CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES

SUR L'ORIGINE

DU ZAND-DILUVIUM, DU SABLE CAMPINIEN

ET

DES DUNES MARITIMES DES PAYS-BAS,

PAR

T. C. WINKLER.

Extrait des Archives du Musée Teyler, T. V.

HAARLEM — LES HÉRITIERS LOOSJES
1878.

R. qu.
772

R. Hetnal
4° 772

Feb 1879 N° 3.

PLIC

CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES

SUR L'ORIGINE

DU ZAND-DILUVIUM, DU SABLE CAMPINIEN

ET

DES DUNES MARITIMES DES PAYS-BAS,

PAR

T. C. WINKLER

Docteur ès-sciences ; Correspondant étranger de la Société géologique de Londres ; Membre de la Société hollandaise des Sciences à Haarlem ; Membre de la Société des Arts et des Sciences à Utrecht ; Membre de la Société de Médicine, de Chirurgie et de Physique à Amsterdam ; Membre de la Société batave de Philosophie à Rotterdam ; Membre correspondant de la Société malacologique belge à Bruxelles ; Membre correspondant de la Société zoologique argentine à Cordoba, Rép. Argentine ; Membre correspondant de la Société des naturalistes à Emden ; Membre honoraire de la Société zoologique néerlandaise à Rotterdam ; Membre de la Société de Littérature néerlandaise à Leyde ; Membre correspondant de la Société Isis à Dresde ; Membre honoraire de la Société zoologique royale Natura Artis Magistra à Amsterdam ; Membre de la Société zélandaise des Sciences ; Membre correspondant de la Société des Naturalistes à Mecklenbourg ; Membre de la Société paléontologique suisse ; Membre correspondant de la Société géologique de Belgique ; Conservateur au Musée Teyler à Haarlem.

HAARLEM — LES HÉRITIERS LOOSJES
1878.

Au congrès géologique international qui a été tenu à Paris en Août 1878, j'ai lu un mémoire sur l'origine et l'identité de provenance de trois dépôts de sable, qui constituent une partie considérable du sol de la Néerlande et de la Belgique. Il va sans dire que, à ce congrès, j'ai été forcé d'être aussi bref que possible, de peur de fatiguer l'attention des géologues distingués qui me faisaient l'honneur d'écouter les idées que je soumis à leur jugement éclairé, et surtout de peur d'abuser de leur bienveillance. J'ai cru être utile à la science en traîtant à présent plus amplement une question géologique très intéressante pour quiconque s'occupe de l'étude du sol de la Néerlande, savoir, sur l'origine et l'identité d âge et de provenance des dépôts de sable qu'on appelle: 1°. le *zand-diluvium* de Staring, 2°. le sable campinien de Dumont, et 3°. les dunes maritimes des Pays-Bas.

J'ai été porté surtout à publier mon opinion sur l'origine des trois dépôts de sable nommés ci-dessus, parce que je n'ai pas pu trouver une notion précise sur leur origine dans aucun des travaux des géologues belges, comme Omalius d'Halloy, Dumont, Dewalque, Dupont, Mourlon et autres, ni dans ceux du géologue néerlandais Staring. Au contraire, le grand savant, dont nous regrettons la perte récente, feu le Dr. Staring, ne dit, en parlant des dépôts de sable quartzeux, auxquels il donna le nom de *zand-diluvium* [1]) que „leur origine doit être cherchée dans l'action de la pluie et de la gelée sur les masses de sable graveleux, qui formaient le sol de notre pays dans l'époque diluvienne".

[1]) Staring, De Bodem van Nederland T. II, p. 114.

M. Dewalque, en décrivant le sable campinien, ne dit rien de son origine, mais en parlant des dunes terrestres qui se trouvent dans la Campine et qui forment une partie du sable campinien, ce savant dit [1]: „l'époque et le mode de leur formation ne sont pas encore suffisamment connus".

Avant de répondre à la question que nous venons de poser, savoir: quelle est l'origine du zand-diluvium, du sable campinien et des dunes du littoral des Pays-Bas, il sera urgent de jeter un coup d'œil sur les différents dépôts diluviens de notre pays.

[1]) DEWALQUE, Prodrome, p. 259.

DU DILUVIUM NÉERLANDAIS EN GÉNÉRAL.

Le sol de la Néerlande a, d'après les données du cadastre en 1860, une surface de 3283998 hectares. M. le Dr. Hartogh Heys van Zouteveen, à l'aide du planimètre polaire d'Amsler a relevé les différentes parties de la carte géologique des Pays-Bas de Staring, afin de pouvoir donner un état approximatif du nombre d'hectares qu'occupent à la surface du sol les dépôts des diverses formations géologiques [1]). D'après ces mesures 1338745 hectares sont composés de dépôts diluviens, qui constituent la superficie ou qui sont recouverts d'une couche mince d'alluvions fluviatiles ou rivulaires, de tourbières hautes, de terres végétales, etc. Le savant sus-nommé n'a pas ajouté à ce total les nombres fournis par les sables mouvants (72525 hectares) et les dunes maritimes (93580 hectares); il a placé ces dépôts parmi les formations du temps actuel. Nous verrons plus tard que ces dépôts doivent être rangés parmi les formations diluviennes, et alors il résulte des données de notre auteur que les terrains diluviens de la Néerlande occupent une superficie de 1504850 hectares. Par conséquent presque la moitié de notre pays est composée de formations diluviales. Une ligne tirée à une distance d'environ 45 kilomètres des côtes de la mer du Nord, désignera à peu près la ligne de démarcation entre les dépôts diluviens et les alluvions modernes, si l'on ne prend pas en considération quelques points diluviens isolés, comme les îles Ameland, Terschelling, Tessel, Wieringen, le promontoire au sud-ouest de la Frise, nommé le Roode klif près de Stavoren, etc. Dans la partie orientale et méridionale du pays le diluvium néerlandais dépasse partout les frontières politiques, de manière à former proprement dit les prolongements ou les terminaisons occidentaux et septentrionaux des dépôts diluviens de l'Allemagne et de la Belgique.

---

[1]) Archives néerlandaises des sciences, T. IV.

Un simple coup d'œil sur le diluvium néerlandais apprend déjà que tous ces dépôts ne sont pas identiques et qu'ils doivent avoir eu une origine différente. Il paraît certain que toutes ces masses de sable, d'argile, de gravier, de cailloux, etc. se distinguent tellement l'une de l'autre, que l'on est forcé d'y voir des divisions tranchées. On sait que le fondateur de la géologie des Pays-Bas, Staring, a proposé en 1853 [1]) de diviser les dépôts diluviens de notre pays en quatre sections, auxquelles il donna les noms de:

1°. Diluvium de la Meuse,
2°. Diluvium du Rhin,
3°. Diluvium scandinavien,
4°. Diluvium de Munsterland.

On sait de même que le géologue que nous venons de citer, a divisé en 1860 [2]) les dépôts du diluvium néerlandais en trois catégories principales, savoir:

1°. Diluvium sableux, *zand-diluvium*,
2°. *Loess* ou limon,
3°. Diluvium graveleux, *grint-diluvium*,

et qu'il a ensuite établi pour cette dernière catégorie les sections suivantes:

1°. Le diluvium scandinavien,
2°. Le diluvium entremêlé,
3°. Le diluvium du Rhin,
4°. Le diluvium de la Meuse,
5°. des dépôts diluviens locaux dans la Belgique, dans le Limbourg et au Rhin.

Ces dénominations expriment parfaitement l'origine de ces dépôts, c'est-à-dire que le premier a été transporté du nord, le troisième de l'orient, le quatrième du midi. La deuxième dénomination fait connaître que ce dépôt consiste en un mélange de matières provenues des trois sections précédentes, tandis que la cinquième caractérise les masses qui constituent cette section comme étant identiques à des dépôts analogiques dans la Belgique, dans le Limbourg et le long du Rhin.

Par mes nombreux entretiens sur cette matière avec ce grand maître si regretté, j'ai acquis la conviction que depuis l'édition du *Bodem van Nederland* en 1860, les idées de Staring sur notre diluvium se sont modifiées

---

[1]) STARING, Handl. Paviljoen Haarl. p. 55.
[2]) STARING, De Bodem van Nederland. T. II, p. 54.

considérablement, de sorte que je prends à présent la liberté de proposer la répartition suivante des dépôts diluviens de la Néerlande:

1°. Le diluvium septentrional,
2°. " oriental,
3°. " méridional,
4°. " entremêlé,
5°. " remanié.

Les raisons qui m'ont porté à proposer cette division et ces dénominations, ressortiront des considérations sur ces dépôts que je soumets ici au jugement des géologues. Pour faciliter l'étude de notre diluvium, j'ai dessiné une carte théorétique ou partiellement idéale des Pays-Bas aux derniers temps de l'époque diluvienne ou glaciaire, avant la déposition des alluvions qui constituent un peu plus que la moitié de notre pays. Sur cette carte les parties de notre pays laissées en blanc sont celles où l'on trouve actuellement des dépôts d'origine moderne ou l'alluvium: dans l'époque glaciaire les endroits blancs n'existaient pas encore, ils étaient encore ensevelis sous les eaux de la mer qui, dans ces jours, baignait au midi les côtes tertiaires de la Belgique et à l'orient celles de la Westphalie. Les parties teintées pourpre représentent 1°. les roches tertiaires des environs de Bentheim qui dépassent en deux endroits la frontière orientale de la Néerlande, savoir dans la Gueldre et dans l'Overyssel, et 2°. les terrains crétacés des environs de Maestricht. Les autres teintes représentent les endroits où le sol est composé de dépôts diluviens, et dont on trouve l'explication au bas de la carte. Notons cependant que la dénomination de carte idéale ou théorétique que j'ai donnée à ma carte, a surtout rapport aux dépôts teintés rose, ceux du diluvium remanié. Je n'ai indiqué de ces dépôts que quelques-uns des plus considérables, car si j'avais voulu faire une représentation de tous les endroits où l'on trouve le diluvium remanié, sans doute la partie teintée de ma carte serait devenue à peu près uniformément de couleur rose, parce que ce diluvium recouvre en nappe mince à peu près partout tous les autres dépôts diluviens: une foule de petits lambeaux de ce diluvium remanié n'ont pas été représentés sur ma carte.

Partout dans le diluvium la masse principale est formée de sable. Ce sable consiste en des grains de quartz, la plupart arrondis ou émoussés, passant de grains presque impalpables jusqu'à des grains gros. En général sa couleur est jaune-brunâtre de chaque nuance; il est d'un blanc pur surtout au voisinage de lits d'argile dans le diluvium oriental

et entremêlé, d'un brun de café à la surface s'il a pris de l'oxyde de fer par la végétation, et d'un gris clair s'il est mêlé de matières végétales. On rencontre très rarement dans le sable des paillettes de mica. Il n'y a point de différence marquée ni dans la composition, ni dans la couleur, ni dans le volume des grains de sable des divisions différentes de notre diluvium. Toutefois une étude approfondie du sable nous ferait observer sans doute bien des différences, parce que l'origine du sable de notre diluvium septentrional se trouve dans les quartz de granites et de roches siluriennes, celle du diluvium oriental et méridional dans les grès des formations dévonienne, carbonifère et tertiaire, tandis que dans le diluvium entremêlé et surtout dans le diluvium remanié on doit rencontrer un mélange de grains de sable provenus de ces trois sources. Dans le diluvium septentrional on observe une quantité plus grande de silex que dans les autres dépôts. Dans cette même division l'on trouve des lits et des rognons d'argile communément assez pure, tandisque l'argile qui se trouve dans les autres divisions, soit en lits, en bancs, en rognons, soit mêlée au sable, est en général mêlée d'autres substances, de manière à former du limon plus ou moins pur.

DU DILUVIUM SEPTENTRIONAL.

Le diluvium septentrional se trouve particulièrement au nord-est de notre pays. Il forme la partie orientale de la province de Groningue, la province de Drenthe entière, l'est de la Frise, s'étendant vers le nord jusqu'à la ville de Dockum, le promontoire au sud-ouest de cette dernière province, le Roode klif avec le Gaasterland, et ensuite les îles dans le Zuiderzée, et sans doute aussi les noyaux des îles Ameland, Terschelling, Tessel qui sont séparées du continent par les Wadden. Voyez sur la carte la teinte brun-clair n°. 1.

Ces dépôts se présentent souvent à la surface comme des rangées de collines basses, ou comme des collines isolées. Les chaînes de collines ont communément une direction du nord-est au sud-ouest; une des plus remarquables de ces collines porte le nom de Hondsrug: la ville de Groningue est bâtie sur son extrémité septentrionale.

Le diluvium septentrional est composé de sable quartzeux avec des cailloux de roches plutoniques, siluriennes, dévoniennes, etc. semblables à ceux qui recouvrent les plaines de l'Allemagne septentrionale. Surtout les granites se présentent ici dans une multitude de variétés. De même on y trouve des blocs ou des rognons calcaires roulés surtout vers le nord, et quelquefois plus bas vers le midi près de la ville de Steenwijk.

Les granites, au contraire, se rencontrent jusqu'à la Betuwe dans la Gueldre, et jusque dans la province d'Utrecht. Plus loin vers le midi, ces roches sont extrêmement rares.

Les grandes quantités d'argile qui s'y trouvent sont aussi caractéristiques pour ces dépôts. Non seulement leur sable est en général très argileux, mais aussi l'on y rencontre souvent des lits et des couches épaisses et larges d'argile pure.

L'argile y est disposée en bancs ou en rognons, ou elle est mêlée intimement au sable. Aux environs de Winschoten, dans le Hondsrug, dans la Frise et dans la Drenthe, dans l'île d'Urk et dans l'île de Wieringen, la surface du sol est composée de sable, mais le sous-sol est un sable argileux très fertile. Les bancs d'argile contiennent des blocaux et des cailloux roulés analogues à ceux des lits de sable pur et de sable argileux des alentours. Sous la ville de Groningue se trouve un banc d'argile qui a une épaisseur de plus de 25 mètres. A Zuidbroek, à l'est de Groningue, ce banc se rencontre à 5 mètres au dessous de la surface, et ne finit pas encore à 25 mètres plus bas. Comme partout dans notre pays, cette argile est à la surface un limon argileux brun-grisâtre, tandis que plus bas sa couleur est gris-bleuâtre et même quelquefois noirâtre. On l'appelle *potklei*, limon à poteries; elle fournit la matière première pour les fabriques de poteries et pour les briqueteries.

On ne trouve que très peu de marne dans notre diluvium septentrional. A Helpman près de Groningue et dans l'île d'Urk l'on rencontre des lits minces de marne, ou plutôt d'argile calcareuse. Dans le Hondsrug se trouve une assise qui contient huit pour cent de chaux; on rencontre une couche tout à fait semblable à Steenwykerwold. Sans doute ces lits d'argile calcarifère ont leur origine dans une roche calcaire ou crétacée, dont les silex se retrouvent ici en grande quantité. La marne de l'île Urk, observée par M. le prof. Harting d'Utrecht, doit être considérée comme du sable argilo-calcarifère.

Le gravier se présente ici depuis la grosseur de petits pois jusqu'à celle de blocs erratiques, dont quelques-uns doivent avoir une pesanteur de vingt mille kilogrammes. Ces cailloux sont disséminés partout dans le sable; dans quelques endroits on rencontre même des couches entièrement composées de cailloux. A diverses places la masse des cailloux s'est amoindrie considérablement par suite de l'usage assez fréquent que l'on en a fait. En effet, depuis des siècles on vient chercher de ces cailloux dans la plaine pour le pavement des routes dans les villes et les villages: on préfère pour cet usage les cailloux qui ont environ la grosseur du poing. Ensuite on a transporté des blocs plus gros vers

et entremêlé, d'un brun de café à la surface s'il a pris de l'oxyde de fer par la végétation, et d'un gris clair s'il est mêlé de matières végétales. On rencontre très rarement dans le sable des paillettes de mica. Il n'y a point de différence marquée ni dans la composition, ni dans la couleur, ni dans le volume des grains de sable des divisions différentes de notre diluvium. Toutefois une étude approfondie du sable nous ferait observer sans doute bien des différences, parce que l'origine du sable de notre diluvium septentrional se trouve dans les quartz de granites et de roches siluriennes, celle du diluvium oriental et méridional dans les grès des formations dévonienne, carbonifère et tertiaire, tandis que dans le diluvium entremêlé et surtout dans le diluvium remanié on doit rencontrer un mélange de grains de sable provenus de ces trois sources. Dans le diluvium septentrional on observe une quantité plus grande de silex que dans les autres dépôts. Dans cette même division l'on trouve des lits et des rognons d'argile communément assez pure, tandisque l'argile qui se trouve dans les autres divisions, soit en lits, en bancs, en rognons, soit mêlée au sable, est en général mêlée d'autres substances, de manière à former du limon plus ou moins pur.

DU DILUVIUM SEPTENTRIONAL.

Le diluvium septentrional se trouve particulièrement au nord-est de notre pays. Il forme la partie orientale de la province de Groningue, la province de Drenthe entière, l'est de la Frise, s'étendant vers le nord jusqu'à la ville de Dockum, le promontoire au sud-ouest de cette dernière province, le Roode klif avec le Gaasterland, et ensuite les îles dans le Zuiderzée, et sans doute aussi les noyaux des îles Ameland, Terschelling, Tessel qui sont séparées du continent par les Wadden. Voyez sur la carte la teinte brun-clair n°. 1.

Ces dépôts se présentent souvent à la surface comme des rangées de collines basses, ou comme des collines isolées. Les chaînes de collines ont communément une direction du nord-est au sud-ouest; une des plus remarquables de ces collines porte le nom de Hondsrug: la ville de Groningue est bâtie sur son extrémité septentrionale.

Le diluvium septentrional est composé de sable quartzeux avec des cailloux de roches plutoniques, siluriennes, dévoniennes, etc. semblables à ceux qui recouvrent les plaines de l'Allemagne septentrionale. Surtout les granites se présentent ici dans une multitude de variétés. De même on y trouve des blocs ou des rognons calcaires roulés surtout vers le nord, et quelquefois plus bas vers le midi près de la ville de Steenwijk.

Les granites, au contraire, se rencontrent jusqu'à la Betuwe dans la Gueldre, et jusque dans la province d'Utrecht. Plus loin vers le midi, ces roches sont extrêmement rares.

Les grandes quantités d'argile qui s'y trouvent sont aussi caractéristiques pour ces dépôts. Non seulement leur sable est en général très argileux, mais aussi l'on y rencontre souvent des lits et des couches épaisses et larges d'argile pure.

L'argile y est disposée en bancs ou en rognons, ou elle est mêlée intimement au sable. Aux environs de Winschoten, dans le Hondsrug, dans la Frise et dans la Drenthe, dans l'île d'Urk et dans l'île de Wieringen, la surface du sol est composée de sable, mais le sous-sol est un sable argileux très fertile. Les bancs d'argile contiennent des blocaux et des cailloux roulés analogues à ceux des lits de sable pur et de sable argileux des alentours. Sous la ville de Groningue se trouve un banc d'argile qui a une épaisseur de plus de 25 mètres. A Zuidbroek, à l'est de Groningue, ce banc se rencontre à 5 mètres au dessous de la surface, et ne finit pas encore à 25 mètres plus bas. Comme partout dans notre pays, cette argile est à la surface un limon argileux brun-grisâtre, tandis que plus bas sa couleur est gris-bleuâtre et même quelquefois noirâtre. On l'appelle *potklei*, limon à poteries; elle fournit la matière première pour les fabriques de poteries et pour les briqueteries.

On ne trouve que très peu de marne dans notre diluvium septentrional. A Helpman près de Groningue et dans l'île d'Urk l'on rencontre des lits minces de marne, ou plutôt d'argile calcareuse. Dans le Hondsrug se trouve une assise qui contient huit pour cent de chaux; on rencontre une couche tout à fait semblable à Steenwykerwold. Sans doute ces lits d'argile calcarifère ont leur origine dans une roche calcaire ou crétacée, dont les silex se retrouvent ici en grande quantité. La marne de l'île Urk, observée par M. le prof. Harting d'Utrecht, doit être considérée comme du sable argilo-calcarifère.

Le gravier se présente ici depuis la grosseur de petits pois jusqu'à celle de blocs erratiques, dont quelques-uns doivent avoir une pesanteur de vingt mille kilogrammes. Ces cailloux sont disséminés partout dans le sable; dans quelques endroits on rencontre même des couches entièrement composées de cailloux. A diverses places la masse des cailloux s'est amoindrie considérablement par suite de l'usage assez fréquent que l'on en a fait. En effet, depuis des siècles on vient chercher de ces cailloux dans la plaine pour le pavement des routes dans les villes et les villages: on préfère pour cet usage les cailloux qui ont environ la grosseur du poing. Ensuite on a transporté des blocs plus gros vers

les digues de la mer et les jetées le long des côtes, pour fortifier ces constructions Le gravier de la grosseur d'un œuf a été employé à l'empierrement de sentiers et de routes, et enfin des cailloux de toute grosseur ont été cassés pour en faire des routes dites Mac-Adam. Cependant dans quelques contrées éloignées de la province de Drenthe, comme à Exlo et près d'Emmen, les cailloux sont restés dans leur état primitif. Là, les routes sur les pentes des collines, d'où le sable a été emporté peu à peu par l'action de la pluie, sont couvertes de cailloux, de manière à faire croire que l'on met le pied sur une route de cailloux très mal pavée. On a prétendu que les quantités de cailloux diminuaient avec la profondeur, mais cette supposition n'est pas fondée. Dans les tranchées du Chemin de fer rhénan à travers les collines d'Utrecht et de la Veluwe, les plus profondes tranchées qui ont été faites dans notre pays, on n'a pas observé une différence notable dans la masse des cailloux dans les lits supérieurs, comparés avec les lits inférieurs.

