

NOTE SUR UN NOUVEAU MODE
DE
CLASSIFICATION ET DE NOTATION GRAPHIQUE
DES DÉPÔTS GÉOLOGIQUES

BASÉ SUR L'ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES DE LA SÉDIMENTATION MARINE,

PAR

ERNEST VAN DEN BROECK,

Conservateur au Musée.

Le tome II du *Bulletin du Musée royal d'histoire naturelle* contient une note de M. A. Rutot (1) sur les phénomènes de la sédimentation marine étudiés dans leurs rapports avec la stratigraphie régionale. Ce travail, qui expose avec autant de méthode que de clarté des lois d'une importance capitale pour l'étude rationnelle des dépôts sédimentaires marins, est destiné à devenir le point de départ de nombreuses applications pratiques, dont le levé géologique détaillé des terrains horizontaux de la Belgique fournira d'intéressants exemples.

Les observations, les études et l'examen critique des faits qui constituent la base de ces lois ont été, en grande partie, effectués en commun par M. A. Rutot et par nous, tant pendant nos recherches exécutées depuis une dizaine d'années dans le tertiaire belge que lors de nos courses, déjà assez nombreuses, à l'étranger et le long de rivages divers. C'est là une première garantie, dont l'importance toutefois est loin d'égaler celle fournie par le puissant faisceau de faits, constamment confirmatifs, qu'il nous a été donné d'observer jusqu'ici.

M. A. Rutot s'étant chargé de l'exposé des phénomènes de la sédimentation marine, nous allons à notre tour, et avec la même

(1) A. RUTOT, *Les phénomènes de la sédimentation marine étudiés dans leurs rapports avec la stratigraphie régionale* (BULL. MUS. ROY. HIST. NAT. BELG., 1883, t. II, pp. 41-83, avec 15 figures dans le texte).

garantie de solidarité qui a caractérisé le travail de notre collègue, exposer — outre les conséquences qui doivent rationnellement découler des lois de la sédimentation pour la méthode taxonomique générale — les relations existant entre ces principes et les applications qui en seront faites dans l'étude détaillée des terrains horizontaux de la Belgique, spécialement au point de vue du classement des dépôts tertiaires et du mode de notation graphique adopté pour leur figuré.

Ces conventions ne pouvaient être rendues applicables à l'œuvre de la Carte géologique détaillée de la Belgique qu'à la condition expresse qu'elles pussent se rattacher complètement aux principes fondamentaux d'unité arrêtés par la Direction dès les débuts de cette œuvre importante.

Cette solidarité de vues et de méthode est doublement assurée par suite de l'essence même des applications proposées et par le soin que nous avons pris d'en poursuivre l'élaboration dans la voie qui nous était indiquée.

Nous n'avons pas à reprendre ici l'exposé des phénomènes de sédimentation, ni celui des conditions biologiques qu'ils établissent au point de vue de la faune marine des divers groupes naturels de la succession des couches; toutefois il est indispensable de rappeler en peu de mots l'idée synthétique fondamentale sur laquelle se basent les applications taxonomiques que nous proposons.

En dehors de tout système et de toute vue personnelle, l'état actuel des connaissances relatives à l'histoire de la terre nous fait trouver dans l'évolution organique qui en a accompagné les diverses phases, un guide sûr permettant de classer en séries distinctes et successives les dépôts présentant des associations zoologiques ou botaniques différentes — mais d'origine ou d'habitat similaire — et de rattacher par contre à un même horizon celles de ces associations fauniques qui montrent des caractères identiques ou très voisins.

Mais l'étude détaillée des faunes exige une persistance et une multiplicité de recherches, un concours de circonstances favorables et enfin un ensemble d'études préliminaires qui font qu'en réalité le groupement et la classification des terrains, uniquement basés sur cette donnée, ne peuvent guère être considérés que comme des résultats synthétiques, postérieurs à l'œuvre d'élaboration tout entière.

Avant que l'échelle stratigraphique rationnelle et définitive puisse être établie il faudrait, si l'étude de la faune devait seule

nous guider, attendre une révision sérieuse et détaillée de la nomenclature zoologique, de la synonymie des espèces, surtout de celles qui se retrouvent dans des bassins séparés ou dans des couches d'âges différents. Il faudrait encore reprendre à nouveau l'étude détaillée des faunes, laquelle a été bien rarement conduite d'une manière rationnelle. Une faune, en effet, n'est bien connue que lorsqu'elle est décomposée en ses divers facies : littoraux, côtiers et profonds, sans compter ses aspects continentaux, lacustres et fluvio-marins. Aussi la comparaison avec d'autres faunes doit-elle être basée soit sur des ensembles fauniques complets, soit au moins sur des facies fauniques partiels ou régionaux, de nature ou d'origine identique ou peu différente.

On comprend, dès lors, qu'il devient très difficile, dans l'état actuel de la paléontologie, d'aborder immédiatement et avec succès les problèmes que soulèvent la comparaison, le groupement et la subdivision des couches, étudiées au seul point de vue de leur faune.

Si cependant il existait, parmi les documents que fournit la stratigraphie, un criterium certain, permettant de reconnaître à première vue et de grouper rationnellement les divers termes sédimentaires dont se compose un même ensemble faunique, la tâche ci-dessus indiquée deviendrait fort aisée. Or, ce criterium existe, du moins partout où la sédimentation marine a donné naissance à des dépôts de cailloux et de graviers, de sables plus ou moins fins, de vases et d'argiles plus ou moins pures : en un mot partout où l'on constate des sédiments semblables à ceux qui, dans les mers actuelles, de moyenne ou de faible profondeur, et dans les latitudes tempérées, s'offrent ordinairement à l'observation.

Il est à peine nécessaire d'ajouter qu'une transformation ultérieure des cailloux en poudingues, des sables en grès, des argiles en schistes n'enlève rien à la facilité des observations, qui s'étendront ainsi à des formations nombreuses et étendues, bien en dehors de l'aire relativement restreinte qui fera l'objet de nos investigations.

Ceci s'affirme d'ailleurs nettement par des données positives déjà recueillies dans les dépôts tertiaires et secondaires de contrées très diverses.

Les roches calcaires, les dépôts organiques ou autres des mers profondes, les formations coralligènes, oolithiques, etc., ne peuvent évidemment avoir obéi aux lois sédimentaires qui régissent les dépôts signalés plus haut; aussi le seul criterium actuellement accessible de leur étude et de leur groupement méthodique doit-il

rester confiné dans la donnée paléontologique et dans celle fournie par leur mode spécial de formation, combinées avec la stratigraphie proprement dite. Il est donc entendu que nous laissons ces dépôts spéciaux complètement hors du cadre de nos recherches actuelles.

Quel est maintenant ce caractère qui permet d'éluder si facilement, au début des recherches, les difficultés qu'offre l'étude de la faune des dépôts, tout en assurant cependant un classement méthodique et rationnel? On le trouve dans l'étroite corrélation existant entre les diverses phases de l'évolution organique, étudiée dans une région déterminée, et la subdivision des couches marines par les lits caillouteux ou graveleux qui s'y trouvent disséminés à divers niveaux et qui s'y présentent généralement avec une constance remarquable. C'est là précisément ce que l'étude de M. A. Rutot, signalée tantôt, a eu pour but de mettre en lumière. Tout en renvoyant le lecteur à ce travail fondamental, nous ne pouvons nous dispenser d'esquisser rapidement les vues formant le point de départ des considérations que nous aurons à exposer plus loin.

C'est la thèse des lentes oscillations de la croûte terrestre — si remarquablement appuyée par un faisceau de faits de toute nature ainsi que par l'observation de la physique actuelle du globe — c'est cette thèse, disons-nous, qui explique de la manière la plus simple et la plus satisfaisante la corrélation qui vient d'être indiquée. Voici maintenant, en peu de mots, comment nous en comprenons l'application aux principes d'unité taxonomique arrêtés par la Direction du service de la Carte, principes qui ne peuvent être perdus de vue en aucun point des compléments ou corollaires successifs auxquels donnera lieu l'exécution des travaux de la Carte géologique détaillée du royaume.

