

## La pétrologie des terrains tertiaires et quaternaires aux Pays-Bas,

par C.-H. EDELMAN (Wageningen).

Professeur à l'Institut supérieur d'Agronomie,  
Directeur de l'Institut pour la Carte pédologique.

### 1. INTRODUCTION.

Aux Pays-Bas, l'étude minéralogique des sédiments, et plus particulièrement de leur fraction sableuse, est le fait d'une tradition déjà ancienne. Reijgers et Schroeder van der Kolk publient déjà au début du siècle des études intéressantes sur les sédiments hollandais. J. van Baren prolonge cette tradition, tandis que le travail de Druif ouvre la voie à la nouvelle période inaugurée par les recherches d'Edelman et de Doeglas. Dans cette nouvelle période, un nombre considérable d'études ont déjà paru, notamment celles de F. A. van Baren, Baak, Crommelin, Böhmers, Bausch van Bertsbergh, Heertjes, Müller, van Doormaal, Zonneveld et celles moins importantes de plusieurs autres.

Pour ce qui est des Indes néerlandaises, les travaux de Druif, F. A. van Baren et de M<sup>lle</sup> Neeb se sont engagés dans la même voie.

### 2. PRINCIPES DE L'ÉTUDE PETROLOGIQUE DES SABLES.

La pétrologie sédimentaire a pour but la connaissance de la composition des sédiments et des facteurs qui conditionnent celle-ci; cette science aura donc deux tâches, l'une descriptive, l'autre interprétative.

Les sédiments clastiques dont il s'agit n'étant qu'un agrégat plus ou moins durci de grains isolés, la description pétrologique d'un sédiment devra commencer par celle de ses parties constituantes, c'est-à-dire par celle des grains isolés et originels. Aussi les publications touchant les *dimensions* de ces grains tiennent-elles une grande place dans la littérature pétrologique. Cependant, les auteurs néerlandais nommés plus haut ont en outre dirigé leurs efforts dans la détermination de l'*espèce* minérale des grains isolés des sédiments. De ce fait, leur travail est avant tout une description de la composition minéralogique des sédiments sableux et une interprétation de cette composition.

De l'observation au microscope, il ressort que les sables sont constitués d'une proportion considérable de grains de quartz, de quelques pour-cent de grains de feldspath et enfin d'une quantité très faible d'autres minéraux. Autrefois, on désignait ces derniers, sans y attacher plus d'importance, par l'expression *minéraux accessoires*. Mais depuis qu'il est devenu évident que ces minéraux « accessoires » pouvaient être typiques d'un échantillon donné, on a mis au point des méthodes pour isoler cette fraction de minéraux. Il se fait d'ailleurs que ces minéraux « accessoires » se distinguent par un poids spécifique relativement élevé, de telle sorte qu'on peut les séparer des grains de quartz et de feldspath, beaucoup plus abondants, à l'aide d'une liqueur dense, par exemple le bromoforme (poids spécifique : 2,9). C'est la raison pour laquelle, actuellement, on désigne ces minéraux « accessoires » par les termes *minéraux lourds*. C'est par l'étude de ces minéraux lourds, dans laquelle les pétrologues sédimentaires néerlandais ont acquis une précieuse pratique, que la pétrologie sédimentaire moderne a reçu une vigoureuse impulsion.

Afin de pouvoir comparer entre elles les compositions de divers sédiments, il est indispensable de les déterminer suivant une méthode uniforme. La pratique généralement appliquée en Europe occidentale consiste à exprimer l'abondance des divers éléments transparents en pourcentages. Ces derniers sont obtenus par comptage sous le microscope. Les grains opaques (magnétite, ilménite, etc.) dominant souvent dans la fraction lourde, on se contente d'exprimer seulement les pourcentages des divers minéraux transparents, tandis que le pourcentage des grains opaques est compté en bloc dans la fraction lourde. Les tableaux joints à cette note, de même que la plupart de ceux que renferment les publications néerlandaises, sont dressés suivant ce principe.

L'interprétation des résultats obtenus a surtout en vue la recherche de l'origine et de l'histoire des matériaux clastiques qui constituent les fractions sableuses du sédiment. Ce matériel clastique provient toujours, et par définition même, du démantèlement de formations géologiques anciennes. Ce que les continents perdent par érosion continue est redéposé ailleurs par l'action du vent ou de l'eau. Les éléments caractéristiques d'un domaine en voie d'érosion peuvent donc se retrouver dans l'aire de sédimentation. Inversement, des éléments caractéristiques

d'un complexe sédimentaire se retrouveront dans le domaine d'où ils proviennent.

On peut suivre deux principales et différentes méthodes pour étudier les rapports entre les aires d'érosion et de sédimentation. D'abord, on détermine les espèces minérales d'une aire en voie d'érosion pour rechercher si on les retrouve dans des sédiments plus récents. On peut aussi commencer par étudier la composition du sédiment en lui-même en même temps que l'extension des associations minérales; de cette extension on pourra déduire l'origine de ce matériel.