Westerhoff, en parlant de l'origine de notre diluvium, dit, [1]) „Il est vrai que l'on trouve les pierres les plus grandes et la plus grande quantité de ces blocs de pierre précisément sur les hauteurs ou les lieux les plus élevés du diluvium (voyez Hausmann, dans les Verhandelingen der Hollandsche Maatschappij van Wetenschappen te Haarlem T. XIX, p. 316), mais ce fait s'explique très naturellement. Si l'on se figure la forme originaire du sol diluvien, immédiatement après sa déposition ou sa formation à ces endroits, comme étant très inégale et onduleuse, il doit s'en suivre que déjà quand ce sol était encore submergé, les blocs de pierre les moins lourds et les grains de sable furent déposés dans les lieux bas. Ce déplacement devait s'effectuer par les courants et le balancement des eaux. Par ces forces le sable devait s'accumuler dans les creux et cacher les blocs de pierre qui se trouvaient dans les lieux bas, les creux etc., et les blocs de pierre déposés sur les hauteurs en perdant la nappe de sable qui les recouvrait, se présentaient alors comme des pierres isolées, ou comme une couche de pierres sans sable."

Nous venons de parler des blocs erratiques du diluvium septentrional. On sait que l'on trouve dans la province de Drenthe une multitude de ces constructions des premiers habitants de ces pays, de ces dolmens, que l'on appelle en néerlandais hunnebedden. Ces mausolées primitifs sont bâtis de grands blocs erratiques. Un des six blocs qui forment le toit du dolmen à Rolde près d'Assen, doit peser environ

---

[1]) WESTERHOFF, Natuurkundige geschiedenis van de kusten der Noordzee. T. II, p. 407.

18000 kilogrammes. Les bruyères aux environs du Lonnekerberg sont remarquables par la quantité énorme de grands blocs erratiques qui s'y trouvent. Le grand caillou que l'on voit sur le marché d'Oldenzaal, un bloc granitique, a une pesanteur de plus de 10000 kilogrammes. Pour la construction d'une route de la ville d'Oldenzaal à Enschedé l'on a, entre autres, brisé un bloc de granite qui cubait 24 mètres, et pesait plus de 60000 kilogrammes.

De tels blocs erratiques se trouvent en grande quantité surtout dans les parties orientales de la Drenthe et de l'Overyssel. Ces blocs sont principalement formés de roches cristallines, semblables à celles qui se trouvent en place dans l'île de Gothland. Ils s'étendent depuis ces montagnes jusque sur les plaines sableuses de la Néerlande. On sait que l'origine des blocs erratiques est une question qui a beaucoup occupé les géologues, et qui a donné lieu à de longues discussions. On sait de même qu'on est d'accord à présent pour attribuer le transport de ces blocs non aux eaux diluviennes, mais à l'action des glaces flottantes qui auraient transporté ces blocs comme des radeaux, à la manière des glaçons que l'on rencontre dans les mers des hautes latitudes. Dans les contrées polaires où les glaciers atteignent les bords de la mer, il s'en détache des masses qui deviennent des glaces flottantes et qui ensuite flottent au gré des courants et des vents. On sait également que les glaciers qui s'étendent sur les montagnes transportent en bas toutes les matières qui tombent sur leur dos, et que ces matières forment des moraines, qui doivent présenter un assemblage de gros et de petits fragments dispersés sans aucun ordre. On conçoit que lorsque des masses de glace, portant sur leur dos des débris de roches, se détachent des glaciers quand ceux-ci aboutissent à la mer, ces blocs et ces débris demeurent sur les glaçons, et de cette manière ils peuvent être transportés. On sait que de nos jours des glaces flottantes chargées de blocs de pierre et de limon des moraines, détachées des glaciers de la Groenlande, nagent de la baye de Baffins à travers le détroit de Behring, et arrivent enfin aux côtes de l'Amérique septentrionale, aux environs des grands bancs de Newfoundland. Arrivés dans ces parages, où la température est plus élevée, ces glaçons fondent, et les matières qu'ils chariaient, tombent dans la mer et agrandissent continuellement les grands bancs autour de Newfoundland. Il paraît donc que de cette manière des blocs erratiques peuvent être transportés à de grandes distances. Cette explication rend très bien raison du transport des blocs erratiques de la grande plaine de l'Europe septentrionale: il suffit d'admettre que la Scandinavie dans l'époque glaciaire formait une île ou une presqu'île

baignée par la mer et recouverte de glaciers qui aboutissaient à la mer, un pays où la température de l'air était alors beaucoup plus basse qu'aujourdhui, et qu'alors la mer s'étendait jusqu'au pied du Hartz et jusqu'aux côtes tertiaires de la Belgique.

Parmi les cailloux du diluvium septentrional on observe des rognons de calcaire marneux qui recèlent des fossiles siluriens. Jusqu'ici nous ne connaissons que deux endroits dans notre pays où ces fragments de roches calcaires se trouvent en abondance. Le premier est l'île d'Urk dans le Zuiderzée; là ils ont la grosseur d'une noix, et l'autre est la ville de Groningue. Ici en creusant le sol pour les fortifications on a trouvé une multitude de ces rognons calcareux accompagnés de silex et de blocs granitiques. La grosseur de ces rognons varie depuis celle de petits pois jusqu'à celle d'une tête d'homme; quelques-uns pèsent jusqu'à dix kilogrammes; plusieurs de ces rognons recèlent des fossiles. En même temps on rencontre au milieu de ces rognons calcaires des fossiles isolés, surtout des polypiers parfaitement conservés, quoique leur structure soit extrêmement tendre et friable. Nul doute qu'ils aient fait partie d'un bloc calcaire tombé en poudre après avoir été enseveli dans le lit sableux. Il est certain que ces rognons à fossiles, vu leur friabilité, ont été apportés sur des glaces flottantes, mais que plus tard, quand ils gisaient au-dessous des eaux de la mer, le balancement des eaux les a arrondis et en a brisé une multitude. Alors les polypiers qu'ils recélaient, à leur tour ont été roulés, arrondis, brisés, etc. de sorte qu'à présent on peut admettre que les polypiers plus ou moins usés par l'eau ont perdu après leur déposition la couche de calcaire qui les gardait, tandis que ceux qui sont restés intacts proviennent de rognons roulés, mais non tombés en poudre. D'après les recherches du paléontologiste suédois, M. Angelin, ces rognons et ces fossiles sont provenus des couches siluriennes qui appartiennent à la région *E. Cryptonymorum* de ce savant. Cette division du système silurien est composée de couches calcaires, de grès calcaires, de marnes grises, de grès micafères et de schistes argileux. L'île de Gothland consiste à peu près entièrement de ces roches; on les trouve également autour du lac Ringshön et près de Klinta en Schonen, et aussi dans les îles du golfe de Christiania et près de Holmestrand. M. Ferd. Roemer de Breslau a prouvé que les roches et les fossiles de Groningue sont provenus des endroits nommés ci-dessus. [1])

---

[1]) FERD. ROEMER dans le Neues Jahrbuch de LEONHARDT & BRONN, 1857 p. 385; 1858 p. 257.

Les principaux fossiles du diluvium septentrional, trouvés surtout dans le Hondsrug et dans l'île d'Urk, sont les suivants:

Actylospongia (*Siphonia*) *praemorsa* Goldf.
Bryozoaires sp.
Berenicea irregularis Lonsd.
Stromatopora striatella D'Orb.
Chaetetes petropolitanus Lonsd.
Favosites fibrosus Lonsd.
Calamopora polymorpha Goldf.
" *spongites* Goldf.
" *gothlandica* Goldf.
Caunopora placenta Phill.
Heliopora porosa Roem.
Halysites escharoides Fisch.
" *catenularia* Wahlb.
Syringopora cancellata Edw.
" *reticulata* Main.
Heliolithes porosa Edw. & Haime.
Cyathophyllum articulatum His.
Cyathocrinus rugosus Mill.
Cyathocrinus pentagonus Goldf.
Terebratula bidentata His.
" sp.
Atrypa reticularis Dalm.
Spirifer lynx Eichw.
" *subsulcatus* Dalm.
" sp.
Orthis pecten Dalm.
Pentamerus sp.
Chonetes striatella Dalm.
Beyrichia tubercula Dalm.
Euomphalus cornu arietis His.
Orthoceras regulare Schloth.
Orthoceras sp.
Cytherina baltica His.
Proetus sp.
Calymene sp.

Parmi les roches qui sous la forme de cailloux se présentent dans le diluvium septentrional, nous venons de nommer en premier lieu les granites. La plupart sont du granite rouge, composé de feldspath rougeâtre, de quartz gris et de mica brun ou noir. D'après Hausmann ce granite rouge est très commun en Suède, surtout en West-Gothland aux frontières de Norwège. Mais le granite gris, composé de feldspath blanc et de quartz noir, qui se trouve comme roche cohérente en Suède, surtout dans l'Upland aux environs de Stockholm, ne manque non plus dans le diluvium septentrional. Ensuite on y trouve des diorites et des syenites, analogues aux syenites cohérentes de West-Gothland, des amphibolites, et enfin des roches porphyriques qui, d'après Hausmann, sont parfaitement analogues au porphyre d'Elfdalen près de Falun.

DU DILUVIUM ORIENTAL.

Pendant qu'au nord-est des Pays-Bas se déposaient les masses diluviennes dont nous venons de parler, d'autres dépôts se formaient dans le sud-est. Des cours d'eau, des rivières coulant vers l'occident, dont sans doute le Rhin était une des principales, chariaient le détritus de leurs montagnes riveraines vers la mer diluvienne, et le déposaient aux

endroits où nous trouvons à présent les plaines sableuses du Mookerheide et les collines de gravier aux environs de Nymègue. Ces rivières formaient ainsi dans leurs estuaires de vastes deltas, composés de couches de sable, de limon, de gravier. Ces débris de roches ont tous des bords et des angles arrondis ou émoussés, preuve certaine de leur transport par l'eau courante. Dans les cailloux de ces dépôts on retrouve des fragments des roches cohérentes qui constituent les montagnes de l'Allemagne le long du Rhin. Ce sont les dépôts qui ont été appelés le diluvium du Rhin par Staring, les dépôts auxquels je propose de donner la dénomination de diluvium oriental; j'ai désigné ces masses par la teinte gris-brun n°. 2, sur la carte ci-jointe.

Le diluvium oriental, si on le compare avec le diluvium septentrional, ne constitue qu'une partie très petite de nos dépôts diluviens. Il ne se présente que comme la terminaison ou le prolongement occidental du diluvium qui se trouve en Prusse dans le pays de Clève, c'est-à-dire des collines qui s'étendent entre Niers et le Rhin jusqu'à Dusseldorf, et des collines dans le pays de Gueldre, Stralen et Venlo, entre le Niers, la Meuse et le Rure. La partie néerlandaise principale de ce diluvium est connue sous le nom de Mookerheide. Le Mookerheide est la pente sud-est des collines diluviennes qui se perdent, près de Hatert, dans le diluvium remanié, et s'enfoncent près de Hees et de Neerbosch sous les alluvions du Waal. Cette surface diluvienne prend naissance au nord dans les collines où s'élève la ville de Nymègue. Son sommet le plus haut se trouve à l'est, et de là on voit, de Nymègue à Wilderen, une pente assez rapide qui a une direction vers le sud-est. La fortification Sterreschans, bâtie sur cette pente, se trouve à 51 mètres au-dessus du niveau de la mer, et par conséquent à environ 37 mètres au-dessus des alluvions fluviatiles de l'Ooi. L'altitude d'Ubbergen est de 62 mètres, celle de Beek de 88 mètres, et celle du point le plus élevé, l'Uilenpol, de 98 mètres au-dessus de la mer. Le Mookerheide se continue dans le Reichswald de Clève.

Le sable quartzeux des dépôts du diluvium oriental contient une très grande quantité de silex blanc. Dans quelques endroits, aux environs de Venlo et de Ruremonde, ces silex sont colorés brun par l'oxyde de fer. Quoique le quartz blanc caractérise le gravier, on y trouve néanmoins une très grande diversité de roches, des échantillons de toutes les roches cohérentes des montagnes qui bordent le cours du Rhin, même au-dessus de la vallée étroite qui s'appelle le Bingerloch. A l'exception des environs de Clève, surtout au nord de cette ville, on ne rencontre dans le diluvium oriental ni granites, ni diorites. Quelquefois

on y trouve du basalte, du trachite, du mélaphyre, du calcédoine, du porphyre. Les cailloux de porphyre de ces dépôts sont identiques aux roches cohérentes porphyriques de Kreuznach.

Dans quelques endroits on trouve des lits et surtout des rognons de limon entourés de sable. Ces rognons n'ont ordinairement que peu de mètres cubiques, mais parfois ce sont des masses qui cubent plusieurs centaines de mètres. Du limon, entremêlé de sable et de gravier, se rencontre dans les collines de Clève. Un sable argileux forme le sol des environs de Nymègue. Il devient de plus en plus argileux et par conséquent de plus en plus fertile, à mesure que l'on avance vers le midi.

DU DILUVIUM MÉRIDIONAL.

Les dépôts de sable caillouteux que nous réunissons sous la dénomination de diluvium méridional, le diluvium de la Meuse de Staring, se trouvent dans les provinces de Limbourg et du Brabant septentrional. De Maestricht, et ensuite limitant la vallée de la Meuse, il s'étend dans le Brabant septentrional, et s'enfonce sous les lits de sable du *zand-diluvium* de Staring, du sable campinien de Dumont, où il se montre quelquefois au jour.

Dans la Néerlande ces dépôts ne forment jamais de collines, mais des plaines sableuses, semées de gravier et de cailloux, telle que la plaine de Schaiksche Heide entre Grave et Bois-le-Duc, Meyel au midi de la grande tourbière le Peel, avec le Houwenberg, Bergeyk, Ryen etc. En Limbourg on retrouve ce diluvium s'unissant aux lits de sable dont nous venons de parler. Les cailloux roulés de ces dépôts se trouvent autour de la vallée de la Meuse, et dans cette vallée ils recouvrent la Montagne Saint-Pierre près de Maestricht et les collines environnantes, s'étendant à l'est dans la vallée du Wurm au nord de Kerkrade, et formant à l'ouest les collines de la Campine liégeoise.

Comme notre diluvium oriental n'est que le prolongement des dépôts diluviens qui se trouvent dans la vallée du Rhin dans la Prusse, notre diluvium méridional correspond parfaitement aux dépôts diluviens à cailloux roulés dans la vallée de la Meuse en Belgique. Sans aucun doute notre diluvium oriental néerlandais s'identifie avec les dépôts désignés par Dumont comme *silex et cailloux;* par M. Dupont, comme l'étage inférieur de la formation quaternaire, *cailloux roulés et sable graveleux;* par Omalius d'Halloy comme *diluvion caillouteux;* par M. Dewalque comme *diluvium à cailloux roulés*, venus du Condroz et de l'Ardenne.

Les cailloux roulés consistent en fragments de toutes les roches cohérentes ou en place de l'Ardenne et du Condroz. Les roches quartzeuses y dominent, les quartzites, les grès, les psammites etc. Quelquefois on y rencontre des cailloux de silex crétacé. Le volume de ces cailloux est très différent; il varie depuis la grosseur d'une noix jusqu'à celle d'un œuf.

Omalius d'Halloy en parlant de son diluvion caillouteux [1]) dit: „Ces dépôts, caractérisés par la présence de fragments de roches semblables à celles de l'Ardenne, se prolongent non seulement dans le reste de la vallée de la Meuse, mais se retrouvent dans toutes les vallées où des eaux venant de l'Ardenne coulent vers le nord. Ils s'étendent aussi sur les portions peu élevées des plateaux qui bordent ces vallées, notamment sur les parties orientales de la Hesbaye et de la Campine. Dans la Campine et dans une partie de la Flandre le dépôt caillouteux est accompagné et souvent recouvert par des sables ordinairement blanchâtres, mais passant aussi au jaunâtre, au brunâtre, au noirâtre, au verdâtre. Ces sables déterminent dans la Campine l'existence de vastes bruyères, et lorsqu'ils ne sont pas fixés par la végétation ou par des marais tourbeux, ils sont très mobiles, tendent à faire des rides que l'on pourrait appeler des dunes terrestres, et à envahir les portions cultivées. Les parties de la Campine qui avoisinent les fleuves sont très fertiles. On a aussi mis en culture les bords des canaux et quelques parties des bruyères autour des lieux habités."

Cette description est parfaitement applicable au diluvium méridional de la Néerlande. Nous reviendrons sur ces formations de la Campine en parlant de notre diluvium remanié. M. Dewalque dit des dépôts de son diluvium à cailloux roulés: [2]) „Ils sont formés de cailloux plus ou moins roulés, de gravier, de limon et quelquefois de tourbe. Les cailloux roulés consistent en fragments de toutes les roches cohérentes qui constituent la région traversée par le cours d'eau au voisinage duquel nous les observons. Le transport dans l'eau leur a donné une forme plus ou moins arrondie, souvent aplatie. Ils sont entremêlés de gravier et de sable de même composition". La description de ces dépôts dans la Belgique est en tous points applicable au diluvium méridional de la Néerlande. Les dépôts du diluvium méridional sont indiqués sur ma carte par la teinte verte N°. 3.

---

[1]) Omalius d'Halloy, Précis élémentaire, 8 Edit. p. 547.

[2]) Dewalque, Prodrome, p. 236.

DU DILUVIUM ENTREMÊLÉ.

En jetant un coup d'œil sur la carte, on observera que je n'ai pas encore traité de cette partie considérable de notre diluvium néerlandais, qui est désignée par la teinte jaune N°. 4. Ces dépôts diluviens constituent à présent la majeure partie de la Gueldre, de l'Overyssel et de la province d'Utrecht. On sait que Staring a donné à ces dépôts la dénomination de diluvium entremêlé. En effet, cette dénomination est bien choisie, car ces dépôts représentent des échantillons des trois sources de provenance, dont nous venons de parler plus haut, c'est-à-dire du nord, de l'est et du midi. Ici on voit une masse de sable quartzeux avec des blocs erratiques du nord, à côté d'un lit de limon apporté par le Rhin. Là, on observe une couche composée de sable et de cailloux ardennois, supérieure à un amas de gravier dont les caractères lithologiques nous apprennent qu'il a fait partie un jour des roches cohérentes qui bordent les rivières de l'Allemagne. Dans un autre endroit nous trouvons du sable avec des silex, recouvrant une couche qui recèle des débris de roches calcaires des rives de la Meuse, et en maint endroit toutes ces matières différentes sont entremêlées si intimement, et souvent elles forment une masse si confuse, qu'il est impossible d'y distinguer les roches originaires ou les lieux d'où elles sont provenues.

Le diluvium entremêlé se présente dans beaucoup d'endroits comme des collines basses et des plaines sableuses. Parmi les collines les plus hautes nous citons le Holtenberg, avec une altitude de 59 mètres, le Haarlerberg de 76 mètres, le Lemelerberg de 81 mètres, et l'Eltenberg de 96 mètres au-dessus de la mer. Ensuite les collines de Hoog Ruurlo 78 mètres, de Schenkenshul 80 mètres, du bois d'Ugchelen 87 mètres, celles du bois de Wiessel 104 mètres, et enfin l'Observatoire dans le bois de Soeren 107 mèters au-dessus du niveau de la mer.

Les environs d'Oldenzaal sont remarquables par les blocs erratiques qui s'y trouvent, particulièrement sur les bruyères à l'est du Lonnekerberg. Ils sont composés de roches granitiques. De même on trouve une multitude de ces blocs dans les environs de Delden et dans le Maserveld près de Diepenheim.

Dans le diluvium entremêlé la moitié des cailloux et du gravier sont des quartz, qui quelquefois se présentent dans les nuances différentes de noir, brun, rouge; mais le plus souvent ils sont d'une teinte blanche ou blanchâtre. L'autre moitié consiste en grès, principalement en grès dévoniens et carbonifères.

Dans plusieurs endroits l'on trouve du limon argileux. De grands lits de limon se trouvent entre Epe et Loenen, à Hoog Soeren, dans la province d'Utrecht et ailleurs. Un sable argileux forme le sol des environs d'Ootmarsum, d'Oldenzaal, d'Enschedé, le bord du Veluwe depuis Dieren jusqu'à Wageningue, etc.

DU DILUVIUM REMANIÉ.

Staring a donné le nom de *zanddiluvium*, diluvium sableux, à des dépôts de sable diluvien, qui se trouvent dispersés sur toutes nos terres diluviales. On rencontre même une telle multitude de dépôts, de lambeaux, de couches, de lits, etc. de ce sable, que l'auteur susmentionné dit qu'il serait plus facile de rapporter les endroits où ce sable, ce diluvium sableux, ne se trouve pas, que de faire l'énumération des lieux où il forme le sol. Sur ma carte j'ai indiqué ces dépôts par la teinte rose N°. 5. Or, si j'avais tâché de désigner par cette teinte chaque endroit où ce sable gît à la surface, sans doute, sauf quelques exceptions, à peu près toute la surface coloriée aurait dû recevoir une teinte rose, comme je l'ai déjà fait observer plus haut.