L'oscillation complète d'une région quelconque soumise à l'influence des forces internes se traduit, dans un laps de temps variable avec la proximité de la mer et avec l'énergie ou avec la durée du mouvement oscillatoire, par l'affaissement sous les eaux d'un territoire primitivement émergé. Après une immersion plus ou moins accentuée ou prolongée, survient soit un mouvement d'émersion ramenant les choses à l'état primitif ou d'émergence, soit un comblement graduel du bassin, lequel donne lieu au même phénomène de diminution de profondeur sédimentaire qu'aurait produit une oscillation contraire à la première. Il est à remarquer à ce sujet que des moments d'arrêts successifs dans une longue période d'immersion peuvent, par suite des phases de remplissage

auxquelles ils donnent lieu, jouer à peu près le même rôle dans la disposition des séries sédimentaires que des oscillations répétées du sol en sens inverse du mouvement initial (1). En réalité même, ce cas doit être fréquent et chaque fois que l'on peut y recourir on évitera utilement de multiplier le nombre des oscillations successives et inverses auxquelles le géologue se trouve amené à faire appel.

Pour en revenir aux oscillations, soit séculaires, mais interrompues par des temps d'arrêt donnant lieu à des phénomènes de remplissage, soit successives et inverses ou non, il est certain que ces mouvements de l'écorce terrestre, dont l'existence est indiscutable, bien qu'ils dépendent de lois encore inconnues, doivent être considérés tantôt comme de simples pulsations verticales affectant des régions plus ou moins localisées, tantôt comme la résultante, en un point donné, d'une espèce d'ondulation se propageant latéralement et dont l'action d'un coup de vent sur la surface ondoyante d'un champ de blé fournit l'image fidèle. On trouve d'ailleurs dans la disposition, tantôt concentrique, tantôt transgressive, d'un grand nombre de formations géologiques successives les indices matériels du mouvement vertical ou latéral qui a tour à tour affecté par voie d'oscillation du sol chacune des zones d'une région déterminée.

Lorsqu'on étudie séparément les divers points d'un territoire ainsi influencé, on constate qu'ils ont dû passer successivement par

(1) Dans la Notice publiée par M. A. Rutot (*loc. cit.*) sur les phénomènes de la sédimentation marine, il a été fait exclusivement appel à l'influence d'oscillations du sol, successives et inverses, variables dans leur étendue ou dans leur intensité respective, pour expliquer l'origine des divers cas offerts par les caractères et par la disposition des séries sédimentaires étudiées par l'auteur.

Comme on ne saurait nier que des périodes d'arrêt ou de ralentissement puissent se produire à diverses reprises pendant une phase unique et prolongée d'affaissement du sol et donner précisément lieu aux mêmes phénomènes sédimentaires que des oscillations en sens contraires, il importe, au point de vue géogénique, de ne point attribuer aux mouvements oscillatoires du sol une prépondérance trop grande, et qui serait d'ailleurs peu en harmonie avec ce que nous savons ou pouvons pressentir de l'ampleur et de la durée de ces mouvements, encore si mystérieux.

Lorsque, contrairement au cas de la Notice de M. Rutot — qui avait surtout en vue la facilité d'exposé des divers cas passés en revue, — on n'a point à tenir compte de circonstances spéciales de cette nature, on ne perdra pas de vue qu'un très grand nombre de cas de disposition sédimentaire sont la résultante de cette cause, essentiellement simple et rationnelle, qui se résume en l'existence de phases de remplissage et de comblement des bassins, venant intercaler leurs effets parmi ceux directement causés par les mouvements oscillatoires de l'écorce terrestre.

les divers états bathymétriques suivants, compris entre deux époques d'émersion : *rivage* ou *cordon littoral*; *dépôt côtier*, *dépôt profond* (si toutefois l'oscillation a atteint une amplitude suffisante), *dépôt côtier*, *rivage* ou *cordon littoral*.

Pendant toute la durée de l'immersion, la phase d'évolution organique marine de la période géologique correspondante a pu se développer librement, en soumettant toutefois la faune aux variations successives des différents facies bathymétriques qu'impliquait la situation des sédiments dans le bassin.

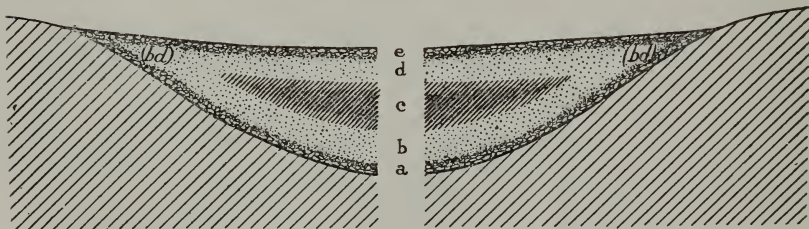
Ce qui est vrai pour l'élément faunique l'est aussi pour l'élément sédimentaire, la nature lithologique des dépôts étant en connexion intime avec leur situation, comme avec la répartition faunique.

C'est ainsi qu'aux états bathymétriques successifs signalés ci-dessus correspondent des états lithologiques différents, dont le cycle sera, pour une oscillation complète : *cailloux* ou *graviers* de cordon littoral d'immersion; *sables côtiers*, *limons*, *vases* ou *argiles* de zones plus profondes; *sables côtiers*, *cailloux* ou *graviers* de cordon littoral d'émersion.

Il est à peine nécessaire de faire remarquer que c'est aux lois immuables de la mécanique hydrodynamique qu'est due cette disposition si naturelle des sédiments dans le lit de la mer.

La figure diagrammatique suivante représente la coupe verticale des dépôts formés, dans une région donnée, par l'invasion des eaux marines y ayant séjourné un certain temps et s'étant ensuite retirées par suite d'un relèvement du sol.

Coupe diagrammatique des dépôts abandonnés après une oscillation complète du sol.



Dans cette figure, le dépôt caillouteux *a* correspond au *gravier* du cordon littoral d'immersion; le niveau *b* au *sable* côtier recouvrant; le niveau *c* au noyau d'*argile* ou de *sable fin*, plus ou moins argileux, indiquant le maximum de dépression; le niveau *d* au

sable côtier de la période d'émersion et enfin le niveau *e* au gravier ou cordon littoral d'émersion.

Vers les extrémités, à caractères côtiers persistants, de ce bassin, les deux cordons littoraux *a* et *e* ne seront séparés que par une masse sableuse (*bd*) à facies constamment côtier et difficilement subdivisible — au point de vue de la correspondance chronologique — en périodes d'immersion et d'émersion. Sur les bords extrêmes du bassin, cette disposition fera place à un amas unique, exclusivement littoral, de cailloux ou de gravier.

A chaque invasion nouvelle des eaux de la mer, caractérisée naturellement par une phase distincte d'évolution organique, correspondra un retour des mêmes conditions physiques, avec la restriction toutefois d'une relation de complexité en rapport avec l'amplitude ou avec la durée de l'oscillation. Quant à la caractérisation faunique du nouveau dépôt ainsi formé, elle sera d'autant plus spéciale ou accentuée que les périodes intermédiaires d'émersion auront été de plus longue durée.

Sans entrer dans de plus grands détails, pour lesquels nous renverrons d'ailleurs au travail spécial de M. A. Rutot, nous pensons qu'il doit être aisé, par l'exposé qui précède, de se rendre compte de ce fait que les lits caillouteux ou graveleux, qui délimitent si naturellement les périodes de sédimentation marine, doivent constituer une précieuse base de démarcation stratigraphique régionale, en relation intime avec les importantes données que fournit la faune des dépôts marins.

André Dumont, dans l'établissement des divisions du terrain tertiaire belge, a, le premier, accordé aux niveaux caillouteux qui s'y observent la valeur stratigraphique qui leur revient légitimement. Ses vues toutefois sur la signification géogénique de ces lignes de démarcation étaient sensiblement différentes de celles qui viennent d'être esquissées.

De ce qui précède, faut-il admettre que la présence de lits caillouteux au sein des séries sédimentaires doive forcément faire conclure à l'établissement de divisions stratigraphiques? Non seulement il n'en est rien, mais une telle application des vues qui viennent d'être exposées serait des plus inexactes et des plus préjudiciables à la thèse qui se trouve ici défendue.

En réalité, le mécanisme des phénomènes dont les sédiments marins représentent les traces est à la fois si simple et si logique,

que l'initiation ne réclame qu'un peu de réflexion de la part de l'observateur attentif qui a eu l'occasion d'étudier la nature actuelle. Ainsi, il importe de remarquer que les démarcations stratigraphiques basées sur la présence de niveaux caillouteux s'appliquent *exclusivement* aux formations *franchement marines*, et sont fondées sur l'existence de couches graveleuses ou caillouteuses d'une certaine étendue, c'est-à-dire représentant de véritables horizons; sur les couches, en un mot, qui constituent des cordons littoraux, marins et continus.