Les chercheurs néerlandais suivent tous cette dernière voie. C'est qu'ils travaillent habituellement au sein d'une vaste étendue sédimentaire, tandis que les aires d'origine de ces sédiments sont fort éloignées. Les méthodes que les Néerlandais mettent en œuvre sont donc éminemment appropriées aux grandes aires sédimentaires de notre territoire naturel. Leur expérience n'est d'ailleurs pas seulement basée sur ce qui a été publié et qui a trait principalement aux territoires des Pays-Bas ou des régions voisines, mais aussi sur des recherches très étendues faites dans les plus importants champs pétrolifères de la terre, là précisément où se trouvent d'énormes paquets de sédiments. Peu de chose encore a été publié au sujet de ces dernières recherches, entreprises principalement par la *Bataafsche Petroleum Maatschappij*, à Amsterdam <sup>(1)</sup>; mais les résultats obtenus confirment ceux qui sont atteints en Hollande dans un but de science pure.

Afin d'évaluer à leur juste valeur les travaux de la science néerlandaise sur le sujet, il est nécessaire de prendre connaissance des quelques idées simples qui forment les fondements de la pétrologie sédimentaire.

Nous définissons une *roche détritique* comme une association de minéraux détritiques et de fragments de roches. En outre, nous désignons par *province pétrologique sédimentaire* un complexe de sédiments qui forme, en extension, une entité naturelle.

Cette unité de composition des sédiments se rattache à la limite avec l'aire d'où le matériel détritique est issu. L'étendue et l'âge de ces aires conditionnent l'extension et l'ancienneté des associations minérales, l'étendue influençant davantage les

---

(1) D. J. DOEGLAS, The importance of heavy mineral analyses for regional sedimentary petrology (*Rep. Comm. Sedim.*, 1939-1940, pp. 102-121, Nat. Res. Council, Washington D. C.).

limites horizontales, et l'âge, les limites verticales des associations. Chaque province pétrologique sédimentaire possède donc sa propre abondance minérale et ses positions géographique, géologique et stratigraphique. Autrement dit, une province pétrographique sédimentaire est donc une association déterminée de minéraux détritiques dans l'espace et dans le temps.

Nous nommons *variations accidentelles*, les fluctuations dans la composition minéralogique qui ont lieu à l'intérieur même d'une province pétrologique déterminée. Ces variations accidentelles peuvent avoir diverses causes. D'abord, la composition en un point purement accidentel peut s'écarter de la composition moyenne de l'ensemble. Il est facile de comprendre qu'aucun sédiment détritique ne peut garder une homogénéité idéale. Plus importants seront ces écarts, plus rarement les rencontrerons-nous. Aussi les observations se rapprochent d'une sorte de moyenne.

De plus, la composition minéralogique est influencée fortement par la grosseur des grains, et ceci est plus manifeste encore en ce qui concerne la fraction lourde. Plusieurs chercheurs ont déployé bien des efforts pour résoudre cette difficulté. Comment les espèces minérales sont-elles distribuées dans les diverses fractions granulométriques ? Il ressort de ces recherches qu'en fait, les diverses fractions d'un sédiment peuvent avoir des compositions disparates. Aussi quelques chercheurs se limitent-ils à l'étude d'une fraction granulométrique seulement, par exemple celle des grains compris entre 50 et 100  $\mu$ . Ce que pourrait donner l'étude des autres fractions est alors perdu. En réalité les fractions grossières et fines d'un sédiment peuvent avoir des origines différentes, ce qui est de la plus grande importance à étudier si l'on veut arriver à une juste compréhension de l'origine du dépôt. D'après l'expérience que nous en avons, l'utilisation de tous les grains de la fraction lourde de dimension supérieure à 50  $\mu$  ne donne lieu à aucune difficulté si l'on prend la peine de prélever un assez grand nombre d'échantillons par unité stratigraphique. C'est, au surplus, une méthode favorable à l'élimination des variations accidentelles.

Dans le même ordre d'idées, on peut aussi étudier l'influence de la grosseur des grains de chaque espèce minérale. Ainsi les grains de zircon sont en général petits; ils seront donc bien plus nombreux dans les parties fines ou dans les sédiments à grains fins d'un complexe déterminé, que dans les grains grossiers. Cette influence va directement à l'encontre de celle

du poids spécifique. Certes, le zircon a un poids spécifique élevé, de telle sorte que les grains de zircon peuvent se sédimenter avec des grains de quartz plus gros. On pourrait s'attendre donc à trouver les grains de zircon plus abondants dans les parties grossières, mais en réalité on trouve de préférence ce minéral dans les parties fines.

Quand on veut saisir une image d'un sédiment en son entier, toutes les aberrations signalées plus haut doivent être considérées comme des *anomalies accidentelles* d'une composition idéale de la formation.

Il est toujours nécessaire cependant de prêter la plus grande attention à ces variations accidentelles, afin d'éviter des difficultés et des confusions possibles; il faut pouvoir les distinguer des variations essentielles dont nous allons parler à l'instant.

Aussi longtemps qu'aucun changement n'intervient pas dans l'afflux du matériel détritique, la composition minéralogique des sédiments peut, sauf les variations accidentelles, rester constante dans toute l'aire d'une province minéralogique. Mais qu'il intervienne un changement réel dans le pays d'origine des sédiments, on commencera à trouver une nouvelle association, laquelle recouvrira l'ancienne par toute une zone de transition. Toutes les observations faites au-dessus de la zone de transition différeront de celles faites au-dessous.