Ces dépôts sont formés d'un sable quartzeux, dans quelques endroits plus ou moins entremêlés de gravier très fin; en général ils contiennent très peu de cailloux, et encore moins de blocs de pierre qu'on pourrait nommer erratiques. Staring en parlant de ce diluvium dit [1]: „En général il est dispersé sur la surface entière que nous venons d'indiquer. Il est formé de terres sableuses, plus ou moins argileuses; dans quelques endroits même l'on trouve des bancs de limon. Il ne contient de gravier ou des cailloux que par exception, tandis que le gravier n'est composé que de petits fragments qui ont à peine la grosseur d'un pois. Cette partie sableuse de notre diluvium présente une surface plane avec des collines qui ont peu d'altitude, quand elle n'est pas devenue onduleuse par des dunes terrestres qui ont été formées auparavant, et qui plus tard sont devenues fixes par la végétation, ou par des élévations de fraîche date. Les petites ondulations ayant rarement quelques dizaines d'hectares d'étendue et ne s'élevant au-dessus des terres plates que de trois ou quatre mètres, sont communément séparées par des alluvions fluviatiles ou par des marais, dans lesquels serpentent des ruisseaux et autres petits cours d'eau. Quand ces surfaces sont planes et qu'elles ont une étendue considérable, dans quelques endroits de notre pays on les appelle broeken. Ce diluvium sableux n'a que

[1]) STARING, De Bodem van Nederland. T. II, p. 24.

cela de commun avec les autres divisions de notre diluvium, quant à son origine et à la période dans laquelle il s'est formé, que les matières qui le composent y sont empruntées, aux jours où l'époque diluviale se changeait dans l'époque moderne ou de l'alluvium." Et un peu plus loin notre auteur poursuit: [1]) „Au zand-diluvium doit être rapportée cette partie de notre diluvium qui est plus moderne que toutes les autres sections, et qui gît sur ces terres et au pied des collines avec du gravier et des cailloux. Probablement il s'est formé dans les derniers temps de l'époque diluviale ou dans les premiers temps de l'époque actuelle, car partout il est supérieur au diluvium graveleux et inférieur aux lits alluviaux."

Tous les sables qui ne contiennent ni gravier, ni cailloux forment le diluvium sableux. Non seulement on le trouve à la surface dans une grande partie de la Néerlande, mais en même temps il forme le sous-sol de toutes nos alluvions marines et fluviatiles, et tout ce qui, dans ces alluvions, se compose de sable, doit être considéré comme un diluvium sableux changé de place et de forme extérieure, de même que les dunes terrestres ne sont qu'une autre situation de ces sables. Dans les provinces bordées de la mer on le trouve partout sous les alluvions, et dans les autres provinces il forme la plus grande partie du sol qui, déjà avant que l'homme parût dans ces lieux, était recouverte de bruyères ou de forêts, et qui plus tard a donné l'existence à des tourbières que nous appellons *hooge venen*, les *fagnes* ou *fanges* des Belges. Ce sable se trouve, par exemple, sous les tourbières du Krimpener- et de l'Alblasserwaard, tandis que, au midi de Streefkerk, il forme une petite colline où s'élevait autrefois l'abbaye de Donk. Dans le Brabant septentrional et dans la Campine de la Belgique, ce sable forme le Sable campinien de Dumont, auquel, pour notre pays, je propose la dénomination de *diluvium remanié*.

Le diluvium remanié consiste du même sable qui compose le diluvium à cailloux. Du gravier très fin s'y trouve souvent en couches minces, horizontales, de peu d'étendue. Ce gravier est formé des mêmes roches qui constituent les collines de diluvium graveleux environnantes, savoir des quartz blancs et colorés, et des grès durs qui sont dérivés du quartz des blocs granitiques et des grès siluriens du diluvium septentrional, et, dans les endroits plus méridionaux, des roches dévoniennes du diluvium oriental et méridional. Il est très remarquable que ce sable ne contient que rarement des paillettes de mica. Cependant on suppo-

[1]) STARING, De Bodem van Nederland, T. II, p. 114.

serait l'existence de ces paillettes, parce qu'au moins une partie de ce sable est dérivée des dépôts diluviens septentrionaux. Il paraît que le mica des roches granitiques, comme aussi le feldspath de ces roches, a été pulvérisé totalement sur le chemin très long que ce sable a dû parcourir pour arriver ici. Cependant on trouve dans quelques endroits des rognons de sable micafère, mais ceux-ci sont sans doute des restes de blocs de granite décomposés sur les lieux mêmes par l'action destructive de la température, de l'eau etc.

En beaucoup d'endroits se trouvent des accumulations de sable qui ont l'aspect de dunes. Staring a donné à ces collines le nom de zandstuivingen. [1]) Elles sont formées par le vent, qui parfois dans ces contrées soulève des nuées de sable fin et en forme des monticules. Quelques-unes ont été recouvertes d'une couche de terre végétale et se sont fixées, tandis que d'autres qui ne sont pas protégées par la végétation, sont mobiles et changent de forme et de place par la force des vents. On trouve de ces dunes terrestres dans la Drenthe, dans l'Overyssel le long des rives du Vecht entre Hardenberg et Dalfsen; dans la province d'Utrecht près de Soest, de Hilversum et de Naarden; dans la Gueldre, et dans le Limbourg, le long de la rive droite de la Meuse, de Venlo par Gennep et Malden à Horssen. Cependant le Veluwe est le pays des zandstuivingen par excellence. En 1852 on calculait que là une surface de 10466 hectares était composée entièrement de sable mobile, de collines mouvantes. A présent beaucoup de ces sables ont été mis en culture et ne menacent plus les terres environnantes. Toutefois au pied sud-ouest des collines diluviales d'Elspeet et de la forêt de Gortel on trouve encore une étendue de sable mobile qu'on évalue à plus de 6000 hectares. Ces dunes terrestres sont composées de sable quartzeux pur, sans cailloux.

Dans le diluvium remanié se trouve quelquefois du limon, le plus souvent en couches minces. Dans le Brabant septentrional le diluvium contient des lits de limon qui sont quelquefois si épais et si larges que l'on a érigé des briqueteries pour exploiter ces masses de limon. On trouve de ces amas de limon à Chaam, à Helden, aux environs de Weert, entre Valkenswaard et Bergeyk, près de Tilburg et de Gilze etc. Au sud-est de Bergen-op-Zoom le sous-sol consiste régulièrement de limon qui fournit les premières matières des nombreuses petites briqueteries de ces environs.

Dans le sable remanié on a trouvé beaucoup de restes de mammifères

---

[1]) STARING. De Bodem van Nederland, T. I, p. 424.

qui ne vivent plus dans les endroits où leurs ossements se sont répandus. Nous ne mentionnerons que les suivants: 1°. Des restes de mammouth, *Elephas primigenius*. Des molaires, des défenses et d'autres os du squelette de cet animal ont été trouvés dans la mer du Nord, ou jetés sur la plage à Katwyk, à Zandvoort, dans l'île d'Ameland On en a trouvé entre Koevorden et Hardenberg, près de Hellendoorn, de Wilp, de Brummen, d'Alem, de Drempt, la plupart dans le Vecht et dans l'Yssel ou dans les rives de ces rivières. Dans le Rhin et la Meuse ces restes ne sont pas rares, on en a rencontré à Huissen, à Weurt, à Heukelom, à Kedichem etc. Quelques-uns de ces os sont très gros, ainsi un os fémur de mammouth trouvé en 1629, dans l'Yssel près de Doesborgh, a une longueur de 1 mètre et une pesanteur de 14 kilogrammes. Le plus remarquable de ces restes est le crâne entier trouvé en 1820 à Heukelom: ce crâne appartient à présent à la Société hollandaise des Sciences à Haarlem. Nous nous laisserions entraîner trop loin si nous voulions donner ici une liste complète de tous les restes de mammouths trouvés dans le diluvium remanié de notre pays. On trouve une énumération assez complète de ces restes dans le *Bodem van Nederland* de Staring [1]). Remarquons toutefois qu'il semble que le fond de la mer du Nord entre les côtes de l'Angleterre et des Pays-Bas recèle une telle quantité d'ossements d'éléphants, qu'il arrive assez souvent que les pêcheurs en trouvent dans leurs filets. A l'embouchure de l'Escaut, à une profondeur de 8 mètres, on a rencontré une telle quantité d'ossements divers de mammouth que d'après M. le Dr. J. C. de Man, auquel nous devons une description de ces restes [2]) on pourrait donner le nom de mammouthsveld — le champ aux mammouths — à cette partie du lit de la mer qui a fourni les os. On y a rencontré un os fémur, un os tibia, un os ulna droit, un os radius, une molaire, une vertèbre, et plus tard encore une côte et une partie du bassin avec la cavité glénoïdale. Près de Happisbourg au nord de Norwich en Angleterre les pêcheurs d'huitres ont ramassé en 1820 plus de 2000 molaires de mammouths. Un troupeau de cinq cents de ces animaux tout au moins doit avoir péri quelque part dans ces contrées, et leurs restes doivent être chariés dans la mer avec les sables qui un jour ont porté ces colosses. 2°. Des restes de *Rhinoceros tichorhinus* ont été trouvés dans l'Yssel près de Doesborgh, c'est-à-dire une partie du bassin de cet animal. On voit au musée de Leyde une molaire, une partie du

[1]) Voyez l'ouvrage cité, T. I, p. 122.

[2]) J. C. de Man, Dans les Archiven v. h. Zeeuwsch Genootschap d. Wetenschappen, T. III, part. III, p. 1.

bassin, et des fragments d'un os radius et d'un os ulna de cet animal, trouvés aux environs de Maestricht. 3°. Des os et des bois de cerf ne sont pas rares dans le diluvium remanié: toutefois il est très difficile d'indiquer une différence entre ces restes et les os analogues des cerfs qui vivent dans la période actuelle, par conséquent il est possible que parfois des os de cerf réputés diluviaux, ne sont en effet que des os d'animaux vivants de nos jours. La même considération se rapporte 4°. aux restes de chevaux qui se trouvent dans le diluvium remanié. 5°. Du renne on a trouvé en 1829 à Heerewaarden la moitié d'un bois, et 6°. de l'élan on a trouvé en 1876 à Breskens en Zélande une partie du bois de cet animal, qui a été décrite par M. le Dr. J. C. de Man [1]). 7°. Des restes de bœuf. Il paraît que notre pays a été habité par deux espèces de bœuf, savoir le *Bos primigenius* et le bœuf à front bombé de Cuvier, le *Bos priscus*. En 1844, près de Weerselo dans l'Overyssel, on a trouvé du premier, le *B. primigenius*, un crâne à peu près complet mais sans la mâchoire inférieure, quelques vertèbres cervicales et dorsales, les deux omoplates, le bassin et quelques os des jambes, et à Genemuiden à l'occasion de la rupture de la digue, le 5 Février 1825, une partie du crâne avec les cornes. Tous les autres restes de bœuf ramassés dans notre diluvium remanié appartiennent vraisemblablement au *Bos priscus*. On en a trouvé à Delden, à Emmenes, à Deventer, à Loenen, à Bois-le-Duc et ailleurs. Une partie du crâne de *Bos priscus* avec les cornes, ou plutôt avec les deux noyaux des cornes, parce que les cornes elles-mêmes ont été perdues, fait à présent un des ornements du musée Teyler à Haarlem. Quoiqu'on rencontre en général ces ossements de mammifères dans le sable remanié et que l'on suppose par conséquent que ces animaux ont vécu pendant l'époque diluvienne, cependant il est vraisemblable qu'ils ont existé encore plus tard. WESTERHOFF [2]) dit: „Nous croyons que ces os, que l'on trouve dans et sur notre diluvium et aussi dans la couche inférieure des tourbières, seront dérivés d'animaux qui auront vécu après la formation du diluvium et pendant l'oeconomie actuelle de notre terre. Qui saurait dire quand le diluvium a été déposé ou formé ici? A vrai dire on ne trouve pas les ossements dans le diluvium. On les trouve sur le diluvium, au-dessous des tourbières ou dans les vallées du diluvium, qui peut-être plus tard, après la déposition de ces dépôts, ont été remplies de sable et d'argile par des courants d'eau ou des pluies torrentielles, etc. Lorsque les os sont arrivés dans ces lieux, probablement ils gisaient à la surface."

[1]) Archiven v. h. Zeeuwsch Genootschap d. Wetenschappen, T. III, part. III, p. 6.

[2]) WESTERHOFF, Natuurkundige geschiedenis van de kusten der Noordzee, T. II, p. 406.

En traitant de l'origine de son zand-diluvium, Staring s'exprime ainsi: [1]) „Les couches ou les lits de ce sable sont horizontaux. Il y en a, il est vrai, qui offrent de petites ondulations, mais la différence caractéristique entre cette partie du diluvium et celle qui contient des cailloux et du gravier, la position horizontale des lits, se présente dans toutes les tranchées que l'on y a faites. Cette particularité, jointe à la circonstance que dans beaucoup d'endroits ces sables s'étendent en nappe sur le diluvium graveleux et autour des collines formées par ce dernier, nous font conclure avec beaucoup de vraisemblance sur leur origine. Après le transport des sables caillouteux et graveleux vers les endroits où nous les trouvons actuellement, et après que ces amas diluviens avaient acquis leurs formes et leurs gisements actuels, il doit s'être passé un assez long temps avant que la surface fût fixée par la végétation, et que les cours d'eau serpentassent regulièrement dans leurs lits actuels. Pendant cette période, *la pluie et la gelée* [2]) auront eu sur ces monticules de sable graveleux une influence beaucoup plus grande que plus tard, quand leur surface fut protégée par une croûte épaisse de terres végétales. De cette manière beaucoup de roches destructibles, des granites, des schistes, des grès, des psammites, ont été changés en gravier, en sable et en limon, et l'eau de pluie coulant au bas des collines a transporté ces matières vers les lieux bas. Les creux et dépressions de cette manière se sont remplis, et en même temps les hauteurs se sont abaissées, et ont pris une forme plus plate, plus arrondie qu'auparavant. Sur le diluvium septentrional dans la province de Groningue, en Frise et en Drenthe le zanddiluvium a une épaisseur moindre que dans les provinces méridionales, et par conséquent la relation du sable sans cailloux au sable caillouteux est plus facile à observer dans ces dernières localités que dans les provinces septentrionales. La colline appelée le Hondsrug près de Groningue présente à la surface du sable sans cailloux, tandis que des cailloux se trouvent à une faible profondeur au-dessous de ce lit de sable. Aux pentes ces cailloux se montrent partout au jour, mais plus bas ils s'enfoncent de nouveau sous le sable qui forme le sol de toutes les dépressions et le sous-sol des tourbières et des alluvions marines. Il est donc très probable que ce sable est le détritus du diluvium graveleux, et qu'il a été formé pendant le temps intermédiaire de l'époque moderne ou de l'alluvion. C'est surtout vraisemblable si l'on considère qu'une telle formation de transition a dû exister, et que nous ne saurons indiquer d'autres formations de ce temps intermédiaire que ce sable remanié."

---

[1]) Staring, De Bodem van Nederland, T. II, p. 118. [2]) Nous soulignons.

Le diluvium remanié s'étend sous la forme d'un vaste manteau sableux depuis la rive gauche de la Meuse dans le Brabant septentrional, jusque dans la Belgique, où il est limité à l'occident par l'argile des polders flandraises, et au midi par une ligne qui va de Dixmude (Dijksmuiden) par Ypres (Yperen), Courtray (Kortrijk), Audenarde (Oudenaerden), Alost (Aalst), Malines (Mechelen), Louvain (Leuven), et Hasselt à Maestricht. Cette ligne est en même temps la limite septentrionale du limon hesbayen de la Belgique. Les couches de ce diluvium sont formées de sables mobiles à grains fins, purs et quelquefois argileux. „Leur mobilité [1]) est telle que sur certains points stériles de la Campine le vent les soulève en nuées et en a formé des monticules qui peuvent être considérés, comme on l'a dit depuis longtemps, comme de véritables dunes terrestres." On prétend que ces dunes terrestres, ces zandstuivingen de Staring, se forment et disparaissent d'une année à l'autre, quoique quelques-unes semblent avoir une fixité au moins aussi grande que celle des dunes du littoral.

Voyons maintenant comment, d'après mon opinion, s'est formé notre diluvium remanié. Nous venons de voir comment se formaient dans la période glaciaire les dépôts diluviens différents que nous avons désignés sur ma carte par les teintes N°. 1—4. Le diluvium septentrional fut transporté de la Scandinavie sur des glaces flottantes, et des masses considérables furent déposées au nord et au nord-est de notre pays. Des rivières, coulant de l'est et du midi, chariaient les débris des roches, tombés des montagnes par l'action destructive des eaux et de la température de l'air, vers l'ouest et vers le nord, et déposaient ces masses à côté des couches diluviennes du nord, ou elles se répandaient sur ces couches, entremêlant les matières arrivées de tous côtés. De cette manière se formait notre diluvium en général, comme nous l'avons démontré tout-à-l'heure. Sans doute la plupart des terres qui composaient alors la Néerlande n'étaient que des îles, des presqu'îles basses, des bancs de mer, des levées, des barres etc. qui deux fois par jour étaient submergés par la mer. La mer baignait ces terres, ces surfaces arides composées de sable, de gravier, de cailloux, de blocs erratiques. Alors le niveau de la mer était beaucoup plus élevé que dans les temps actuels; les plus hautes collines de notre pays n'étaient alors que des bancs de mer qui, peut-être à sec pendant le reflux, étaient inondés deux fois par jour par le flux et pendant les tempêtes par les vagues furieuses de la mer. Le mouvement continuel des eaux, causé par les vents, la marée,

---

[1]) DEWALQUE, Prodrome, p. 242.

les courants de la mer, usait les bancs et les plages, en arrachait des parties, en détachait des particules. L'érosion se manifestait partout où la mer pouvait exercer son action démolissante et destructive pendant des siècles. Et par cette action de la mer les terres diluviennes, composées de matières meubles et peu cohérentes, se sont modifiées dans leurs contours, elles se sont arrondies et en partie détruites. Certainement les effets destructeurs des eaux de la mer avaient beau jeu sur des dépôts aussi peu cohérents que ceux qui formaient le sol dans l'époque diluvienne.

Forchhammer, dans ses *Geognostische Studien am Meeres-Ufer* [1]) dit, en parlant de l'action lavante ou baignante des eaux de la mer sur des dépôts de sable avec cailloux: „Un exemple des plus intéressants se voit sur la langue de terre d'Agger. Cette langue de terre, après l'inondation de l'année 1825, avait une hauteur d'environ dix pieds, et consistait de sable avec beaucoup de cailloux roulés. Depuis ce temps l'eau, qui ne submerge ces terres que pendant des flux très hauts, a emporté peu à peu le sable et l'a déposé dans le Liimfjord, où il a formé un vaste banc de sable. A présent la langue de terre n'a qu'une hauteur de quatre pieds, et elle est recouverte d'une couche de cailloux roulés, le reste des couches épaisses de jadis."

La mer ne peut pas retenir dans ses eaux les matières solides qu'elle a détachées des terres: quand le vent s'apaise, quand les vagues redeviennent tranquilles, quand la tempête se repose, les matières tenues pendant quelque temps en suspension, se précipitent, elles coulent à fond, elles se déposent dans les dépressions, dans les creux, dans les fosses, dans les lieux bas du lit de la mer. De cette manière des masses énormes de sable ont été déplacées et remaniées dans les temps passés, et à présent ces masses forment les dépôts qui sont indiqués sur ma carte par la teinte rose. C'est le remaniement de ces masses qui m'a porté à proposer pour elles la dénomination de diluvium remanié; ce sont les masses qui ont été appelées le diluvium sableux par Staring. C'est par la précipitation de ces sables que nos collines diluviennes ont été recouvertes d'un manteau de sable; que les petites vallées entre ces collines ont été obstruées par du sable; que presque partout dans notre pays la surface des dépôts diluviens est composée de sable sans cailloux.

Une quantité énorme de ce sable remanié, détachée des dépôts diluviens de la Néerlande et des lits de diluvium à cailloux roulés dans la Belgique, fut entraînée vers l'ouest et le sud par les courants, et forma

---

[1]) Neues Jahrbuch von Leonhard & Bronn, 1841, p. 23.

dans la Campine néerlandaise et belge ce dépôt de sable sans cailloux, qui a été nommé le sable campinien par Dumont. Ce sable campinien est la meilleure preuve que si la politique a fixé des frontières entre la Belgique et la Néerlande, cependant la géologie, l'ethnologie et la linguistique nous apprennent que les deux peuples ne font qu'un seul. En effet, dans la plus grande partie de la Belgique, partout où le flamand est la langue des autochtones, nous autres Néerlandais nous y retrouvons, à part notre langue, nos polders, nos plaines, nos prairies, nos dunes, nos bruyères, nos tourbières, nos tours à carillon, nos kermesses.

Le sable campinien a été décrit par tous les géologues belges qui se sont occupés de cette partie du sol de la Belgique. Nous ne citerons que les suivants: Omalius d'Halloy dit: [1]) „Au nord du Demer et de la Nèthe s'étend, entre l'Escaut et la Meuse, une contrée connue sous le nom de Campine, et qui, sous le rapport politique, est partagée entre le royaume de Belgique et celui des Pays-Bas. Cette contrée est très basse, extrêmement unie et fort stérile, le sol y étant en général couvert de bruyères et de marais, à l'exception cependant des parties qui avoisinent les fleuves, qui sont au contraire très fertiles. On a aussi mis en culture les bords des canaux et les alentours des lieux habités, qui forment des oasis au milieu des bruyères." Et page 547 de l'ouvrage cité, l'auteur dit: „Dans la Campine et dans une partie de la Flandre le dépôt caillouteux" (analogue au diluvium méridional néerlandais, comme nous l'avons démontré plus haut) „est accompagné et souvent recouvert par des sables ordinairement blanchâtres, mais passant au jaunâtre, au brunâtre, au noirâtre, au verdâtre. Ces sables déterminent dans la Campine l'existence de vastes bruyères et lorsqu'ils ne sont pas fixés par la végétation ou par des marais tourbeux, ils sont très mobiles, tendent à faire des rides que l'on pourrait appeler des *dunes terrestres* et à envahir les portions cultivées, mais en Flandre, où les habitants ont travaillé depuis longtemps à leur amendement, ils sont devenus productifs. Les fossiles y sont extrêmement rares, mais on y trouve quelquefois des restes de mammouths et d'autres animaux quaternaires."

Le savant que nous venons de citer, s'exprime ensuite à l'égard de la relation entre le sable campinien en le zand-diluvium de Staring, de la manière suivante: [2]) „Dumont avait désigné ces sables par l'épithète de Campiniens, et lorsqu'il a proposé d'en faire un système particulier

[1]) Omalius d'Halloy, Précis élémentaire, p. 500.

