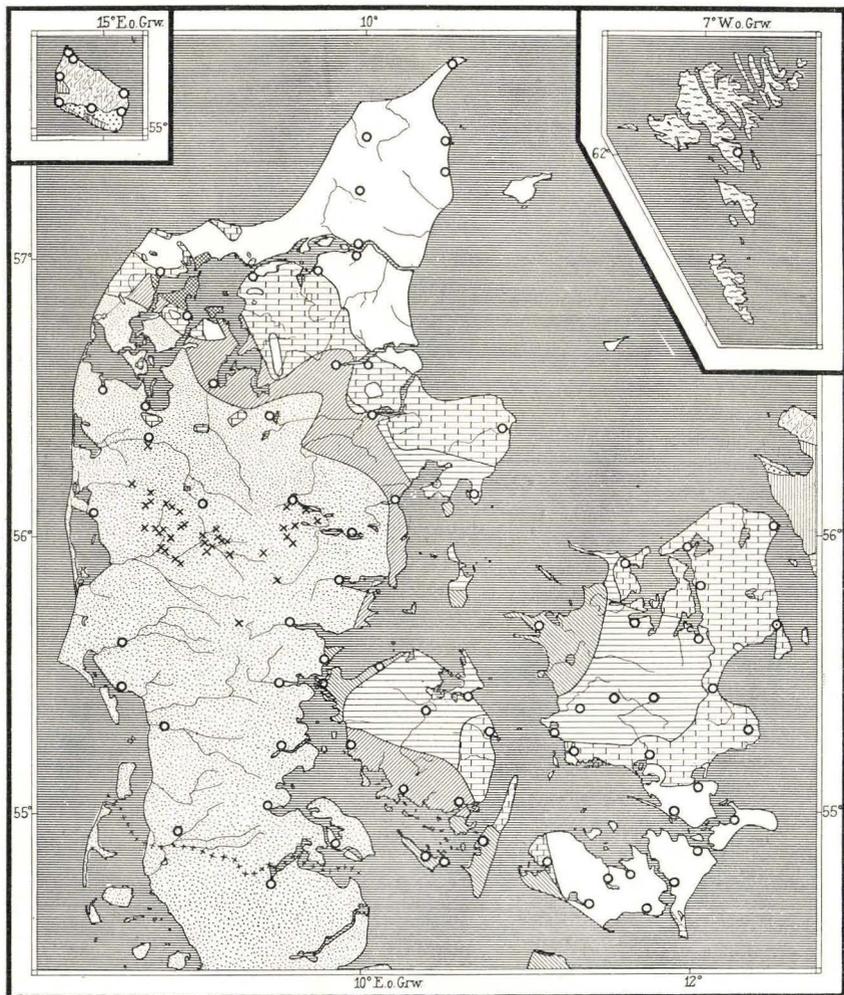


Danmarks geologiske Undersøgelse
V. Række. Nr. 4.

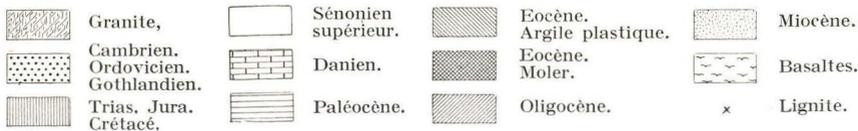
APERÇU
DE
LA GÉOLOGIE
DU DANEMARK





Bornholm.

Le reste du Danemark et l'archipel de Féroé.



Carte du Préquartaire du Danemark.

Danmarks geologiske Undersøgelse.
V. Række. Nr. 4.

Aperçu
de
La Géologie du Danemark.

Collaborateurs

**Johs. Andersen, O. B. Bøggild, Karen Callisen, Axel Jessen,
Knud Jessen, Victor Madsen, Ellen Louise Mertz, V. Milthers,
V. Nordmann, J. P. J. Ravn, Hilmar Ødum.**

Rédigé par
V. Nordmann.

Publié par
Victor Madsen.

Avec deux planches.

Copenhague.
En Commission chez C. A. Reitzels Forlag.

1928.

Préface.

Dix-huit ans se sont écoulés depuis que N. V. USSING en 1910, l'année avant sa mort, fit paraître un Aperçu de la Géologie du Danemark, dans le premier volume du Handbuch der regionalen Geologie publié par G. STEINMANN et O. WILCKENS. Au cours de ces années la science géologique en Danemark a fait des progrès tels que cet ouvrage, excellent pour son temps, a complètement vieilli.

Sur les 70 feuilles à l'échelle de 1 : 100000 de la Carte géologique du Danemark, 37 sont achevées à l'heure actuelle. Il a été publiée une Carte géologique des Systèmes préquartaires du Danemark, élaborée par M. J. P. J. RAVN, principalement sur la base des nombreuses descriptions de forages qui sont conservées dans les archives du Service géologique du Danemark et du Muséum de minéralogie et de géologie de l'Université de Copenhague. Les Publications du Service géologique du Danemark se chiffrent aujourd'hui à 112. La Dansk geologisk Forening (Société géologique de Danemark) a publié 6 vol. $\frac{1}{2}$ de Meddelelser (mémoires).

En ce qui concerne l'île de Bornholm nous possédons aujourd'hui la Carte géologique de Bornholm à 1:100000 avec description, publiée par MM. KARL A. GRÖNWALL et V. MILTHERS, et la Géologie de Bornholm par V. MILTHERS. Mlle KAREN CALLISEN a fait des études détaillées sur la Roche fondamentale de Bornholm, M. CHR. POULSEN, de l'étage à Olénus et du Schiste à Dictyograptus, MM. HERMAN FUNKQUIST et E. M. NØRREGAARD, de la région à Asaphus, M. ASSAR HADDING, du Schiste à Dicellograptus moyen, et M. TH. BIERRING-PETERSEN, du Schiste à Rastrites. Ces travaux ont considérablement élargi notre connaissance de ces sections et leur faune. Pour le Jurassique de Bornholm il y a les vastes collections de M. C. MALLING, sur la base desquelles il a été à même d'établir une division par rang d'âge des gisements très compliqués de ce Système. Les recherches importantes de M. J. P. J. RAVN sur le Système crétacé de Bornholm ont mis en évidence que, à côté de la zone à Westfalicus du Sénonien, il y apparaît non seulement du Turonien et du Cénomaniens mais encore de l'Albien (en couche secondaire dans le Cénomaniens).

Pour ce qui est des gisements crétacés du reste du Danemark nous voyons que la connaissance surtout du Danien a fait des progrès importants. On a pu en établir une subdivision en 4 zones. Les conditions qui se présentent à ses limites tant supérieure qu'inférieure, ont été élucidées; on a réussi à expliquer d'une manière satisfaisante la formation du »Cerithiumkalk« (calcaire à Cerithium) dans la falaise de Stevns Klint. Aux localités connues de longue date sont venu s'ajouter de nouvelles en grand nombre,

et la connaissance de la faune a augmenté à un très large degré. Ces résultats sont dûs surtout aux recherches multiples entreprises par MM. H. ØDUM, K. BRÜNNICH NIELSEN et A. ROSENKRANTZ.

Les traits principaux de la conception du Tertiaire s'étaient fixés déjà avant 1910, mais les travaux publiés ultérieurement ont servi essentiellement à approfondir notre connaissance des subdivisions et de la faune du Tertiaire; c'est à ce titre qu'il importe de citer les recherches de M. POUL HARDER de l'Oligocène à Aarhus, de M. E. M. NØRREGAARD, des blocs du Miocène moyen à Esbjerg, de M. O. B. BØGGILD, des cendres volcaniques du Moler, de MM. POUL HARDER et A. ROSENKRANTZ, du Paléocène, et de M. KAI L. HENRIKSEN, des insectes éocènes de Danemark.

Les plus grands progrès se sont faits, cependant, par rapport à la connaissance de notre Quartaire si compliqué. Nos vues actuelles sur ces dépôts si intéressants et si importants pour une orientation exacte vis à vis d'une foule de phénomènes d'aujourd'hui, se sont établies par suite d'une collaboration intime entre les géologues qui sont, ou ont été, rattachés au Service géologique du Danemark; il s'ensuit qu'il sera souvent difficile d'établir exactement quelle part revient à chacun d'eux. La division établie par moi en 1895 du Quartaire danois, en 3 périodes glaciaires et 2 périodes interglaciaires, a fixé les lignes fondamentales de notre manière de voir actuelle. Les recherches faites depuis lors ont fourni une richesse de nouveaux faits, qui ont contribué à élucider une foule de détails, mais elles n'ont pas fait changer la manière de voir fondamentale. Nous en sommes arrivés à pouvoir maintenant donner dans le présent ouvrage, et pour la première fois dans un livre sur la géologie du Danemark, un exposé chronologique détaillé de l'Époque glaciaire. Nous sommes redevables de ce résultat surtout aux recherches faites par MM. AXEL JESSEN, V. MILTHERS et par moi-même, des gisements glaciogènes et des formes de terrain qu'ils ont adoptés; aux études faites par M. V. MILTHERS, des blocs erratiques; aux «énumérations de blocs» des moraines que j'ai entreprises moi-même; aux travaux faunistiques de M. V. NORDMANN, et aux travaux floristiques de M. KNUD JESSEN, où l'étude des grains de pollen a fourni des résultats si importants; et enfin aux recherches de M. AXEL JESSEN, sur la stratigraphie et l'extension des dépôts marins.

Pour porter remède au besoin urgent qui se fait sentir, d'un aperçu de la géologie du Danemark qui tient compte des résultats des riches travaux de ces dernières années, le Service géologique du Danemark s'est décidé à faire paraître le présent ouvrage. Nous avons pensé que la meilleure manière de le faire serait de laisser la rédaction de chacun des chapitres en particulier au géologue (ou aux géologues) qui possédait la connaissance la plus intime du sujet en question. Si nous avons réussi à mener à bonne fin notre travail, ce résultat est dû non seulement à l'excellente collaboration des auteurs, onze en nombre, mais encore au bon appui que nous ont prêté les autres membres du corps attaché à notre Service, en premier lieu MM. SIGURD HANSEN et J. LUNDBERG.

Victor Madsen.

Table des matières.

| | Page |
|--|------|
| Introduction (VICTOR MADSEN) | 9 |
| Roches anté-cambriennes (KAREN CALLISEN) | 15 |
| Système cambrien (V. MILTHERS)..... | 25 |
| Grès de Nexø..... | 25 |
| Schistes verts..... | 27 |
| Étage à Paradoxides..... | 28 |
| Étage à Olénus..... | 29 |
| Système ordovicien (Silurien inférieur) (V. MILTHERS) | 32 |
| Schiste à Dictyograptus..... | 32 |
| Calcaire à Orthocères..... | 33 |
| Schiste à Dicellograptus..... | 33 |
| Schiste à Trinucleus..... | 34 |
| Système gothlandien (Silurien supérieur) (V. MILTHERS)..... | 34 |
| Schistes à Rastrites et à Cyrtograptus..... | 34 |
| Systèmes triassique et jurassique (V. MILTHERS) | 39 |
| Système crétacé (HILMAR ODUM)..... | 47 |
| Wealdien..... | 48 |
| Albien (Gault)..... | 48 |
| Cénomanien..... | 49 |
| Turonien..... | 50 |
| Sénonien..... | 51 |
| Sénonien inférieur (Emschérien)..... | 51 |
| Craie à Actinocamax westfalicus..... | 51 |
| Sénonien moyen et supérieur..... | 52 |
| Craie à Actinocamax quadratus et Craie à Belemnitella mucronata inférieure et moyenne..... | 53 |
| Craie à Belemnitella mucronata supérieure..... | 53 |
| Danien..... | 55 |
| Danien inférieur..... | 59 |
| Zone A..... | 59 |
| Zone B..... | 63 |
| Danien supérieur..... | 64 |
| Zone C..... | 64 |
| Zone D..... | 66 |
| Tertiaire (J. P. J. RAVN) | 72 |
| Paléocène..... | 75 |
| Éocène..... | 77 |
| Oligocène..... | 80 |
| Miocène..... | 82 |
| Pliocène..... | 84 |

| | Page |
|---|------|
| Quartaire | 88 |
| Formations glacièges (VICTOR MADSEN)..... | 88 |
| Dépôts morainiques..... | 88 |
| Dépôts glacio-fluviatiles..... | 90 |
| Première époque glaciaire (VICTOR MADSEN)..... | 94 |
| Première époque interglaciaire..... | 97 |
| Dépôts marins (V. NORDMANN)..... | 97 |
| Dépôts d'eau douce (KNUD JESSEN)..... | 102 |
| Deuxième époque glaciaire (VICTOR MADSEN)..... | 105 |
| Deuxième époque interglaciaire..... | 108 |
| Dépôts marins (V. NORDMANN)..... | 109 |
| Dépôts d'eau douce (KNUD JESSEN)..... | 114 |
| Troisième époque glaciaire (VICTOR MADSEN)..... | 117 |
| Époque glaciaire postérieure et post-glaciaire (V. NORDMANN).... | 133 |
| Dépôts marins (V. NORDMANN)..... | 137 |
| Dépôts d'eau douce (KNUD JESSEN)..... | 146 |
| Dépôts éoliens (V. NORDMANN)..... | 153 |
| Formes topographiques (VICTOR MADSEN)..... | 164 |
| Changements de Niveau (AXEL JESSEN)..... | 173 |
| Les îles Féroé (O. B. BØGGILD)..... | 193 |
| Roches et Terrains propres à l'exploitation industrielle (JOH. ANDERSEN)..... | 199 |
| Moyens d'amélioration du sol..... | 199 |
| Matériaux de construction..... | 201 |
| Pierres à bâtir naturelles..... | 201 |
| Pierres artificielles..... | 203 |
| Matières pour mortier | 205 |
| Poterie de Kaolin et d'Argile..... | 208 |
| Combustibles..... | 209 |
| Exploitation de roches et terrains pour d'autres usages..... | 211 |
| Gravier et sable — Terre à Diatomées interglaciaire — Fer limoneux — Bancs et lits de coquilles. | |
| Propriétés physiques de quelques argiles danoises (ELLEN LOUISE MERTZ)..... | 216 |
| Index | 222 |

Introduction.

Entre la Mer du Nord et la Baltique se trouvent situées une péninsule et de nombreuses îles qui, depuis des temps reculés, sont le pays du peuple danois. Vues sur un globe terrestre elles n'occupent qu'une place minime bien que nettement marquée et facile à trouver; et même sur une carte de l'Europe leur territoire n'est que très peu considérable. Pourtant, depuis plus d'un millier d'années elles constituent un Etat autonome, le Danemark.

Il n'y a que peu de pays pour lesquels la mer ait eu une plus grande importance qu'elle ne l'a eue pour ce pays-là, et peu de nations qui aient eu le sentiment d'un contact plus intime avec la mer que la nation danoise. Tandis qu'ailleurs la mer est plutôt un élément séparateur, pour le Danemark elle a été l'agent rattachant en une unité les îles et la péninsule; elle a constitué les chemins de communication autour desquels, vers la fin de l'Age de l'antiquité, a pris naissance le pays de Danemark. C'est la conformation géologique de ce pays dont on rendra sommairement compte dans le présent ouvrage.

Le Danemark est situé entre $54^{\circ} 34'$ de latitude nord (Gedser Odde) et $57^{\circ} 45'$ de latitude nord (Skagens Odde), entre $8^{\circ} 5'$ de longitude est de Greenwich (Blaavandshuk) et $15^{\circ} 12'$ de longitude est (Christiansø). La superficie du pays est de 42314 km^2 . Ce chiffre ne comprend pas les étendues occupées par cours d'eau et lacs (en ajoutant ceux-ci on arrivera au chiffre de 42927 km^2 pour la superficie totale); il ne comprend pas non plus les fiords, anses, détroits et Belts, ni la mer territoriale. Au fait, la péninsule, les 97 îles habitées

et les quelque 430 îles ou groupes d'îlots non habités du Danemark comprennent une plus grande partie de la superficie du globe terrestre que ne laisse croire le chiffre indiqué ci-dessus. La longueur totale des côtes de Danemark est de 7438 km.

Le Danemark comprend la péninsule de Jylland (29556 km²), les îles situées entre celle-ci et la Suède méridionale, dont les plus grandes sont Sjælland (7014 km²), Fyn (2975 km²), Lolland (1233 km²) et Falster (514 km²), de plus, quelques petites îles dans la mer du Nord au large de la partie sud de la côte occidentale du Jylland, et, enfin, l'île de Bornholm (588 km²) située dans la Baltique au sud de la Suède. Le Danemark possède encore le petit groupe des îles Féroé (1399 km²), situé dans l'Atlantique, et dont la structure géologique, si différente de celle du reste du Danemark, fera l'objet d'une étude spéciale.

Le fait que le Danemark se compose d'une quantité d'îles et d'une péninsule ne se manifeste pas dans la structure géologique du pays et n'est que d'une importance minime au point de vue morphologique. Il n'y a pas de différence essentielle entre les formes superficielles de la péninsule jutlandaise, des îles et du fond de la mer, et nous trouvons partout le même développement géologique (exception faite pour l'île de Bornholm). À la fin de l'époque tertiaire toute cette région a constitué un ensemble de terre ferme, dont, en temps quaternaire, la surface a été dénudée et érodée par la nappe et les eaux glaciaires et recouverte de dépôts quaternaires; pendant les périodes interglaciaires et à l'époque glaciaire postérieure la mer a bien pénétré, par ci, par là, et submergé certaines parties de la région; mais ce n'est que du temps de l'abaissement postglaciaire que la mer l'a morcelée en une quantité d'îles outre la péninsule de Jylland et a fait naître, dans ses traits essentiels, la répartition actuelle de la mer et la terre ferme. D'un autre côté il y a une grande faille, qui n'a aucun rapport avec les côtes danoises, qui divise le Danemark en deux parts extrêmement différentes au point de vue géologique et morphologique, à savoir l'île de Bornholm et le reste du pays.

L'île de Bornholm est située dans la zone pleine de failles

plus ou moins importantes, qui délimite vers le sud-ouest la roche archéenne scandinave et qui est dénommée la zone marginale fennoscandique (voir fig. 1). Dans cette partie de l'écorce terrestre les dépôts quaternaires sont ordinairement d'une puissance peu importante; sur de grandes étendues de terrain différentes formations archéennes, paléozoïques ou mésozoïques se présentent au jour ou se trouvent du moins

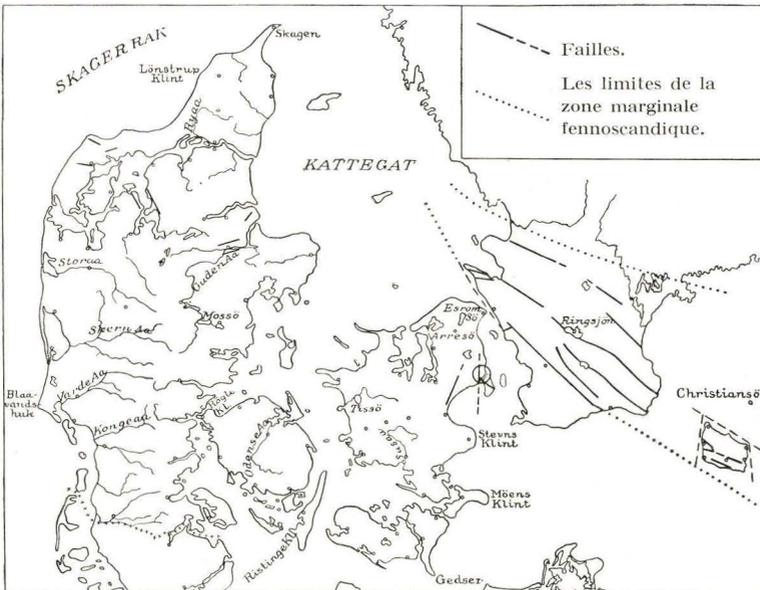


Fig. 1. Carte schématique du Danemark et des pays voisins.

immédiatement au-dessous de la surface, délimitées par des failles. Ainsi l'île de Bornholm se compose pour les deux tiers septentrionaux d'un grand horst de granite, dont le point culminant, à peu près au milieu de l'île, est Rytterknægten (162 m), tandis que la terre basse située au sud et sud-ouest est formée de dépôts cambro-siluriens et mésozoïques.

Les autres îles danoises, par contre, séparées par la mer et à fortes indentures, de même que le Jylland, sont intimement reliées au bas pays de l'Allemagne du nord, dont elles constituent la prolongation; de même que celui-ci le Danemark se trouve donc situé dans le grand géosynclinal

entre le pays montagneux scandinave et les montagnes du centre de l'Allemagne. Comme limite de la Zone marginale fenno-sandique on compte la grande faille, dont le rejet est probablement de plusieurs kilomètres, qui s'étend le long de la côte occidentale de Suède et s'avance un peu dans le Sund pour dévier ensuite en un coude abrupte et passer dans la Scanie, dont la partie sud-ouest est ainsi séparée du reste de la Suède, se rattachant au point de vue géologique aux îles danoises. Il importe pourtant de faire remarquer que la faille indiquée n'est pas la plus occidentale connue de cette région. Dans plusieurs localités du sous-sol de København (Copenhague) et dans le nord-est de la Sjælland on a pu indiquer des failles datant probablement de l'époque du Danien; et en Jylland, entre Djursland et la région de Nibe, et surtout aux alentours du fiord de Randers, de même que dans les régions occidentales avoisinant le Limfiord, on a pu, sur des étendues plus ou moins importantes, démontrer la présence de failles dans les assises crétacées. Les phénomènes de dislocation qui se font voir dans différentes falaises (à l'île de Möen, à Ristinge, Røgle, Lønstrup, et d'autres), et qui se présentent sous forme de parties, tantôt de craie blanche, tantôt de séries plus ou moins grandes de dépôts quartaires, poussées l'une au-dessus de l'autre, sont considérés par quelques géologues comme perturbations tectoniques (au sens le plus large du terme), tandis que d'autres y voient des effets de pression de la nappe glaciaire, et d'autres enfin se sentent portés à les attribuer à l'une et l'autre de ces causes.

En Jylland et dans les îles danoises situées entre cette péninsule et la Suède, le Quartaire est d'une puissance relativement considérable. Il atteint jusqu' à 200 m d'épaisseur (à Frederikshavn); la moyenne peut être évaluée à 50 m. Il est superposé à des assises tertiaires et crétacées, dont la surface semble, dans ses traits généraux, être assez unie; dans certaines localités on a pourtant constaté que l'intérieur des collines se compose de dépôts crétacés s'élevant jusqu' à 60 ou 70 m au-dessus du niveau de la mer. Exception faite pour l'île de Bornholm on n'a pas, en Danemark, constaté de dépôts antérieurs au Sénonien. Le point culminant de la surface terrestre quartaire est, en Jylland, Ejler Bavnehøj, au nord

de Horsens (172 m); plusieurs autres collines de la même contrée dépassent 160 m. On peut citer, en outre, Himmelbjerget, au sud-est de Silkeborg (Kollen, 147 m; le sommet au nord-est de la ferme Himmelbjerg Gaard, 157 m), Vonge Bavnehøj et Tranebjerg (138 m), Agri Bavnehøj dans la presqu'île de Mols (137 m), Møllebjerg, à l'ouest de Vejle (137 m), Knøsen, entre Aalborg et Sæby (136 m), et Lysnet, au sud-ouest de Randers (131 m). En Fyn, le point culminant, Frøbjerg Bavnehøj, atteint également 131 m, tandis qu'en Sjælland Gyldenløves Høj, située entre Roskilde et Ringsted, n'arrive qu'à 126 m; Aborrebjerget, dans l'île de Møen, s'élève jusqu'à 143 m. L'altitude moyenne du pays dans sa totalité peut être évaluée à environ 30 m.

Le Danemark est riche en cours d'eau, rivières et ruisseaux, dont les plus importants sont, en Jylland, Gudenaå (158 km, ayant un bassin de 2648 km²), Storaå (104 km et 1100 km²), Varde Å (99 km et 1088 km²), et Skern Å (94 km et 2338 km²). D'autres rivières sont Kongeå (58 km et 453 km²) et Ryå (60 km et 500 km²) en Jylland, Odense Å (53 km et 784 km²) en Fyn.

Il y a également un assez grand nombre de lacs, dont, pourtant, la plupart sont petits; parmi les plus importants on peut citer, en Sjælland, Arresø (40,6 km²), Esrom Sø (17,4 km²), et Tissø (13,3 km²); en Jylland, Mossø (16,9 km²). Les lacs sont très irrégulièrement répartis, ils sont situés, pour la plupart, dans le Quartaire supérieur du Jylland oriental et des îles. Sur les différentes provinces, la Sjælland présente relativement la plus grande superficie lacustre (168,5 km²), et l'île de Bornholm la plus petite (2,1 km²); l'avant-dernière est en Fyn (21,0 km²).

Sur le nombre de Systèmes qui servent à grouper les éléments constitutifs de l'écorce terrestre, 9 sont représentées par des gisements en Danemark; mais ces gisements sont répartis d'une manière très inégale sur le territoire du pays. Les gisements archéen, cambrien, ordovicien, gothlandien, triasique et jurassique ont été trouvés, à l'état fixe, seulement dans l'île de Bornholm. Il en est de même du gros du

groupe crétacé (depuis, et y compris, le Weald jusqu' à y compris le Sénonien inférieur), qui n'est connu, à l'état stationnaire, que de cette île, tandis que, par contre, le Sénonien moyen et le supérieur et les gisements du Tertiaire sont connus seulement du reste du Danemark. On n'a pas encore constaté, en Danemark, la présence de dépôts algonkiens, dévoniens, carbonifères et permien, ni non plus de certains terrains des groupes triasique, jurassique et crétacé, tandis que, naturellement, les dépôts quaternaires sont représentés dans tout le territoire. Dans le Quaternaire on a trouvé cependant des blocs erratiques, tant de dépôts jurassiques, Callovien, Kiméridgien-Portlandien, que du Crétacé inférieur, Néocomien et Albien;¹⁻² et comme ces blocs se trouvent essentiellement dans deux régions du pays, soit dans les îles de Lolland, Langeland, Ærø et la Fyn méridionale, soit à Hirshals sur la côte nord-ouest du Jylland, on pourrait être porté à en induire que les dépôts en question soient stationnaires tant au fond de la Baltique que dans le Skager-Rack.

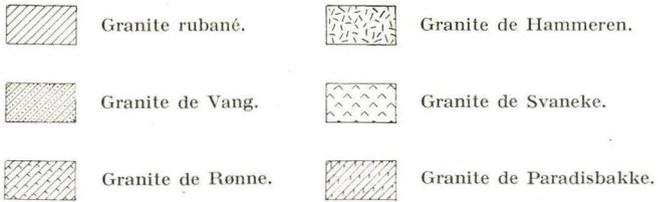
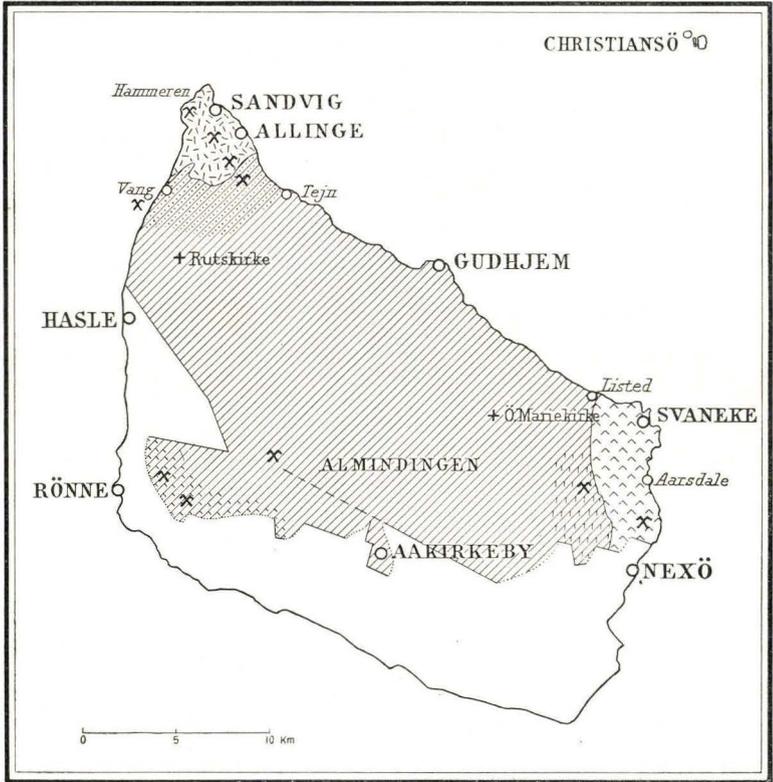
Victor Madsen.

Roches anté-cambriennes.

Les roches anté-cambriennes de l'île de Bornholm comprennent un territoire d'environ 400 km² ou les deux tiers de l'île entière. Leur altitude moyenne au-dessus du niveau de la mer est un peu plus de 100 m et elles s'étendent du côté nord et est jusqu'à la mer; les petites îles rocheuses et isolées de Christiansø, situées au nord-est de Bornholm, laissent supposer que la roche fondamentale se continue dans cette direction. Elle comprend une série de variétés de granite (voir fig. 2) depuis les granites salins, à prépondérance de potasse, de Hammeren et d'Almindingen (Bjergbakke) jusqu'au granite de Rønne, syénitique et riche en hornblende. Pour leur habitus, structure et différenciation chimique ces granites se rattachent plutôt au groupe des granites primitifs (granites gneissiques) et sont donc à considérer comme une continuation de la roche fondamentale suédoise appartenant à la partie inférieure de l'Archéen.

Les éléments constitutifs des roches sont le quartz, le microcline, le plagioclase et la biotite, auxquels, dans certaines variétés, s'ajoute la hornblende. Rarement, et seulement dans des localités très restreintes, le microcline est remplacé par l'orthose. La hornblende se caractérise par une teinte de pléochroïsme bleu-verdâtre, n_g , par un angle d'axe optique relativement petit et par un contenu considérable de FeO. Comme accessoires on y trouve de la magnétite titanifère, du sphène (entourant souvent en forme de couronne la magnétite), de l'apatite et du zircon, — plus rarement de la pyrite, de l'orthite et de la fluorine.

La plus grande part de la roche fondamentale de Bornholm se compose de soi-disant granite rubané, roche plus ou



X Carrières importantes.

Fig. 2. Étendue des variétés de granite de l'île de Bornholm.

moins distinctement schisteuse, à grains moyens ou fins, et souvent porphyrique; la couleur en est grise, mais près de la surface celle-ci passe généralement sur le rougeâtre. La striure est due au fait que des éléments foncés et des éléments clairs alternent d'une façon plus ou moins distincte par

strates minces; elle suit souvent à peu près la même direction sur de grandes étendues et ne forme ordinairement que de petits angles par rapport à l'horizontale. C'est aux environs de Gudhjem que le granite est le plus schisteux; du reste il se présente assez uniforme dans une large bande le long de la côte N-E, à peu près depuis Østermarie jusqu'à Rutskirke, et l'on trouve également de semblables variétés plus méridionalement dans la région à granite. Le microcline en est l'élément prédominant; en certaines localités le plagioclase abonde. Le plagioclase se présente sous forme d'individus d'oligoclase d'une certaine importance, jusqu'à environ 5 mm de diamètre, et sous forme de petits grains d'une composition plus acide. Le contenu en minéraux foncés varie passablement, la hornblende est sans importance et peut faire défaut. Vers le nord cette variété passe par degrés au granite de Vang, plus riche en hornblende, et où le contenu en plagioclase est ordinairement considérable. Le granite de Vang forme une bande à travers l'île entre les hameaux de pêcheurs de Vang et de Tejn. Il est moins fortement schisteux et, au S de Vang, même tout à fait sans striure (du type «Klondyke»). Les éléments foncés sont réunis en monceaux caractéristiques. Vers le S-E le granite rubané change également peu à peu de caractère pour passer au granite de Paradisbakke, à grains fins, de couleur gris foncé jaspé de blanc, et dont les éléments clairs se trouvent de préférence réunis en bandes aplitiques; la pâte des parties foncées est à grains très fins, et il est parsemé de grains de plagioclase; la hornblende y abonde. Le granite de Rønne, bordant du côté S-O la région de granite, se rapproche de très près des deux variétés nommées en dernier lieu, mais il contient davantage de plagioclase et hornblende. Le plagioclase est entouré de microcline qui s'est ajouté parallèlement, détail de structure qui se retrouve, bien que d'une façon moins distincte, dans presque toutes les variétés de granite de Bornholm. Le granite de Rønne est gris foncé, à grains moyens, et tout à fait exempt de structure à parallélisme. Par une zone marginale rubanée et porphyrique, où les phénocristaux sont formés de plagioclase et où le contenu en hornblende va en diminuant, il passe au granite rubané gris et pauvre en hornblende.

La partie centrale de la région de granite, le granite d'Almindring, est claire, gris rougeâtre, à grains moyens, et la striure, en certains endroits, est très peu prononcée, ainsi p. ex. dans la vieille carrière à Bjergbakke. Le contenu en minéraux foncés est beaucoup plus restreint que dans les variétés précédentes, et la hornblende y est très rare. En plusieurs endroits de la contrée entre Hasle et Gudhjem on trouve de petites localités, étroitement délimitées, de granite aplitique rouge clair, d'un caractère schisteux plus ou moins prononcé. — En fait de variétés absolument non schisteuses on trouve, vers l'est, le granite de Svaneke et, vers le nord, le granite de Hammeren. Ce dernier est une roche claire, gris rougeâtre, à grains moyens, où les minéraux foncés, parmi lesquels la biotite est prédominante, jouent un rôle minime. Au contact du granite de Vang le granite de Hammer a une zone aplitique limitrophe étroite. Le granite de Svaneke, dans la contrée entre Svaneke et Nexø, est à gros grains et de couleur gris clair dans sa partie méridionale, au voisinage de Nexø il tire davantage sur le rouge. La biotite domine parmi les minéraux foncés, le sphène y est relativement abondant, quantitativement à peu près égal à la hornblende. En certains endroits le granite de Svaneke est fortement friable, p. ex. à Listed et Aarsdale.

Des filons de pegmatite à direction irrégulière, se trouvent fréquemment partout dans la région de granite. La puissance en varie énormément, depuis 1 à 2 cm jusqu'à plusieurs mètres. L'élément principal en est toujours du feldspath potassique, pegmatite graphique s'y trouve fréquemment, et par endroits le quartz se fait prépondérant, p. ex. à Hvidehald près Aakirkeby. D'une manière plus accessoire on y trouve du plagioclase acide blanc et de la biotite, plus rarement encore de la magnétite, de l'ilmenite, de la molybdénite et de la fluorine. Il paraît qu'on a trouvé du béryl à Skovgaard. Des parties assez importantes de pegmatite se trouvent à Vestermarie Højlyng, où, dans le temps, on a extrait du feldspath, à Baunklint, à Skovgaard aux environs de Bodilsker, à Hvidehald, à Nørrevig au nord de Svaneke, et en plusieurs autres localités.

Les filons d'aplite sont loin d'être aussi fréquents que

la pegmatite; c'est seulement dans le granite de Vang qu'ils se trouvent en très grand nombre.

Des sécrétions basiques, dans lesquelles les minéraux foncés du granite se trouvent en plus grandes proportions, sont souvent rencontrés dans les granites de Rønne, Vang et Svaneke.

Le tableau ci-joint*) donne les analyses chimiques des plus importantes variétés de granite.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ | 75,38 | 73,77 | 72,82 | 69,95 | 66,99 | 65,40 | 64,49 | 65,39 | 63,60 |
| TiO ₂ | 0,38 | 0,32 | 0,63 | 0,75 | 0,71 | 1,01 | 1,22 | 0,28 | 1,41 |
| Al ₂ O ₃ | 12,57 | 11,97 | 13,42 | 13,48 | 13,00 | 14,73 | 13,67 | 14,32 | 13,51 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,06 | 1,84 | 2,33 | 2,36 | 2,98 | 1,14 | 1,63 | 7,85 | 7,43 |
| FeO..... | 0,95 | 0,78 | — | 2,31 | 2,23 | 2,92 | 4,42 | — | — |
| MnO..... | traces | — | 0,24 | traces | 0,11 | 0,06 | 0,14 | 0,00 | 0,25 |
| MgO..... | 0,21 | 0,23 | 0,13 | 1,00 | 0,65 | 1,02 | 1,38 | 1,12 | 1,18 |
| CaO..... | 1,97 | 1,10 | 1,61 | 2,36 | 2,64 | 2,78 | 3,12 | 3,53 | 3,30 |
| Na ₂ O..... | 1,92 | 2,75 | 3,25 | 2,72 | 3,28 | 3,54 | 3,57 | 3,64 | 3,40 |
| K ₂ O..... | 4,60 | 5,61 | 5,47 | 3,62 | 4,39 | 4,31 | 4,40 | 4,40 | 6,30 |
| P ₂ O ₅ | traces | — | — | 0,34 | 0,57 | 0,19 | 0,58 | — | — |
| CO ₂ | 0,30 | — | — | 0,25 | — | 0,68 | — | — | — |
| S..... | 0,00 | — | — | 0,10 | — | — | — | — | — |
| H ₂ O au-dessus de 110°..... | 0,38 | 0,49 | — | 0,48 | 0,70 | 1,58 | 1,11 | — | — |
| H ₂ O au-dessous de 110°..... | 0,00 | 0,65 | — | 0,00 | 0,78 | 0,55 | 0,46 | — | — |
| Perte au feu.. | — | — | 0,21 | — | — | — | — | 0,13 | 0,19 |
| % | 99,72 | 99,51 | 100,11 | 99,72 | 99,03 | 99,91 | 100,19 | 100,66 | 100,57 |

No. 1: Almindingen, Bjergbakke. Analyse: K. THAULOW.

- 2: Granite de Hammer. Analyse: M. DITTRICH.

- 3: Granite de Hammer, Hammeren. Analyse: C. DETLEFSEN.

- 4: Granite de Svaneke, Ibskirke. Analyse: K. THAULOW.

- 5: Granite de Vang. »Klondyke«, au S de Vang. Analyse: M. DITTRICH.

*) Les analyses des Nos 2, 5, 6 et 7 d'après G. KALB.³ Pour le no. 7, KALB se sert de la dénomination malencontreuse de »Knudsbakke-Granit«, terme usité auparavant par Cohen et Deecke⁴ mais que n'autorise aucune dénomination locale de l'île de Bornholm.

Pour les analyses Nos 1, 3, 4, 8 et 9, voir KAREN CALLISEN.⁵

- No. 6: Granite de Paradisbakke. Analyse: M. DITTRICH.
 - 7: Granite de Rønne. Analyse: M. DITTRICH.
 - 8: Granite de Rønne, Klippegaard. Analyse: C. DETLEFSEN.
 - 9: Granite de Rønne, Roche limitrophe, St. Almegaard.
 Analyse: C. DETLEFSEN.

Les différences dans la composition des granites de Bornholm peuvent être rapportées à une différenciation chimique dans une magma originellement uniforme. Là où un rapport d'âge de roche en roche se laisse constater, les granites plutôt basiques sont antérieurs aux granites salins; c'est ainsi que le granite de Hammer s'est solidifié postérieurement au granite de Vang adjacent, et le granite de Svaneke est postérieur au granite rubané situé plus occidentalement. Dans le granite de Svaneke on trouve souvent des fragments du granite rubané, qui s'est solidifié immédiatement avant; les morceaux plus petits sont arrondis, les morceaux plus grands ont une forme irrégulière.

Des filons de diabase se présentent en grand nombre. Ils traversent le granite en filons verticaux réguliers, de puissances variées; la plupart en ne dépassent cependant guère une couple de mètres en largeur. Ils sont généralement orientés du NNE au SSO. La roche est un diabase à olivine, souvent extrêmement bien conservé, mais dans certains filons dans un état très peu frais. La composition en varie un peu selon les rapports quantitatifs de l'olivine au pyroxène monocline; dans quelques rares filons l'hypersthénite se trouve accessoirement. La structure en est souvent ophitique, dans certains filons elle est porphyritique, et de rares filons se sont développés en amygdaloïdes. Du côté de l'éponte, où le diabase s'est refroidi rapidement au contact de la roche encaissante froide, il est ordinairement à grains très fins et d'une densité complète, vers la médiane des filons d'une certaine importance il devient à grains moyens, et dans le grand filon de Kjeldseaa il se fait même très grossier. Les filons les plus grands se trouvent à Listed (largeur: 31 m), à Kaas (40 m), et le filon de Kjeldseaa mesure à Saltuna 57 m de largeur. Ce dernier, que l'on peut suivre le long du lit de la rivière sur un parcours d'environ 6 km, tient l'orientation du NE au SO, et contrairement aux autres filons il a, par contact, exercé

une action très puissante sur la roche voisine, ce qui a produit une roche hybride de granite porphyrique. — Les filons de diabase n'ont été trouvés que dans la région de granite, mais pas dans les roches sédimentaires de Bornholm; ils sont donc à considérer comme précambriens. Ils sont probablement d'origine post-archéenne; en faveur de cette hypothèse on peut citer e. a. la grande conformité qui existe entre ces diabases et les diabases du Blekinge et de la Scanie occidentales.

Des filons de grès se trouvent dans plusieurs localités de la région du granite. Ils croisent également le diabase; les matériaux en tirent probablement leur origine de dépôts arénacés cambriens ou, peut-être, mésozoïques.

Kaolin. A l'est de Rønne il se trouve un dépôt de kaolin, large de 2 à 300 m et environ 4 km en longueur, longeant immédiatement le bord du granite. Le kaolin est situé en couche primaire; il a pris naissance du granite de Rønne, dont on trouve quelquefois dans le kaolin des masses compactes décomposées plus ou moins complètement. Des filons de pégmatisite se manifestent souvent distinctement dans le kaolin. En plusieurs endroits on a trouvé des filons de diabase décomposé, dont on reconnaît fréquemment la structure primitive: salbandes à grains fins et une partie médiane plus grossière. Tandis que la masse principale du kaolin brut est une roche friable de couleur blanc-grisâtre, un peu âpre au toucher à cause de son contenu en quartz, le diabase a fourni un produit gras, argileux, de couleur vaguement verdâtre, jaune clair ou rougeâtre. Le kaolin est superposé par des gisements mésozoïques. Sa dimension en profondeur n'est pas connue. Il ressort de sondages que la puissance et la pureté en augmentent à mesure qu'on s'éloigne du granite, en même temps que les dépôts recouvrant le kaolin se font plus puissants.

Les vues sur l'origine du kaolin ont varié. FORCHHAMMER⁷ supposait que le kaolin était un produit de l'influence sur le feldspath de vapeurs d'eau surchauffées, USSING,⁸ par contre, qu'il tire son origine de désagrégation produite par les eaux descendantes, et que le gisement actuel n'est qu'un faible reste d'un puissant dépôt de kaolin, qui aurait recou-

vert toute l'île de Bornholm vers la fin de l'âge triasique. GRÖNWALL⁹ se prononce en faveur de l'hypothèse que la formation du kaolin soit due à des influences provenant de l'intérieur du globe terrestre. La connaissance que nous possédons aujourd'hui des localités de kaolin nous autorise à désigner la théorie de M. USSING comme intenable. La formation du kaolin doit être considérée comme un phénomène local. STAHL¹⁰ suppose que le kaolin se soit formé de la même manière que de nombreux gisements allemands de kaolin, sous l'influence d'eau marécageuse à acide carbonique et humique qui, des gisements carbonifères ou des marais superposés, aurait pénétré dans le sous-sol. Dans les dépôts d'argile et de sable qui recouvrent le kaolin on a trouvé dans plusieurs endroits des fragments houilleux et des débris végétaux. Pour un assez grand nombre de sondages on se borne pourtant à indiquer⁹ qu'au-dessus du kaolin on a trouvé du sable et, là-dessus, de l'argile verte; pour deux sondages on indique de l'argile verte superposée directement au kaolin, et dans ces deux sondages la puissance de l'argile est très considérable, le dépôt le plus puissant étant de 15,7 m, et là-dessous on a foré à travers 47,1 m de kaolin blanc. Ces faits vont à l'inverse de l'hypothèse citée, car d'après l'exploration faite par STAHL¹⁰ de gisements allemands de kaolin on ne trouve partout où le kaolin est superposé par des dépôts carbonifères autochtones, que de minces couches interposées de sable meuble, plus rarement d'argile sablonneuse, c'est-à-dire de formations qui n'ont pu empêcher l'eau marécageuse d'agir sur la roche fondamentale. De même on a de la difficulté à expliquer la puissance considérable du kaolin par le seul fait de l'action des eaux filtrantes; il existe sans doute un rapport entre cette puissance et le fait que le gisement se trouve juste au-dessus de la faille qui sépare la région du granite des sédiments situés plus occidentalement. Il est vrai que la désagrégation pourrait pénétrer davantage dans le sous-sol le long d'une telle faille que dans les dépressions en forme de coupes qui se trouvent ordinairement au-dessous des marais. Mais comme on ne peut pas établir un rapport satisfaisant entre la formation du kaolin et les dépôts carbonifères rhétien-liasiques, j'indiquerai ici une autre possibilité, à savoir que

la kaolinisation proviendrait de la fente même de la dislocation et qu'elle serait causée par l'ascension d'eaux à acide carbonique ou d'eaux thermales à acide carbonique. Cette faille se rattache probablement au système imposant de fentes post-siluriennes qui traversent le cambro-silurien de Bornholm et de Scanie, et dans lequel on trouve en plusieurs endroits, tant dans l'île de Bornholm qu'en Scanie, des sécrétions de fluorine et de minerais sulphidiques qu'on peut très sûrement mettre en rapport avec les intrusions de diabase en Scanie datant de la même époque.

Zones à joints.

Vue dans son ensemble la roche présente vers le haut des formes de surface arrondies et unies, mais en réalité le granite a été l'objet d'un fendillement radical, ce qui se manifeste dans les formes hérissées et dentelées des roches le long des côtes, où de profondes fentes dans les rochers et de nombreuses presqu'îles très saillantes, des petits fiords et des écueils présentent un tableau de «Skærgaard» en miniature. Le fendillement se manifeste sur une plus grande échelle dans les nombreuses vallées à joints, qui ont souvent plusieurs kilomètres de longueur, et dont l'une, Ekkodal—Kjeldsaadal, s'étend même jusqu'à 12 km. Les vallées à joints sont orientées pour la plupart entre le NE—SO et le N—S, donc d'une façon essentiellement égale à l'orientation des filons de diabase. Dans les Paradisbakker on trouve un système différent orienté de l'ONO à l'ESE, ce qui correspond à l'orientation des filons de grès de cette contrée. Au nombre des vallées à joints les plus larges sont Dynddalen (environ 80 m), Ekkodalen (environ 60 m) et Dövredal (environ 50 m), mais souvent les vallées sont assez étroites.

Karen Callisen.

Bibliographie.

Abbréviations:

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning i Stockholm.

1. SKEAT, ETHEL G. and MADSEN, VICTOR. 1898: On Jurassic, Neocomian and Gault boulder found in Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 8.
2. GRÖNWALL, KARL A. 1904: Forsteningsførende Blokke fra Langeland, Sydfyn og Ærø. Avec résumé en français: Blocs fossilifères de l'île de Langeland, du sud de la Fionie et de l'île d'Ærø. D. G. U. II. Række, Nr. 15.
3. KALB, G. 1913: Petrographische Untersuchungen am Granit von Bornholm. Mitt. des naturw. Vereins f. Neuvorpommern u. Rügen in Greifswald. 45. Jahrg.
4. COHEN, E. and DEECKE, W. 1889: Ueber das krystalline Grundgebirge der Insel Bornholm. IV. Jahresber. der geographischen Gesellschaft zu Greifswald 1889—1890.
5. CALLISEN, KAREN: Det bornholmske Grundfjeld. D. G. U. II. Række, Nr. 50. (En préparation).
6. MOBERG, JOH. CHR. 1896: Untersuchungen über die Grünsteine des westlichen Blekinge und der angrenzenden Theile Schonens. S. G. U. Ser. C, Nr. 158.
7. FORCHHAMMER, J. G. 1834: Ueber die Zusammensetzung der Porcellanerde und ihre Entstehung aus dem Feldspath. Poggendorff's Annal. Bd. 35.
8. USSING, N. V. 1904: Danmarks Geologi i almenfatteligt Omrids. 2. Udg. D. G. U. III. Række, Nr. 2.
9. GRÖNWALL, K. A. og MILTHERS V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille géologique de Bornholm. D. G. U. I. Række, N. 13.
10. STAHL, A. 1912: Die Verbreitung der Kaolinlagerstätten in Deutschland. Archiv f. Lagerstätten-Forschung Heft 12. Herausgeg. v. d. Königl. Preuss. Geol. Landesanst.
11. TEGENGREN, F. R., m. fl., 1924: Sveriges ädlare malmer och bergverk. S. G. U. Ser. Ca, Nr. 17.

Groupe paléozoïque.

— Système cambrien.

La roche anté-cambrienne de Bornholm est délimitée méridionalement par des roches sédimentaires cambro-siluriennes, déposées au devant d'une côte granitique et d'une façon générale inclinées vers le sud. Ces gisements se trouvent pour la plus grande part dans une position non dérangée, sans avoir subi l'influence de mouvements tectoniques pareils à ceux dont les dépôts mésozoïques le long de la côte sud-ouest de Bornholm ont été l'objet. Dans certaines régions de peu d'étendue se trouvent dans les couches paléozoïques beaucoup de failles, le long desquelles il y a eu des affaissements. C'est ce qui a fait que les couches ont été conservées, et elles affleurent maintenant dans des profils longeant les rivières de la partie sud de l'île. Leur extension territoriale se voit de la carte fig. 3.

Grès de Nexö.