Quant aux éléments grossiers des formations d'estuaire ou fluvio-marines — généralement si faciles à reconnaître à leur disposition, à leurs caractères physiques et à leur faune, — quant à ceux qui accompagnent les dépôts indiquant une sédimentation fluviale — lesquels sont encore plus aisément reconnaissables, — ou bien dénotant une formation lacustre ou continentale, il va de soi qu'il n'en peut être question comme démarcation stratigraphique. Dans ces cas, comme pour d'autres de nature analogue, l'essence même de ces dépôts non marins, où la répartition sédimentaire obéit à des influences locales et éminemment variables, s'oppose absolument à l'application des vues exposées plus haut.

Au sein même de certaines formations littorales particulièrement développées, il existe parfois de véritables alternances de zones caillouteuses, graveleuses et sableuses, voire même argileuses, dont l'ensemble représente l'appareil littoral. Les niveaux caillouteux ou graveleux qui s'observent en récurrences à diverses hauteurs dans ces dépôts marins, correspondent aux alternances de sables et de cailloux que le jeu des marées et surtout l'action des tempêtes produisent parfois sur certains rivages. Un abaissement lent du lit de la mer coïncidant avec une grande activité sédimentaire, le long de certaines côtes, est parfois la cause donnant lieu à cette persistance prolongée du facies littoral et à ces accumulations sédimentaires considérables, avec récurrences de cailloux, de bancs coquilliers triturés, etc., qui doivent, malgré leur épaisseur, rester tout entières englobées dans la formule du cordon littoral.

La réapparition, entre les divers lits caillouteux de ces accumulations détritiques, du caractère exclusivement côtier des sédiments et de la faune, permet aisément d'apprécier la signification spéciale de tels dépôts. Il n'y a pas plus lieu de subdiviser ces accumulations littorales d'après les niveaux grossiers qu'elles

renferment, qu'on ne serait fondé à assimiler les argiles lagunaires ou poldériennes, qui accompagnent parfois aussi certains dépôts littoraux, aux argiles de grand fond représentant le maximum de dépression du lit de la mer. Dans ces deux cas, la situation et les caractères généraux des dépôts, la non-continuité des éléments caillouteux ou argileux qu'il s'agit d'interpréter, l'irrégularité d'allures des zones que forment ceux-ci, le mélange persistant, aux divers niveaux en litige, de débris coquilliers triturés et roulés, appartenant à une seule et même faune : tout enfin s'accorde pour montrer à l'observateur attentif qu'il ne peut être question de comparer ces récurrences caillouteuses ou graveleuses aux niveaux de démarcation stratigraphique qui séparent les groupes naturels symétriques formés par les mouvements de retrait ou d'avancement des eaux de la mer, dans une région donnée, influencée par les oscillations du sol.

Les considérations qui précèdent suffisent, pensons-nous, pour que l'on puisse apprécier la véritable signification de la présence des lits caillouteux dans la série sédimentaire, et se rendre compte de la distinction qu'il convient d'établir dans leur portée au point de vue de la subdivision rationnelle des couches.

Nous allons maintenant exposer les principes qui seront à l'avenir adoptés dans nos travaux et dans ceux de nos collègues du Service pour la subdivision et la nomenclature des dépôts tertiaires et secondaires, principes qui sont basés sur le rôle des graviers marins ou cordons littoraux. Nous ferons connaître ensuite les applications taxonomiques qu'il a été possible d'introduire dans le mode de subdivision secondaire de ces dépôts, et qui seront utilisées tant dans la distinction stratigraphique de ces niveaux secondaires que dans leur mode de notation graphique.

Les géologues qui se sont occupés des terrains tertiaires de la Belgique sont généralement d'accord aujourd'hui pour admettre un groupement de ces dépôts en *éocène*, *oligocène*, *miocène* et *pliocène*. Nous basant d'une part sur l'autorité d'A. Dumont — qui avait trouvé dans les niveaux caillouteux de nos dépôts tertiaires marins une base rationnelle de démarcation, — d'autre part sur les recherches récentes⁽¹⁾ qui ont confirmé et mieux défini la valeur de ce criterium stratigraphique, nous admettons actuellement la

(1) Voir A. RUTOT, *loc. cit.*

division de nos terrains horizontaux : tertiaires et secondaires, en autant d'*étages* ou unités stratigraphiques qu'il existe de cycles sédimentaires, c'est-à-dire de périodes d'immersion et de sédimentation marine, à faune spéciale et bien distincte, comprises entre deux phases de relèvement ou d'émersion plus ou moins accentuée.

Bien que le type du cycle sédimentaire marin comporte les termes : **gravier**, *sable*, *argile*, *sable*, **gravier**, cette succession symétrique n'est pas exigible en entier pour la constitution d'un cycle stratigraphiquement complet.

Dans le cas, par exemple, d'une oscillation insuffisante pour produire aux profondeurs voulues le dépôt des éléments fins et argileux, le terme « argile » pourra faire défaut, sans que la valeur stratigraphique de l'étage ainsi formé se trouve le moins du monde amoindrie.

Ainsi une série se présentant sous cette forme :

gravier, sable, argile, sable, **gravier**, sable, **gravier**, sable, argile, sable, **gravier**
 (faune marine M) (faune marine N) (faune marine O)

n'en comprendra pas moins, si les faunes *M*, *N* et *O* se montrent suffisamment distinctes, *trois étages* pouvant avoir la même importance stratigraphique.

Nous pouvons encore nous représenter la même série avec les *graviers* en moins; il suffit que, d'accord avec les différenciations fauniques, la disposition des autres sédiments : sables et argiles, montre clairement l'existence de cycles sédimentaires symétriques pour que l'établissement d'*assises* ou même d'*étages* puisse encore s'effectuer. On fera alors jouer aux *sables grossiers* ou *graveleux*, c'est-à-dire à *facies littoral accentué*, le rôle séparatif des graviers ou des cailloux. Cette disposition sera généralement l'indice que les démarcations des cycles sédimentaires marins ne sont pas produites par des phases de relèvement avec émersion, mais simplement par un comblement ayant amené des rapprochements plus ou moins grands de la région littorale ou ligne de rivage.

Dans les deux cas qui viennent d'être examinés, comme dans tous les autres analogues, la distinction des cycles en groupes de premier ordre ou *étages* doit être principalement basée sur les différences fauniques considérables ou très sensibles qui distinguent ces groupes naturels.

Lorsqu'au contraire la faune des sédiments d'un cycle, comparée avec celle de l'un ou l'autre des cycles adjacents, ne montre que des

différences minimales ou peu appréciables (1) et si en même temps des caractères pétrographiques, ou bien de répartition régionale peu différente, viennent étroitement relier ces deux séries stratigraphiques; ou bien encore si, conjointement avec l'absence de démarcation graveleuse, on observe l'intrusion de termes ne paraissant point rentrer dans le cycle normal de la sédimentation marine, et surtout lorsqu'une faune soit fluviomarine, soit saumâtre ou continentale, vient démontrer qu'il n'est plus question de faciès marin : alors, dans ces divers cas, on groupera ces dépôts, qu'ils soient marins, saumâtres ou continentaux, de manière à en faire des *assises* ou subdivisions de l'étage avec lequel leurs relations stratigraphiques et paléontologiques montreront le plus d'affinités.

Quant aux subdivisions de l'étage basées sur des caractères non en rapport direct avec les lois de la sédimentation, il faut en rejeter complètement l'adoption.

Quelques exemples permettront de mieux faire saisir la portée des observations ci-dessus exposées.

Ainsi, dans la succession suivante :

grav. sable, argile, sable, **grav.** sable, argile, sable, **grav.** sable, argile, sable, **grav.**
 (faune marine *M*) (faune marine *M'*) (faune marine *N*)

si la faune marine *M'*, bien distincte de la faune marine *N*, montre au contraire d'étroites affinités avec la faune marine *M*, et si en même temps cette liaison paléontologique se trouve appuyée par une certaine concordance de répartition géographique des deux premiers cycles superposés, ou bien par un faible développement ou même par l'absence partielle du gravier séparatif, on devra

(1) Il a déjà été dit plus haut que la faune marine d'un étage n'est réellement bien connue que lorsqu'elle a dévoilé ses faciès littoraux, côtiers et profonds. La comparaison rationnelle avec d'autres faunes doit donc s'établir soit sur des ensembles fauniques complets, soit, si l'on ne peut y arriver, sur des faciès fauniques partiels ou régionaux de valeur bathymétrique identique ou très voisine. Si l'on ne tenait pas compte de cette réserve, l'appréciation des différences ou des ressemblances serait souvent faussée par des influences simplement dues à l'habitat ou d'autres causes de même valeur. Une autre cause d'erreur dont il faut également tenir compte, c'est le danger de comprendre dans la faune d'un étage les éléments recueillis vers sa base, laquelle contient généralement un bon nombre de fossiles remaniés, enlevés à la formation sous-jacente et qu'il n'est pas toujours aisé de séparer à première vue des éléments propres de la faune *in situ*.

réunir l'ensemble des dépôts contenant les faunes marines *M* et *M'* en un seul *étage*, que l'on subdivisera en une *assise* marine inférieure et en une *assise* marine supérieure. Celle-ci formera le substratum de l'*étage* suivant *N* à faune marine distincte.