[2]) Omalius d'Halloy, Précis élémentaire, p. 547.

(*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, 1839, T. XI, part. 2, p. 466) il les plaçait dans les terrains tertiaires; plus tard il les a rangés dans les terrains quaternaires. De mon côté, j'ai inséré dans mes éditions de 1853 et 1862 quelques réflexions tendant à maintenir la première opinion de Dumont; mais, depuis lors, les communications de M. Staring et de M. Dewalque m'ont conduit à m'en rapporter à leur classement dans les terrains quaternaires.

„Je ne partageais pas non plus l'opinion de Dumont sur la contemporanéité du limon hesbayen et du sable campinien, parce que, partant de l'idée que ce dernier a été remanié par les mêmes eaux qui avaient transporté les cailloux, je trouvais qu'il est contraire aux lois de l'hydrostatique d'admettre que ces eaux avaient déposé du limon dans une partie moins avancée de leur cours, en même temps que plus loin elles déposaient du sable, d'autant plus que Dumont n'appuyait son opinion que sur la liaison qui existe entre ces deux dépôts le long de la limite qui sépare les contrées qu'ils recouvrent. Maintenant je dois avouer que mon opinion se trouve ébranlée depuis que M. Staring (*Verslagen der Academie van Amsterdam*, 1865) a émis l'idée que les sables campiniens, qu'il range dans son zand-diluvium, sont dûs à un phénomène différent de celui qui a transporté les cailloux ardennais. Si j'hésite encore à me prononcer dans ce sens, lorsqu'une autorité aussi imposante a parlé, c'est que je me suis dit qu'il ne serait pas impossible que le savant géologue néerlandais eût été influencé par une tendance à étendre le domaine du zand-diluvium qu'il a si bien étudié dans la Néerlande, dans la basse Allemagne et dans le Danemark, contrées où les cailloux sont venus du nord, tandis qu'en Campine et en Flandre ils sont venus du midi. Du reste, cette hésitation de ma part ne fait rien au classement indiqué ci-dessus, puisque le zand-diluvium de M. Staring appartient au même groupe de terrain que mon diluvion de Belgique et contient les mêmes restes organiques.

„Je crois encore devoir ajouter que la dénomination de sables campiniens ne me paraît pas très convenable, parce que je crois que les sables remaniés en Campine par les eaux diluviennes ne forment qu'une pellicule très mince au-dessus des sables pliocènes, et qu'une grande partie de cette pellicule a ensuite été remaniée par les vents et les eaux de la période actuelle, de sorte que les sables qui forment le sol de la Campine appartiennent, selon moi, aux trois périodes tertiaire, quaternaire et moderne."

Remarquons ici que le géologue que je viens de citer, hésitait à admettre l'état remanié du sable campinien et son identité avec le zand-

diluvium de Staring, peut-être parce que Staring croyait que l'on devait rechercher l'origine de son zand-diluvium dans l'action *de la pluie et de la gelée* sur les dépôts de diluvium graveleux et caillouteux. Il se peut toutefois que le grand géologue belge aurait été d'une autre opinion, si mon regretté ami Staring avait exprimé l'idée que l'origine du sable remanié était due à l'action destructive *des eaux de la mer* sur ces masses diluviennes, comme c'est mon opinion.

M. Dewalque s'exprime ainsi sur le sable campinien: [1]) „Le sable campinien de Dumont, ou sable de Campine de M. Omalius d'Halloy, forme l'extrémité occidentale d'un vaste manteau sableux, qui s'étend du nord de la Belgique dans la Hollande et dans le nord de l'Allemagne, sur le rivage de la mer Baltique. Il donne lieu à une région unie et stérile, couverte de bruyères ou de marais tourbeux, excepté dans les Flandres où le travail persévérant de nos agriculteurs a fini par le rendre assez fertile. Il est limité chez nous, d'un côté par les dépôts récents de la côte et la frontière néerlandaise, de l'autre par une ligne qui va de Dixmude à Maestricht, par Ypres, Courtray, Audenarde, Alost, Malines, Louvain et Hasselt.

„Ce système est formé de sables divers, meubles, généralement à grains moyens et de couleur claire, quelques-uns sont plus fins, purs ou argileux. Leur mobilité est telle que, sur certains points stériles de la Campine, le vent les soulève en nuages, et en forme des monticules qui peuvent être considérés, ainsi qu'on l'a dit depuis longtemps, comme de véritables dunes terrestres; il en résulte qu'il est impossible d'y séparer ce qui est vraiment quaternaire de ce qui a été remanié à l'époque moderne. La présence des matières tourbeuses leur donne fréquemment une couleur brune ou noire plus ou moins prononcée, mais qui disparaît par le lavage: on prétend même que les sables les plus noirs deviennent ainsi les plus blancs. Après cette opération, ils sont parfois assez purs pour être employés dans les verreries." Et ensuite p. 243 de l'ouvrage cité: „Le diluvium caillouteux dont nous avons indiqué la présence dans les monticules de la campine limbourgeoise, *passe sous le sable campinien* [2]) et nous considérons les graviers et cailloux roulés, que nous venons de citer à la base de ce système, comme le prolongement, dans la partie occidentale de notre pays, de cette formation." Ceci est en tous points applicable aux dépôts de diluvium remanié dans la Néerlande. Enfin p. 259 M. Dewalque dit: „Nous avons déjà mentionné l'existence de dunes à l'intérieur du pays, sur

[1]) DEWALQUE, Prodrome, p. 241. [2]) Nous soulignons.

le sable campinien. Dumont en a figuré un grand nombre sur sa carte géologique. Beaucoup sont disséminées; les autres sont accumulées sous forme de petites chaînes plus ou moins nettes, notamment vers Herenthals, Moll, Lommel, Hechtel et Neeroeteren. On assure qu'on en voit se former et disparaître d'une année à l'autre; néanmoins, la plupart semblent aussi fixées que les dunes du littoral. L'époque et le mode de leur formation ne sont pas encore suffisamment connus." J'espère qu'à présent l'éminent géologue belge sera de mon avis, c'est-à-dire que les dunes terrestres du sable campinien ne sont que des collines de sable remanié, accumulées par les vents, et que l'époque de leur formation doit être fixée après l'époque glaciaire et avant ou dans les premiers temps de l'alluvium. Enfin M. Mourlon [1]) dit: „La basse Belgique ainsi que la province de Limbourg présentent *au-dessus* d'un mince dépôt de cailloux roulés une nappe de sable campinien, limitée par les polders dans le voisinage de la mer."

Le sable de Campine prend, dans le Limbourg et dans la basse Belgique, exactement la place du limon hesbayen: il repose directement sur les cailloux roulés. Nous avons vu que le sable remanié néerlandais contient des restes de mammouth, de rhinocéros, de cerf, etc. Nous avons appris par M. Dewalque [2]) que des ossements et des dents de mammouth, de rhinocéros etc. se trouvent dans le sable campinien de la Belgique, notamment dans les sables très-glauconifères de Lierre, mais l'auteur y ajoute: „en dehors de ces circonstances, les sables de la Campine sont complètement privés de fossiles."

Nous venons de voir que l'on trouve rarement des cailloux dans les dépôts de diluvium remanié, et nous savons de même que de grands blocs de granite sont extrêmement rares dans le diluvium méridional. M. Dewalque en parlant des cailloux roulés de l'Ardenne dit: „On trouve quelquefois, au milieu des cailloux roulés, des blocs beaucoup plus volumineux et à peine arrondis dont la provenance est la même. Ils ont été considérés comme transportés par des glaçons, et appelés en conséquence, blocs erratiques. La réalité de ce mode de transport ne nous semble pas à l'abri de contestation. [3])

Staring parle d'un grand bloc trouvé près de Maestricht et d'un autre près d'Oudenbosch non loin de Breda, et dit ensuite que „ces blocs doivent avoir été transportés par hasard. Au premier endroit on n'a jamais entendu parler d'un second échantillon, et au dernier endroit on ne trouve pas le diluvium caillouteux qui, vers l'occident, ne se présente pas

[1]) Patria Belgica, première partie, p. 177 et 184.

[2]) Dewalque, Prodrome, p. 243. [3]) Dewalque, Prodrome, p. 238.

plus loin que près de Reyen et Teteringen." [1]) J'ai eu l'occasion de rassembler quelques particularités de ce bloc erratique d'Oudenbosch. On me l'a offert pour le musée Teyler, croyant avoir affaire à un météorite énorme. Ce bloc de pierre a été trouvé à une profondeur de quelques pieds dans le sable, il y a une trentaine d'années. Il va sans dire qu'un tel bloc de pierre, gisant dans une contrée totalement privée de blocs erratiques et même de cailloux de quelque grosseur, devait fixer l'attention des habitants d'Oudenbosch. Il est même étonnant que l'on n'ait pas inventé à l'égard de ce bloc une légende dans laquelle le diable jouait un rôle. Au contraire, les villageois d'Oudenbosch pensent que cette pierre leur est tombée du ciel, ils y voient un aérolithe, et ils ont donné le nom de *donderakker* — champ du tonnerre — au champ qui recèle le bloc. Il a une longueur de 1,60 m., une largeur de 1,40 m., et une hauteur de 1. m. On évalue sa pesanteur à 7000 kilogrammes. C'est un bloc granitique de l'espèce que l'on nomme granite gris, composé de feldspath blanc, de quartz jaunâtre et de mica noir. Sans doute cette pierre lourde n'a pas été transportée par l'homme. On pourrait admettre que dans la période glaciaire une glace flottante du nord de l'Europe a flotté jusqu'à cet endroit, avant de se fondre et de laisser tomber ou échouer sa cargaison, et alors nous aurions ici aux environs d'Oudenbosch un dépôt de diluvium entremêlé, un mélange de diluvium septentrional et méridional. Seulement on pourrait trouver encore une autre explication de la présence de ce bloc erratique à cette place. M. Bayfield [2]) a reconnu que les glaces qui se forment sur les lacs et les fleuves du Canada, à une époque où les eaux sont généralement très basses, renferment des blocs de pierre qui se trouvent sur les bords et sur les hauts fonds, blocs qui sont ensuite soulevés avec les glaces lorsque la fonte des neiges augmente le volume des eaux. Cette explication est peut-être applicable dans le cas du bloc d'Oudenbosch. En admettant que la Meuse a été un jour dans le cas des rivières du Canada d'à présent, le transport de cette pierre des montagnes de l'Ardenne jusqu'à la plaine des environs de Breda, est parfaitement compréhensible: elle est arrivée ici avec les autres matières qui forment le diluvium méridional du Brabant septentrional, c'est-à-dire au moyen des eaux de la Meuse. N'oublions pas que M. Dupont prétend que les eaux diluviennes auraient à diverses reprises porté le niveau de la Meuse à 100 mètres et plus au-dessus de son niveau habituel, donnant

---

[1]) STARING, Bodem van Nederland, T. II, p. 78.

[2]) Mém. Soc. Géolog. de Lond. 6 Jan. 1836.

ainsi à son cours une largeur de 10 à 15 kilomètres. [1]) On ne s'étonnera plus que de tels cours d'eau puissent charier des blocs de pierre énormes et de grandes glaces flottantes servant de radeaux. Toutefois il y a ici une grande difficulté; en admettant que ce bloc de pierre a été charié par les eaux de la Meuse, on devrait avoir la certitude que, dans l'époque diluviale, il se trouvait quelque part dans l'Ardenne du granite comme roche cohérente. Or, on ne rencontre point, que je sache, de granite parmi les cailloux provenus de la contrée nommée. Je suis donc enclin à regarder le bloc erratique d'Oudenbosch comme celui de tous les grands cailloux du diluvium septentrional qui s'est avancé le plus loin vers le sud-ouest.

Nous avons vu plus haut que l'on trouve dans quelques endroits du diluvium remanié des bancs d'argile ou plutôt d'un limon argileux. Il serait très intéressant de savoir si le limon de notre sable remanié est analogue au limon hesbayen de la Belgique. Si notre limon disposé en lits dans le dépôt sableux est identique au limon hesbayen, sa position pourrait servir peut-être à résoudre la question qui occupe encore les géologues belges, c'est-à-dire la contemporanéité du limon hesbayen et du sable campinien. On sait que c'était l'opinion de Dumont. Ce savant a dit que le limon hesbayen est une formation d'eau douce qui présente les caractères d'un delta, et que le sable campinien, situé dans le prolongement de ce delta, est une formation marine. Nous savons qu'Omalius d'Halloy n'admettait pas cette contemporanéité, parce qu'il trouvait contraire aux lois de l'hydrostatique d'admettre que les eaux avaient déposé du limon dans une partie moins avancée de leurs cours, en même temps que plus loin elles déposaient du sable. On sait de même que M. Dewalque, après avoir fait observer que Dumont, peu de jours avant sa mort, a dit à feu M. le Hon que le limon hesbayen doit avoir été déposé par une couche de glace, préfère la manière de voir d'Omalius d'Halloy, et qu'il considère le dépôt campinien, sables et cailloux, comme l'atténuation des cailloux et des sables que l'on rencontre sous le limon inférieur de la Hesbaye. M. Delanoue considère le sable campinien comme produit, lors d'un retour de la mer, par la lévigation d'une partie du limon (supérieur) ce qui le rend postérieur. [2]) Et enfin M. Mourlon [3]), en parlant du sable campinien, dit qu'on l'a „regardé comme étant contemporain du limon de la Hesbaye, mais qu'on a récemment émis l'idée qu'il pourrait bien être

[1]) Dewalque, Prodrome, p. 235.

[2]) Dewalque, Prodrome, p. 249, 250.

[3]) Patria Belgica, première partie, p. 184.

cependant un peu plus récent que ce limon." Si des recherches ultérieures se rapportant au limon argileux dispersé dans le diluvium méridional et sous le sable campinien de la Néerlande, prouvent, comme je le crois, que ces lits et ces bancs d'argile sont analogiques au limon hesbayen et que partout ils sont recouverts par le sable campinien, sans doute on pourrait admettre que l'opinion de Dumont est fondée, c'est-à-dire que le limon hesbayen est une formation d'eau douce qui présente les caractères d'un delta, et que le sable campinien est une formation marine horizontale, produite par le balancement des eaux. [1]) Seulement la situation réciproque de ces deux dépôts dans la Néerlande ne nous prouve pas que la première de ces roches (le limon hesbayen) soit située à un niveau toujours plus élevé que la seconde (le sable campinien) comme Dumont le dit: au contraire, partout dans notre pays le sable campinien recouvre des lits d'argile ou de limon. Et ensuite, je ne crois pas non plus que le sable campinien ait été produit au détriment de diverses roches tertiaires: je crois avoir prouvé qu'il n'est autre chose que le détritus des dépôts diluviens, détaché par le balancement des eaux de la mer. Il me semble qu'Omalius d'Halloy n'a pas compris l'idée de Dumont, quand il prétend que, suivant Dumont, les mêmes eaux auraient déposé ces deux dépôts, l'un, le limon, dans une partie moins avancée de leurs cours, et l'autre, le sable de la Campine, en même temps plus loin. Il me semble que Dumont considère le limon hesbayen comme déposé par des eaux douces, par des cours d'eau terrestres, tandis que le sable campinien, d'après ce savant, serait une formation marine. Ensuite, si M. Dewalque, en préférant la manière de voir d'Omalius d'Halloy, considère le dépôt campinien entier, sable et cailloux, comme l'atténuation des cailloux et des sables que l'on rencontre sous le limon inférieur de la Hesbaye, je me permets d'avoir une opinion différente de celle de cet éminent géologue. Je crois que le diluvium caillouteux de la Campine est identique à notre diluvium méridional, que les lits d'argile ou de limon qui se trouvent dans ce diluvium, sont de la même provenance, savoir des roches de l'Ardenne et du Condroz, mais que le sable campinien qui recouvre ce diluvium caillouteux et ces lits de limon, n'est pas contemporain de ces deux formations, qu'il est plus récent, étant distribué postérieurement sur ces dépôts par le balancement des eaux de la mer.

En discutant les théories diverses formées dans le but de donner une explication du mode de formation du sable campinien, nous ne pouvons

---

[1]) DEWALQUE, Prodrome, p. 249.

passer sous silence les idées d'un géologue anglais qui, en 1866, a étudié les lits de sable aux environs d'Anvers, et en a communiqué une notice intitulée: *On the Kainozoic Formations of Belgium* [1]). L'auteur, M. Godwin Austen, va encore plus loin que Staring. Ce dernier savant cherchait, comme on sait, l'origine de son zand-diluvium dans l'action de la pluie et de la gelée sur les dépôts diluviens, M. Godwin Austen soutient que l'existence du sable campinien n'est due qu'à l'action du vent seul. Après avoir donné une description de ce sable aux environs d'Anvers, le savant anglais dit p. 250: „La manière dont ce manteau de sable suit l'élévation de la contrée depuis le nord vers le midi, recouvrant toutes les formations plus anciennes, et son épaisseur considérable comparée avec sa grande étendue superficielle, ne permettent pas de supposer son accumulation par l'eau, ou l'existence d'une Mer Campienne. D'un autre côté, l'aspect et la composition uniforme de ces sables, la manière dont ils sont soulevés par le vent quand ils sont desséchés, prouvent qu'originairement ils ont été un sable de dunes qui a voyagé de la plage vers l'intérieur des terres, dans une condition antérieure de la mer du Nord." Et p. 251 l'auteur dit encore: „Si les sables fins (zand-diluvium) qui dans la Hollande septentrionale (North-Holland) forment les parties supérieures du terrain erratique, sont en connexion avec les sables campiniens de la Hollande méridionale (South Holland) [2]) et de la Belgique, ils présentent une ligne parallèle à celle de la côte du terrain erratique, et alors, comme l'indiquent tous leurs caractères, ils peuvent être les sables, soulevés par le vent, du littoral de cette période et de cette époque où l'hémisphère septentrional commençait à reparaitre au-dessus des eaux — procès qui se manifestait du midi au nord."

Je n'ai pas besoin de dire que je ne crois nullement à l'origine aérienne du sable campinien. Je conçois qu'il est possible, si l'on n'a vu que les dépôts sableux des environs d'Anvers, de présumer leur origine comme des dunes anciennes qui se sont déplacées vers l'intérieur des terres. Mais si l'on a vu les étendues considérables de diluvium remanié dans la Belgique et la Néerlande, des plaines sableuses

---

[1]) Quarterly Journal of the geological Society of London, T. XXII, p. 228.

[2]) L'auteur parle ici de North Holland et de South Holland; il me semble qu'il veut parler des parties septentrionales de la Néerlande, quand il dit North Holland, et des parties méridionales, quand il dit South Holland: dans la province qui porte le nom de Noord Holland en néerlandais, North Holland en anglais, on ne trouve point de zand-diluvium, et dans celle que l'on appelle Zuid-Holland en néerlandais, South Holland en anglais, le sable campinien manque tout-à-fait.

qui, d'après M. Hartogh Heys van Zouteveen, dans la Néerlande seule occupent une superficie de 956040 hectares [1]); si l'on y ajoute dans sa pensée les 72525 hectares de sables mouvants qui sans doute sont composés pour la plus grande partie de sable campinien, et ensuite les dunes maritimes actuelles d'une surface de 93580 hectares — si l'on a étudié l'ensemble de cette masse énorme de sable remanié, on doit avoir la conviction qu'on n'en peut trouver l'origine que dans l'action des eaux sur des dépôts diluviens déposés antérieurement dans la mer. On en est convaincu surtout si l'on voit que partout les masses de sable remanié se sont déposées dans les creux, les fosses, les bas fonds entre les bancs de sable et de cailloux du diluvium, comme doivent l'avoir fait des matières détachées de ces dépôts par le balancement des eaux de la mer.

Si d'un côté je ne saurais être d'accord avec le savant anglais quant à l'origine du sable campinien, d'un autre côté il a toute mon adhésion quand il dit:

„Il est certainement plus ancien que les dépôts de limon des Polders et que leurs équivalents, les tourbières." (p. 250).

„Les sables campiniens et le limon hesbayen ont été accumulés après la formation des cailloux quartzeux ardennais, mais la présence de ces cailloux au-dessous de ces deux dépôts ne prouve pas qu'il y ait une connexion nécessaire entre ces accumulations; il fait présumer qu'elles doivent être à peu près du même âge, et il semble que ceci a été la dernière pensée de Dumont." (p. 251).

„Le limon de Hesbaye, vu en masse, montre qu'il a été déposé par l'eau. Le sable de Campine et le limon de Hesbaye forment, comme l'a dit Omalius, le manteau de la Belgique. Ces deux accumulations ne se recouvrent nulle part, plutôt elles se confondent le long d'une ligne tirée de l'est à l'ouest, le sable se trouvant au nord et le limon d'eau douce au midi. L'opinion de Dumont qu'ils sont plus ou moins synchroniques est fort plausible. (p. 251).

„Le limon hesbayen est un dépôt des eaux turbulantes qui périodiquement à la fin de chaque hiver se répandaient sur la contrée basse (à présent une partie du Brabant et la Hesbaye) entre les pentes du Condroz et les dunes de la côte." (p. 253).

C'était en 1866 que M. Godwin-Austen publiait son opinion sur l'origine aérienne du sable campinien. Tant que je sache, ni M. Dewalque, ni M. Dupont, ni M. Mourlon, n'ont depuis ce temps donné

[1]) Archives néerlandaises des sciences, T. IV.

leur adhésion à cette théorie. A ma grande surprise, elle a été relevée onze années plus tard par deux géologues belges, MM. Ernest Van den Broeck et Paul Cogels. Dans la séance du 2 Septembre 1877 de la Société malacologique de Belgique, M. Van den Broeck a donné lecture d'une notice intitulée: *Observations sur les couches quaternaires et pliocènes de Merœm près d'Anvers.* [1]) Les auteurs disent qu'une excursion faite récemment au fort en construction de Merxem près d'Anvers, leur a permis de constater certains faits assez intéressants, et qu'ils ont relevé les coupes suivantes:

„1°. *A.* Sable meuble et fin, noirâtre à la partie supérieure, devenant jaunâtre vers le bas où se remarquent des taches ocreuses; quelques graviers épars, au même niveau.

