Bois-l'Abbé et en continuité avec elles; elle doit donc leur être postérieure, et par conséquent être également postérieure à la formation de la nappe de 55 m.

La coupe n'indique pas qu'elle ait été recouverte par des cailloutis; ce recouvrement, en admettant qu'il ait eu lieu, s'expliquerait tout naturellement par le ruissellement, phénomène fréquent toutes les fois que des terrains meubles couvrent les pentes ².

1. FLICHE. Sur les lignites quaternaires de Bois-l'Abbé, près d'Epinal. *C. R. Ac. Sc.*, 3 déc. 1883. — *Id.* Note sur la flore des lignites..., du nord-est de la France. *B. S. G. F.*, (3), XXV, p. 959.

2. Je citerai comme un exemple typique le recouvrement des cailloutis du niveau de 30 m. par les argiles du Lias au col du Mauvais Lieu entre

Enfin la position de la tourbière à l'origine même du vallon du col, prouve qu'elle est postérieure au profil actuel de la vallée : elle n'eut certainement pas, dans le cas contraire, résisté aux dénudations qui ont précédé et suivi la formation de la basse terrasse.

Pour ces divers motifs, je considère la tourbière de Bois-l'Abbé comme appartenant au Néo-pleistocène, c'est-à-dire comme postérieure à toutes les terrasses ; elle serait par suite séparée de celle de Jarville (si toutefois celle-ci occupe réellement la place qui lui a été assignée) par tout l'intervalle de temps qui a nécessité : 1° la formation de la nappe de comblement dont la basse terrasse est un débris, 2° le creusement de cette nappe.

Cette conclusion n'infirme d'ailleurs en rien les considérations climatologiques que M. Fliche a basées sur l'examen de la flore de Bois-l'Abbé et que je n'ai pas à discuter ici, mais elle montre que ces considérations ne s'appliquent pas à la terrasse de 55 m. qui est beaucoup plus ancienne.

4° NIVEAUX DE CAILLOUTIS PLUS ÉLEVÉS QUE LES PRÉCÉDENTS

Niveau de 100 mètres.

Au-dessus des trois niveaux précités, il n'existe plus que des amas irréguliers de galets ne présentant nulle part les caractères de terrasses. Il est néanmoins fort remarquable que les principaux d'entre eux se rencontrent exclusivement à des altitudes voisines de 100 m.

Les deux plus remarquables en aval d'Épinal sont ceux de Flavigny et de l'Érmitage. Au sud de Flavigny (8 kil. sud-est de Pont-Saint-Vincent) ¹, les hauteurs qui bordent la rive gauche de la Moselle sont couvertes de galets roulés, principalement de quartzites du grès vosgien, auxquels s'associent d'assez nombreux galets roulés de roches cristallines bien conservées (granites, gneiss... etc.) ; les granites feuille morte font défaut. Le limon forme la majeure partie du monticule situé à l'ouest de la grande route et l'altitude réelle du point le plus élevé atteint par les cailloutis est très approximativement de 100 m.

Nancy et Flavigny (GODRON. *Du passage des eaux et des alluvions anciennes de la Moselle dans les bassins de la Moselle et de la Meuse*, 1877).

1. Feuille de Nancy, carte géologique détaillée. Lambeau marqué P.

La cote 354 a été placée par erreur sur la route ; elle s'applique au sommet du plateau P, comme j'ai pu m'en assurer sur les plans à 1/20.000.

La Moselle sous le grand pont de Flavigny est à 226 m.

Au-dessus de la terrasse de 54 m. de l'Ermitage dont j'ai parlé plus haut, on trouve une deuxième nappe de cailloutis qui forme le plateau entre la ferme et Saint-Remimont, plateau dont l'altitude est de 347 m. ¹. L'altitude de la nappe est par suite de 100 à 103 m. au-dessus de la Moselle. Indépendamment des quartzites qui prédominent on y rencontre d'assez nombreux galets roulés de micro-granulite et de granite, non altérés. Je n'y ai pas vu de granites feuille morte.

On doit considérer comme appartenant au même niveau les argiles avec galets quartzeux qui couronnent les hauteurs de la rive droite de la Moselle au-dessus de Châtel, entre ce village, Moriville et Zincourt et s'élèvent jusqu'à l'altitude de 103 m. au-dessus de la rivière ².