Dans cette autre succession :

gravier, sable, argile, sable, argile, sable, **gravier**, sable, argile, sable, **gravier**
 (faune marine *M*; faune saumâtre *M'*) (faune marine *N*)

si le cycle correspondant à la faune marine *M* n'est point fermé suivant la formule et si dans les sédiments qui remplacent le gravier d'émersion absent, on constate l'existence d'une faune saumâtre ou fluvio-marine *M'*, c'est que l'émersion a été remplacée, à la suite d'un relèvement incomplet, par une phase de sédimentation saumâtre ou fluvio-marine, laquelle doit évidemment se rattacher au phénomène général dont dépend le cycle ainsi modifié.

On réunira alors les sédiments contenant les faunes *M* et *M'* en un seul *étage*, que l'on subdivisera en une *assise* marine inférieure et en une *assise* fluvio-marine supérieure. Quant aux dépôts contenant la faune marine *N*, ils formeront un *étage* marin distinct.

Dans la succession suivante :

grav. sable, argile, sable; alternances de sables et de cailloux, glaise et marne, **grav.**
 (faune marine *M*) (faune saumâtre ou fluvio-marine *M'*)

un cas analogue au précédent se présente, car après un premier cycle, caractérisé par la faune marine *M*, nous en trouvons un second : la deuxième assise de l'*étage*, dans lequel la présence des cailloux perd toute signification par le fait de la nature spéciale du dépôt, indiquée par sa faune. Dans le cas où l'indice géogénique fourni par la faune viendrait à faire défaut, la distinction serait moins aisée à établir; toutefois on trouvera généralement dans les caractères stratigraphiques et lithologiques du dépôt fluvio-marin, dans les allures variables et dans la composition irrégulière de ses couches, dans la présence de matières ligniteuses et de vestiges végétaux ou autres — quelque indéterminables qu'ils soient au point de vue spécifique — des données suffisantes pour établir l'origine non franchement marine des dépôts et par conséquent la signification stratigraphique spéciale des niveaux caillouteux qu'ils renferment.

Réunissons encore en une seule série divers autres cas qui peuvent se présenter :

gravier, sable, sable argileux fin, sable, **gravier**, sable, argile, **gravier**, sable, **gravier**
 (faune marine M) (faune marine N) (faune marine O)

Dans le premier de ces cycles sédimentaires nous voyons que le terme « argile » est remplacé par « sable argileux fin. » La présence de ce faciès lithologique est en réalité plus fréquente que celle de l'argile proprement dite et, comme les limons sableux et les sables argileux fins jouent, vis-à-vis des sables d'immersion et d'émersion entre lesquels ils sont compris, le rôle bathymétrique indiqué dans la formule typique par le mot « argile », on peut, dans la pratique, les considérer comme l'équivalent des dépôts plus profonds caractérisés par l'argile proprement dite.

Dans le second cycle sédimentaire de la série diagrammatisée ci-dessus, nous ne retrouvons plus la symétrie habituelle. Si le sable d'émersion manque et si les graviers du cycle suivant se trouvent en contact avec l'argile du deuxième cycle, c'est tout simplement parce qu'il y a eu dénudation des parties supérieures de celui-ci. On comprend qu'une masse argileuse, surtout lorsqu'elle est épaisse et compacte, doit arrêter ou mitiger les effets d'une dénudation produite par l'intrusion des eaux marines, qui affouillent et emportent aisément des sables plus ou moins meubles. Ce cas s'observe fort bien en Belgique, au contact du bolderien avec l'argile rupelienne. Cette disposition n'enlève rien à la valeur de l'étage formé par un cycle de cette nature, devenu, postérieurement à son dépôt, asymétrique et incomplet.

Une dénudation plus grande encore peut se produire de la même façon et réduire un cycle sédimentaire à son gravier initial, suivi de son sable d'immersion. C'est ce que représente le diagramme du troisième cycle ci-dessus, qui montre un étage réduit à ses deux termes initiaux : gravier et sable d'immersion. Un faible développement du terme argileux, ou bien une intensité considérable des phénomènes de dénudation ultérieure, peut donner lieu à ce résultat.

Le sable ainsi compris entre deux graviers se réduit parfois lui-même à des vestiges très minimes ou discontinus, de manière même à amener les deux graviers en contact. Cela se présente, par exemple, au Bolderberg, dans le Limbourg, où d'un étage démantelé il ne reste qu'un gravier fossilifère à éléments roulés et triturés

qui, par places, se confond intimement avec un autre niveau cailouteux, base du diestien, qui le recouvre. C'est même au point que, jusqu'à nos observations de novembre 1880 (1), on n'avait point reconnu qu'il y avait là les vestiges *in situ* d'un étage miocène (anversien) compris entre un étage sous-jacent, oligocène (boldérien) et un étage pliocène (diestien).

C'est encore aux affouillements qui s'opèrent à la suite de l'intrusion des eaux marines sur un territoire abandonné antérieurement, qu'est due cette circonstance que les successions de cycles sédimentaires représentant les étages géologiques montrent presque toujours l'amalgame du gravier d'émersion de l'un avec le gravier d'immersion de l'autre. Les éléments du premier servent à la formation du second, qui se confond avec lui, et c'est ainsi que la succession : **gravier**, sable, argile, sable, **gravier**, **gravier**, sable, etc..., se réduit en réalité à celle-ci : **gravier**, sable, argile, sable, **gravier**, sable, etc.

Les exemples qui précèdent suffisent, croyons-nous, pour donner une idée précise de la signification et de la valeur des termes stratigraphiques qui sont désignés sous les noms d'*étage* et d'*assise* dans les travaux du Service de la Carte géologique; ils montrent aussi les règles qui doivent présider à la subdivision systématique des diverses formations comprises dans les terrains horizontaux de la Belgique.

Si, dans les terrains redressés ou primaires de notre pays, la distinction de l'unité stratigraphique ou *étage* ne peut s'effectuer d'une manière aussi constante et aussi systématique à l'aide des seuls graviers, le principe fondamental d'unité, arrêté par la Direction du service de la Carte, n'en reste pas moins intact, puisque dans les deux cas la méthode employée revient à prendre les *groupes naturels fauniques* comme principal criterium de la subdivision des dépôts.

Au point de vue de la notation graphique, les divers étages représentés sur la Carte seront désignés, comme ils l'étaient par A. Dumont, par une ou deux lettres initiales aisément reconnaissables. Dans la feuille spécimen de Bilsen, par exemple, qui sera bientôt mise en distribution, l'étage heersien est représenté par la notation *Hs*; l'étage tongrien par *Tg*; l'étage rupelien par *R* et l'étage bolderien par *Bd*. Quant aux assises subdivisant les étages,

(1) E. VAN DEN BROECK, *Observations nouvelles sur les sables diestiens et sur les dépôts du Bolderberg* (ANN. SOC. MALAC. BELG., 1880, t. XV, séance du 6 nov. 1880).

elles sont indiquées par l'adjonction des chiffres 1, 2, 3, etc.; le chiffre 1 étant réservé à l'assise inférieure. C'est ainsi que dans cette même feuille de Bilsen les deux assises dont l'existence a été reconnue dans l'étage tongrien, recevront respectivement les notations Tg_1 et Tg_2 ; quant aux deux assises également établies dans l'étage rupélien, elles recevront les notations R_1 et R_2 .

Nous avons dit plus haut que des phases d'arrêt ou de ralentissement dans le mouvement séculaire d'immersion d'une région quelconque sous les eaux de la mer pouvaient, par suite des périodes partielles de remplissage et d'envasement auxquelles elles donnent souvent naissance, produire les mêmes successions de cycles sédimentaires symétriques que l'eussent fait des oscillations locales, successives et en sens inverse de la première.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que chaque fois que l'on pourra, grâce à de tels phénomènes — si simples et si fréquents d'ailleurs en bien des régions littorales actuelles, — s'abstenir de multiplier les mouvements de l'écorce terrestre, il y aura tout avantage à ne pas s'aventurer trop loin dans cette dernière voie.