L'assise la plus inférieure de la série cambrienne est le grès de Nexö, qui s'est formé comme un dépôt littoral des produits de désagrégation du granite, qui s'était trouvé à l'état de terre ferme à l'époque algonkienne, avant la transgression océanique paléozoïque. La superposition directe du grès de Nexö sur le granite se voit dans certains endroits, mais la limite est pour une grande part représentée par des failles, le long desquelles le granite s'élève par endroits sous forme de «falaises» à côté des couches de grès avoisinantes, à faible inclinaison.

Les couches inférieures du grès de Nexö rappellent l'arkose

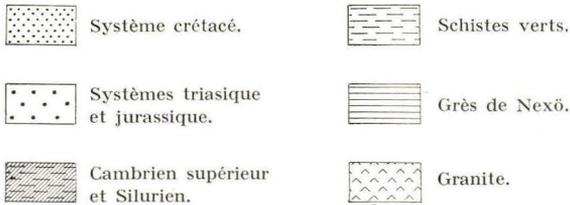
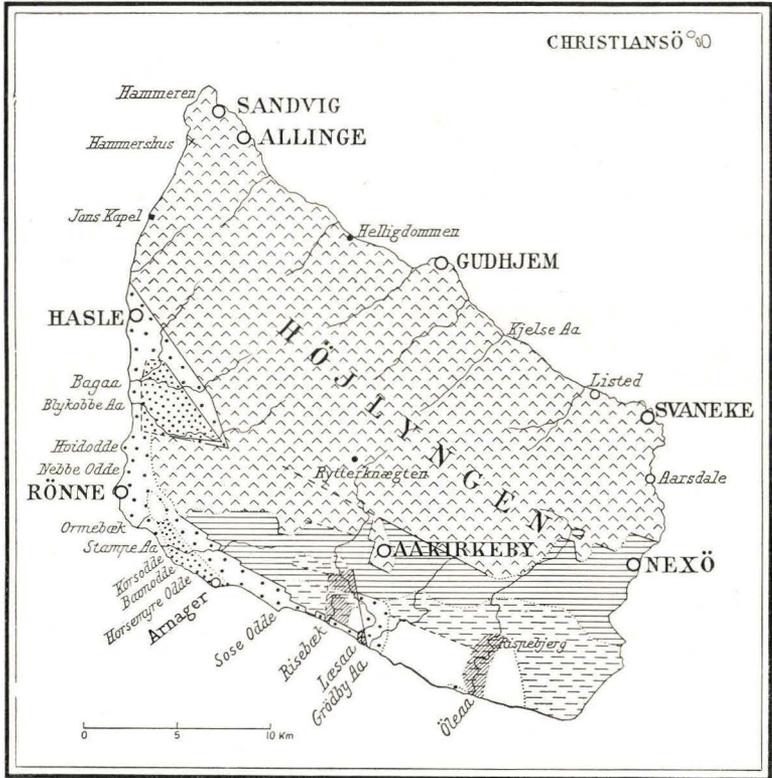


Fig. 3. Carte géologique de Bornholm (d'après GRÖNWALL et MILTHERS).

et se composent de quartz et feldspath, souvent en morceaux anguleux non triés, cimentés au moyen d'une matière argileuse brunâtre. Vers le haut le grès change peu à peu de caractère. Les grains se font plus arrondis, et les grains plutôt grossiers se trouvent ensemble en couches spéciales; la quantité de feldspath diminue en même temps que la grosseur des grains s'affaiblit en moyenne. Dans le ciment on constate

la présence de kaolin et d'acide silicique, et la couleur en se fait plus claire. Le grès devient régulièrement stratifié et se présente en bancs qui, au nord de Nexö, atteignent exceptionnellement une puissance jusqu'à 75 cm, mais qui sont ordinairement beaucoup moins épais. Dans les strates supérieures du grès la dureté augmente, le ciment étant ici essentiellement composé d'acide silicique; la roche se rapproche de la quartzite, et elle se présente en strates très minces et très fendues.

Le caractère de dépôt littoral du grès de Nexö se manifeste par les ripple-marks, qui se trouvent jusque dans la partie supérieure de la série. Dans le grès on n'a pas trouvé de fossiles indubitables, mais peut-être des traces de reptation. Dans certains endroits on a trouvé des formations côniques, dont l'origine reste encore inexplicée; elles ont leur pointe dirigée vers le bas. Le grès de Nexö est considéré comme étant connexe du grès de Hardeberga en Scanie; il constitue la partie la plus âgée du Cambrien inférieur. La puissance totale en est évaluée à environ 60 m.

Schistes verts.

La partie la plus récente du Cambrien inférieur est constituée par les Schistes verts, qui sont concordamment superposés au grès. Ce sont des schistes argileux contenant du sable, pour la plupart foncés et verdâtres, passant quelquefois en un grès à grains fins. En certains endroits le schiste se présente en strates alternant avec des bancs de grès et, de l'autre côté, dans la partie supérieure du grès de Nexö on peut trouver de minces couches de schiste. Les schistes sont irrégulièrement stratifiés; leur couleur verdâtre est due à de la glauconie, et la couleur des surfaces des strates est brunâtre à raison de l'oxydation de la glauconie. La puissance totale de la série est évaluée à environ 60 m.

Dans les Schistes verts se présentent en certains endroits des nodules de phosphorite, soit épars, soit passablement réunis en couches. En connexion avec eux-ci on trouve aussi des fossiles; G. HOLM¹⁾ cite les fossiles suivants: *Hyo-lithes Johnstrupi* HOLM, *H. Nathorsti* JOHNSTR., *H. lenticularis*

HOLM et *Torellella laevigata* HOLM. J. MOBERG²⁾) rapporte les schistes à l'étage à Olenellus.

Les schistes verts sont superposés par un grès jaspé, friable, puissant de 3 m, le grès de Rispebjerg, qui affleure à Læsaa près de Kalby et à Øleaa près de Borregaard. La partie supérieure de ce grès est imprégnée jusqu'à 4 dm de phosphorite et se présente comme un grès phosphoritique.

Étage à Paradoxides.

La roche qui constitue la masse principale du Cambrien moyen et supérieur, qui fait suite au précédent, est le Schiste alunifère, un schiste argileux noir, bitumineux, contenant de la pyrite finement répartie ainsi que des couches accessoires et des concrétions d'un calcaire plus ou moins bitumineux. La partie inférieure, puissante de 2 à 3 m, l'étage à Paradoxides, à été étudiée par M. GRÖNWALL³⁾); la partie supérieure, l'étage à Olenus, dont la puissance est d'au moins 21 m, a été étudiée par M. POULSEN⁴⁾. Ces couches, aussi bien que les couches paléozoïques supérieures, n'affleurent dans l'île de Bornholm que dans des profils à Øleaa, Læsaa et Risebæk.

L'étage à Paradoxides, riche en fossiles, dans lequel on a trouvé plus de 100 espèces de fossiles, a été divisé par M. GRÖNWALL dans les zones suivantes:

4. Zone à *Agnostus laevigatus* DALM.
 3. » » *Paradoxides Forchhammeri* Ang.
 2. « » » *Davidis* SALT.
 1. » » » *Tessini* BRGN.
- c. Zone subdivisionnaire à *Conocoryphe aequalis* LNRS.
 - b. » » » *Agnostus parvifrons* LNRS.
 - c. » » » *Conocoryphe exsulans* LNRS.

La zone subdivisionnaire inférieure, qui se voit le mieux à Øleaa, se compose ici d'un calcaire gris, dense, puissant de 25 cm, le calcaire à Exsulans, renfermant, en bas, des nodules du grès phosphoritique sous-jacent. Les nodules de phosphorite sont considérés par M. GRÖNWALL comme un phénomène qui indique qu'il y a dans la série des couches de Bornholm une lacune par rapport à la série des couches de la Scanie. Les deux

zones subdivisionnaires suivantes se composent de schiste alunifère avec, à Øleaa, un grand contingent d'antraconite renfermant des fossiles se rapportant à la zone subdivisionnaire b. A Læsaa on n'a trouvé des fossiles que dans la partie supérieure du schiste; ils se rapportent à la zone subdivisionnaire c. Superposé au schiste alunifère se trouve un banc de calcaire composé, vers le bas, d'antraconite, qui contient, à la base, des concrétions de phosphorite. Dans l'antraconite on a trouvé une faune très riche se rapportant à la zone à Davidis. La partie supérieure du calcaire est un calcaire gris sombre, le calcaire d'Andrarum, qui est également très riche en fossiles et appartient à la zone à *Paradoxides Forchhammeri*. Superposée au calcaire d'Andrarum se trouve une série puissante de schiste alunifère, dont la partie tout à fait inférieure appartient à la zone supérieure de l'étage à *Paradoxides*, mais qui est pauvre en fossiles.

Étage à Olénus.

L'étage à Olénus dans l'île de Bornholm se compose exclusivement de schiste alunifère, dans lequel se trouvent des concrétions d'antraconite régulièrement rangées. La partie du schiste alunifère qui appartient à l'étage à Olénus est divisée par M. POULSEN⁴⁾ en 6 zones, dont quelques-unes peuvent être fractionnées encore en zones subdivisionnaires, en harmonie intime avec la série de couches de la Suède.

| | |
|--|---|
| 6. Zone à <i>Acerocare</i> . | Couches à <i>Parabolina acanthura</i> ANG. |
| 5. Zone à <i>Peltura</i> . | 4. Couches à <i>Parabolina longicornis</i> WGD. et <i>Peltura scarabaeoides</i> WBG. |
| | 3. » » <i>Peltura scarabaeoides</i> . |
| | 2. » » <i>Ctenopyge tumida</i> WGD. et <i>Sphaerophthalmus major</i> LAKE |
| | 1. » » <i>Ctenopyge flagellifera</i> ANG. |
| 4. Zone à <i>Eurycare</i> . | 2. Couches à <i>Eurycare angustatum</i> ANG. |
| | 1. » » » <i>latum</i> BOECK. |
| 3. Zone à <i>Orusia</i> . | Couches à <i>Parabolina spinulosa</i> WBG. et <i>Orusia lenticularis</i> WBG. |
| 2. Zone à <i>Olenus</i> . | Couches à <i>Olenus</i> et <i>Agnostus pisiformis</i> L. |
| 1. Zone à <i>Agnostus pisiformis</i> . | Couches à <i>Agnostus pisiformis</i> L. |

| Système | Roche | m | Fossiles des zones | |
|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|--|---|
| Ordovicien | Schiste à <i>Trinucleus</i> | 3 | <i>Trinucleus Wahlenbergi</i> | |
| | Schiste à <i>Dicellograptus</i> | 9,5 | <i>Climacograptus styloideus</i> <i>Dicranograptus Clingani</i> <i>Amplexograptus Vasae</i> <i>Climacograptus rugosus</i> | |
| | Schiste argileux | 1,5 | | |
| | Calcaire à Orthocères | 5 | <i>Megalaspis limbata</i> | |
| | Schiste à <i>Dietyograptus</i> | 2,5 | <i>Clonograptus lenellus</i> <i>Dietyograptus flabelliformis</i> | |
| Cambrien moyen et supérieur | Étage à Olénus | Schistes alumifères | <i>Parabolina acanthura</i> | |
| | | | <i>Parabolina longicornis</i> | |
| | | | <i>Peltura scarabaeoides</i> | |
| | Étage à Paradoxides | | 21 | <i>Ctenopyge tumida</i> <i>Ctenopyge flagellifera</i> <i>Eurycare</i> <i>Parabolina spinulosa</i> <i>Olenus</i> <i>Agnostus pisiformis</i> |
| | | | 2 | <i>Agnostus laevigatus</i> |
| | | | 0,8 | <i>Paradoxides Forchhammeri</i> |
| | | 1,4 | <i>Paradoxides Davidis</i> <i>Paradoxides Tessini</i> | |
| | Grès de Rispebjerg | | | |

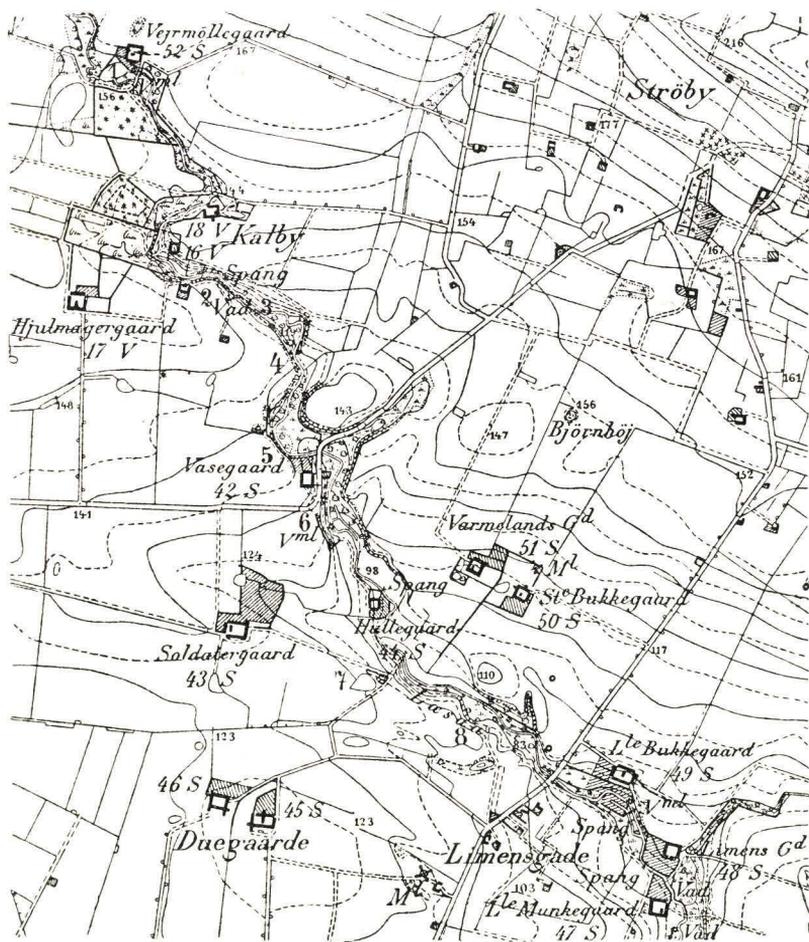


Fig. 4. Carte des localités de Cambrien et d'Ordovicien le long de la rivière de Læsaa. Échelle 1: 20 000.

1. Localité où l'on trouve des *Hyalolithes* dans les schistes verts. 2. Grès de Rispebjerg. 3. Schistes à *Paradoxides*. 4. Coupe de l'étage à *Olenus* supérieur. 5. Schiste à *Dicellograptus* près de la ferme de Vasegaard. 6. Schiste à *Trinucleus* près de Vasegaard. 7. Carrière dans le calcaire à *Orthocères*. 8. Vieilles carrières dans le schiste à *Dictyograptus* et le calcaire à *Orthocères* près de Limensgade.

La série des couches se présente le mieux à la vue dans des profils la long de Læsaa (voir fig. 4), les zones 1 à 5 entre Kalby et Vasegaard, la zone 6 à Limensgade. Les couches inférieures continuent concordamment les couches de l'étage

à Paradoxides; les zones 3 à 5 se voient dans un profil de 60 m de longueur et 10 m de hauteur sur la rive droite de la rivière, à 300 m au nord de Vasegaard. Le schiste alunifère est ici faiblement incliné vers le sud; les lentilles d'antraconite atteignent une longueur de 2 à 3 m et une épaisseur de 0,5 à 1,8 m. Les plans de clivage du schiste depuis la zone 3 et supérieurement contiennent quelques petites concrétions de pyrite fusiformes, déterminées par Mlle KAREN CALLISEN⁶ comme étant des cristaux de baryte sulfatée, dont la croissance s'est continuée par la formation de pyrite. Les fossiles du schiste alunifère se trouvent principalement dans la partie inférieure des différentes zones, tandis que les parties supérieures sont pauvres en fossiles ou même tout à fait exemptes de fossiles (POULSEN⁷). — A Øleaa, entre Borregaard et Brogaard, se trouvent les couches inférieures de l'étage à Olénus, jusqu'à la zone 4.

Système ordovicien (Silurien inférieur).

Schiste à *Dictyograptus*.

La limite entre le Cambrien et l'Ordovicien est placée environ 2,5 m au-dessous du bord supérieur du schiste alunifère, où l'on trouve *Dictyograptus flabelliformis* en grande quantité au-dessus d'un schiste absolument exempt de fossiles. Ce graptolite, d'après lequel le schiste à *Dictyograptus* a été dénommé, ne se présente que dans la partie inférieure de la zone, partie de 2 m de puissance; la partie supérieure en est caractérisée (POULSEN⁷) par *Clonograptus tenellus*. Le schiste à Graptolites contient également *Obolus (Bröggeria) Salteri* HOLL. et d'autres brachiopodes, conformément à la partie sous-jacente du schiste alunifère; on y rencontre également les concrétions de pyrite mentionnées plus haut.

Les localités les plus importantes du schiste à *Dictyograptus* sont Limensgade près de Læsaa, et Skelbro près de Risebæk; dans l'un et l'autre de ces endroits il est superposé par du calcaire à Orthocères. A la limite entre les schistes et le calcaire il y a une mince couche de conglomérat de phosphorite, qui dénote l'existence d'une lacune correspondant à

une série des schistes à Graptolithes de la Scanie (v. le tableau de la p. 36).

Calcaire à Orthocères.

Le calcaire à Orthocères est un calcaire argileux gris, dans la partie inférieure duquel se trouve une grande quantité de glauconie et des plans de couches assez irréguliers. Le calcaire se trouve dans trois régions séparées par des failles, dont deux sont situées à Læsaa, à savoir au nord de Vasegaard et à Limensgade, et la troisième se trouve à Skelbro près de Risebæk. Le calcaire atteint une puissance de 5 à 6 m; il renferme d'assez nombreux restes de fossiles, mais ils sont dans un mauvais état de conservation. Les plus fréquents en sont *Megalaspis limbata* SARS & BOECK, *Ptychopyge applanata* ANG., *Symphysurus palpebrosus* DALM., *Nileus Armadillo* DALM., outre des espèces d'*Orthoceras*, *Bellerophon* et *Euomphalus*. La contemporanéité avec les parties inférieures du calcaire à Orthocères de la Suède se trouve ainsi indiquée.

Schiste à Dicellograptus.

Immédiatement au-dessus du calcaire à Orthocères se trouve un schiste argileux, puissant d'environ 1 m $\frac{1}{2}$, presque sans fossiles, qui forme, en bas, un conglomérat de phosphorite passant à du grès phosphoritique (FUNKQUIST⁸) et NØRREGAARD⁹). Cette couche est un conglomérat basal, qui dénote une interruption de la sédimentation, laquelle ne s'est pas étendue cependant jusqu'à la Scanie occidentale, où une partie du schiste à Dicellograptus inférieur s'est déposée pendant cette même période. Là-dessus vient du schiste à Dicellograptus, schiste argileux noir ou brun sombre, qui à Læsaa, immédiatement au nord de Vasegaard, se présente comme une série de couches, d'une puissance de 9,5 m, superposée par du schiste à Trinucleus. HADDING¹⁰ divise la série en 4 zones :

4. Zone à *Climacograptus styloideus* LAPW.
3. » » *Dicranograptus Clingani* CARR.
2. » » *Amplexograptus Vasae* TULLB.
1. » » *Climacograptus rugosus* TULLB.

Outre les Graptolithes le schiste renferme surtout des fossiles de Brachiopodes; *Discina Portlocki* GEIN. est surtout commune et se rencontre à travers toute la série. HADDING, qui considère le schiste à Graptolithes à Vasegaard comme correspondant entièrement au schiste à *Dicellograptus* moyen de la Scanie, cite 22 formes de Graptolithes à côté d'autres fossiles.

Outre dans le beau profil de Vasegaard le schiste à *Dicellograptus* affleure aussi dans Læsaa près de Hullegaard et dans Risebæk au sud de la carrière et immédiatement en amont de l'embouchure de la rivière.

Schiste à *Trinucleus*.

Le terrain le plus supérieur de l'Ordovicien connu dans l'île de Bornholm est le schiste à *Trinucleus*, un schiste argileux mou, brun grisâtre, aux plans de couches irréguliers. Il se trouve à l'état fixe dans Læsaa, soit dans le profil au nord de Vasegaard, soit sur la rive gauche du cours d'eau au SE de la ferme. M. RAVN¹¹ en cite 22 espèces de trilobites, parmi lesquelles sont *Trinucleus Wahlenbergi* ROUAULT, *Ampyx Portlocki* BARR., *Agnostus trinodus* SALT., *Asaphus (Ptychopyge) nobilis* BARR., *Phillipsia parabola* BARR., avec d'autres espèces d'*Illæenus*. M. GRÖNWALL cite en outre *Staurocephalus clavifrons* ANG. Les couches correspondent complètement aux schistes à *Trinucleus* de la Scanie.

Les assises les plus supérieures de l'Ordovicien, correspondant aux schistes à Brachiopodes de Scanie, ne sont pas connues de l'île de Bornholm, mais elles se déroberont peut-être à la vue, recouvertes de dépôts quaternaires.

Système gothlandien (Silurien supérieur).

Schistes à *Rastrites* et à *Cyrtopgraptus*.

Sur le nombre de dépôts se rapportant au Système gothlandien les deux sections de schistes à graptolithes: schistes à *Rastrites* et à *Cyrtopgraptus*, sont connues de Bornholm. Elles se présentent dans deux régions isolées, à la partie inférieure d'Øleaa et à la partie inférieure de Læsaa. A Øleaa on trou-

ve l'une et l'autre des deux sections, à Læsaa seulement le schiste à *Cyrtograptus*. Sur les 7 zones du schiste à Rastrites, connues d'ailleurs, BJERRING-PEDERSEN¹³ a démontré que les 5 zones supérieures sont représentées dans l'île de Bornholm, caractérisées par les fossiles suivants, à compter d'en bas: *Monograptus acinaces* TÖRNQ., *M. gregarius* LAPW., *M. convolutus* HIS., *M. Sedgwicki* PORTL., et *M. turriculatus* BARR. On a trouvé 55 espèces en tout. Ces schistes argileux, d'un gris sombre, ont une faible inclinaison vers le sud. Dans les couches inférieures, situées le plus septentrionalement, à un coude de la rivière Øleaa, au SO de Billegrav, on voit plusieurs couches de calcaire gris, possédant jusqu'à 20 cm de puissance, alternant avec les couches de schiste.

Au-dessus du schiste à Rastrites se trouvent le schiste à *Cyrtograptus*, sans interruption de la série des couches. Sur les 7 zones qui sont connues de la Scanie, on peut compter que les 5 inférieures sont représentées dans l'île de Bornholm. Parmi les fossiles il importe de citer *Monograptus priodon* BRONN., *Cyrtograptus Lapworthi* TBG., *C. Murchisoni* LAPW., et *Retiolites Geinitzianus* BARR. Les schistes à *Cyrtograptus* sont assez irrégulièrement inclinés. Dans certains endroits on rencontre dans les schistes des concrétions calcaires, qui présentent, intérieurement, des fissures radiaires, et qui renferment de petits cristaux de roche, d'une parfaite limpidité, connus sous le nom de «diamants de Bornholm».

En raison de la grande conformité de faciès entre les assises cambriennes et siluriennes de la Scanie et de l'île de Bornholm il y a tout lieu de supposer que la série de couches paléozoïques de Bornholm se soit terminée originairement de la même façon que celle de la Scanie. Pour faire suite au schiste à *Cyrtograptus* il y a, en Scanie, encore un schiste argileux, le schiste à *Colonus*, et la série se termine par une formation de grès, le grès d'Öved-Ramsåsa. La série de couches paléozoïque, initiée par une transgression de la mer, s'est donc terminée par une régression, après quoi il y a eu une époque continentale, dont la durée s'est prolongée depuis la dernière partie de la période paléozoïque jusque bien avant dans la mésozoïque.

Aperçu des formations paléozoïques de l'île de Bornholm comparées à celles de la Scanie.

| Série scannienne | | Bornholm | | | |
|--|---|----------|--------|---------|---|
| | | Oleaa | Laesaa | Risebæk | |
| Gothlandien | { Grès d'Öved-Ramsåsa..... | | | | Ne se trouve pas à Bornholm. La série n'affleure pas |
| | { Schiste à <i>Colonus</i>..... | ..... | ..... | ..... |  |
| | { Schiste à <i>Cyrtograptus</i>..... | + | + | ..... |  |
| | { Schiste à <i>Rastrites</i>..... | + | ..... | ..... |  |
| Ordovicien | { Schiste à <i>Brachiopodes</i> | | | | La série n'affleure pas |
| | { Schiste à <i>Trinucléus</i>..... | ..... | + | + |  |
| | { Schiste à <i>Dicellograptus</i> moyen..... | | + | + | } Lacunes à Bornholm et dans l'E. de Scanie |
| | { Schiste à <i>Dicellograptus</i> infér. .... | ..... | (+) | ..... |  |
| | { Schiste à <i>Didymograptus</i> supérieur..... | ..... | ..... | ..... |  |
| | { Calcaire à Orthocères..... | ..... | + | + |  |
| | { Schiste à <i>Didymograptus</i> inférieur..... | | | | } Lacune à Bornholm |
| | { Calcaire à <i>Ceratopyge</i>..... | ..... | ..... | ..... |  |
| { Schiste à <i>Dictyograptus</i>..... | ..... | + | + |  |  |
| Cambrien | { Schiste à <i>Olenus</i> , assise supérieure .. | | + | | Lacune à Bornholm |
| | { — , assise moyenne..... | ..... | + | ..... |  |
| | { — , assise inférieure ... | + | + | ..... |  |
| | { Etage à <i>Paradoxides</i>..... | + | + | ..... |  |
| | { Etage à <i>Olenellus</i> (schistes verts)..... | + | + | ..... |  |
| { — (grès de Nexo)..... | + | + | ..... |  |  |

Bibliographie.

Abbreviations:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening.
København.

D. G. U. = Danmarks geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning.

1. HOLM, G. 1893: Sveriges kambrisk-siluriska Hyolithidae, S. G. U. Ser. C, Nr. 112.
2. MOBERG, J. C. 1892: Om Olenellusledet i sydliga Skandinavien. Forhandl. ved 14. Skandinav. Naturforsker møde. København.
3. GRÖNWALL, K. A. 1902: Bornholms Paradoxideslag. With a Summary of the Contents: The Paradoxides beds of Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 13.
4. POULSEN, CHR. 1923: Bornholms Olenuslag og deres Fauna. With a Summary of the Contents: The Olenus beds of Bornholm and their fauna. D. G. U. II. Række, Nr. 40.
5. GRÖNWALL, K. A. 1899: Bemærkninger om de sedimentære Dannelser paa Bornholm. Avec résumé en français: Sur les terrains sédimentaires de l'île de Bornholm et sur leur tectonique. D. G. U. II. Række, Nr. 10.
6. CALLISEN, KAREN, 1914: Tenformede Tungspatkrystaller (»Pseudo-Gaylussit« og »Pseudo-Pirssonit«) i Alunskiferen. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
7. POULSEN, CHR. 1922: Om Dictyograptusskiferen paa Bornholm. D. G. U. With a Summary of the Contents: On the Dictyograptus shale of Bornholm. IV. Række, Bd. 1, Nr. 16.
8. FUNKQUIST, HERMAN. 1919: Asaphusregionens omfatning i sydöstra Skåne och på Bornholm. With a Summary of the Contents: The extent of the Asaphus Region in S. E. Scania and in Bornholm. Kungl. fysiogr. Sällskapet's Handl. N. F. Bd. 31. Lund. (Medd. från Lunds geolog. Fältklub, Ser. B, Nr. 11).
9. NØRREGAARD, E. M. 1925: Bjergarterne i Bornholms og Sydøst-Skaanes Asaphus-Region. Avec résumé en français: Les roches de la région à *Asaphus* de Bornholm et du sud-est de la Scanie. D. G. U. IV. Række. Bd. 1, Nr. 19.
10. HADDING, ASSAR. 1915: Der mittlere Dicellograptus-Schiefer auf Bornholm. Kungl. fysiogr. Sällsk. Handl. N. F. Bd. 26. Lund. (Medd. från Lunds geolog. Fältklub, Ser. B, Nr. 8).
11. RAVN, J. P. J. 1899: Trilobitfaunaen i den bornholmske Trinucleusskifer. Avec résumé en français: Sur la faune trilobitique des schistes à *Trinucleus* de l'île de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 10.

12. GRÖNWALL, K. A. og MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille géologique de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 13. BJERRING PEDERSEN, TH. 1922: Rastritesskiferen paa Bornholm. With a Summary of the Contents: The Bornholmian Rastrites beds. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 11.
-

Systemes triasique et jurassique.

L'époque continentale, qui a commencé vers la fin du Gothlandien, a apporté une interruption de la sédimentation dans l'île de Bornholm, interruption qui a duré jusqu'à la dernière partie du Trias. Jusqu'à cette époque la surface du pays se trouvait exposée à la désagrégation et à la dénudation, ce qui se manifeste dans la constitution des sédiments rhétiens et jurassiques qui y font suite. Au nombre de ceux-ci le sable quartzeux, les couches de grès ferrugineux, et les argiles riches en kaolin et partiellement réfractaires, de même que les concrétions et couches de spérosidérite, jouent un rôle prépondérante. Un reste des produits transformés de l'époque continentale, se trouvant *in situ*, est constitué par le kaolin à l'est de Rønne. Il est superposé à du granite, et il est dans une certaine mesure recouvert de gisements mésozoïques. Autrement les dépôts mésozoïques sont séparés des formations antérieures par des failles. Les gisements ont été eux-mêmes pour une grande part l'objet de dislocations et dérangements, et ils se trouvent en beaucoup d'endroits dans des positions très inclinées et même verticales et à directions variées. Les dépôts sont partie marins, partie limniques et estuariens, contenant dans plusieurs régions des séries de couches de houille.

La région comprenant les assises rhétien-liasiques s'étend le long de la côte ouest et sud-ouest de Bornholm, depuis Hasle jusqu'à Øleaa, et en dehors de cela une partie moins importante à la côte nord-est, dans la baie à l'ouest de Gudhjem. En raison des conditions de gisement irrégulières et faute de fossiles conducteurs en nombre suffisant il est difficile de trouver une base satisfaisante pour une répartition

par rang d'âge. Les points de repère les plus sûrs sont fournis par la série marine des dépôts, dont les conditions de gisement et la faune ont été étudiées par JESPERSEN, LUNGGREN, MÖBERG, GRÖNWALL et MALLING. Prenant son point de départ de cette série MALLING¹ divise les dépôts limniques et estuariens en une section inférieure (Rhétien-Lias inférieure) et une section supérieure (Lias moyen—Wealdien).

Les dépôts qui sont à considérer comme la partie la plus ancienne sont ceux qui se trouvent dans une région située sur la côte méridionale, depuis Grødby Aa jusqu'à la baie d'Arnager et, de là, vers le nord-ouest jusqu'à Robbedale, au sud-est de Rønne. Ce sont des dépôts d'une constitution très hétérogène : grès et conglomérats variés, sable très fin et sable grossier, argiles de couleurs variées, et couches de houille. Non seulement ces dépôts sont-ils séparés des formations contiguës par des failles, mais encore se présentent-ils en parties isolées séparées entr'elles par des failles. Les inclinaisons sont quelque peu irrégulières mais ordinairement petites. L'orientation de l'inclinaison se trouve entre le SSO et l'OSO, excepté dans un terrain entre Grødby Aa et Limensgade près de Læsaa, où elle vise le SE. Dans la région entre la baie d'Arnager et Robbedale les dépôts sont superposés discordamment par du sable vert cénomanien (Arnager Grønsand) et son conglomérat basal contenant des concrétions phosphoriques d'âge antérieur. La discordance peu importante qui se trouve ici — représentant la période qui va du Lias moyen jusqu' au Céno-manien — de même que les inclinaisons peu considérables des dépôts rhétien-liasiques en question ici, dénotent que ces dépôts n'ont pas été exposés à de fortes perturbations, à part les dislocations qui les ont affaiblis par rapport aux gisements paléozoïques et qui ont fait se séparer les parties isolées.

Exception faite des couches de houille qui se rapportent à cette série de dépôts et qui se sont rencontrées surtout au fond de la mer au large de Boderne et l'anse de Sose, il n'y a que quelques rares localités d'où l'on connaisse des couches à débris végétaux. L'une d'elles est Munkerup, à l'est de Risebæk, de laquelle, d'après la détermination de BARTHOLIN, GRÖNWALL cite *Gubiera angustiloba* PRESL. et *Podozamites*

Agardhianus BRONGN. La localité la plus riche en fossiles est Vellengsbygaard, au sud-est de Robbedale. De cette localité HJORT³ et MÖLLER⁴ ont fait la description de 36 espèces de fossiles végétaux, dans le nombre desquels prédominent les genres de *Dictyophyllum* et *Podozamites*. Parmi les fossiles il importe de citer *Dictyophyllum Münsteri* (GOEPP.) NATH., *D. Nilssoni* (BRONGN.) SCHENCK, et *Podozamites lanceolatus* LINDB. & HÜTT. Parmi les conifères le genre de *Pitiophyllum* est le plus commun. La flore est considérée comme nettement rhétienne, correspondant à la flore des gisements rhétiens de la Scanie; elle a pourtant 16 espèces en commun avec la flore beaucoup plus récente de Bagaa.

Le gravier de Robbedale est rapporté à une section un peu plus récente du Rhétien; mais chronologiquement la série de dépôts de toute cette région est à considérer comme s'étendant jusqu'au Liasique moyen, lors du début de la transgression océanique. Dans du sphérosidérite à l'est de la pointe de Sose (Homandshald) on a trouvé un fragment d'ammonite, que MØBERG considère comme se rapportant au Lias moyen, au même titre que la zone marine longeant la côte occidentale, entre Stampe Aa et Hasle.

Beaucoup plus intimement rattachée à la série liasique marine se trouve pourtant une région s'étendant depuis la baie de Pythus, à 2 km au sud de Rønne, jusqu'à un peu au-delà de la pointe de Nebbe, au nord de Rønne. Les roches se composent essentiellement d'argile et de sable, renfermant en maints endroits des couches de houille. A Pythus se trouve une série de 12 couches, au nord d'Ormebæk une série de 4 couches. On a rencontré des couches de houille également dans le bassin du port de Rønne, dans les argilières les plus occidentales près de Rønne, et au nord de la pointe de Nebbe. Dans le bassin du port de Hasle de même qu'immédiatement au nord de cette ville il y a des dépôts contenant de la houille, qui se rapportent peut-être aussi à cette série. A la pointe de Nebbe on rencontre de l'argile et du sable contenant des couches de sphérosidérite.

Le pendage des dépôts longeant la côte au sud du port de Rønne jusqu'à Ormebæk est partout orienté occidentalement. Dans une bande plus orientale représentée par la pointe de

Nebbe, les argilières de la tuilerie de Rønne, et la région à houille de Pythus, les couches ont leur pendage orienté vers l'est, l'inclinaison s'accroissant du côté est. Dans la région de Pythus, où la direction est à peu près du NNO au SSE, l'inclinaison augmente depuis 23° jusqu'à 70° sur une étendue d'environ 700 m de l'ouest à l'est, et les couches des argilières de Rønne présentent une inclinaison qui s'accroît encore davantage. Dans la région Ornebæk-Pythus et à la pointe de Nebbe (Galge Odde) on a trouvé passablement de débris végétaux, provenant presque exclusivement de formes rhétiennes. On peut citer *Gutberia angustiloba* PRESL., *Podozamites lanceolatus f. intermedia* HEER, *Nilssonia acuminata* (PRESL.) GOEPP, et *Palissya Brauni* ENDL.

MALLING (v. le tableau de la p. 43) considère les couches de Galgeløkken (à *Cardinia Follini*) comme plus récentes que les couches de Nebbe Odde (à *Cyrena Menkei*), mais antérieures aux couches des argilières de la tuilerie de Rønne et à celles de la région de Pythus. Mais jusqu'à ce qu'on ait réuni des matériaux plus complets pour justifier plus fortement ce placement, la question reste cependant en suspens à savoir si les couches correspondant à la série marine plus orientale, soit Nebbe Odde, tuilerie de Rønne et Pythus, ne seraient pas plutôt synchrones. La question à savoir si, entre les dépôts côtiers de Galgeløkken et les dépôts de l'argilière de Rønne, il y a une faille, ainsi que le suppose M. GRØNWALL,² ou si les dépôts constituent un pli anticlinal, doit également être considérée comme incertaine.

Les gisements de la série liasique marine apparaissent au sud de Hasle de même que dans une bande étroite s'étendant depuis Blykobbe Aa, contournant Rønne orientalement, jusqu'à l'embouchure de Stampe Aa. A cette série se rapporte le grès de Hasle, un grès verdâtre renfermant quelques rares couches de sphérosidérite riches en fossiles, qui affleure immédiatement au sud de Hasle. Le grès incline faiblement vers le sud et il est superposé par les dépôts à houille de Løvka. En fait de fossiles MALLING⁶ a déterminé 38 espèces, e. a. *Arietites* *cfr. falcarius* QUENST., pour laquelle il a rapporté le grès à la zone à *Arietites Bucklandi*, deuxième zone d'en haut du Lias inférieur. Dans le tableau de la p. 43 MALLING¹

Tableau des dépôts jurassiques (d'après MALLING).

| Epoque | | Dépôts marins | Dépôts limniques et estuariens | Localités | |
|---|-----------|---------------|--|---|--|
| Wealdien (Crétacé inférieur) | | | Sphérosidérite Grès (superposé au kaolin) | Argilière ancienne de la poterie de Rønne Ellebygaard Kyndegaard? Buskegaard Rabekkegaard | |
| Lacune | | | | | |
| Malm (Jurassique blanc) | | | Argile à plantes de types jurassiques supérieurs | Holsterhus | |
| Dogger (Jurassique brun) | | | Banc de sphérosidérite. Couches d'argile et de sable à houille. Flore d'un type antérieur à celle de Holsterhus | Bagaa | |
| Lias (Jurassique noir) | Supérieur | | | | Sorthat Løvka Onsbæk |
| | | δ | | | |
| | Moyen | γ | Grès ferrugineux plus ou moins fin | | Stampen (Banc à myoconcha) Blykobbeaa Hvidodde-Rosmannebæk (couches arquées de Jespersen) Nouvelle argilière de la poterie de Rønne Homandshald Hasle (grès de Hasle) |
| | Inférieur | β | | Argile et sable à houille | Argilières de la tuilerie de Rønne, Pythus et ailleurs |
| | | α | Argile et sable à <i>Cardinia Follini</i> (eau saumâtre) | | Galgeløkken |
| Rhétien | | | Argile et sable à <i>Cyrena Menkei</i> | | Nebbe Odde |
| | | | Gravier | | Robbedale |
| | | | Argile à plantes | | Vellengsby |
| Keuper? | | | Argile d'eau douce(?) | | Munkerup |

le porte, par contre, dans la partie inférieure du Lias moyen.

Depuis l'embouchure de Blykobbe Aa vers le sud, passant par Hvidodde et immédiatement à l'est de Rønne (la nouvelle argilière de la poterie), jusqu'à l'embouchure de Stampe (Vellengs) Aa on rencontre les localités principales de la série liasique marine. GRÖNWALL et MALLING⁷ ont fait la description d'une faune de 46 formes déterminées quant à l'espèce, provenant de la localité à l'embouchure de Stampe Aa. Parmi les plus importantes en est *Aegoceras centaurus* D'ORB. var. *bornholmiensis* et, en fait de formes nouvelles, *Myoconcha stampensis*, d'après laquelle cette couche a été dotée du nom de banc à *Myoconcha*. Cette couche est rapportée à la zone à *Centaurus*, seconde zone d'en bas du Lias moyen. Provenant de la nouvelle argilière de la poterie de Rønne, de Hvidodde, de même que de la plage à l'embouchure de Rosmannebæk, à 3 km au nord de Rønne, MALLING⁸ cite de riches faunes se rapportant aux deux zones les plus inférieures du Liasique moyen, les zones à *Polymorphites Jamesoni* et à *Centaurus*. Les dépôts marins mentionnés ici sont partout inclinés orientalement pareillement aux dépôts limniques et estuariens antérieurs, situés plus occidentalement.

Faisant suite à la série marine se trouvent de nouveau des dépôts de sable et d'argile renfermant des débris végétaux et des couches de houille. On trouve ici les systèmes de houille les plus importants de l'île de Bornholm. Dans celui qui est situé le plus septentrionalement, à Løvka au sud de Hasle, les couches inclinent faiblement vers le sud. La série a une puissance d'à peu près 200 m et comprend au moins 25 couches de houille, dont les puissances varient de 7 à 70 cm. — A Sorthat, un peu plus méridionalement, on rencontre une pareille série à couches de houille, dont plusieurs semblent identiques à celles du système de Løvka. L'inclinaison est dirigée orientalement s'accroissant vers l'est jusqu'à 70°, jusqu'à ce que, à 500 m à peu près en dedans de la côte, la série est interrompue par un étroit horst de granite dirigé du nord au sud, sur le côté oriental duquel on voit se présenter du sable vert, se rapportant au Crétacé.

Entre les régions des systèmes de Løvka et de Sorthat il se trouve à Bagaa une troisième région à houille, qui a été af-

faissée par rapport aux terrains environnants par des dislocations. Les couches inclinent vers le sud-est. On rencontre ici de l'argile avec une flore très riche; elle a été étudiée par BARTHOLIN⁹ et MÖLLER⁴, qui ont trouvé 69 espèces, principalement Fougères, Cycadées et Conifères. D'après MÖLLER on y voit se présenter des formes de l'époque entière entre le Rhétien et l'Oolithe. Les fossiles ont été rencontrés tantôt dans de l'argile blanche réfractaire (45 formes), tantôt dans du sphérosidérite jaune (27 formes), mais les deux flores n'ont en commun que 3 espèces. Dans l'argile se font remarquer surtout *Dicksonia lobifolia* (PHILT) RACIB., et, dans le sphérosidérite, *Dicksonia Pingelii* (BRONGN.) BARTHOL. et *Chladophlebis Roesserti* (PRESL.) SAPORTA (MÖLLER).

A Onsbæk on trouve, à 200 m de la côte, des dépôts d'argile et de sable fortement inclinés, orientés N 15° O, et qui semblent faire immédiatement suite à la série marine, pareillement aux dépôts de Løvka et Sorthat.

La série d'eau douce qui apparaît dans la vieille argilière de la poterie de Rønne (l'argilière située le plus vers le nord-est), est considérée, par contre, comme étant considérablement plus récente; MALLING la rapporte au Wealdien.

Se rapprochant chronologiquement de ces dépôts il y a une partie isolée à argile fossilifère à Holsterhus, à l'ouest de l'embouchure d'Øleaa. BARTHOLIN¹⁰ y a trouvé 24 formes se rapportant pour la plupart à l'Oolithe et au Wealdien.

Dans son tableau des gisements jurassiques de Bornholm MALLING¹ rapporte les dépôts de Holsterhus au Dogger supérieur et au Malm.

V. Milthers.

Bibliographie.

Abbreviations:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening.
København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning.

1. MALLING, C. 1920: Den marine Lias og Wealden-Aflejringer paa Bornholm. Dansk geol. Foren. Bd. 5.

2. GRÖNWALL, K. A. og MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille géologique de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 3. HJORTH, A. 1899: Vellengsbyleret. D. G. U. II. Række, Nr. 10.
 4. MÖLLER, HJ. 1902: Bidrag till Bornholms fossila Flora. I. Pteridofyter. Kongl. Fysiograf. Sällskapets Handl. Bd. 13, Nr. 5. Lund.
 5. MÖLLER, HJ. 1903: II Gymnospermer. Kongl. Vetenskaps-Akadem. Handl. Bd. 36, Nr. 6. Stockholm.
 6. MOBERG, J. C. 1888: Om lias i sydöstra Skåne. S. G. U. Ser. C, Nr. 99.
 7. MALLING, C. 1911: Hasle-Sandstenens Alder. Dansk geol. Foren. Bd. 3.
 8. MALLING, C. og GRÖNWALL, K. A. 1909: En Fauna i Bornholms Lias. Avec résumé en français: Une faune marine liasique de Bornholm. Dansk geol. Foren. Bd. 3.
 9. MALLING, C. 1914: De Jespersenske Buelag i Lias paa Bornholm. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
 10. BARTHOLIN, C. T. 1892 og 1894: Nogle i den bornholmske Juraformation forekommende Planteforsteninger. Botanisk Tidsskrift Bd. 18 og 19.
 11. BARTHOLIN, C. T. 1910: Planteforsteninger fra Holsterhus paa Bornholm. Avec résumé en français: Des plantes-fossiles à Holsterhus en Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 24.
-

Système crétacé.

Les gisements crétacés du Danemark se répartissent ainsi :

| | | | | |
|-------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|-----|
| Danien*) | D. supérieur (Zone C et D) | Calcaire à coccolithes, Calcaire à bryozoaires et C. corallien | Danemark, à l'exception de Bornholm | |
| | D. inférieur (Zone A et B) | | | |
| Sénonien | Zone à <i>Belemnitella mucronata</i> | Craie blanche Marne grise | id. | id. |
| | Zone à <i>Actinocamax quadratus</i> | Marne grise | id. | id. |
| | Zone à <i>Actinocamax granulatus</i> | | | |
| | Zone à <i>Actinocamax westfalicus</i> | Sable vert de Bavnodde | Seulement à Bornholm | |
| Turonien | Supérieur | Calcaire d'Arnager | id. | |
| | Moyen | | | |
| | Inférieur | | | |
| Cénomanién | Supérieur | | | |
| | Moyen | Sable vert d'Arnager | id. | |
| | Inférieur | | | |
| Albien (Gault) | | en couche secondaire dans le Cénomanién | id. | |
| Néocomien | | | | |
| | Wealdien | Dépôt fluvial | id. | |

*) Depuis quelques années M. BRÜNNICH NIELSEN et d'autres favorisent l'idée que le Danien serait à rapporter au Tertiaire plutôt qu'au Crétacé.^{1,2}

Dans l'île de Bornholm les gisements crétacés se rencontrent dans deux régions : la région de Nyker, au NNE de Rønne, et la région d'Arnager-Stampen, près de la côte au SE de Rønne. Les conditions dans la région de Nyker étant très peu connues on ne fera mention, dans les pages suivantes, que des dépôts situés dans la région d'Arnager-Stampen.

Wealdien.

Plusieurs auteurs se prononcent, avec plus ou moins de certitude, pour la présence de gisements wealdiens dans l'île de Bornholm. Toujours est il qu'il s'agit de dépôts de sable et de sphérosidérite renfermant des débris végétaux et des mollusques d'eau douce.

MALLING³ rapporte au Wealdien le grès superposé au kaolin de même que des couches de sphérosidérite à Kyndegaard, Ellebygaard, et dans la vieille argilière des poteries de Rønne; la faune de la dernière de ces localités est caractérisée e. a. par *Dreissenssia membranacea* DUNK., *Unio Menkei* DUNK., *Cyrena majuscula* RÖM., *C. solida* RÖM., *C. gibbosa* DUNK., *Paludina fluviorum* MANT.

Albien (Gault).

En fait de dépôts se rapportant à l'Albien on ne connaît du Danemark que des gisements en couche secondaire dans le Cénomanién. Ils sont connus surtout par l'exploration, faite par M. RAVN, du conglomérat de Madsegrav à l'est d'Arnager.⁴

A la base du sable vert cénomanién (voir plus bas) on rencontre un conglomérat basal composé pour la plus grande part de nodules de grès phosphoritique mesurant jusqu'à 20 cm. Ces nodules sont d'origine hétérogène étant formés eux-mêmes par la décomposition d'un banc conglomératique antérieur. C'est ainsi que leur structure s'explique de la manière suivante: Les nodules les plus anciens, nodules primaires, sont principalement des galets roulés d'un grès phosphoritique, glauconieux, à grains assez grossiers; là-dedans se trouve une faune spéciale, la faune à *Hoplites*. Ces

nodules primaires se trouvent cependant sur une large échelle cimentés en de nouveaux nodules, les nodules secondaires, dont la matière première est un grès phosphoritique brunâtre, à grains plus fins; on rencontre ici — à côté des nodules primaires — une faune plus récente, la faune à *Schloenbachia*.

La zone à Hoplites (les nodules primaires) peut être rapportée à l'Albien inférieur, zone à *Hoplites tardefurcatus* et *H. regularis*. La zone à *Schloenbachia* (les nodules secondaires) se rapporte à l'époque de transition de l'Albien au Cénomancien, de préférence à l'Albien le plus supérieur.

Cénomancien.

On a constaté la présence de gisements cénomaniens tant à la limite est qu'à la limite ouest de la région d'Arnager-Stampen, superposés, dans l'un et l'autre de ces endroits, discordamment à des formations mésozoïques antérieures.

Ces gisements sont le mieux connus de la falaise d'Arnager (RAVN⁵). Le Cénomancien s'est développé ici sous forme de

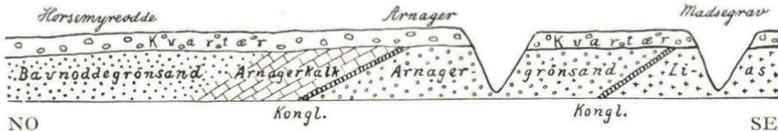


Fig. 5. Coupe schématique dans la falaise entre Madsegrav et Horsemýreodde sur la côte sud-ouest de Bornholm. Du côté sud-est on trouve le Système liasique; au-delà (vers l'ouest) le Cénomancien moyen (Arnagergrönsand = sable vert d'Arnager), le Turonien supérieur (Arnagerkalk) et finalement le Sénonien inférieur (Bavnoddegrönsand). Deux couches à conglomérat basal sont indiquées (Kongl.), l'une à droite, cénomancienne, l'autre à gauche, turonienne.

sable vert, le sable vert d'Arnager, dont la présence se constate sur une étendue de 800 m. En partant du côté oriental, à Madsegrav, on rencontre le sable vert superposé à différentes couches de sable et d'argile; à sa base se trouve un conglomérat basal d'une puissance de 50 cm au maximum renfermant des galets de grès phosphoritique roulés mesurant jusqu'à 20 cm de diamètre (mentionnés plus haut, à l'article Albien). Le sable qui se trouve entre les galets roulés est assez friable, mais immédiatement au-dessus de la couche conglomératique il y a deux bancs de grès vert d'une plus grande

dureté. De là, le sable vert s'étend sans grandes variations jusqu'à un point à l'ouest d'Arnager, où il est superposé par le calcaire d'Arnager. Le sable vert est faiblement incliné vers l'ouest, d'où l'on a évalué sa puissance à environ 180 m.