On peut également y rattacher les cailloutis exclusivement quartzeux qui couronnent le plateau entre Lay-Saint-Remy et Pagny-sur-Meuse ³. Les galets, qui ont souvent 0 m. 10 de grand axe, parfois le double, s'étendent au sud sur la pente nord du bois de Pagny et disparaissent brusquement à peu près à la cote 300. Plus haut on ne trouve plus que de petits galets très disséminés et qui correspondent sans doute à des nappes plus anciennes. Le creusement effectué par la Moselle depuis le transport des cailloutis de Pagny peut par suite être évalué à une centaine de mètres ⁴.

En amont d'Epinal et jusqu'à Eloyes on ne trouve plus actuellement près de la Moselle aucun dépôt que l'on puisse considérer comme ayant appartenu à la nappe de 100 m. Mais en 1877 on voyait encore près du sommet du fort d'Arches, sur la pente est, une petite terrasse de 3 à 4 m. d'épaisseur formée de couches alternantes horizontales de sables fins, de graviers et de galets remarquablement roulés; quelques blocs de 1/2 m. c. à 1/3 m. c. arrondis ou même roulés de granulite, de gneiss granulitique et de granitite à amphibole, étaient dispersés à la surface, ou même enchâssés dans les alluvions; des blocs plus volumineux encore

1. Dépôt marqué P sur la feuille de Lunéville de la carte géologique détaillée.

2. HOGARD. *Recherches sur les formations erratiques*, p. 65 et seq.

3. La cote du plateau au nord de la grande route, d'après le plan à 1/20.000, est de 288 m. et non de 299, comme l'indique la carte d'Etat-Major.

4. La suite de cette note démontrera que les pentes de la Moselle n'ont pas sensiblement varié pendant tout le Pleistocène, au moins en aval d'Epinal.

de grès vosgien détachés des pentes encaissantes leur étaient associés. J'y ai noté plusieurs granites feuille morte roulés dont un de 0 m. 20 de grand axe. Ce dépôt a été entièrement exploité ; son altitude que j'ai eu heureusement l'idée de déterminer à cette époque était de 446 m., soit 90 m. au-dessus de la Moselle ¹.

On peut aussi avec une grande probabilité considérer comme appartenant à un ancien niveau de 100 m. la nappe de cailloutis du seuil de Dounoux (S.-O. d'Epinal). Le plateau presque horizontal qui forme col entre le Coney, affluent de la Saône, et la Moselle, est couvert d'une couche de cailloutis remarquablement stratifiés, dont l'épaisseur sur quelques points doit atteindre au moins 13 à 14 m. Les galets, généralement petits (exceptionnellement 20 à 30 c.) proviennent des Vosges ; les granites abondent et sont en bon état de conservation ; je n'y ai jamais rencontré de granites feuille morte. L'altitude du seuil étant de 428 m. et la Moselle à Arches, situé à 8 kil., étant à la cote 342,75, on voit que le creusement qui s'est effectué depuis le dépôt des cailloutis de Dounoux peut être évalué avec une très grande approximation à une centaine de mètres ² ; par suite, il est logique de les rapporter au même niveau que les précédents. L'absence des granites feuille morte semble indiquer que ces cailloutis sont le produit d'une rivière vosgienne autre que la Moselle et qu'il est impossible de préciser actuellement.

J'ajouterai que le seuil de Dounoux offre un remarquable exemple de l'effet produit par la décapitation d'un cours d'eau. Le Coney privé des eaux vosgiennes, a créé en aval du seuil un lit profond et étroit, dont les pentes se relèvent rapidement vers le col.

En résumé, entre Toul et les Vosges, il y a des traces très nettes d'une nappe de 100 m. environ ; cette nappe n'a pas jusqu'à présent fourni de galets provenant des ballons d'Alsace et de Servance, sauf près du fort d'Arches.

Niveaux supérieurs à 100 mètres.

Au-dessus du niveau de 100 m. on ne rencontre plus que des galets isolés, dispersés à la surface du sol, ou encastrés dans des fissures du substratum remplies de limons argileux provenant de la dissolution des calcaires ; leur grand axe dépasse rarement 0 m. 20.

1. Le saut du Broc se trouvant un peu en aval, l'altitude de ce dépôt est en réalité de 100 m., si l'on effectue la correction indiquée plus haut.