„*B.* Sable plus grossier, avec graviers abondants de quartz et de silex. Vers la base, où les graviers forment parfois un lit fort épais, le dépôt est trés altéré et oxydé, comme le montre sa coloration rougeâtre.

„*C.* Argile grise sableuse, avec taches ferrugineuses; assez compacte par places, mais contenant de petites zones *stratifiées* de sable et de graviers. Sous cette couche argileuse, épaisse d'environ 1^m50, l'élément sableux réapparaît peu à peu et, vers le bas de la coupe, on observe un sable quartzeux à grains grossiers, mais non graveleux.

„2°. *A.* Sable fin, noirâtre ou grisâtre, avec taches ocreuses: 0^m90.

„*B.* Sable plus grossier avec traces ligniteuses abondantes [2]) et taches ocreuses: 0^m80. Vers la base, couche de graviers irrégulièrement développée, atteignant parfois 0^m25.

„*C.* Sable argileux jaunâtre avec zones grisâtres, contenant quelques graviers épars: 0^m40.

„*D.* Argile grisâtre plus compacte, avec alternance de petits lits sableux continus; le dépôt est manifestement *stratifié*, surtout à la partie inférieure: 0^m80.

„*E.* Sable jaunâtre assez grossier *stratifié*, contenant des grains glauconieux parfois très gros: 1^m25.

„Les dépôts qui composent ces deux coupes appartiennent à la série quaternaire et représentent le Campinien.

„Les couches supérieures *A* et *B* se présentent sous le facies habituel du sable campinien; c'est un dépôt meuble, non stratifié, que Dumont, d'Omalius et d'autres géologues considéraient cependant comme un

---

[1]) Annales de la Société malacologique de Belgique, T. XII, 1877. Bulletin des Séances, p. LXVIII—LXXII.

[2]) „Ces traces ligniteuses proviennent probablement de la décomposition de racines de l'époque actuelle."

dépôt marin, mais que d'autres observateurs, adoptant la thèse soutenue en 1866 par Godwin-Austen [1]), considèrent avec raison comme un sable de dunes, recouvrant le littoral indiqué par les cailloux et les graviers de la base du dépôt.

„Bien que cette opinion ne soit pas encore très répandue, il est incontestable que tous les caractères du dépôt confirment entièrement cette appréciation [2]).

„Quant aux couches *C*, *D* et *E*, elles ont dû se former sous l'influence de conditions bien différentes; car ce sont des dépôts *stratifiés*, déposés sous les eaux et dénotant, par conséquent, l'existence d'une phase distincte dans le dépôt du Campinien.

„Nous nous bornerons, pour le moment, à signaler cette division très nette des dépôts campiniens de Merxem, ainsi que le développement remarquable des couches argileuses et de gravier intercalées au milieu des sables.

„Nous nous réservons de montrer ultérieurement que ce n'est pas là un fait local, isolé; mais qu'il se reproduit en beaucoup d'autres localités fort distantes, dans la région d'Anvers, et que cette division du Campinien en deux sous-étages mérite d'attirer l'attention des géologues, à cause des conclusions assez importantes qui pourront être déduites plus tard de l'ensemble de nos observations."

Qu'on me permette quelques observations sur les paroles citées ci-dessus. Il paraît que les savants auteurs ne voient pas un dépôt marin dans le sable campinien, parce que c'est un dépôt meuble, non stratifié. On pourrait demander: un dépôt marin ne peut-il pas se présenter non stratifié? Est-il nécessaire qu'un dépôt soit stratifié pour y reconnaître une origine marine? Les sédiments marins qui se forment actuellement sur nos côtes néerlandaises, les bancs de sable et de limon autour de nos îles et dans les Wadden, les dépôts de l'époque actuelle connus en Néerlande sous le nom de *zeeklei*, limon marin, toutes ces accumulations de matières ne se présentent que comme des lits, des couches, des rognons, des lambeaux, remplissant les creux, les fosses, s'étendant en nappe, recouvrant des formations antérieures, mais généralement on ne peut y découvrir de trace d'une stratification, et cependant ce sont des dépôts marins véritables formés sous nos yeux. Et d'un autre

---

[1]) *On the Kainozoic Formations of Belgium*, by Godwin-Austen. — Quart. Journ. of the Geological Society. Vol. XXII, part. 3, No. 87, pp. 228—254. London, 1866.

[2]) „Il importe de ne pas confondre, avec les dunes quaternaires que formait autrefois le sable campinien, les „dunes terrestres" d'origine récente, que le vent édifie, déplace et reconstruit encore actuellement en certains points des plaines de la Campine."

côté, quoique les dunes maritimes actuelles soient sans aucun doute formées par l'action aérienne, cependant on y rencontre quelquefois une espèce de stratification, des couches de sable séparées par un lit composé de terre végétale et de restes de végétaux: ces lits intercalés entre les couches de sable ne sont que des surfaces anciennes qui plus tard ont été recouvertes par le sable soulevé par le vent. Il me semble que la stratification ne nous apprend pas si un dépôt a été formé par l'action de l'eau ou du vent, mais son état non stratifié ne nous apprend non plus s'il est de formation aérienne.

MM. Van den Broeck et Cogels adoptent ensuite sans hésitation la thèse de Godwin-Austen: ils voient dans le sable campinien un sable de dunes, recouvrant le littoral indiqué par les cailloux et les graviers de la base du dépôt. Plus haut j'ai exposé les raisons qui me portent à considérer ces cailloux et ces graviers non comme un littoral, mais comme un lit de diluvium méridional apporté jadis par des rivières, et dont il faut chercher l'origine dans l'Ardenne et le Condroz, et de même j'ai déjà tâché de démontrer que le sable qui recouvre ces cailloux, est un sable remanié par l'eau. Je ne crois pas utile de répéter ici toutes ces considérations; seulement je dois faire observer que nos auteurs, en parlant des couches *C*, *D* et *E*, disent qu'elles ont dû se former sous l'influence de conditions bien différentes, que ces dépôts se sont déposés sous les eaux, et qu'ils dénotent une phase distincte dans le dépôt campinien. Je partage entièrement cette opinion, comme je crois aussi qu'il est nécessaire de diviser le terrain campinien en deux sous-étages, c'est-à-dire l'un représenté par les couches *A* et *B* de nos auteurs, sable meuble et fin, sans cailloux — mon sable remanié — et l'autre division représentée par leurs couches *C*, *D* et *E*, sable et argile avec cailloux — mon diluvium méridional.

Enfin MM. Van den Broeck et Cogels parlent de dunes quaternaires que formait autrefois le sable campinien, et qu'il importe de ne pas confondre avec les dunes terrestres d'origine récente, que le vent édifie, déplace et reconstruit actuellement. Il est certainement possible qu'au temps de la déposition du sable remanié sur les couches à gravier du diluvium méridional, une partie de ce sable a été jetée sur la plage et que le vent en a édifié des dunes; il est possible qu'alors une rangée de dunes s'est formée à l'endroit où l'on trouve à présent Merxem près d'Anvers, comme il s'en est formé une sur nos côtes néerlandaises. Il serait très intéressant de connaître la différence entre ces deux sortes de dunes, et certainement MM. Van den Broeck et Cogels obligeront les géologues en leur offrant ultérieurement leurs recherches sur

ces formations sableuses. Il me semble toutefois qu'il sera bien difficile de prouver d'un point de vue géologique que quelques-unes de ces dunes ont été jetées sur la plage par les eaux de la mer et édifiées par le vent, tandis que les autres ne sont que des accumulations de sable par les vents agissant sur une plaine sableuse dénudée. Surtout il sera très intéressant d'apprendre comment ces savants réussiront à donner une explication de l'existence de graviers épars (dans la couche 1° *A*) et d'un lit fort épais de gravier (dans les couches 1° *B* et 2° *B*) dans un dépôt meuble d'origine aérienne, d'après la théorie de Godwin-Austen, et dont nos auteurs disent „il est incontestable que tous les caractères du dépôt confirment entièrement cette appréciation." Je ne conçois pas que ce *gravier* ait été soulevé et chassé par le vent, comme le sable fin qui forme les dunes terrestres actuelles.

Dans ce qui précède, j'ai tâché de démontrer que le diluvium remanié de la Néerlande et le sable campinien de la Belgique sont identiques quant à leur mode de formation et à l'époque où ils se sont formés. Passons à présent aux dunes maritimes des Pays-Bas: nous verrons qu'elles correspondent parfaitement aux deux formations mentionnées.

DES DUNES MARITIMES.

Le littoral occidental des Pays-Bas, depuis le Cadzand dans la Flandre zélandaise jusqu'aux petites îles qui se trouvent au nord du golfe le Dollart, est recouvert le long de la plage d'une chaîne de collines de sable mobile, que l'on appelle les dunes. En allant du midi au nord on voit des dunes sur les côtes occidentales des îles zélandaises Walcheren et Schouwen, dans les îles hollandaises Goeree et Voorne. Le long de la côte hollandaise, les dunes commencent au Hoek van Holland, pour s'avancer jusqu'au Helder sans aucune interruption, excepté entre Petten et Camperduin, où elles sont remplacées par une digue le long de la mer, appelée la Hondsbossche. Toutefois, cette digue est à présent parfaitement cachée par une énorme masse de sable, des dunes récentes dont nous parlerons plus tard. Ensuite on trouve des dunes dans les îles de Tessel, Vlieland, Terschelling, Ameland, Schiermonnikoog, et les îlots Rottum et Borkum. Entre Schiermonnikoog et Rottum se trouve un grand banc de sable, le Boschplaat, et au sud-est de la première île un autre banc, l'Engelschmansplaat, qui sont tous les deux composés de sable semblable à celui des dunes. Ces deux bancs ne sont émergés que pendant les marées très hautes. Nous ne parlons pas de plusieurs petits bancs, qui entourent les îles nommées ci-dessus.

On sait que les dunes maritimes de notre pays ne sont qu'un chaînon dans la grande chaîne de collines de sable qui s'étend de Calais en France, le long du littoral de la Belgique, de la Néerlande, du Danemark, jusqu'au bras de mer le Skagerrak. Quoique cette chaîne de collines ne soit interrompue que par quelques détroits ou bras de mer assez étroits, ses parties différentes ne sont point du tout partout identiques: il suffit de lire les descriptions des dunes des pays que je viens de nommer, dans les ouvrages de Brémontier, d'Omalius d'Halloy, de Staring, de Forchhammer, d'Andresen, de Dewalque et de tant d'autres savants, pour apercevoir que des circonstances et des influences locales ont joué un très grand rôle dans l'origine et la formation de ces dépôts arénacés, si intéressants pour le géologue.

Quelle est l'origine de nos dunes? Avant de répondre à cette question, il sera nécessaire de voir comment se forment les dunes actuelles, et de prouver que les dunes ne sont, proprement dit, que des bancs de sable jetés sur la plage. Tous ceux qui ont observé les phénomènes du bord de la mer du Nord dans les Pays-Bas, sont d'accord que l'on doit attribuer la formation de collines de sable sur la plage à l'action combinée des eaux de la mer et des vents. L'eau de la mer étant continuellement en mouvement par l'influence des courants marins, du flux et du reflux, des vents qui agitent sa surface, etc. tient toujours en suspension une partie du sable qui constitue le lit de la mer et les bancs de sable qui s'étendent le long de la plage occidentale des Pays-Bas. Les vagues et la marée poussent ces sables et avec eux des débris de coquilles de mollusques et autres petits corps vers la côte, et déposent ces matières flottantes sur la plage. Une partie de ce sable se dessèche lors du reflux ou du refoulement de l'eau, et, sèchée, est poussée vers l'intérieur des terres, chaque fois que le vent souffle dans une direction qui peut favoriser ce transport. Dans notre pays les vents d'ouest sont les plus fréquents; d'après les observations à l'institut météorologique d'Utrecht les vents de nord-ouest, d'ouest et de sud-ouest sont à ceux des autres directions comme 4 est à 3; en même temps les vents d'ouest sont les plus véhéments, et se changent souvent en tempêtes.

Il est curieux d'observer le jeu des vagues avec le sable sur la plage: aussitôt que la vague se retire de la plage, elle laisse après soi un bourrelet très petit de sable mouillé. Une seconde vague suit la première et apporte à son tour un autre bourrelet qui presse et déplace un peu le premier. A peine cette petite quantité de sable est de cette manière pressée hors de la portée de l'eau, qu'elle se dessèche, et que le vent la prend et la pousse vers l'intérieur des terres. Voilà

comment se forment sur la plage des collines de sable mobile, qui atteignent parfois une élévation de vingt, de trente, même de soixante mètres. Pour que des dunes se forment, il faut non seulement un lit de mer sableux et une plage sableuse, mais aussi une position de la côte telle qu'elle soit dans le cas d'être frappée par des vents dont la direction dominante pousse les vagues de la mer et les flots de la marée vers l'intérieur des terres. On sait que les mêmes conditions sont nécessaires pour la formation de bancs de sable d'une forme plus ou moins allongée, situés le long de la plage, et qui se trouvent partout dans la mer du Nord sur le littoral de notre pays, aux endroits où le lit de la mer est sableux. Et voilà pourquoi l'on peut prétendre que les dunes maritimes ne sont que des bancs de sable jetés sur la plage et non soumis à l'action des eaux de la mer, en tant que celles-ci ne dépassent pas leur niveau ordinaire.

Quoique les dunes proprement dites ne se trouvent que sur les terres au-dessus du niveau ordinaire de la mer, et qu'elles doivent leur élévation et leur structure à l'action du vent, néanmoins sur plusieurs côtes à pente douce ou plages, des accumulations de sable ressemblant aux dunes sont formées au-dessous des eaux, à quelque distance du rivage, par les oscillations des vagues: elles sont connues sous la dénomination de bancs de sable. Communément ces bancs sont plutôt des bourrelets, dont la pente la plus abrupte est située vers la mer: leur forme ne diffère de celle des dunes qu'en ce qu'elle est plus basse et plus continue. En général on a observé que ces bancs se déplacent continuellement vers la côte, et qu'ils sont le magasin d'où provient le matériel pour la construction des dunes. En effet les dunes ne sont que des bancs de sable jetés sur la plage, comme nous venons de le dire plus haut.

Le lit de la mer du Nord le long du littoral des Pays-Bas est composé de sable en forme de bancs plus ou moins élevés, et d'une étendue très différente. Ils s'étendent très loin dans la mer, et ne constituent qu'une très petite partie de l'immense surface sableuse qui forme le lit de la partie méridionale de la mer du Nord. Au sud on ne rencontre des roches tertiaires et secondaires qu'aux environs de Calais. A l'ouest le sable recouvre les côtes de l'Angleterre jusqu'à la bouche du Tyne et même plus loin vers le nord. Les côtes orientales sont de même composées de sable jusqu'à l'île de Sylt et près de Jutland.

Le sable forme le sous-sol des dunes littorales, il forme le lit du Dollart, du Lauwerzée, des Wadden, du Zuiderzée, des embouchures des fleuves entre les îles hollandaises et zélandaises. Partout le sable gît ici à la surface, ou il est recouvert d'une couche de limon maritime

ou fluviatile, le produit de l'eau salée de la mer, de l'eau saumâtre des estuaires et de l'eau douce des rivières qui se jettent dans la mer.

Le lit de la mer du Nord se trouve dans les parties méridionales à une profondeur moyenne de 40 mètres. Au nord du Doggersbank, ou plutôt au nord d'une ligne tirée depuis le cap Skagen en Jutland jusqu'à la bouche du Tyne en Northumberland, cette profondeur augmente jusqu'à 200 mètres, pour s'accroître encore au nord des îles Shetlands et près de la côte de Norwége. Cependant entre le Doggersbank et les bancs le long des côtes sud et sud-ouest se trouve une vallée assez spacieuse d'une profondeur moyenne de 200 mètres, tandis que le long des bancs des côtes de Norfolk, de Suffolk, d'Essex et de Kent, se rencontre un chenal de la même profondeur et d'une largeur d'environ 34 kilomètres.

Le long des côtes néerlandaises se trouve une série de bancs de sable oblongs qui, en s'élévant graduellement, se confondent enfin dans cette partie du littoral qui s'élève au-dessus du flux. Cependant un chenal d'une certaine profondeur se voit en quelques endroits entre les bancs et le pied des dunes: en Zélande on lui donne la dénomination de sloe. Par le flux et le reflux ce chenal est obstrué quelquefois pendant une seule tempête, le plus souvent aux dépens des dunes du littoral, ainsi sa profondeur est parfois très variable.

Près de Cap Blanc-Nez les bancs s'étendent en éventail vers l'est et l'ouest, mais près de Dunkerque ils se rangent déjà parallèlement à la côte. Partout le long du littoral des Pays-Bas, où celui-ci n'est pas interrompu par les bouches des rivières ou par les détroits ou les bras de mer entre les îles du Zuiderzée, les bancs suivent le cours de la côte, mais là où elle est interrompue, ils se montrent comme déplacés par les courants d'eau. Ce déplacement se manifeste en donnant une direction vers le sud aux bancs dans les ouvertures ou les détroits de mer du Vlie, du Tessel, des bouches de la Meuse et de l'Escaut, tandis que les bancs entre les îles d'Ameland, de Schiermonnikoog, ceux du Lauwerzée et des bouches de l'Eems, ont une tendance à se déplacer vers le nord.

Nous venons de voir que les bancs de nos côtes sont composés de sable quartzeux pur, entremêlé de coquilles et d'autres restes d'animaux marins. Le limon suspendu dans l'eau de la mer sous la forme d'une vase très légère, ne peut se déposer, à cause du balancement continuel de l'eau, que dans quelques creux et dans quelques chenaux de la Manche. Sur les côtes de l'Angleterre et dans la Manche les bancs contiennent une grande quantité de pierres roulées qui sont dérivées du

littoral voisin, mais dans les bancs de la côte néerlandaise et au milieu de la mer on n'a pas encore trouvé de ces pierres roulées. Cependant il se pourrait que des pierres roulées diluviales se trouvassent quelque part dans nos bancs de sable, surtout si l'on prend en considération que les îles de Tessel et de Wieringen, avec leur sol composé en partie de dépôts diluviens avec des cailloux roulés, s'élèvent au milieu de la mer. Sur la rive nord des îles de Vlieland, Terschelling et Ameland on rencontre quelquefois des galets ou cailloux roulés, qui peuvent être originaires de tels endroits. Partout sur notre littoral on trouve d'autres objets, comme des pièces de bois, des blocs de tourbe, des briques, etc. qui ont été roulés par les eaux, et ont perdu leurs arêtes, leurs angles etc. Surtout on remarque cette action arrondissante, émoussante et polissante des eaux de la mer quand la mer du Nord se gèle pendant l'hiver. Alors la glace qui se forme pendant le reflux, est brisée par le flux, et les glaçons sont roulés par les flots jusqu'à devenir des disques ronds et plats qui s'accumulent comme une digue le long de la plage. A chaque flux nouveau cette digue s'agrandit, et, en se congelant en une seule masse de glace, forme un rempart de glace qui empêchera les eaux de se répandre sur la plage. Quelquefois on voit de ces digues de glace qui ont une longueur de plusieurs kilomètres.

On ne connaît point de bancs dont le sable ne contient des coquilles de mollusques entières ou brisées, mais la quantité et la nature des coquilles sont très différentes. Dans l'analyse chimique le sable des bancs contient de 3 à 10 pour cent de carbonate de chaux, dérivé de ces coquilles. Les coquilles se rencontrent habitées par leurs animaux et par conséquent vivantes, ou elles sont vides. Les bancs de coquilles dans le Zuiderzée et les masses de coquilles rejetées sur la plage de la mer du Nord, procurent la matière première pour les fours à chaux et pour l'endurcissement des routes et sentiers. Il est très remarquable que la masse principale de ces accumulations de coquilles bivalves ne se compose que de quelques espèces, et en même temps que les espèces diffèrent d'après les diverses localités. Les bancs de coquilles dans les Wadden près des îles de Rottum et de Schiermonnikoog se composent [1]) presque exclusivement de *Tellina solidula* Lam. La même espèce se trouve en abondance sur la plage du Bildt dans la Frise, surtout près de Dijkshoek. Sur la rive du Zuiderzée près d'Elburg et de Muiderberg, la mer rejette principalement la *Mya arenaria* L., coquille qui ne se trouve que rarement en dehors du Zuiderzée. Sur la plage

---

[1]) STARING, De Bodem van Nederland. T. I, p. 220.

de la Hollande septentrionale, près d'Egmond, et dans l'île zélandaise de Walcheren, on trouve en abondance le *Cardium edule* L. tandis que plus loin vers le midi, près de Zandvoort et de Katwijk, on rencontre avec le *Cardium edule*, la *Mactra solida* L. et la *Mactra stultorum* L. D'après M. Maitland [1]) le *Cardium edule* prédomine sur la plage hollandaise, et *C. edule*, var. *rusticum* sur celle de Walcheren, tandis que *Mactra crassatella* Lam. serait plus commune que *M. solida*. Dans les fleuves zélandais prédomine la *Trigonella vlana* Lov. qui est rare à d'autres endroits.