La faune, décrite par M. RAVN, provient essentiellement des parties inférieures du sable vert. Citons parmi les formes le plus fréquemment rencontrées *Inoceramus orbicularis* MÜNST., *Schloenbachia varians* SOW., et *Actinocamax plenus* BLAINV.; on peut faire ressortir en outre *Pecten dubrisiensis* WOODS, *Spondylus latus* SOW., et *Schloenbachia Coupei* BRONGN. Prise dans ses grands traits la faune est probablement à rapporter au Cénomanién moyen.

Turonien.

Le Turonien est connu de Bornholm sous forme d'un calcaire de couleur claire, le calcaire d'Arnager, qui se laisse observer soit dans la falaise entre le village d'Arnager et la pointe Horsemyrodde soit à la rivière de Stampe Aa. (RAVN⁶).

Le calcaire d'Arnager est superposé au sable vert cénomanién d'Arnager cité plus haut. A sa base il y a un conglomérat, puissant d'environ 18 cm, formé de nodules de grès phosphoritique semblables à bien des égards à ceux du conglomérat basal du Cénomanién mais ne mesurant que jusqu'à environ 5 cm; ils se trouvent incorporés dans le calcaire.

Faisant suite au conglomérat basal on trouve le calcaire d'Arnager typique, un calcaire impur, blanc ou gris-clair, renfermant de 40 à 50 p. c. d'argile, sable fin et silice; partout dans le calcaire on voit des cavités laissées par des spicules d'éponges décomposées, mais ce n'est que très rarement qu'on trouve du silex dans le calcaire. Plus loin vers l'ouest, à Horsemyreodde, où se rencontrent les parties les plus récentes du calcaire d'Arnager (superposées par le sable vert sénonien de Bavnodde), il prend le caractère d'un calcaire gris-bleu encore moins pur, déposé probablement dans une eau un peu plus basse.

En fait d'espèces qui se rencontrent fréquemment dans le calcaire d'Arnager il faut citer *Lima Hoperi* MANT., *Pecten cretosus* DEFR., *Spondylus latus* SOW., et *Scaphites Geinitzi*

D'ORB.; il ne semble pas y avoir de différence essentielle entre la faune d'Arnager et celle de Horsemyreodde. La faune aussi bien que les conditions de gisement tendent à faire rapporter le calcaire d'Arnager au Turonien supérieur, zone à *Holaster planus*.

Sénonien.

Sénonien inférieur (Emschérien).

Craie à *Actinocamax westfalicus*.

Le Sénonien inférieur, le sable vert de Bavnodde, est connu de Bornholm seulement, où on l'aperçoit dans les falaises et à Stampe Aa (RAVN⁷). La limite inférieure du sable vert de Bavnodde se trouve le plus orientalement à Horsemyreodde, où il peut être observé à la plage, superposé au calcaire d'Arnager. La surface du calcaire d'Arnager est assez inégale, le sable vert constituant la matière de remplissage de petits creux dans le calcaire, ce qui fait présumer sûrement qu'il y a eu une interruption dans la sédimentation.

Dans les falaises, d'une hauteur d'à peu près 15 m, on peut observer le sable vert de Bavnodde depuis Horsemyreodde sur un parcours de 2 km du côté NO jusqu'à Korsodde. Dans le sable vert — ou la marne à sable vert — se trouvent par endroits des couches concrétionnaires ou des bancs de grès quartzeux dur.

Le sable vert de Bavnodde a fait connaître une faune assez riche, dont on peut faire ressortir *Scaphites inflatus* ROM., *Actinocamax westfalicus* SCHLÜT., et *Mortoniceras pseudotexanum* GROS. Le caractère général de la faune est plutôt celui du Sénonien moyen, abstraction faite de certaines espèces qui indiquent décidément le Sénonien inférieur. Si le sable vert dans son ensemble est à rapporter au même horizon il faudra le placer sans doute tout à fait supérieurement dans le Sénonien inférieur, à la limite de transition au Sénonien moyen.

La série des dépôts crétacés de l'île de Bornholm fournit des éclaircissements sur un nombre de changements de niveau

correspondant à des régressions et transgressions successives. Nous en donnons ci-dessous un tableau, qui s'appuie principalement sur les vues émises par M. RAVN.⁴

| Régression: | Transgression: |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Wealdien | |
| Albien moyen—supérieur | Albien inférieur |
| Cénomaniens inférieur | Albien supérieur |
| Cénomaniens supérieur—Turonien moyen | Cénomaniens moyen |
| Sénonien inférieur | Turonien supérieur |
| | Fin du Sénonien inférieur. |

Sénonien moyen et supérieur.

Abstraction faite de l'île de Bornholm on ne peut, pour le Danemark, citer que deux localités où des forages profonds aient fait découvrir des gisements sénoniens antérieurs à la zone à *Belemnitella mucronata*: l'une est à Kasted près Aalborg (1872), et l'autre immédiatement au sud de Grøndal Aa, environ 150 m à l'ouest de 5. Juni Plads à Köbenhavn (de 1894 à 1907). Ce dernier forage («Carlsbergfondets Dybdoboring»: forage profond aux frais de la Fondation Carlsberg) a révélé la série de couches suivante (d'après RAVN et BØGGILD⁸):

| | | |
|------------------------|-------------------------------------|---|
| 0 à 9,25 m: | Tourbe, argile, sable et gravier | = Quartaire |
| 9,25 à 37,7 m: | Calcaire à Bryozaires | = Danien |
| 37,7 à 290 m: | Craie blanche à silex | } = Craie à <i>Belemnitella mucronata</i> supérieure. |
| 290 à env. 533 m: | Craie blanche sans silex | |
| env. 533 à env. 659 m: | Marne grise | = Craie à <i>Belemnitella mucronata</i> inférieure et moyenne |
| env. 659 à 861 m: | Marne grise | = Craie à <i>Actinocamax quadratus</i> |

Craie à *Actinocamax quadratus* et Craie à *Belemnitella mucronata* inférieure et moyenne.

Le gisement rapporté par M. RAVN à ces zones est un calcaire marneux consistant et très faiblement schisteux, fortement stratifié par de minces couches alternant du clair ou sombre. Le contenu en calcaire varie de 86,2 à 58,3%. Ces chiffres indiquent l'ensemble du contenu des échantillons; si l'on fait l'analyse des couches claires et des foncées, chacune à part, le contenu en calcaire peut s'élever à 92,6% pour les claires et tomber à 36,8% pour les foncées. A environ 660 m de profondeur il y a des couches de sable fin composé de quartz, grains calcaires, pyrites etc. Supérieurement le calcaire marneux se transforme graduellement en un calcaire plus pur, qui constitue le dépôt superposé; c'est à environ 533 m de profondeur que le contenu en argile diminue peu à peu, et l'on voit se présenter des couches de calcaire pur dans la marne.

Provenant du calcaire marneux les fossiles suivants ont pu être déterminés:

533 à 659 m: *Metopaster tumidus radiatus* SP., *Pollicipes fallax* DARW., *Serpula undulata* HAG., *Metopaster undulatus* SP.

659 à 861 m: *Pollicipes fallax* DARW., *Crania antiqua* DEFR., *Belemnitella lanceolata* SCHLOTH.

Craie à *Belemnitella mucronata* supérieure.

La craie à *Belemnitella mucronata* supérieure⁹⁻¹⁰ est devenue partout de la Craie blanche. Recouverte de formations plus récentes elle se trouve plus ou moins profondément partout dans les sous-sols du Danemark. Immédiatement sous-jacente au Quaternaire elle s'étend sur la plus grande part des îles de Lolland, Falster et Møn, le sud de la Sjælland (outre des terrains de petite étendue près Skelskør et à Pilemølle près de Køge Bugt); la partie orientale de Himmerland, Vendsyssel, les Hanherreder et Thy. Elle affleure dans les falaises de Møns Klint et Stevns Klint, au fiord de Mariager et de là jusqu'au voisinage d'Aalborg, dans la partie orientale des Hanherreder, au nord de Thisted et dans le Salling, et

enfin dans des terrains de petite étendue dans l'île de Mors et dans la partie occidentale de Himmerland.

La craie blanche présente partout une constitution à peu près uniforme, qui n'est sujette qu'à de faibles variations quant à la composition. Le contenu en calcaire est en moyenne environ 95% mais peut s'élever même au-dessus de 99,5%. C'est donc une roche calcaire d'une pureté extrême, d'origine planktogène et à immixtion terrigène extrêmement faible. La matière principale est constituée d'une vase calcaire extraordinairement menue, produite probablement par une précipitation chimique (éventuellement bactériologique-chimique) dans les parties supérieures de l'eau de la mer. A cette matière première vient s'ajouter un fort contingent de coccolithes et un certain nombre de foraminifères provenant du plankton; la faune dénote du reste que la craie blanche a dû se former dans une eau assez peu profonde, supposition qui est corroborée aussi par le fait de la sédimentation purement chimique. Les couches les plus récentes de la craie blanche sont souvent (à Stevns, et dans plusieurs localités du Jylland) très riches en bryozoaires et d'autres formes petites, ce qui laisse supposer que cet horizon s'est formé dans une profondeur très peu considérable.

En fait d'éléments dégagés postérieurement dans la craie on trouve du silex, de la célestine, de la pyrite (de même que du gypse et de la limonite). Le silex se présente avant tout sous forme de nodules irréguliers, plus ou moins coordonnés par rangs ou par bandes parallèles à la stratification, et, de plus, comme matière de remplissage de petites fissures, de coquilles d'échinides et de mollusques etc.; la couleur en est très foncée, souvent complètement noire, et les nodules sont recouverts d'une écorce de silice blanche, ordinairement épaisse de quelques millimètres seulement.

Le silex ne se trouve pas en quantité uniforme dans toutes les localités à craie blanche. A la p. 52 nous avons fait remarquer qu'il fait défaut dans les couches inférieures de craie blanche dans le forage de Grøndal, et il en est de même de la craie de Salling et au voisinage d'Aalborg. Dans cette dernière localité il y a des quantités extraordinaires de spongiaires siliceux dans la craie, ce qui, dans le présent cas, s'explique

sans doute par le fait que la transformation de l'acide silicique — de l'état primitif dans les spongiaires en nodules de silex — pour une raison ou l'autre n'aura pas eu lieu.

En fait de fossiles caractéristiques à la craie blanche on peut faire ressortir: *Belemnitella mucronata* SCHLOTH., *Scaphites constrictus* SOW., *Baculites vertebralis* LAM., *Inoceramus tegulatus* HAG., *Trigonosema pulchellum* NILS., *Terebratulina gracilis* SCHLOTH., *Terebratula carnea* SOW., *Echinocorys ovatus* LESKE, *Tylocidaris baltica* SCHLÜT.; de plus, quelques espèces de *Conulopsis*, *Terebratulina striata* WHLB., *Rhynchonella plicatilis* SOW., *Pecten pulchellus* NILS., *P. Puggaardi* RAVN., *P. Nilssoni* GOLDF., et beaucoup d'autres, *Vola striato-costata* GOLDF.; plusieurs espèces de *Lima*, *Spondylus*, *Gryphaea vesicularis* LAM. En fait de mollusques à coquilles aragonitiques il n'y en a ordinairement pas trace; c'est qu'ils ont été entièrement décomposés; seul, dans les endroits où la couche supérieure de la craie blanche a été, par places, durcie à une époque reculée, comme à Stevns Klint (on y reviendra plus bas), ces formes ont été conservées comme empreintes en creux. En fait de vertébrés on a rencontré des débris de poissons (e. a. des dents de réquin et des débris de *Myliobatis*) et des dents de *Mosasaurus*.

Toute la craie qui affleure dans nos falaises et qui apparaît dans nos carrières, se rapporte, comme nous l'avons dit, à la zone à *Belemnitella mucronata*. Dans ces limites la craie de Stevns Klint et de la contrée entre Aalborg et Mariager est la plus récente, tandis que la craie de Møns Klint est un peu antérieure en date. Dans les limites de la série de couches du forage de Grøndal la craie blanche la plus ancienne est exempte de silex, et il est bien possible que la craie blanche sans silex de Salling soit à rapporter au même horizon inférieur; dans l'une et l'autre de ces localités le manque d'acide silicique dans la craie semble tenir à sa condition primordiale (contrairement à ce qui est le cas pour la contrée d'Aalborg).

Danien.

Là où la craie blanche ne forme pas le sous-sol par rapport au Quartaire elle est normalement recouverte des gisements

calcaires du Danien⁹⁻¹⁰⁻¹¹⁻¹²; ce n'est qu'à l'extrême point sud, à Gedser, que le Danien fait défaut, en sorte que le Sélandien (Paléocène) est directement superposé à la craie blanche.

Recouvert seulement du Quartaire le Danien constitue le sous-sol dans le nord-est, l'est, et une partie du sud de la Sjælland, où il affleure à Faxe, à Stevns, aux environs de Køge Bugt, à København et dans l'île de Saltholm; dans l'île de Lolland on l'a rencontré lors d'un forage à proximité de Naskov; il y en a encore dans l'île de Langeland et dans la Fyn orientale; en Jylland il apparaît — affleurant en maint endroit — dans le Djursland, aux alentours des fiords de Randers et Mariager, dans le Himmerland, les Hanherreder, le Thy et dans l'île de Mors, de même que dans des étendues plus restreintes à Thyholm, dans le Salling (?), à Hjerm, Sevel, Davbjerg-Mønsted et Nøvling (au NO de Herning). A côté de cela on a, tant en Jylland que dans les îles, trouvé le Danien dans un grand nombre de forages, recouvert de dépôts d'argile et de sable vert paléocènes.

Tandis que la craie blanche ne présente que peu de variation dans les différentes localités, il en est tout autrement pour le Danien, les dépôts de cet étage variant assez considérablement non seulement de localité en localité mais aussi à travers la Période du Danien. On peut constater, toutefois, que les différentes roches calcaires ont certains traits en commun.

La précipitation planktogène de vase calcaire qui s'est opérée au cours de l'époque de la craie blanche, se continue à peu près de la même manière à travers l'époque danienne. Même à cette époque la vase calcaire a renfermé des Cocolithes en très grand nombre, mais comme les côtes cerclant la mer danienne se composaient pour une très large part de craie blanche, il y a certainement eu aussi un apport assez considérable de vase calcaire terrigène. Dans sa forme typique la roche formée de cette manière se présente comme un calcaire à cocolithes relativement mou, qui ne se distingue de la craie blanche que par le fait de renfermer quantité de particules calcaires, grains de calcaire et cristallisations de calcite. Les variétés les plus fines du calcaire à cocolithes daniens (p. ex. celui de Hjerm) peuvent extérieurement ressembler

énormément à la craie blanche, mais un examen microscopique révélera immédiatement la différence qu'on vient de désigner. Le calcaire à coccolithes danien, ou calcaire vaseux, différemment de la craie blanche, a été dénommé Blegekridt*).

Cette vase calcaire, qui à l'état pur constitue le Blegekridt, forme également la matière première de plusieurs roches différentes. Dans un grand nombre de cas le fond de la mer a été fortement tapissé de bryozoaires, et pour autant que les branches de ceux-ci soient arrivés à dominer plus ou moins, la roche est devenue un calcaire à bryozoaires**); on peut rencontrer aussi, mais rarement, un calcaire composé presque exclusivement de bryozoaires. Le calcaire à bryozoaires est ordinairement assez poreux et quelquefois facile à fendre, mais il arrive souvent aussi qu'il est absolument compact.

Plus rarement on voit se présenter des octactinaires (*Isis*, *Moltkia*, *Gorgonella*) ou des hexactinaires (*Dendrophyllia*, *Lobopsammia*) en nombres assez considérables pour transformer le calcaire en calcaire à coralliaires. Le calcaire à coralliaires est la roche principale à Faxe (on l'a rencontré aussi dans un forage à l'ouest de Næstved); sous forme de couches minces on a, dans plusieurs localités en Jylland, trouvé un calcaire coralliaire, où pourtant les hexactinaires cèdent le pas aux octactinaires.

Il est à supposer que, dans ses grands traits, le calcaire à bryozoaires s'est formé dans des conditions où la sédimentation de la vase calcaire a été moins active, c. à d. plus éloignée de la côte et dans une eau plus profonde (à part les exceptions qu'on trouve toujours); le Blegekridt, par contre, s'est certainement formé dans une eau un peu plus basse, de même qu'on rencontre tous les types transitoires depuis le Blege-

*) Ce nom est tiré du fait que certaines parties relativement dures du calcaire sont quelquefois appelées «Bleger». Le nom de Blegekridt (kridt = craie) est usité ici pour désigner toute roche calcaire danienne formée de vase à coccolithes, tant fine que grossière, sans égard à un durcissement subi postérieurement ni à son rang d'âge dans les limites du Danien.

***) Un calcaire à bryozoaires compact mais relativement mou est quelquefois appelé «Limsten».

kridt à grains fins jusqu'aux formations décidément littorales telles que sable calcaire et gravier calcaire.

A travers le Danien tout entier on rencontre de minces couches d'argile absolument secondaires. Le silex se trouve partout dans les roches calcaires du Danien, bien qu'en quantités variables. Le calcaire coralliaire de Faxø ne contient presque pas de silex, tandis qu'il abonde dans certaines formes de calcaire à bryozoaires. Dans le calcaire à bryozoaires de Stevns Klint les couches de silex se trouvent souvent à des distances l'une de l'autre qui ne mesurent qu'environ 1 m, et chacune des couches de silex, formée de nodules de silex soudés ensemble, peut atteindre une puissance de 20 à 30 cm. Dans le Blegekridt les couches de silex se trouvent aussi largement répandues, mais à côté de cela le silex se présente ici sous forme de masses isolées, irrégulièrement arrondies, dont le diamètre peut s'élever à plusieurs décimètres. Tandis que le silex de la craie blanche est presque tout à fait noir, le silex du Danien est de couleur plus pâtesue, noirâtre — gris — blanc, quelquefois jaunâtre, et encore la blanche écorce des nodules est-elle beaucoup plus épaisse, et les nodules sont en eux-mêmes beaucoup plus irréguliers, poreux et pourvus de creux et trous.

Enfin les roches calcaires du Danien peuvent-elles avoir subi un durcissement à des degrés très variables. Originaires d'un sédiment uniforme la roche se présente aujourd'hui tantôt comme un poudre calcaire friable presque inaltéré, tantôt comme une pierre calcaire dure et sonore, où tous les pores sont remplis de calcite cristallisée*).

Par rapport au Sénonien le Danien est caractérisé par le fait qu'un certain nombre de genres ont disparu: *Scaphites*, *Baculites* (comme, du reste, toutes les Ammonites), *Belemnites*, *Inoceramus*; il en est de même pour un grand nombre d'espèces. Pour certaines espèces typiques de la craie blanche il arrive pourtant qu'on les rencontre encore sous forme résiduelle («relictés») dans les assises basales du Danien (zone

*) Le nom de «Saltholmskalk» (qui, du reste, a été usité dans une foule de significations diverses) s'emploie maintenant essentiellement comme dénomination d'un tel calcaire danien très dur, sans égard à la composition ni à l'âge.

A), mais pas ailleurs dans le Danien. Il y a, du reste, une longue série d'espèces qui est commune au Sénonien et au Danien, dont il importe de citer quelques-unes: *Terebratulina striata* WHLB., *Gryphaea vesicularis* LAM., *Exogyra canaliculata* Sow., plusieurs astéroïdes, un grand nombre de bryozoaires, etc.

En fait d'espèces nouvelles, qui se rencontrent à travers l'ensemble du Danien, on peut citer: *Echinocorys sulcatus* LAM., *Bourqueticrinus danicus* BR. N., *Pecten tessellatus* HNG., *Dromiopsis rugosa* SCHLOTH., *Pentacrinus paucicirrhus* BR. N., *Tylocidaris vexillifera* SCHLÜT., *Argiope faxensis* POSS., *A. dorsata* BR. N. Dans les dépôts calcaires du Danien les mollusques à coquilles aragonitiques, de même que dans la craie blanche, sont normalement dissolues, sans laisser de traces. Ce n'est que dans des conditions particulières qu'ils ont laissé des empreintes, p. ex. dans le calcaire à coralliaires de Faxø (on rencontre par endroits dans le calcaire coralliaire des coquilles aragonitiques conservées comme pseudomorphose dans du calcite dans des couches durcies de Blegkridt de la zone A, dans la «Krabbelag» («couche à Crabes») de BRÜNNICH NIELSEN du calcaire à bryozoaires de la zone B, et ailleurs. En fait de vertébrés on connaît un grand nombre de dents de poissons (*Lamna*, *Carcharodon*, *Cestracion*, *Myliobatis*, et beaucoup d'autres) et des débris de tortues (*Allopleuron*, *Trionyx*).

Le Danien se divise en Danien inférieur (zones A et B) et Danien supérieur (zones C et D); cpr. le tableau de la p. 69.

Danien inférieur.

Zone A.

La couche inférieure du Danien se présente — partout où on l'a rencontrée jusqu'ici — comme un dépôt de Blegkridt d'une puissance de peu de mètres seulement. Ce dépôt est désigné comme zone A. La fig. 6 représente schématiquement quelques profils caractéristiques.

A Voxlev (à l'est de Nibe) le Blegkridt est nettement délimité de la craie blanche, et sa sédimentation débute par

la formation d'une mince couche d'argile. Supérieurement le Blegekridt est recouvert de calcaire à bryozoaires.

A Bøgelund (immédiatement à l'ouest des usines de ciment sur la rive sud de Mariager Fjord) on rencontre une série de couches semblable, mais ici la couche d'argile à la base du Blegekridt s'est développée en un conglomérat basal indubitable, contenant de grands galets roulés de craie blanche. La partie supérieure du Blegekridt est fortement durcie et crevassée et contient e. a. des empreintes de mollusques à coquilles aragonitiques. Le dépôt est nettement délimité vers le haut du côté du calcaire à bryozoaires par un plan d'abrasion, et le calcaire à bryozoaires sert à remplir des inégalités et des trous dans le Blegekridt durci.

Un durcissement pareil du dépôt de Blegekridt se rencontre à Nystrup (à l'ouest de Thisted). Mais là il n'y a pas de couche d'argile à la base du dépôt; par contre, on trouve une couche d'argile conglomératique à la base du calcaire à bryozoaires superposé au Blegekridt; le dépôt de Blegekridt se trouve donc encore ici délimité supérieurement par un plan d'abrasion.

A Eerslev dans l'île de Mors le Blegekridt est nettement délimité par rapport à la craie blanche sous-jacente, et l'horizon supérieur de celle-ci est fortement durci et brecciolaire, contenant également des empreintes de coquilles aragonitiques; inférieurement cet horizon de durcissement passe graduellement à la craie blanche molle ordinaire.

Ces profils s'expliquent par un soulèvement suivi d'un affaissement qui se sont produits tant avant qu'après la déposition du Blegekridt de la zone A. Le premier de ces soulèvements a mis fin à la formation de la craie blanche et a causé le durcissement de la craie supérieure d'Eerslev; lors de l'affaissement qui marque le début de la déposition du Blegekridt, la couche d'argile et le conglomérat basal de Voxlev et de Bøgelund se sont formés. Le dernier soulèvement a fait cesser la formation du Blegekridt et a produit le durcissement de celui-ci à Bøgelund et Nystrup; lors de l'affaissement subséquent, qui marque le début de la déposition du calcaire à bryozoaires (zone B), a eu lieu l'abrasion qui a produit la couche d'argile conglomératique de Nystrup.

Les conditions dont nous venons de rendre compte sont mises en lumière d'une façon plus précise encore au moyen du profil de Stevns Klint (voir figg. 6 et 7). D'après M. ROSENKRANTZ¹³ le Blegekridt de la zone A se trouve ici déposé dans des bassins peu profonds à la surface de la craie blanche. La déposition de la craie s'est arrêtée lors du premier

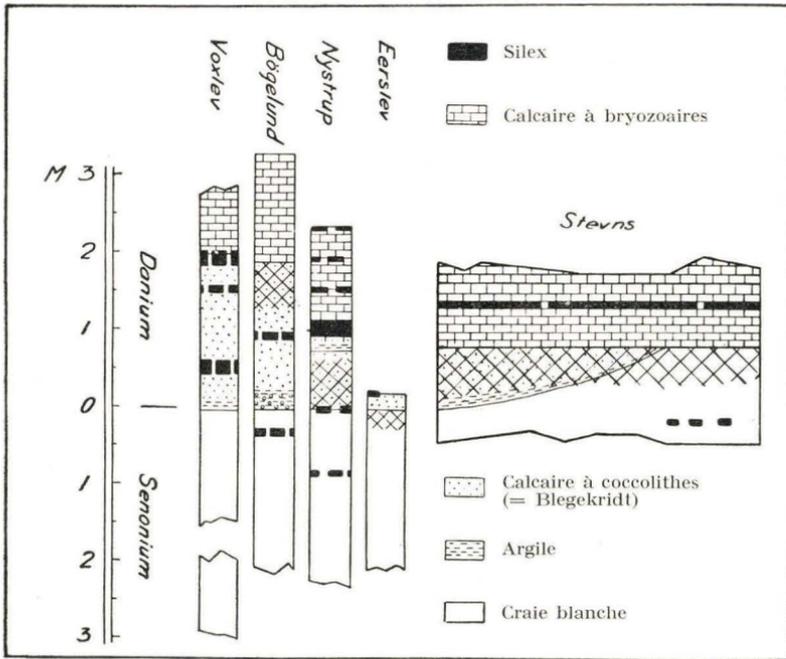


Fig. 6. Profils schématiques à travers la limite entre le Sénomien et le Danien. La partie hachée indique un horizon de durcissement.

soulèvement, et les faibles dépressions où le Blegekridt s'est déposé durant l'affaissement subséquent, ont probablement été produites par l'abrasion. La déposition du Blegekridt débute par la formation d'une couche d'argile (le «Fiskeler»), qui prend souvent le caractère d'un conglomérat contenant des galets roulés de craie blanche; supérieurement l'argile passe graduellement au Blegekridt (le «Calcaire à *Cerithium*»). La déposition du Blegekridt a cessé lors du dernier soulèvement, et il s'est produit une abrasion, qui a attaqué la craie blanche aussi bien que le Blegekridt, en sorte que de ce der-

nier il n'a été laissé que la couche mince qui s'est trouvée au fond des bassins. En même temps il s'est produit un fort durcissement des couches calcaires qui avaient constitué le fond de la mer, du Blegekridt des bassins aussi bien que de la craie blanche des intervalles. Et au cours d'un nouvel affaissement le calcaire à bryozoaires s'est déposé sur la plaine d'abrasion qui s'était formée, en sorte qu'il se trouve superposé tantôt à la craie blanche durcie, tantôt au Blegekridt égale-

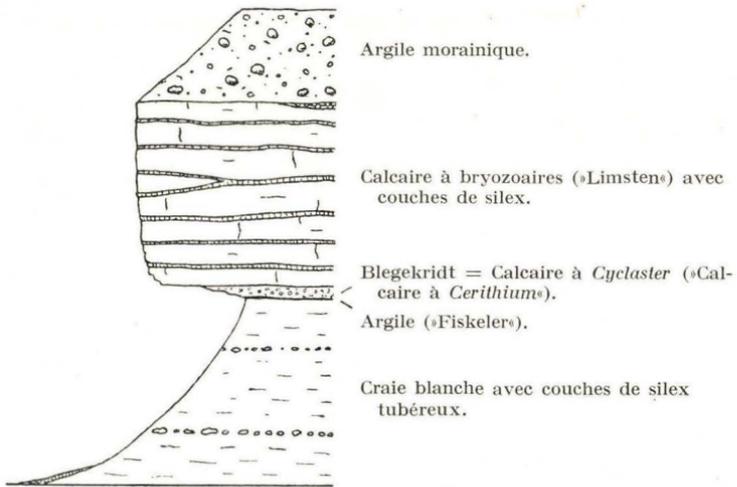


Fig. 7. Coupe transversale de Stevns Klint, formée selon l'équerre de la ligne de la côte (d'après. N. V. Ussing).

ment durci. Par suite de l'endurcissement ces deux roches se présentent maintenant sous forme d'un calcaire très dur mais fortement crevassé et brecciolaire, rempli de cavités représentant des organismes décomposés et contenant des empreintes de mollusques à coquilles aragonitiques, mollusques qui autrement ont disparu complètement dans les roches non durcies.

Etant donné que l'horizon de durcissement se fait remarquer si distinctement à Stevns Klint, se présentant au-dessous du calcaire à bryozoaires tout le long de la falaise, on se méprend facilement, en le considérant comme un dépôt uniforme; mais, comme nous l'avons démontré plus haut, il traverse en réalité des formations hétérogènes, et la faune du

Blegekridt diffère sensiblement de la faune de la craie blanche durcie*).

La zone A du Danien est connue des localités suivantes:

Sjælland: Stevns Klint.

Jylland: Bøgelund (Mariager Fjord), Gravlev (entre Hobro et Aalborg), Voxlev (à l'est de Nibe), Kjølby Gaard (près la station de Hunstrup), Nye Kløv (au sud de la station de Hunstrup), Hov (à Lønnerup Fjord), Nystrup (au NO de Thisted), Eerslev et Øxendal (dans l'île de Mors).

La zone A est caractérisée par le fait de renfermer une faune purement danienne, dans laquelle *Cyclaster Brünnichi* RAVN se fait particulièrement remarquer; et, à côté de celle-ci, quelques espèces sénoniennes comme résiduelles; au nombre de celles-ci *Echinocorys ovatus* LESKE semble être représenté le plus fréquemment.

Zone B.

Partout où les conditions de gisement ont pu être examinées le Blegekridt de la zone A se trouve superposé par du calcaire à bryozoaires, qui (d'après ce qu'on en sait) s'élève jusqu'à 30 ou 40 m de puissance. On n'y a pas observé d'autres roches

*) Ce phénomène ayant causé, au cours des temps, pas mal de confusion, il sera utile peut-être de faire ressortir ici dans ses grands traits l'évolution historique pour faciliter l'usage de la littérature antérieure.

FORCHHAMMER a désigné ce Blegekridt du nom de «Cerithiumkalk» (calcaire à *Cerithium*), et dans cette dénomination il ne comprend que le Blegekridt des bassins, ainsi que le fait JOHNSTRUP. Lorsque, néanmoins, JOHNSTRUP maintient que le «Cerithiumkalk» renferme des Ammonites, cela est dû à la circonstance qu'il fait confusion avec des fossiles provenant de la craie blanche durcie, qui ressemble au «Cerithiumkalk», ces fossiles ayant été mélangés à ceux provenant du «Cerithiumkalk» proprement dit. M. RAVN⁹ considérait tout l'horizon de durcissement comme une formation homogène, et les listes de faunes du «Cerithiumkalk» sur lesquelles non seulement M. RAVN mais encore MM. GRÖNWALL et HENNIG se sont basés pour leurs travaux, comprennent un mélange de formes des deux dépôts différents. C'est M. ROSENKRANTZ¹³ qui a séparé le Blegekridt des bassins («couche à *Brissopneustes*» ou, comme on l'appelle aujourd'hui le plus fréquemment, «calcaire à *Cyclaster*») de la craie blanche durcie des intervalles, et qui a démontré la diversité de la faune de ces deux dépôts.

que le calcaire à bryozoaires, lequel se présente toujours dans sa forme typique, ayant un très grand nombre de bryozoaires incorporés dans une fine matière première. Souvent les couches de calcaire et de silex ont une configuration arquée, formant de grandes collines et reposant discordamment les unes sur les autres, probablement par suite d'une déposition irrégulière au fond de la mer. La déposition du calcaire à bryozoaire de la zone B représente probablement le maximum de l'affaissement daniens.

En fait de localités typiques du calcaire à bryozoaires de la zone B il convient de citer le «Limsten» à Stevns Klint et à Kagstrup en Sjælland, Sangstrup Klint, Karlby Klint et Bulbjerg en Jylland; on le rencontre encore dans un grand nombre de carrières en Jylland, e. a. à Tinbæk Mølle (entre Hobro et Aalborg), Munksjorup et Løgsted (au sud de Løgstør), Aggersborg, à la station de Klim et de Torup, et en plusieurs autres endroits.

Au point de vue faunistique les dépôts de cette zone semblent également très uniformes dans les différentes localités. Les formes résiduelles sénoniennes ont tout à fait disparu, de nouvelles espèces daniennes sont venu s'ajouter aux précédentes, et l'on trouve dans chaque localité un groupe à peu près stéréotype, d'où l'on peut faire ressortir les suivantes: *Metopaster mammilatus* GABB. *typ.*, *Terebratula fallax tenuis* BR. N., *Epitrochus vermiformis*, BR. N., *Tylocidaris vexillifera* SCHLÜT. α (et γ), *Brissopneustes danicus* SCHLÜT., *Serpula distincta* BR. N., *S. erecta* BR. N., *Rhynchonella incurva* FAX. POSS. Somme toute, la faune est assez pauvre en espèces.

Danien supérieur.

Zone C.

Contrairement à la zone B les roches de la zone C varient considérablement de localité en localité. Là où la zone s'est développée sous forme de calcaire à bryozoaires celui-ci présente une plus grande variation, et en dehors de cela le Blegeskridt est largement représenté de même que le calcaire à Coralliaires. Le Blegeskridt et le calcaire à bryozoaires sont généralement fort stratifiés et remplis de couches de silex.

Localités à Blegekridt: Au nord de la station de Bjerregrav (à Skovvad Bro). Skillingbro, où le Blegekridt est superposé au calcaire à bryozoaires de la zone B. Tved (au nord de la station de Hunstrup). Legind (immédiatement au nord d'Ove Sø). Eerslev Helligkilde (Thyholm); le Blegekridt, qui se présente ici dans de grandes carrières renfermant des couches secondaires de calcaire à bryozoaires riche en coralliaires, doit probablement être rapporté à la zone C. Thisted (à l'est de la ville); le calcaire se voit ici soit dans la falaise à Østerodde, soit dans la grande carrière près de l'abattoir (contenant des couches de calcaire à bryozoaires).

Localités à calcaire à bryozoaires: Une partie des carrières de Faxø. Lendrup Strand au canal de Løgstør; le canal entier est creusé dans du calcaire, principalement du calcaire à bryozoaires, avec, pourtant, des parties moins importantes de Blegekridt. Aggersborg Gaard (une petite carrière à l'ouest de la ferme); le calcaire ici doit être caractérisé plutôt comme calcaire à bryozoaires avec, pourtant, un grand apport d'octactinaires (*Moltkia Isis* STP., et d'autres) et hexactinaires (*Dendrophyllia candelabrum* HNG.). Hansted. Hjørdemaal. Dollerup (à l'ouest de Thisted).

Localités à calcaire à coralliaires. Le calcaire à coralliaires typique a été rencontré dans quelques forages à Spjellerup (au SO de Næstved), mais il affleure seulement dans la célèbre carrière de Faxø. Le calcaire s'élève ici jusqu'à une altitude de 70 m au-dessus du niveau de la mer et forme une colline d'une superficie d'environ $\frac{1}{2}$ km²; on l'extrait ici d'une grande carrière ouverte. La colline est à considérer comme un banc de corail formé à une certaine profondeur. Le calcaire à coralliaires constitue en lui-même une masse sans stratification de tiges entrelacées de hexactinaires (*Dendrophyllia candelabrum* HNG., *Lobopsammia faxensis* BECK), et plus secondairement octactinaires (*Moltkia Isis* STP.), dont les intervalles sont remplis de vase calcaire durcie. Entourant le banc de corail (et en

partie alternant par bancs avec le calcaire à coralliaires) se trouve du calcaire à bryozoaires. Le banc de corail a été le centre d'une vie animale très riche: Réquins, crustacés (*Dromiopsis rugosa* SCHLOTH.), nautilus (*Nautilus danicus* SCHLOTH., *N. fricator* BECK, *N. Bellerophon* LDGR.), quantité de limaçons et de moules (*Pleurotomaria nitotiformis* SCHLOTH., plusieurs espèces de *Cerithium*, *Cypraea* et *Tritonium*; *Modiola Cottae* ROEM., *Arca* et *Cucullaea*, *Crassatella faxensis* RAVN, *Isocardia faxensis* LUNDGR.), un certain nombre de brachiopodes (*Rhynchonella flustracea* SCHLOTH.), échinodermes (e. a. *Cyathidium Holopus* STP., *Temnocidaris danica* DESOR.) etc.

En ce qui concerne la faune la zone C est caractérisée par l'entrée en scène d'un nombre de nouveaux fossiles conducteurs pour le Danien supérieur (zones C + D): *Terebratula lens* NILS., *Tylocidaris vexillifera* f. β , *Ceratotrochus saltholmensis* BR. N., *Isis vertebralis* HNG., *Brissopneustes suecicus* SCHLÜT., *Serpula dentata* BR. N., *S. undulifera* BR. N., *Ditrupa Schlotheimi* RSKR., *Rhynchonella incurva* SCHLOTH. *typ.*, *Scalpellum Steenstrupi* BR. N. En même temps que celles-ci les espèces suivantes de la zone B sont encore présentes: *Terebratula fallax tenuis* BR. N., *Metopaster mammilatus* GABB. *typ.*, *Brissopneustes danicus* SCHLÜT., *Serpula distincta* BR. N., *S. erecta* BR. N., *Rhynchonella incurva fax*. POSS.

Somme toute, la faune est considérablement plus riche que celle de la zone B.

Zone D.

Les dépôts de la zone D varient également beaucoup, phénomène qui est dû surtout au fait que le soulèvement du fond de la mer qui a commencé déjà à l'époque de transition du Danien inférieur au Danien supérieur, se fait maintenant plus fortement sentir, en sorte qu'au moins les dépôts de la Sjælland orientale se sont formés partiellement à une profondeur très peu considérable (calcaire graveleux et calcaire de sable calcaire); on y trouve du reste, comme dans la zone précédente, tant du Blegekridt que du calcaire à bryozoaires.

En Jylland le Blegekridt est la roche principale de la zone

D, et la plupart des localités de cette roche dans cette province s'y rapportent. En fait de localités typiques on peut citer: Bredstrup Klint près de Grenaa, des localités dans les environs de Klavsholm (au SE de Randers) et très près de la station de Bjerregrav, auprès de Mariager Fjord, à Roldtved (dans la forêt de Rold) et ailleurs dans le Himmerland, à Thisted (à l'ouest de la ville), à Frøslevvang dans l'île de Mors, à Hjerm, Sevel, Davbjerg et Mønsted. Superposé par les dépôts argileux du Sélandien on a rencontré le Blegekridt de la zone D à Hvalløse et Svejstrup aux environs de Randers, et de même aussi dans plusieurs forages; dans un forage près de Skive la zone D semble s'être développée sous forme de calcaire à bryozoaires, tandis qu'autrement le calcaire à bryozoaires de la zone D ne se présente, en Jylland, qu'en couches tout à fait secondaires.

Dans les îles de Fyn et de Langeland le Danien se présente ordinairement comme calcaire à bryozoaires, dans certains cas cependant aussi sous forme de Blegekridt. Le calcaire affleure (mais peut-être pas à l'état d'assise fixe) à Rejstrup et ailleurs dans les environs de Nyborg, et on l'a rencontré encore dans une longue série de forages, partiellement superposé par le Sélandien. Ce n'est que la zone D dont la présence a pu, jusqu'ici, être constatée avec certitude dans les îles de Fyn et de Langeland.

Dans l'île de Lolland le Danien a été rencontré dans un forage à Branderslev (au nord de Nakskov), ici encore sous forme de calcaire à bryozoaires, qui peut être rapporté à la zone D.

En Sjælland un certain nombre de localités sont à rapporter à cette zone. A Herfølge on trouve du calcaire à bryozoaires superposé par un calcaire graveleux assez grossier, se rapportant tous les deux à la zone D, et il en est de même pour une partie du calcaire à bryozoaires de Faxe. Des travaux d'excavation au port de København ont mis à nu la couche la plus supérieure du Danien, (partiellement recouverte des dépôts d'argile et de sable vert du Sélandien); ici elle s'est développée sous forme de calcaire de sable calcaire, et dans l'île de Saltholm on rencontre également des formations d'eau basse à différents degrés de développement.

Les conditions telles qu'elles se présentent dans plusieurs de ces localités dénotent que les gisements calcaires en question ont dû être formés dans le voisinage immédiat d'une côte, qui a dû être composée de calcaire danien. M. ROSENKRANTZ¹⁴ explique ce phénomène en supposant qu'il y aurait eu des dislocations importantes dans ces contrées vers la fin de l'époque danienne.

Au point de vue faunistique la zone D est caractérisée par le fait qu'une partie des espèces connues de la zone C (*Tere-*

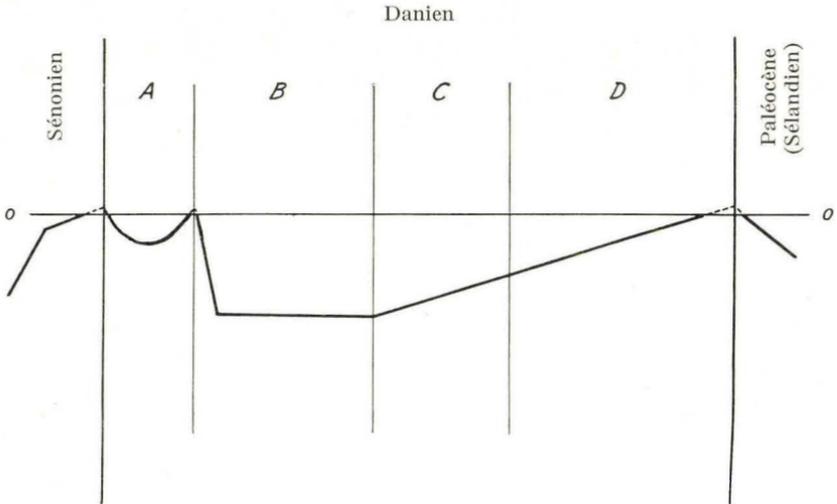


Fig. 8. Figuration schématique des soulèvements et des affaissements au cours de l'époque du Danien.

bratula fallax tenuis, *Metopaster mammilatus typ.*, et d'autres) ont disparu, en même temps que toute une série de nouvelles espèces sont venu s'ajouter: *Crania tuberculata* NILS. *typ.*, *Argiope scabricula* KOEN., *A. Johnstrupi* POSS., *A. Cimbrorum* BR. N., *Graphularia Grönwalli* BR. N., *Serpula Hisingeri* LUNDGR., *Terebratula fallax* LUNDGR. *typ.*, *Lima testis* GRW., *L. bisulcata* RAVN, *Plicatula Ravni* RSKR.

La zone D correspond à peu près à la «zone à *Crania tuberculata*» de M. GRÖNWALL (à laquelle pourtant M. GRÖNWALL¹⁶ a rapporté également des dépôts qu'on rapporte maintenant au Sélandien), et au «Nedre Craniakalk»¹⁵ (calcaire à *Crania* inférieur) de M. ROSENKRANTZ.

Paléocène.

(Sélandien).

| | | | | | | |
|--------|-----------|---|--|---|--|--------------------------------|
| Danien | Supérieur | D | Calcaire graveleux Calcaire de sable calcaire Blegekridt Calcaire à bryozoaires | <i>Crania tuberculata</i> typ. Groupe à <i>Argiope scabricula</i> | <i>Terebratula lens</i> | <i>Dromiopsis rugosa.</i> |
| | | C | Blegekridt Calcaire à bryozoaires Calcaire à coralliaires | <i>Terebratula fallax tenuis</i> <i>Metopaster mammilatus</i> typ. | et <i>Tylocidaris vexillifera</i> β |  | Pecten lesselatus |
| | Inférieur | B | Calcaire à bryozoaires | <i>Terebratula fallax tenuis</i> <i>Metopaster mammilatus</i> typ. | <i>Tylocidaris vexillifera</i> α & γ et | <i>Bourquetirinus danicus.</i> |
| | | A | Blegekridt | <i>Metopaster mammilatus</i> typ. <i>Echinochorys ovatus</i> | <i>Cyclaster Brünichi</i> |  | Echinocorys sulcatus. |

Sénonien.

L'époque du Danien a débuté par un affaissement d'assez courte durée, au cours duquel la zone A s'est déposée, interrompue de nouveau par un soulèvement. Celui-ci n'a pas non plus duré longtemps, et le maximum de l'affaissement danien s'est probablement produit pendant la déposition du calcaire à bryozoaires de la zone B. La formation de la zone C coïncide, à ce qu'on peut supposer, avec un commencement de soulèvement, qui a atteint son point culminant à la fin du Danien. Cf. fig. 8.

La zone A n'atteint qu'une puissance peu considérable (la plus grande épaisseur constatée est de 6 m); la puissance de la zone B s'élève à 30 ou 40 m. La puissance totale du Danien semble pouvoir être évaluée à entre 100 et 200 m, d'où il

s'ensuit que la part la plus grande revient au Danien supérieur, zones C + D.

Hilmar Ødum.

Bibliographie.

Abbreviations:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening.
København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiske Undersökning.

Vid. Selsk. Skr. = Det kongelige danske Videnskabernes Selskabs Skrifter.

1. NIELSEN, K. BRÜNNICH. 1919: En Hydrocoralfauna fra Faxe og Bemærkninger om Danien'ets geologiske Stilling. Avec résumé en français: Une faune d'hydrocoraux de Faxe, et Remarques sur la condition géologique du danien. D. G. U. IV. Række. Bd. 1. Nr. 10. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 16.
2. RAVN, J. P. J. 1925: Sur le Placement géologique du Danien. D. G. U. II. Række, Nr. 43.
3. MALLING, C. 1920: Den marine Lias og Wealden-Aflejringer paa Bornholm. Dansk geol. Foren. Bd. 5, S. 55 (Referat).
4. RAVN, J. P. J. 1925: Det cenomane Basalkonglomerat paa Bornholm. Avec résumé en français: Sur le conglomérat de base du Cénomaniens de l'île de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 42.
5. RAVN, J. P. J. 1916: Kridtaflejringerne paa Bornholms Sydvestkyst og deres Fauna.
 - I. Cenomanet. Avec résumé en français: Les dépôts crétaciques de la côte sud-ouest de Bornholm. I Le Cénomaniens. D. G. U. II. Række, Nr. 30.
6. RAVN, J. P. J. 1918: II. Turonet. Avec résumé en français: Le Turonien de la côte sud-ouest de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 31.
7. RAVN, J. P. J. 1921: III. Senonet. IV. Kridtaflejringerne ved Stampe Aa. Avec résumé en français: Le Sénonien de la côte sud-ouest de Bornholm et les dépôts crétacés à la rivière de Stampe Aa. D. G. U. II. Rk., Nr. 32.
8. BONNESEN, E. P., BØGGILD, O. B. et RAVN, J. P. J. 1913: Carlsbergfondets Dybdeboring i Grøndals Eng ved Køben-

- havn 1894—1907 og dens videnskabelige Resultater. København.
9. RAVN, J. P. J. 1902—03: Molluskerne i Danmarks Kridtaflejringer. Avec résumé en français: Recherches sur la stratigraphie du Crétacé en Danemark. Vid. Selsk. Skr. 6 R., nat.-math. Afd., Bd. XI, Nr. 2, 4 og 6.
 10. NIELSEN, K. BRÜNNICH. 1909: Brachiopoderne i Danmarks Kridtaflejringer. Vid. Selsk. Skr. 7. R., nat.-math. Afd., Bd. VI, Nr. 4.
 11. NIELSEN, K. BRÜNNICH. 1920: Inddelingen af Danien'et i Danmark og Skaane. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 19.
 12. ØDUM, H. 1926: Studier over Daniet i Jylland og paa Fyn. With a Summary of the Contents: Studies in the Danian of Jutland and Funen. D. G. U. II. Række, Nr. 45.
 13. ROSENKRANTZ, A. 1924: Nye Iagttagelser over Cerithiumkalcken i Stevns Klint. Dansk geol. Foren. Bd. 6, S. 28 (Referat).
 14. ROSENKRANTZ, A. 1925: Undergrundens tektoniske Forhold i København og nærmeste Omegn. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 26.
 15. ROSENKRANTZ, A. 1920: Craniakalk fra Københavns Sydhavn. Avec résumé en français: Calcaire à Crania du port sud de Copenhague. D. G. U. II. Række, Nr. 36.
 16. GRÖNWALL, K. A. 1899: Danmarks yngsta krit- och äldsta tertiärafflagringar. Förhandlingar vid 15de Skandinaviska Naturforskaremötet i Stockholm 1898.
-

Tertiaire.