Dans la plupart des publications néerlandaises, ce phénomène est appelé *variation normale*. Une telle variation normale pourra s'étendre sur toute l'aire d'une province; il s'ensuit que les zones de transition qui viennent d'être décrites seront toujours de bons niveaux.

Tout différent des variations normales est un autre type stratigraphique, qu'on peut le mieux comprendre en pensant à ce qui arrive dans une aire de sédimentation lorsque des matériaux sont amenés de deux ou plusieurs directions, chacune pouvant avoir une influence et livrant en fin de compte des produits en mélange. Des variations insignifiantes dans le débit des matériaux transportés, dans la profondeur de la mer, dans la force et la direction des courants marins et d'autres facteurs feront passer un point donné d'une aire de sédimentation de la zone d'influence d'un des courants alimentateurs dans la zone d'influence de l'autre. Un profil pratiqué en un tel point révélera une composition minéralogique chaotique.

L'observation de l'influence de deux ou plusieurs courants d'influx peut se répéter à plusieurs reprises dans un même

profil; il en résulte toujours un zonage alternant dans lequel bien des zones ont une composition minéralogique semblable et sont en fait minéralogiquement identiques. Il peut y avoir

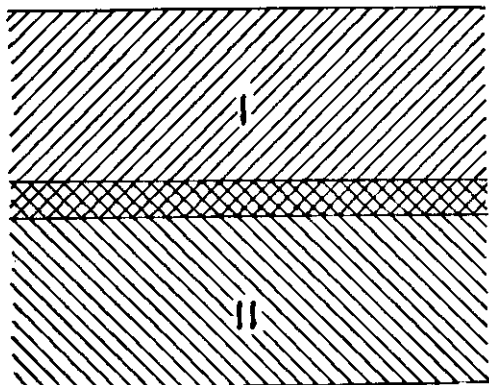


FIG. 1. — Variation normale dans une série sédimentaire.

I. Première association; zone de transition. — II. Deuxième association.

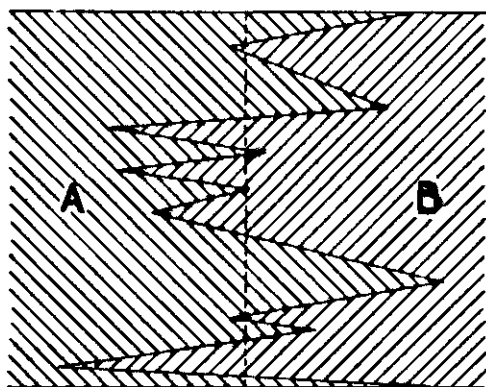


FIG. 2. — Groupement de quelques variations anormales dans une série sédimentaire.

A et B : deux associations de provenance différente.

aussi un mélange d'associations de plusieurs origines dans lequel l'image chaotique des profils peut être moins grande, mais dans lequel les difficultés d'interprétation géologique augmentent. De telles variations causées par l'emboîtement mutuel de deux ou de plusieurs provinces ont donc une tout autre significa-

tion que les variations normales décrites ci-dessus. Nous les appelons *variations anormales*. Dans certaines aires, elles sont très fréquentes. Les limites des provinces peuvent se déplacer largement au cours des temps; aussi les variations anormales se déplaceront-elles aussi.

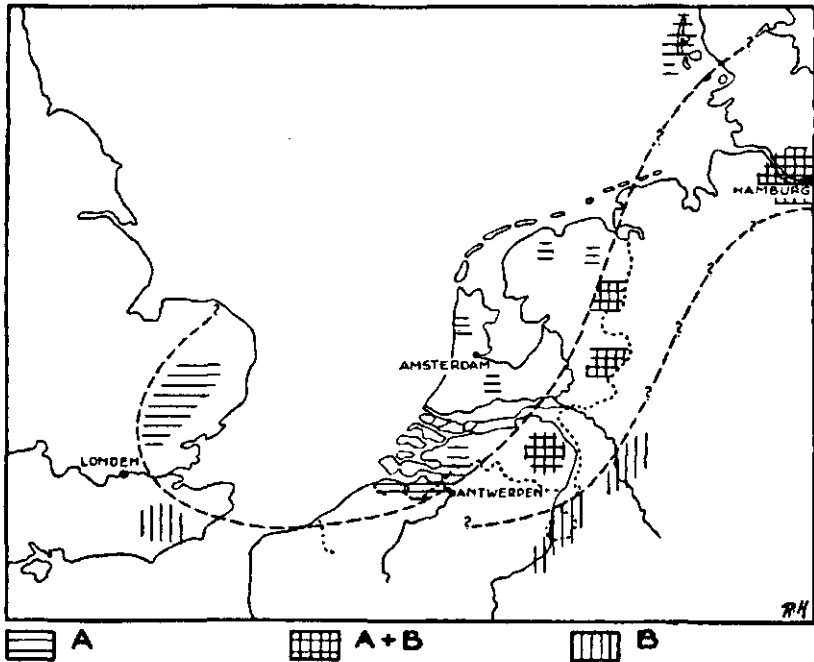


FIG. 3. — Carte schématique, représentant la distribution de la province pétrologique A (fennoscandienne) et de provinces B dans le Néogène de la région de la mer du Nord.