On sait que tous les mollusques dont nous venons de parler, vivent enfoncés dans le sable du lit de la mer. Un autre genre de vie est celui de l'huître commune, *Ostrea edulis* L. et de la moule commune, *Mytilus edulis* L. qui toutes deux vivent dans le Zuiderzée et dans les fleuves zélandais, la première vivant en compagnie, attachée à des pierres ou à ses semblabes au-dessous du niveau de la mer, la seconde ne se trouvant que sur des bancs et des hauts fonds qui sont émergés pendant le reflux. Au moyen de leur *byssus* les moules s'attachent les unes aux autres ou à d'autres objets, et s'accumulent ainsi en formant des rognons qui parfois recouvrent une surface assez grande des Wadden. Dans la mer du Nord sur les bancs au nord de Terschelling et même plus loin que les îles à la côte hanovrienne vers le nord, on trouve des bancs d'huîtres qui appartiennent à l'espèce *Ostrea hippopus* L. [2])

Les bancs de sable qui s'élèvent au-dessus des eaux pendant le reflux présentent alors un spectacle très particulier par la multitude de *Nereis pelagica* L. qui recouvrent toute la surface de leurs excréments sableux, comme le ver terrestre le fait dans les prairies. A peine l'eau de la mer a quitté, deux fois par jour, la plaine énorme des Wadden, que les vers de la plage font leur travail quotidien, et en peu de temps toute la surface est recouverte de petits monticules de sable, de sorte qu'il est impossible de poser le pied quelque part sans toucher à ces petites élévations, qui bientôt seront anéanties et balayées par le flux.

Nous nous trouvons dans les Wadden: avant de les quitter, jetons encore un coup d'œil sur ces plaines remarquables et curieuses. A l'exception de quelques chenaux étroits, les Wadden tombent à peu près totalement à sec pendant le reflux. Alors la surface est si sèche qu'il serait possible de se promener de la côte de Groningue jusqu'à l'îlot de Rottum, si l'intervalle des deux flux n'était pas trop court pour une

---

[1]) Bouwstoffen voor de Fauna van Nederland, T. II, p. 77.

[2]) STARING, De Bodem van Nederland, T. I, p. 223.

telle excursion à pied. Quelques chenaux assez profonds et qui ne perdent pas leur eau empêchent le voyageur d'aller régulièrement, pendant le reflux, de Hornhuizen à Schiermonnikoog ou de Holwerd à Ameland.

Aussitôt que les Wadden commencent à devenir sèches, la vie de la nature s'y manifeste, et forme un contraste frappant avec le silence absolu qui règne ici quand la mer est haute. Des milliers de petits cours d'eau portent, en ruisselant, l'eau dans les chenaux. Partout on entend le murmure des bulles d'air qui s'échappent des trous des vers qui vivent dans le sable. Avec l'eau les poissons et les phoques se sont retirés, et ont fait place aux oiseaux sans nombre, qui en criant et en remuant vont chercher leur nourriture dans le sable humide. Voici quelques goélands à manteau bleu, *Larus argentatus*, se promenant gravement et cherchant des poissons attardés dans les creux. Là-bas un huîtrier, *Haematopus ostralegus*, va le long des canelures: il becquette des mollusques cachés dans leurs coquilles. Au-dessus des flaques d'eau volent en criant des hirondelles de mer, *Sterna hirundo*, et tombent dans l'eau pour attraper quelque poisson malheureux: ils le porteront ensuite à leur couvée dans l'îlot de Rottum. Des barges, *Limosa aegocephala*, remplissent l'air de leurs cris aigus et monotones, variés par le bruit du gourlieu, *Numenius phaeopus*. Cela dure pendant environ trois heures. Mais voilà le flux qui vient. Maintenant l'eau se répand de nouveau sur la plaine. D'abord les canelures, les petits chenaux, se remplissent, bientôt ils ne peuvent plus contenir l'eau, ils débordent. En même temps la grande masse d'eau arrive, elle monte, les flots s'accumulent, et bientôt toute la plaine qui, un moment auparavant, semblait être un désert de sable aride, est une mer immense avec quelques îles basses à l'horizon. Alors les oiseaux cherchent un refuge sur les terres; les poissons et les méduses repeuplent les chenaux, ils nagent au-dessus des bancs; çà et là un phoque fait voir sa tête lisse et ses yeux intelligents au milieu des vagues, ou il fait résonner son aboiement au lointain. Pour jouir de la beauté du spectacle superbe de la nature des Wadden on doit se trouver ici pendant le reflux, en été, au soleil levant quand l'air est serein; le flux, au contraire, doit être vu en automne pendant une tempête, au crépuscule quand le ciel est nuageux.

Dans certaines conditions le sable s'accumule au-dessus du niveau de la marée haute, sur les plages de la mer. Aussi longtemps que le sable reste humide par l'arrosement ou par l'attraction capillaire, il n'est pas attaqué par les courants de l'air, mais aussitôt que l'eau se retire suffisamment pour permettre au sable de se dessécher, ce dernier devient

la proie des vents et est poussé sur la pente douce de la plage vers l'intérieur des terres jusqu'à la rencontre de pierres, de végétaux ou d'autres obstacles, et de cette manière se forme une accumulation de sable qui constitue le fondement d'une dune. Toute petite que soit l'élévation créée de cette manière, elle sert toutefois à empêcher ou du moins à retarder la marche progressive des grains de sable qui sont poussés contre sa face tournée vers la mer, et à protéger contre l'influence du vent les particules qui se trouvent plus loin ou les grains qui roulent par-dessus sa crête et tombent ensuite derrière elle. Si la plage au-dessus de la ligne de haute marée était parfaitement plane et lisse, si les graminées et les arbustes sur la plage étaient de hauteur égale, si le sable rejeté par les vagues était uniforme de grosseur et de pesanteur dans ses grains, si ce sable était distribué également, et que l'action du vent fût constante et régulière, un bourrelet de sable se formerait sur la plage, mais un bourrelet partout égal de hauteur et de largeur. Mais de telles conditions constantes ne se rencontrent nulle part. Les rangs de dunes sont courbés, brisés, de hauteur différente; les collines sont quelquefois arides, d'autres fois vêtues de plantes d'une structure différente et de dimensions diverses; le sable rejeté de la mer est variable de caractère et de quantité, et les vents sont inconstants et changeables. Par ces différentes causes les dunes, au lieu d'être des collines uniformes, sont des rangs irréguliers de monticules de sable, séparés par des dépressions ou des vallées d'une étendue et d'une profondeur très diverses.

M. Ad. Duclos [1]), en parlant des bancs de sable et des dunes de la Flandre, dit: „Dans notre imagination la mer du Nord est devenue sèche: nous nous trouvons à une dizaine de lieues d'Ostende sur le lit de la mer, plus loin que les bancs de sable. Le lit est composé de sable; ici nous ne voyons point de falaise rocheuse, comme dans quelques autres mers, seulement du sable avec des fragments de coquilles, des arêtes de poisson, des cailloux roulés par l'eau, des morceaux de bois qui sont les restes de navires échoués, ou qui ont été traînés vers la mer par les courants. Mais passons: nous sommes sur le sable marin, regardons bien ce sable, cela nous servira plus tard.

„Nous montons vers les terres. Comme le lit de la mer est desséché, dans notre imagination toujours, nous pouvons avancer à notre aise. Nous gravissons une pente rapide et nous arrivons sur les bancs. Ici nous devons monter et descendre à tour de rôle. Notre promenade nous fait songer que nous nous trouvons dans les dunes de la Panne, et l'on

[1]) Duclos, De oude kuste van Vlaanderen, p. 40.

dirait que ce banc là est le Hoogenblekker. En effet, les bancs s'élèvent et s'abaissent, ce sont des dunes qui gisent sous l'eau. Si l'eau les recouvre, alors les creux entre les élévations sont des chenaux, des geulen. Maintenant nous avons passé les bancs et les chenaux, et nous sommes sur la plage. Devant nous, si nous regardons vers les terres, se trouvent les dunes. Voici des collines et des vallées, des monticules et des champs. Ici nous voyons exactement l'analogue de ce que nous avons vu au-dessous de la plage, quand nous montions les bancs et descendions dans les creux. Si la mer s'élevait à quelques brasses de plus que de coutume, nous verrions ici des bancs et des *geulen*, au lieu de dunes de sable, avec des hauteurs et des profondeurs. Au contraire, si la mer disparaissait tout à coup, les bancs actuels deviendraient un autre rang de dunes d'une largeur d'une ou de deux lieues en avant de la côte." On pourrait dire pareille chose du littoral de la Néerlande: ici, comme ailleurs, les dunes sont des bancs de sable jetés sur les terres, et les bancs de sable sont des dunes situées au-dessous du niveau de la mer.

Les dunes sont des collines et des plaines sableuses. Les dernières se trouvent particulièrement au pied interne des collines, ou forment des vallées plus ou moins grandes entre les hauteurs. En général la chaîne des dunes a la forme d'une digue haute, ou plutôt d'un rang de tertres posé le long de la côte. La pente interne des dunes est quelquefois remarquable par son approchement de la ligne verticale. On le voit particulièrement aux dunes entre le Koegras et la mer. Pendant une distance de $1\frac{1}{2}$ kilomètre les dunes ont ici une pente rapide d'une hauteur moyenne de vingt mètres. Nous devons chercher la cause de cette pente assez régulière dans le fait qu'en 1610 on a construit à cet endroit une digue qui a été le noyau de la chaîne de collines que nous voyons actuellement ici. En général on remarque au bord de la mer une chaîne de dunes qui est séparée de la masse des dunes par une vallée oblongue assez profonde: on donne communément à cette rangée le nom de strandreep, la bande de la plage.

La largeur de la chaîne des dunes est très inégale. Tandis que, près de Calandsoog, elle n'est large que de quelques mètres, elle l'est de plus de cinq kilomètres près de Velsen et d'Overveen. Elles ont aussi cette largeur près de Bergen, non loin de l'endroit où elles manquent à peu près totalement, savoir près de Camperduin. En général on peut dire que les dunes ont une largeur moyenne de cinq kilomètres, si l'on rattache aux dunes la bande de terre sableuse au pied interne de ces collines, qui est à présent cultivée et boisée. Aux endroits les plus

larges de la chaîne des dunes elle est formée de plusieurs rangs de ces collines, qui s'entassent les unes contre les autres, laissant entre elles des vallons plus ou moins spatieux, qui portent en néerlandais le nom de duinpannen.

Nous ne connaissons pas avec exactitude les hauteurs des dunes. Parmi les collines les plus élevées nous citons: la dune près du village de Terschelling, le Camperduin près de Petten, quelques dunes près de Velsen et Bloemendaal, la dune nommée le Blinkert près de Kraantjelek, la dune à côté du bassin de l'aqueduc près de Vogelenzang, les dunes de 's Gravesande, etc. Vraisemblablement les plus hautes dunes ne dépassent pas 60 mètres d'altitude. Si les dunes nous paraissent plus élevées, surtout lorsque, stationnant sur leurs sommets, on regarde la contrée environnante, on doit l'attribuer au contraste avec la surface plane de la région basse qu'on a à ses pieds.

Le sable des dunes est formé presque exclusivement de grains quartzeux à bords et angles émoussés; il est coloré brunâtre çà et là par des matières ferrugineuses, et mêlé souvent d'une faible proportion de débris calcaires. Ces débris ne sont que des fragments de coquilles de mollusques, visibles à l'oeil nu. Toutefois ces débris ne se trouvent pas partout dans le sable. Près d'Overveen l'on rencontre des débris calcaires même sur les sommets des collines; dans le Koningsduin près d'Egmond on les trouve en abondance, tandis que l'on n'en voit point de trace dans les dunes internes entre Haarlem et Warmond. On peut admettre que ces débris de coquillages sont provenus du lit de la mer avec les grains de sable, mais on ne doit pas oublier que plusieurs de ces fragments peuvent avoir fait partie de coquilles d'escargots, comme le *Helix ericetorum* Mull. qui vit en abondance dans nos dunes. Il se peut aussi que quelques fragments de coquilles aient été apportés sur les sommets par des oiseaux riverains: Forchhammer [1]) dit que le huîtrier, *Haematopus ostralegus*, porte sur les dunes les huîtres qu'il vient d'attraper, qu'il dévore l'animal et abandonne la coquille.

Le sable des dunes consiste, comme nous venons de voir, en grains de quartz roulés. Kohl exprime sur l'origine et le caractère du sable des dunes quelques idées poétiques qui méritent d'être citées:

„Le sable était composé de quartz pur et transparent. Je ne pouvais observer ce sable sans la plus grande admiration. S'il est le produit des vagues qui ont brisé et pulvérisé des silex et ont broyé des

---

[1]) Neues Jahrbuch v. Leonhardt & Bronn, 1841, p. 3.

fragments de quartz, en les frottant les uns contre les autres, certainement c'est un résultat qui n'a pu se produire que pendant le cours de siècles innombrables. Il n'est pas nécessaire de nous élever aux astres, à leurs magnitudes incalculables, à leurs distances immensurables et à leurs nombres incomptés, pour s'étonner et admirer. Ici, sur la terre, dans ce sable si simple, il y a assez de miracles. Songez au nombre de grains de sable renfermé dans une seule dune, et puis à celui de toutes les dunes de cette côte large et étendue, sans parler des innombrables grains de sable dans les déserts de l'Arabie, de l'Afrique, de la Prusse, ah! cela suffit à confondre la fantaisie la plus exagérée! Combien de temps les vagues doivent avoir été soulevées et abaissées pour accumuler ces vastes monts de grains de poussière!

„Pendant tout le temps que je passai sur ce rivage, je tenais toujours un peu de sable dans mes doigts, le roulant et le frottant et l'examinant de tous côtés, tenant un petit grain brillant au bout du doigt, et songeant que peut-être dans ses arêtes, dans ses angles, dans toute sa configuration, il y avait probablement une histoire plus longue que celle de la vieille nation germanique, même peut-être plus longue que celle de la race humaine. Où s'était formé premièrement le cristal de quartz original, dont ce grain est un fragment? De quelle roche cohérente ce cristal formait une partie? Quel pouvoir le détachait? Comment est-il broyé par les vagues, et comment est-il frappé de manière à devenir un grain si petit? Pendant des millions de siècles les vagues le jetaient sur la plage et l'en arrachaient ensuite, elles le roulaient à pic, et le forçaient à faire des milliers de voyages journaliers, pendant des millions de jours. Ensuite le vent le prenait et le poussait, et l'utilisait pour en bâtir une dune. Là dedans il se reposait pendant des siècles, emballé avec ses semblables, protégeant les plaines fertiles, et chéri par les habitants. Mais enfin la mer persécutante le captivait de nouveau, il retombait dans l'eau, et voilà la danse infinie qui recommençait, et de nouveau il était poussé par le vent, et encore il trouvait le repos dans les dunes, la protection et la bénédiction de la côte. Il y a quelque chose de mystérieux dans un tel grain de sable: ma fantaisie voyait dans chaque grain une petite étincelle immortelle, présidant sa destinée, le préservant de destruction. Si nous pouvions armer notre œil d'un microscope et puis plonger notre vue dans une de ces dunes, ce monticule, qui en effet n'est autre chose qu'un amas de petits blocs cristallins innombrables, nous frapperait comme l'édifice le plus merveilleux de la terre. Les rayons du soleil passeraient, en les illuminant, par tous ces petits corps cristallins. Nous verrions la forme particulière de chaque

grain, nous observerions ses petites facettes, oui, nous ferions la découverte que le grain lui-même est composé de plusieurs molécules distinctes." [1])

En général le sable est composé de grains de quartz, mais ceci n'indique pas que les roches d'où ces grains sont dérivés, ont été des quartzites plus ou moins pures, car nous savons que dans plusieurs roches composées, comme par exemple celles du groupe granitique, le mica, le feldspath et l'hornblende ou l'amphibole sont plus aisément décomposés par l'action chimique, ou pulvérisés et réduits en poussière impalpable par l'action mécanique, que le quartz. Par conséquent dans la destruction de ces roches le quartz survivra aux autres ingrédients, et restera sans mélange après qu'elles ont été décomposées et sont entrées dans des combinaisons chimiques nouvelles, ou qu'elles ont été pulvérisées et distribuées ensuite par des courants d'eau.

Les grandes masses de sable qui ne se trouvent pas sur place ont été transportées et accumulées par l'eau et par le vent. En général on considère la première comme la plus importante de ces forces: on suppose communément que les dépôts immenses du Sahara, des déserts de la Perse et de celui de Gobi ont été accumulés et distribués par des courants marins.

Sans doute des influences météoriques et mécaniques réduisent encore tous les jours des roches en fragments, mais la quantité de sable qui à présent est transportée vers la mer, est minime comparée à celle des temps passés, parce que, sans parler de l'absence des forces diluviales, le nombre des grands cours d'eau se jetant directement dans la mer, est beaucoup plus petit qu'il ne l'était dans les périodes antérieures. La formation de plaines alluviales dans les estuaires, par les sédiments dérivés des montagnes, a allongé le cours de ces fleuves; les masses alluviales accumulées dans les embouchures des fleuves ont diminué la pente du lit de toutes les rivières, et par là, retardé le cours de l'eau dans cette partie qui, par les Allemands, a été appelée *l'Unterlauf*, et ainsi les rivières actuelles n'ont plus comme auparavant la force nécessaire pour transporter des matières lourdes. Le limon ou plutôt la vase qui est déposée par les rivières à leur jonction avec la mer, est en général composée d'une matière trop tenue et trop légère pour être appelée du sable, et il est aisé de prouver que les bancs de sable à l'embouchure de plusieurs rivières sont le résultat de l'action de la marée, et ne sont pas d'une origine fluviatile. Par conséquent, les grands dépôts de sable doivent en général

[1]) J. G. Kohl, Die Inseln und Marschen der Herzogthümer Schleswig und Holstein, T. II, p. 200.

être considérés comme étant de formation ancienne et non de formation récente. Plusieurs géologues de renom attribuent les grands dépôts arénacés à l'action diluviale. Staring croit que tous les sables du lit de la mer du Nord, le long de la côte néerlandaise, sont d'origine diluviale. En parlant des rivières de la Néerlande, cet auteur dit qu'elles ne déplacent des masses de sable ou des bancs de sable que très lentement, et qu'elles ne charient pas du sable sous la forme d'une matière suspendue et flottante, tandis qu'il voit dans le sable du lit et des côtes de la mer du Nord le produit des masses du diluvium scandinavien ou septentrional, déposé avant le commencement de la période géologique actuelle.

En beaucoup d'endroits on trouve au-dessous des dunes un lit de tourbe très compacte, appelée derrie en Hollande, dering en Flandre, martörv en Danemark. Cette couche de derrie renferme des restes de mousses, de cypéracées, de roseaux et même quelquefois d'arbres, tels que l'aune, le bouleau, etc. On a observé que cette couche de derrie se prolonge sous le sable des dunes et même jusque dans le lit de la mer.

Le derrie n'est proprement dit que de la tourbe compressée par la pesanteur des dunes, de manière à former à présent une masse noire compacte, composée de restes de végétaux. On sait que dans plusieurs endroits de notre pays les dunes se sont déplacées de la côte vers l'intérieur des terres, et que dans leur marche progressive elles ont dû se fonder sur les terrains bas, les tourbières, les alluvions fluviatiles, etc. à leur pied intérieur, et même on sait que parfois les dunes ont dépassé complétement ces terres basses. A présent en creusant des tranchées profondes dans les dunes, on rencontre souvent ces tourbières anciennes, ces lits de derrie. Ces lits de derrie ne se trouvent pas exclusivement au-dessous des dunes, ils s'étendent même tres loin, comme nous venons de le dire, dans la mer, sous les bancs de sable. En Flandre, quand l'eau est très basse, on voit quelquefois des bancs de derrie sur la plage. [1]) Dans ce pays on brûle du derrie, comme on brûle de la tourbe en Néerlande. Sur la côte de la Flandre la couche de derrie a une épaisseur qui va d'un mètre jusqu'à cinq mètres quelquefois. [2]) Elle gît en général à environ un ou deux mètres au-dessous du niveau ordinaire de la mer; ainsi, comme le dit M. Duclos, on n'a qu'à creuser dans les dunes flandraises pour rencontrer le derrie. Au-dessous du derrie

[1]) Ad. Duclos, De oude kuste van Vlaanderen, p. 50.

[2]) Ant. Belpaire, Mémoire sur la plaine maritime depuis Anvers jusqu'à Boulogne, p. 27.

on trouve du sable recouvert d'une couche de limon fertile. D'après M. Duclos c'est ce sable qui recouvre la haute Flandre, le sable campinien, qui s'étend par toute la Campine, et forme en même temps le lit de la mer à la côte flandraise. [1]) Après une tempête la plage est souvent comme parsemée de morceaux de derrie, détachés du lit de la mer par la force des vagues furieuses. Dans la Frise on trouve souvent de ces fragments de derrie à la plage près de Holwerd dans les Wadden, où ces blocs noirs fournissent parfois un spectacle étrange sur la plage unie, blanche, silencieuse. Le derrie est composé des mêmes plantes qui constituent de nos jours les tourbières basses, savoir des conferves, des *Sphagnum*, des *Hypnum*, des joncs, des roseaux, des plantes aquatiques, comme les potamots, les stratiotes etc. En outre le derrie contient beaucoup de bois, provenu des arbres qui un jour croisaient dans la tourbière. Dans notre pays on donne le nom de kienhout à ce bois du derrie. On a parfois rencontré des troncs d'arbre, la plupart de saules, près du Vogelenzang, à Loosduinen, à Schéveningue, au Helder, etc. On trouve quelquefois aussi des restes d'animaux dans le derrie: près de la Haye on a trouvé cinq bois de cerf dans le derrie, sous le sable des dunes: ils appartiennent au cerf commun, *Cervus elaphus*. A Voorhout on a trouvé des restes de bœuf et de cheval, et près de Wassenaar on a rencontré un arc fait de bois de bouleau, et dans le voisinage quelques os humains: peut-être les ossements de celui qui un jour s'est servi de cet arc de bois.

M. Duclos [2]), en parlant des restes de plantes et d'animaux trouvés dans le dering, dit que la couche inférieure, l'ondermoere, est composée de cypéracées et de roseaux; que plus haut on rencontre des graminées, des arbustes, des noix, des ronces, des vignes, et toute sorte de restes de bois partiellement pourri; que la couche supérieure, le bovenmoere, est composée en général de graminées et de bruyères, ce qui prouve que cette couche a été auparavant une prairie ou un marais. Ensuite l'auteur parle de grands arbres trouvés dans le dering, dans une position qui dénote qu'ils ont crû sur ces lieux mêmes. Ces marais ou ces tourbières anciennes ont été habitées par des animaux. On y trouve des ossements d'écureuils, de cerfs et de castors, tandis qu'à Clemskerke et à Leffinghe on a rencontré des squelettes humains dans les deringmoeren.