Les dépôts de la période tertiaire ont une extension très considérable en Danemark, occupant bien au-delà de la moitié du territoire du pays, à savoir: la partie moyenne et l'ouest de la Sjælland, la pointe sud de l'île de Falster et le coin sud-ouest de l'île de Lolland, le groupe d'îles de Fyn (à l'exception de la partie nord de l'île de Langeland et une partie aux environs de Nyborg), et enfin toute la partie du Jylland qui est située au sud d'une ligne assez sinueuse depuis la côte du Cattégat un peu au sud de Grenaa jusqu'à la côte de la Mer du Nord un peu au nord de l'embouchure occidentale du Limfiord. Ces dépôts sont cependant partout, pour ainsi dire, recouverts de dépôts quaternaires plus ou moins puissants, de sorte qu'on n'y a accès que dans un certain nombre de falaises et dans des excavations pour l'exploitation de la marne au bénéfice de l'agriculture, ou de l'argile à l'usage des tuileries et des usines de ciment. On a rencontré le tertiaire en outre en fonçant des puits et, surtout, par un très grand nombre de forages; et c'est ce dernier moyen qui a servi pour une large part à augmenter notre connaissance de ces dépôts.

La nature des dépôts varie beaucoup. Il s'agit ici presque exclusivement de sédiments terrigènes, les calcaires purs ou presque purs y étant très rares — contrairement à ce qui est le cas pour notre Système crétacé. La matière principale se compose de marne ou d'argile, partiellement à glauconie et à mica, et contenant le plus souvent des grains de quartz en quantités variables. Des gisements de sable plus ou moins pur, transformé quelquefois en grès, jouent également un rôle considérable, surtout dans la partie supérieure de la série des couches. En fait de couches secondaires on trouve

soit du lignite soit de la terre à diatomées. Dans cette dernière il y a des couches de cendres volcaniques, les seuls produits volcaniques connus du sol de Danemark, abstraction faite de l'île de Bornholm, des îles Féroé et des blocs erratiques trouvés dans le quaternaire.

L'examen des profils naturels et surtout des forages semble dénoter que les dépôts ont généralement conservé leur position première. Souvent on peut observer cependant des perturbations assez considérables, perturbations qui dans la plupart des cas sont dues à une influence glaciaire, mais qui peuvent être produites aussi par des glissements à des époques plus récentes. Une des causes qui ont contribué à produire ces dérangements est probablement à chercher dans les couches d'argile grasse qui se trouvent à différents niveaux dans les limites de notre tertiaire.

Des recherches stratigraphiques ont fait constater que les dépôts marins jouent le rôle de beaucoup le plus prépondérant, mais à deux (ou trois) niveaux tout au moins la série de couches marines est interrompue par des lacunes, qui sont pourtant occupées, en entier ou partiellement, par des formations limniques. Dans notre pays on a pu constater la présence de tous les étages du système tertiaire; toutefois en ce qui concerne l'étage le plus supérieur, le Pliocène, la chose n'est pas indubitablement établie. D'après notre connaissance actuelle on peut diviser notre Tertiaire conformément à l'aperçu du tableau ci-joint*).

*) L'extension des subdivisions de chaque étage en particulier ne peut pas encore être établie; la carte Pl. I ne fournit donc pas d'indications sur ce point.

Depuis un certain temps on commence, dans notre pays, de rapporter l'Argile plastique au Paléocène, parce que, en Angleterre et en France, on rapporte ordinairement des dépôts synchrones à cet étage. Comme on le verra plus tard il y a, toutefois, quelque raison de supposer que la partie supérieure de notre Argile plastique doit être juxtaposée à des dépôts qui, en Angleterre et en France, sont rapportés à l'Éocène. Mais comme, au point de vue pétrographique, l'Argile plastique constitue une unité et qu'on ne peut pas établir une limite nette entre ses deux sections, le plus pratique sera de la rapporter dans son ensemble à l'un et même étage ainsi qu'on l'a fait jusqu'ici le plus souvent tant en Danemark qu'en Allemagne.

Classement des dépôts tertiaires du Danemark.

| | | |
|---------------------|----------|--|
| Pliocène | limnique | ?Sable à grains plus ou moins grossiers contenant de petits galets siluriens, aux environs de Vejle. |
| Miocène supérieur | marin | Argile micacée foncée, sablonneuse («Argile à <i>Astarte</i> »), dans le Jylland occidental. |
| Miocène moyen | marin | Sable et argile micacées, à Skýum au SSO de Thisted, Skive, Mariager Fjord etc., et dans des forages à Varde, Viborg etc. |
| Miocène inférieur | limnique | Sable et argile micacées à lignite, dans le centre du Jylland. ?Sable et argile micacées à Vejle, Fredericia etc. |
| Oligocène supérieur | marin | Argile micacée grasse, noire, à Vildsund au SSO de Thisted. Argile glauconieuse, vert foncé, à Mariager Fjord, Aarhus, Albækoved près de l'embouchure de Vejle Fjord et à Hindsgavl en Fyn. |
| Oligocène moyen | marin | Argile à septaria grise, à Branden, Skive, à l'est de Nykøbing Mors, au bassin inférieur de la rivière Gudena, Faarup au nord-ouest de Randers, Mariager Fjord etc. Argile sablonneuse à Aarhus et à Odder au NE de Horsens. |
| Oligocène inférieur | limnique | Connu seulement en blocs erratiques de Katholm au Sud de Grenaa. |
| Éocène supérieur | | manque? |
| Éocène moyen | marin | ?Argile plastique grise, à Lillebelt («Røs-næsler», «Lillebeltsler»). |
| Éocène inférieur | marin | Argile plastique rouge (et grise?) («Røs-næsler», «Lillebeltsler») et Moler à cendres volcaniques, en Thy, dans l'île de Mors, à Mariager Fjord, Røgle Klint en Fyn, Fredericia, Røsnæs en Sjælland, le sud de Langeland, Lolland etc. |

| | | |
|---------------------|-------|---|
| Paléocène supérieur | marin | ?Argile grise, sans calcaire, de Klitgaard (Mors), Rugaard au sud de Grenaa, et de nombreux forages dans le NO de la Sjælland, en Fyn et en Jylland. |
| Paléocène moyen | marin | ?Marne gris-clair («Kertemindemergel») en Sjælland, en Fyn et à Rugaard au sud de Grenaa. |
| Paléocène inférieur | marin | Marne glauconieuse à København, à Hvallose au SE de Randers et dans la presqu'île Djursland à la côte est de Jylland. Calcaire glauconieux à Lellinge dans le SE de Sjælland. Conglomérat de sable vert («Calcaire à <i>Crania</i> supérieur», «Conglomérat à échinodermes»). |

Paléocène.

Partout où, en Danemark, on a eu l'occasion d'étudier la limite entre le Crétacé et le Tertiaire, cette limite s'est toujours trouvée être nette. La section la plus inférieure du Tertiaire se rapporte au Paléocène («Sélandien»), et elle est ordinairement superposée au Danien; d'après les recherches de M. BØGGILD¹ la couche sous-jacente dans quelques forages semble cependant être de la craie blanche. Il n'y a qu'assez peu des forages qui traversent le Paléocène, dont la puissance, dans le cas précité, est de 28 jusqu'à 60 m; mais d'autres forages ont fait trouver des puissances beaucoup plus considérables (s'élevant à 112 m au moins). Il y a lieu de croire que ce gisement relativement puissant ne se rapporte pas à un seul sous-étage du Paléocène mais qu'il représente cet étage dans toute son étendue. En effet, il est hors de doute que la marne glauconieuse de Vestre Gasværk à København appartient au Paléocène inférieur, tandis que l'argile grise, sans calcaire, de Hanklit dans l'île de Mors semble passer graduellement à l'Éocène le plus inférieur, et que, par conséquent, elle ne peut guère être de beaucoup antérieure à celui-ci. La répartition en trois sections de notre Paléocène qui sera

suivie ici, s'appuie surtout sur les conditions pétrographiques, mais en ce qui concerne les deux premières sections, sur les conditions paléontologiques également. Comme M. BØGGILD l'a fait remarquer il serait possible, cependant, que la différence entre les trois sections proviendrait d'une différence de faciès. Il sera nécessaire de réserver à des recherches ultérieures la solution de ce problème.

Le Paléocène inférieur débute le plus souvent (Port de København, Hvalløse près Randers) par un conglomérat basal («Calcaire à *Crania* supérieur»), qui se compose pour une large part de fragments plus ou moins roulés de fossiles crétacés et de coquilles non roulées de mollusques paléocènes.²⁻³⁻²⁶⁻⁴ Ensuite il y a du sable glauconieux et de la marne sablonneuse vert grisâtre; cette dernière contient, surtout à Vestre Gasværk à København, une faune très riche, décrite par MØRCH⁵ et VON KOENEN,⁶ à *Corbula* cfr. *regulbiensis* MORR., *Dentalium rugiferum* v. K., *Natica detrita* v. K. et *N. detracta* v. K., *Aporrhais gracilis* v. K., *Voluta nodifera* v. K. etc. Une riche faune pareille a été trouvée également à Sundkrogen (Bassin nord du port de København);⁷⁻²⁷ on en a connaissance en outre de Lellinge près Køge, de Hvalløse près Randers, de Korup en Djursland et d'un grand nombre de blocs erratiques.⁸⁻⁹

Au Paléocène moyen peuvent se rapporter sans doute des gisements d'une grande extension dans le centre et l'ouest de la Sjælland, en Fyn (la falaise près Kerteminde) et dans le Jylland oriental (Jensgaard, Rugaard); on les a trouvés surtout dans de nombreux forages. Ils se composent de marne grise, presque exempte de sable, et contiennent des couches subordonnées siliceuses; ils sont généralement dénommés «Kertemindemergel». Le contenu en carbonate de chaux est assez variable; on peut l'évaluer à environ 50% en moyenne. On rencontre très souvent dans cette marne des spicules d'éponges, des foraminifères et des diatomées; les tests de ces dernières sont transformés en pyrite. Les fossiles macroscopiques y sont ordinairement rares; pourtant on connaît, surtout de Rugaard au sud de Grenaa en Jylland, une faune de mollusques assez riche, qui renferme, outre des espèces nombreuses du Paléocène inférieur (surtout *Lima testis* GRÖNW.

(= *L. Geinitzi* v. HAG.) et *Pecten sericeus* GRÖNW.), *Discohelix Pingelii* MORCH sp. et *Fusus cimbricus* GRÖNW.¹⁰

Dans beaucoup de forages dans le nord-ouest de la Sjælland, en Fyn et en Jylland on a trouvé, au-dessus de la marne de Kerteminde, des gisements assez puissants d'argile grise sans calcaire et exempte de fossiles, et de pareils gisements affleurent sur la côte septentrionale de l'île de Mors et à Rugaard. Ils sont superposés par les dépôts d'argile à tuf volcanique mentionnés plus loin. USSING¹¹ les a rapportés, quoique non sans réserve, au Paléocène supérieur, mais d'après les recherches de M. BØGGILD¹ il serait possible que nous aurions là un faciès non calcaire de la marne de Kerteminde.

Eocène.

On rapporte à cet étage l'Argile plastique, avec la formation de Moler et les couches de cendres volcaniques qui s'y rattachent. La puissance totale est assez variable (depuis 34 m jusqu'à au-delà de 165 m). On ne sait pas comment est constituée la limite entre le Paléocène et l'Éocène; à Klitgaard dans l'île de Mors il semble pourtant qu'il y ait une transition graduelle entre les deux formations.¹ Des forages ont fait connaître que l'Éocène débute ordinairement par une série de couches de tuf volcanique alternant avec des couches d'argile; cette partie de l'Éocène est connue le mieux, toutefois, des dépôts disloqués, apparaissant dans les falaises, dans lesquels l'argile est remplacée par de la terre silicée à diatomées (nommée «Moler» en danois). Ce dépôt, connu de longue date sous la dénomination de «Molerformationen», a une extension assez large dans les régions avoisinant le Limfjord vers l'ouest (Thy, les îles de Mors et Fur, Ertebølle au sud-ouest de Løgstør), et on l'a rencontré en outre à Mariager Fjord et à Lillebelt (falaise de Røgle en Fyn) et, enfin, à Røsnæs dans le nord-ouest de Sjælland. Dans toutes ces localités il a subi de fortes perturbations glaciaires, de sorte qu'il ne se trouve sans doute nulle part en couche primaire mais aura été — au moins par endroits — poussé par la glace de manière à surmonter les dépôts quartaires des moraines marginales.¹¹

Le Moler est un gisement lamellé de silice de Diatomées

un peu argileux, blanc ou gris clair, contenant de nombreuses couches de tuf ou sable volcaniques et des incorporations de lentilles ou bancs concrétionnaires d'un calcaire gris d'une pureté imparfaite («Cementsten»). A côté de quelques Mollusques (*Cassidaria sp.*, *Valvatina raphistoma* STOLLEY) et d'un certain nombre de débris de Poissons osseux, dont la description n'a pas été faite encore, et quelques feuilles (*Cocculites Kanei* HEER), il renferme une flore très riche de Diatomées marines (des espèces de *Coscinodiscus*, *Trinacria*, *Triceratium*, *Corinna* etc.); on y trouve en outre des débris de Dictyochides.¹² Dans le Moler proprement dit les diatomées sont plus ou moins broyées, tandis qu'elles sont très bien conservées dans le Cementsten. — Les couches volcaniques ont été étudiées surtout par USSING¹¹ et M. BOGGILD.¹ Elles se composent partiellement de cendres et partiellement de tuf cimenté en une masse plus ou moins compacte. La plupart des couches sont basaltiques et de couleur foncée; mais il s'y trouve aussi quelques rares couches andésitiques ou liparitiques de couleur claire. Pour chacune des couches la grosseur des grains va diminuant du bas en haut, d'où il ressort que chaque couche est le produit d'une seule pluie de cendres, dont les grains se sont triés d'après la grosseur lors de la submersion. La distance de couche en couche varie beaucoup; dans certain cas il s'est formé des couches jumelles, deux couches étant en contact immédiat l'une avec l'autre. A l'aide de la variation dans l'épaisseur des couches de cendres, des distances qui les séparent, et de leurs conditions pétrographiques, on a pu suivre chacune des couches en particulier de localité en localité. Il s'est trouvé en outre que le dépôt de Moler peut être divisé en deux sections, un gisement inférieur, d'une puissance d'environ 30 m, contenant 39 couches de cendres d'une épaisseur totale de 0,62 m seulement, — et un gisement supérieur, dont la puissance se rapproche de 27 m, contenant non moins de 140 couches de cendres, dont l'épaisseur totale est de 3,68 m. — Un tuf volcanique pareil à celui qui a été trouvé dans le Moler, se rencontre souvent dans des blocs erratiques par ci, par là dans le Jylland et le nord de l'Allemagne; de même qu'on en a trouvé par de nombreux forages, soit en Danemark (Skive, Wedellsborg au sud de Middelfart

en Fyn etc.), soit dans le Holstein et le nord du Hanovre;²⁸ ce tuf affleure enfin dans des localités aux environs de Hambourg et à Greifswalder Oie.²⁹ Chose curieuse, ces forages n'ont révélé aucune trace de Moler, mais il semble que cette roche soit remplacée ici par de l'Argile plastique.

Le Moler est suivi par un gisement d'Argile plastique, le plus souvent d'une couleur rouge très accentuée. De même que l'Argile plastique grise située encore plus supérieurement dans la série des couches, elle est extrêmement grasse et plastique, renfermant presque exclusivement des éléments colloïdes; le contenu en carbonate de chaux est pourtant généralement supérieur à celui de l'Argile plastique supérieure. Dans l'Argile plastique dans son ensemble («Røsnæsler», «Lillebeltsler») on ne rencontre pas rarement des concrétions de sphérosidérite et de baryte. Dans les localités où cette argile affleure dans des falaises il se produit souvent de grands éboulements (p. ex. à Røgle Klint). Tant qu'elle n'a pas été desséchée elle forme une masse assez compacte, et à la dessiccation elle devient presque dure comme de la pierre. Mais si, après dessiccation, elle est de nouveau exposée à l'humidité, elle se détrempe vite en une bouillie plus ou moins liquide, absorbant l'eau par quantités considérables. — La faune de l'Argile plastique est très pauvre. Dans la section inférieure, le plus souvent rouge, on a rencontré un certain nombre de foraminifères, qui n'ont pas été décrites jusqu'à présent, et quelques brachiopodes; mais la trouvaille la plus importante ici est celle d'un crabe, *Plagiolophus Wetherelli* BELL, qui montre que cette section est synchrone de London Clay et, par conséquent, qu'elle doit être rapportée à l'Éocène inférieur.¹³ Cette détermination de l'âge est confirmée par la faune plus riche qu'on a rencontrée dans des gisements correspondants dans le nord du Hanovre (à Hemmoor). — L'Argile plastique affleure principalement dans des falaises à Røsnæs et au Petit Belt. De plus, on l'a rencontrée dans de nombreux forages dans le NO de la Sjælland, le SO de Lolland, dans les îles au S de la Fyn, le NO de la Fyn, l'est du Jylland, à Frijsenborg entre Silkeborg et Randers, et à Skive.

Les forages ont fait constater que la puissance de l'Argile plastique peut dépasser de beaucoup 100 m. Comme il est à

supposer que la déposition de ce sédiment extrêmement fin s'est produite très lentement, il sera naturel de supposer également que les couches supérieures en peuvent être beaucoup plus récentes que les inférieures. Malheureusement la faune, surtout dans les couches supérieures, est très pauvre et ne nous fournit que peu d'éclaircissements en ce qui concerne le rang d'âge. L'apparition d'une *Avicula*, qui est probablement identique à *A. (Aviculoperna) limaeformis* VINC. décrite du Bruxellien belge, semble pourtant militer en faveur de l'hypothèse qu'au moins une partie de l'Argile plastique grise, qui est superposée à la rouge, serait à rapporter à l'Éocène moyen. En raison de la pauvreté en fossiles il sera sûrement très difficile de fixer la limite entre la partie supposée de l'Éocène moyen et l'Éocène décidément inférieur, et il est impossible de constater à présent combien de l'Éocène l'Argile plastique représente. Le gisement marin qui, dans notre pays, fait suite à l'Argile plastique, appartient à l'Oligocène moyen, et comme il est à supposer que l'Oligocène inférieur est représenté par une lacune, il est bien possible que cette lacune comprenne également la partie supérieure de l'Éocène.

Oligocène.

En Danemark il n'existe pas, à notre connaissance, de dépôt fixe de l'Oligocène inférieur. Mais à Katholm en Djursland on a trouvé quelques blocs erratiques contenant des coquilles de *Melanopsis sp.* et *Cyrena (Corbicula) sp.* et, surtout, de nombreuses coquilles de *Paludina lenta* Sow.; en raison de cette faune GOTTSCHÉ a rapporté ces blocs à l'Oligocène inférieur.¹⁴ Etant donné que ces blocs doivent provenir d'un dépôt d'eau douce on pourra être fondé à supposer qu'à l'époque de transition de l'Éocène à l'Oligocène la série de couches marine ait été, dans notre pays, interrompue par une régression qui aurait soulevé au moins une partie du pays au-dessus de la mer.

À l'Oligocène moyen sont à rapporter un certain nombre de dépôts d'argile plus ou moins sablonneuse, le plus souvent un peu micacée et glauconieuse; on les rencontre dans un

territoire s'étendant depuis les environs d'Aarhus vers le NO jusqu'à Branden dans la province de Salling dans le nord-ouest de Jylland; à la côte orientale du Jylland on en a trouvé par endroits depuis Mariager Fjord (limite nord) jusqu'à Odder au nord-est de Horsens (limite sud). Vers le sud-est (à Aarhus) ces dépôts sont assez sablonneux et sont caractérisés spécialement par l'apparition de *Leda Deshayesiana* DUCH., espèce qui se rarifie de plus en plus du côté nord-ouest (bassin du Gudenaå entre Langaa et Bjerringbro à l'OSO de Randers) et enfin (en Salling) disparaît entièrement, en même temps que les dépôts se font de moins en moins sablonneux et renferment souvent des concrétions calcaires intérieurement remplies de crevasses («Septaria»). Généralement parlant, notre Oligocène moyen contient une faune assez riche, qui a été décrite par V. KOENEN,¹⁵ RAVN¹⁶ et HARDER;¹⁷ on a trouvé surtout un assez grand nombre d'espèces de Mollusques (*Nucula Chasteli* NYST., *Leda Deshayesiana* DUCH., *Cyprina rotundata* A. BRAUN, *Dentalium Kickxi* NYST, *Aporrhais speciosa* SCHLOTH. sp., *Cassidaria nodosa* SOL., *Buccinopsis danica* V. K., *Fusus biformis* BEYR., *F. Waeli* NYST, *Pleurotoma Selysi* DE KON., *Surcula regularis* DE KON. sp. etc.). En fait d'autres animaux on peut faire remarquer une Baleine, *Squalodon* (*Microzeuglodon*?) *Wingei* RAVN.¹⁸

L'Oligocène supérieur est représenté tantôt sous forme de dépôts d'argile grasse, glauconieuse foncée (Cilleborg et d'autres localités à Mariager Fjord, Aarhus), tantôt sous forme d'argile micacée foncée à concrétions calcaires sphériques (aux alentours de Vildsund); on en a trouvé encore, par places, à la côte orientale de Jylland au sud d'Aarhus (Jensgaard à l'ESE de Horsens, Albækhoved près de l'embouchure de Vejle Fjord). En Fyn on l'a trouvé à Hindsgavl près de Middelfart, et des observations qu'on a pu faire dans certains forages semblent indiquer qu'il est assez répandu dans la partie sud-ouest de l'île.³⁰ La faune est assez riche en espèces, surtout de mollusques (*Leda gracilis* DESH., *Limopsis Goldfussi* NYST. sp., *Meretrix splendida* MER. sp., *Aporrhais speciosa* SCHLOTH. sp., *Cassis Rondeleti* BAST., *Fusus Steenstrupi* RAVN, *Pleurotoma Selysi* DE KON., et *Pl. Duchasteli* NYST, *Surcula regularis* DE KON., etc.).¹⁶⁻¹⁷

Miocène.

La transition de l'Oligocène au Miocène est caractérisée par une nouvelle interruption de la série de couches marine. En effet, le Miocène inférieur n'est connu que d'un faciès limnique. Il s'étend sur la plus grande part du Jylland central. On rencontre ici des dépôts tantôt d'argile tantôt de sable plus ou moins micacés, mais qui semblent malheureusement tout à fait dépourvus de fossiles. Ils dépassent souvent 30 m de puissance. En beaucoup de localités on trouve dans ces dépôts un petit nombre (de 2 à 4) de couches de lignite et, conjointement avec celles-ci, les débris (feuilles, fruits, etc.) d'une riche flore. C'est surtout dans des formations de vase (Gytje), qui se trouvent immédiatement au-dessous des couches de lignite mais qui peuvent se rencontrer aussi ailleurs, qu'on trouve ces débris végétaux, quelquefois très bien conservés et en grandes quantités (Silkeborg, Moselund). Cette flore a été décrite par M. HARTZ¹⁹ il y a une vingtaine d'années, et elle renferme, outre de nombreuses diatomées, des feuilles et des fruits de Conifères et d'arbres à feuilles (*Pinus Laricio Thomasiana* HEER, *Sequoia Langsdorfii* BRONG. sp., *Hydrocharis tertiararia* HARTZ, *Laurus tristaniaefolia* WEB., etc.). Les résultats de récoltes très riches de date plus récente (surtout à Moselund à l'ouest de Silkeborg) n'ont pas encore été publiés. — Dans plusieurs contrées du Jylland (p. ex. au Petit Belt) on rencontre des dépôts qui se composent de couches, souvent en lamelles minces, alternant toujours d'argile à sable plus ou moins micacés, contenant souvent d'assez grandes quantités de bitume ou de débris de bois et quelquefois accompagnées de couches de limonite, mais sans fossiles. Il sera admis, sans doute, de supposer qu'on a affaire ici à des dépôts lacustres ou lagunaires, et ils sont donc à rapporter plutôt au Miocène inférieur.

Le Miocène moyen reporte de nouveau notre Tertiaire à un faciès marin. Les gisements qui s'y rapportent se composent de sable et argile micacés, souvent en couches alternantes. Ils sont connus le mieux, et surtout, de différents forages en Jylland (Viborg, Skive, Varde, Endrupholm à l'ENE d'Esbjerg, etc.). Autrefois on a pu les voir dans la

falaise à Skyum au sud de Thisted (Thy). Il reste douteux, par contre, si quelques dépôts d'argile micacée noire et très sablonneuse, qui apparaissent à Mariager Fjord et à Ulstrup à l'OSO de Randers doivent être rapportés à cette formation. C'est surtout le forage de la place publique à Varde qui nous a fait connaître la faune du Miocène moyen;¹⁶ on a trouvé ici 53 espèces de Mollusques (*Portlandia pygmaea* MÜNST. sp., *Yoldia glaberrima* MÜNST. sp., *Maetra trinacria* SEMP., *Dentalium mutabile* DOD., *Cerithium spina* PARTSCH, *Aporrhais speciosa* SCHLOTH. sp., *Nassa cimbrica* RAVN, *Pleurotoma rotata* BROU. sp., *Ringicula striata* PHIL., *Vaginella depressa* DAUD., etc.). Le Miocène moyen se trouve encore sous forme de blocs erratiques répandu sur une grande part du Jylland occidental; en fait de localités où de tels blocs ont été trouvés on peut citer surtout Balling (dans le Salling) et Maade (près Esbjerg).²⁰ Il faut faire remarquer encore que M. GRIPP²² et M. KAUTSKY²⁵ veulent rapporter au Miocène inférieur une partie des dépôts qu'on a comptés ici comme appartenant au Miocène moyen; M. NØRREGAARD a cependant contesté cette manière de voir.²⁴

Le faciès marin se continue dans le Miocène supérieur, qui est répandu dans le Jylland occidental depuis les contrées bordant le Limfjord jusqu'à la frontière sud du pays. On rencontre ici des gisements d'argile micacée grisâtre («Astarteleret», argile à *Astarte*) qui, de temps en temps, est assez grasse mais le plus souvent assez mélangée de sable et souvent aussi glauconieuse. Il n'est pas rare de trouver dans l'argile des concrétions calcaires rondes, qui renferment ordinairement un test de Crabe. Les fossiles¹⁶ s'y présentent souvent en grande quantité (Skjærum Mølle à l'ouest de Holstebro, Esbjerg, Gram dans le Slesvig septentrional, etc.). La forme la plus fréquemment trouvée est *Astarte Reimersi* SEMP., mais à côté de cela on a rencontré environ 50 autres espèces de mollusques (*Nucula Georgiana* SEMP., *Isocardia Forchhammeri* BECK, *Natica helicina* BROU., *Cassis saburon* BROU., *Fusus eximius* BEYR., et *F. distinctus* BEYR., *Dolichotoma cataphracta* BROU. sp., *Pleurotoma turricula* BROU. sp., *Pleurotoma rotata* BROU. sp., *Conus antediluvianus* BRUG., etc.). On y a trouvé encore quelques os de phoques et un assez grand

nombre d'os de baleines; une partie de ces derniers ont été rapportés par WINGE²¹ à *Hoplocetus curvidens* GERV., et *Plesiocetus* sp. Il faudra citer enfin des débris d'écaille et d'os d'une grande tortue appartenant aux Sphargides (*Psephophorus* sp.).

Pliocène.

Le Miocène supérieur termine le tertiaire marin en Danemark. Dans l'île de Sild et dans plusieurs localités du Holstein au-dessus de l'argile micacée miocène supérieure, on a trouvé du sable avec plus ou moins de kaolin et contenant de petits blocs roulés, qui renferment des fossiles dénotant que ces blocs proviennent de gisements siluriens. On suppose que ces blocs sont originaires du bassin baltique suédois et que, à l'époque pliocène, ils auront été apportés à leur emplacement actuel par un fleuve. WOLFF²³ a constaté la présence de blocs siluriens dans de semblables dépôts dans la vallée de Grejsdalen près de Vejle, ce qui pourrait faire supposer qu'il y aurait aussi chez nous des dépôts fluviatiles pliocènes. On ne connaît rien de précis sur le cours du fleuve (ou des fleuves) qui a charrié ces matériaux.

La surface actuelle du Tertiaire n'est certainement nulle part dans notre pays la surface primitive. Au cours de l'époque glaciaire, en effet, la glace a raboté et enlevé la partie supérieure du Tertiaire, et souvent les terrains ont été pressés vers le haut et déplacés de telle manière que la limite entre le Tertiaire et le Quartaire est devenue très irrégulière. Si l'on regarde la carte géologique des gisements profonds du Danemark (Pl. I en tête du présent volume) on sera frappé du fait que, en s'avancant vers le sud-ouest, on rencontrera — surtout en Jylland — des gisements de plus en plus récents. La raison en est peut-être que l'érosion glaciaire a été particulièrement active vers le nord-est et s'affaiblissant du côté sud-ouest, et si tel est le cas il peut y avoir eu, au début de l'époque quaternaire, une couche uniforme de dépôts tertiaires par tout le pays, y compris même peut-être du pliocène marin. Mais

différentes circonstances semblent indiquer que la cause en est une autre, à savoir une régression de la mer, régression continuelle au moins dans ses gros traits. Cette régression avait commencé en tout cas avant la fin de la période crétacée et elle a plusieurs fois eu pour effet des émergences provisoires, au moins en ce qui concerne certaines parties du pays. Ceci n'empêche pas cependant qu'il peut y avoir eu, comme causes coopératives, des perturbations tectoniques d'un caractère plus profond.

J. P. J. Ravn.

Bibliographie.

Abbreviations:

- Dansk. geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening, København.
 D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.
 Vid. Medd. Naturh. Foren. = Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening i København.
 Vid. Selsk. Skr. = Det kongelige danske Videnskabernes Selskabs Skrifter.

1. BØGGILD, O. B. 1918: Den vulkanske Aske i Moleret samt en Oversigt over Danmarks ældre Tertiærbjergarter. Avec résumé en français: Les cendres volcaniques du Moler (terre éocène à diatomées), avec un aperçu des roches tertiaires les plus anciennes du Danemark. D. G. U. II. Række, Nr. 33.
2. GRÖNWALL, K. A. 1899: Danmarks yngsta krit- och äldsta tertiäraflagringer. Förhandl. vid 15de skand. Naturforskaremötet i Stockholm 1898.
3. ROSENKRANTZ, ALFRED. 1924: De københavnske Grønsandslag og deres Placering i den danske Lagrække. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 23.
4. RAVN, J. P. J. 1925: Sur le Placement géologique du Danien. D. G. U. II. Række, Nr. 43.
5. MÖRCH, O. 1874: Nye Tertiærforsteninger i Danmark. Forhandl. ved 11. skand. Naturforskermode i Kjøbenhavn 1873.
6. VON KOENEN, A. 1885: Ueber eine Paleocäne Fauna von Kopenhagen. Abhandl. d. Königl. Gesellschaft d. Wissensch. zu Göttingen. Bd. 32. Göttingen.
7. ROSENKRANTZ, ALFRED. 1920: En ny københavnsk Lokalitet for forsteningsførende Paleocæn. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 20.

8. GRÖNWALL, KARL A. 1897: Block af paleocæn från Köpenhamn. Dansk geol. Foren. Bd. 1, Nr. 4.
9. GRÖNWALL, KARL A. 1904: Forsteningsførende Blokke fra Langeland, Sydfyn og Ærø samt Bemærkninger om de ældre Tertiærdannelser i det baltiske Omraade. Avec résumé en français: Blocs fossilifères de l'île de Langeland, du sud de la Fionie et de l'île d'Æroe et Remarques sur les dépôts tertiaires anciens du territoire baltique. D. G. U. II. Række, Nr. 15.
10. GRÖNWALL, KARL A. et HARDER, POUL. 1907: Paleocæn ved Rugaard i Jylland og dets Fauna. Avec résumé en français: Paléocène près de Rugaard en Jutland. D. G. U. II. Række, Nr. 18.
11. USSING, N. V. 1910: Dänemark. Handbuch d. regional. Geologie. Bd. I, Abteil. 2, Heft 1. Heidelberg.
12. STOLLEY, E. 1899: Ueber Diluvialgeschiebe des Londonthons in Schleswig-Holstein etc. Archiv für Anthrop. u. Geol. Schleswig-Holsteins. Bd. 3. Kiel u. Leipzig.
13. RAVN, J. P. J. 1906: Om det saakaldte plastiske Lers Alder. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 12.
14. GOTTSCHÉ, C. 1883: Die Sedimentaer-Geschiebe der Provinz Schleswig-Holstein. Yokohama.
15. VON KOENEN, A. 1886: Ueber das Mittel-Oligocæn von Aarhus in Jütland. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellschaft. Bd. 38. Berlin.
16. RAVN, J. P. J. 1907: Molluskfaunaen i Jyllands Tertiæraflejninger. Avec résumé en français: Recherches sur la stratigraphie du tertiaire en Jutland. Vid. Selsk. Skr., 7. Række, naturv. og math. Afd. III, 2.
17. HARDER, POUL. 1913: De oligocæne Lag i Jærnbanegennemskæringen ved Aarhus Station. Avec résumé en français: Les dépôts oligocènes de la tranchée du chemin de fer près de la gare d'Aarhus. D. G. U. II. Række, Nr. 22.
18. RAVN, J. P. J. 1926: On a Cetacean, Squalodon (Microzeuglodon?) Wingei nov. sp. from the Oligocene of Jutland. Dansk geol. Foren. Bd. 7.
19. HARTZ, N. 1909: Bidrag til Danmarks tertiære og diluviale Flora. With an English Summary of the Contents: Contributions to the tertiary and pleistocene Flora of Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 20.
20. NØRREGAARD, E. M. 1916: Mellem-miocæne Blokke fra Esbjerg. Avec résumé en français: Blocs du Miocène moyen d'Esbjerg. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 1.
21. WINGE, H. 1909: Om Plesiocetus og Squalodon fra Danmark. Vid. Medd. Naturhist. Foren.
22. GRIPP, KARL. 1916: Ueber das marine Altmiocæn im Nordsee-

- becken. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Beilage-Bd. 41. Stuttgart 1917.
23. WOLFF, WILH. 1919: Erdgeschichte und Bodenaufbau Schleswig-Holsteins. Hamburg.
 24. NØRREGAARD, E. M. 1918: Mellem-Miocænet i Danmark. Forhandl. ved 16. skand. naturforskeremøte 1916. Kristiania.
 25. KAUTSKY, F. 1925: Das Miocän von Hemmoor und Basbeck-Osten. Abhandl. Preuss. Geol. Landesanst. Neue Folge. Heft 97. Berlin.
 26. ØDUM, H. 1921: Dansk geol. Foren. Bd. 6. Møder og Ekspeditioner, S. 4.
 27. HARDER, POUL. 1922: Om Grænsen mellem Saltholmskalk og Lellinge Grønsand etc. Avec résumé en français: Sur la limite entre le calcaire de Saltholm et le sable vert de Lellinge etc. D. G. U. II. Række, Nr. 38.
 28. GAGEL, C. 1907: Ueber die untereocänen Tuffschichten und die paleocäne Transgression in Norddeutschland. Jahrb. d. Königl. preuss. geol. Landesanst. Bd. 28, Heft 1, Berlin.
 29. ELBERT, JOH. und KLOSE, H. 1904: Kreide und Paleocän auf der Greifswalder Oie. VIII. Jahresber. d. Geogr. Gesellschaft zu Greifswald.
 30. RAVN, J. P. J. 1922: Geologisk Kort over Danmark. Texte en français: Carte géologique du Danemark; les formations préquaternaires. D. G. U. III. Række, Nr. 22.
-

Quartaire.

Formations glacières.

Les formations glacières comprennent les dépôts morainiques, déposés par la nappe glaciaire, et les dépôts glacio-fluviatiles, déposés par les eaux de fonte de la nappe de glace.

Dépôts morainiques.

L'argile morainique, argile à blocs sans stratification, est celle des formations glacières qui a la plus grande importance. Elle s'étend sur la plus grande part de la surface des îles danoises, dans les parties orientales du Jylland au sud de Mariager Fjord, et autour des parties occidentales du Limfjord, et on la trouve encore par endroits ailleurs. A l'état non décomposé elle est ordinairement de couleur gris bleu. Le contenu en particules au-dessous de 0,002 mm (essentiellement substance argileuse) varie ordinairement de 15 à 35 p. c.; exceptionnellement il peut s'élever à 60 p. c. Le reste est principalement du sable, le gravier ne s'élevant que rarement au-delà de 4 à 8 p. c. Le contenu en calcaire varie beaucoup, il représente ordinairement entre 10 et 30 p. c. En fait d'acide phosphorique il y a environ 0,1 p. c. Les galets de l'argile morainique sont des «galets à stries» émoussés aux angles et éraflés; les pierres calcaires dures, surtout, mais aussi les granites à grains fins peuvent être pourvus d'une jolie striure. Par suite de décomposition les éléments ferrugineux de l'argile morainique s'oxydent, ce qui en rend la couleur d'abord jaunâtre, ensuite rougeâtre, le calcaire se dissout, et une partie du contenu d'argile est enlevée sous l'action des eaux infiltrantes, et la nature de l'argile morainique

en devient plus arénacée. Sous l'action d'acides humiques l'argile morainique peut devenir faiblement podsolisée.

Le sable morainique contient au-dessous de 20 p. c. de matières argileuses. Il est sableux au toucher et assez maigre pour n'être plastique qu'à un très faible degré. Pour l'aspect, il ressemble à l'argile morainique, dont il ne diffère pas essentiellement. A la décomposition il devient plus fortement podsolisé que l'argile morainique, et la décomposition s'y poursuit beaucoup plus profondément que dans l'argile, mais elle s'opère du reste de la même manière. Le sable morainique se présente surtout dans l'ouest du Jylland, en Vendsyssel (Jylland septentrional) et dans l'île de Bornholm.

Le gravier morainique contient des galets en assez grand nombre pour être caractérisé essentiellement comme un amoncellement de galets. Les intervalles sont remplis d'argile et de sable morainiques. Le gravier morainique n'apparaît que par ci par là.

Sable à galets. Sur des étendues superficielles assez considérables on rencontre le dépôt dénommé sable à galets. Il recouvre d'autres gisements d'un manteau d'une épaisseur variant ordinairement d'un demi à un et demi m. Le sable à galets est dépourvu de calcaire et le plus souvent aussi d'argile. Il n'y a pas trace de stratification, mais il renferme des galets épars qui, abstraction faite de l'absence de pierres calcaires, représentent les mêmes roches que celles de l'argile morainique; les galets ici sont pourtant souvent plus arrondis et portent quelquefois l'empreinte d'avoir été exposés aux sables mouvants. Le sable à galets recouvre des étendues considérables dans l'ouest du Jylland et en Vendsyssel; il se rencontre plus rarement dans les îles.

Tandis que l'argile morainique et le sable morainique, et en beaucoup de cas aussi le gravier morainique, sont à considérer comme moraine de fond de la nappe glaciaire, il faut regarder le sable à galets comme une moraine superficielle; il représente les monceaux de sable, gravier et pierres qui se sont réunis à la surface de la nappe de glace à proximité du front glaciaire. Tandis que la moraine de fond est fortement comprimée sous le poids de la glace, la moraine de surface n'a

pas de cohérence ; les éléments les plus fins, argile et poussière, ont été enlevés par l'eau ou emportés par le vent.

Moraines locales. Un dépôt morainique peut s'être développé sous forme de moraine locale. Il se compose alors presque exclusivement de matériaux de date plus reculée, morceaux de calcaire, argile ou sable tertiaires ; on rencontre aussi des moraines locales de gravier, sable ou argile glacio-fluviatiles. Dans d'autres cas on peut constater que les dépôts du sous-sol ont été pliés ou recourbés de manière à faire partie de la moraine superposée, ou que des lambeaux entiers ont été détachés et emportés par la glace.

Dépôts glacio-fluviatiles.

Parmi les dépôts quartaires les dépôts glacio-fluviatiles ou dépôts d'eaux glaciaires jouent un rôle considérable. Ils ont été déposés par les eaux de fonte de la nappe glaciaire en-dessous de la glace, sur la glace même, ou enfin sur les avant-terres devant le front glaciaire. Ils se composent essentiellement de sable, à un degré beaucoup plus faible de gravier ou d'argile.

Sable et gravier stratifiés. Dans le gravier les galets sont usés et roulés. Il peut se présenter sous forme d'énormes lits de galets roulés, mais cela n'arrive que rarement. Dans le sable se trouvent des couches de matériaux fins et d'autres de matériaux grossiers, fréquemment avec interposition de couches de gravier, et présentant souvent une stratification entrecroisée. Il joue un grand rôle dans la configuration du pays, et il ne constitue pas rarement des dépôts de plus de 30 m de puissance. Dans les parties orientales du pays il est ordinairement recouvert d'argile morainique, dans le Jylland occidental il forme les grandes plaines de landes, de même qu'il se présente à la surface en beaucoup d'autres lieux.

Dans la littérature géologique danoise le sable et le gravier glacio-fluviatiles sont encore souvent désignés comme »Diluvialsand« (sable diluvien) et »Diluvialgrus« (gravier diluvien). Une exception est faite, pourtant, pour le sable et gravier stratifiés déposés en avant du bord glaciaire dans des bassins ou

sous forme de plaines de landes; ce dépôt est désigné par plusieurs auteurs comme »senglacial« (glaciaire postérieur).

Dans les localités où les débris végétaux tombés à terre se décomposent par l'effet de l'air qui y a libre accès, et sous l'action bactérielle et celle des vers de terre, le terreau se fait riche en acide carbonique; à l'aide des eaux infiltrantes cet acide, avec de l'oxygène atmosphérique, pénètre dans le sable et y produit une décomposition du même caractère que celle de l'argile morainique, mais ici la décomposition s'étend beaucoup plus profondément que dans l'argile. La couleur se fait jaunâtre ou brunâtre, le calcaire est délavé, et la stratification disparaît. A la limite entre le sable décomposé et le sable frais il y a d'étroites bandes brunes irrégulièrement sinueuses, formées d'une petite portion de matériaux humiques et ferrugineux déposés par l'eau. C'est ainsi que le sable se présente souvent au-dessous de champs cultivés.

Il en est autrement dans les contrées où l'air n'a que difficilement accès aux débris végétaux, p. ex. dans les régions arénacées à végétation touffue de bruyère ou dans des endroits où le sol est desséché par le soleil et le vent, en sorte que les vers de terre n'y peuvent vivre et le sol ne sera plus aéré par leurs trous. Dans les contrées de cette nature il se forme un lit tourbeux de débris végétaux, appelé *Mor*. Ceci entrave l'accès de l'air et fait que les débris végétaux ne peuvent pas se décomposer en terre meuble mais seulement se tourbifier, c. à. d. qu'ils se transforment partiellement en acides humiques. L'eau infiltrante, en pénétrant dans le sol, se charge de ces acides, qui dissolvent toutes les matières solubles dans le sable au-dessous du lit de *mor*, de sorte qu'il se produit ici une podsolisation typique. Le sable devient un sable quartzéux aride, auquel une faible immixtion de humus prête une couleur de plomb, et qu'on a dénommé »Blegsand«; il a le plus souvent une puissance d'un quart de mètre. La partie la plus inférieure du Blegsand est souvent particulièrement riche en éléments du *mor* apporté par les eaux d'infiltration, et elle peut ainsi devenir tout à fait noire, ce qui lui a valu le nom de »Tørveal« (alios tourbeux). L'alios proprement dit, »alios brun«, qui se rencontre au-dessous du Blegsand, se compose de sable cimenté à l'aide de matières

humiques en un grès peu cohérent; déterré et exposé à l'influence de l'air il s'effrite en peu de temps. Il est souvent épais d'un à deux dm, l'épaisseur en peut même s'élever à 1 m. Vers le haut la couche d'aliôs est assez horizontalement délimitée du côté du Blegsand; inférieurement il se fait moins compacte et pousse des ramifications dans le sable sous-jacent. La formation de l'aliôs débute par de fines pellicules brunes entourant chaque grain de sable en particulier. Peu à peu tous les intervalles entre les grains se remplissent, de façon à constituer une masse à peu près compacte. Sur le nombre de matières que l'eau d'infiltration dissout dans le Blegsand, les matières ferrugineuses se dégageront de nouveau dans l'aliôs, qui devient ainsi le plus souvent ferrifère. Il n'est même pas rare que les matières ferrugineuses en forment l'élément principal, de sorte qu'il se produit un grès ferrugineux qui ne s'effrite pas sous l'action de l'air. Ce grès ne constitue généralement pas des couches entières, mais se présente sous forme de boules ou de lambeaux dans l'aliôs ordinaire.

L'argile d'eau de fonte est sans galets et de couleur gris-bleu à l'état non décomposé; en se décomposant elle se fait jaunâtre. Elle se décompose de la même manière que l'argile morainique. Elle renferme toujours du sable fin, le plus souvent déposé en couches minces, de sorte que l'argile se présente avec une belle stratification. La grosseur des grains de sable ne s'élève que rarement à 0,5 mm. Pour l'argile d'eau de fonte le contenu en particules au-dessous de 0,002 mm (essentiellement de la matière argileuse) dépasse ordinairement 40 p. c. et peut s'élever jusqu'à 60 p. c. Le contenu en calcaire varie le plus souvent entre 20 et 50 p. c. L'argile d'eau de fonte se présente souvent sous forme d'argile breccio-laire, c. à. d. composée de petits morceaux anguleux, de dimensions variant de celle d'une noisette à la grosseur d'une main d'homme, délimitée par des plans de glissement. Chacun des morceaux est stratifié, mais la stratification des différents morceaux indique des directions toutes diverses. L'argile d'eau de fonte se trouve en de nombreux endroits par tout le pays, mais le plus souvent sur de petites étendues, ce qui dénote qu'elle a été déposée dans des lacs assez petits, dans

lesquels se sont écoulés les torrents glaciaires venant de la nappe de glace. En beaucoup de localités l'argile d'eau de fonte apparaît recouverte d'argile morainique ou de sable, en d'autres localités elle constitue elle-même la surface, et dans ces cas il est souvent possible d'indiquer les rives du lac d'autrefois où elle s'est déposée. Quelquefois une partie du bord du bassin fait défaut. C'est qu'alors le lac a été endigué par la nappe glaciaire ou par de la glace «morte». Si le bord du bassin fait entièrement défaut, en sorte que l'argile d'eau de fonte se présente sous forme d'argile à plateau, formant une colline isolée, cela dénote que l'argile d'eau de fonte s'est déposée, à l'origine, dans un enfoncement à la surface de la nappe glaciaire elle-même, ou dans les amas de glace «morte». L'argile des eaux glaciaires est encore souvent mentionnée dans la littérature géologique danoise sous la désignation contestable de «Diluvialler» (argile diluvienne).

Terre fluide. Dans les pays où la moyenne annuelle de la température est au-dessous de zéro, le sol se maintient toujours à l'état congelé à une certaine distance de la surface; il constitue ce qui, en Norvège, est appelé «Tæle», par les Suédois, «Kåle» ou «Tjåle». Déjà à une température moyenne de quelques degrés au-dessous de zéro, la «Tæle» pénètre jusqu'à une profondeur considérable, de 150 à 300 m. En été ce ne sont que les 1 à 5 m supérieurs qui dégèlent. Là où la «Tæle» existe il ne peut être question d'eau souterraine et il n'y a pas de sources; la pluie et l'eau de fonte doivent nécessairement s'écouler au-dessus de la «Tæle». Pour cette raison, de même que par le fait du dégel de la partie supérieure de la «Tæle», le terrain au-dessus de la «Tæle» s'imprègne d'eau de part en part, et son contenu d'argile prend un caractère fluide. Si le terrain présente une déclivité, la terre se mouvra lentement des parties haut situées, vers les bas-fonds; l'alternance de congélation et de dégel contribue également à la production de cet effet.

Il ne peut pas y avoir de doute que, en Danemark, nous n'ayons eu de la «Tæle» aux époques glaciaires. Un coulement de terre a dû se produire sur une large échelle. Mais comment

reconnaître la terre fluide ? Les recherches faites dans les tourbières interglaciaires de Brørup (p. 114) ont fait constater que les couches de tourbe de cette localité sont recouvertes de terre fluide, et on eut ainsi l'occasion d'étudier le phénomène.

On constata qu'il n'y a pas de limite nette entre la tourbe sous-jacente et la terre fluide superposée mais une transition graduelle par de la vase à raies de sable ou du sable à immixtion de vase, et du sable pâteux, faiblement vaseux, à du sable ressemblant à du sable morainique et renfermant des galets épars ; ou bien la tourbe pouvait se trouver quelque peu poussée vers le haut, refoulée, ou bien formant comme une brèche avec — ou des induits dans — l'argile et le sable superposés. La terre fluide est en elle-même une matière sableuse, semblable à une matière morainique, renfermant des galets épars, tantôt argileuse, tantôt composée de sable maigre, se transformant inférieurement en sable à immixtion de vase. A mesure qu'elle s'avance sur la dépression elle se transforme en sable avec de très rares galets, pour finir au centre de la dépression par devenir un sable sans galets, stratifié et indubitablement trié dans l'eau. Les galets de la terre fluide augmentent en nombre du côté du bord de la dépression et à proximité de la surface. Ils peuvent mesurer jusqu'à 20 cm, une quartzite a même mesuré 35 cm, mais la plupart des galets ne dépassent généralement pas la grosseur d'un oeuf ou d'une noisette. Pour la quantité c'est le silex qui domine ; il peut se présenter poli par le sable.

La terre fluide ne se trouve jamais en haut des collines mais toujours sur les versants ou dans les bas-fonds. Il ressemble ordinairement à du sable morainique, mais il s'en distingue par le fait que les galets épars ne sont pas uniformément répartis mais augmentent en nombre du côté du bord et de la surface. S'il se trouve un dépôt d'eau douce au-dessous de la terre fluide, il y a généralement une transition de l'un à l'autre.

Première époque glaciaire.

En Danemark on n'a jusqu'ici pu constater que trois époques glaciaires correspondant aux trois dernières des

quatre époques glaciaires alpines. Au cours des deux premières de ces époques tout le Danemark était recouvert par la glace, pendant la dernière, la nappe glaciaire ne s'est avancée que sur les parties septentrionale et orientale du Jylland.