On se demandera maintenant à quels caractères on pourra reconnaître la nécessité d'invoquer, pour un cas donné, l'une ou l'autre de ces deux hypothèses, et quelle influence la solution de cette question pourra avoir sur le choix des notations destinées à représenter les cycles sédimentaires, au point de vue de leur distinction en étages ou en assises?

Bien qu'il soit difficile d'exposer en peu de mots les considérations que fait naître cette question, nous essaierons de résumer brièvement les points essentiels qui nous paraissent devoir être mis en lumière.

Lorsque, par suite d'un mouvement ascensionnel, le sol d'une contrée précédemment couverte par les eaux de la mer — qui s'était établie dans la dépression causée par un mouvement antérieur d'affaissement, — lorsque ce sol, disons-nous, devient le siège d'une phase d'émersion ou d'activité continentale, la faune marine qui autrefois habitait les profondeurs de la mer s'est retirée au loin avec les eaux qui la contenaient. Elle a émigré, s'est trouvée en contact avec de nouveaux éléments, avec de nouvelles influences physiques et biologiques, climatiques même; et ces circonstances, jointes à l'influence évolutive du temps très long nécessaire par le phénomène d'oscillation lui-même, amèneront infailliblement dans la caractérisation faunique du bassin marin nouveau qu'oc-

casionnera toute dépression ultérieure du sol, des éléments sensiblement différents de ceux de la faune primitive.

De plus, les phénomènes physiques d'affouillement et d'érosion qui accompagnent nécessairement toute intrusion nouvelle de la mer sur un territoire qu'elle avait abandonné, se traduiront par des indices matériels, facilement appréciables, de dénudation, de disposition transgressive, etc.

Dans le cas, au contraire, d'un mouvement continu d'affaissement par exemple, interrompu par des stades de ralentissement ou d'arrêt, l'évolution faunique ne peut être que peu ou point influencée par les données énumérées dans le cas précédent; ce qui apparaîtra, au contraire, c'est plutôt la répétition des facies bathymétriques littoraux, côtiers et plus ou moins profonds d'une même faune, facies se renouvelant en superpositions successives, identiques, ou à peine accompagnées de témoignages plus ou moins sensibles de l'évolution organique générale. D'autre part, les ravinements accentués, les dispositions transgressives feront généralement défaut, bien qu'il faille encore tenir compte de l'influence dénudatrice des courants, qui modifient leurs effets suivant les moindres changements de la ligne des côtes.

On voit en résumé qu'il faut alors en revenir à l'étude des faunes, du moins à l'étude comparative de celles des divers cycles dont on veut étudier les relations. Dans le cas de faunes bien distinctes, caractérisant deux cycles sédimentaires nettement séparés par un niveau caillouteux développé et par des contacts avec dénudation sensible, disposition transgressive incontestable, etc., on pourra conclure à l'existence de *mouvements oscillatoires contraires* et *successifs* de l'écorce terrestre, et l'on pourra sans hésitation édifier au rang d'étages, les cycles sédimentaires dont les relations montrent ces caractères.

Dans le cas de faunes intimement liées, ne dénotant guère que des répétitions des divers facies bathymétriques d'un même grand ensemble faunique et séparées par des démarcations stratigraphiques graveleuses peu accentuées, on pourra généralement conclure à l'existence de cycles secondaires, dus soit à de petits mouvements en sens inverse du premier, soit à des *phases d'arrêt d'un seul et même mouvement oscillatoire* de l'écorce terrestre; et l'on considérera les divers cycles ainsi liés comme formant les *assises* d'un seul étage, qui sera constitué par l'ensemble des dépôts formés pendant le mouvement séculaire d'oscillation.

Nous voici maintenant arrivé aux subdivisions de l'étage, ou de l'assise, c'est-à-dire aux niveaux stratigraphiques d'ordre inférieur.

Étant donné ce qui précède, il sera aisé de comprendre les raisons qui nous portent à proposer comme suit le complément rationnel du mode adopté de subdivision et de notation graphique des couches formant nos étages et nos assises tertiaires.

Nous avons vu qu'un cycle sédimentaire symétrique et bien complet se décompose d'après les éléments suivants : *cailloux* ou *gravier*s de cordon littoral d'immersion; *sables* côtiers; *limons sableux* ou *argiles* des zones plus profondes; *sables* côtiers; *cailloux* ou *gravier*s de cordon littoral d'émersion.

Nous avons vu également que si, au lieu de considérer isolément un cycle sédimentaire, on l'observe dans ses relations avec les cycles voisins, on constate que, par suite d'un inévitable phénomène d'affouillement, les cailloux ou graviers d'émersion, abandonnés par les eaux marines qui s'étaient retirées, se trouvent réunis en un seul et même dépôt avec les cailloux et graviers d'immersion du cycle sédimentaire suivant et n'en peuvent être aisément distingués.

En fait, comme les superpositions de cycles constituent la règle générale, la série sédimentaire se simplifie donc et se trouve ramenée à ses quatre premiers termes, que pour plus de facilité nous désignerons respectivement, comme dans la figure de la page 346, par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*.

Or, étant donné que ce sont là des divisions naturelles, en rapport avec les conditions bathymétriques — qui, nous le savons, ont une influence si considérable sur la distribution des éléments lithologiques comme sur la répartition des éléments fauniques, — est-il rien de plus rationnel que de chercher à rapporter à ces quatre types bien définis les sédiments et les faunes distribués dans les divers niveaux constituant l'étage ou l'assise ? N'est-ce pas là doter les subdivisions de ces groupes bien définis d'une portée qu'on ne pouvait songer à leur accorder lorsque ces subdivisions résultaient tout simplement de superpositions locales, de la présence ou de l'absence d'espèces spéciales prises comme point de repère ou enfin de caractères pétrographiques pouvant varier suivant des influences régionales ?

L'avantage obtenu par l'emploi des divisions naturelles reposant sur la bathymétrie consiste à obtenir pour le groupe étendu de nos terrains horizontaux une classification rationnelle et uniforme, basée dans son ensemble comme dans chacune de ses parties sur

des principes constants et d'une application toujours aisée. En effet, la série si importante de nos terrains tertiaires ne renferme précisément que des éléments lithologiques pouvant le plus facilement du monde se rapporter à l'un ou à l'autre des quatre types sédimentaires compris dans la formule donnée plus haut du cycle normal.

Il en est de même du jurassique, et nous ne prévoyons guère de difficultés empêchant de rattacher quelques termes spéciaux ou aberrants du terrain crétacé à la loi commune.

Voyons maintenant comment ces vues peuvent s'appliquer dans la pratique à la subdivision et à la notation des couches constituant soit un étage, soit une assise.

Reprenons pour cela la première série sédimentaire diagrammatisée tantôt :

gravier, sable, argile, sable, **gravier**, sable, **gravier**, sable, argile, sable, **gravier**

(faune marine *M*)

(faune marine *N*)

(faune marine *O*)

Après avoir reconnu, par les moyens multiples que fournissent la stratigraphie, la paléontologie et la lithologie, les caractères et la nature bathymétriques des dépôts du premier cycle, remplaçons-en les divers termes par les lettres correspondantes, d'après le diagramme de la figure de la page 346. L'étage recevra la notation *M* qui, bien entendu, sera la lettre initiale de son nom. Nous aurons alors *Ma*, *Mb*, *Mc*, *Md*, représentant respectivement : *Ma*, le niveau caillouteux ou graveleux de la base ; *Mb*, le dépôt sableux à faune littorale ou côtière d'immersion ; *Mc*, les sables fins argileux ou limoneux, les argiles ou glaises des zones profondes ; *Md*, les sables littoraux d'émersion. Quant au terme *Me*, ou gravier d'émersion, qui se trouve presque toujours confondu avec le terme graveleux initial *Na* du cycle suivant, il n'en faut généralement pas tenir compte dans la pratique, comme il a déjà été dit.

Dans le second cycle, nous trouvons un dépôt sableux entre deux graviers. Ici deux cas peuvent se présenter et donner lieu à des solutions différentes.