Un exemplaire de profil à variation anormale est donné au tableau 1.

Les sables oligocènes supérieurs ont une composition régulière, à part les variations accidentelles. Le Miocène moyen renferme moins d'épidote, de grenat et de hornblende que l'Oligocène, tandis que le Miocène supérieur révèle la même composition minéralogique que l'Oligocène supérieur. Le Miocène moyen aberrant montre donc une variation anormale au milieu d'une série pétrographique homogène. De recherches régionales sur le tertiaire de l'aire de sédimentation en question, il résulte que cette variation anormale est en rapport avec un apport croissant de sables de rivières méridionales et par

TABEL I. — TABLEAU I.

Coupe pétrologique du forage de Marië (région du Peel), montrant une variation anormale.

20-100 m Miocène supérieur; 100-170 m Miocène moyen; 170-320 m Oligocène supérieur; 320-433 m Oligocène moyen; 433-570 m Eocène inférieur.

Diepte in meters	Opaque	Doorzichtige korrels in onderlinge procentische verhouding — Quantité de grains transparents exprimée en pourcentage													
		Toermalijn Tourmaline	Zirkoon Zircon	Granaat Grenat	Rutil Rutile	Brookiet Brookite	Anataas Anatase	Titaniet Titanite	Stauroliet Staurolithe	Discheen Dischene	Andalusiet Andalousite	Chloritoid Chloritoide	Epidoot Epidote	Amphibolen Amphibole	
63	56	3	43	16	14	.	.	.	4	3	1	.	11	5	
74	67	1	44	20	10	.	3	1	2	1	.	.	17	1	
87	75	2	51	18	14	1	.	2	3	4	.	.	5	.	
94	73	3	45	11	20	.	.	1	13	3	.	.	4	.	
103.50	41	4	56	3	23	.	1	.	4	5	1	.	3	.	
109	36	7	57	2	21	.	1	.	11	1	.	.	.	.	
114	52	4	64	3	21	.	1	.	4	2	1	.	.	.	
131	47	8	44	3	17	1	1	2	9	10	2	.	3	.	
143	62	8	49	11	20	.	.	.	1	1	5	2	.	3	.
153	60	6	52	12	18	.	.	.	6	4	.	.	2	.	
162	53	5	20	43	10	.	.	.	9	6	.	.	7	.	
177	50	3	43	20	20	.	.	.	2	2	.	.	10	.	
184	54	3	27	20	9	.	1	2	4	7	.	.	16	2	
194	66	1	49	28	8	.	.	1	3	2	.	.	7	1	
210	65	3	22	30	10	.	.	5	6	8	.	.	9	7	
223	51	1	45	26	14	.	1	1	1	5	1	1	3	1	
233	72	2	44	17	12	.	.	4	3	7	.	.	5	6	
245	57	2	41	23	15	.	1	2	3	3	.	.	8	2	
257.50	85	1	62	10	9	.	.	2	2	1	.	.	8	5	
261.70	45	4	45	22	7	.	1	1	2	2	.	.	13	3	
278	67	5	44	22	14	2	.	2	5	1	.	.	5	.	
295	56	4	46	17	19	.	.	4	.	.	.	.	10	.	
418	63	12	35	26	17	.	.	2	6	1	.	.	1	.	
423	65	2	48	19	20	2	2	.	4	3	.	.	.	.	
429	49	5	36	40	12	.	.	.	4	3	.	.	.	.	
520	60	1	56	21	17	.	.	.	3	2	.	.	.	.	
547.50	65	6	68	2	19	.	1	2	.	2	.	.	.	.	



une diminution de l'afflux de matériaux marins, lequel afflux influence les rives de la mer du Nord de l'époque. C'est ce qui est représenté à la figure 3.

Les deux causes de différenciation de la composition minéralogique des sédiments détritiques dont nous venons de nous occuper commandent les situations ultérieures, ce que n'ont pas toujours compris certains chercheurs. On trouve ainsi dans la littérature bien des études sur des profils que nous nommerions anormaux et qui ont été expliqués en invoquant des influences diagénétiques qui auraient fait sentir leurs effets davantage dans un horizon que dans l'autre. L'influence de la diagénèse dans les observations que nous avons en vue est vraiment bien minime en regard des causes que nous avons invoquées.

Dans ce qui précède, nous avons presque toujours parlé d'association minérale détritique, sans qu'il soit fait mention des éventuelles différences que présente le problème lorsqu'il s'agit des fractions lourdes ou légères. C'est qu'en effet, il n'y a aucune différence lorsqu'on fait des recherches sur l'association de l'ensemble ou séparément sur des fractions lourdes et légères. Les lois qui commandent des variations accidentelles, normales et anormales sont, en effet, les mêmes. Cependant, dans la grande majorité des cas, l'étude des fractions lourdes donne de meilleurs résultats que celle de la fraction légère, et l'étude en est bien plus rapide. Il n'y a d'ailleurs aucune différence fondamentale entre les deux méthodes, ainsi qu'il est apparu à la suite du travail de F. A. van Baren. Celui-ci a pu retrouver, à l'aide des fractions légères, toutes les distinctions établies par Edelman dans le Quaternaire des Pays-Bas en se basant sur l'étude des fractions lourdes. L'étude systématique des fractions légères est d'ailleurs un travail extrêmement pénible et la plupart des jeunes chercheurs néerlandais ont donné la préférence au travail plus agréable sur des fractions lourdes.