L'argile morainique (Moraine A) de la première des époques glaciaires de Danemark, époque glaciaire mindelienne (PENCK et BRÜCKNER), époque glaciaire milazienne (DEPÉRET), époque glaciaire saxonnienne (JAMES GEIKIE), peut apparaître comme moraine »inférieure« dans l'ouest du Jylland. Cette argile morainique a été constatée avec certitude à Esbjerg comme couche sous-jacente de l'argile à *Yoldia*, qui apparaît ici, et qui a été déposée au début de la première des deux époques interglaciaires danoises, de même qu'à Tvile, Kalsgaard et d'autres localités de la feuille géologique de Varde, où elle forme la couche sous-jacente d'un puissant gisement d'argile d'eau de fonte, qui a une très grande extension dans le sud-ouest du Jylland et qui s'est formée à la même époque que l'argile à *Yoldia* d'Esbjerg. M. AXEL JESSEN¹ décrit cette argile morainique comme une argile gris sombre, très dure et sableuse et renfermant moins de gros blocs mais beaucoup plus de petits galets et de gravier menu que l'argile morainique en général. Le contenu en calcaire est au-dessous de 10 p. c. Dans l'argile morainique au-dessous de l'argile à *Yoldia* d'Esbjerg on a trouvé *in situ* un porphyre rhomboïdal. C'est le seul bloc indicateur qu'on ait pris *in situ* dans cette moraine.

Comme méthode objective pour distinguer l'un de l'autre les différents gisements d'argile morainique le Service géologique du Danemark depuis une suite d'années fait usage d'énumérations de blocs.² 10 kg d'argile morainique séchée à l'air sont lavés sur un crible à mailles carrées de 6 mm de côté. Des galets qui restent dans le crible après lavage on enlève le petit nombre dont les dimensions dépassent celles d'un oeuf de poule. Les galets qui restent encore sont pesés, déterminés et comptés, et on calcule la quantité en pour cent des différentes roches. Ensuite on calcule le coefficient d'énumération, qui est égal au nombre de silex divisé par le nombre de roches éruptives + schistes cristallins. C'est qu'on a constaté que ce coefficient est approximativement

identique pour toutes les énumérations faites dans un même dépôt d'argile morainique d'une même contrée. On extrait la moyenne des coefficients d'énumération trouvés et le chiffre probable de mécompte. On arrive ainsi à un chiffre qui caractérise la moraine en question dans une contrée donnée.

En appliquant cette méthode à la moraine A d'Esbjerg et de Tvile on arriva au chiffre 0,55 comme moyenne de 7 coefficients d'énumération; le chiffre probable de mécompte là-dessus est de 0,035.

La moraine A a été constatée également dans la falaise de Røgle Klint à Strib dans le nord-ouest de Fyn. Dans cette falaise disloquée, très importante au point de vue géologique, la série des couches est la suivante :

10. Moraine D.
9. Gisements glacio-fluviatilis.
8. Moraine C.
7. Moraine B.
6. Gisements glacio-fluviatiles.
5. Argile à *Tellina*.
4. Gisements glacio-fluviatiles.
3. Moraine A.
2. Argile et sable micacés, Oligocène supérieur.
1. Argile plastique éocène («Lillebeltsler»).

La moraine A a une puissance ici de 5 à 6 m. Elle est de couleur noir bleuâtre ou brun noirâtre et contient par endroits de nombreux enduits de sable. On trouva le chiffre 0,36 comme moyenne de 8 coefficients d'énumération; le chiffre probable de mécompte là-dessus est de 0,044.

On ne possède pas encore en Danemark des matériaux suffisants pour évaluer les directions du mouvement glaciaire de la première période glaciaire, mais dans les pays situés au sud et au sud-ouest du Danemark cette question peut être élucidée; ce sont surtout les recherches étendues de M. V. MILTHERS sur l'apparition des différents blocs indicateurs tant dans ces pays qu'en Danemark qui ont contribué à établir de façon sûre qu'en Danemark la transgression de la glace a eu lieu d'abord de la Norvège orientale et la Suède occidentale, et ensuite de la Baltique.

Victor Madsen.

Première époque interglaciaire.

Le peu de dépôts marins et lacustres que nous pouvons rapporter avec certitude à la première époque interglaciaire (le Mindel-Riss Interglacial, de PENCK & BRÜCKNER, époque interglaciaire du Tyrrhénien, DEPÉRET) ne nous fournit qu'une connaissance minime de la répartition de la mer et de la terre ferme pendant cette période, et il ne nous donne pour ainsi dire aucune information sur les formes de terrain.

Dépôts marins.

A cette époque interglaciaire se rapportent avant tout le dépôt dit Argile à *Yoldia* d'Esbjerg et l'argile à *Tellina* de Røgle Klint, outre les dépôts marins de Vognsbøl et quelques autres localités dans le sud-ouest du Jylland.

Entre la ville d'Esbjerg et le village de Maade situé à 2½ km à l'est de la ville se trouve une argile marine,¹ située en couche primaire, dont la puissance totale n'est pas connue mais dépasse 12 m en tout cas et diminue d'épaisseur vers les côtés. Elle a reçu le nom d'«Esbjerg Yoldialer» (argile à *Yoldia* d'Esbjerg), ce qui est une dénomination peu heureuse étant donné que *Portlandia (Yoldia) arctica* ne se présente que dans la partie inférieure du dépôt. Cette partie inférieure est riche en mica et renferme encore un grand nombre de couches de sable; plus supérieurement les couches de sable se font plus subordonnées et chacune des couches d'argile augmente d'épaisseur, mais tout en haut l'argile devient de nouveau de plus en plus sableuse et passe à un dépôt de sable marin, foncé et argileux. Les dépôts marins ne renferment que peu de pierres. Dans les profils situés occidentalement on les voit superposés à de l'argile morainique, à la surface de laquelle les couches de sable sont concordantes. L'argile morainique qui, surtout dans sa partie inférieure, est fortement mélangée à de l'argile micacée, est superposée à de l'argile micacée miocène qui, tant vers l'ouest, à Esbjerg même, que vers l'est, à Maade, s'élève au-dessus du niveau de la mer. La stratification de l'argile marine et les couches de sable ont, dans la partie occidentale du territoire, leur déclivité vers l'est,

dans le centre du territoire (à Gammelby) vers le sud, et dans les argilières près de la côte entre Gammelby et Maade vers l'ouest. On ne connaît pas de façon certaine l'extension des gisements, mais ils s'avancent au moins d'une certaine distance au-dessous du front du terrain élevé vers l'ouest et le nord et partiellement vers l'est. Les forages faits jusqu'ici dans la ville d'Esbjerg n'ont pas fait découvrir l'«argile à *Yoldia*» de façon sûre, mais lors d'un forage opéré en 1927 à Esbjerg Andelssvineslagteri on rencontra, au-dessous de 20 m de sable glacio-fluviatile, des couches d'argile et de sable marins renfermant quelques rares coquilles jusqu'à environ 67 m de profondeur, superposées à du sable morainique et, là-dessous, de l'argile micacée. Cette série de couches dénote qu'on a affaire ici à de l'argile à *Yoldia* d'Esbjerg. Sur une grande partie du territoire les dépôts marins affleurent pour ainsi dire ouvertement, ou bien ils ne sont recouverts que de marsk et d'alluvion d'eau douce; mais partiellement ils sont recouverts aussi de dépôts indubitablement glaciogènes: Sable glacio-fluviatile aux couches plus ou moins pliées, argileux, par endroit de nature morainique, ou renfermant de grands blocs. Comme la nappe glaciaire n'a pas avancé aussi loin vers l'ouest au cours de la dernière époque glaciaire il faudra rapporter ce diluvium superposé aux dépôts marins, à l'avant-dernière (2^{ème}) époque glaciaire.

Eparses dans l'argile marine et par places dans le sable marin on a trouvé des coquilles de 12 espèces de mollusques en tout.⁶ Il est vrai que les coquilles sont broyées, mais comme tous les morceaux en se trouvent *in situ*, et que les mollusques ont les valves fermées, il s'ensuit que les animaux ont vécu sur place. Assez uniformément répandues dans les dépôts sont *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica* (dans sa forme arctique, à valves épaisses), et *Mya truncata*; on rencontre communément aussi *Leda pernula* et *Astarte Banksii* avec la *var. Warhami*, mais ces deux espèces sont bornées principalement à certaines zones peu puissantes de l'argile. Inférieurement dans l'argile on rencontre le mollusque sténotherme, hyperarctique *Portlandia (Yoldia) arctica*, tandis que supérieurement dans l'argile et dans le sable superposé on trouve des coquilles de *Mytilus edulis* et *Modiola modiolus*, qui ne

peuvent pas vivre dans les eaux hyperarctiques. Ces conditions dénotent que, pendant la formation des dépôts marins, la température de l'eau a dû changer d'expressément arctique à boréo-arctique et peut-être à boréale, et qu'ainsi la formation se rapporte au commencement d'une époque interglaciaire; certains phénomènes semblent indiquer que la partie de prime abord la supérieure des dépôts marins a été enlevée par la nappe glaciaire subséquente dans sa marche en avant.

En connexion intime avec l'argile à *Yoldia* d'Esbjerg se sont formés probablement les dépôts marins qu'on a trouvés dans les marnières au NE et à l'est de cette région: à l'église de Skads, Smørpyt, Sadderup, Solbjerg et Sneum Gaard;¹ un gisement à Terpager, à l'est d'Esbjerg, d'argile marine, dans laquelle on n'a trouvé que des coquilles de *Nucula*, se rapporte probablement aussi à cette formation.

Dans plusieurs forages, rapprochés les uns des autres, à Vognsbøl sur le plateau de la colline insulaire à 2 km au NO d'Esbjerg, on a trouvé des couches d'argile et de sable marins reposant sur des formations glaciaires et situées au-dessous de formations glacio-fluviatiles qui ne peuvent être postérieures à l'avant-dernière époque glaciaire.⁷ Les conditions de gisement sont cependant tellement irrégulières qu'il n'est guère à supposer que les dépôts marins se trouvent en couche primaire; d'un autre côté l'état de conservation relativement bon des coquilles de mollusques trouvées dans ces dépôts ne permet pas de supposer un long ni un violent transport. Parmi les 35 espèces qu'on y a trouvées il y a un certain nombre d'arctiques à extension large dans des conditions de température diverses (mais aucune espèce décidément hyperarctique), mais il faut faire ressortir surtout les formes boréales et lusitaniennes: *Cyprina islandica*, *Zirphaea crispata*, *Aporrhais*, *Maetra elliptica*, *Anomia squamula*, *Litorina litorea*, *Cardium edule* et *Pholas candida*. Il semble y avoir un certain triage, de manière à ce que les espèces lusitaniennes ne se trouvent que dans les couches supérieures. La faune de Vognsbøl constitue ainsi au point de vue climatologique la suite de la faune d'Esbjerg, et on pourrait donc être porté à penser que

les dépôts disloqués de Vognsbøl soient formés de prime abord en connexion avec et en continuation des dépôts d'Esbjerg.

A Indre Bjergum Banke à l'ouest de Ribe 2 forages, distants entr'eux de 300 m, ont fait constater une formation marine à des niveaux s'étendant depuis environ 26 jusqu'à 66 m au-dessous de la mer.⁸ Il n'y a qu'un seul horizon (à peu près 52 m au-dessous de la mer) d'où l'on ait recueilli des coquilles: *Leda pernula*, *Limopsis sp.*, *Mytilus edulis*, *Cardium fasciatum*, *Cyprina islandica*, *Maetra elliptica*, *Syndesmya alba* et d'autres, — en d'autres termes: une faune boréale septentrionale. Il est vrai qu'on n'a pu constater si c'est un dépôt fixe ou s'il ne s'agit que d'un lambeau isolé, mais comme il est séparé par un banc considérable d'argile morainique et de sable glacio-fluviatile, des dépôts eemiens superposés, situés en lit primaire et datant de la dernière période interglaciaire, tandis que, de l'autre côté, il ne renferme pas trace d'éléments préglaciaires, il sera naturel de rapporter ce dépôt marin à la première époque interglaciaire; si tel est le cas, on aura ici la seule coupe connue jusqu'ici en Danemark qui contienne des dépôts marins des deux époques interglaciaires.

L'argile à *Tellina* de Røgle Klint en Fyn, se présente dans les parties disloquées de la falaise dans la série des autres dépôts glaciaires, d'une telle manière qu'il n'y a pas de doute qu'elle n'ait conservé sa place dans la série des dépôts quaternaires. C'est une argile grasse fortement micacée, qui est tellement riche en couches de sable, surtout inférieurement, qu'il semble y avoir transition graduelle entre les sédiments marins et les couches de sable et d'argile glacio-fluviatiles sous-jacentes; ces dernières, à leur tour, sont concordamment superposées à une moraine maigre, qui par son contenu en galets (coefficient d'énumération peu élevé) aussi bien que par son contenu en argile micacée (oligocène ici) rappelle fortement la moraine sous-jacente à l'argile d'Esbjerg; on ne pourra pas, cependant, en se basant sur cette ressemblance, tirer des conclusions décisives quant à l'âge de ce dépôt.

Au-dessus de l'argile à *Tellina* se trouvent deux moraines (B et C, v. pp. 106 et 120), dont les coefficients d'énumération correspondent assez exactement aux deux moraines de surface

situées à l'ouest et à l'est de la limite de la dernière glaciation en Jylland pour qu'on puisse considérer les moraines de Røgle comme identiques à celles-là et, par conséquent, comme se rapportant chacune à son époque glaciaire, à savoir l'avant-dernière et la dernière, bien que dans Røgle Klint on n'ait pu constater la présence de dépôts interglaciaires interposés. L'argile à *Tellina* sera par conséquent à rapporter à la première époque interglaciaire.

Dans l'argile on a rencontré ci et là des coquilles de *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica*, *Mya truncata*, et *Modiolaria laevigata*, faune arctique qui, bien que pauvre, est cependant d'une telle nature qu'il est à supposer que le sédiment ait été déposé dans un fiord arctique à salinité considérable mais exposé en même temps à un riche apport de vase (cp. les conditions qui se présentent au fond de Nordre Strømfjord dans le Groënland occidental, où ce sont exclusivement les immenses quantités de vase charriées par les torrents d'eau glaciaire, qui s'opposent au développement de la vie animale).⁹⁻¹⁰

Outre les gisements mentionnés jusqu'ici il se trouve par places dans le diluvium des sédiments marins d'extension plus ou moins considérable et d'une stratification plus ou moins perturbée. La faune en est partie arctique, partie boréale d'un caractère plus ou moins lusitanien. Quelques-uns de ces gisements se trouvent selon toute probabilité en couche primaire, p. ex. le diluvium marin à Hostrup dans la province de Salling, nord-ouest de Jylland²⁶, d'autres ne sont sans doute que des lambeaux isolés.

A Hostrup²⁶ se trouve au-dessous d'une couche d'argile morainique de 4 à 5 m d'épaisseur, qui est à considérer comme se rapportant à la dernière époque glaciaire, une couche de sable marin à peu près horizontalement stratifié d'une puissance de 2 à 3 m, renfermant des coquilles de *Mytilus sp.*, *Leda pernula*, *Cyprina islandica*, *Axinus flexuosus*, *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica*, *Mya truncata*, et *Litorina litorea*; là-dessous il y a environ 4½ m d'argile marine vaguement stratifiée horizontalement, à coquilles d'*Astarte Banksii*, *Modiolaria discors*, *Tellina calcarea*, et *Saxicava arctica*. La profondeur à laquelle il est à supposer que les couches d'argile soient formées, est évaluée à 15—150 m; les couches de sable

sont déposées dans une eau basse. Au cours de la formation des couches d'argile la température est supposée avoir été entre $\div 2^{\circ}$ et $+ 6^{\circ}$ C., au cours de la déposition du sable elle est supposée avoir été entre 0° et $+ 10^{\circ}$ C. Les gisements marins sont concordamment superposés à de l'argile micacée miocène, qui est à considérer comme dépôt fixe. Tant à cause de l'altitude de ces gisements (27 m au-dessus de la mer) que parce qu'ils sont plus élevés qu'une partie considérable des plaines de landes de la dernière période glaciaire, on est amené à supposer que les dépôts de Hostrup datent d'un âge très reculé comparativement à la partie principale des dépôts glaciaires du Danemark.

V. Nordmann.

Dépôts d'eau douce.

A la première époque glaciaire sont rapportés quelques dépôts lacustres interglaciaires,¹¹ qui sont situés en dehors de la principale ligne d'arrêt en Jutland de la dernière glaciation et qui sont recouverts de formations glaciogènes de la seconde glaciation. Ce sont surtout des localités de vase calcaire à Rind, au sud de Herning, et à Harreskov, à proximité de la station de Kibæk. On y rapporte encore les dépôts lacustres, pour la plus grande part riches en calcaire, à Starup, à l'est de Varde. Ceux-ci sont recouverts de sable glacio-fluviatile glaciaire postérieur, mais leur âge se précise par le fait qu'ils sont superposés sans lacune intermédiaire à de l'argile glacio-fluviatile, dont le placement dans la série des couches est probablement intermédiaire aux deux moraines basales connues du Jylland occidental.¹ Il est à supposer encore que quelques lits de tourbe très profondément situés, à Tirslund et Vejen, datent de la première époque interglaciaire. Ces formations portent témoignage d'une évolution floristique et climatologique essentiellement analogue à celle qui eut lieu dans la 2^e phase de la dernière époque interglaciaire (v. p. 116), et tous les points principaux sont marqués au schéma de la p. 103.

Tandis que l'âge des formations citées plus haut se détermine par leur position stratigraphique, nous rencontrons à

| Phases | Caractère de la flore | | Zones | Conditions climatologiques changements de niveau | | | |
|------------------------------------|--|---|--|---|--|---------------------------|---------------------------------------|
| Deuxième époque glaciaire (Riss) | | | | | | | |
| | Lacune | | | | | | |
| III | Flore nordique | <i>Betula pubescens</i> dominante, <i>Pinus silvestris</i> | k | Climat graduellement plus froid, continental | Change-ments de niveau non connus avec certitude en Danemark | soulèvement ? | |
| II | Flores des climats tempérés | conifères | i | | | | Climat atlantique, Optimum de chaleur | En Holstein | affaissement ? |
| | | arbres à feuilles | h | | | | |
| | Forêts dominantes | conifères | [Zone à <i>Carpinus betulus</i> , pas constatée] | [g] | Climat continental, graduellement plus doux | Soulèvement ? | Dépôts de Vognsbøl |
| | | | Zone à forêt mixte à chênes Minimum de <i>Pinus silvestris</i> et <i>Betula pubescens</i> | f | | | |
| | | | <i>Pinus</i> et <i>Betula</i> en diminution. Maximum d' <i>Ulmus</i> | e | | | |
| | | | <i>Pinus</i> dominante. Immigration des espèces de la forêt mixte à chênes | d | | | |
| | | <i>Betula pubescens</i> dominante. <i>Pinus silvestris</i> , vestiges de <i>Picea excelsa</i> | c | | | Argile à Yoldia d'Esbjerg | |
| I | [Floré subarctique et arctique, pas constatée] | | [a, b] | Dégel | | | |
| Première époque glaciaire (Mindel) | | | | | | | |

Schéma de l'évolution de la flore, du climat, et des conditions du niveau en Danemark durant la première époque interglaciaire.

l'est de l'extrême front de la dernière glaciation une série de dépôts d'eau douce diluviens fossilifères, qui sont recouverts de ou sont incorporés dans les dépôts glaciogènes les plus récents et dont, par conséquent, on ne peut qu'exceptionnellement déterminer l'âge en raison de leur position stratigraphique. Un groupe de ceux-ci, qui à côté d'une faune de mollusques particulière renferme aussi dans certains cas des débris végétaux tertiaires, est indubitablement antérieur à la dernière époque interglaciaire et a été même considéré comme anteglaciaire.¹¹⁻¹²⁻¹³ Ceci est le cas surtout pour les lits à baguettes et ambre près de Copenhague. Ils se présentent sous forme de couches subordonnées, épaisses de quelques cm, dans du sable glacio-fluviatile, et renferment un alluvion de quantités de débris végétaux tels que charbon de bois, bois, fruits et graines, d'environ 60 différentes espèces végétales, au nombre desquelles, à côté d'espèces tertiaires, on trouve surtout de nombreuses espèces diluviennes, p. ex. *Brasenia*, *Carpinus*, *Stratiotes*, *Aldrovanda*¹⁴ etc. Le même âge que celui des lits à baguettes et ambre a été attribué encore aux dépôts d'eau douce profondément situés à Førslevgaard dans le sud de la Sjælland, tandis que des mottes de vase incorporés dans l'argile morainique près Copenhague, et l'argile à *Nematurella* à Gudbjerg en Fyn, se rapportent peut-être plutôt à la première époque interglaciaire.¹⁵ La faune des blocs de vase, du dépôt de Førslevgaard et de l'argile à *Nematurella*, est caractérisée par les formes suivantes du diluvien inférieur: *Nematurella runtoniana* SANDB. f. *stenostoma* NORDM., *Corbicula fluminalis* MÜLL., et *Pisidium astartoides* SANDB.¹⁶

Pour certains autres des dépôts d'eau douce interglaciaires, recouverts de nos formations morainiques les plus supérieures, nous ne possédons pas de moyens pour en déterminer l'âge d'une manière suffisamment exacte. Ceci est le cas pour la localité de terre à diatomées à Hollerup au sud-ouest de Randers, exploitée industriellement, où la terre à diatomées est superposée à de la vase calcaire; également pour des dépôts de même nature à Hørup au nord de Viborg et Egtved au sud-ouest de Vejle, pour le lit d'ocre à Løvskal à l'ouest de Randers, exploité aussi dans l'industrie, et pour les lam-

beaux isolés de terre à diatomées et de vase calcaire à Fredericia.¹⁷ La flore et la faune de ces gisements correspondent en tous points à celles qu'on connaît des dépôts d'eau douce de la dernière époque interglaciaire.

Knud Jessen.

Deuxième époque glaciaire.

L'argile et le sable morainiques (Moraine B) de la deuxième époque glaciaire, époque glaciaire rissienne (PENCK et BRÜCKNER), époque glaciaire tyrrhénienne (DEPÉRET), époque glaciaire polonienne (JAMES GEIKIE), apparaît à la surface des collines insulaires du Jylland occidental, de même que certaines des »moraines inférieures« des régions du Jylland septentrional et oriental occupées par la nappe glaciaire de la dernière glaciation, peuvent être des moraines datant de cette seconde glaciation.

La nature des moraines de surface des collines insulaires (voir p. 169) peut varier beaucoup. C'est ainsi que, en parlant des dépôts morainiques de la contrée au NE d'Esbjerg, M. AXEL JESSEN¹ dit qu'ils se présentent dans toutes les variations depuis le sable morainique maigre à l'argile morainique typique, et puis encore depuis une argile morainique très grasse et pauvre en galets jusqu'à des moraines locales d'argile dépourvue de galets. Dans un seul et même profil on peut observer tant de l'argile morainique que du sable morainique, quelquefois par couches alternantes. Dans les endroits où le sable morainique a une puissance relativement considérable il est, en général, visiblement disposé en bancs.

Les moraines superficielles se présentent d'une manière analogue aux autres collines insulaires, mais en règle générale c'est le sable morainique et une argile morainique sableuse qui prédominent par rapport à l'argile morainique de constitution normale.

Dans une région occupant une largeur d'environ 20 km le long de la côte occidentale entre Esbjerg et Brøns dans le Slesvig septentrional, l'argile morainique devient subitement riche en craie et en silex; elle peut être pour ainsi dire farcie de fragments crayeux. La raison en est, probablement, qu'un

horst de craie émerge des gisements tertiaires, comme c'est le cas au nord de Hemmingstedt dans le Holstein; autrement on comprendra difficilement la provenance de toute la craie qui se trouve ici dans l'argile morainique. Les 32 énumérations de blocs entreprises dans cette région ont donné une moyenne des coefficients d'énumération de 1,44, où la moyenne du mécompte se chiffre à 0,103. Les 92 énumérations faites dans la moraine B en dehors de cette région, de la frontière danoise vers le nord à une ligne de Varde à Grindsted, ont eu pour résultat une moyenne des coefficients d'énumération qui est considérablement inférieure à la précédente, à savoir 0,87, avec une moyenne de mécompte de 0,042. On arrive à une moyenne un peu plus basse en la calculant seulement des 32 énumérations de blocs faites dans les limites des feuilles géologique de Varde et Bække, à savoir 0,84, avec une moyenne de mécompte de 0,057.

Dans la falaise de Røgle Klint à Strib la moraine B atteint une puissance de 23 m. Elle consiste, en bas, essentiellement en argile morainique sableuse gris-brun; il s'y trouve des bancs, pour lesquels l'argile micacée a évidemment fourni une grande partie des matériaux. Dans sa partie supérieure la moraine B peut se présenter de couleur gris-bleu et considérablement plus grasse; elle peut renfermer ici des lits et des parties incorporées d'argile, sable et gravier sans galets. La différence de constitution qu'il y a entre la partie supérieure et l'inférieure de la moraine B se manifeste également pour les coefficients d'énumération. Dans la partie inférieure, B₁, on a trouvé une moyenne de 7 énumérations de 0,50, au chiffre moyen de mécompte de 0,049, tandis que dans la partie supérieure, B₂, la moyenne de 30 énumérations a été de 0,82, au chiffre moyen de mécompte de 0,026.

La belle conformité qu'il y a entre la moyenne de la moraine B₂ à Røgle Klint et la moyenne de la moraine B dans le Jylland occidental, dénote que ces deux moraines doivent être connexes, que, par conséquent, l'argile à *Tellina* de Røgle Klint doit être synchrone de l'argile à *Yoldia* d'Esbjerg, et que la moraine qui est antérieure à l'argile à *Tellina* doit être la moraine A.

Pour la plus septentrionale des collines insulaires, la grande

colline insulaire de Skovbjerg, M. MILTHERS³ a constaté que les blocs indicateurs norvégiens, qui ailleurs dans la colline insulaire dominant presque souverainement, diminuent tout à coup fortement en nombre vers le sud, à partir d'une ligne de Fiskebæk à Finderup au nord-est de Skjern. Au SO de cette ligne, en continuant vers le sud jusqu'à la frontière danoise, on trouve en abondance à la surface des moraines des blocs indicateurs baltiques. La même constatation a été faite par les recherches de MM. AXEL JESSEN, MILTHERS et NORDMANN dans les limites des feuilles de la carte géologique de Varde, Bække, Ribe, Vamdrup et Tønder. M. MILTHERS interprète ce phénomène en supposant que cette limite entre l'apparition en abondance des blocs norvégiens et l'apparition en assez grand nombre des blocs baltiques constitue la limite d'une nappe glaciaire qui s'est avancée jusqu'à cette contrée venant du NNE et dépassant la ligne de Holstebro à Herning sans atteindre la ligne Ringkøbing—Borris, et qui s'est étendue sur une moraine d'origine baltique. Comme en plusieurs localités du Jylland occidental il y a, au-dessous de la moraine baltique, du sable glacio-fluvial dont les blocs conducteurs sont presque tous norvégiens mais jamais, pour ainsi dire, baltiques, et que dans la moraine B, que le «forage à la recherche de gaz naturel» à Skærumhede a fait rencontrer au-dessous de la série de couches marines de Skærumhede (p. 111), on n'a trouvé que des blocs baltiques,²⁰ il faut en conclure que la deuxième époque glaciaire en Danemark a débuté par un recouvrement du pays, de glace venant de la Norvège et de la Suède occidentale; ensuite il s'est produit une poussée de glace de la Baltique, qui a fait répandre des blocs baltiques par tout le Jylland, vers le nord même sur le Vendsyssel tout entier, et vers le nord-ouest également sur le Thy; plus tard la glace venant du NNE s'est de nouveau frayé un chemin, pour gagner méridionalement le terrain jusqu'à la limite que nous venons d'indiquer à la colline insulaire de Skovbjerg. M. AXEL JESSEN¹ est parvenu à ce résultat, toutefois, que la glace venant du NNE a dû pénétrer encore plus loin vers le sud, étant donné que dans la partie nord de la feuille géologique de Varde les blocs norvégiens se présentent plus nombreux à la surface que les blocs baltiques. Une crête de collines

à Thorlund et la crête de colline de Krusbjerg au nord-est de Varde,¹ et le récif de Horns Rev dans la mer du Nord²¹ sont considérés par M. AXEL JESSEN comme moraines marginales déposées par cette nappe glaciaire.

Victor Madsen.

Deuxième époque interglaciaire.

La seconde (dernière) époque interglaciaire en Danemark correspond à l'époque interglaciaire de Riss-Würm (PENCK & BRÜCKNER), et à l'époque interglaciaire du Monastirien (DEPÉRET). En ce qui concerne cette époque interglaciaire les nombreuses localités de gisements marins, à savoir les dépôts eemiens dans le sud du Danemark et les dépôts de la série de Skærumhede en Vendsyssel, Jylland septentrional, nous permettent de nous faire en quelque mesure une idée de la répartition de la mer et de la terre ferme, des conditions au point de vue du niveau, et des changements dans les conditions climatologiques.

De la partie méridionale de la région comprenant la Mer du Nord actuelle les eaux de la mer eemienne²² ont pénétré sur une grande part du Slesvig occidental, et par plusieurs détroits relativement resserrés elles ont été en communication avec une mer intérieure d'assez grande étendue occupant, grossièrement parlant, l'emplacement de la Baltique actuelle depuis le Slesvig oriental jusqu'à la Prusse occidentale et l'orientale. La riche faune qu'on a rencontrée dans les dépôts eemiens de la presqu'île de Broager dans le Slesvig oriental, dénote une salinité relativement grande, et pour cette raison il est à supposer que la mer intérieure ait eu d'autres voies de communication avec la Mer du Nord que les détroits resserrés entre les collines insulaires du Slesvig occidental, mentionnés plus haut.

Dans une période postérieure de l'époque interglaciaire il se produit un affaissement du Jylland septentrional, et une partie du Vendsyssel est recouverte par une mer, tempérée au début mais qui a fini par devenir hyperarctique.²⁰

L'apparition de tourbières et d'autres dépôts lacustres¹¹ nous fournit d'assez amples éclaircissements sur le relief du

pays, de même que les collines insulaires du Jylland occidental nous montrent où il y a eu des terrains élevés et où il y a eu des dépressions, bien que les formes de terrain primordiales des collines insulaires aient considérablement changé pour les détails au cours du vaste espace de temps qui s'est écoulé depuis leur formation. On peut même aller jusqu'à dire qu'il y a de bonnes raisons pour croire que les cours d'eau de Jylland qui se jettent dans la Mer du Nord suivent, au moins dans les gros traits, des lits de torrents interglaciaires; il se peut même que l'emplacement de quelques-unes des vallées à tunnel (voir p. 168—69) formées au cours de la dernière époque glaciaire, ait été déterminé par les cours d'eau interglaciaires, p. ex. la vallée à tunnel s'avancant de Tørring à l'ouest de Horsens vers le nordouest et dans laquelle les rivières de Skjern Aa et de Gudenaå ont leurs sources.²³

Dépôts marins.

A la deuxième (dernière) époque interglaciaire se rapportent deux groupes importants de dépôts marins, les dépôts eemiens et la série de Skærumhede. Le premier groupe, les dépôts eemiens,⁸⁻²² est le plus répandu; ces dépôts apparaissent le long de la côte de la Belgique, en Hollande, dans les îles frisonnes, dans le Slesvig occidental et oriental, dans l'ouest et le sud de Fyn et dans les îles situées au sud de Fyn, et enfin dans la Prusse occidentale et l'orientale. En Danemark ils apparaissent non dérangés dans le Slesvig occidental, tandis que dans les autres localités danoises ils sont plus ou moins dérangés et se présentent, tantôt sous forme de parties très peu disloquées (Ristinge Klint, la part est de l'île d'Ærø et la côte orientale de Broager), tantôt sous forme de lambeaux plus ou moins isolés ou d'enduits dans la moraine, dans un tel état de destruction qu'on ne trouve plus que les débris de coquilles plus ou moins roulés; ou bien encore ils peuvent se présenter en couche secondaire dans du sable glacio-fluvial et de l'argile morainique (côte orientale du Slesvig, Fyn, Sjælland).

Les dépôts d'Eem se trouvent dans leur développement complet et dans le meilleur état de conservation dans

la partie peu disloquée seulement des falaises de Gammelmarksklinterne (Stensigmosø) à Broager (Slesvig oriental): au-dessus d'une série de dépôts lacustres (tourbe, sable et gravier, argile d'eau douce) en intime correspondance avec les dépôts marins eemiens, on rencontre d'abord une zone d'eau saumâtre à *Hydrobia ulvae*, *Cardium edule* à coquilles minces, et *Syndesmya (Lutricularia) ovata*, puis une zone d'argile boueuse déposée en une eau relativement basse (zone à *Mytilus*), puis encore un gisement d'une eau plus profonde d'argile pure (zone à *Cyprina*; ces deux dernières zones étaient auparavant réunies sous le nom de Cyprinaler (argile à *Cyprina*)), ensuite un gisement d'argile, qui se fait de plus en plus sableuse vers le haut, et enfin un gisement de sable pur (sable à *Tapes*) contenant une riche faune, principalement d'espèces d'eau peu profonde.

De nombreux forages dans le Slesvig occidental ont fait constater que les dépôts d'Em se trouvent à un niveau dont la surface est ordinairement à 10 m au-dessous du niveau de la mer, qu'ils sont superposés sans dérangement à de l'argile morainique et du sable glacio-fluvial, et qu'ils ne sont recouverts que de sable de la dernière époque glaciaire et de formations alluviales. Les dépôts eemiens débutent, en règle générale, inférieurement par du gravier et du sable marins, se font ensuite limoneux ou argileux, pour se terminer — à moins que l'érosion survenue postérieurement n'ait été trop violente — par du sable marin. Les dépôts eemiens se sont donc formés au cours d'un affaissement suivi d'un soulèvement, mais la faune ne porte aucun témoignage d'un changement de température durant toute cette période. La faune est une faune expressément lusitanienne; les espèces septentrionales qui s'y présentent, sont des espèces à large extension. La faune se caractérise soit par une variété de l'espèce éteinte de *Tapes senescens*, qui est communément répandue dans ces dépôts, soit par un petit groupe bien déterminé d'espèces méridionales: *Lutricularia ovata*, *Gastrana fragilis*, *Mytilus lineatus*, *Lucina divaricata*, *Haminea navicula*; à côté de cela il y a une quantité d'autres formes méridionales ou boréales qui se trouvent dans la Mer du Nord et le Cattégat récents.

La série de Skærumhede,²⁰ marine, est connue d'un forage profond à la recherche de gaz naturel à Skærumhede, à environ 10 km à l'ouest de Frederikshavn. Le forage eut lieu dans une vallée, et on rencontra ici, au-dessous de 57 m de dépôts glacio-fluviatiles de la dernière époque glaciaire, des gisements marins d'une puissance totale de 123 m, superposés à de l'argile morainique et du sable et du gravier glacio-fluviatiles renfermant des débris de *Portlandia arctica* et d'autres mollusques arctiques. La série marine se compose pour la plus grande part d'argile; ce n'est que dans la partie supérieure de celle-ci qu'on rencontre des couches ou des parties irrégulières de sable et de gravier roulé, dont il sera question plus bas. L'argile renferme un grand nombre de coquilles plus ou moins bien conservées de mollusques, dont on a pu déterminer 81 espèces. Il y avait 36 espèces arctiques, 22 boréales et 23 lusitaniennes, réparties dans la série de telle manière qu'elles ont reflété un changement de climat depuis des conditions boréales, à travers des conditions boréo-arctiques jusqu'à des conditions hyperarctiques.

Dans la zone la plus inférieure, zone à *Turritella terebra*, d'une puissance de 74 m, on rencontra 22 espèces lusitaniennes, 18 boréales et 16 arctiques; parmi les plus fréquemment rencontrées on peut citer *Cardium fasciatum*, *C. echinatum*, *Leda pernula*, *L. minuta*, *Abra (Syndesmya) prismatica*, *A. alba*, *A. nitida*, *Mya truncata*, *Turritella terebra*, et *Eulimella Scillae*. Parmi les espèces indiquant un maximum de température de la mer il faut citer *Nassa reticulata* et *Mangelia brachystoma*, qui, aujourd'hui, n'ont pas été rencontrées plus septentrionalement qu'à la côte norvégienne à la hauteur de Bergen. Ces espèces ne se trouvent ni dans les couches les plus inférieures ni dans les plus supérieures de la zone, et le maximum de température de l'ensemble de la série de Skærumhede se trouve donc à une certaine hauteur dans la zone à *Turritella*.

La zone suivante, zone à *Abra nitida*, a une puissance de 8½ m seulement, et elle renferme 10 espèces arctiques et 3 boréales, mais aucune lusitanienne; la faune est donc à considérer comme boréo-arctique. Les espèces les plus communes y sont *Leda pernula*, *Mya truncata*, *Cardium fasciatum* et *Abra nitida*; les deux dernières indiquent les conditions

de température de la zone. *Cardium fasciatum* a sa limite septentrionale actuelle à la côte nord et est d'Islande et à la côte du Mourmein, *Abra nitida* s'avance jusqu'à l'Islande orientale et à Vadsø en Norvège.

Par une transition graduelle la zone à *Abra nitida* est en communication tant inférieurement avec la zone à *Turritella* que supérieurement avec une troisième zone, la zone à *Portlandia arctica*. Dans cette zone de 40 m de puissance on a trouvé 25 espèces arctiques, et 2, peut-être 4, espèces boréales, mais pas de lusitaniennes. Parmi ces espèces *Saxicava arctica*, *Mya truncata* et l'espèce hyperarctique *Portlandia (Yoldia) arctica* sont les plus fréquentes; outre cette dernière *Kennerleya glacialis*, *Cardium ciliatum*, *Lyonsia arenosa*, *Axinopsis orbiculata*, *Turritella erosa*, *Rissoa scrobiculata*, et *R. Jan-Mayeni* servent à déterminer les conditions de température, qui sont franchement arctiques, et même d'un caractère hyperarctique. Ceci est le fait de la faune vraiment originaire de l'argile. Mais dans les incorporations de sable et de gravier, mentionnées plus haut, on rencontre une toute autre faune, de nature décidément boréale, et caractérisée par *Zirphaea crispata*, *Mytilus edulis*, *Cyprina islandica*, et *Bittium reticulatum*. Il va sans dire que cette faune n'a pas pu vivre en synchronisme et côte à côte avec la faune arctique précitée, et elle se trouve donc évidemment ici en couche secondaire. La chose s'explique en supposant que le sable et le gravier à la faune boréale sont des dépôts littoraux correspondant aux dépôts plus inférieurs des zones à *Abra* et à *Turritella*, dépôts littoraux qui auront été perturbés par la nappe glaciaire dans sa marche en avant pendant la formation de la zone à *Portlandia* et transportés plus au large par des icebergs.

Une espèce qui mérite une attention spéciale, c'est l'espèce boréale *Bela incisula*, qui caractérise toutes les trois zones et qui fait sa première apparition un peu au-dessus du milieu de la zone à *Turritella* et s'éteint dans la partie inférieure de la zone à *Portlandia*; c'est un petit gastéropode qui n'a pas été rencontré auparavant à l'état fossile en Scandinavie et qui n'est pas connu aujourd'hui des mers européennes mais seulement de la Zone boréale et boréo-arctique à la côte orientale

de l'Amérique du Nord, depuis Rhode-Island jusqu'à Umanak dans le Groënland occidental, et de la mer de Béring. — Malgré le phénomène singulier, qu'on n'a pas sù, jusqu'ici, expliquer d'une manière satisfaisante, que la série de Skærumhede débute inférieurement par un dépôt marin d'eau profonde (ce que dénotent et le sédiment et la faune) sans aucune transition à l'argile morainique sous-jacente sous forme de sable littoral ou quelque autre dépôt d'eau peu profonde, il n'y a pas de raisons suffisantes pour douter que ce puissant gisement ne se trouve dans son emplacement primaire dans la série de dépôts quaternaires.

Tandis que la série de Skærumhede dans son ensemble n'est connue que du forage mentionné ici, la zone supérieure en est connue depuis longtemps sous le nom de «Ældre Yoldialer» (ancienne argile à *Yoldia*). On en a trouvé dans plusieurs localités de Vendsyssel,²⁴⁻²⁵ et elle se laisse observer dans des falaises, des marnières et des argilières, souvent sous forme de lambeaux isolés à couches perturbées et dans un état brecciolaire et délayé. Tant à Hirshals au nord de Hjørring que dans le terrain bas au nord de Frederikshavn elle se trouve immédiatement au-dessous de la surface, recouverte des dépôts littoraux de l'époque alluviale à *Tapes*. Comme non seulement la nappe primordiale de dépôts glacières mais encore les parties supérieures de la zone à *Portlandia* sont enlevées par érosion, les blocs originellement incorporés dans ces couches ont été délavés et concentrés en une nappe souvent très resserrée à la surface de l'argile marine.

Incorporés dans les dépôts glacières ou dans leurs intervalles se trouvent en plusieurs endroits des restes de sédiments marins, se rapportant probablement à la dernière époque interglaciaire, p. ex. l'argile à *Tellina calcarea* à Høve dans l'Odsherred,²⁷ nord-ouest de Sjælland, (renfermant seulement *Tellina calcarea* et *Nucula tenuis* et étant probablement arctique), et l'argile à Skambæk Mølle, Røsnæs dans le nord-ouest de Sjælland (renfermant 5 espèces, toutes lusitaniennes).²²

Le lambeau isolé d'argile marine à faune boréale trouvé dans l'argile morainique à Selbjerggaard,²⁰ Hanherred dans le nord du Jylland, se rapportait indubitablement à la zone à *Abra* ou à *Turritella* de la série de Skærumhede; par contre

il ne sera guère possible de dire définitivement si le soi-disant sable à *Cyprina*²² de Møens Klint sera à rapporter à la série de Skærumhede ou peut-être plutôt aux dépôts eemiens. La faune en renferme des espèces boréales et lusitaniennes, mais aucune des espèces décidément caractéristiques aux couches eemiennes; les conditions de gisement dénotent que le dépôt, qui se trouve en couche primaire dans la série des couches, appartient à la dernière époque interglaciaire.

V. Nordmann.

Dépôts d'eau douce.

A la dernière époque interglaciaire se rapportent en premier lieu de nombreux dépôts marécageux et lacustres interglaciaires,¹¹ qui apparaissent en Jylland à l'ouest de la dernière limite de glaciation; ces dépôts ont été constatés d'abord dans la contrée avoisinant la station de Brørup entre Kolding et Esbjerg dans le Jutland méridional.¹³ Ils se composent de couches de tourbe, vase, argile et sable, situées en couche non dérangée, et recouvertes de matériaux délavés et de terre fluide (argile et sable à galets ou sans galets) de la dernière époque glaciaire mais jamais de dépôts glaciogènes.²⁸ Les nappes recouvrant les marais accusent des puissances de 2 à 8 m, tandis que les séries de couches interglaciaires peuvent atteindre au-delà de 17 m de puissance. La dénudation subaérienne de la dernière époque glaciaire, qui a produit un transport de sable et d'argile du terrain plus élevé sur les marais de l'époque interglaciaire précédente, n'a pas, en règle générale, réussi à remplir complètement ces bassins, qui se présentent encore aujourd'hui sous forme de faibles dépressions du terrain où l'eau n'a pas d'issue. L'orographie interglaciaire du Jutland occidental a donc jusqu'à un certain degré laissé des traces dans les formes de terrain du temps présent.

Ces dépôts d'eau douce interglaciaires à l'ouest de la limite de la dernière glaciation se divisent d'après leurs conditions stratigraphiques en deux groupes: dépôts du type de Brørup, qui ne présentent qu'un horizon tempéré, et dépôts du type de Herning, qui comprennent des formations maréca-

geuses et lacustres à deux horizons tempérés séparés par une couche intermédiaire subarctique. La série des couches des marais de Brørup correspond à la partie inférieure de la coupe du type de Herning. Ce type est représenté dans des localités autour de Herning, à Brørup, et à Rodebæk au SE de Varde; il met en évidence l'évolution entière de la dernière époque interglaciaire, cp. le schéma de la p. 116.

En dehors de ces dépôts à l'ouest de la ligne frontale de la nappe glaciaire il faut rapporter aussi à la dernière époque interglaciaire certains dépôts d'eau douce situées immédiatement à l'est de cette ligne. Ceci est le cas surtout pour les dépôts lacustres, situés en couche non dérangée au-dessous de sable de terrasse glaciaire postérieur, à la station d'Ejstrup à l'ouest de Kolding,¹³ de même que pour un marais à Rostrup à l'ouest de Vejle.²⁹

Au cours de la 1^{ère} phase de la dernière époque interglaciaire, qui comprend différentes couches argileuses, une flore arctique et subarctique était dominante. Pendant la 2^e phase la sédimentation des lacs se transformait normalement en vase, pour faire place, peu à peu, dans les bassins de petites dimensions à une formation tourbeuse. Les débris de pins et de bouleaux caractérisent les zones les plus inférieures de cette seconde phase (v. schéma), dont les dépôts d'eau douce situés au-dessous des dépôts marins eemiens sont synchrones. C'est dans les zones de forêt mixte à chênes et de charme qu'il y a eu l'optimum de chaleur de l'époque interglaciaire, probablement en même temps que le maximum de l'affaissement eemien; ces zones sont caractérisées e. a. par les plantes suivantes: *Brasenia purpurea*, *Dulichium spathaceum*, *Trapa natans*, *Aldrovanda vesiculosa*, *Stratiotes aloides*, *Najas marina*, *N. flexilis*, *Ilex aquifolium*, et *Tilia platyphylla*, de même aussi que par le daim (*Cervus dama*). Pendant la formation des zones subséquentes à *Picea* et *Pinus* la température a peu à peu baissé, les plantes aquatiques thermophiles et la forêt d'arbres à feuilles ont succombé, il y a eu immigration de *Betula nana*, et au cours de la formation de la couche intermédiaire d'argile et de sable de la 3^e phase c'est une végétation de bruyères subarctique qui a dominé. En même temps que cette évolution s'est produite il faut supposer

| Phases | Nature de la flore | | Zones | Conditions climatologiques changements de niveau | | |
|-----------------------------------|--|---|--|--|--|---|
| Troisième époque glaciaire (Würm) | | | | | | |
| V | Lacune | | | La troisième glaciation s'avance | | |
| | Flore subarct. | Landes à <i>Betula nana</i> , <i>Betula pubescens</i> . Flore aquatique pauvre | n | | | |
| IV | Flore tempérée supérieure | <i>Betula pubescens</i> , <i>Pinus silvestris</i> , <i>Picea excelsa</i> , <i>Betula nana</i> | m | Nouveau recul du front glaciaire. Climat tempéré en Jylland | | |
| | | Maximum d'arbres à feuilles, <i>Brasenia</i> , <i>Dulichium</i> , <i>Trapa</i> | l | | | |
| III | Couche intermédiaire Flore subarct. | Landes à <i>Betula nana</i> et marais subarctiques. Flore aquatique nordique pauvre | k | Glaciation de la péninsule scandinave. Climat subarctique en Jylland | | |
| II | Flore tempérée inférieure | conifères | Zone à <i>Pinus silv.</i> <i>Picea excelsa</i> , <i>Betula pub.</i> , <i>Populus tremula</i> | i | Marais vaseux | |
| | | | Zone à <i>Picea excelsa</i> . <i>Dulichium</i> & <i>Brasenia</i> rares | h | | Climat d'un caractère continental, se refroidissant peu à peu. Soulèvement du sol |
| | | arbres à feuilles | Zone à <i>Carpinus betulus</i> . <i>Picea excelsa</i> . Forêt de chênes réduite | g | | |
| | | | Zone à forêt mixte à chênes. <i>Pinus silvestris</i> rare. Pas de <i>Picea</i> . <i>Brasenia</i> , <i>Dulichium</i> , <i>Trapa</i> , <i>Aldrovanda</i> , et d'autres | f | Affaissement eemien. Climat atlantique, Optimum de chaleur | |
| | Forêts dominantes | conifères | Zone à <i>Betula pubescens</i> et à <i>Pinus silvestris</i> | Maximum d' <i>Ulmus</i> | e | Climat assez frais, s'adouissant graduellement, de caractère continental |
| | | | | Immigration des espèces à feuilles, vestiges de <i>Picea</i> | d | |
| Sans immixtion | | | | c | | |
| I | Flore subarct. Flore arctique | <i>Betula nana</i> , <i>Salix phylicifolia</i> | b | Période de dégel de la seconde glaciation | | |
| | | <i>Dryas octopetala</i> , <i>Salix reticulata</i> , <i>Salix herbacea</i> | a | | | |
| Deuxième époque glaciaire (Riss) | | | | | | |

Schéma de l'évolution de la flore, du climat et des conditions du niveau pendant la 2^e époque interglaciaire.

que la nappe glaciaire a fait une poussée sur la péninsule scandinave et s'est de nouveau retirée. Après cela toutes les espèces thermophiles nommées ont cependant immigré de nouveau en Jylland, dans la 4^e phase, ou couche tempérée supérieure, qui se compose de vase ou de tourbe et qui peut être divisée en une zone inférieure riche en débris d'arbres à feuilles, et une zone supérieure où les débris de bouleaux et de conifères dominant, pour être de nouveau, dans la 5^e phase, remplacée par une végétation subarctique, en même temps que la sédimentation des bassins se changeait de nouveau en argile et sable, tous les deux phénomènes se développant sous l'influence de l'époque glaciaire qui s'approchait. La formation de la couche intermédiaire subarctique, d'une puissance qui s'élève jusqu'à 9 m, et qui a pour couche sous-jacente des zones tempérées et en est superposée, est le signe d'une forte oscillation climatologique pendant la dernière période interglaciaire.