Si les sédiments sableux en question se montrent dans toute leur masse avec le même caractère littoral accentué, si non seulement ils ne deviennent pas plus fins et plus homogènes vers le haut, mais s'ils passent insensiblement dans cette direction au gravier qui les surmonte, c'est que nous nous trouvons dans le cas représenté aux extrémités de la figure de la page 346 par la notation (*bd*). L'oscillation du sol en cette région n'aura pas été assez accentuée

pour laisser s'effectuer le dépôt de sédiments autres que purement littoraux, et la notation des sables de ce deuxième cycle sera *N (bd)*, tandis que celle des graviers de la base sera *Na*. La parenthèse qui réunit ici *bd* signifie que l'on se trouve en présence d'une masse sableuse littorale unique, c'est-à-dire au sein de laquelle il est impossible de distinguer un sable *b* d'immersion et un sable *d* d'émersion. Elle signifie que la couche sableuse (*bd*) doit être considérée comme synchronique dans son ensemble des couches *Nb*, *Nd* et même *Nc*, déposées ailleurs dans le bassin.

Parfois, au contraire, il est possible de distinguer vers la partie centrale du dépôt sableux *bd*, une démarcation ou modification plus ou moins sensible, représentée, par exemple, par des sédiments plus fins et par un facies faunique moins littoral; alors on pourra diviser la masse sableuse de l'étage ou de l'assise en deux zones distinctes *b* et *d*, indiquant que le cycle était prêt à se trouver complété par l'adjonction du terme argileux *c*. La notation des divers niveaux de l'étage sera alors *Na*, *Nb*, *Nd*.

Si c'est exclusivement vers le haut, au contraire, que les sables de l'étage *N* perdent peu à peu leur caractère littoral et si c'est vers le sommet qu'ils deviennent plus fins, plus homogènes et réguliers, qu'ils renferment les éléments bien *in situ* d'une faune tendant à se rapprocher de celle des facies argileux, alors c'est qu'un phénomène de dénudation, résultant de l'invasion des eaux ayant donné naissance au troisième cycle *O*, a balayé et complètement enlevé un niveau préexistant d'argiles ou de sédiments fins. L'allure de la ligne de contact de la base du cycle supérieur *O*, l'existence en d'autres points du bassin de vestiges du niveau argileux *c* manquant ici, permettent généralement de n'avoir aucun doute sur la réalité de cette hypothèse, qui exige alors pour la notation des dépôts du deuxième cycle ou étage la formule *Na*, *Nb*.

Quant au troisième étage, il se décomposera, de même que le premier, en *Oa*, *Ob*, *Oc*, *Od*, avec cette différence que si le gravier qui le termine est celui d'une *émersion définitive*, on pourra y joindre la notation *Oe*.

La série sédimentaire rappelée ci-dessus fournira donc les notations suivantes :

| | | | |
|-------------------------|--|-------------------------|---------------------------------------|
| Ma , Mb, Mc, Md, | Na , Nb ou N (bd) ou Nb, Nd, | Oa , Ob, Oc, Od, | Oe (ou Pa , s'il y a lieu). |
| (faune marine M) | (faune marine N) | (faune marine O) | |

Reprenons maintenant la deuxième succession sédimentaire diagrammatisée tantôt :

grav. sable, argile, sable, **grav.** sable, argile, sable, **grav.** sable, argile, sable, **grav.**
 (faune marine *M*) (faune marine *M'*) (faune marine *N*)

et ne perdons pas de vue les étroites relations fauniques et stratigraphiques que comportent les deux premiers cycles.

Nous avons déduit de ces relations que les deux premiers cycles doivent indiquer les deux assises, marines chacune, d'un même étage, caractérisé par la lettre *M* (en opposition avec la lettre *N*, indice d'un étage distinct).

Les différences fauniques indiquées par l'emploi des lettres *M* et *M'* sont représentées par la distinction en assises *M*₁ et *M*₂; le nom de l'étage *M* devant rester commun aux deux assises.

L'application des règles qui précèdent nous fournira les notations suivantes :

M₁*a*, *M*₁*b*, *M*₁*c*, *M*₁*d*, **M**₂*a*, *M*₂*b*, *M*₂*c*, *M*₂*d*, **N***a*, *Nb*, *Nc*, *Nd*, etc.
 (faune marine *M*) (faune marine *M'*) (faune marine *N*)

Dans la troisième succession représentée tantôt :

gravier, sable, argile, sable, argile, sable, **gravier**, sable, argile, sable, **gravier**
 (faune marine *M*) (faune saumâtre *M'*) (faune marine *N*)

on constate qu'avec une lacune dans les termes du premier cycle sédimentaire coïncide l'existence d'une faune spéciale, dont le caractère saumâtre ou fluvio-marin nous a montré que l'on était ici en présence de deux assises d'un même étage, dont l'inférieure est marine et symétrique et la supérieure fluvio-marine et échappant, par conséquent, aux lois sédimentaires des cycles marins.

Dans ce cas spécial, comme dans tout autre où les sédiments auraient été déposés en dehors de l'action normale de ces lois, la notation des dépôts ne peut subsister avec la portée qu'elle a dans les formations franchement marines. Si les couches des formations continentales, lacustres, fluviales ou fluvio-marines peuvent encore à la rigueur être désignées par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, etc., c'est avec la restriction expresse qu'il ne faut plus attacher à ces notations, ainsi employées, qu'un simple sens d'ordre de superposition locale ou

régionale; ces lettres deviennent ici un simple numérotage et pourraient sans inconvénient être remplacées par d'autres : *m, n, o, p*, surtout lorsqu'il n'existe pas de constance de rapports stratigraphiques, mais de simples différenciations lithologiques ou autres. C'est là une convention importante qui ne peut être perdue de vue.

Les notations relatives au diagramme ci-dessus seront :

***M*_{1a}**, *M*_{1b}, *M*_{1c}, *M*_{1d}, ***M*_{2a}**, *M*_{2b}, ***N*_a**, *N*_b, *N*_c, *N*_d, etc.
(faune marine *M*) (faune fluvio-marine *M'*) (faune marine *N*)

On voit que, dans l'assise supérieure fluvio-marine (qu'il était nécessaire de distinguer au sein du cycle compris entre les graviers *M*_{1a} et *N*_a), les lettres des notations représentant les couches fluvio-marines n'indiquent plus qu'un simple ordre de superposition et ne sont plus en relation avec la nature lithologique ni avec la signification bathymétrique de ces couches. *M*_{2a} correspond en effet à des glaises poldériennes, à des marnes ou à des argiles d'estuaire, de lagune, etc., tandis que *M*_{2b} représente, comme d'habitude, des dépôts sableux.

Cette interprétation différente des signes employés pour la notation des couches non franchement marines s'affirme encore davantage dans le quatrième diagramme que nous rappellerons ici, comme nous l'avons fait pour les précédents :

grav. sable, argile, sable; alternances de sables et de cailloux, glaises et marnes, **grav.**
(faune marine *M*) (faune saumâtre ou fluvio-marine *M'*)

Le premier cycle sédimentaire à faune marine *M* fournira les notations *M*_{1a}, *M*_{1b}, *M*_{1c}, *M*_{1d}; mais les alternances caillouteuses et sableuses du dépôt d'estuaire ou saumâtre qui suit, pourront être représentées soit par une seule lettre *M*_{2a}, si l'on n'a en vue que l'horizon qu'elles indiquent, soit par les lettres *M*_{2a}, *M*_{2b}, *M*_{2c}, *M*_{2d}, *M*_{2e}, *M*_{2f}, si, dans des coupes locales, ces alternances, bien développées, requièrent, lit par lit, des annotations spéciales. Dans le premier cas, le niveau des glaises et des marnes formera l'horizon *M*_{2b}; dans le second, ce sera l'horizon *M*_{2g}. On voit donc, nous le répétons encore que, dans le cas de couches non franchement marines, les lettres *a, b, c, d, e*, etc., ne représentent plus qu'un simple numérotage et n'éveillent plus en rien l'idée chronologique qu'elles impliquent dans le classement des dépôts marins d'un étage déterminé.