Pour terminer ce paragraphe, nous voudrions compléter cette vue sur la pétrologie sédimentaire en discutant la question du plus banal des constituants des sédiments : le quartz. Le quartz, bien que d'une certaine signification, ne forme pas la partie la plus abondante de l'écorce terrestre. Clarke considère que la proportion moyenne du quartz dans les roches éruptives et métamorphiques s'élève à 15 %, contre 60 % pour les feldspaths. Cette différence de teneur en quartz dans les roches originelles et dans les sédiments sableux peut s'expliquer aisément par sa résistance

chimique. Si cette conception n'est pas incorrecte, elle a besoin cependant d'explication. Des recherches minéralogiques régionales, il ressort toujours que la grande majorité des sédiments proviennent de l'érosion de sédiments plus anciens encore. Ces sédiments plus anciens paraissent eux-mêmes provenir de sédiments encore plus anciens qui peut-être sont déjà dans leur troisième ou quatrième génération depuis les roches cristallines. Nous laisserons de côté la question de savoir si ces roches cristallines ne proviennent pas à leur tour de sédiments encore beaucoup plus anciens. Quoi qu'il en soit, il est bien établi que la richesse actuelle des sables en quartz ne résulte pas seulement d'un seul cycle de sédimentation, mais doit être considérée comme *le résultat des différentes mises en œuvre des sédiments à travers toutes les périodes de l'histoire de l'écorce terrestre*. Ainsi, à la pétrologie sédimentaire échoit la tâche de suivre les matériaux détritiques depuis les roches originelles de l'écorce terrestre, à travers toutes les grandes périodes sédimentaires et orogéniques, jusqu'à l'endroit où nous les trouvons aujourd'hui. Ainsi, faudra-t-il s'efforcer d'établir le bilan entre l'érosion et la sédimentation. En résumé, la pétrologie sédimentaire doit s'attendre à reconstituer le livre de l'histoire de la mise en œuvre de notre écorce terrestre. Au sens littéral du mot, la pétrologie sédimentaire devient un chapitre de la géologie. Il est évident que les résultats acquis jusqu'à présent ne sont encore qu'un premier pas vers le but indiqué ici. En regard de la grande tâche ébauchée ici, ce n'est qu'un bien faible travail qui a déjà été fait, mais les résultats obtenus déjà nous autorisent à espérer en la résolution de bien des problèmes.

### 3. LA MÉTHODE D'ÉTUDE.

La méthode de préparation des sédiments qu'on étudie, telle qu'elle est utilisée couramment en Hollande, a déjà été décrite dans des publications néerlandaises et anglaises, mais souvent peu facilement accessibles. Aussi est-il utile de l'exposer succinctement ici.

Dans l'eau contenue dans une coupe émaillée, on dilue, à l'aide d'une cuiller en bois, 25 gr d'un échantillon sableux. Les grains s'étant déposés après quelques minutes, on sépare avec précaution les fines particules flottantes. Cette opération est répétée aussi souvent qu'il est nécessaire pour obtenir une eau parfaitement claire. On récolte de cette façon les grains  $> 20$  à

30 microns. On laisse le résidu pendant quelques heures dans une petite coupelle en porcelaine contenant de l'acide chlorhydrique concentré, afin de dissoudre les carbonates et les hydroxydes de fer. Les fines particules d'hydroxydes en particulier peuvent rendre l'observation microscopique difficile, surtout si l'on a en vue l'étude des fractions légères. Ensuite le sable est lavé à l'eau et à nouveau trituré. Suivra éventuellement un traitement à l'acide nitrique, pour dissoudre la pyrite et les autres sulfures. L'échantillon est alors lavé et trituré une dernière fois. On obtient de cette façon un sable parfaitement pur et débarrassé de tous les corps gênants; il est prêt pour l'emploi ultérieur du bromoforme. Le traitement à l'acide a comme inconvénient de faire perdre certains minéraux peu stables en présence d'acide, tels que l'apatite ou le péridot. Cependant, sans le traitement à l'acide décrit ci-dessus, on ne peut exécuter aucun travail en série sous le microscope.

Au cours des recherches les plus récentes exécutées aux Pays-Bas, la préparation décrite ci-dessus a été remplacée par des méthodes standardisées telles qu'elles ont été appliquées lors des recherches pédologiques. Dans ces méthodes on sépare des fractions granulométriques. Elles représentent un travail plus soigné, mais les résultats scientifiques ne s'écartent pas sensiblement de ceux obtenus auparavant.