Outre le daim déjà cité on connaît de la dernière époque interglaciaire encore cerf, élan, castor et des restes d'un éléphant, probablement un mammoth, trouvés dans le dépôt lacustre à Ejstrup.¹⁸

Ici il y a lieu de mentionner encore la rencontre de restes de mammifères dont l'âge ne peut être fixé d'une manière précise. Du mammoth on a trouvé des dents et quelques os dans à peu près une cinquantaine de localités dans l'argile morainique ou dans des gisements glacio-fluviatiles,¹⁸ principalement dans les limites de la dernière glaciation, et du boeuf musqué on connaît un crâne, trouvé à Baunebjerg au NNO de Hillerød; ces deux espèces d'animaux avaient vraisemblablement disparu avant le maximum de la dernière glaciation. Il est probable aussi que les restes du cerf colossal, qui, du reste, ne se rencontrent que très rarement en Danemark, se rapportent au Diluvien.¹⁹

Knud Jessen.

Troisième époque glaciaire.

Sur la carte du Jylland on peut fixer une ligne qui délimite des régions de nature essentiellement différente, ligne qui

doit être considérée comme formant principalement la limite de l'extension de la nappe glaciaire au cours de la troisième époque glaciaire, époque glaciaire würmienne (PENCK et BRÜCKNER), époque glaciaire monastirienne (DEPÉRET), époque glaciaire mecklembourgiennne (JAMES GEIKIE). Partant d'un point au sud de Bovbjerg sur la côte occidentale cette ligne se dirige, sinueuse, vers l'est jusqu'à Dollerup au SO de Viborg près du lac de Hald Sø. A ce point elle dévie vers le sud pour se continuer, moins sinueuse et conservant dans ses gros traits la même direction, jusqu'à la frontière danoise, qu' elle passe à la station de Padborg.

Il y a une différence essentielle entre la topographie de l'un et de l'autre côté de cette ligne de démarcation. D'un côté on rencontre les formes glaciaires primitives conservées dans leur phase de jeunesse, aux collines escarpées, aux dépressions où l'eau n'a pas d'issue, aux vallées à tunnel, aux vallées extra-marginales, formées dans des conditions d'écoulement différentes de celles qui existent aujourd'hui. De l'autre côté de la ligne de démarcation se trouvent les grandes plaines de landes et les collines insulaires du Jylland occidental. Ici les formes glaciaires primitives ne sont pas conservées. Les formes de terrain sont arrivées à l'état de maturité, aux collines aplanies, sans grandes dépressions dépourvues d'issue, sans les vallées à tunnel caractéristiques, et sans vallées extra-marginales, mais présentant des vallées formées par les cours d'eau actuels. Cette différence essentielle entre les formes de terrain de l'un et de l'autre côté de la ligne de démarcation mentionnée fournit la preuve décisive que cette ligne constitue dans ses traits principaux la limite extrême du front glaciaire en Jylland au cours de la dernière époque glaciaire.

Il ne sera pas possible, cependant, de fixer exactement dans tous les détails la marche de cette limite. D'abord les vestiges extrêmes de la poussée en avant de la glace peuvent se trouver ensevelis sous le sable des plaines de landes; et puis il se trouve dans les plaines de landes à l'ONO de Hygum, à Fole et au nord de Tislund à l'est et sud-est de Ribe, des renfoncements («Jordfaldshuller») ³⁰ qui, à l'avis de plusieurs géologues, conjointement avec l'apparition, constatée par M. MILTHERS, ²⁹

d'un nombre relativement considérable de blocs basaltiques sur un terrain s'étendant depuis Vork, sur la rivière de Vejle Aa (à 5 km au nord d'Egtved), et passant par Bække, Københoved, Vester Lindet, Nustrup et Skrydstrup dans le Slesvig septentrional, dénotent que la nappe glaciaire dans certains endroits s'est avancée d'un peu au-delà de la ligne de démarcation citée, mais seulement pour une période d'assez courte durée et d'une puissance relativement faible, en sorte qu'elle n'aura pas été de force à faire changer de caractère les formes de terrain antérieures dans les parties des collines insulaires sur lesquelles elle s'est étendue.

C'est surtout dans le sud du Jylland que, à l'avis de plusieurs géologues, la nappe glaciaire aurait pour un temps dépassé la ligne de démarcation citée; entre Vandel (à 20 km à l'ouest de Vejle) et Øster Løgum (à 9 km au NO d'Aabenraa) le front glaciaire aurait ainsi fait une grande courbe s'étendant occidentalement jusqu'à Brørup, Foldingbro et presque jusqu'à Hjortvad (à 10 km à l'ouest de Rødding dans le Slesvig septentrional), et entre Øster Løgum et Padborg une seconde courbe s'étendant jusqu'à 5 km à l'ouest de la station de Tinglev. Conformément à ce point de vue la carte de la Pl. II indique par la ligne C la limite du maximum d'extension en Jylland de la nappe glaciaire de la troisième glaciation.

La moraine déposée par la nappe glaciaire au cours de cette époque glaciaire, Moraine C, est de nature variée. C'est ainsi que, d'après M. AXEL JESSEN,³¹ dans les parties centrales et septentrionales du Vendsyssel elle est assez sableuse pour être, dans la plupart des endroits, désignée comme sable morainique; vers le sud et l'ouest elle est beaucoup plus argileuse et se présente le plus souvent sous forme d'argile morainique typique. Dans les parties du sud-est du Jylland pour lesquelles les travaux de cartographie géologique sont terminés, la moraine C se présente ordinairement comme argile morainique, mais on trouve aussi, par ci, par là, du sable morainique.

Parmi les blocs indicateurs du Vendsyssel les blocs norvégiens se trouvent en grande majorité; les porphyres de Dalécarlie sont également très communs, tandis que les blocs baltiques ne s'y trouvent qu'en petit nombre. Les mêmes proportions se retrouvent pour les différents blocs conduc-

teurs plus méridionalement dans le Jylland jusqu'à la limite de Bovbjerg à Dollerup; les blocs indicateurs baltiques, par contre, sont en majorité dans le sud-est du Jylland.

Les énumérations de blocs faites à la feuille géologique de Bække, dans les contrées où la moraine supérieure est à considérer comme moraine C, ont donné 0,82 comme moyenne de 23 énumérations, accusant un chiffre moyen de mécompte de 0,056. 4 énumérations de blocs entreprises dans des moraines »inférieures« situées plus orientalement à la feuille géologique de Fredericia, où la moraine superficielle est à considérer comme moraine D (v. p. 127), ont fourni une moyenne de 0,73, avec 0,075 comme moyenne du chiffre de mécompte. La moyenne de tous les 27 coefficients s'est trouvé être 0,80, avec une moyenne de mécompte de 0,049.

Les 57 énumérations de blocs effectuées pour la moraine C dans le sud-est du Jylland sur un territoire délimité par la côte, la frontière danoise, la ligne C de la carte de la pl. II et une ligne depuis la station de Farre au nord-ouest de Vejle jusqu'à Trelde Klint à l'embouchure de Vejle Fjord, ont donné en moyenne le coefficient 0,88, avec un mécompte moyen de 0,047.

A Røgle Klint la moraine C se compose principalement d'argile morainique qui à l'état non décomposé et sec a l'apparence de l'argile morainique bleue ordinaire; à l'état humide la couleur prend une nuance noirâtre singulière, qui est due probablement à une immixtion d'argile micacée. La nature en peut varier cependant; dans une partie de la falaise la moraine C est une argile morainique d'un gris bleu clair et très grasse, qui est tantôt presque dépourvue de galets tantôt très riche en galets. Les énumérations de blocs qu'on y a entreprises dénotent qu'il y a ici, comme il y avait pour la moraine B, une différence entre la partie supérieure et l'inférieure, la moyenne de 43 énumérations de la partie supérieure, C₂, accusant un chiffre relativement élevé: 0,81, avec une moyenne de mécompte de 0,040, tandis que la moyenne de 18 énumérations faites dans la partie inférieure, C₁, n'est que de 0,49, avec une moyenne de mécompte de 0,012.

La falaise disloquée de Ristinge Klint dans l'île de Langeland présente une série de couches qui a été de la plus

grande valeur pour l'interprétation de la structure des falaises disloquées, et non moins pour l'étude des dépôts eemiens et des moraines de la dernière époque glaciaire. La série de couches suivante entre dans la construction de cette falaise :

- | | | |
|---|---|---------------------------------------|
| 7. Moraine D. (poussée du Jylland oriental). | } | 3 ^e époque glaciaire. |
| 6. Couches glacio-fluviatiles. | | |
| 5. Moraine C. | | |
| 4. Couches glacio-fluviatiles. | } | 2 ^e époque interglaciaire. |
| 3. Argile eemienne. | | |
| 2. Sable d'eau douce, inférieurement graveleux. | | |
| 1. Couches glacio-fluviatiles, »argile luisante«. | | 2 ^e époque glaciaire. |

La moraine C se présente à Ristinge Klint sous forme d'un banc d'argile morainique rougeâtre épais d'environ 1 m, dans lequel on a rencontré des blocs baltiques *in situ*. La moyenne de 15 coefficients d'énumération était de 0,68, avec un chiffre de mécompte moyen de 0,064.

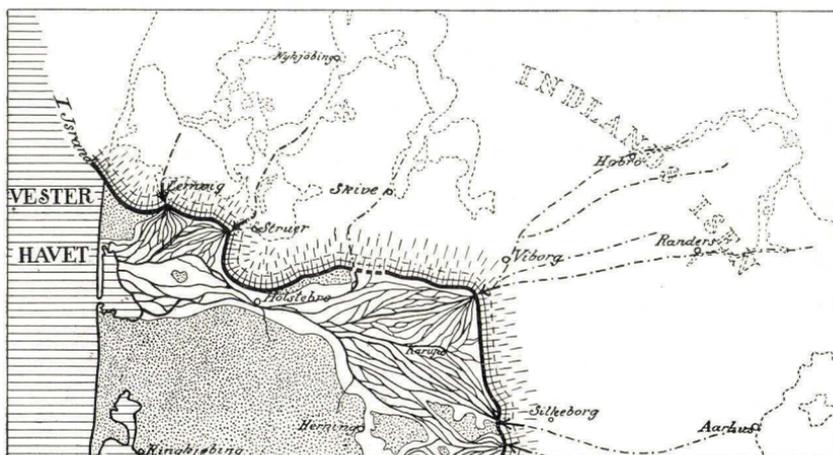
L'étude des formes de terrain, des changements des voies d'écoulement, des blocs indicateurs et des énumérations de blocs, a amené à faire constater, sur des étendues plus ou moins considérables, la présence de lignes d'arrêt, vestiges de l'emplacement dans le terrain du front glaciaire alors que, pendant le dégel de la nappe de glace, il est resté un certain temps à peu près stationnaire ou s'est arrêté après avoir avancé de nouveau d'une certaine distance.

Les lignes d'arrêt nous mettent à même de suivre, au moins dans les gros traits, la manière dont le dégel de la nappe glaciaire s'est produit.

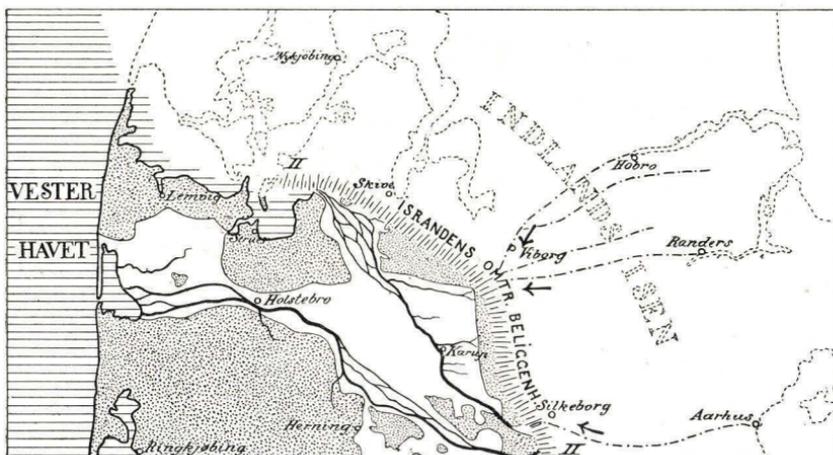
La ligne d'arrêt principale (I phase, v. fig. 9, comp. Pl. II), essentiellement identique à la limite d'extension de la nappe glaciaire de la dernière glaciation, constitue la ligne séparative géologique et géographique la plus importante du Jylland. C'est ici que se terminent les vallées à tunnel du Jylland oriental, c'est ici que se trouvaient les voûtes de glace par lesquelles les torrents glaciaires des vallées à tunnel se sont répandus sur les avant-terres ouvertes, c'est ici encore

Carte de la plaine de landes de Karup (à peu près à l'échelle)

Les étendues à pointillage serré sont le pays dépourvu de glace qui entoure la mer. Les zones blanches sont laissées en blanc. La mer est marquée par une hachure horizontale. Les lignes pointillées indiquent la marche de



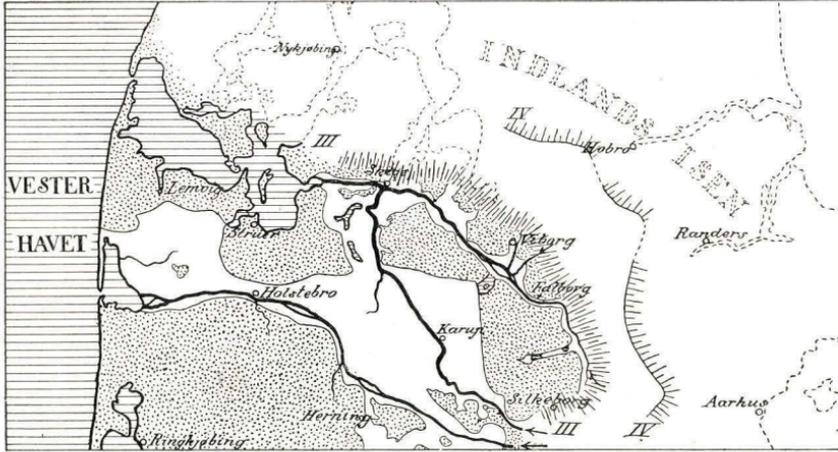
Phase I. Le trait noir fort indique la limite de la plus grande extension de la nappe de glace pendant la troisième époque glaciaire, la ligne d'arrêt principal. C'est l'époque de formation des grandes plaines de landes du Jylland occidental. L'eau glaciaire s'écoulait par la vallée de Storaa, passant par Holstebro et se jetant dans la Mer du Nord (Vesterhavet).



Phase II. Le front glaciaire a reculé un peu. L'eau glaciaire a trouvé une issue par Hjelmsø Bugt pour se jeter dans la Venø Bugt du Limfjord.

du sud-ouest de Viborg, et des environs
(échelle 1:150000).

aines de landes et les vallées de rivière. Les plaines de landes et les vallées de rivi-
position successives (phases) du front glaciaire sont désignées par les chiffres I à V.
gnes côtières actuelles. (D'après N. V. USSING).



Phases III et IV. Le front glaciaire a reculé davantage. L'issue de l'eau glaciaire est maintenant par Falborg Dal, d'abord (phase III) en passant par Skive, avec embouchure dans la Venø Bugt, plus tard (phase IV) avec embouchure dans le Hjarbæk Fjord, au NO de Viborg.



Phase V. Le front glaciaire a reculé encore davantage. L'eau glaciaire s'écoule maintenant par la vallée de Gudenaå, à peu près jusqu'à Randers, et de là par la vallée de Skalså, pour se jeter dans le Hjarbæk Fjord.

que commencent les grandes plaines de landes du Jylland occidental formées par le sable déposé par les torrents glaciaires.

Lorsque le dégel de la nappe de glace a commencé, le front glaciaire septentrional a reculé d'abord, en sorte que l'eau glaciaire qui se répandait sur la plaine de landes de Karup au sud-ouest de Viborg et qui avait été emportée auparavant par la rivière Storaa directement à la Mer du Nord, s'écoulait maintenant par les landes de Hjelmhede pour se jeter dans la baie de Venø Bugt dans le Limfjord; la rivière de Skive Aa a pris naissance, et avec celle-là les systèmes de vallées qui se sont enfoncées dans la plaine de landes de Karup en correspondance avec cette rivière et ses affluents (phase II, v. fig. 10). En même temps il y a eu probablement une poussée en avant du front glaciaire oriental. La part de la ligne d'arrêt située entre Sebstrup à l'ONO de Viborg, et Dollerup au sud-ouest de Viborg, est vraisemblablement un peu plus récente que la part de cette même ligne qui se trouve entre Dollerup et la Mer du Nord. Au bout d'un certain temps le front oriental de la glace a également reculé, et l'eau glaciaire s'est écoulée maintenant par la vallée de Falborg Dal au SSE de Viborg, d'abord en passant par Skive et se jetant dans Venø Bugt (phase III, v. fig. 11), et plus tard en se jetant dans Hjarbæk Fjord (phase IV, v. fig. 11). C'est vers ce temps que s'est formé le système de moraines marginales depuis Hundborg en Thy, par la partie nord des îles de Mors et Fur, jusqu'à Sønderbæk (à 13 km à l'ONO de Randers). L'eau glaciaire a pu s'écouler maintenant par la vallée de Skalsaa; c'est le début de la phase V (v. fig. 12), au cours de laquelle l'eau glaciaire qui s'amassait dans la vallée de Gudena, a pu en suivre le cours inférieur à peu près jusqu'à Randers; de là elle a dû se diriger vers le nord et le nord-ouest pour trouver une issue par la vallée de Skalsaa. Plus tard encore l'eau glaciaire s'est écoulée dans le Cattégat par le fiord de Randers; mais tant que la nappe glaciaire s'est étendue depuis la Suède jusqu'au Vendsyssel, cette eau a dû se frayer une voie vers l'ouest par le Limfjord. C'est vers cette même époque que se sont formées les moraines marginales du Vendsyssel constatées par M. AXEL JESSEN.³¹ Enfin la partie nord du Cattégat a été aussi débarrassée de la glace,

la nappe glaciaire reculait considérablement; on ne sait pas jusqu'à quel point elle s'est retirée.

Dans une ferme a Smidstrup Mark à 400 m au nord de Klausholm dans la commune de Gadbjerg à l'ONO de Vejle on avait creusé un puits à travers une couche de tourbe recouverte d'argile morainique. M. MILTHERS,²⁹⁻¹¹ pour étudier de plus près ce phénomène, a fait une fouille sur place et rencontré par là:

1,4 m de terre meuble et terrain transitoire.

1,3 » » argile morainique.

0,8 » » vase et tourbe à baguettes.
argile morainique.

Dans la vase on a trouvé non seulement des plantes polaires telles que *Betula nana*, *Salix herbacea*, et *Dryas octopetala*, mais encore des plantes plus thermophiles, rattachées spécialement à la partie moyenne de la couche, telles que *Betula pubescens*, *Pinus silvestris* (pollen), *Rubus saxatilis*, *Juniperus communis*, *Empetrum nigrum*, *Geum rivale*, *Potentilla palustris* et d'autres, outre des excréments d'élan et peut-être de castor, — autant de témoignages de conditions climatologiques subarctiques rappelant en beaucoup celles qui se sont trouvées beaucoup plus tard pendant l'oscillation d'Allerød (v. p. 146).

Il résulte donc de cette rencontre très intéressante que le climat s'est adouci assez pour que *Betula pubescens* et *Pinus silvestris* aient pu s'emparer du pays, et l'élan et peut-être le castor immigrer, avant que, du temps de la poussée du Jylland oriental, la nappe de glace s'avancât de nouveau sur cette contrée pour déposer la moraine au-dessus de la couche de limon.

Poussée du Jylland oriental.

Au bout d'une période assez longue, soit peut-être quelques siècles, le climat s'est refroidi de nouveau, et la nappe glaciaire s'est encore étendue sur le sud-est du Jylland. Elle s'est avancée jusqu'à la ligne d'arrêt du Jylland oriental constatée par M. POUL HARDER³² (indiquée sur la carte de la Pl. II comme ligne frontale D), et l'eau glaciaire a trouvé une issue

par la vallée de Gudena, développée maintenant dans sa longueur totale.

Tant à Ristinge Klint qu'à Røgle Klint on peut constater que la troisième époque glaciaire a produit deux moraines assez différentes l'une de l'autre, moraine C et moraine D, séparées par du sable glacio-fluviatile d'une puissance relativement considérable. La moraine C est déposée dans la période où la nappe de glace de la dernière glaciation avait sa plus grande extension, période où elle s'est avancée jusqu'à la ligne C; la moraine D est déposée au cours de la poussée du Jylland oriental, alors que, après un dégel qui a fait reculer assez considérablement la nappe glaciaire, celle-ci a fait de nouveau une poussée en avant pour s'avancer en Jylland jusqu'à la ligne D.

A Ristinge Klint la moraine D est un assez puissant gisement d'argile morainique gris bleu, où l'on a rencontré *in situ* des blocs indicateurs baltiques aussi bien que des blocs norvégiens. Le coefficient d'énumération est ici 1,20, le mécompte moyen 0,119 (moyenne de 15 énumérations).

Dans la partie la plus occidentale de Røgle Klint, dénommée «le profil de sable», la moraine D se trouve à la surface sous forme de restes d'argile morainique décomposée, d'une puissance s'élevant jusqu'à 2 m. Dans les parties orientales elle se présente comme une argile morainique assez grasse et rigide, avec des enduits considérables ou des parties délayées d'Argile plastique. Le coefficient d'énumération est ici 1,22, avec un mécompte moyen de 0,050. (Moyenne de 7 énumérations). Il y a donc un très grand accord entre les coefficients d'énumération pour la moraine D de Ristinge Klint et de Røgle Klint; la différence est inférieure à la moyenne de mécompte.

Les énumérations de blocs faites en Fyn dénotent que la moraine D comprend toute la partie nord et le centre de cette île dans les limites des lignes de partage entre les rivières qui ont cours vers le Cattégat et le fiord d'Odense, et celles qui se jettent dans les Belts. Le résultat de 116 énumérations de blocs accuse pour la moraine D en Fyn un coefficient de 1,29, avec une moyenne de mécompte de 0,032.

Les 14 énumérations de blocs faites dans la partie nord

de l'île de Samsø montrent qu'ici encore on se trouve en présence de la moraine D, le coefficient d'énumération étant de 1,40, avec une moyenne de mécompte de 0,105.

Les énumérations de blocs faites dans le sud-est du Jylland dans les contrées (feuilles géologiques de Fredericia et Bække) où la moraine supérieure est à considérer comme moraine D, donc entre les lignes D et E de la carte Pl. II, ont fourni un coefficient d'énumération de 1,08, avec une moyenne de mécompte de 0,067 (Moyenne de 51 énumérations).

Au nombre des moraines danoises la moraine D est l'une de celles qui sont le plus riches en silex; ceci ressort directement des énumérations de blocs. L'étude et la récolte de blocs indicateurs qui a eu lieu au cours des travaux de cartographie géologique et, surtout, les recherches faites par M. MILTHERS,²⁹ ont mis en relief un autre point, c'est que la moraine D est également assez riche en matériaux provenant du nord, blocs norvégiens, et du nord-est, blocs de Dalécarlie. Il en ressort que dans la région de Fyn occupée de la moraine D la proportion numérique des blocs norvégiens et des baltiques est une telle que sur 10 à 20 p. c. de blocs norvégiens il y a 80 à 90 p. c. de baltiques, et les porphyres de Dalécarlie dépassent en nombre les blocs baltiques.

La poussée du Jylland oriental constitue une section particulière et très importante de la dernière époque glaciaire. Devant le front glaciaire en Jylland s'est formée la plaine de landes de Løsning au sud-ouest de Horsens, et plusieurs lacs endigués par la glace y ont pris naissance; et un peu plus tard se sont formées les magnifiques collines de moraines marginales (dont une part portent le nom de Mols Bjerge) qui entourent les dépressions centrales d'Æbeltoft Vig et Kalø Vig, et la moraine marginale à Odder au nord-est de Horsens. En Fyn différentes croupes de collines se sont formées, de même qu'un grand lac endigué par la glace à Stenstrup³³⁻³⁴ dans la période de dégel. Le dégel a été assez actif pour débarrasser de la glace toute la Fyn et au moins une grande partie de la Sjælland.

La poussée des Belts.

La nappe de glace fit de nouveau une poussée en avant, la poussée des Belts, par où elle arriva jusqu'à la ligne E indiquée sur la carte de la Pl. II. Sous forme d'un grand glacier elle pénétra septentrionalement par le Petit Belt jusqu'à Tavlov à l'ouest de Fredericia; dans le Slesvig elle s'avança jusqu'à la ligne de partage entre les rivières qui ont cours vers la Mer du Nord et les rivières orientées vers le Petit Belt et la Baltique. C'est précisément le fait de cette poussée de la glace que cette ligne de partage eut l'emplacement que nous lui voyons. Dans l'ouest de la Fyn la nappe glaciaire arriva jusqu'aux »fynske Alper« (alpes de Fyn), la chaîne de collines qui constitue la ligne de partage entre les cours d'eau qui se dirigent vers le Petit Belt et ceux qui se jettent dans le Cattégat; dans la Fyn orientale la nappe glaciaire recouvrait le littoral et le Hindsholm dans le nord-est de Fyn. Septentrionalement la nappe glaciaire s'étendait sur la partie sud de l'île de Samsø, de même qu'elle recouvrait la plus grande part de la Sjælland. Il ressort d'énumérations de blocs faites dans le nord de la Sjælland que la nappe glaciaire s'est avancée septentrionalement au moins jusqu'à la latitude de Røsnæs et Holbæk Fjord dans le nord-ouest de Sjælland.

Au cours de cette poussée le front glaciaire a fait naître dans le nord-est de la Fyn des étendues à collines de gravier morainique, surtout entre Revsvindinge et Davinde, les remarquables plaines de landes entre la station de Langeskov et Odense Fiord, le feeding-esker de celles-ci entre Birkinde et Rynkeby à l'est d'Odense, et enfin la moraine marginale autour de Kertinge Nor, qui emplit la dépression centrale de cette moraine marginale; celle-ci est coupée par le feeding-esker de Munkebo à l'ouest de Kerteminde et la petite plaine de landes qui s'y rapporte. Enfin ont pris naissance les collines transversales (v. p. 166) de Hindsholm et de la partie sud de l'île de Samsø. M. RORDAM³⁵ fait passer le front glaciaire depuis la bord nord-ouest de Stavns Fjord dans l'île de Samsø, par les îles de Bosserne, jusqu' aux îles de Sejro et Nexelø, et, dans une phase un peu postérieure, depuis la

pointe nord de Hindsholm, par les haut-fonds de Lille Grund, Bolsaxen et Falske Bolsax, jusqu'à Røsnæs en Sjælland.

La nappe glaciaire produisit encore les recouvrements et dérangements des couches eemiennes et de leur couverture de bancs d'argile morainique et couches glacio-fluviatiles dans la falaise de Ristinge Klint (île de Langeland) et dans les falaises de l'île d'Ærø; et le glacier du Petit Belt emporta de nombreux lambeaux d'argile eemienne et des moraines qui y étaient superposées, pour les incorporer dans sa propre moraine. Toutes les localités de lambeaux d'argile eemienne trouvées jusqu'ici, à l'exception des localités de Stavrby Skov au sud de Strib en Fyn, et Urnehoved près d'Aabenraa en Slesvig, sont situées en dedans des limites du glacier du Petit Belt.

D'après les recherches de M. MILTHERS³⁶ en Sjælland la nappe glaciaire était divisée ici par la rivière Halleby Aa, qui fut nourrie de l'eau du cours supérieur de la rivière Susaa et qui par Bregninge Aa s'écoulait dans Saltbæk Vig à Sejro Bugt; c'est ainsi qu'il se fit maintenant, sinon auparavant, un glacier du Grand Belt, le bassin de la Halleby Aa d'alors se débarrassant de sa glace, du côté sud-est jusqu'à la ligne Fensmark—Haslev dans le sud-est de Sjælland. Dans l'Odsherred et la contrée de Jyderup à l'OSO de Holbæk se formaient les magnifiques courbes de moraines marginales, décrites par M. MILTHERS,³⁶ et un peu plus tard les terrains à moraines marginales du nord-est de la Sjælland. Enfin se formaient encore les oses de Køge et de Mogenstrup près de Næstved dans le sud de la Sjælland.

La moraine de la poussée des Belts, Moraine E, ne renferme pour ainsi dire pas de blocs indicateurs norvégiens dans l'est de la Fyn, à Hindsholm et dans la partie sud de Samsø. Au cours des travaux de cartographie dans ces contrées c'était chose extrêmement rare que d'en trouver quelques exemplaires. Il en est autrement pour le littoral du Petit Belt. Ici les blocs norvégiens ne sont nullement rares. A bien chercher on en trouve partout où les galets se présentent abondamment. Ils ont leur origine de parties emportées de la moraine D.

Conformément à ce fait les énumérations de blocs du sud

de Samsø, de Hindsholm et du nord-ouest de la Sjælland sont très homogènes et à faible coefficient, tandis que les énumérations faites dans la Fyn orientale et dans les limites du glacier du Petit Belt donnent des résultats très variés. On arriva aux chiffres suivants :

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|------|----|----|----|-----|-----|-------|
| Sud de Samsø (15 énumérations) | 0,34 | mo | de | me | com | pte | 0,040 |
| Nord-ouest de | | | | | | | |
| Sjælland (40 ») | 0,27 | » | » | » | » | » | 0,022 |
| Hindsholm (7 ») | 0,54 | » | » | » | » | » | 0,057 |
| Est de Fyn (38 ») | 0,88 | » | » | » | » | » | 0,058 |
| Littoral du Petit Belt, y compris | | | | | | | |
| l'île de Taasinge (229 énumérations) | 0,82 | » | » | » | » | » | 0,026 |

Poussée de l'île de Langeland.

Après que le dégel eut complètement débarrassé le groupe d'îles fionniennes de la nappe glaciaire celle-ci fit une nouvelle poussée en avant, par laquelle le front glaciaire s'avancéait jusqu'à la ligne F indiquée sur la carte de la Pl. II. Cette poussée doit être considérée comme correspondant à la phase gothiglaciaire de la Suède. D'après M. DE GEER la nappe glaciaire s'est encore pendant cette phase avancée jusque dans le Cattégat le long de la côte occidentale de la Suède. En Danemark la nappe de glace s'est avancée sur l'île de Langeland proprement dite mais pas sur la presqu'île de Ristinge. Le front glaciaire s'est arrêté le long des parties sud et moyenne de la côte occidentale de Langeland, en se continuant par la rangée de hauts-fonds qui se trouvent le long de la côte occidentale de la partie nord de Langeland, par les îles de Vresen et Sprogø jusqu'à Halskov près Korsør en Sjælland; de là il a fait une courbe (concave du côté nord-ouest) par le sud et l'est de la Sjælland pour traverser le Sund à Helsingør (Elseneur) et se continuer en Scanie.¹²

Au cours de cette poussée se sont formées les collines transversales de Langeland, qui caractérisent d'une façon spéciale le paysage de cette île. En Sjælland ce fut le terrain à moraines marginales qui s'étend de Korsør Nor vers le sud-est, entourant Skelskør au nord-est. Les stries glaciaires observées à Faxø, Stevns Klint et aux environs de Køge et København furent taillées alors dans le dur calcaire du sous-sol. La plupart de

ces stries sont dirigées du SE ou du SSE, ça et là on trouve pourtant aussi des stries à direction du NE, et près København le système le plus récent en accuse une direction du sud.

Parmi les blocs indicateurs à Langeland les blocs norvégiens sont extrêmement rares, à tel degré qu'au cours des travaux cartographiques, malgré une recherche active pendant plusieurs années, on ne réussit qu'à trouver quelques rares exemplaires. L'étude des blocs fossilifères qui ont été récoltés au cours des travaux cartographiques à Langeland, dans le sud de la Fyn et Ærø, a amené M. KARL A. GRÖNWALL³⁷ au résultat suivant: »Une recherche détaillée sur les endroits où les blocs ont été trouvés dans cette région, qui est pourtant assez étroitement délimitée, fait constater une différence marquée quant à leur répartition et au trajet parcouru dans le transport. Dans l'île de Langeland, en effet, les blocs qui n'ont fait qu'un court trajet et qui sont originaires du sud-est de la Scanie, de Bornholm et des parties limitrophes de la Baltique, sont absolument dominants, comparés aux blocs qui ont fait un plus long trajet, p. ex. de Gotland ou de la partie est du bassin baltique, tandis que dans le sud de la Fyn et les îles situées vers le sud-ouest les blocs de la partie est du bassin baltique sont en majorité, et les blocs du sud-est de la Scanie et de Bornholm y sont très rares« . . . »Les matériaux morainiques de Langeland sont déposés durant une poussée postérieure de la nappe glaciaire et n'ont pas été transportés de bien loin. Cette poussée n'a sans doute pas été de longue durée, et la glace n'a probablement pas été d'une puissance bien considérable«.

Les énumérations de blocs faites à Langeland ont donné de faibles coefficients, la moyenne de 26 énumérations étant de 0,29, avec une moyenne de mécompte de 0,027.

Enfin le dégel a définitivement débarrassé les autres îles danoises de la nappe glaciaire, mais pendant longtemps encore elle a enserré l'île de Bornholm et taillé ici des stries nombreuses, qui au nord d'une ligne de Nexø à Knudskirke sont principalement dirigées du nord-est, tandis qu'au sud de cette ligne c'est la direction de l'ESE qui prédomine. Cette

dernière striure est la plus récente; elle ne s'est produite qu'en une période où la nappe glaciaire s'était amincie assez pour que le terrain granitique relativement élevé de Bornholm pût en émerger comme un nunatak.

Vers la fin de la dernière époque glaciaire le Danemark avait, dans les gros traits, sa topographie actuelle. Pays de collines et plateaux, plaines et vallées avaient à peu près acquis les formes que nous leur voyons encore aujourd'hui. Seule, la répartition de la mer et de la terre ferme n'était pas la même qu'au temps présent.

Tableau des énumérations de blocs.

| | | | | |
|------------|--|-------|---------------------|-------|
| Moraine A. | Esbjerg | 0,55, | moyenne de mécompte | 0,035 |
| | Røgle Klint | 0,36, | » » » | 0,044 |
| Moraine B. | Région entre Esbjerg et Brøns | 1,44, | » » » | 0,103 |
| | Feuilles de Varde et Bække | 0,84, | » » » | 0,057 |
| | Reste du Jylland occidental au sud d'une ligne Varde-Grindsted | 0,87, | » » » | 0,042 |
| | Røgle Klint B ₂ | 0,82, | » » » | 0,026 |
| | Røgle Klint B ₁ | 0,50, | » » » | 0,049 |
| Moraine C. | Moraines de surface à la feuille de Bække | 0,82, | » » » | 0,056 |
| | Moraines inférieures à la feuille de Fredericia | 0,73, | » » » | 0,075 |
| | total | 0,80, | » » » | 0,049 |
| | Sud-est du Jylland (v. p. 120) | 0,88, | » » » | 0,047 |
| | Røgle Klint C ₂ | 0,81, | » » » | 0,040 |
| | Røgle Klint C ₁ | 0,49, | » » » | 0,012 |
| | Ristinge Klint | 0,68, | » » » | 0,064 |
| Moraine D. | Feuilles de Bække et Fredericia | 1,08, | » » » | 0,067 |
| | Nord de Samsø | 1,40, | » » » | 0,105 |
| | Nord et centre de Fyn | 1,29, | » » » | 0,032 |
| | Røgle Klint | 1,22, | » » » | 0,050 |
| | Ristinge Klint | 1,20, | » » » | 0,119 |

| | | | | |
|------------|-------------------|-------|---------------------|-------|
| Moraine E. | Sud de Samsø | 0,34, | moyenne de mécompte | 0,040 |
| | Nord-ouest de | | | |
| | Sjælland | 0,27, | » » » | 0,022 |
| | Hindsholm | 0,54, | » » » | 0,057 |
| | Est de Fyn | 0,88, | » » » | 0,058 |
| | Littoral du Petit | | | |
| | Belt | 0,82, | » » » | 0,026 |
| Moraine F. | Langeland | 0,29, | » » » | 0,027 |

Victor Madsen.

Époque glaciaire postérieure et post-glaciaire.

L'époque glaciaire postérieure et post-glaciaire (alluvienne) est la désignation donnée à la période postérieure au commencement du recul de la dernière glaciation — de la ligne d'arrêt principale mentionnée à la p. 121. Cette ligne est marquée sur la carte de la Pl. II par la limite entre les régions à hachure simple et celles à hachure double.

L'époque glaciaire postérieure et post-glaciaire est caractérisée par des oscillations dans les conditions de la température toutes pareilles à celles qui caractérisent l'époque glaciaire elle-même, bien que dans ces oscillations postérieures la distance du maximum au minimum n'est pas aussi grande que les différences entre les minima de la température aux époques glaciaires et les maxima des époques interglaciaires. Déjà dans la période qui s'est écoulée entre le recul du front glaciaire de la ligne d'arrêt principale citée plus haut et la nouvelle poussée de la nappe glaciaire jusqu'à la ligne frontale de l'est du Jylland (ligne D de la carte Pl. II) il s'est produit une oscillation de la température, qui se manifeste dans la coupe, mentionnée antérieurement (p. 125), faite dans les couches d'eau douce à Smidstrup Mark à l'ouest de Gadbjerg. Pendant la période qui s'écoule ensuite entre le recul de la nappe glaciaire de la position frontale indiquée sur la carte de la Pl. II comme ligne F et sa position à la ligne d'arrêt principale du centre de la Suède, se réalise l'oscillation de la température désignée sous le nom d'oscillation d'Allerød (v. plus bas, p. 146, nommée d'après la tuilerie d'Allerød dans le nord de la Sjælland, dans les argilières de laquelle elle a été constatée pour la première fois).³⁸ Même après immigration

des grandes forêts, à l'époque post-glaciaire ou alluvienne, on peut constater des oscillations de la température indubitables bien que moins marquées.

De même que, pendant les époques glaciaires et interglaciaires, le Danemark a été l'objet d'une série de changements de niveau, il y a eu aussi au cours de l'époque glaciaire postérieure et post-glaciaire une série alternante de changements positifs et négatifs de la ligne côtière, changements dont on peut constater les vestiges d'autant plus nettement qu'aucune glaciation ultérieure ne les a détruits. Voir le chapitre sur les changements de niveau, pp. 173 à 191.

Étant donné que les conditions de la nature qui sont à désigner comme glaciaires postérieures, étaient intimement rattachées au recul progressif, au moins dans les gros traits, de la nappe glaciaire et se sont produites, par conséquent, en des temps qui diffèrent pour les différents lieux, à mesure que la glace s'est éloignée du pays, on ne peut pas, même pour un territoire aussi petit que celui du Danemark, fixer une limite précise entre l'époque glaciaire postérieure et l'époque post-glaciaire. D'une façon générale on peut dire que la dernière de ces époques est à compter à partir du temps où, grossièrement parlant, la grande forêt avait envahi le pays.

Une détermination absolue et détaillée de l'âge des différentes phases de l'époque qui nous occupe ici, n'a pas pu être faite encore en Danemark d'une manière satisfaisante. En Suède M. G. DE GEER et son école ont pensé pouvoir établir la chronologie des événements de la nature du temps glaciaire postérieur et post-glaciaire, en comptant le nombre de «Varv»*) dans l'argile à «Varv» déposée par les torrents d'eau glaciaire et leurs successeurs, les fleuves post-glaciaires.³⁹ On a essayé la même méthode en Danemark, mais sans réussite jusqu'à présent.⁴⁰ On a bien pu constater la présence de «Varvs», mais les séries de «Varvs» dénombrées en Danemark se sont trouvées

*) Par «Varv» (couche annuelle) on désigne une couche composée inférieurement de sable grossier, qui se transforme graduellement vers le haut en sable plus fin pour se terminer par de l'argile fine. Un «Varv» est supposé déposé au cours d'une année, la rapidité du courant des torrents diminuant depuis la débâcle du printemps jusqu'à l'hiver.

trop courtes et trop irrégulières pour fournir une base sûre de comparaison avec les couches correspondantes d'autres localités plus ou moins éloignées.⁴¹⁻⁴² Une des raisons du peu de succès que la méthode a eu jusqu'ici, est sans doute à chercher dans le fait que plusieurs des »Varvs« danois se sont produits en rapport avec de la glace »morte« et non pas avec le front glaciaire »vivant«, en recul.³⁴ Une autre raison — revendiquée de la part d'un auteur danois⁴³ — est sans doute à chercher dans cette autre circonstance que la plupart des »Varvs« dont M. DE GEER a fait la mesure dans les localités danoises ne sont pas des »Varvs« annuels mais en sont seulement des subdivisions.

En Suède on s'est appuyé sur l'échelle géo-chronologique constituée au moyen du dénombrement des »Varvs« pour diviser les périodes glaciaire postérieure et postglaciaire en différentes sections: temps daniglaciaire, gothiglaciaire, finiglaciaire et postglaciaire. Le temps daniglaciaire désigne la période entre l'arrêt du front glaciaire à la ligne principale du Jylland et son arrêt à la ligne frontale qui encercle le lac glaciaire scanien pour arriver à la côte suédoise un peu au sud de Hälsingborg, et qui se continue par la ligne F de la carte Pl. II; le temps gothiglaciaire est la période entre le recul du front glaciaire de la ligne nommée en dernier lieu et son arrêt aux moraines de la Suède centrale; le temps finiglaciaire est la période dans laquelle le front glaciaire a reculé jusqu'à la place dans Östre Jämtland où les derniers restes de la nappe glaciaire se sont divisés en deux parts. L'époque post-glaciaire, qui s'ensuit, comprend la période depuis la bipartition de la glace jusqu'au temps présent.⁴⁴

Cette subdivision n'est encore que peu usitée en Danemark; la subdivision de l'époque post-glaciaire, par contre, faite par des géologues suédois sur la base des changements des conditions climatologiques, a été généralement adoptée aussi dans notre pays (v. plus bas, pp. 151-52). Autrement on s'est servi de subdivisions basées soit sur les dépôts marins soit sur les changements des végétations forestières. M. A. C. JOHANSEN a essayé de faire une subdivision en 3 périodes basée sur l'immigration des mollusques d'eau douce, de manière à fixer

la première limite à l'immigration de *Bithynia tentaculata*, et la seconde à l'immigration de *Planorbis corneus*. Au cours de la première période ont été déposées les gisements d'eau douce qui constituent la zone à *Planorbis stroemi* & *Valvata cristata*; elle correspond au début de la période forestière. La zone suivante est la zone à *Planorbis stroemi* & *Bithynia tentaculata*, qui comprend, grossièrement parlant, la période du pin; et la dernière enfin est la zone à *Planorbis corneus*, qui correspond assez exactement au temps de la forêt mixte à chênes et au temps subséquent.

Pendant les périodes de l'époque glaciaire postérieure et post-glaciaire il se produit une nouvelle immigration d'espèces végétales et animales graduellement de plus en plus thermophiles. Si le nombre d'espèces est tellement énorme, surtout pour les classes d'animaux supérieurs, par rapport aux nombres représentés dans les périodes interglaciaires, la raison en est uniquement que notre connaissance des dépôts glaciaires postérieurs et post-glaciaires est d'autant plus grande, ce qui est dû encore au fait que ces dépôts se présentent en de grands et nombreux profils, naturels ou artificiels, et facilement accessibles. Un certain nombre des espèces connues des dépôts interglaciaires, p. ex. mammoth, cerf colossal (*Megaceros eurycerus*), daim (*Cervus dama*), sapin (*Picea excelsa*) *Dulichium* et *Brasenia*, n'ont pas immigré en Danemark après la dernière période glaciaire (le sapin et le daim ont été importés par l'homme). Les animaux supérieurs, mammifères et oiseaux, atteignent leur plus grande richesse d'espèces vers la fin du temps de la forêt de pins et dans la période de la forêt mixte à chênes, périodes boréale, atlantique et sub-boreale (v. plus bas), après quoi ils diminuent un peu au cours du temps subatlantique. Ce n'est que la culture rationnelle du sol et la transformation fondamentale de la nature par main d'homme de ces derniers temps qui ont amené une rapide détérioration de notre monde animal.

Bien qu'on pourrait penser que déjà du temps des époques interglaciaires le Danemark fût bien fait pour l'habitation humaine on n'a cependant pas trouvé de témoignages certains de l'existence de l'homme dans notre pays avant l'époque

glaciaire postérieure et post-glaciaire*). Les habitations véritables les plus anciennes (celles de la civilisation de Maglemose ou Mullerup) sont originaires de la fin de la période à *Ancylus* (période boréale),⁴⁵⁻⁴⁶⁻⁴⁷ mais les plus anciens outils connus de notre pays, un éclat de silex taillé en pointe de flèche⁴⁸ et quelques manches de haches en corne de renne, proviennent du début de la période forestière ou peut-être de la période précédente à Tundra. Le renne s'est éteint dans notre pays peu après l'immigration de la grande forêt.⁴⁹

V. Nordmann.

Dépôts marins glaciaires postérieurs et post-glaciaires.

Une série continue de formations glaciaires postérieures et post-glaciaires, avec une évolution correspondante du caractère de la faune, de hyperarctique à nettement lusitanienne, pareille à celle qui a été constatée en Norvège⁵⁰⁻⁵¹⁻⁵² et dans la Suède occidentale, n'est pas connue du Danemark. Les trois affaissements suivis par des exhaussements que le Danemark a subis après la dernière époque glaciaire (v. le chapitre sur les changements de niveau) ont produit de tels déplacements de la ligne côtière que les sédiments marins plus récents, quand bien même ils se fussent déposés au-dessus des sédiments antérieurs, sont pourtant toujours séparés de ces derniers par des lacunes indubitables.

Un bel exemple de l'apparition de couches marines datant de sections tout à fait différentes dans les limites de l'époque glaciaire postérieure et post-glaciaire mais superposées l'une à l'autre, nous est offert dans un profil en apparence peu important dans la berge en face de la tuilerie à Tversted Aa au nord de Hjørring dans le Jylland septentrional. On voit ici inférieurement dans le lit de rivière de l'argile à *Yoldia* glaciaire postérieure recouverte de couches à *Zirphaca* d'une puissance s'élevant à 3 m comprenant, en bas, du gravier avec une

*) Voir pourtant ANATHON BJØRN, 1928: Nogen norske Stenalders-problemer. Norsk geol tidsskrift. Bd. 10. On figure ici et fait la description d'un outil de pierre paléolithique de Harebjerg au sud de la station de Brorup en Jylland.

quantité de coquilles de mollusques roulées et de débris de coquilles, là-dessus du sable nettement stratifié à couches subordonnées de gravier avec des coquilles éparses. Le sable à *Zirphaea* est recouvert d'une couche de tourbe de 5 à 10 cm datant de l'époque continentale (à *Ancylus*); cette couche de tourbe est recouverte à son tour d'une mince couche de boue marine à débris de *Zostera* et *Pinus*, et là-dessus du sable marin argileux à *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *Scrobicularia piperata*, *Litorina litorea* et d'autres. Ces trois dépôts marins représentent donc chacun sa période marine strictement délimitée: période à *Yoldia*, à *Zirphaea* et à *Litorina* (v. plus bas), dans les intervalles desquelles la mer s'était retirée de cette localité.

Le plus important des dépôts marins glaciaires postérieurs en Danemark est l'argile à *Yoldia* inférieure ou glaciaire postérieure,³¹ qui apparaît dans de grandes parties du Vendsyssel et à l'est et à l'ouest d'Aalborg jusqu'à la partie nord du Lille Vildmose; en ce qui concerne les conditions de niveau dans lesquelles elle se présente nous renvoyons, pour l'argile à *Yoldia* comme pour tous les autres dépôts marins, au chapitre sur les changements de niveau. Elle a été formée au cours d'un affaissement du pays immédiatement après le dernier dégel de la nappe glaciaire, et elle repose sur du sable marin glaciaire postérieur (sable à *Saxicava* inférieur) qui renferme par places de nombreuses coquilles de *Saxicava arctica*. L'argile à *Yoldia*, dont la puissance peut s'élever à 20 m, peut se présenter assez sableuse inférieurement et renfermer supérieurement un certain nombre de minces couches de sable; la stratification est le plus souvent horizontale et non dérangée, et l'argile ne renferme que très peu de pierres, apportées par de la glace flottante. Elle est ordinairement recouverte de sable marin glaciaire postérieur supérieur ou bien de formations post-glaciaires, et elle se trouve en beaucoup d'endroits assez près de la surface du sol. Elle renferme une faune nettement arctique comprenant 24 espèces de mollusques, dont on peut citer *Portlandia (Yoldia) arctica*, *P. lenticula*, *Axinopsis orbiculata*, *Kennerleya glacialis*, *Leda pernula*, *Lyonsia arenosa*, *Modiolaria laevigata*, *Cylichna scalpta*, *Fusus despectus* var.

fornicatus, *Saxicava arctica*, *Tellina calcarea*, et d'autres. Outre par *Portlandia arctica* la faune est caractérisée par les espèces hyperarctiques *Tellina Torellii* et *T. Lovenii*, qu'on n'a pas trouvées dans la zone à *Portlandia* de la série de Skærumhede. En fait d'autres débris d'animaux de l'argile à *Yoldia* glaciaire postérieure on peut citer des os de la baleine franche (*Balaena mysticetus*) et de l'épaulard (*Orca sp.*). Quelques dents de morse (*Trichechus rosmarus*) trouvées sur la plage à Rubjerg Knude au sud de Lønstrup, sont probablement originaires aussi de ce dépôt.