La formule ci-dessus rappelée sera représentée par les notations suivantes :

$$\begin{array}{ccc} M_{1a}, M_{1b}, M_{1c}, M_{1d}, M_{2a}, M_{2b} & \text{ou bien} & M_{2a}, M_{2b}, M_{2c}, M_{2d}, M_{2e} \\ (faune\ marine\ M) & & (faune\ fluvio-marine\ M') \end{array}$$

Continuant la revue des diverses séries sédimentaires diagrammatisées tantôt, nous arrivons à la dernière :

$$\begin{array}{ccc} \textbf{gravier}, \text{sable}, \text{sable argileux fin}, \text{sable}, \textbf{gravier}, \text{sable}, \text{argile}, \textbf{gravier}, \text{sable}, \textbf{gravier} \\ (faune\ marine\ M) & & (faune\ marine\ N) \quad (faune\ marine\ O) \end{array}$$

Dans le premier cycle le terme argile manque et se trouve remplacé par un « sable argileux fin. » Nous avons dit tantôt que des sédiments fins, autres que des argiles, peuvent jouer le même rôle, en ce sens qu'ils indiquent généralement des centres de dépression où se sont accumulés les sédiments les plus ténus, à l'abri des agitations littorales, etc. C'est à l'observateur à juger de la valeur et de l'importance de ce dépôt pris comme terme stratigraphique distinct; mais, dans la plupart des cas, ce sont précisément des sables argileux fins, homogènes et uniformes, ou bien plus argileux par places avec faune *in situ* à facies non littoral, qui correspondent au terme *c* de la formule ou du cycle sédimentaire. Les niveaux franchement argileux existent souvent, il est vrai, pour représenter *c*; mais c'est à tort que l'on généraliserait trop rigoureusement cette appréciation de la nature du facies lithologique du terme *c* de la formule typique. La notation du premier cycle sera donc *Ma*, *Mb*, *Mc*, *Md*.

Si nous passons maintenant aux deuxième et troisième cycles de la série ci-dessus, nous voyons que les niveaux supérieurs manquent soit par dénudation, comme nous l'avons dit tantôt, soit par le fait de phénomènes postérieurs à la sédimentation des termes existants et qui ont empêché le développement normal et symétrique du cycle. On établira les notations comme précédemment en ne tenant compte naturellement que des termes conservés.

Si ce n'était pas par dénudation ou par ablation postérieure que, dans le troisième cycle de la formule ci-dessus, les sédiments de cet étage se trouvaient restreints à une masse sableuse reposant sur un gravier de base, alors on retomberait dans l'un des cas exposés pour le second cycle de notre première succession et l'on établirait

les notations en conséquence. Laissant de côté ce cas spécial, les notations des divers cycles de notre dernière série seront :

Ma, Mb, Mc, Md, Na, Nb, Nc, Oa, Ob, etc.
(faune marine M) (faune marine N) (faune marine O)

Les exemples qui précèdent sont suffisants, croyons-nous, pour donner une idée exacte de ce système de notation, qui est plus simple et plus facile à appliquer qu'on pourrait le croire au premier abord.

La parenthèse (), dont l'usage a été indiqué plus haut, lorsqu'il s'agissait de désigner des formations littorales (*bd*) de signification spéciale, peut aussi s'employer pour chacune des lettres de la formule, considérée isolément. On y aura recours lorsque, nonobstant une signification bathymétrique correspondant à l'un des termes de la formule, la caractéristique lithologique du dépôt s'éloigne, dans une certaine mesure, du type sédimentaire équivalent. Certaines formations représentant un maximum de dépression et correspondant théoriquement au terme *c* peuvent, dans une région donnée, être constituées par une roche calcaire : sable ou tuffeau, par exemple, qu'il sera souvent utile de distinguer du *c* type, argileux ou limoneux en d'autres régions du bassin. Certaines de ces formations peuvent encore être constituées — par suite de l'insuffisance de la profondeur absolue — par des sables, bien distincts d'ailleurs de ceux des termes adjacents *b* et *d*, mais par contre non assez argileux pour se rapporter nettement au type *c*.

Dans les deux cas précités, la notation (*c*) rendra à la fois compte de la signification et de la position relative du dépôt dans le cycle sédimentaire et de l'existence de caractères spéciaux ou aberrants, utiles à noter, surtout lorsque les formations en question offrent un certain développement vertical ou horizontal dans l'ensemble du bassin.

Des cas analogues peuvent se présenter pour les termes *a*, *b* et *d*.

Nous avons déjà vu, par exemple, qu'une grande activité sédimentaire littorale, coïncidant avec un mouvement faible mais continu d'immersion, peut donner naissance, en certaines régions extrêmes d'un bassin, à des accumulations considérables de sédiments grossiers : cailloux, cordons littoraux de débris coquilliers et autres, sables grossiers ou graveleux, le tout disposé en récurrences variables, formant des dépôts épais quoique exclusivement littoraux. La masse tout entière de ces dépôts recevra alors la nota-

tion (*a*) et pourra correspondre stratigraphiquement à un mince lit caillouteux *a*, visible en d'autres régions littorales du même bassin.

Les facies spéciaux et les niveaux secondaires que l'on se trouvera parfois amené à reconnaître au sein des horizons *b*, *c* et *d* des formations marines, ou bien parmi les subdivisions des dépôts continentaux, lacustres ou fluvio-marins, pourront se distinguer aisément à l'aide des lettres grecques α , β , γ , placées à la suite des notations précédemment indiquées.

Enfin, lorsque l'étude de certains niveaux n'a pu faire découvrir leurs relations chronologiques, ou bien encore si leur mode spécial de formation, chimique ou autre, n'éveille l'idée d'aucun rapport de superposition ou de comparaison d'âge, ces dépôts indéterminés seront désignés par les lettres *m*, *n*, *o*, *p* et suivantes, remplaçant les termes chronologiquement classés *a*, *b*, *c*, *d* de la formule type du cycle sédimentaire.

Afin de ne point trop compliquer les formules de notation, on fera un usage aussi strictement limité que possible des signes accessoires : parenthèses et lettres grecques; mais on n'oubliera pas que, grâce à leur emploi, il sera toujours aisé de distinguer nettement tous les dépôts ou niveaux quelconques, dont la présence, fût-elle seulement régionale ou locale, peut offrir quelque intérêt au stratigraphe, ou bien acquiert une portée industrielle ou économique quelconque.

Est-ce à dire, parce que nous préconisons ce système de classification et de notation graphique et parce que le Service de la Carte géologique détaillée du royaume compte l'utiliser dans ses travaux relatifs aux terrains horizontaux de la Belgique, qu'il puisse s'appliquer indistinctement à toutes les régions, à toutes les séries de dépôts d'allures analogues?

Nous ne le prétendons nullement et nous reconnaissons même que dans certains bassins, tels, par exemple, que ceux de Paris, de Mayence et de l'île de Wight, où l'élément saumâtre ou fluvio-marin joue un rôle si prépondérant dans la géogénie de certains dépôts tertiaires, le classement de ceux-ci ne tirera que rarement profit de l'application des vues qui viennent d'être exposées. Par contre, il y a tout avantage à utiliser ce mode uniforme et rationnel de classification et de notation dans des régions, telles que le bassin tertiaire belge, par exemple, qui se montrent composées

d'une série de dépôts presque constamment marins et littoraux ou rarement profonds, qui offrent une succession de lignes de rivages n'ayant pas quitté une aire relativement restreinte.

Quelques mots encore pour préciser certains autres des avantages que présente le système qui vient d'être exposé.

Ce mode uniforme de notation, basé sur la signification bathymétrique des divers dépôts de l'étage ou cycle sédimentaire, permet, au simple vu ou énoncé de la formule appliquée à un dépôt marin, de se faire une idée exacte de la nature et de l'aspect du dépôt, de sa position précise parmi les sédiments de l'étage ou unité stratigraphique et d'établir sa signification géogénique relativement à des dépôts d'autres étages.

Si une exploration incomplète ou insuffisante d'un bassin donné n'avait pas permis de faire connaître et de classer immédiatement tous les termes d'un ou de plusieurs cycles sédimentaires; si, dans la région étudiée, des dénudations ou d'autres circonstances en avaient fait disparaître les représentants, les notations primitivement établies ne devraient point être modifiées par le fait de recherches postérieures, plus complètes ou plus étendues. En effet, les notations devant caractériser les facies non observés primitivement auront été réservées et peuvent toujours s'adjoindre à celles déjà établies, sans qu'il en puisse résulter de trouble ni de modifications dans ce qui aura été rationnellement établi à l'origine. Tel ne peut être le cas naturellement avec les notations : lettres ou chiffres, représentant un simple numérotage par superposition. Toute intercalation postérieure modifie alors la série et exige des remaniements parfois très préjudiciables, surtout dans les travaux ayant la portée d'un levé géologique détaillé s'étendant à un territoire considérable.

Dans le système proposé, le nom ou plutôt la *notation abrégée* d'une couche devient une *véritable définition* impliquant tout un ensemble de caractères bathymétriques, lithologiques et fauniques et évoquant par son simple énoncé toute la géogénie du dépôt et déterminant sa signification propre dans le cycle sédimentaire de l'étage auquel il appartient.