2. La pente de la Moselle est de 0,002.

D'après le capitaine du génie Bois qui a dirigé d'importants travaux de captation d'eau dans la forêt de Haye, des galets de quartzite et de grès couvrent les légers bombements de tous les points culminants, mais semblent concentrés au voisinage des vallées de la Meurthe et de la Moselle ¹. A 2,400 m. au nord de Chaligney (près Pont-Saint-Vincent), ils atteignent la cote 417 qui est un des points culminants de la forêt, et se trouvent par suite à 200 m. au-dessus de la Moselle, cotée 217, à Pont-Saint-Vincent ²; ils y remplissent des poches du Bathonien; leur volume varie depuis la grosseur d'un œuf de pigeon jusqu'à celle du poing; quelques-uns dépassent ces dimensions: le plus gros était un grès siliceux de 0,28 de grand axe.

Les mêmes galets se retrouvent dans les carrières à l'ouest de Nancy à 160-170 m. au-dessus de la Meurthe; ils abondent près de la ferme Sainte-Catherine ³. Husson en a signalé dans le bois de Romont, près Toul, à la cote 376 ⁴; enfin Buvignier les a observés dans la Meuse, il y a 50 ans, jusqu'à 200 m. au-dessus du thalweg. En dehors des galets de quartz, de quartzite et de grès siliceux qui sont de beaucoup les plus nombreux, on a trouvé quelques rares galets granitiques et même des sables granitiques (Meuse, forêt de Haye) ⁵.

Ces traînées de galets ne se rattachent à aucun niveau, et c'est seulement par analogie, et en se basant sur les observations faites dans la basse Moselle, que l'on peut, ainsi qu'on le verra plus loin, déterminer leur véritable signification.

B. — La Moselle en aval de Metz

Bien que je n'aie pas eu l'occasion de parcourir la vallée de la Moselle en aval de Metz, il m'a paru utile et même nécessaire de dire quelques mots des études faites par les géologues allemands dans la basse Moselle et d'en comparer les résultats à ceux obtenus dans la haute vallée.

Ces études qui ne portent, à ma connaissance du moins, que sur la partie comprise entre Metz et Schweich (en aval de Trèves), sont de valeur très inégale. Les plus anciennes datent d'une époque où

1. Je dois ces renseignements à l'obligeance de M. le capitaine Bois.

2. L'autre point culminant de la forêt est au Camp Romain, à 420 m. d'altitude, près de Ludres.

3. BLEICHER. *Guide du géologue en Lorraine*, p. 197. — *Bull. Soc. belge géolog.*, XIII, 1899, p. 92, 93, 105. Voir aussi ma note de 1897, page 394.

4. HUSSON. *Origine de l'espèce humaine dans les environs de Toul.*, 1867. — La cote 376 est à 180 m. au-dessus de la Moselle prolongée vers Pagny.

5. BUVIGNIER. *Statist. géolog. de la Meuse*, 1852. — BLEICHER, op. cit.

les questions concernant les terrasses n'avaient pas encore éveillé l'attention ; le plus souvent, les observations de cette époque sont trop peu précises pour qu'il soit possible d'en tirer parti. Tel est le cas des feuilles et notices de la *Geologische specialkarte von Preussen und der Thüringischen staaten 1/25.000 — 1880* ¹, de la *Geolog. übersichtskarte des Westlichen Deutsch-Lothringen 1/80.000 — 1886* et même de la feuille et notice de Sierck de la carte géologique d'Alsace-Lorraine à l'échelle de 1/25.000 éditée en 1889.

Les seuls travaux réellement utilisables sont ceux que Grebe a publiés à partir de 1885 et notamment les notices et cartes de Trèves, Welschbillig, Schweich et Pfalzel ².

L'auteur y a signalé l'existence de six niveaux de terrasses ou de cailloutis qui sont les suivants :

6° niveau	15 à 20 m.
5° —	30 m. environ.
4° —	40 à 50 m.
3° —	100 m.
2° —	130 à 150 m.
1° —	200 m. environ.

D'après les cartes, des limons argileux semblent particulièrement développés sur les 2°, 3° et 4° niveaux ³.

Il est impossible de ne pas être frappé de l'extraordinaire concordance qui existe entre cette série et celle de la haute Moselle, du moins entre 15 et 100 m. Nous retrouvons dans cet intervalle le même nombre de niveaux à des altitudes presque identiques. Il n'y a discordance que pour le 4° niveau dont les limites dans la basse Moselle sont comprises entre 40 et 50 m., tandis qu'elles varient entre 50 et 60 m. dans la haute Moselle. Mais il suffit de faire le relevé sur les cartes précitées de tous les lambeaux rapportés par l'auteur à ce niveau pour constater que, dans la réalité, leurs altitudes sont pour la plupart comprises entre 45 et 56 m. On ne doit pas perdre de vue, d'ailleurs, que ces lambeaux

1. Feuilles de Perl, Beuren, et Wincheringen.

2. Erläuterungen zur geolog. Specialkarte von Preussen. . . . 1/25.000.

Blätt. Trier, Welschbillig, Schweich und Pfalzel 1892. — La feuille Schönberg publiée en 1898 ne renferme qu'un tout petit lambeau du cours de la Moselle et n'apporte aucune donnée nouvelle.