L'argile à *Yoldia* est superposée, comme nous l'avons dit, de sable marin glaciaire postérieur (sable à *Saxicava* supérieur), formé au cours de l'exhaussement subséquent du pays. Ce dépôt est un peu plus répandu que l'argile à *Yoldia* attendu que, d'après sa nature de formation d'eau basse, il a pu se déposer à une profondeur beaucoup moins importante que n'a pu le faire l'argile; mais une grande part du sable marin qui, reposant sur les dépôts glaciogènes, est répandu sur une plus grande étendue que celle de l'argile à *Yoldia*, est synchrone de l'argile déposée dans l'eau plus profonde. Le sable marin constitue la surface de plateaux élevés, surplombés par les chaînes de collines qui n'ont jamais été recouvertes de la mer, et qui ont l'apparence d'îles ou de continents. En général on ne trouve que très rarement des mollusques dans le sable, probablement à cause de la grande perméabilité de cette formation maigre, qui a permis à l'eau et à l'air de réduire les coquilles en décomposition. Deux localités, à Raaholt et Borgbakke à l'ouest de Frederikshavn, à environ 20 ou 25 m au-dessus du niveau de la mer, font exception cependant. On a trouvé ici dans le sable et le gravier une faune littorale boréo-arctique comprenant 10 espèces de mollusques caractérisées par *Mytilus edulis*, *Tellina baltica*, *Buccinum undatum*, *Lacuna divaricata*, et *Litorina rudis*. Ces espèces montrent que la température a dû — au moins dans les couches supérieures de l'eau — monter considérablement déjà vers la fin de la «période à *Yoldia*».

On ne sait pas combien de temps a duré le soulèvement pendant lequel le sable à *Saxicava* supérieur a été déposé, mais à l'époque où un affaissement lui a de nouveau succédé

la température de l'eau de mer s'était encore adoucie davantage, ce qui se manifeste par la faune maintenant immigrée: ce n'était plus une faune particulièrement boréo-arctique qui vivait alors le long des côtes du Danemark, mais plutôt une faune boréale nordique. Des dépôts formés au cours de ce nouvel affaissement, les couches à *Zirphaea*,⁵¹ dépôts qui sont uniquement des formations d'eau peu profonde, de sable et gravier, on connaît environ 20 espèces de mollusques, dont plusieurs n'ont été trouvées pourtant que dans un très petit nombre de localités. Les espèces vraiment hyperarctique sont absentes, les espèces les plus communes (énumérées d'après le nombre de localités où elles ont été rencontrées) sont: *Tellina calcarea*, *Saxicava arctica*, *Mytilus edulis*, *Zirphaea crispata*, *Tellina baltica* (une variété grande, à coquilles épaisses), *Cyprina islandica*, *Mya truncata*, et *Buccinum undatum*; les autres n'ont été rencontrées que dans une seule ou dans un très petit nombre de localités; parmi celles-ci on peut citer: *Trophon clathratus*, *Natica groenlandica*, *N. clausa*, *Spirialis balea*, *Pecten islandicus* et deux fragments de *Cardium ciliatum*, qui peut-être se trouvent pourtant en couche secondaire, délavés de la zone à *Portlandia arctica* de la série de Skærumhede. Une espèce qui caractérise les conditions de la température est *Cyprina islandica*, qui de nos jours a sa limite septentrionale dans le golfe de St. Lawrence, à la côte nord et est d'Islande, aux côtes de la Finmarchie orientale et dans »l'aire chaude« de la Mer Blanche,⁵³ une autre espèce caractérisante est *Zirphaea crispata*, dont la limite septentrionale est le golfe de St. Lawrence, les côtes sud et ouest et peut-être la côte nord d'Islande et la Finmarchie occidentale.⁵³

Cet affaissement, qui n'a été que peu considérable et probablement de courte durée, a été suivi d'une période de soulèvement considérable et de longue durée: période à *Ancylus* ou période continentale, pendant laquelle la grande forêt s'est définitivement étendue sur le Danemark et a parfait son évolution à travers les périodes subarctique et boréale. Dans la période suivante, la période atlantique, il s'est produit un nouvel affaissement (le troisième et dernier) du pays. Cet affaissement a reçu le nom d'affaissement à Litorina ou à Tapes, et au cours de cet affaissement et

de l'exhaussement subséquent a immigré une faune bien distincte de celle des couches à *Zirphaea*, comprenant un grand nombre d'espèces lusitaniennes, dont plusieurs étaient pourtant arrivées aux côtes de la Norvège et de la Suède occidentale au cours de la période continentale précédente. Les espèces les plus caractéristiques de cette faune*) sont *Cardium edule*, *C. echinatum*, *Ostrea edulis*, **Pecten varius*, **Tapes aureus*, **T. decussatus*, *T. pullastra*, *Scrobicularia piperrata*, *Corbula gibba*, *Nassa reticulata*, *Trochus cinerarius*, *Bitium reticulatum*, *Litorina litorea*, et une quantité de petites formes méridionales, e. a. un certain nombre d'espèces de *Rissoa*. Mais en dehors de celles-là il s'y trouve un nombre d'espèces boréales qui aujourd'hui ne pénètrent pas dans la Méditerranée, de sorte qu'il faut considérer la faune comme étant d'un caractère austro-boréal. Outre les dépôts à *Tapes* proprement dits (antérieurs) à large extension il y a, à Frederikshavn et autour de l'embouchure est du Limfjord, quelques dépôts plus récents qui n'arrivent qu'à un niveau peu considérable au-dessus de la mer (3 m à Frederikshavn, où les couches à *Tapes* antérieures atteignent 13 m); ceux-ci sont mis à part sous le nom de couches à *Dosinia*,⁵⁴ et ils sont caractérisés par *Dosinia exoleta*, *D. lincta*, **Lutraria elliptica*, **Tapes edulis* (= *virginus*) *Pecten maximus*, *P. opercularis*, *Mytilus adriaticus*, *Lucina borealis*, *Lucinopsis undata*, **Psammobia vespertina*, **Pholas dactylus*, **Cypraea (Trivia) europaea*, *Nassa incrassata*, *Turritella terebra*, *Scalaria Turtonis* et d'autres formes petites; aucune de ces espèces n'a été trouvée dans les couches à *Tapes* antérieures. La faune, qui s'est enrichie tant d'espèces lusitaniennes que de boréales a conservé dans les traits principaux son caractère austro-boréal. Les couches à *Dosinia* sont à considérer comme synchrones des couches coquillaires de Norvège qui se rapportent au niveau à *Ostrea* établi par M. ØYEN, au cours duquel le

*) Les espèces marquées d'un astérisque ont aujourd'hui disparu de nouveau des eaux danoises en dedans de Skagen, ou n'apparaissent que de temps en temps. *Pecten varius* se trouve pourtant encore dans la partie ouest du Limfjord, qui est celui de nos parages qui ressemble le plus à la mer à *Tapes*.

climat change de subboréal et relativement sec à subatlantique et humide.

Les dépôts de la mer à *Tapes* varient beaucoup de place en place. Dans les baies et fiord étroits et dans les détroits à faible courant le fond est mou, souvent noir, fétide, avec une faune à coquilles minces et pauvre en espèces; dans les détroits à courant rapide, dans les baies béantes et le long des côtes extérieures il y a des dépôts de sable et gravier renfermant une riche faune, dont les coquilles se présentent souvent en couches de grande étendue et épaisseur; en plusieurs localités on a trouvé de larges bancs d'huîtres. Le seul fait qu'une faune relativement riche pénétra dans des fiords étroits ou bien avant dans nos parages (l'huître p. ex. jusqu'aux eaux au sud de Fyn, et même jusqu'aux baies de Kiel et Neustadt dans la Baltique,⁵⁵ tandis qu'au temps présent elle ne se trouve que peu abondante dans le nord du Catté gat et dans le Limfiord), témoigne d'une plus grande salinité et d'une température plus élevée qu'aujourd'hui; c'est pour les mêmes raisons que les mollusques de la période à *Tapes* se sont avancés dans une eau un peu moins profonde qu'ils ne le font de nos jours.⁵⁴ Comme un exemple du changement des conditions on peut citer le fait qu'aujourd'hui on ne connaît qu'une dizaine d'espèces de Roskilde Fjord, tandis que dans les seuls dépôts à *Tapes* à «Bilid» près de Frederikssund on a rencontré le double nombre d'espèces. Certaines des formes communes au passé et au présent jour apparaissent, à l'état fossile, munies de coquilles plus grandes et plus épaisses.⁵⁶ Quelquefois la faune seule peut renseigner sur les communications entre les mers d'alors: il y a eu en apparence une communication ouverte entre la Mer du Nord et le Catté gat par une large passe à travers la contrée qui comprend aujourd'hui le Store Vildmose; mais la faune des couches marines qui se trouvent là correspond, abstraction faite de la plus grande richesse en espèces, tout à fait à celle qui se trouve actuellement dans les «Bredninger» (élargissements) du Limfjord et se distingue, e. a. par rapport à la dimension et l'épaisseur des coquilles, fortement, tant de la faune récente de la Mer du Nord que de la faune fossile des dépôts à *Tapes* à l'ouest de Fjerritslev. La région en question a donc dû être barrée de

manière à ne pas communiquer directement avec le Skager-Rack et n'être qu'une »Bredning« (élargissure) dans le »Lim-fjord« de la période à *Tapes*, fiord qui ne s'étendait alors que



Fig. 13. Carte du Jylland septentrional au maximum de l'affaissement à *Litorina* (*Tapes*). Les régions à hachure ouverte le long de la côte occidentale désignent des terrains disparus ultérieurement. La ligne à pointillés fin est la ligne côtière actuelle.

depuis Løgstør jusqu'à un point un peu à l'est d'Aalborg (voir. fig. 13).⁵⁷

Entre le terrain élevé à Fjerritslev et celui de Thisted il y avait, par contre, dans la période à *Litorina* un archipel à larges passes et en libre communication avec la Mer du Nord et les bassins de mer qui se trouvaient alors à la place des

»Bredninger« de la partie ouest du Limfjord actuel. Le long des côtes de cet archipel se trouvent d'imposants cordons littoraux soulevés à gravier grossier, auquel se trouvent mélangées des coquilles épaisses, solides mais fortement roulées de *Buccinum undatum*, *Litorina litorea*, *Ostrea edulis*, *Cardium edule*, *Tapes aureus* et *decussatus*, *Mactra subtruncatus* et d'autres. *Purpura lapillus*, qui est très rare dans les contrées orientales, apparaît fréquemment dans ces cordons littoraux occidentaux, et la faune de cette région renferme plusieurs espèces qu'on n'a pas trouvées dans les couches à *Tapes* de l'est du Jylland ou des îles, p. ex. *Donax vittatus*, *Helcion pellucidum* et *Patella vulgata*. Plus loin vers le SO, dans l'alluvion marin entre Nissum Bredning et Ferring Sø à l'ouest de Lemvig, on rencontre de nouveau une faune de fiord assez pauvre en espèces et à minces coquilles, qui dénote que cette région en apparence si ouverte a été, pendant la période à *Litorina*, une eau beaucoup plus resserrée. Ici on ne trouve pas non plus de grands cordons littoraux ni d'autres témoignages d'une côte ouverte de la Mer du Nord.

En Fyn l'alluvion marin est développé surtout entre Bøge og Næraa Strand, à Odense Fjord, et au sud aussi bien qu'au nord de Kerteminde.²⁻⁵⁹ La presqu'île à l'est de Nyborg Fjord présente de remarquables cordons littoraux soulevés.⁶⁰ On peut faire ressortir surtout que les environs de l'embouchure d'Odense Fjord étaient un archipel et la presqu'île de Hindsholm était une île séparée de la Fyn par une passe étroite et sinuée entre Odense Fjord et la baie de Kerteminde. La faune, qui comprend 33 espèces, est à tous les égards moins importante que celle du Vendsyssel, d'où l'on a connaissance de 112 espèces.

En Sjælland l'alluvion marin est développé surtout le long de la côte septentrionale et autour de l'Isefjord et ses ramifications, non seulement les parties occidentales relativement larges, Holbæk- et Lammefjord³⁶, mais on en rencontre aussi autour de Roskilde Fjord, qui dans une certaine partie est très étroit. Sur la distance de Saltbæk Vig à Hornbæk la côte était découpée en une série de presqu'îles irrégulièrement formées ayant devant elles des îles plus ou moins grandes. Le lac d'Arresø constituait l'arrière-fond d'un

large fiord ou baie en communication avec le Cattégat, la partie nord de Hornsherred était séparée de la partie sud par un détroit entre Isefjord et Roskilde Fjord, etc¹². La faune comprend 35 espèces, qui étaient très répandues dans toutes les ramifications de la mer; c'est ainsi que l'huître s'avancait jusqu'à l'arrière-fond de Roskilde Fjord à Kattinge. De nombreux Kjökkenmøddings le long des côtes montrent que la population de l'âge épipaléolithique (de la pierre simplement taillée) a sù exploiter largement cette faune si riche.⁶¹ Il faut faire une exception cependant pour la faune pauvre de l'alluvion marin au Sund et à Køge Bugt: elle ne compte que 13 espèces, et certaines des formes qui caractérisent la période à *Tapes* y font défaut, p. ex. *Ostrea edulis* et les espèces de *Tapes*. Comme forme caractérisant cette partie de l'alluvion marin il faut citer *Scrobicularia piperata*, qui, pourtant, n'a pas été rencontrée dans toutes les localités.¹²⁻⁶²

Le soulèvement qui dans le nord-est du Danemark a suivi le maximum de l'affaissement à *Litorina*, a pris fin, grossièrement parlant, du temps des couches à *Dosinia*; plus loin vers le sud l'affaissement a continué, en sorte que les dépôts à *Tapes* au sud de la Fyn et de la Sjælland et le long de la côte orientale du Slesvig et du Holstein se trouvent maintenant dans une eau plus profonde que celle où ils ont été d'abord déposés. Dans les dépôts marins de date postérieure, auxquels on a maintenant accès surtout dans les baies et anses artificiellement endiguées, la faune est plus pauvre parce que plusieurs des espèces nommées plus haut se sont de nouveau éteintes chez nous. C'est *Mya arenaria*, qui a immigré après l'âge du fer, qui caractérise cette faune plus pauvre.

Parmi les dépôts marins postérieurs, qui sont encore en voie de formation, il faut citer l'argile du Marsk (polder), qui se dépose à la côte occidentale du Slesvig. Lorsque, deux fois par jour, la marée montante de la Mer du Nord pénètre dans la mer à hauts-fonds (vader) entre les îles et le continent, elle délaie une quantité de vase fine mélangée aux matériaux fins charriés par les cours d'eau; cette vase se dépose pendant la haute marée sur les hauts-fonds (vader) et les côtes plates, où par l'action de certains gastéropodes (*Hydrobia*) et arthrostracés (*Corophium*), partiellement aussi

à l'aide de la végétation, elle se fixe de manière à n'être pas emportée de nouveau par le reflux. La formation du Marsk a commencé après l'âge du bronze, et un exhaussement survenu postérieurement a eu pour effet que les régions les plus âgées en se trouvent aujourd'hui à une altitude où le flux ne s'y déverse plus, en sorte que la formation du Marsk peut être considérée comme terminée sur des terrains d'une grande extension.⁶³

V. Nordmann.

Dépôts d'eau douce glaciaires postérieurs et post-glaciaires.

L'époque glaciaire postérieure ou époque à Tundra comprend la période écoulée entre la disparition de la dernière nappe glaciaire et l'immigration définitive de la forêt. Les formations d'eau douce⁶⁴ s'y rapportant et reconnues comme telles d'abord par NATHORST (1870), se composent de sable et argile calcaire (argile à *Dryas*) à plantes arctiques et subarctiques telles que *Dryas octopetala*, *Betula nana*, *Salix polaris*, *S. reticulata*, et d'autres; les restes de rennes y sont fréquemment trouvés, tandis que les rencontres de restes de loup et d'élan ont été rares. L'argile à *Dryas* est déposée dans de petites dépressions dans la surface de l'argile morainique; la puissance en s'élève à 5 et même jusqu'à 10 m; elle est souvent superposée par de la tourbe ou de la vase. Dans les îles de Bornholm, Sjælland, Møen, Fyn et dans l'est du Jylland on a trouvé des témoignages d'une oscillation climatologique considérable (Oscillation d'Allerød)³⁸⁻⁶⁵⁻⁶⁶⁻⁶⁷⁻⁶⁸⁻³⁴ à l'époque glaciaire postérieure; en effet dans les localités où la série des couches se trouve dans son développement complet, on rencontre inférieurement de l'argile à *Dryas*, là-dessus de la vase à bouleaux grandifoliés, à pollen de pin en abondance, et aux mollusques d'eau douce *Anodonta cygnaea*, *Planorbis fontanus*, *Ancylus lacustris*, *Limnaea stagnalis*; de plus, le castor et, une seule fois, l'ours brun,⁶⁹ témoignage d'une température estivale plus élevée; tout en haut on trouve de nouveau de l'argile à *Dryas*. La transition graduelle, au point de vue faunistique et floristique, à l'alluvion se manifeste dans certaines con-

trées par la présence simultanée des formes glaciaires postérieures habituelles et des premiers vestiges de la forêt et de la vie animale qui s'y rattache. C'est ainsi que dans un dépôt à Nørre Lyngby⁴⁸ au sud de Lønstrup en Vendsyssel, dépôt qui se rapporte à cette époque de transition, on a trouvé e. a. renne, lièvre variable et lagopède ensemble avec castor et certains insectes en rapport avec la forêt. De cette localité provient aussi la trouvaille d'un écureuil des prairies, *Spermophilus rufescens*, de même qu'on y a trouvé les plus anciens vestiges chronologiquement déterminés de l'homme en Danemark, sous forme d'une pointe de flèche de silex et un manche de hache en corne de renne. On connaît encore du Danemark d'autres rencontres de cornes de renne ouvragées de main d'homme,¹⁹ ce qui correspond au fait qu'à plusieurs reprises on a trouvé des vestiges du renne dans des couches de tourbe du temps le plus reculé de l'époque glaciaire postérieure.⁴⁹

Les groupes les plus importants de nos dépôts d'eau douce alluviaux sont la tourbe et la vase, qui se trouvent dans les marais, souvent superposées aux couches d'argile de l'époque glaciaire postérieure, de plus le tuf calcaire et le sable et l'argile, qui apparaissent surtout en rapport avec les cours d'eau. La limonite aussi, qui se forme à proximité de la surface dans certains marais, est à rapporter ici. Les marais, dont les couches alluviales peuvent atteindre une puissance jusqu'à environ 11 m, se divisent d'après leur mode de formation en marais d'envahissement,⁷⁰ qui naissent par suite du fait que les lacs et rivières sont envahis de végétation (marais lacustres et marais de rivières), marais de marécage,⁷⁰ dans lesquels la formation de la tourbe s'est faite sans phase lacustre précédente (la plupart des grands marais élevés du Jylland se rapportent ici), et marais des sources,⁷⁰ qui prennent naissance où il y a des sources qui sortent des flancs des vallées. Dans les contrées riches en calcaire, surtout dans l'est du Danemark, les marais des sources se présentent souvent sous forme de dépôts de tuf calcaire. Celui-ci est souvent grumeleux et peu cohérent, mais il peut quelquefois prendre la forme d'une pierre calcaire dure, utilisable comme pierre à bâtir (v. p. 203). Dans le nombre de vases qui se

| Évolution géologique du Cattégat et de la Baltique | | Périodes par rapport au climat | Périodes par rapport à la végétation | Immigration (et extinction) de quelques | | Périodes archéologiques |
|--|--|--|--------------------------------------|---|---|--------------------------------|
| | | | | plantes importantes | animaux importants | |
| Époque alluviale (Époque post-glaciaire) | Mer à <i>Mya</i> | Temps présent plus sec | Période à hêtres | <i>Viscum album</i> , en voie d'extinction | | Temps historique |
| | Évolution du Cattégat et de la Baltique aboutissant aux conditions actuelles | Temps subatlantique, froid et humide | | <i>Pinus silvestris</i> , à peu près éteinte | | Âge du fer |
| | Mer à <i>Dosinia</i> | Temps subboréal, chaud et sec | Époque chaude alluviale | <i>Trapa natans</i> , éteinte | <i>Helicodonta obvoluta</i> , <i>Succinea elegans f. typica</i> <i>Cyclostoma elegans</i> | Âge du bronze |
| | Mer à Litorina | Temps atlantique, chaud et humide | | <i>Carpinus butulus</i> <i>Fagus sylvatica</i> | | Époque néolithique postérieure |
| Mer à <i>Tapes</i> inférieure | | <i>Viscum album</i> , <i>Acer platanooides</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Humulus lupulus</i> , <i>Ceratophyllum submersum</i> , <i>Trapa natans</i> | | L'ure et l'élan s'éteignent. | | Campignien |
| le Sund | | | | | Brabrandien | |

| | | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|--|
| Époque glaciaire postérieure | Lac à <i>Ancylus</i> (époque continentale) | Temps boréal, sec, et peu à peu assez chaud | Période à pins | <i>Ainus guinosa, Quercus robur, Tilia cordata, Ulmus glabra, Ceratophyllum demersum, Najas marina. Corylus avellana</i> <i>Cladium mariscus, Carex pseudocyperus</i> | <i>Planorbis corneus.</i> Tortue d'eau douce, bison, ure, cerf commun, chevreuil, sanglier, ours, chat sauvage, coq de bruyère, pic noir, et bep. d'autres. | Époque épipaléolithique Haches de corne de renne »N. Lyngbyien« |
| | | | | | | |
| | Mer à <i>Zirphaca</i> Détroit de la Suède centrale | subarctique | Époque à <i>Dryas</i> postérieure | <i>Arctostaphylus alpina, Betula nana, Dryas octopetala, Salix polaris, Salix reticulata, Saxifraga oppositifolia</i> | Renne, loup <i>Linnaea peregra, Fossarina, Sphaerium corneum</i> | |
| | | arctique | | | | |
| Mer à <i>Yoldia</i> Lac glaciaire baltique | subarctique | Époque d'Allerød | <i>Betula nana, Bet. pubescens, Juniperus communis, Pinus silvestris, Populus tremula, Rubus saxatilis</i> | Élan, castor, ours, renne, <i>Anodonta cygnaea, Ancylus lacustris, Planorbis fontanus, Valvata piscinalis f. antiqua, Valvata cristata, Physa fontinalis, Planorbis stroemi</i> | | |
| | arctique | | | | | |
| Dernière époque glaciaire. | | | | | | |

déposent au fond d'une eau non couverte de végétation il faut faire ressortir surtout la vase calcaire de couleur claire, qui peut être riche en coquilles de mollusques, les vases humiques plus foncés, et la vase à diatomées. Les espèces de tourbe⁷¹ se laissent ranger en deux groupes principaux selon le plus ou moins d'éléments nutritifs exigés par leurs associations-mères (c. à d. les groupes végétaux des restes pourris ou putrescents desquels sont nées les couches de tourbe), à savoir la série eutrophe de marais vert et la série oligotrophe de tourbe à *Sphagnum*. Les espèces de marais vert, qui apparaissent surtout dans les marais de rivière et les marais des sources, se classent d'après le degré d'humidité exigé par les associations-mères, c. a. d. d'après leur niveau au-dessus de la surface des eaux souterraines, en formation limniques (p. ex. tourbe à *Phragmites*), formations telmatiques (p. ex. tourbe à *Magnocarietum*), et formations terrestres, dont le dernier terme est la tourbe de marais forestière. Les espèces de la série de tourbe à *Sphagnum* se laissent aussi, jusqu'à un certain point, ranger selon le même principe, les degrés limnique et telmatique étant représentés par des formations rappelant des marais suspendus, formations qui peuvent être superposées par de la tourbe à *Calluna*, de la tourbe forestière à bouleau ou à pin. Parmi les derniers termes de cette série se trouve aussi la tourbe à *Sphagnum*, très variable au point de vue du degré d'humification (consistant surtout en *Sphagnum magellanicum* et *S. fuscum*), tourbe des marais élevés proprement dits, qui pour satisfaire à leur besoin d'humidité ne dépendent que de la tombée d'eau (tourbe ombrogène).

On trouve souvent les couches de tourbe déposées par rang progressif en dépendance de l'altitude toujours progressive de la surface du marais, mais dans la série des couches de presque tous les marais de quelque importance il se produit des cas de série inverse des couches: les associations basées sur la sécheresse du fond ont été supplantées par des associations plus hydrophiles, c. à d. que l'humidité superficielle du marais a augmenté sensiblement. C'est ainsi que naissent dans les coupes des marais les horizons dits horizons de dessèchement, auxquels correspondent de façon

analogue des couches de terre meuble dans les dépôts de tuf calcaire. Ces horizons de dessèchement sont connus de contrées bien différentes dans le nord, le centre et l'est de l'Europe, et du fait qu'il est possible dans une large mesure de constater qu'ils sont synchrones dans différents marais, la stratigraphie des marais et des dépôts de tuf calcaire, conjointement avec leur contenu en fossiles, fournissent d'importants témoignages concernant les différentes périodes climatologiques de l'époque alluviale.

Outre les débris de plantes aquatiques et paludéennes les couches de limon et de tourbe et les dépôts de tuf calcaire renferment aussi des restes des groupes forestiers qui dans les différentes périodes dominaient dans les forêts entourant les marais.⁶⁸ Cette dernière observation a été faite déjà en 1837 par JAPETUS STEENSTRUP.

Dans la première des périodes de l'époque alluviale, la période boréale, qui correspond à peu près à la période à *Ancylus*, le pin sylvestre était l'arbre forestier dominant; toutefois le bouleau et le tremble étaient très communs dans certaines contrées, surtout au début de la période, après extinction de la flore du tundra. Vers la fin de cette période s'est développée la plus ancienne civilisation de notre âge de la pierre, le Mullerupéen, connue surtout de rencontres importantes d'habitations dans des tourbières de Sjælland.⁴⁵⁻⁷⁴⁻⁷⁵ Dans ces couches de la civilisation on trouve les vestiges les plus anciens du chêne, de l'orme et du tilleul avec des débris d'espèces thermophiles telles que *Najus marina*, la tortue d'eau douce (*Emys orbicularis*) et le planorbe (*Planorbis corneus*); par contre, ce n'est que dans la période suivante que le chêne semble avoir fait son entrée dans le Vendsyssel. De la période boréale est originaire la couche de dessèchement inférieure qu'en plusieurs localités on a observée dans le tuf calcaire⁷⁶⁻⁷⁷ et dans les marais. Le climat avait un caractère continental et s'adoucissait peu à peu, à ce point qu'à la fin la température estivale était au moins égale à celle de nos jours. Le début de la période chaude post-glaciaire s'accomplit dans la partie postérieure de la période boréale.

Dans la période atlantique, qui correspond à la première

partie de la période à Litorina, le pin est presque complètement supplanté par la forêt mixte à chênes, si riche en espèces; le climat se fit océanique, de nombreux lacs se couvraient de végétation, et la part principale de la tourbe à sphagnum des marais de marécage se formait. L'amoncellement des Kjökkenmöddings eut lieu dans cette période.

Dans la partie postérieure de la période de la forêt mixte à chênes, la période subboréale, le climat changea et se fit plus sec, et la formation de la couche de dessèchement supérieure des marais, se présentant sous forme de terrains sylvestres fossiles à lits de souches, ou sous forme de tourbe de bruyère, s'effectua. De même que dans la période atlantique, la température estivale dépassait d'un peu celle d'aujourd'hui. C'est ainsi que *Trapa natans* était représentée en différents endroits dans le sud-est du Danemark de même que dans la Suède centrale et dans le sud de la Finlande, où elle était très répandue dans les périodes atlantique et subboréale. C'est probablement dans cette dernière période qu'a immigré en Danemark un groupe méridional de mollusques comprenant *Helicodonta obvoluta*, *Succinea elegans f. typica* et *Cyclostoma elegans*. Le hêtre a commencé maintenant à se répandre dans les forêts de l'est du Danemark. On fait des rencontres de la dernière partie de l'âge néolithique et de l'âge du bronze dans les couches de la période subboréale du nord et du centre de l'Europe.⁷²⁻⁷³

Dans la période subatlantique il se produisit sur une grande échelle une transformation des marais en marécages, ce qui dans les marais élevés se manifeste par la formation de la «tourbe à *Sphagnum* supérieure» fraîche au-dessus du lit de dessèchement subboréal et de la «tourbe à *Sphagnum* inférieure» atlantique, qui est souvent fortement humifiée. Le climat s'était fait plus humide, l'été était devenu en même temps moins chaud, et la plupart des espèces thermophiles nommées plus haut ont disparu ou bien sont devenues très rares. Le hêtre l'a emporté sur la forêt mixte à chênes dans la plupart des contrées de l'est du Danemark. L'âge de fer a laissé des traces dans les couches subatlantiques des marais.

Les débris de vertébrés¹⁹⁻⁷⁹⁻⁸⁰⁻⁸¹⁻⁸² dans les marais et dans

d'autres formations post-glaciaires comprennent de nombreuses espèces; au nombre de ceux qui se sont éteints plus tard en Danemark on peut citer élan, ure, bison, castor, ours, lynx, loup, chat sauvage, grand pic noir, coq de bruyère, grand pingouin, pélican frisé et tortue d'eau douce.

Knud Jessen.

Dépôts éoliens.

Dans les endroits ouverts où la surface se compose de sable, donc en premier lieu sur la plage sablonneuse, le vent fait s'amonceler le sable et le gravier en monticules plus ou moins importantes: les dunes. Elles constituent en apparence un paysage très irrégulier de sommets plus ou moins escarpés; en certains endroits — surtout le long de la partie sud de la côte occidentale du Jylland et dans les îles de la Mer du Nord — les dunes peuvent se trouver rangées en plusieurs bandes ou cordons parallèles à la côte, entre lesquels il peut y avoir des vallées allongées plus ou moins larges à fond souvent tout à fait uni.

Le pays de dune a une contenance de 700 km², dont de beaucoup la plus grande part se trouve sur la côte occidentale du Jylland depuis Skagen jusqu'à Blaavandshuk dans une zone d'une largeur qui peut s'élever à environ une dizaine de kilomètres; il y a en outre des dunes dans les îles de la Mer du Nord et, sur une échelle moins importante, dans les îles de Læsø et Anholt dans le Cattégat, le long de la côte du nord de la Sjælland, et sur la côte sud et sud-ouest de Bornholm. Dans les intervalles des dunes côtières et à l'est de celles-ci le sable mouvant peut se présenter en une nappe unie au-dessus de tourbe et d'autres formations.

Les dunes relativement récentes sont entièrement nues (la dune »blanche«), et du fait que le vent charrie les grains de sable du côté de l'abri elles peuvent se déplacer dans la direction du vent dominant.

Les barkhanes, dunes nues en forme de paraboles qui s'ouvrent sous le vent, peuvent se trouver mais n'ont que rarement une longue durée. Le plus grand barkhane du Danemark est Studeli Mile à Raabjerg au SO de Skagen.

Le sommet en a une altitude de 41 m au-dessus de la mer et de 20 à 22 m au-dessus de la plaine environnante; il a environ 1 km de longueur du nord au sud et 600 m de l'ouest à l'est; il se déplace d'à peu près 8 m par an.

Peu à peu la dune se couvre d'une végétation de roseau des sables, mousse et lichen etc., ce qui donne naissance à la dune »grise«, qui constitue la part principale du pays de dunes. La dune grise peut également se présenter en



Fig. 14. Dunes grises paraboliques à l'ouest de Svinkløv au nord-est de Fjerritslev, Jylland septentrional. Photographie d'après les cartes de la planchette de l'Etat major général, réduite à l'échelle d'environ 1: 110,000 (d'après K. J. V. STEENSTRUP).

forme de paraboles (voir fig. 14), mais celles-ci s'ouvrent au vent. Elles se forment si la couverture végétale d'une dune ordinaire se détruit et le sable est mis à nu; c'est alors qu'il se fait des »bris du vent«, excavations dont le vent a graduellement enlevé les grains de sable pour les charrier du côté de l'abri, ce qui a eu pour résultat que la dune a de nouveau commencé à se déplacer. Graduellement les bras de la parabole s'allongent de plus en plus tout en faisant dépérir la partie médiane, et lorsque, à la fin, celle-ci a tout à fait disparu, il s'est produit deux bourrelets de dunes parallèles, allongés dans la direction du vent et séparés par une vallée.

Les conditions nécessaires à la formation des dunes ont certainement dû exister pendant toute l'époque glaciaire

postérieure et post-glaciaire aussi bien qu'avant ce temps, mais il n'est pas possible de constater avec certitude la présence de dunes littorales d'époque reculée. Pour autant qu'on sache il ne se trouve des parties importantes de sable mouvant ni le long des côtes de la mer à *Litorina*, ni le long des lignes côtières encore plus anciennes de la période de la mer à *Yoldia*; par contre, on peut voir dans certaines localités dans les limites de la région des dunes actuelle du sable mouvant reposant sur des tourbières renfermant des outils datant de l'âge de pierre et de l'âge du bronze, de même que, dans des endroits où le sable mouvant a été enlevé par le vent, on peut retrouver la surface du sol d'un temps passé, avec de la terre végétale, sillons de labourage, ornières etc. Dans certains endroits on a trouvé plusieurs couches de terre végétale, l'une au-dessus de l'autre, entrecoupées par du sable mouvant. L'importance des sables mouvants semble s'être accrûe surtout en temps historique, après la destruction des forêts, et c'est surtout à partir du 16^e siècle qu'on commence à entendre parler de sérieuses dévastations dues au sable mouvant.²⁴⁻³¹

On trouve à l'intérieur du pays, souvent à beaucoup de kilomètres de distance de la plage, des régions de dunes de dimensions beaucoup plus modestes, régions nommées Indsande (sables intérieurs). Elles n'ont donc rien à faire avec le sable des côtes, mais leurs matériaux proviennent du sol sableux où elles sont situées. Les sables intérieurs se trouvent donc surtout dans les plaines de landes, dans les bassins de rivière glaciaires postérieurs, remplis de sable, ou sur les collines formées de sable glacio-fluviatile. Contrairement à ce qui est le cas pour les dunes côtières leur origine remonte quelquefois très loin dans le passé. C'est ainsi que les collines allongées composées de sable fin sans galets, qui se trouvent dans la région du Marsk de l'ouest du Slesvig (Ydre et Indre Bjergum près Ribe, et les collines où sont situés les villages d'Abterp, Ubjerg et d'autres) doivent être d'âge glaciaire postérieur ou de la première partie de la période post-glaciaire, étant donné qu'elles s'élèvent de la plaine de landes sous-jacente en émergeant du marsk, et qu'il n'est guère à supposer qu'elles soient formées après

qu'une végétation assez serrée eut déjà pris racine dans la plaine.

D'autres sables intérieurs, par ex. au NO d'Egtved et Rækkebjerg à l'est de Grindsted, se trouvent avoir leur origine dans la période glaciaire postérieure et au début de la période post-glaciaire.²⁹ En plusieurs localités on a observé des tumuli de l'âge de la pierre ou du bronze élevés sur du sable mouvant.²⁹

La région de sable intérieur qui recouvre la colline insulaire Rubjerg Knude entre Lønstrup et Løkken, dans le Jylland septentrional, a une origine toute particulière. Le sable mouvant ne provient nullement de la plage située en contrebas de la colline mais de la partie supérieure de la falaise due à l'action de la mer; les fortes tempêtes creusent de profondes crevasses dans le sable glacio-fluviatile entre les pans d'argile inclinés et charrient les grains de sable par-dessus et en dedans de la crête de la falaise.³¹

Un trait caractéristique à certaines contrées du centre du Jylland est l'apparition du sable mouvant sous forme d'une nappe recouvrant les dépôts glaciaires sans qu'il y ait eu formation de dunes. Il est à supposer que le sable mouvant a été retenu à la surface humide de ces terrains à l'époque glaciaire postérieure.²⁹

Dans les localités où le vent a enlevé le sable des dépôts de sable à gravier et à galets, il se forme des plaines de galets caractéristiques, dont la surface est comme tapissée des galets laissés en arrière. Ceux-ci sont souvent polis par le sable et ont reçu par là des formes caractéristiques à un ou plusieurs angles vifs.⁸³

La mâchoire inférieure d'un écureuil des prairies (*Spermophilus rufescens*) trouvée en 1877 par JAP. STEENSTRUP dans les dépôts d'eau douce à Nørre Lyngby (v. p. 147) a occasionné que dans la littérature dont il s'agit ici on a, à plusieurs reprises, émis l'hypothèse qu'à l'époque de transition entre les périodes glaciaire postérieure et post-glaciaire il aurait régné, en Danemark, un climat de steppe et une nature correspondant à celle qui a régné dans l'Europe centrale pendant les périodes glaciaires à steppes. Une telle hypothèse n'a pourtant jamais été affirmée ni par la ren-

contre de formations de loess ni par la rencontre de plantes des steppes ou d'autres restes d'animaux des steppes que la mâchoire nommée. L'apparition de l'écureuil des prairies en Danemark peut s'expliquer autrement.¹⁹⁻⁴⁸

La seule formation géologique qui, dans notre pays, pût faire penser à des conditions naturelles rappelant celle du steppe, seraient les dépôts de poussière trouvés çà et là sur des versants de collines, p. ex. Øxnebjerg près la station Langeskov en Fyn,¹⁹⁻⁶⁰ ou surmontant des falaises (Ristinge Klint dans l'île de Langeland²²); mais d'abord ils sont d'une puissance trop insignifiante (jusqu'à 1,6 m), ensuite ils sont trop peu importants en étendue, et enfin ils datent d'une période trop récente de l'époque post-glaciaire pour qu'il puisse être question de se baser là-dessus en vue de supposer l'existence d'un climat ou d'une nature de steppe en Danemark. Dans ces dépôts de poussière on a, par endroits, trouvé des quantités d'os démembrés, rongés et partiellement digérés de petits mammifères, oiseaux, reptiles et batraciens, p. ex. putois (*Mustela putorius*), qui, en Fyn, s'est éteint ou a été exterminé depuis longtemps, blaireau (*Meles taxus*), taupe (*Talpa europaea*), musaraigne (*Sorex vulgaris*), et d'autres; bécasse ordinaire (*Scolopax rusticola*), canard sauvage (*Anas boscas*), rouge-gorge (*Erithacus rubecula*), couleuvre à collier (*Tropidonotus natrix*), grenouilles (*Rana*) et crapauds (*Bufo*). Ces os tirent leur origine soit des renardières et des taisonnières des collines en question, dont ils ont été jetés dehors pour être incorporés ensuite dans les amas de poussière amoncelés par le vent, soit de vomissements d'oiseaux de proie.⁸⁴

V. Nordmann.

Bibliographie.

Abbreviations:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

N. G. U. = Norges Geologiske Undersøkelse.

S. G. U. = Sveriges Geologiska Undersökning.

G. F. F. = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar.

- Vid. Medd. Naturh. Foren. = Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening i København.
- Vid. Selsk. Overs. = Oversigt over det kongelige Videnskabernes Selskabs Forhandlinger.
- Vid. Selsk. Skr. = Det kongelige danske Videnskabernes Selskabs Skrifter.
- Aarb. f. nord. Oldk. = Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie.

1. JESSEN, AXEL. 1922: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Varde. Avec résumé en français: Description explicative de la feuille (géologique) de Varde. D. G. U. I. Række, Nr. 14.
2. USSING, N. V. et MADSEN, VICTOR. 1897: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Hindsholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Hindsholm. D. G. U. I. Række, Nr. 2.
3. MILTHERS, V. 1909: Scandinavian Indicator-Boulders in the Quaternary Deposits. D. G. U. II. Række, Nr. 23.
4. MILTHERS, V. 1913: Ledeblokke i de skandinaviske Nedisingers sydvestlige Grænseegne. Leitgeschiebe in den südwestlichen Grenzgebieten der skandinavischen Vereisungen. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
5. NORDMANN, V., JESSEN, KNUD und MILTHERS, V. 1923: Quartärgeologische Beobachtungen auf Sylt. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 15.
6. NORDMANN, V. 1904: Echinoderm- og Mollusk-Faunaen i Yöldialeret ved Esbjerg. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 10.
7. NORDMANN, V. 1922: Det marine Diluvium ved Vognsbøl. Avec résumé en français: Les dépôts marins diluviaux près de Vognsbøl. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 14.
8. NORDMANN, V. 1928: La position stratigraphique des dépôts d'Eem. D. G. U. II. Række, Nr. 47.
9. NORDMANN, V. 1912: Fra Nordre Strømfjord og Gieseckes Sø. »Det grønlandske Selskabs Aarskrift«.
10. NORDMANN, V. 1921: Oversigt over naturvidenskabelige Undersøgelser i Grønland. »Naturens Verden«. 5. Aarg.
11. JESSEN, KNUD and MILTHERS, V. 1928: Stratigraphical and Palaeontological Studies of Interglacial Freshwater-deposits in Jutland and Northwest Germany. D. G. U. II. Række, Nr. 48.
12. MILTHERS, V. 1922: Nordøstsjælland's Geologi. D. G. U. V. Række, Nr. 3.
13. HARTZ, N. 1909: Bidrag til Danmarks tertiære og diluviale Flora. With a Summary of the Contents: Contribution to the tertiary and plintocene flora of Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 20.

14. REID, E. M. and CHANDLER, M. E. J. 1925: The Bembridge Flora. British Museum. Catalogue of Cainozoic plants in the Department of Geology. Vol. I. London.
15. JESSEN, KNUD. 1927: Nematurella-Leret ved Gudbjerg og Gytjeblokkene i Københavns Frihavn i pollenfloristisk Belysning. Dansk geol. Foren. Bd. 7.
16. JOHANSEN, A. C. 1904: Om den fossile kvartære Molluskfauna i Danmark og dens Relationer til Forandringer i Klimaet. I. Land- og Ferskvandsmolluskfaunaen.
17. HARTZ, N. et ØSTRUP, E. 1899: Danske Diatoméjerd-Aflejringar og deres Diatoméer. Avec résumé en français: Dépôts de Diatomées en Danemark. D. G. U. II. Række, Nr. 9.
18. NORDMANN, V. 1921: Nyere Fund af Elefant-Levninger i Danmark. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 4.
19. NORDMANN, V. 1905: Danmarks Pattedyr i Fortiden. D. G. U. III. Række, Nr. 5.
20. JESSEN, A., MILTHERS, V., NORDMANN, V., HARTZ, N. et HESSELBO, A. 1910: En Boring gennem de kvartære Lag ved Skærumhede. With a Summary of the Contents: Boring operations through the quaternary Deposits at Skærumhede. D. G. U. II. Række, Nr. 25.
21. JESSEN, AXEL. 1925: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Blaavandshuk. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Blaavandshuk. D. G. U. I. R, Nr. 16.
22. MADSEN, VICTOR, NORDMANN, V. et HARTZ, N. 1908: Eem-Zonerne. Avec résumé en français: Les zones de l'étage éémien. D. G. U. II. Række, Nr. 17.
23. MADSEN, VICTOR. 1921: Terrainformerne paa Skovbjerg Bakkeø. Avec résumé en français: Les formes du terrain de la Colline Insulaire de Skovbjerg. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 12.
24. JESSEN, A. 1899: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Skagen, Hirshals, Frederikshavn, Hjørring og Løkken. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles (géologiques) de Skagen, Hirshals, Frederikshavn, Hjørring et Løkken. D. G. U. I. Række, Nr. 3.
25. JESSEN, A. 1909: Lagfølgen i Vendsyssels Diluvium. Dansk geol. Foren. Bd. 3, Nr. 15.
26. USSING, N. V. 1903: Om et nyt Findested for marint Diluvium ved Hostrup i Salling. Vid. Medd. Naturh. Foren.
27. MILTHERS, V. 1900: Tellina calcaria Leret ved Høve i Ods herred. Dansk geol. Foren. Bd. 1, Nr. 6.
28. JESSEN, AXEL, MADSEN, VICTOR, MILTHERS, V. et NORDMANN, V. 1918: Brørup-Mosernes Lejringsforhold. Avec résumé en français: Conditions de gisement des tourbières de Brørup. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 9.

29. MILTHERS, V. 1925: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bække. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bække. D. G. U. I. Række, Nr. 15.
30. ØDUM, H. 1927: Bemærkninger om Vestgrænsen for den sidste Nedisning i Nordslesvig (Rapport). Dansk geol. Foren. Bd. 7.
31. JESSEN, AXEL. 1918: Vendsyssels Geologi. D. G. U. V. Række, Nr. 2.
32. HARDER, POUL. 1908: En østjydsk Israndslinje og dens Indflydelse paa Vandløbene. With a Summary of the Contents: An ice-edge line in East-Jutland and its influence on the watercourses. D. G. U. II. Række, Nr. 19.
33. MADSEN, VICTOR. 1903: Om den glaciale, isdæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn. Avec résumé en français: Le lac glaciaire, endigué par la glace, près de Stenstrup en Fionie. D. G. U. II. Række, Nr. 14.
34. NORDMANN, V. 1922: Nye Iagttagelser over den glaciale, isdæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn. With a Summary of the Contents: New Observations on the Glacial, Icedammed Lake at Stenstrup in Fyn. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 17.
35. RØRDAM, K. 1909: Geologi og Jordbundslære. Bd. 2. Danmarks Geologi.
36. RØRDAM, K. et MILTHERS, V. 1900: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Sejro, Nykjøbing, Kalundborg og Holbæk. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles (géologiques) de Seirø, Nykjøbing, Kalundborg et Holbæk. D. G. U. I. Række, Nr. 8.
37. GRÖNWALL, KARL A. 1904: Forsteningsførende Blokke fra Langeland, Sydfyn og Ærø. Avec résumé en français: Blocs fossilifères de l'île de Langeland, du sud de la Fionie et de l'île d'Ærø. D. G. U. II. Række, Nr. 15.
38. HARTZ, N. et MILTHERS, V. 1901: Det senglaciale Ler i Allerød Teglværksgrav. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 8.
39. DE GEER, GERARD, 1912: A Geochronology of the last 12000 years, Congrès géologique internat. Compte rendu de la XIe Session, Stockholm 1910.
40. NORDMANN, V. 1922: De Geer's kvartærgeologiske Tidsberegning. »Naturens Verden«. 6. Aarg. København.
41. DE GEER, GERARD, 1926: On the Solar Curve as dating the Ice Age, the New York Moraine and Niagara Falls through the Swedish Timescale. Geografiska Annaler, Årg.8. Stockholm.
42. MILTHERS, V. 1927: On the so-called Gothi-glacial Limit in Denmark. Geografiska Annaler. Årg. 9. Stockholm.
43. ANDERSEN, S. A. 1928: De danske varv. Et par foreløbige bemærkninger om deres udvikling og konnektion. G. F. F. Bd. 50.

44. DE GEER, GERARD, 1925: Förhistoriska tidsbestämningar. »Ymer«. 45. Årg. Stockholm.
45. SARAUW, GEORG F. L. 1903: En Stenalder's Boplads i Maglemose ved Mullerup sammenholdt med beslægtede Fund. Aarb. f. nord. Oldk. II. Række, Bd. 18.
SARAUW, GEORG F. L.: Maglemose, ein steinzeitlicher Wohnplatz im Moor bei Mullerup auf Seeland. Prähist. Zeitschr. 1911 und 1914.
46. JOHANSEN, K. FRIIS, 1919: En Boplads fra den ældste Stenalder i Sværdborg Mose. Aarb. f. nord. Oldk. III. Række, Bd. 9. Une station du plus ancien âge de la pierre dans la tourbière de Sværdborg. Extrait des Mém. de la Soc. Roy. des Antiqu. du Nord. Copenhague 1918—1919.
47. BROHOLM, H. C. 1924: Nye Fund fra den ældste Stenalder. Holmegaard- og Sværdborgfundene. Aarb. f. nord. Oldk. III. Række, Bd. 14. Nouvelles trouvailles du plus ancien âge de la pierre. Les trouvailles de Holmegaard et de Sværdborg. Mém. de la Soc. Roy. des Antiqu. du Nord. Copenhague 1926—27.
48. JESSEN, A. et NORDMANN, V. 1915: Ferskvandslagene ved Nørre Lyngby. With a Summary of the Contents: The Fresh-water Deposits at Nørre Lyngby. D. G. U. II. Række, Nr. 29.
49. NORDMANN, V. 1915: On Remains of Reindeer and Beaver from the commencement of the Postglacial Forest Period in Denmark. D. G. U. II. Række, Nr. 28.
50. BRÖGGER, W. C. 1900—01: Om de sen-glaciale og postglaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet. With a Summary of the Contents: On the Late Glacial and Postglacial Changes of Level in the Kristiania-Region. N. G. U. Nr. 31.
51. ØYEN, P. A. 1916: Istiden. »Naturen«. 40. Aarg. Bergen.
52. BYØRLYKKE, K. O. 1913: Norges Kvartærgeologi. With a Summary of the Contents: The Quaternary Geology of Norway. N. G. U. Nr. 65.
53. JENSEN, ADOLF SEVERIN. 1905: On the Mollusca of East-Greenland. I. Lamellibranchiata. With an introduction on Greenland's fossil Mollusc-Fauna from the quaternary time. Meddel. om Grønland. 29. Bd. II. Kbh. 1909.
54. NORDMANN, V. 1904: Dosinialagene ved Kattegat. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 10.
55. NORDMANN, V. 1903: Østersens (*Ostrea edulis* L.) Udbredelse i Nutiden og Fortiden i Havet omkring Danmark. Dansk geol. Foren. Bd. 2, Nr. 9.
56. NORDMANN, V. 1912: Der Kjökkenmödding bei »Bildt«. Publié comme manuscrit.
57. NORDMANN, V. 1905: Bemærkninger om Molluskfaunaen (dans Danmarks geologiske Undersøgelser. V. Række. Nr. 4.