L'échantillon lavé est séché et versé dans un entonnoir séparateur contenant du bromoforme. Cet entonnoir diffère de ceux qu'on utilise généralement, en ce qu'il a une paroi à pente plus raide formant un angle d'environ 30° avec la verticale. On remue la solution avec une tige de verre jusqu'à ce que plus aucun grain ne se sédimente. La fraction lourde est recueillie dans une petite coupelle en porcelaine et est lavée à l'alcool. La fraction légère est lavée elle aussi. La solution de lavage est conservée pour pouvoir récupérer le bromoforme. Cela se fait très simplement en secouant la solution de lavage avec de l'eau. De la fraction lourde on fait une préparation au baume du Canada, tandis que la fraction légère est conservée en flacon de verre pour examen microscopique ultérieur.

La méthode décrite ici est bien appropriée pour le travail en série. Ainsi qu'il est dit au début de cette note, il est fort souhaitable d'examiner un grand nombre d'échantillons. Les énormes épaisseurs de certains sédiments mènent forcément à des collections de nombreux échantillons. Le laboratoire de pétro-

logie sédimentaire de la *Bataafsche Petroleum Maatschappij* (Badhuisweg 2, Amsterdam, Noord) est spécialement équipé pour ce genre de recherches en série. Au laboratoire géologique de la *Landbouw Hoogeschool* à Wageningen, on trouve un équipement plus modeste, suffisant cependant pour obtenir au moins de bons résultats au point de vue scientifique.

L'étude sous le microscope de la fraction lourde se réduit à un comptage de grains. On peut organiser ce comptage de deux façons différentes : ou bien on compte tous les grains situés dans une aire arbitrairement choisie, d'où l'on calcule les pourcentages, ou bien on dispose la préparation sous un microscope pourvu d'un réseau et l'on compte tous les grains situés à l'intersection des fils du réseau, en parcourant toute la préparation en zigzag. Le microscope sera équipé en ce cas d'un réseau de fils. Ce comptage *par ligne* a beaucoup d'avantages et est utilisé par tous les chercheurs aux Pays-Bas. L'ordonnance des tableaux où sont rassemblés les résultats des comptages sous le microscope a déjà été exposée au début de cette note.

#### 4. LES RECHERCHES RÉCENTES AUX PAYS-BAS DANS LE DOMAINE DE LA PÉTROLOGIE SÉDIMENTAIRE RÉGIONALE.

En 1938, nous avons publié un résumé de tous les travaux publiés antérieurement sur la pétrologie sédimentaire aux Pays-Bas et dans les régions voisines. Ces recherches anciennes (1932-1937) concernaient le Tertiaire supérieur du bassin de la mer du Nord, les sables pléistocènes originaires de la Fennoscandie et de l'Est, les produits de la Meuse et du Rhin, le Pléistocène le plus récent du centre et de l'Est des Pays-Bas, les alluvions récentes des rivières Meuse et du système du Rhin, le loess, les sables des dunes et de la côte et le sol de la mer du Nord. Pour quelques-unes des questions traitées et rappelées plus haut, de nouvelles lumières ont été mises en évidence ces dernières années et nous voudrions les résumer dans ce qui va suivre.

La pétrologie régionale du bassin tertiaire de la mer du Nord avait déjà été étudiée en 1932 par Edelman et Doeglas. Plus tard, ce travail a été complété par Böhmers, Doeglas et Müller, par plusieurs chercheurs allemands et en Belgique par Tavernier. Les opinions d'Edelman et de Doeglas ont été, pour la plupart, confirmées par les recherches ultérieures, et les conceptions générales se sont enrichies de façon considérable.

Le point essentiel réside dans le grand contraste pétrologique entre deux groupes d'associations minérales; le premier, A, est caractérisé par son abondance en grenat, épidote et amphibole, le second, B, est riche en minéraux métamorphiques : staurotide, disthène, andalousite et sillimanite. L'association A se retrouve exclusivement dans les sédiments marins. Les sédiments continentaux du Sud renferment l'association B, tandis qu'un certain apport en matériel B fait encore sentir son influence dans les sédiments marins. Nous avons fait dériver les sédiments marins à association A de la Fennoscandie. Ce matériel représente la majeure partie de la sédimentation dans le grand bassin, ce qui est en parfait rapport avec la grandeur du continent nordique et avec l'érosion énorme dans cette contrée pendant le Tertiaire. Les masses continentales moins importantes qui encerclaient le bassin par les côtés sud, est et ouest sont responsables de la bande de sédiments continentaux ou littoraux encerclant la grande province A. La plupart de ces provinces de bordure présentent des associations riches en minéraux métamorphiques.

L'état de choses que nous venons d'ébaucher existe depuis le Ludien. Dans le Paléogène la situation se présente moins nette, puisque la province A (Fennoscandie) ne disposait pas encore de la richesse en épidote et en amphiboles qu'elle présentera plus tard. Dans l'Eocène ancien et dans le Paléocène, le bassin de la mer du Nord ne s'exprimait pas encore dans sa configuration prononcée ultérieure.

Des recherches plus récentes ont conduit d'abord à une division de la province A. Dans le Nord des Pays-Bas, le Néogène se montre extrêmement riche en amphiboles. Il y a donc lieu de distinguer une province A-amphibole.

En Allemagne, dans les Pays-Bas, de même qu'en Belgique, des associations riches en grenat ont été trouvées dans les sédiments continentaux et épicontinentaux de la zone de bordure, ce qui a donné naissance à une ou plusieurs provinces B-grenat.