3. Je crois devoir faire quelques réserves sur la valeur des niveaux de 30 et de 200 m, qui ne me paraissent pas concorder tout à fait avec les indications fournies par l'examen des tracés, et qui, en tous cas, ne sont représentés que par un trop petit nombre de lambeaux pour que leur existence puisse être considérée comme certaine dans les limites des feuilles publiées.

sont situés dans une vallée très étroite, qu'ils ont été pour la plupart très dénudés et qu'en outre ils sont couverts de limons : la détermination précise de la limite supérieure des cailloutis est donc le plus souvent très difficile, sinon impossible.

En ce qui concerne l'absence dans la haute Moselle des 1^{er} et 2^e niveaux (200 m. et 130-150 m.) nous verrons dans le chapitre V que l'extension vers l'amont des nappes alluviales *régulières* formées sous l'influence des variations du niveau de base, dépend de l'extension dans cette direction du profil d'équilibre. Si, à l'époque où les nappes correspondant aux deux premiers niveaux se formaient à Trèves, le profil d'équilibre ne remontait pas en amont de cette ville, les alluvions que la Moselle déposait au même moment dans la région de Toul ne pouvaient avoir aucun lien avec elles ; les débris de ces alluvions que nous rencontrons à Toul jusqu'à 200 m. au-dessus du thalweg, représenteraient simplement, dans ce cas, le travail de régularisation du cours de la rivière.

Mais il me paraît très vraisemblable qu'il n'en a pas été tout à fait ainsi, et que déjà à l'époque du niveau de 200 m. la Moselle devait avoir à peu près conquis son profil d'équilibre jusqu'au pied des Vosges, c'est-à-dire jusqu'au voisinage d'Eloyes.

En effet, on remarquera tout d'abord que le parallélisme des terrasses des divers niveaux entre 20 m. et 100 m. jusqu'en amont d'Épinal, prouve qu'à l'époque du niveau de 100 m., la zone du profil d'équilibre s'étendait au moins jusqu'à Arches, et que les pentes de ce profil y étaient déjà réduites au minimum compatible avec les conditions topographiques et hydrographiques, puisqu'elles n'ont subi que des changements peu considérables depuis cette époque sur une étendue de plus de 500 kil. à partir du niveau de base. Cette *précocité* de l'évolution de la Moselle ne surprendra pas, si l'on réfléchit qu'elle est simplement la conséquence de la très faible inclinaison du bassin, à partir des Vosges : la pente générale, en effet, atteint à peine 0,0008, et est par suite inférieure de plus de moitié à la pente actuelle de la rivière à Charmes.

Mais, s'il en était déjà ainsi à l'époque du niveau de 100 m., il est bien difficile de ne pas admettre que le profil d'équilibre était également réalisé antérieurement quoique peut-être avec des pentes un peu plus fortes. Le contraire serait d'autant plus surprenant que, pour conquérir son profil d'équilibre jusqu'à Trèves, à l'époque des deux niveaux les plus anciens, la Moselle a dû creuser son lit dans les roches très dures du Dévonien, tandis qu'au même moment, en amont de Sierck, elle n'avait qu'à affouiller et à dénuder les couches en général peu consistantes du Trias et du Lias.

L'hypothèse de l'extension des deux plus anciens niveaux jusqu'aux environs d'Épinal, et peut-être même plus en amont jusqu'au pied des Vosges, se présente donc comme très vraisemblable, et on peut en conclure que les cailloutis de Toul et du plateau de Haye représentent les débris de ces deux anciennes nappes. Leur destruction plus ou moins complète dans la haute Moselle, leur conservation dans la basse, seraient en connexion avec la nature des terrains traversés par la rivière et ses affluents.