La plupart des dunes actuelles sont entièrement dépourvues de plan-

[1]) Duclos, De oude kuste van Vlaanderen, p. 54.
[2]) Duclos, De oude kuste van Vlaanderen, p. 71.

tes, à l'exception de quelques mousses et graminées. On prétend cependant que ces collines un jour étaient boisées. C'est une question intéressante de savoir dans quelle mesure la nudité des dunes actuelles peut être imputée à l'insouciance et à l'avidité de l'homme. Il y a dans la France occidentale de larges rangs de dunes recouverts d'anciennes et d'épaisses forêts, tandis que les collines de sable récentes entre ces rangs et la mer sont dénudées et totalement privées de végétation; elles s'avancent rapidement vers les dunes boisées, en menaçant d'ensevelir ces dernières sous leurs sables mobiles. La seule différence qu'on puisse trouver entre les dunes anciennes et les dunes modernes, dans les matériaux et dans la structure, c'est que les modernes sont nues et mobiles, tandis que les anciennes sont vêtues de végétation et fixes. On a cru que les habitants primitifs de la Gaule avaient planté des arbres sur les dunes, mais cette supposition n'est pas fondée.

Dans quelques endroits les dunes ont été recouvertes de forêts par la nature, et la rapidité avec laquelle leur surface est revêtue de différentes espèces de plantes arénacées et enfin d'arbres aux endroits où l'homme et son bétail, et surtout où le lapin est exclu, rend cette opinion très probable que les dunes en général se protégeraient elles-mêmes, si elles étaient confiées à l'action tranquille de causes naturelles. Les collines sableuses du Frische Nehrung sur la côte baltique de la Prusse, étaient boisées jadis jusqu'au bord de la mer, et ce n'est que par la destruction des forêts dans le siècle passé qu'elles sont devenues des sables mobiles. Il y a beaucoup de raisons pour croire que les dunes néerlandaises étaient recouvertes de forêts jusqu'après l'invasion romaine. Les vieux géographes, en décrivant ces contrées, parlent de vastes forêts qui s'étendaient jusqu'au bord de la mer, mais les collines de sable mobiles ne sont mentionnées, pour la première fois, que par les chroniqueurs du moyen âge. Staring dit que si les dunes des côtes néerlandaises et françaises dans le temps de l'invasion romaine, avaient ressemblé aux collines mobiles et mouvantes de nos jours, on ne conçoit pas qu'elles auraient échappé à l'observation du géographe Strabon, et le silence absolu de Jules César, de Ptolomée et de l'encyclopédiste Pline à l'égard de ces collines ne serait pas moins inexplicable.

„La langue antique du nord, l'ancien dialecte danois, quoique riche en termes expressifs propres à peindre des scènes de la nature, n'a point de nom pour la dune, et je ne me souviens pas que les monticules sableux de la côte soient mentionnés dans la littérature islandaise. Les Islandais de nos jours, en parlant des dunes de Jutland, les appellent *Klettr*, colline, côte escarpée, et le mot danois *Klit* en est dérivé. Le mot

Düne est aussi d'introduction récente dans la langue allemande. Si l'on avait distingué auparavant les dunes d'autres collines d'après leur tendance remarquable à se mouvoir, sans doute elles auraient acquis un nom spécifique dans les vieilles langues du nord. Aussi longtemps qu'elles étaient des collines boisées, elles n'avaient pas besoin d'un nom propre, mais quand elles devinrent dangereuses, par suite de la destruction des forêts qui les tenaient en place, elles acquirent une dénomination spéciale." [1])

Les dunes changent de place surtout par l'action du vent qui pousse les sables mobiles vers l'intérieur des terres. Si les dunes ne sont pas tenues en place par la végétation, ou du moins par une croûte de terre végétale, elles s'avancent constamment vers l'intérieur du pays. De cette manière elles laissent apercevoir derrière elles des traces d'habitations anciennes ou d'autres marques évidentes de la vie sociale de l'homme primitif, et de l'autre côté elles ensevelissent les champs, les maisons, les églises, et elles changent des districts populeux en des déserts stériles.

Aussitôt que le vent s'élève et souffle en tempête, des nuées de sable volent par dessus les dunes. Les coups de vent sont particulièrement destructifs si, par l'un ou l'autre accident, il y a quelque part dans le sable un creux, une fosse, un trou. Alors le vent a prise à l'intérieur de la dune, le sable se dessèche vîte, et bientôt il est soulevé et, en forme de nuage, il se disperse en grande quantité et très loin sur les champs voisins. Alors la dune est devenue un magasin de sable, un magasin de sable qui rendra stérile les contrées fertiles d'alentour. Le lapin, en creusant dans le sable, est ainsi très fréquemment une cause de la destruction de la dune et de la dépravation des terres derrière elle. Parfois par l'envolement des sables se forment de nouvelles dunes. Si les dunes s'avancent vers les terres, l'homme doit se retirer, il ne peut pas retenir les masses sableuses qui, dans le cours des siècles, ont enseveli plusieurs centaines de kilomètres carrés de prairies fertiles, de champs de blé luxuriants, de forêts centenaires. Ainsi, par exemple, dans l'île de Schiermonnikoog, il y a une trentaine d'années, les dunes du nord de l'île étaient poussées continuellement vers le midi, vers l'intérieur de l'île; elles recouvrirent une très grande partie du sol limoneux fertile, et même on a été forcé de déplacer la moitié des maisons du village pour être à l'abri des nuées de sable, qui menaçaient d'envahir le village entier.

Depuis 1421 jusqu'à 1625 on a été forcé deux fois de déplacer les maisons du village de Petten. On dit que l'église actuelle de Schéve-

[1]) STARING, Voormaals en thans, p. 231.

ningue se trouve à 1800 mètres du lieu où était bâtie l'église précédente. Sur le rivage des îles Voorne et Goedereede on trouve souvent des restes d'habitations, qui auparavant se trouvaient au pied interne des dunes: les dunes ont dépassé totalement ces lieux. De nos jours encore les dunes se déplacent quelquefois très rapidement: en 1799 une armée russe et une armée anglaise mettaient pied à terre sur la côte occidentale de la Hollande septentrionale, aux environs du village de Castricum, et dans les dunes ils livraient une bataille à l'armée française de la république batave. Les morts des deux côtés furent enterrés dans une petite vallée au pied oriental d'une dune très haute. Soixante ans plus tard, cet ancien champ de bataille fut choisi pour servir aux recherches que l'on faisait alors sous la direction de feu le Dr. Staring, dans le but de fixer des semis de pins dans les dunes. En creusant la terre on trouva des squelettes à barbe et cheveux noirs de Russes et de Français et à cheveux roux d'Anglais, mêlés à des sabres, des fusils, etc. Mais on ne les trouvait plus au pied oriental de la dune où ils avaient été enterrés; au contraire, ils gisaient maintenant au pied occidental de la dune, car ce grand monticule de sable s'était promené par dessus le grand tombeau, poussé par le vent d'ouest, dans le cours de ces soixante années.

Partout le long des côtes de la mer du Nord on observe ce déplacement des dunes. Dans les îles le long de la côte de Sleswig-Holstein la mer avançait visiblement vers l'intérieur des terres. Au commencement du dernier siècle, les dunes, qui avaient protégé la côte occidentale de l'île de Sylt, commençaient à s'avancer vers l'orient, et la mer les suivait pied à pied à mesure qu'elles s'avançaient. En 1757 on fut obligé de démolir l'église de Rantum, un village de cette île, comme une conséquence nécessaire de l'avancement des dunes: en 1791 ces collines avaient dépassé le lieu, les vagues de la mer gagnaient si rapidement sur les terres que, cinquante ans plus tard, le lieu où elles se trouvaient était à une distance de sept cents pieds de la côte.[1]) Le même phénomène s'observe sur le littoral de la France. M. Elisée Reclus [2]) dit, en parlant des dunes d'Arvert": Un ancien proverbe, bien connu dans la Saintonge, dit que ,,les montagnes marchent en Arvert." Quelques-unes se sont arrêtées, fixées par des semis, et sont maintenant transformées en simples tertres boisés. Partout ailleurs les dunes d'Arvert marchent encore, et le moindre vent y soulève des nuées de sable, pareilles aux

---

[1]) ANDRESEN, Om Klitformationen, pp. 68, 72.

[2]) Revue des deux Mondes, 15 Déc. 1862, p. 910.

fumées qui tourbillonnent au-dessus des volcans. Nombreux sont les désastres occasionnés par la marche des dunes depuis les temps historiques. L'ancienne ville d'Anchoisne s'est constamment déplacée devant les sables comme l'écume chassée par le flot, et ne s'est définitivement fixée qu'en atteignant l'endroit où s'élève aujourd'hui la ville de la Tremblade. Toutes les rangées de dunes situées autrefois à l'ouest d'Anchoisne entre la mer et les maisons, se sont avancées vers l'est comme une armée en bataille, et, faisant incessamment reculer la population, elles ont rasé les unes après les autres les anciennes demeures. Maintenant qu'elles sont passées, on peut apercevoir çà et là des restes insignifiants de constructions sur l'antique emplacement de la ville disparue; mais la dune a gardé la plus grande partie de sa proie. Plus au sud, le village de Buze a subi le même sort. Enseveli sous une première colline de sable, il commençait à être oublié, lorsqu'en l'année 1698 on vit tout à coup reparaître dans un vallon les murailles de l'église, d'une abbaye et de quelques autres bâtisses, dégagées graduellement par le souffle du vent qui poussait la dune vers l'intérieur des terres. Les paysans des villages voisins eurent à peine le temps d'arracher quelques pierres à ces constructions d'un autre âge, car bientôt un nouveau monticule de sable, marchant à la suite du premier, atteignit les ruïnes qui venaient d'échapper à la terre, et les ensevelit sous son énorme masse. Aujourd'hui ce qui reste de Buze repose, dit-on, sous la haute dune de la Briquette. Ainsi disparut également l'ancien village de Saint-Palais, dont on voit encore l'église, réparée soigneusement pour servir d'amer aux navigateurs. Un hameau de la même commune, le Maine-Gaudin, a été pareillement englouti, et récemment encore les dunes de Saint-Augustin marchaient à l'assaut des campagnes d'Arvert avec une vitesse de 30 à 40 mètres par année." Et à une autre page l'auteur poursuit, après avoir parlé de l'ancien Soulac, où, au milieu du XIIIe siècle, Henri III vint s'embarquer avec sa suite pour se rendre à Portsmouth, „en même temps la redoutable chaîne des dunes qu'on avait négligé de fixer ou que peut-être on avait déboisée, s'avançait graduellement, poussée par le vent de la mer. Déjà elle avait atteint l'extrémité de la ville et commencé l'ensablement des maisons, lorsqu'un violent orage la fit marcher comme à l'assaut, et les habitants de la Pompéi girondine eurent à peine le temps de s'enfuir en emportant leur avoir. Le nouveau Soulac, fondé par les fugitifs à peu près à 2 kilomètres au sud-est de la cité ensevelie, n'a jamais égalé la prospérité de son aîné; ce n'est aujourd'hui qu'un mince village sans importance."

Dans le lit de la mer du Nord, à quelque distance de la côte néerlandaise, se trouvent peut-être encore aujourd'hui quelques restes d'un édifice romain. Il porte le nom de Huis te Britten ou Brittenburg, *Arx britannica*, forteresse bâtie aux embouchures du Rhin par les Romains au temps de Caligula. A la fin du dix-septième siècle, la mer avait déjà dépassé ces ruïnes d'une distance de deux kilomètres. En 1694, pendant un reflux très bas, on a vu pour la dernière fois ces restes. On croit que cette construction romaine a été érigée au pied intérieur des dunes: sans doute les Romains ont bâti leur forteresse à l'abri de la mer dans les dunes, et non au pied extérieur des dunes, où elle aurait été exposée à la fureur des vagues. On prétend que dans le troisième siècle, *l'Arx britannica* se trouvait à environ deux kilomètres du bord de la mer. Par conséquent, de l'an 300 jusqu'à l'an 1694, la mer doit avoir gagné sur les terres une distance de 4300 mètres, soit plus de trois mètres par an.

Encore de nos jours les dunes ont une tendance marquée à se déplacer vers l'intérieur des terres. Les opérations cadastrales exécutées en 1877 comparées à celles de 1876 ont prouvé:

1°. que le pied des dunes a perdu 2.48 mètres;

2°. que la ligne d'eau haute a été déplacée vers la mer d'une distance de 3.71 mètres;

3°. que la ligne d'eau basse a été déplacée vers la mer d'une distance de 9.59 mètres;

4°. que le pied des dunes a baissé de 0.37 mètre;

et 5°. que la largeur moyenne de la plage à l'eau basse était de 107,80 mètres, c'est-à-dire de 12.07 mètres de plus qu'en 1876.

En comparant le premier mesurage officiel fait en 1843, avec celui de 1877, il paraît:

1°. que dans le cours de 34 années le pied des dunes a perdu 8,78 mètres;

2°. que la ligne d'eau haute a été déplacée vers la mer d'une distance de 5.86 mètres:

3°. que la ligne d'eau basse a été déplacée vers la mer d'une distance de 11.23 mètres.

La quantité de sable qui est rejetée par la mer est considérable. On en a eu la preuve chaque fois que l'on a pris la peine de retenir ce produit de la mer. En avant de la rue principale du village d'Egmondbuiten, les dunes, la protection naturelle du village contre la mer, commençaient à diminuer, à se perdre; le vent en ôtait journellement des

masses de sable. Afin de forcer le vent d'accumuler des dunes nouvelles, on n'a eu besoin que de placer un paravent de bois de la hauteur de la haute marée à travers la rue. En quelques années une colline de sable d'une largeur de vingt mètres et d'une hauteur de trois mètres, s'est formée en avant du paravent. Au moyen de cloisons de roseau et de planches mobiles on a pu former, dans le siècle passé, à Zandvoort une bande de sable d'une largeur de 70 mètres, et depuis le commencement de notre siècle à l'embouchure du canal de Katwyk une pareille bande de dunes d'une largeur de 70 à 80 mètres. Près de l'hôtel des bains à Schéveningue on a vu se former en une dizaine d'années environ 20 mètres de dunes. Une pente douce, s'étendant de cet hôtel jusqu'à la plage, était séparée du trottoir par une barrière. A présent cette barrière est totalement cachée sous les sables, et l'escalier de pierre, qui autrefois gisait sur la pente, se trouve à présent comme caché dans une rainure profonde, qu'on ne peut tenir dégagée de sable qu'avec beaucoup de peine. En 1844 l'île d'Ameland fut menacée d'une rupture complète entre les villages Nes et Ballum, parce que la mer entamait le rivage méridional, tandis qu'en même temps les dunes du littoral septentrional marchaient et s'envolaient en nuages de sable soulevés par le vent. A présent la mer ne ronge plus le rivage, car on a construit une jetée qui a fait dévier le courant rongeant, et une digue de sable qu'on a posée en travers de l'isthme, a formé un obstacle puissant, de sorte qu'à présent la digue est complètement ensevelie sous des dunes récentes. Dans le dix-septième siècle la mer, deux fois par jour, inondait cette partie de la Hollande septentrionale qui porte le nom de Koegras. En 1610 on a posé une digue de sable le long de la côte, qui pouvait empêcher la mer de couler sur les terres, et en même temps pouvait retenir le sable flottant dans l'eau. A présent on ne voit plus de trace de cette digue artificielle, elle est ensevelie sous une rangée de hautes collines, d'une longueur de huit kilomètres et d'une largeur de trois kilomètres, ce qui donne une superficie de plus de mille hectares de hautes dunes, produites par la mer et le vent. Une rangée de collines de sable, non moins haute et aussi large que celle du Koegras, s'est formée en deux siècles entre Callandsoog et Petten, par la construction de la digue dite le Zijperzeedijk. Sur une carte antique, celle de Douw, qui a été dessinée vers l'an 1660, ces deux endroits sont indiqués comme une plage nue, garnie seulement de quelques petites collines le long de la digue.

Nous venons de voir que le vent pousse les grains de sable. Quoiqu'il soit vrai que le vent puisse soulever des nuées de sable, comme

nous l'avons observé en parlant des dunes terrestres de la Campine, toutefois la marche du sable de la mer vers l'intérieur des terres s'effectue en général d'une manière moins vive: la plupart des grains de sable de la plage sont poussés par le vent sans soulèvement; au contraire, ils sont chassés sur un plan incliné. Brémontier, en parlant des dunes sur le littoral occidental de la France [1]) dit: „Les grains de sable qui composent ces monticules, ne sont ni assez gros pour résister au vent de certaine force, ni assez petits pour en être élevés: ils roulent seulement le long de la surface de laquelle ils sont détachés, et, quoiqu'ils se meuvent très rapidement, rarement ils se lèvent plus haut que de trois ou quatre pouces." Andresen [2]) dit „qu'un vent ayant une vitesse de quarante pieds par seconde est assez fort pour élever des grains de sable à la hauteur des yeux d'un homme, mais que, en général, ils roulent le long des terres et qu'ils s'élèvent à peine à une hauteur d'un mètre au-dessus de la surface. Même dans ce cas leur marche est en sautant, et non persistante, car une petite flaque d'eau on un petit canal arrête complètement la marche, tout le sable s'y engouffrant, jusqu'au remplissage parfait du creux."

La mer ronge les pieds des dunes et change de cette manière la forme de la côte. Le flux quotidien n'arrache pas beaucoup de sable aux dunes; c'est surtout la tempête pendant les hautes marées qui est l'ennemi le plus acharné des dunes. Le vif de l'eau poussé par les vents forts du nord-ouest, acquiert maintefois une élévation de trois, de quatre, même de cinq mètres au-dessus du flux habituel; alors les vagues de la mer roulent avec une force irrésistible vers le rivage, elles attaquent les dunes, et celles-ci doivent perdre d'autant plus de leur masse que leur pente est plus rapide. Le sable des collines tombe sur la plage: le courant de la mer le prend et le transporte au loin. Le courant qui coule le long de la côte hollandaise a une vitesse de 0.4 mètre par seconde: un tel courant est bien capable de transporter de gros grains de sable. Pour protéger les dunes on bâtit dans la mer, perpendiculairement à la côte, des jetées qui se prolongent au loin dans les flots, et qui, du pied des dunes, s'étendent jusqu'à la ligne de la basse marée. On les construit d'osier et de blocaille, le tout revêtu de grands blocs de pierre, soit de grands cailloux, soit de blocs de basalte ou de calcaire carbonifère. Vingt-cinq de ces jetées défendent la digue de mer, appelée la Hondsbossche. Depuis à

[1]) Brémontier, dans les Annales des Ponts et Chaussées 1833, 1e Sém., p. 148.

[2]) Andresen, Om Klitformationen, p. 56.

peu près un siècle, 70 à 80 de ces jetées sont posées près du Helder; elles répondent parfaitement à l'attente, et empêchent le déclin progressif du rivage de la mer. Entre Loosduinen et 's Gravesande, le long d'une distance de 10 kilomètres, le rivage est défendu par 35 jetées. On en voit aussi le long des dunes de Goedereede et de Walcheren. Une telle construction coûte de 36000 à 70000 francs.

Nous venons de voir que les dunes sont des collines de sable aride. Cependant il y a une végétation spéciale qui caractérise les dunes. En général le pied oriental de la rangée est cultivé et boisé. On voit ici de beaux jardins, des forêts magnifiques, de riches villas. Les dunes internes au sud de Haarlem et en général les parties plates au pied interne des dunes, sont mises en culture. On en a fait des prairies, des jardins, des bosquets. Ici, comme aussi dans plusieurs petites vallées des dunes, on cultive d'excellentes pommes de terre, au moyen de l'engrais pris des environs.

Quoique le sable des dunes, un sable presque pur, soit naturellement stérile, toutefois s'il est mêlé de matières argileuses, tourbeuses et surtout d'un engrais convenable, il est assez fertile et même particulièrement propre à la culture de certaines plantes. Ainsi, par exemple, le vaste parallèlogramme de terre, depuis Alkmaar jusqu'à Leyde, entre le pied interne ou oriental des dunes et le chemin de fer qui relie ces deux villes, et dans ce parallèlogramme surtout les environs occidentaux de Haarlem, sont le terrain par excellence où se cultivent ces oignons à fleurs, connus dans le monde entier, les jacinthes, les tulipes, les anémones, etc. Aussi on paye quelquefois dans ces environs, le *bloembollenland* — la terre à oignons à fleurs — 50000 francs l'hectare.

La première plante qui se montre sur le sable des dunes est la *Cladonia rangiferina*. Ce cryptogame forme une croûte sur le sable, qui, par ce moyen, devient fixe et capable de produire d'autres plantes. Dans le sable mobile croît en abondance l'ammophile des sables, *Psamma* (*Ammophila*) *arenaria*, le helm des Hollandais, le Klittag ou le Sandhjelme des Danois, le Dünenhalm ou le Hügelrohr ou le Sandschilf des Allemands, l'hoya ou le gourbet des Français, le marram ou le sea-mat-grass des Anglais. L'expérience a prouvé que cette plante est la meilleure pour fixer le sable, au moyen de ses radices longues et fines. Les dunes qui ne sont plus soumises à l'action des vents, sont parfois couronnées de pins, *Pinus sylvestris*, et couvertes quelquefois de petits bosquets de l'argousier faux-nerprun, *Hippophaë rhamnoides*, un arbuste qui dans notre pays ne croît que dans les dunes maritimes.