Aujourd'hui nous connaissons donc, à partir du Ludien, les associations suivantes :

- A (exclusivement marine);
- A-amphibole (exclusivement marine, centre du bassin);
- B-Limbourg (continentale, une certaine influence marine);
- B-grenat (continentale, une certaine influence marine).

Les oscillations de la ligne de rivage de la mer pendant la

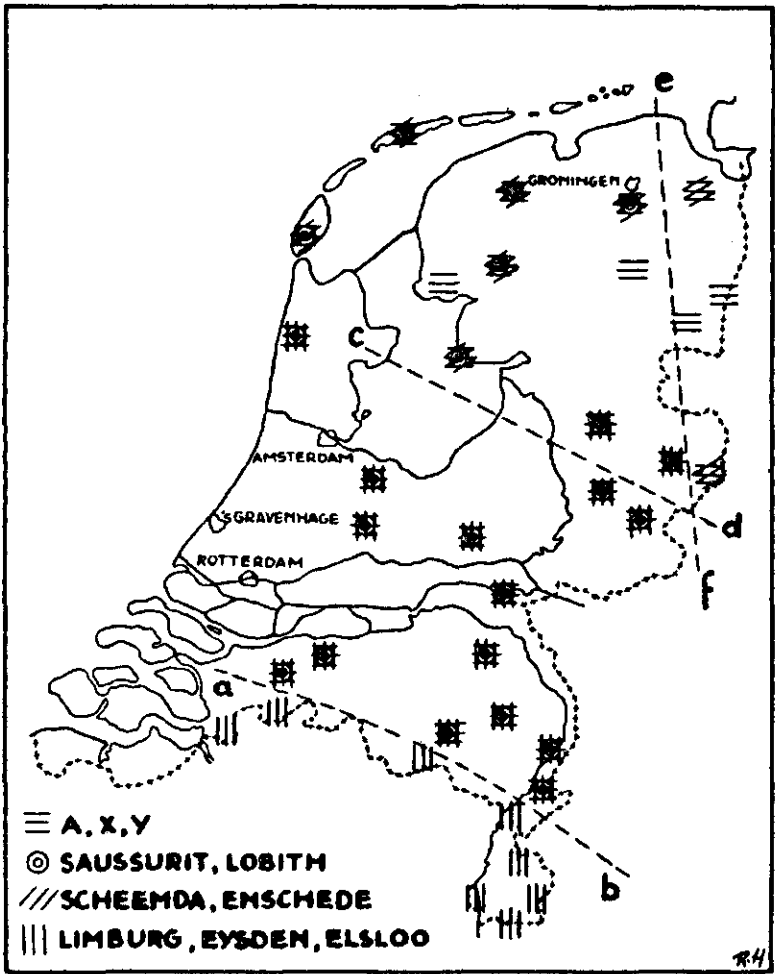


FIG. 4. — Carte schématique, montrant la distribution des provinces pétrologiques dans le Quaternaire des Pays-Bas.

période traitée se reflètent nettement dans les associations minérales et spécialement dans la région du Peel.

Dans le *Quaternaire* des Pays-Bas nous discernons dix associations, dont *trois nordiques* :

A (identique à l'A néogène);

X, Y (associations nordiques spéciales de moindre importance)

et *deux orientales* :

B-Scheemda;

B-Enschede.

Ces sables sont apportés dans les Pays-Bas par les rivières de l'Allemagne moyenne, qui ont été poussées vers l'Ouest par l'inlandsis. Surtout la province Enschede, caractérisée par sa teneur en topaze, est caractéristique. Cette topaze doit être originaire de Saxe et appartient aux éléments habituels de l'Elbe et du Weser.

Deux associations ont été définies pour les *sédiments du Rhin* :

- B-Saussurite;
- B-Lobith.

L'association Lobith se distingue de l'association saussurite par la présence de minéraux volcaniques typiques, notamment l'augite basaltique, la hornblende basaltique, la titanite. Cette association s'est développée de la province Saussurite dans le Quaternaire supérieur.

Les trois autres associations ressortissent aux *terrasses de la Meuse* :

- B-Limbourg (terrasses supérieures, continuation du Tertiaire continental);
- B-Elsloo (terrasses moyennes de la Meuse);
- B-Eysden (basse terrasse et Holocène).

Par des recherches de Zonneveld, dont les résultats sont sous presse, une nouvelle association importante doit être ajoutée à l'ensemble des dix associations discutées. Du rapport de cet auteur, paru dans ce volume, ressort la direction de ces études.

Il ne faut point en conclure que tous les sables néerlandais appartiennent simplement à une des dix catégories citées; la plupart, au contraire, sont produits par le mélange de plusieurs des associations primitives définies ci-dessus.

La connaissance de ces associations minéralogiques a déjà contribué à l'éclaircissement de plusieurs questions géologiques, notamment à l'étude du fond de la mer du Nord, du lœss, des sables de couverture, des mers lagunaires (« wadden »), du Pléistocène de l'Est des Pays-Bas. A vrai dire, on peut considérer la pétrologie sédimentaire moderne comme une méthode géologique tout à fait normale. Aux Pays-Bas cette opinion s'est peu à peu consolidée, preuve d'un intérêt persistant de la part de la génération nouvelle.