Résumé. — En résumé, on trouve dans la Moselle, en dehors des Vosges, six niveaux de cailloutis qui sont les suivants :

1 ^{er} niveau	200 m. environ (basse Moselle).
2 ^e —	130 à 150 m. id.
3 ^e —	100 m. (haute et basse Moselle).
4 ^e —	45 à 56 m. (basse Moselle), 50 à 60 m. (haute Moselle).
5 ^e —	30 m. (haute et basse Moselle).
6 ^e —	15-20 m. (basse Moselle), 20 m. (haute Moselle).

L'altitude relative du 4^e niveau dans la haute Moselle, paraît être un peu plus forte que dans la basse Moselle.

Les 4^e, 5^e et 6^e niveaux sont plus ou moins emboîtés ; les cailloutis des 2^e, 3^e et 4^e sont fréquemment recouverts par des limons argileux (lehm) ; il n'y a pas de vrai lœss ¹.

Dans l'intérieur du massif vosgien, il n'y a pas de traces nettes de terrasses régulières, et il est *actuellement* impossible de rattacher les lambeaux de cailloutis qu'on y observe aux niveaux extra-vosgiens.

Je montrerai dans le chapitre IV que la comparaison de ces données avec celles fournies par l'étude des autres bassins, conduit à admettre, à partir du niveau le plus élevé, une série de périodes d'érosion, séparées par des périodes de remblai, le plus ancien remblai datant du Pliocène supérieur.

Au début, la haute Moselle et ses affluents ont coulé, en dehors des Vosges, et *à fortiori dans l'intérieur du massif*, à un niveau de 200 m. au moins plus élevé qu'aujourd'hui. En même temps, les cours d'eau ont subi de grands déplacements horizontaux, comme le prouve ce fait que la haute Moselle actuelle n'est bordée sur une partie de son cours que par des hauteurs à peine supérieures à 100 m. couvertes de cailloutis de ce niveau.

C'est pendant cette première période que se sont produits les changements de cours les plus importants, les uns dans l'intérieur

1. LEPSIUS. *Geolog. von Deutschland*, I, p. 228.

des Vosges (passage de la Moselle par la dépression d'Ecromagny, puis par Bellefontaine) ¹, les autres en dehors de l'île vosgienne.

Je ne dirai rien des premiers dont l'âge reste très problématique pour les raisons indiquées plus haut. Parmi les derniers, je citerai le passage des eaux vosgiennes par Dounoux à l'époque probablement du niveau de 100 m., et à la même époque leur passage par le col de Foug. L'écoulement vers la Meuse a même dû commencer beaucoup plus tôt, peut-être déjà à l'époque du niveau de 200 m.; en tous cas, il a cessé avant la formation de la nappe de 50-60 m. dont les matériaux ont été incontestablement charriés par la Moselle.

On conçoit que pendant ces divagations du cours d'eau, de vastes ablations horizontales aient eu lieu *dans l'intérieur du bassin*, facilitées par la faible résistance des roches du plateau lorrain. Ce sont ces érosions qui ont fait disparaître sur le plateau de Haye les assises jurassiques depuis le Bajocien jusqu'au Rauracien, et y ont apporté les galets vosgiens que l'on y rencontre ². Leur transport s'explique naturellement par l'approfondissement progressif du lit, et il n'est nullement nécessaire de recourir à l'hypothèse d'un plan incliné partant du sommet des Vosges.

C'est probablement à l'époque du niveau de 30 m. que s'est formé, à la suite de mouvements orogéniques et dans des conditions encore très obscures, le grand lac qui a occupé la vallée de la haute Moselle, en amont d'Eloyes ³. Cette période lacustre a dû être relativement courte puisque déjà à l'époque de la nappe de 20 m. la Moselle avait coupé le comblement du bassin entre Remiremont et Noir-Gueux, et que ses alluvions traversant la digue contribuaient à l'édification de cette nappe.

Comme dernière conclusion j'ajouterai que les faits observés conduisent à abandonner définitivement le diluvium à galets quartzeux de Hogard ⁴. Les éléments granitiques paraissent avoir existé dans toute la série des terrasses de la Moselle et lorsqu'ils font localement défaut, on est en droit d'attribuer leur absence soit à l'altération des granites, soit à l'insuffisance des coupes.

1. de LAMOTHE. *Op. cit.*, 1897, p. 437 et planche.

2. Voir à ce sujet BLEICHER. *Guide du géologue en Lorraine*, p. 87 et seq. — *Bull. de la Soc. belge de géologie*, XIII, 1899, p. 182 et seq.

3. de LAMOTHE. *Op. cit.*, 1897, p. 398-412 et carte.

4. de LAMOTHE. *Op. cit.*, 1897, p. 392-398 et 417.