Il est encore à remarquer que deux ou plusieurs géologues qui adopteraient ce système avec toutes ses conséquences et qui travailleraient isolément à étudier la constitution géologique d'une contrée donnée, arriveraient, sans aucune entente ni accord préalable, à

classer et à noter d'une manière identique les dépôts faisant l'objet de leurs investigations.

Si l'on récapitule les divers avantages qui viennent d'être exposés, on devra bien reconnaître, pensons-nous, que l'on se trouve ici en possession d'une méthode de classification et de nomenclature homogène et rationnelle dans toutes ses parties. On reconnaîtra aussi que cette méthode, basée sur un principe unique s'appliquant aux divers degrés de division, forme le complément naturel de la méthode taxonomique adoptée par le Service de la Carte.

A la suite de recherches préliminaires étendues, il a été reconnu que ce système de classification et de notation pouvait s'adapter avec facilité et précision aux diverses formations que présentent les terrains horizontaux de notre pays, tout en s'accordant avec les données générales s'appliquant à l'ensemble de la Carte.

Avant de terminer, il conviendra de dire quelques mots d'une base de classification très généralement usitée dans la subdivision des diverses zones d'un étage géologique déterminé; on pourra alors en comparer la portée avec celle qu'implique la méthode qui vient d'être proposée.

Laissant de côté les subdivisions locales ou régionales, fondées sur des faits de superposition, sur des persistances de caractères pétrographiques, etc., ce qui conduit à un simple numérotage sans aucune valeur, nous aborderons immédiatement l'examen de la *zone paléontologique*, fondée sur la présence ou même sur la simple abondance de tel ou tel fossile caractéristique pris comme criterium stratigraphique.

Pour se faire une idée exacte de la valeur de ces zones paléontologiques, il convient de ne pas perdre de vue qu'outre ses divisions naturelles, basées sur la bathymétrie, toute faune contient encore un groupe d'éléments propres ou spéciaux, fournissant sa vraie caractéristique, ainsi qu'un groupe d'éléments à large distribution verticale, c'est-à-dire dont les espèces se retrouvent soit plus haut, soit plus bas dans les séries sédimentaires plus récentes ou plus anciennes, adjacentes et parfois même assez éloignées. Ces éléments fauniques à distribution verticale considérable s'étendent parfois aussi en aires latérales ou géographiques étendues et les espèces en question, bien que remarquables alors par leur abondance, n'ont guère de portée spéciale au point de vue de la caractérisation stratigraphique.

De ce qui précède, il résulte qu'un choix judicieux n'est pas toujours aisé dans l'établissement des horizons caractérisés par la présence ou par l'abondance d'une espèce donnée, prise comme criterium ou point de repère.

Si l'on choisit les espèces les plus spéciales, ce ne seront généralement pas les plus abondantes, et bien souvent le criterium n'est pas applicable, faute de documents locaux ou régionaux. Bien plus, il faut encore compter avec les données éminemment variables de la distribution géographique, avec celles dues aux influences locales, etc., qui tendront alors à fournir des zones auxquelles on attribuerait à tort une portée stratigraphique générale.

Si, au contraire, on choisit les espèces les plus fréquentes, on risque le plus souvent de n'obtenir aucune caractérisation, par suite de l'extension latérale et verticale de la distribution de ces espèces, qui parfois persistent, avec certaines modifications, il est vrai, au travers de deux ou plusieurs cycles sédimentaires.

Enfin, l'on risque de donner à des formes n'ayant qu'une signification purement bathymétrique la même portée qu'à des espèces ayant une valeur stratigraphique plus considérable, et de paralléliser ainsi des formations d'importance très différente.

En résumé, il est des cas où la zone paléontologique fondée sur la présence ou l'abondance d'un fossile donné a une valeur stratigraphique réelle; il en est d'autres où elle n'en a pas. Or, c'est précisément lorsque ce caractère peut être considéré comme un corollaire de notre mode de subdivision en facies bathymétriques que le premier cas se présente. Les facies bathymétriques, en effet, donnent naissance à des associations fauniques que peut souvent caractériser l'un ou l'autre organisme à la fois spécial à la zone et à l'étage; ce sont ces facies bathymétriques qu'il faut alors commencer par définir. Si donc l'établissement des zones paléontologiques, telles que nous les entendons ici, coïncide parfois avec une répartition rationnelle des dépôts formant l'étage ou cycle sédimentaire, c'est par suite d'un choix plus ou moins heureux ou judicieux de l'unité spécifique prise comme criterium.

On conviendra qu'il vaut mieux partir de la base rationnelle dont l'exposé fait l'objet de cette note, sauf à en accepter également les corollaires paléontologiques comme arguments adjuvants que l'on est certain alors de choisir conformément aux données stratigraphiques générales.

Si nous passons aux dépôts fluvio-marins, lacustres ou continentaux, c'est-à-dire dans lesquels les éléments du cycle sédimen-

taire normal font en tout ou en partie défaut, il va de soi que la zone paléontologique reconquiert toute son importance et prend place au premier rang comme criterium stratigraphique.

Les superpositions locales et variables, les caractères pétrographiques eux-mêmes, quelle que soit leur persistance relative, s'effacent devant la définition du dépôt par sa faune, qui se trouve infiniment moins affectée par l'influence du milieu que les éléments de la faune marine. Le groupement et la subdivision des couches peuvent alors s'effectuer d'après les horizons paléontologiques déterminés par l'un ou l'autre de leurs fossiles caractéristiques.

Comme application de notre méthode, nous citerons par exemple l'échelle stratigraphique de l'étage tongrien en Belgique, dont nous avons subdivisé l'assise inférieure marine en quatre horizons *Tg1a*, *Tg1b*, *Tg1c* et *Tg1d* ayant chacun une signification bathymétrique conforme aux formules indiquées tantôt, tandis que l'assise supérieure fluvio-marine, composée dans ses grandes lignes d'une masse argileuse comprise entre deux horizons sableux, a été divisée en : un horizon inférieur *Tg2a* ou du sable de Boutersem à *Cyrena semistrata*, un horizon moyen *Tg2b* ou de la glaise de Henis à *Cytherea incrassata* et un horizon supérieur *Tg2c* ou du sable de Vieux-Jones à *Cerithium plicatum*.

Si l'on voulait appliquer une base paléontologique de distinction aux sédiments de l'assise inférieure marine, on serait, croyons-nous, fort embarrassé de découvrir au milieu de ceux-ci autre chose que la faune de l'*Ostrea ventralabrum*. Les horizons établis par nous dans l'assise inférieure sont cependant bien distincts et demandent, au point de vue de l'étude détaillée, à être nettement séparés les uns des autres.

Cette dernière exigence se produit plus vivement encore au sein de l'étage rupélien. L'assise marine inférieure de celui-ci se compose, comme dans le tongrien, d'un horizon caillouteux *R1a*, d'un horizon sableux *R1b*, d'un horizon argileux *R1c* et d'un horizon sableux *R1d*.

Il est certes utile de rattacher comme corollaire à cette classification que l'étage sableux inférieur ou d'immersion *R1b* est caractérisé par l'abondance du *Pectunculus obovatus* et que l'horizon argileux *R1c* est caractérisé par la *Nucula compta*; mais si l'on se bornait aux seules données paléontologiques, on serait fort en peine de dénommer, d'après ce même système, l'horizon sableux supérieur, où les fossiles manquent complètement.

Comme la superposition de cet horizon sableux *R1d* à l'argile

rupelienne *R1c* n'est pas toujours facile à établir en tous les points du bassin, comme ailleurs encore l'amointrissement latéral du noyau argileux *R1c* est parfois tel que les deux masses sableuses *R1b* et *R1d* arrivent alors en contact et qu'elles offrent d'ailleurs une identité presque complète d'aspect et de caractères lithologiques, on se trouverait fort exposé, en ne tenant compte que du criterium paléontologique, à confondre les niveaux sableux *R1b* et *R1d* en un seul et même horizon, alors que cette conclusion serait absolument contraire à l'observation rationnelle des faits.

Le moindre inconvénient dans ce système serait encore de ne pouvoir, par suite des nombreux niveaux non fossilifères qui s'observent dans les successions de couches, arriver à aucune régularité, à aucune base rationnelle et homogène dans la terminologie sédimentaire.

Nous clôturerons, avec les exemples qui précèdent, les considérations dans lesquelles nous avons cru devoir entrer au sujet des avantages que présente le système taxonomique proposé, avantages qui s'affirmeront surtout dans l'œuvre de la Carte géologique détaillée du royaume, où l'on trouvera réunies toutes les applications de la méthode qui vient d'être exposée.