TABEL II. — TABLEAU II.

Compositions minéralogiques des provinces pétrologiques du Quaternaire des Pays-Bas.

Naam der provincie — Nom de la province	Opaaik Opaque	Toermalijn Tourmaline	Zirkoon Zircon	Graanaat Grenat	Rutiel Rutile	Anataas Anatase	Brookiet Brookite	Titaniet Titanite	Stauroliet Staurolith	Distheen Disthène	Andalusiet Andalousite	Sillimaniet Sillimanite	Chloritoid Chloritoïde	Topaas Topaze	Epidoot Épidote	Sausuriet Sausurite	Amfibolen Amphibole	Augiet Augite	Hypertheen Hypersthène	Chloropiet Chloropite
A . . . . .	25	2	8	31	2	.	.	1	2	1	.	.	.	.	27	1	24	1	.	1
X . . . . .	35	3	15	4	12	.	.	1	1	4	2	.	.	.	54	1	3	.	.	.
Y (*) . . . . .	30	3	10	12	3	.	.	25	1	1	1	.	.	.	34	.	10	.	.	.
Limburg . . . . .	50	30	20	.	15	1	1	1	15	9	6	1	1	.	.	.	.	.	.	.
Elsloo (s.s.) . . . . .	60	10	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	20	.	1	3	50	.	.	.
Eysden . . . . .	50	15	20	20	4	.	.	.	5	3	2	.	26	.	1	3	1	.	.	.
Sausuriet . . . . .	10	2	4	3	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	20	40	7	20	.	1
Lobith . . . . .	10	2	1	4	.	.	.	3	3	1	1	.	.	.	4	10	20	50	2	.
Enschede (*) . . . . .	50	7	17	13	2	.	.	.	13	7	2	3	.	6	27	1	2	.	.	.
Scheemda . . . . .	55	25	8	1	12	1	1	.	16	20	6	9	1	.	.	.	.	.	.	.

(\*) Vermoedelijk niet geheel zuiver. — Probablement pas tout à fait pur.

**Progrès dans d'autres domaines de la Pétrologie sédimentaire  
aux Pays-Bas.**

Si le développement de la pétrologie sédimentaire aux Pays-Bas durant les années 1932-1940 fut surtout dirigé dans le sens indiqué plus haut, c'est-à-dire vers l'étude des sables, dans les dernières années des progrès sensibles ont été réalisés dans d'autres domaines de la pétrologie sédimentaire. Crommelin s'est occupé principalement des *fractions les plus fines*, mais encore microscopiques, tandis que Doeglas a développé des vues nouvelles sur le terrain de la *granulométrie*. L'étude des *gravier*s a été entamée par Van Straaten. Ces trois chercheurs ont communiqué des résumés de leurs résultats dans ce même volume.

Des recherches sur la fraction *argileuse* se poursuivent égale-



ment depuis des années à Wageningen. Bien que le moment propice à la description complète d'un sédiment ne soit certes pas encore arrivé, la question retient tout de même l'attention spéciale des chercheurs néerlandais. Après l'ère de l'analyse, il nous faut tâcher d'aboutir à la synthèse qui permettra de fixer à tout sédiment sa propre place dans l'évolution géologique et pétrologique.

#### BIBLIOGRAPHIE.

##### Littérature néerlandaise récente touchant la Pétrologie sédimentaire.

- BAUSCH VAN BERTSBERGH, J. W., 1940, Richtungen der Sedimentation in der Rheinischen Geosyncline (*Geol. Rundschau*, 31, 328-364).
- DOEGLAS, D. J., 1940, The importance of heavy mineral analyses for regional sedimentary petrology (*U. S. A. Nat. Research Council. Rep. Sedimentation*).
- 1944, Sediment-petrologisch onderzoek van boommonsters, afkomstig van boringen in Noord-Nederland (*Geologie en Mijnbouw*, 6, 9-11).
- DOORMAAL, J. C. (VAN), 1945, Onderzoekingen betreffende de lössgronden van Zuid-Limburg (*Diss., Wageningen*).
- HEERTJES, N., 1942, Petrological investigations of the coalmeasures sediments of South-Limburg (the Netherlands) (*Med. Geol. Stichting, Serie C-II-2, n° 1*).
- MULLER, J. E., 1943, Sediment-petrologie van het dekgebergte in Limburg (*Ibidem, Serie C-II-2, n° 2*).
- VALK, W., Sediment-Petrologie van het Perm en de Trias in de ondergrond van Nederland (*Med. behorende bij het Jaarversl. 1942-1943 Geol. Stichting*).
- ZONNEVELD, J. I. S., Thèse, Leiden (sous presse).

##### La littérature plus ancienne est reprise dans :

- EDELMAN, C. H., 1938, Ergebnisse der sedimentpetrologischen Forschung in den Niederlanden und angrenzenden Gebieten (1933-1937) (*Geol. Rundschau*, 29, 223-271).
- 1938, Samenvatting van de resultaten van vijf jaar sedimentpetrologisch onderzoek in Nederland en aangrenzende gebieden (*Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 55, 397-431*).