Il n'entre pas dans mon dessein de donner ici une liste complète des plantes des dunes des Pays-Bas. Je me bornerai à citer les plus communes: l'épine-vinette, *Berberis vulgaris;* la saponaire officinale, *Saponaria officinalis;* le siléné conique, *Silene conica;* le siléné penché, *Silene nutans;* le *Silene otitis;* le lychnide blanc, *Lychnis vespertina;* le céraiste des champs, *Cerastium arvense;* l'*Erodium cicutarium;* le *Polygala vulgaris;* le pyrole à feuilles rondes, *Pyrola rotundifolia;* l'arabette hérissée, *Arabis hirsuta;* la cardamine velue, *Cardamine hirsuta;* le sisymbre sagesse, *Sisymbrium sophia;* le radis ravenelle, *Raphanus raphanistrum;* la violette hérissée, *Viola hirta;* la violette tricolore, *Viola tricolor;* la bugrane rampante, *Ononis repens;* l'anthyllide vulnéraire, *Anthyllis vulneraria;* l'orpin acre, *Sedum acre;* la ronce bleue, *Rubus caesius;* la potentille printanière, *Potentilla verna;* le rosier très-épineux, *Rosa pimpinellifolia;* l'onagre bisannuelle, *Oenothera biennis;* le panicaut maritime, *Eryngium maritimum;* la carotte commune, *Daucus carota;* le liseron des champs, *Convolvulus arvensis;* la vipérine commune, *Echium vulgare;* l'orobanche de la picride, *Orobanche picridis;* le thym serpolet, *Thymus serpyllum;* la jasione des montagnes, *Jasione montana;* le gaillet jaune, *Galium verum;* la vergerette du Canada, *Erigeron canadensis;* le picride fausse-épervière, *Picris hieracioides;* l'épervière pilosella, *Hieracium pilosella;* l'asperge officinale, *Asparagus officinalis*, etc. Parmi les arbres nous nommons: le saule rampant, *Salix repens;* le peuplier tremble, *Populus tremula;* le peuplier noir, *Populus nigra;* le bouleau blanc, *Betula alba;* l'aune glutineux, *Alnus glutinosa;* le pin sylvestre, *Pinus sylvestris*, etc.

Demandons à présent: d'où est provenu le sable qui forme les bancs dans la mer et les dunes sur la plage? En parlant du diluvium remanié de notre pays et du sable campinien de la Belgique, nous avons vu comment, aux derniers jours de l'époque diluvienne, les dépôts diluviens furent inondés journellement par les eaux de la mer; comment les bancs et les plages d'alors furent entamés par la mer; comment les eaux arrachaient des masses sableuses des terres. Nous savons de même que les matières détachées furent déposées en partie dans les dépressions du lit de la mer, tandis qu'une grande partie fût entrainée vers les endroits qui à présent portent le nom de la Campine belge et néerlandaise. Mais ce n'était pas tout. Des masses énormes de sable suspendues dans l'eau, et poussées vers la mer par le refoulement des eaux, furent entrainées vers l'ouest. Toutefois leur chemin vers l'ouest n'était pas long; bientôt ces sables se déposaient sur le lit de la mer, et formaient des bancs de sable qui,

en s'élévant pendant des siècles, composaient enfin dans la mer une barre, un bourrelet de sable, au-dessus du niveau ordinaire de la mer. Pourquoi ces sables flottants ne cheminaient-ils pas plus loin, pourquoi se formait-il à une certaine distance de la côte un bourrelet oblong? Probablement l'eau chargée de sable flottant rencontrait à un certain endroit de la mer un courant assez fort pour arrêter son mouvement vers l'ouest, un courant assez vigoureux pour empêcher l'eau de couler plus loin. On sait que lorsque deux courants de forces inégales se rencontrent, le plus fort joue à l'égard du plus faible le même rôle que les lacs et les mers exercent à l'égard des cours d'eau qui s'y jettent, savoir que par le choc des eaux les matières solides contenues dans le cours le plus faible, se déposent en forme de bourrelet le long du cours le plus fort. Ce choc des eaux doit être très énergique lors de la rencontre des eaux des fleuves avec celles de la mer, puisque celles-ci sont souvent animées par la marée d'un mouvement en sens contraire. Ainsi se formait dans la mer, à une certaine distance de la côte, une île longue et étroite, un cordon de monticules de sable, une barre de sable, qui séparait de la mer une espèce de lac ou de mer intérieure, une *laguna* comme disent les Italiens, un *Haff* d'après les Prussiens. Aussitôt que ce bourrelet existait, l'eau de la lagune devenait une eau stagnante, non soumise à la marée. Les rivières continuaient cependant à verser leurs eaux dans la lagune et à y déposer leur limon; des couches d'alluvions se formaient, des tourbières apparaissaient consécutivement. Le bourrelet dans la mer défendait ces dépôts récents contre l'action démolissante de la mer. Avant de passer plus loin, nous ferons quelques réflexions sur ce bourrelet de sable.

Tout le monde sait qu'il y a le long de certaines côtes, surtout dans le voisinage des lagunes et des grands cours d'eau, des langues de terre longues et étroites, formant des presqu'îles ou des îles, disposées sur une ligne ordinairement courbe, qui tend à se rattacher à la côte par ses deux extrémités. Ces parties de terre sont désignées par diverses dénominations selon les localités, telles que *Nehrungen* sur les côtes de la Prusse, et *Lidi* sur celles de Vénétie. Ces barres ou cordons ont soulevé beaucoup de discussions parmi les géographes. On a dit qu'on ne concevait pas comment les cours d'eau d'autrefois auraient formé des dépôts plus avant dans la mer que ceux qu'ils ont fait plus tard, et en laissant une grande espace vide entre la côte et ces barres. D'autres ont dit qu'ils ne concevaient pas comment l'action des vagues de la mer aurait élevé un bourrelet de matières solides, qui ne serait point appuyé sur un point fixe. En effet, on voit en général que les matières pous-

sées par les vagues ne s'arrêtent que sur des points déjà fixés, et que les matières qu'elles déposent dans les lieux où il n'y a pas d'obstacles pour les protéger, sont remaniées par les mouvements successifs de l'eau. D'autres ont demandé pourquoi ces bourrelets ne sont pas plus communs; pourquoi il s'en trouve quelquefois dans des positions qui ne sont pas sujettes au refoulement des eaux; pourquoi ils n'ont en général ni augmenté, ni diminué depuis les temps historiques. A ces objections on a répondu qu'on ne doit pas oublier que ces cordons sont des barres formées par des eaux diluviennes; qu'à l'époque des grands courants diluviens il a dû se former, comme dans l'époque actuelle, des bancs et des barres vers les points où ces courants se choquaient avec les eaux de la mer; mais ces barres ont dû se former sur une bien plus grande échelle que celles qui se forment dans nos eaux actuelles, puisque les courants qui ont mis en mouvement des dépôts diluviens, répandus sur des surfaces beaucoup plus grandes que les lits de nos fleuves, devaient être beaucoup plus considérables que ces derniers. On admet aussi que ces courants, ayant une force d'impulsion supérieure à celle de nos fleuves actuels, ont refoulé les eaux de la mer, de manière que le choc et par conséquent la barre ne se seront établis qu'à une certaine distance de la côte et non dans l'embouchure des rivières, comme cela se voit actuellement. Mais tous ces raisonnements sont superflus, puisque nous voyons encore se former aujourd'hui des Nehrungen. On trouve en Europe ces formations aux bouches du Duna, du Memel, du Weichsel, de l'Oder, du Wezer, et partiellement aussi à la bouche de l'Elbe. Tous ces bourrelets de sable séparent de l'océan une mer intérieure, un Haff. L'estuaire des bouches du Bure et du Yare près Yarmouth est une mer intérieure, séparée de la mer du Nord par un bourrelet de collines de sable, de dunes. Au temps des rois saxons le Yare était un golfe qui s'étendait jusqu'à Norwich: l'histoire de ce golfe est pareille en tous points à l'histoire de l'origine des dépôts alluviens des Pays-Bas. Près de Harwich on rencontre une espèce de Nehrung. A la bouche du Severn se forment encore aujourd'hui des dunes, qui tendent à constituer un Nehrung. Les bouches du Rhône présentent plusieurs lagunes ou mers intérieures qui, séparées entièrement ou partiellement de la mer et de la rivière, sont remplies soit d'eau salée, soit d'eau douce, à mesure que la mer pendant la tempête, ou la rivière pendant la crue, dépassent les digues naturelles. Aux bouches du Po l'on remarque des lagunes avec des bourrelets de sable, mais ces lagunes sont déjà remplies en partie par des alluvions, et la rivière a perforé les lidi, pour déposer encore des matières nouvelles à leur pied extérieur.

Au Nil l'on retrouve des situations parfaitement analogues à celles du delta du Rhin, de la Meuse et de l'Escaut. Là, la mer est bornée par une chaîne de dunes, d'une largeur de vingt kilomètres, interrompue par sept détroits, qui livrent passage aux eaux de la rivière. En arrière de la chaîne de dunes s'étendent de grandes lagunes, et puis des couches de limon alluviales. Le sable de ces dunes ressemble en partie à celui de nos dunes maritimes néerlandaises, mais en quelques endroits il s'est changé en un grès calcaire, par l'infiltration de l'eau calcarifère du Nil. De Lesseps dit que l'on croit que ce sable des dunes, de même que celui qui forme le sous-sol des couches de limon, n'est pas amené par la rivière, mais que celle-ci avait déjà rencontré un golfe grand, sableux et peu profond, lorsqu'elle déposa les premières couches de limon, dans la nuit des temps. L'évidence de cette supposition est démontrée par la circonstance que la plage entière de la Barbarie, depuis Tripoli jusqu'à Larache en Maroc, et surtout la rade d'Alger, est composée de sable précisément semblable à celui des bouches du Nil, tandis qu'on ne rencontre aucune grande rivière dans toute cette étendue. Mais dans aucun autre endroit de la terre on ne saurait mieux observer la formation de Nehrungen que dans l'île de Long Island près New-York, aux bouches de la rivière Hudson. Le noyau de cette île semble être une argile tertiaire, recouverte d'une couche de gravier diluvien avec des cailloux roulés, dont quelques-uns sont très grands. Du sable, emporté par l'action de l'eau, constitue la plage et, par l'influence des courants etc. forme des bancs longs et étroits qui s'élèvent au-dessus des eaux et présentent des rangées de dunes. Ces chaînes de dunes sont séparées de la plage par des baies longues et transversales, et qui ne communiquent avec la mer que par quelques bras de mer peu profonds. La formation et l'agrandissement de ces bourrelets de sable dans quelques endroits, et leur anéantissement en d'autres lieux par l'érosion des vagues et la force du vent qui les réduit en poussière, sont très intéressants pour le géologue qui tâche de comprendre comment s'est formé jadis le Nehrung dans la mer diluvienne qui baignait les côtes des Pays-Bas.

Il ne sera pas nécessaire de citer encore des exemples pour démontrer que des bancs couronnés de dunes se retrouvent presque partout où l'on trouve des mers intérieures et des plages sableuses. La pointe la plus avancée, un angle saillant de la côte du golfe, est maintefois le point où commence à se former premièrement le banc et plus tard la chaîne de dunes. Pour le Nehrung qui nous occupe à présent, ce point doit être cherché vraisemblablement dans la Flandre, quelque part aux

environs d'Ostende ou plus loin vers le midi. Le banc commence à se former à un tel point, et agit alors à l'égard des courants comme le font les barrages ou les jetées à l'égard de la rivière. En arrière du banc l'eau devient tranquille, et le sable, tenu en suspension jusqu'à ce moment, se dépose. Aussitôt que le banc est devenu si haut que sa surface atteint le niveau de la marée basse, la formation de dunes commencera, comme nous venons de le voir plus haut. Si la rivière qui se jette dans la lagune n'est pas volumineuse, elle n'aura pas la force de se frayer une embouchure qui coupe la chaîne des dunes, mais si elle mérite le nom d'un grand cours d'eau, elle rompra cette chaîne à différentes places. Quelquefois même elle peut être si forte que ses eaux emportent le banc, au moment où il commence à se former. C'est le cas dans les bouches de la Tamise en Angleterre et de la Seine en France.

Ainsi se formait donc un bourrelet de sable dans la mer du Nord aux derniers jours de l'époque diluviale. Nous avons vu comment ce cordon de bancs de sable dans la mer s'élevait au-dessus de l'eau, par l'accumulation non-interrompue de masses de sable. Nous avons vu comment ce grand cordon de dunes s'est avancé vers l'intérieur des terres, recouvrant en partie les alluvions fluviatiles et marines, les tourbières et les marais qui s'étaient formés dans le lac intérieur, dans le Haff. Ce Haff, cette lagune, cette mer intérieure avait une grande étendue, car les recherches des géologues belges, néerlandais et danois ont demontré que le Nehrung, le lido, a dû s'étendre de la Flandre par la Zélande, la Hollande, le Zuiderzée depuis les Wadden jusqu'au-delà de la ville de Hambourg: ainsi cette mer intérieure embrassait les embouchures des rivières l'Escaut, la Meuse, le Rhin, l'Eems, le Wezer et l'Elbe. L'existence de cette mer intérieure, séparée de la mer du Nord par le bourrelet de dunes dont nous venons de traiter amplement, est démontrée par les recherches des géologues, concernant les sédiments qui plus tard ont rempli et obstrué cette mer. A présent on est en état d'indiquer avec exactitude non seulement ses rives vers les terres diluviales néerlandaises, mais en même temps sa profondeur, car partout où, dans la Zélande, dans la Hollande à l'ouest de Woerden, et dans les alluvions limoneux de la Frise et de Groningue, on creuse à une profondeur d'environ cinq mètres dans les alluvions, on retrouve le lit ancien de la mer, composé de sable et de coquillages. [1]) Dans ces coquilles de mollusques nous avons une preuve concluante de l'existence d'une mer intérieure dont l'eau était saumâtre.

---

[1]) STARING, Voormaals en thans, p. 133.

Ces coquilles ne proviennent pas d'espèces qui à présent habitent la mer du Nord, mais elles appartiennent à des espèces qui vivent actuellement dans les fleuves zélandais et dans le Zuiderzée. Ces coquilles démontrent que la mer intérieure était séparée de la mer du Nord par un cordon de dunes, que ses eaux étaient plus au moins douces, qu'elle était braque, saumâtre, par l'eau douce des rivières qui se versaient dans ce golfe clos.

Une autre preuve encore de la vérité de ce que nous avançons, se trouve dans le limon qui, se précipitant de l'eau des rivières, s'est déposé sur le lit de cette mer. On sait que le limon ne se dépose pas quand l'eau n'est pas en repos. Dans le Zuiderzée, aux bouches de l'Yssel et en d'autres endroits où l'eau est tranquille, où le balancement des eaux de la mer ne se fait presque pas sentir, se forment des bancs de limon, qui bientôt sont revêtus de roseaux et de cypéracées, et alors ces bancs s'élèvent rapidement, parce que l'eau n'est plus en mouvement et que le limon peut se déposer en repos. Si nous trouvons régulièrement que le sous-sol en Hollande, en particulier le sol des lacs desséchés, le Schermer, le Purmer, le Haarlemmermeer, etc. consiste en une couche de limon parfaitement horizontale et qui est supérieure aux lits de sable avec des coquilles de mollusques d'eau saumâtre, nous en devons conclure l'existence antérieure d'une mer intérieure servant de réceptacle aux eaux des rivières.

Cependant, nous ne pouvons parler ici plus longuement des alluvions de notre pays. J'espère avoir l'occasion plus tard de reprendre ce sujet très intéressant. On me permettra de finir ce petit traité par une récapitulation de ce que je crois avoir démontré. Je prétends:

1°. que le zand-diluvium de Staring doit être appelé le diluvium remanié, et qu'il ne s'est pas formé, comme Staring le dit, par l'action de la pluie et de la gelée, ni, comme Godwin-Austen dit, par l'action du vent, mais par l'action du balancement des eaux de la mer;

2°. que le diluvium remanié de la Néerlande est analogue au sable campinien de Dumont en Belgique;

3°. que le diluvium méridional de la Néerlande est analogue au diluvium caillouteux de Dewalque, aux silex et cailloux de Dumont, au sable campinien avec cailloux roulés d'Omalius d'Halloy, à l'étage inférieur de la formation quaternaire, cailloux roulés et sable graveleux, de Dupont;

4°. que les dépôts de la Campine ne doivent pas être considérés comme étant composés simplement de sable avec cailloux et de sable sans cailloux, mais que ces deux étages doivent être séparés d'après leur origine

très différente, l'un, l'inférieur, étant provenu de l'Ardenne et du Condroz au moyen des eaux des rivières, l'autre, le supérieur, étant une formation marine, dérivée des dépôts diluviens antérieurs, par le balancement des eaux de la mer;

5°. que vraisemblablement le sable campinien est postérieur au limon hesbayen;

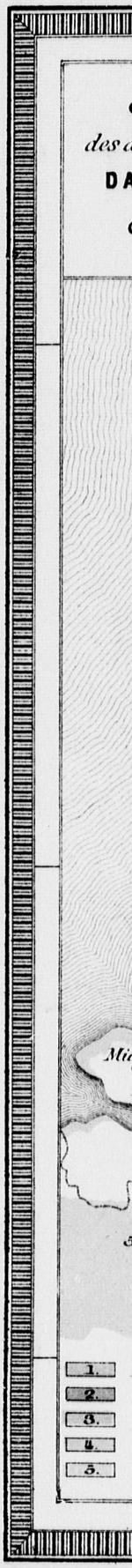
6°. que le sable qui constitue nos dunes maritimes est identique au sable campinien de la Belgique et au sable du diluvium remanié des Pays-Bas;

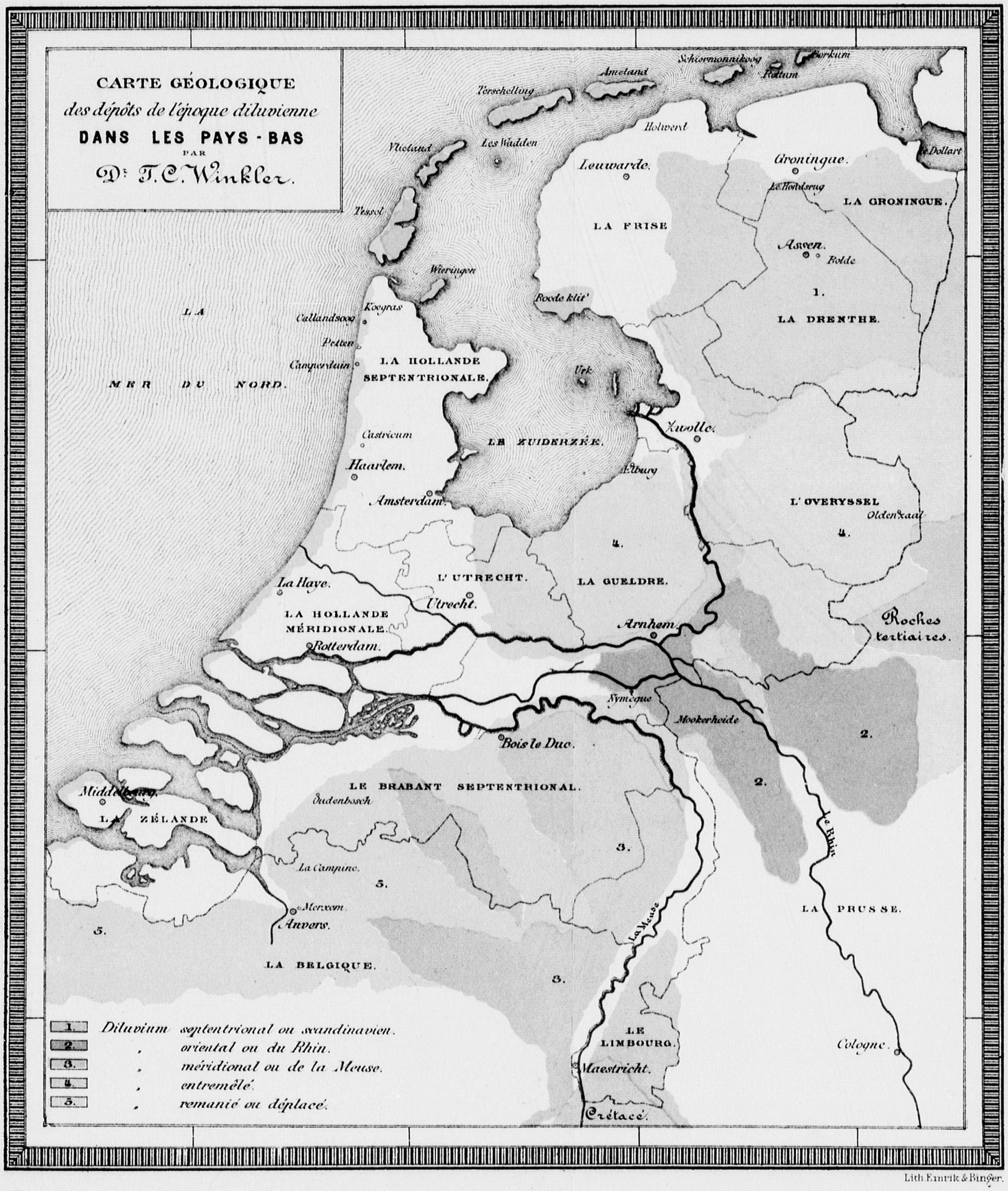
7°. que le cordon ou bourrelet de sables mouvants qui a été le principe de nos dunes actuelles, s'est formé après la formation du diluvium dans la Néerlande, par conséquent dans les derniers jours de l'époque glaciaire ou après cette période;

8°. que les couches alluviales de la Néerlande ne se sont déposées qu'à l'abri de ce bourrelet de sable dans la mer, et qu'ainsi elles sont postérieures à la formation des dunes maritimes.

---

6. 8383 G.


des
DA
1.
2.
3.
4.
5.



Lith. Emrik & Binger.

R
7