- Jessen, A. Beskrivelse til de geologiske Kortblade Aalborg og Nibe (nordlige Del). D. G. U. I. Række, Nr. 10).
58. JESSEN, AXEL. 1920: Stenalderhavets Udbredelse i det nordlige Jylland. With a Summary of the Contents: The Extension of the Stoneage Sea (Tapes-Litorina Sea) in Northern Jutland. D. G. U. II. Række, Nr. 35.
 59. MADSEN, VICTOR. 1900: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bogense. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bogense. D. G. U. I. Række, Nr. 7.
 60. MADSEN, VICTOR. 1902: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Nyborg. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Nyborg. D. G. U. I. Række, Nr. 9.
 61. MATTHIASSEN, THERKEL. 1919: Ertebøllekulturens Bopladser ved Roskilde Fjord. Aarb. udg. af Historisk Samfund for Københavns Amt. Roskilde.
 62. MILTHERS, V. 1908: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Faxe og Stevns Klint. Avec résumé en français: Notice explicative des feuilles (géologiques) de Faxe et de Stevns Klint. D. G. U. I. Række, Nr. 11.
 63. JESSEN, A. 1916: Marsken ved Ribe. Avec résumé en français: Le Marsk près de la ville de Ribe. D. G. U. II. Række, Nr. 27.
 64. HARTZ, N. 1902: Bidrag til Danmarks sen-glaciale Flora og Fauna. Avec résumé en français: Recherches sur la flore et la faune glaciaires postérieures du Danemark. D. G. U. II. Række, Nr. 11.
 65. HARTZ, N. 1903, dans MADSEN, VICTOR: Om den glaciale, isdæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn. Avec résumé en français: Le lac glaciaire, endigué par la glace, près de Stenstrup en Fionie. D. G. U. II. Række, Nr. 14.
 66. JOHANSEN, A. C. 1906: Om Temperaturen i Danmark og det sydlige Sverige i den sen-glaciale Tid. Dansk. geol. Foren. Bd. 2, Nr. 12.
 67. GRÖNWALL, K. A. et MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 68. JESSEN, KNUD. 1920: Moseundersøgelser i det nordøstlige Sjælland. With a Summary of the Contents: Bog-investigations in North-East Sjælland immigration of trees and shrubs and the history of the vegetation. D. G. U. II. Række, Nr. 34.
 69. JESSEN, KNUD. 1924: Et Bjørnefund i Allerødgytje. Dansk geol. Foren. Bd. 6, Nr. 24.

70. VON POST, LENNART. 1916: Einige südschwedischen Quellmoore. Bulletin of the Geol. Instit. of Upsala, vol. XV.
71. VON POST, LENNART. 1924. Das genetische System der organogenen Bildungen Schwedens. Comité internat. de Pédologie. IV. Commission, Nr. 22. Helsinki-Helsingfors.
72. JESSEN, KNUD. 1918: Om Moserne og det postglaciale Klima. »Naturens Verden«. 2. Aarg.
73. JESSEN, KNUD. 1916: Bronzealderhorizonten i Boring Sønderkær. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 4.
74. JESSEN, KNUD. 1919: De geologiske Forhold i Sværdborg Mose. Voir Nr. 46 (JOHANSEN, K. FRIIS i Aarb. for nord. Oldl.). L'enquête géologique, voir No. 46.
75. JESSEN, KNUD. 1924: De geologiske Forhold ved de to Bopladser i Holmegaards Mose. Voir Nr. 47 (BRÖHOLM, H. C. i Aarb. for nord. Oldk. III. Række, Bd. 14). Conditions géologiques des deux stations du plus ancien âge de la pierre dans la tourbière de Holmegaard; voir No 47.
76. JESSEN, KNUD. 1922: Skandinaviske Kalktuffer. »Naturens Verden«, 6. Aarg. København.
77. LEMCHE, HENNING. 1926: Et Kildekalkleje i Kagerup ved Grib Skov og dets Molluskfauna. Summary of the Contents: A layer of Calcareous Tuff at Kagerup near Grib Forest and its Fauna of Mollusc. Vid. Naturh. Foren. Bd. 82.
78. JOHANSEN, A. C. et LYNGE, HERM. 1917: Om Land- og Ferskvandsmolluskerne i holocæne Lag ved Strandgaarden SSO for Kalundborg, og deres Vidnesbyrd om Klimaforandringer. Dansk geol. Foren. Bd. 5, Nr. 11.
79. WINGE, HERLUF. 1903: Om jordfundne Fugle fra Danmark. Vid. Medd. Naturh. Foren.
80. WINGE, HERLUF. 1904: Om Fugle fra Bronzealderen i Danmark. Vid. Medd. Naturh. Foren.
81. KURCK, C. 1917: Den forntida utbredningen af Kärrsköldpaddan *Emys orbicularis* (Lin.) i Sverige, Danmark och angränsande länder. Mit einer Zusammenfassung: Die ehemalige Verbreitung der Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis* LIN.) in Schweden, Dänemark und den angrenzenden Ländern. Lunds universitets årsskrift. N. F. Avd. 2. Bd. 13, Nr. 9 (Kungl. Fysiografiska Sällsk. Handl. N. F. Bd. 28, Nr. 9).
82. ØDUM, HILMAR. 1920: Et Elsdyrfund fra Taaderup paa Falster. D. G. U. IV. Række, Bd. 1, Nr. 11.
83. MILTHERS, V. 1907: Sandslebne Stens Form og Dannelse. Dansk geol. Foren. Bd. 3, Nr. 13.
84. WINGE, HERLUF. 1899: Om nogle Pattedyr i Danmark. Vid. Medd. Naturh. Foren.

Formes topographiques.

Les formes topographiques du Danemark sont dues, avant toute autre cause, à l'action exercée par la nappe glaciaire et l'eau glaciaire au cours de la dernière et l'avant-dernière époque glaciaire. A un degré moindre elles sont tributaires de l'accumulation et l'érosion fluviales et marines, outre des glissements et coulements et de l'action du vent. Les soulèvements et affaissements du pays ont également contribué à donner au Danemark sa configuration actuelle.

Dans un pays bas comme le Danemark, dont la structure est caractérisée dans une large mesure par des assises peu cohérentes, c'était surtout dans la zone marginale de la nappe glaciaire et dans une zone située juste au-devant que s'opérait le modelage de la surface, par le fait que l'action de la nappe de glace et de l'eau glaciaire a donné naissance à une série spéciale de formes de terrain, surtout dans les cas où le front glaciaire est resté stationnaire ou à peu près pendant une période d'une certaine durée.

À une certaine distance en dedans du front la nappe glaciaire a exercé son action essentiellement en raclant et lissant sa base dans sa marche lente et uniforme au-dessus de sa moraine de fond, en même temps que celle-ci a été portée en avant par la glace et s'est peu à peu déposée au-dessous. Il se fit ainsi au-dessous de la glace à une certaine distance du front glaciaire un plan morainique, une surface unie, qui monte et descend faiblement en un large et mol ondoisement. Comme types de ces plans morainiques on peut citer »Heden« entre København, Roskilde et Køge, »Sletten« dans le nord de la Fyn et les environs de Fredericia. Un plan morainique peut s'être développé comme une

dépression centrale, qui peut s'être transformée postérieurement en une baie, p. ex. Køge Bugt, Lammefjord og Sidingsfjord dans l'Odsherred en NO.-Sjælland, Kertinge Nor en Fyn, les »Bredninger« (étendues) dans la partie occidentale du Limfjord, les anses de Kalø et Æbeltoft Vig à la côte sud de la péninsule Djursland dans le Jylland occidental, Gudsø Vig à Kolding Fjord. Un plan morainique peut être situé assez haut pour former un plateau, dont les bords sont souvent fortement déchiquetés par l'érosion ou glaciaire postérieure ou post-glaciaire. Comme type d'un plateau on peut citer le pays au nord d'Aarhus et le terrain entre Horsens et Kolding Fjord. L'érosion peut avoir eu pour effet qu'une petite partie du plateau en a été complètement séparée de manière à former une »fausse« colline, p. ex. Himmelbjerget au SE de Silkeborg, Skræderbakken dans Grejsdalen et plusieurs »collines« sur le Vejle Fjord.

Les matériaux que la nappe glaciaire enlevait de sa base, elle les a fait avancer du côté du front glaciaire. A mesure que ces masses de terre, qui s'augmentaient constamment, s'approchaient du front, la glace était de moins en moins de force à les transporter, par le seul fait que l'épaisseur de la glace diminuait du côté du front. La plupart de ces masses de terre fut laissée sous la glace, apparaissant après le dégel comme un pays de collines qui, dans sa forme typique, est caractérisé par des collines serrées l'une contre l'autre, souvent escarpées et très différentes en grandeur, et souvent aussi se confondant partiellement. Entre les collines se trouvent des dépressions à marais et lacs, quelquefois à cavités sèches. Les détails des formes sont dûs en première ligne à l'accumulation originale, irrégulière des masses de terre. Les cavités sont souvent produites par le dégel de lambeaux de glace qui s'étaient incorporés dans les masses de terre. La configuration originale a été accentuée davantage par l'érosion glaciaire postérieure et post-glaciaire, ou bien elle a été en une certaine mesure émoussée par glissements et coullements. Le pays de collines se trouve développé dans sa forme la plus typique dans certaines contrées renommées pour la beauté de leur nature, la contrée du Himmelbjerg près Silkeborg, les environs du lac Hald Sø près Viborg, Mols (la partie

méridionale de la péninsule Djursland), les collines de Tolne Bakker en Vendsyssel, les collines de Svaninge Bjerger près Faaborg en Fyn, et les chaînes de collines entourant les dépressions centrales dans l'Odsherred dans le NO de Sjælland.

Une partie des masses de terre transportées par la nappe glaciaire fut pourtant dirigée jusqu'au front glaciaire et déposée le long de celui-ci sous forme d'une moraine marginale constituant, après le dégel, une longue croupe de collines en direction parallèle au front glaciaire, croupe composée de matériaux morainiques, principalement du gravier morainique, et de matériaux de l'eau glaciaire, gravier et sable roulés. La place des moraines marginales est à l'extrémité des zones de pays de collines. Quelquefois elles se poursuivent sur de longues distances sous forme de remparts morainiques continus; mais il arrive beaucoup plus souvent qu'elles apparaissent sous forme de petitesroupes de quelques centaines de mètres de longueur seulement, qui s'enchaînent en de longues files. Comme moraines marginales typiques on peut citer la moraine marginale à Horneby au sud de Hornbæk dans le nord de Sjælland, la moraine marginale de Torpshøje à Løsning au SO de Horsens, les moraines marginales situées au-devant du pays de collines de Mols, les Tulsbjergs entre Hobro et Salling.

Il n'est pas rare de trouver des systèmes de moraines marginales qui sont situées en parallèles assez près l'une de l'autre pour former tout un paysage de moraines marginales. On en trouve dans plusieurs contrées du nord de la Sjælland, p. ex. à Gribskov, à Teglstrup Hegn à l'ouest de Helsingør (Elseneur), à Rude Skov et à Søllerød au NO de København.

Une forme spéciale des moraines marginales sont les collines transversales, collines arrondies, allongées, dont la direction en longueur est la même que celle du front glaciaire, et qui se composent de gravier et sable glacio-fluviatiles ou de matériaux qui représentent l'intermédiaire entre ceux-ci et du sable morainique. La position des couches est dérangée, la direction est dans le sens de longueur des collines, et les couches ont le plus souvent leur pendage du côté des versants des collines. Ici elles s'enfoncent au-dessous de la cou-

verture d'argile morainique du paysage plus plat environnant, et il n'est pas rare que cette couverture d'argile se continue un peu sur les flancs des collines; quelquefois la colline transversale est recouverte en entier d'argile morainique. La colline transversale a l'air d'avoir été par la pression de la glace soulevée devant le front glaciaire. Les collines transversales apparaissent surtout dans l'île de Langeland, à Hindsholm et dans le sud de l'île de Samsø, où elles se trouvent si nombreuses qu'on peut qualifier la contrée de paysage de collines transversales.

Si, pendant le dégel, il arrivait que le mouvement de la zone marginale de la nappe glaciaire cessât, en sorte que la couverture de glace était stationnaire pour une période avant sa disparition complète, alors apparaissait au dégel définitif le paysage morainique à petites collines, composé d'une quantité de petites collines et de cavités marécageuses ordonnées tout à fait irrégulièrement par rapport les unes aux autres. Les cavités ont pris naissance dans les endroits où des parties de glace ont subsisté le plus longtemps, et les collines là où les matériaux morainiques se sont amoncelés entre les parties de glace. Typique à cet égard est le terrain situé au sud de Hareskov et Jonstrup Vang, au NO de København.

On rencontre à Kalø Vig à la côte sud de la presqu'île Djursland (Jylland oriental) un paysage morainique à petites collines très intéressant, superposé à un terrain antérieur à grandes étendues de collines d'une configuration large, régulière, terrain dont les lignes ne sont qu'en partie voilées par le terrain postérieur (v. fig. 15).

Ça et là on rencontre des collines isolées composées de gravier et sable glacio-fluviatiles, dont la position des couches est ordinairement irrégulière. Il est à supposer que les matériaux de ces collines ont été réunis par l'eau dans des creux à la surface de la glace; le remplage de sable ainsi établi a dû alors rester après le dégel sous forme d'une colline. Pour des collines consistant exclusivement en argile stratifiée, «argile de plateau», on peut supposer un mode de formation analogue.

Les eaux de fonte de la nappe glaciaire se réunissaient

sous la glace, formant des torrents sous-glaciaires dans des tunnels de glace; comme, renfermés dans ces tunnels, ils étaient sous pression ils pouvaient couler »à contre-mont« jusqu'au front glaciaire, d'où ils s'échappaient par des voûtes



Fig. 15. Carte de terrain (à l'échelle de 1 : 140000) de la contrée entre Lilleaas Dal et Kalø Vig au NE d'Aarhus en Jylland. Les lignes délimitatrices entre les zones les plus foncées et les plus claires indiquent les courbes d'équidistance de 40 pieds danois; les teintes intermédiaires ébauchent les courbes d'équidistance de 10 pieds. Le trait noir qui traverse la carte est une part de la ligne d'arrêt de l'est du Jylland (voir p. 125); il constitue ici la limite de la langue glaciaire de Kalø Vig. Au SE du trait noir il y a un paysage morainique à petites collines, qui se trouve superposé à un terrain antérieur à grandes collines régulières aux lignes harmonieuses, dont l'autre paysage ne parvient que partiellement à voiler les formes. Au NO du trait noir, ce terrain antérieur se présente avec ses grandes collines régulières aux lignes harmonieuses. (D'après POUL HARDER: En østjysk Israndslinie og dens Indflydelse paa Vandløbene. With a Summary of the Contents: An ice-edge line in East Jutland and its influence on the water-courses. D. G. U. II. Række, Nr. 19. Tavle II, fig. 1).

de glace pour se répandre en plein air dans les avant-terres. En creusant leurs lits dans le sol qui servait de base à la glace ils donnaient naissance à des vallées à tunnel. L'éro-

sion du lit de torrent devint nécessairement irrégulière selon que le tunnel était élevé ou bas et que des monceaux de glace s'étaient détachés de la voûte du tunnel pour tomber dans le lit. Conséquemment le fond de la vallée à tunnel se fit accidenté, à dépressions longues et irrégulières, qui se sont transformées en lacs allongés lors du dégel de la nappe glaciaire. Dans les vallées à tunnel, surtout à proximité de l'embouchure, se sont formés quelquefois des dépôts de gravier qui, au dégel, sont restés sous forme de croupes de collines, oses, dont la coupe longitudinale est perpendiculaire au front glaciaire, et qui présentent ordinairement quelques sinuosités.

Les plus longues des vallées à tunnel s'étendent depuis le Cattégat jusqu'à la limite orientale des grandes plaines de landes; dans plusieurs cas la mer a pénétré dans les parties orientales des vallées à tunnel, ce qui a donné naissance à des fiords.

A mesure que les torrents glaciaires se répandaient sur les avant-terres ils apportaient du gravier et du sable, qui se déposaient en remplissant ainsi les parties basses du terrain. C'est ainsi que sont nées peu à peu les plaines de landes, dont celles du centre et de l'ouest du Jylland sont de beaucoup les plus grandes. Elles se composent de sable et gravier glacio-fluviatiles; elles constituent des demi-cônes aplatis, dont les sommets se trouvent aux points terminaux des vallées à tunnel. On trouve ici les matériaux les plus grossiers et pierreux, plus loin se trouvent du gravier et du sable plus fins. Au point terminal de la vallée à tunnel la déclivité de la plaine de lande est ordinairement de 1 : 400 ou 1 : 500, dans la partie médiane de 1 : 700, et du côté de la Mer du Nord de 1 : 1000.

Dans les endroits où le terrain de l'époque glaciaire précédente était trop élevé pour être recouvert du sable de landes il se fit des collines insulaires, territoires plus ou moins étendus qui émergent des plaines de landes comme des îles. A la surface des collines insulaires se trouvent les dépôts superficiels les plus anciennes du Danemark, à savoir des moraines, généralement sableuses, et dépôts glacio-fluviatiles de l'avant-dernière époque glaciaire, dans lesquels la dé-

composition a pénétré profondément. Depuis la fin de cette époque glaciaire, à travers la dernière époque interglaciaire, la dernière époque glaciaire, les époques glaciaire postérieure et post-glaciaire, les collines insulaires se sont trouvées exposées à l'action des forces destructives. Les formes de terrain primitives se sont émoussées au cours de cette longue période. Il n'y a plus de lacs, les dépressions sans issue ont été en grand nombre comblées ou transformées en vallées, les flancs escarpés ont été ravalés, les sommets et croupes de collines ont diminué de hauteur et sont devenus plus aplatis, les vallées à tunnel ont perdu leur caractère spécial, les cours d'eau principaux sont conséquents, les cours d'eau secondaires inséquents. Il s'est formé des vallées larges, à déclivité régulière; cours d'eau et vallée se sont appropriés l'un à l'autre. La surface entière a acquis un caractère tranquille, à grandes lignes, âgé. Le cycle d'érosion est depuis longtemps arrivé à sa maturité.

Les trois types de paysage: plan morainique, pays de collines et plaine de landes, correspondent ainsi par rapport à leur origine. Plus le front glaciaire est resté longtemps stationnaire ou à peu près, plus ils ont développé leur caractère spécial, et de l'autre côté, plus le dégel s'est produit vite, moins ils ont développé leur caractère spécial; ainsi des types intermédiaires ont peu se former, types dont il est difficile de dire s'ils sont à désigner comme plan morainique, paysage morainique à petites collines, ou pays de collines.

La nappe glaciaire avait toujours une tendance à surélever le terrain à son front en y déposant pays de collines, moraines marginales et plaines de landes, dont les parties les plus élevées se formaient, en effet, près du front glaciaire. C'est pourquoi on constate souvent que les lignes de partage des eaux se confondent avec les lignes d'arrêt de la glace. Lorsque la glace se fondait rapidement, reculant ainsi d'une position qu'elle avait tenue depuis longtemps, l'eau de fonte ne pouvait plus se frayer un chemin par-dessus la ligne d'arrêt mais devait nécessairement se forcer de nouvelles voies en arrière de celle-ci. Les torrents glaciaires formaient alors peu à peu, par érosion, des lits de fleuve extra-marginaux normaux, lits dont le fond est à descente unie

et qui se confondaient de temps en temps avec des parties des vieilles vallées à tunnel déjà existantes. Une étude approfondie des différents systèmes de vallées nous montre par quelles voies l'eau de fonte de la nappe glaciaire s'est écoulée aux différentes époques. Lorsque l'eau glaciaire obtint ainsi un chemin plus court pour arriver à la mer, sa force d'érosion a augmenté et il s'est produit des terrasses dans les vallées. De beaux types de vallées extra-marginales nous sont fournis par les vallées de Gudena et Skalsaa, qui en maints endroits sont profondes de 50 m et larges de 2 km. Ces grandes vallées nous font clairement voir que les volumes d'eau qui avaient à s'écouler alors, étaient énormes. Les vallées sont »trop grandes« pour les rivières de nos jours. La vallée et la rivière »ne sont pas appropriées« l'une à l'autre.

Abstraction faite des collines insulaires, les formes topographiques dépeintes ici ne sont pas antérieures à la fin de la dernière glaciation. Depuis le temps de leur formation elles n'ont pas subi d'altération essentielle. La déclivité des vallées souvent ne s'est pas encore harmonisée; il se trouve souvent des lacs dans les vallées; au point de vue morphologique elles sont encore jeunes; le cycle d'érosion est encore dans sa phase de jeunesse. Partout où nous rencontrons une complexité de formes de cette nature nous pouvons être sûrs de nous trouver dans le domaine de la dernière glaciation.

Parmi les formes topographiques qui tirent leur origine de l'époque glaciaire postérieure et post-glaciaire les plaines marines occupent les plus grands territoires. On peut faire la distinction entre les plans glaciaires postérieurs plus élevés du Vendsyssel et les plaines marines alluviales plus basses des parties nord du Jylland, de la Fyn et de la Sjælland, qui sont tous deux un fond de mer exhaussé, et puis les plaines de Marsk formées après l'âge du bronze dans la partie sud du Jylland occidental. A ces dernières viennent se joindre les formes d'accumulation: terrasses d'accumulation, cordons littoraux, isthmes, pointes de terre, et puis les lacs séparés de la mer, dont la communication avec la mer a été bloquée par

suite d'un soulèvement, p. ex. Arresø, et les lacs littoraux ou lagunes, barrées par des cordons littoraux, tels que Kjelsnor à la pointe sud de Langeland et les deux fiords Ringkøbing Fjord et Nissum Fjord à la côte occidentale du Jylland, qui ne sont pas encore entièrement bloqués; et enfin les formes d'érosion: falaises et terrasses d'érosion.

En fait de dépôts d'eau douce il y a d'abord les plaines de rivière, qui peuvent être de dimensions assez considérables, p. ex. à la rivière de Gudenaå près de Randers et le delta de Skjern Å au sud de Ringkøbing; et ensuite les marais, dont les plus grands sont Store et Lille Vildmose.

L'action du vent a produit le pays de dunes mentionné auparavant (pp. 153—55).

Victor Madsen.

Changements de Niveau.

Les sédiments marins jouent un rôle dominant pour la structure géologique du Danemark, et l'alternance continue de grès, schiste argileux, calcaire, sable et argile témoigne de conditions géographiques changeantes et de nombreuses transgressions et régressions de la mer.

La série des couches du Cambrien de Bornholm: grès, schiste sableux, schiste argileux bitumineux, porte témoignage d'un affaissement continu et de la transgression sur ces contrées de la mer cambrienne de l'Europe. Jusque bien avant dans le Silurien la mer a régné ici; l'absence de dépôts du Dévonien et de dépôts carbonifères, par contre, pourrait être un indice qu'il y a eu une régression et que cette partie de la surface terrestre a été une terre ferme pendant de longues périodes. S'il en soit de même aussi pour le Permien est incertain, étant donné que nous ne possédons pas de connaissance exacte quant à savoir jusqu'où les gisements permien connus du Mecklembourg et du Holstein se poursuivent septentrionalement. Ce n'est que vers la fin du Triasique qu'on constate d'une façon indubitable une nouvelle transgression, venant du sud, sur certaines parties de la Scandinavie. La nature des gisements rhétiens-liasiques en Bornholm, où des couches d'eau douce alternent avec des dépôts limniques et pélagiens, indique pourtant une zone limitrophe à alternance fréquente de la terre ferme et de la mer.

Depuis le milieu du Jurassique jusqu'à un peu avant dans le Crétacé on ne connaît pas de dépôts marins en assise fixe dans les limites du Danemark, et on ne sait rien des conditions de niveau du pays. De nombreux blocs de calcaire et

de grès datant de cette période, p. ex. les blocs du Kiméridgien-Portlandien qui se trouvent en grand nombre dans le nord du Jylland, font supposer, pourtant, que des roches de cette nature se trouvent à l'état fixe dans les profondeurs ou à peu de distance au large de nos côtes, et qu'au moins dans certaines sections du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur la mer a passé sur le Danemark.

Des déplacements verticaux d'une très grande importance ont eu lieu au cours des époques mésozoïques le long de la zone de failles s'étendant du NO au SE, du Cattégat par la Scanie et Bornholm, zone qui constitue la limite entre la Fenno-Scandia, qui a conservé sa grande altitude à travers de longues périodes géologiques, et le bassin de dépression situé plus au sud : le Danemark et le pays bas de l'Allemagne du Nord. La puissance des gisements mésozoïques au sud de cette limite s'élève à plusieurs kilomètres, et les seuls sédiments qui pendant la toute dernière période du crétacé se sont déposés sur le Danemark, ont une puissance d'environ 1 km.

L'apparition de dépôts du Cénomaniens, du Turonien supérieur et du Sénomien inférieur ou moyen en Bornholm dénote que la mer a dû alors de temps à autre passer par là. En continuation de cela il y a eu la sédimentation des imposantes assises de marne calcaire et de craie, dont il est à supposer qu'elles constituent un sous-sol continu au-dessous du pays entier (à l'exception de Bornholm). Depuis le Sénomien moyen jusque dans le Sénomien supérieur — c. à d. de la zone à *Actinocamax quadratus* à la zone à *Belemnitella mucronata* — il faut supposer un affaissement du fond de la mer jusqu'à une assez grande profondeur; par contre il se produit vers la fin du Sénomien un exhaussement du sol qui a fait se soulever certaines parties du fond de la mer crétacée au niveau de, ou partiellement même au-dessus du niveau de la mer. Certains faits semblent même indiquer qu'à la limite entre le Sénomien et le Danien il faille compter avec deux régressions séparées par une transgression relativement peu considérable.¹ Au commencement du Danien il y a eu un nouvel affaissement du sol, en sorte que la mer a recouvert sinon le Danemark tout entier au moins la plupart du pays; les couches de craie et de calcaire assez divergentes déposées pendant cette

période, indiquent des changements dans la profondeur de la mer. A travers le Danien supérieur et jusqu'à la fin de l'époque danienne il y a eu un soulèvement continu, pendant le maximum duquel des régions plus ou moins considérables se sont trouvées à un niveau supérieur à celui de la mer. Au cours d'un affaissement subséquent se sont déposés les gisements paléocènes, d'abord des couches littorales, ensuite — à une plus grande profondeur de l'eau — des argiles variées, généralement à contenu décroissant en calcaire.

A l'époque de transition du Paléocène à l'Eocène il s'est probablement produit des déplacements importants le long de la limite entre le pays montagneux scandinave et le pays contigu de plaines de structure sédimentaire, et dans la première partie de l'époque éocène le Danemark était recouvert de la mer. L'absence d'Eocène supérieur(?) et d'Oligocène inférieur fait croire que le pays a été alors élevé au-dessus de la mer, mais pendant l'Oligocène moyen et supérieur le Danemark a été de nouveau recouvert de la mer, et à travers des conditions géographiques variées il s'est déposé tantôt de l'argile très grasse, tantôt de l'argile sableuse. Au commencement du Miocène il y a eu un soulèvement assez considérable pour permettre la formation d'importants dépôts d'eau douce (lignite); mais pendant le Miocène moyen et supérieur la mer a de nouveau partiellement envahi le pays en produisant des gisements d'argile sableuse et d'énormes couches de sable. Du Pliocène il n'y a pas de dépôts marins connus en Danemark. L'apparition de pliocène marin dans l'île de Sylt dénote cependant que la mer n'a pas été bien éloignée.²

On ne connaît que très peu de choses des conditions du niveau en Danemark à l'époque glaciaire, bien que les recherches de ces dernières 40 années nous aient enrichis de certains faits nouveaux à cet égard. Jusqu'à nouvel ordre il faut supposer que le Danemark s'est trouvé à un niveau élevé pendant le Pliocène aussi bien que dans la première partie de l'époque glaciaire. Les premiers indices d'un recouvrement, au moins partiel, du pays par la mer datent du commencement de la première époque interglaciaire; il s'agit ici d'argile marine déposée à Esbjerg.³ Le fait que l'argile

est déposée directement sur une moraine antérieure et le caractère de la faune (v. p. 98) portent témoignage d'un soulèvement progressif accompagné d'une élévation de la température de la mer. L'extension de l'argile et la nature de la faune laissent supposer qu'au début de cette époque interglaciaire la contrée d'Esbjerg a été à un niveau d'au moins 20 m au-dessous du niveau actuel.

Au cours du dégel de la première nappe glaciaire et du recul du front glaciaire à travers le Jylland la partie sud du Jylland central, sinon davantage, a dû se trouver au-dessus du niveau de la mer, témoin l'argile diluvienne sans galets et en certains endroits à débris végétaux, déposée dans de l'eau douce et très répandue ici.³ Au Petit Belt l'argile à *Tellina* (v. p. 100), aujourd'hui fortement déplacée, de Røgle Klint indique que la mer s'est avancée jusque là, probablement peu de temps après que cette contrée eut été débarrassée de la glace.

Pour autant qu'on puisse rapporter le dépôt d'argile marine de Hostrup,⁴ à l'ouest de Skive (p. 101), à la première époque interglaciaire — et en admettant que les couches se trouvent à l'état primaire — il y aura à noter un changement de niveau assez considérable pour cette contrée. L'argile marine s'élève à environ 25 m au-dessus du niveau de la mer et elle a été déposée à une profondeur entre 15 et 150 m, de sorte que le pays a dû se trouver à un niveau inférieur d'au moins 40 m au niveau actuel. Etant donné que le sable à faune limnique boréale qui se trouve ici au-dessus de l'argile, arrive à 27 m au-dessus du niveau de la mer, il faut qu'ici, pareillement à ce qui a été le cas à Esbjerg, il se soit produit un soulèvement du sol accompagné d'une élévation de la température de la mer.

Le forage de Skærumhede⁵ à l'ouest de Frederikshavn a fait découvrir des fragments de mollusques arctiques à une profondeur de ÷ 160 m dans la moraine la plus inférieure (d'origine baltique). Ils dénotent que la mer a régné à l'est ou au SE de Vendsyssel soit au commencement soit à la fin de la première époque glaciaire, et la profondeur extraordinaire à laquelle ils ont été trouvés peut faire supposer que le fond de la mer a été à cette époque plus élevé qu'aujourd'hui.

Si encore l'argile marine diluvienne à coquilles de certaines localités éparses⁶ (p. ex. Kibæk au SO de Herning et Ansager au NE de Varde) se trouve être déposée au cours de la même époque interglaciaire, la répartition de la mer et de la terre ferme aura dû, dans certaines périodes postérieures de l'époque en question, être de beaucoup différente de celle d'aujourd'hui; mais ces localités ne fournissent pas d'éclaircissements directs sur les conditions du niveau.

Les dépôts marins danois connus en couche fixe de la seconde et dernière époque interglaciaire sont tous originaires de la période chaude de cette époque et de la période subséquente à décroissance de la température de la mer. Jusqu'à nouvel ordre il faut donc supposer qu'au cours de la première période de cette époque interglaciaire le Danemark s'est trouvé à un niveau supérieur à celui d'aujourd'hui.

Dans le sud du Danemark ce sont surtout les dépôts eemiens⁷ qui peuvent renseigner sur la répartition de la terre ferme et de la mer. Il ressort de l'extension, de la nature et de la faune des dépôts eemiens que la mer eemienne a constitué un fiord étendu et relativement étroit, passant de la partie sud de la mer du Nord, par le Slesvig et les îles de l'archipel fionien, jusque dans la partie sud de la Baltique. De plus, les conditions de gisement montrent que — au moins dans le sud du Danemark — il y a eu à ce moment un affaissement du sol suivi de nouveau d'un soulèvement, ce qui a fait naître la série de couches suivante, à compter du bas en haut: Tourbe, couches d'eau saumâtre, argile nettement marine et, tout en haut, du sable littoral; elles montrent encore que les déplacements tant positif que négatif de la ligne côtière ont eu lieu au cours de la période tempérée de l'époque interglaciaire. Dans les limites du Danemark les dépôts eemiens ne se trouvent non dérangés *in situ* que le long de la côte de la Mer du Nord au sud de Blaavandshuk; dans cette région ils arrivent ordinairement à un niveau de 10 à 12 m au-dessous du niveau de la mer, et comme la faune en est partiellement une faune littorale et partiellement est à considérer comme une faune d'eau basse, il s'ensuit qu'au cours du maximum de la transgression le sud-ouest du Danemark n'a pas pu se trouver à un niveau beaucoup inférieur à celui

d'aujourd'hui. Avant, aussi bien qu'après ce maximum cette partie du pays a été pendant toute l'époque interglaciaire plus élevée qu'aujourd'hui.

Pour la partie la plus septentrionale du Danemark l'imposante série de couches marine à Skærumhede⁵ fournit des éclaircissements assez riches sur les conditions du niveau pendant la dernière époque interglaciaire. A en juger de la faune les couches inférieures de la série de Skærumhede ont dû être déposées à une profondeur de la mer de 40 à 60 m, et le reste, la majeure part, à une profondeur de 60 à 80 m. Etant donné que le dépôt se trouve actuellement à une profondeur de 157 m à 83 m au-dessous du niveau de la mer, il faut qu'au début de la sédimentation cette partie du Danemark ait été de 100 m au moins plus élevée qu'aujourd'hui. Au temps présent la courbe bathymétrique de 100 m passe à une certaine distance au nord de la pointe nord du Jylland en longeant le bord sud de la passe norvégienne, et de là elle se dirige essentiellement vers l'ouest dans la direction de l'Ecosse. Même à supposer que pendant la dernière époque glaciaire une grande partie de matériaux morainiques se soit déposée dans le Skager-Rack et d'énormes masses d'argile et de sable aient été charriées dans la mer du Nord de manière à en exhausser et unifier le fond, il est indubitable cependant que des parties considérables du fond de la mer à l'ouest du Jylland ont été mises à sec, et il n'est nullement impossible qu'au cours de la seconde époque interglaciaire il y ait en communication continentale entre le Jylland et l'Angleterre.

En même temps que la sédimentation de la zone boréale à *Turritella* de 74 m de puissance il s'est produit un affaissement progressif de manière à abaisser le sol à un niveau qui n'était que de 10 à 20 m supérieur à celui d'aujourd'hui. Au cours de la déposition subséquente d'argile à faune boréo-arctique l'affaissement a fait place à un soulèvement qui a élevé le pays à un niveau supérieur de 40 à 60 m probablement à celui d'aujourd'hui, pour subir de nouveau un affaissement accompagné de la déposition d'argile à une faune arctique à *Portlandia arctica*, affaissement qui — à en juger des conditions à Skærumhede — a porté le niveau à 15 jusqu'à 25 m au-dessus du niveau actuel. Mais si l'on prend en considéra-

tion d'autres localités d'argile de la zone à *Portlandia arctica*, localités qui par l'étendue et la puissance de l'argile se manifestent indubitablement comme des dépôts fixes, on arrivera à un niveau encore moins élevé. Dans la falaise à Hirshals au nord de Hjørring l'argile s'élève à 2 jusqu'à 4 m au-dessus du niveau de la mer, et à Frederikshavn, où l'argile dans la plaine constitue une surface d'abrasion plane d'une étendue d'au moins 7 km depuis Frederikshavn vers le nord jusqu'à Strandby et où elle peut être observée encore vers le sud à la base des collines jusqu'à Sæby, la surface de l'argile en couche fixe est de 2 à 5 m au-dessus du niveau de la mer, et en certains endroits elle dépasse probablement 15 m au-dessus de la mer; comme l'argile a été déposée à une profondeur d'eau de 10 à 20 m au moins, il faut donc qu'à la fin de l'époque interglaciaire cette contrée se soit trouvée à un niveau inférieur au niveau actuel d'au moins 20 à 30 m.

En même temps que, pendant la période subséquente, la dernière époque glaciaire, la nappe glaciaire s'est avancée sur le Vendsyssel, il s'est produit un déplacement négatif de la ligne côtière, la déposition d'argile s'effectuant peu à peu au-dessus de la mer, dans de l'eau douce; de même aussi les puissants amas de sable situés au-dessus de l'argile et déposés immédiatement devant le front glaciaire, sont exclusivement des dépôts de rivières glaciaires.

L'apparition de coquilles de mollusques d'espèces boréales aussi bien qu'arctiques dans les moraines du nord-est de la Sjælland,⁸ de même que l'argile à *Tellina calcarea*, située en couche secondaire mais probablement datant de la même époque, à Høve dans l'Odsherred,⁹ dénotent que la mer dans laquelle la série marine de Skærumhede a été déposée, s'est étendue aussi jusque dans le Cattégat.

Les conditions géographiques du Danemark, comme on le voit, ont été fort variantes au cours de la seconde époque interglaciaire. Pendant la première période de l'époque interglaciaire le pays tout entier a probablement été plus élevé que de nos jours. Ce n'est que dans la période tempérée, et peut-être même seulement dans une partie passagère de cette période, qu'un affaissement vers le sud a donné lieu à la formation d'un bras de mer qui, à partir de l'ouest, a longé la

côte sud de la Mer du Nord et en traversant le Slesvig s'est étendu dans la Baltique. Les éclaircissements que nous ont fournis la série de couches marines de Skærumhede, à savoir que le nord du Danemark — également dans une partie de la période tempérée de l'époque interglaciaire — était très élevé, de plus de 100 m plus élevé qu'au temps présent, servent peut-être à expliquer que la faune du bras de mer eemien situé plus méridionalement, a dû immigrer de la mer tempérée le long des côtes de la France et n'a pas, ou à un très faible degré seulement, pu recevoir de contribution de contrées plus septentrionales, tandis que, de l'autre côté, la faune des dépôts à Skærumhede dans le Vendsyssel a dû immigrer exclusivement du nord et du nord-ouest, de la mer entre la Norvège et l'Écosse, la partie sud de la Mer du Nord étant probablement à cette époque de la terre ferme. En même temps que l'époque interglaciaire prenait fin et que la nappe glaciaire s'approchait de nouveau du Danemark, il se fit dans le nord du Jylland, interrompu par un soulèvement de courte durée, un affaissement du pays environ jusqu'au niveau actuel ou encore plus bas, tandis que le sud du Danemark se trouvait toujours à un niveau supérieur à celui d'aujourd'hui.

Les conditions du niveau pendant la dernière époque glaciaire sont très peu connues; il est hors de doute, cependant, que la partie ouest du Danemark, qui n'était pas recouverte de glace, s'est trouvée constamment à un niveau supérieur à celui d'aujourd'hui, étant donné qu'on n'y trouve pas le moindre vestige de dépôts marins de cette époque.

De l'époque du dégel, époque glaciaire postérieure, on possède de meilleurs points de repère pour l'évaluation des conditions du niveau. Tandis que la partie nord-est du pays était à un niveau inférieur à celui d'aujourd'hui et s'est affaissée encore davantage en même temps qu'elle fut débarrassée de sa glace, les parties sud et sud-ouest du Danemark ont été sans doute à un niveau relativement élevé, ce qui ressort des passes profondes creusées ou modelées devant le front glaciaire e. a. dans le Sund et dans le Petit Belt. En ce qui concerne le Sund notre connaissance des changements de niveau dans la période suivante est assez peu sûre. L'apparition de

lignes côtières glaciaires postérieures le long du côté est du Sund, et d'argile marine arctique aussi méridionalement qu'à Lomma au NE de Malmö en Scanie, où on peut la trouver jusqu'à plusieurs mètres au-dessus de la mer, implique un déplacement positif de la ligne côtière, qui peut avoir atteint aussi le côté danois du Sund, sans qu'on ait pu, cependant, en constater des vestiges. Un fait curieux à noter c'est que pour la limite supérieure de la mer glaciaire postérieure on a constaté une altitude de 20 m au sud de Hälsingborg, de 38 m au nord de cette ville, et au promontoire de Kullen même de 51 m au-dessus du niveau de la mer actuelle, tandis que sur le côté danois du Sund on n'a pas trouvé trace de lignes côtières marines de cette période. Si jamais de telles lignes côtières avaient existé, elles se seraient trouvées à un niveau assez bas pour être plus tard recouvertes ou détruites dans la période à *Tapes*, c'est à dire qu'à Helsingør—Hornbæk elles auraient été à une altitude inférieure à 10 m et à Rungsted inférieures à 6 m au-dessus du niveau actuel de la mer.¹⁰ Jusqu'à nouvel ordre il faudra donc s'en tenir à la manière de voir bien connue, à savoir qu'il y a eu des mouvements verticaux aussi à l'époque glaciaire postérieure le long de l'ancienne ligne de failles qui passe par le Sund à partir de la pointe ouest de Kullen.

Au cours du dégel continu de la nappe glaciaire du sud de la Baltique il s'est produit un exhaussement considérable de cette contrée. L'eau de la Baltique, qui, au nord, était barrée par la glace, s'est écoulée dans le Cattégat par des passes au fond des détroits danois actuels, mais par suite du soulèvement du sol elle fut refoulée et élevée de plus en plus, selon des recherches faites en Suède, jusqu'à 55 ou 56 m au-dessus du niveau du Cattégat. Etant donné que la croupe submarine qui s'étend en continuation du récif de Gedser vers le sud-est jusqu'à la Pomméranie, et qui a constitué un seuil au-dessus duquel l'eau a dû passer, se trouve aujourd'hui à 18 m au-dessous du niveau de la mer, la partie extrême du sud-est du Danemark se serait donc élevée à une altitude dépassant celle d'aujourd'hui de 73 ou 74 m et même peut-être davantage.

En même temps que, à ce qu'il faut supposer, le pays situé

vers le sud, à Falster et dans le nord de l'Allemagne, a été d'une telle altitude, la Suède centrale s'est trouvée à un niveau très bas. La ligne de section entre les lignes côtières de la mer glaciaire baltique et la surface actuelle de la Baltique est à tracer probablement du sud-ouest de la Scanie vers le sud-est et un peu au sud de Bornholm. Dans cette île les lignes côtières de la mer glaciaire baltique (souvent dénommées erronément lignes côtières marines glaciaires postérieures) se trouvent, le long de la côte sud, à environ 10 m, et vers le nord, à Hammeren, à 20 ou 21 m au-dessus du niveau actuel de la Baltique.¹¹

Le soulèvement très considérable qui est supposé avoir eu lieu dans l'extrême sud du Danemark a dû avoir pour conséquence un déplacement négatif de la ligne côtière, accentué le plus faiblement dans le Sund et le plus fortement vers le sud-ouest, assez puissant pour mettre à sec le fond de la mer autour des îles danoises et dans le sud-ouest du Cattégat, même en tenant compte du fait que le soulèvement s'est affaibli très considérablement vers le nord-est. Les quelques localités de dépôts d'eau douce glaciaires postérieures connues jusqu'ici des eaux entourant le Danemark ont pourtant, ce qui est tout naturel, été trouvées si près des côtes et à des profondeurs si peu considérables (dans le Sund, à $\div 5$, 4 m,¹⁰ et à Esbjerg, à $\div 4,9$ m), qu'elles ne contribuent pas essentiellement à augmenter notre connaissance du niveau et de l'étendue du pays à cette époque.

Dans le nord du Danemark les conditions étaient tout autres. Dans certaines localités du Vendsyssel on a pu constater que la partie supérieure de la moraine laissée par la nappe glaciaire a dû être déposée dans la mer. A mesure que la glace disparaissait de cette province l'affaissement se continuait, et le sédiment déposé dans la mer se transformait de sable (sable à *Saxicava* inférieur) en argile (argile à *Yoldia* glaciaire postérieure). Des lignes côtières (terrasses d'érosion et sable côtier) de cette époque se rencontrent du Vendsyssel vers le sud jusqu'à Mariager Fjord et vers le sud-ouest jusqu'à la ville de Nibe sur le Limfjord. L'altitude au-dessus du niveau de la mer actuelle diminue fortement en allant du nord vers le sud et le sud-ouest.¹² A 5 ou 6 km au sud de Frederikshavn il

y a des lignes côtières à 56 m au-dessus de la mer, à Sæby à environ 50 m, et à la village de Voersaa au sud de Sæby, à environ 40 m au-dessus de la mer. En poursuivant d'ici vers le sud-ouest on trouve à Dronninglund au NE d'Aalborg des lignes côtières jusqu'à 35 m, aux collines Hammer Bakker au NE d'Aalborg jusqu'à 25 ou 30 m, et à Aalborg à 20 ou 21 m au-dessus de la mer. Plus au sud le long de la côte orientale de Himmerland, la contrée entre le Limfjord et Mariager Fjord, l'altitude diminue de sorte que les cordons littoraux glaciaires postérieurs à Mariager Fjord ne se trouvent qu'à 6,0 ou 6,6 m au-dessus de la mer. Encore plus au sud ils se confondent avec les cordons littoraux post-glaciaires ou en sont recouverts. Il en est de même à la côte orientale de Djursland et dans le nord-est de Sjælland entre Helsingør et Gilleleje, où l'on pourrait s'attendre à trouver encore des vestiges de la mer glaciaire postérieure.

Dans l'ouest du Vendsyssel, pauvre en galets et où le vent déplace facilement le sol peu cohérent, les lignes côtières glaciaires postérieures sont rares. On trouve du sable littoral e. a. au nord de Hjørring à 40 m au-dessus de la mer, et à l'est de Brønderslev au sud de Hjørring, à 40,5 m au-dessus de la mer, mais ce n'est que dans certaines de ces localités (p. ex. à Brønderslev) qu'on est sûr de se trouver en présence de la limite marine la plus supérieure. Vers le SO les altitudes au-dessus de la mer diminuent fortement; ainsi, à l'île de Gjøl dans le Limfjord elles sont 13 m, et au NE de Nibe de 11 à 9,5 m. Plus à l'ouest et au sud-ouest les lignes côtières glaciaires postérieures sont recouvertes de cordons littoraux post-glaciaires. La courbe de zéro sera donc à tracer du NO au SE, depuis la partie est de Thy (NO de Jylland) par la presqu'île de Djursland (Jylland oriental) et, plus loin, dans la direction de la côte nord de Sjælland.

Les sédiments déposés au cours de l'affaissement et du soulèvement subséquent étaient du sable, de l'argile à *Yoldia* et supérieurement encore du sable (sable à *Saxicava* supérieur). Ces dépôts remplissaient les dépressions entre les chaînes de collines qui émergeaient sous forme d'îles de la mer glaciaire d'alors, et ils constituent maintenant des plaines très unies, dont l'altitude au-dessus de la mer diminue pro-

gressivement vers le sud-ouest. Vers le nord et le nord-est leur altitude est de 30 à 34 m au-dessus de la mer, à Sæby jusqu'à 22 m, et plus loin vers le sud, à Hals, environ 10 m. Du côté sud-ouest on trouve à Hjørring une altitude de 20 à 25 m, à Løkken au sud-ouest de Hjørring et Store Vildmose entre Hjørring et Aalborg à peu près 15 m, et dans le sud-ouest de Vendsyssel de 0 à 2 m au-dessus de la mer. Dans les contrées autour de Nørresundby et Aalborg, où l'argile à *Yoldia* est largement exploitée pour des usages industriels, elle ne se trouve qu'à quelques mètres au-dessus de la mer. La localité la plus méridionale connue jusqu'ici est à Dokkedal (Muldbjerger) à l'extrémité est de Lille Vildmose au sud-est d'Aalborg.

Dans la partie la plus septentrionale du Danemark le grand affaissement glaciaire postérieur fit place à un soulèvement, pendant lequel des lignes côtières se sont formées à différents niveaux, et en même temps la température de la mer s'est élevée, ce qui a fait que les espèces hyperarctiques ont été supplantées par une faune boréo-arctique. Nous en trouvons un témoignage dans une couple de bancs de coquilles (qui sont pourtant presque entièrement enlevés aujourd'hui) à une altitude de 20 à 25 m immédiatement à l'ouest de Frederikshavn (v. p. 139).

Le soulèvement s'est continué (au moins dans le nord du Vendsyssel) jusqu'au niveau actuel du pays, ou à peu près; là-dessus il a été de nouveau exposé à un affaissement, cette fois plus passager, cependant, et moins considérable, jusqu'à 15 m au-dessous du niveau actuel. Des dépôts littoraux, les couches à *Zirphaea* (v. p. 140), datant de cette période, la période de transition de l'époque glaciaire postérieure à l'époque post-glaciaire, a été constatée dans un certain nombre de localités dans l'extrême nord du Vendsyssel.

Vers la fin de l'époque glaciaire postérieure la nappe glaciaire était assez réduite par le dégel pour que la mer glaciaire baltique pût entrer en communication avec le Cattégat par la dépression de la Suède centrale, et la surface de cette mer fut ainsi réduite au même niveau que celui de l'océan. Lorsque, plus tard, la communication avec l'océan fut barrée, la Baltique a été de nouveau changée en un lac d'eau douce, le lac

à *Ancylus*, qui avait issue par le Närke en Suède dans le fiord de Vänern. En raison du fait que le pays entourant le sud de la Baltique se trouvait toujours à une très grande altitude, cet abaissement de la surface de l'eau a eu pour résultat que des étendues considérables ont été mises à sec; un calcul théorique de l'altitude de la ligne côtière aussi bien que la rencontre de tourbe et de troncs d'arbre au fond de la Baltique, ont donné pour résultat que la ligne côtière du lac à *Ancylus* s'est trouvée, vers le sud — e. a. autour de Bornholm —, à la courbe bathymétrique de \div 40 m, et même peut-être encore plus bas. Parmi les localités de dépôts d'eau douce sub-marins situées le plus profondément on peut citer la rencontre de troncs de pins sur pied tant au sud de la côte sud de Scanie, à une profondeur de 35 à 37 m,¹³ qu'au sud-ouest de Bornholm où, sur une étendue d'environ 20 km depuis Dueodde vers le sud-ouest du côté d'Adeler Grund, on a trouvé des souches aussi bien que des troncs de pin à une profondeur de 35 m.¹⁴

Par suite du soulèvement continu du nord de la Scandinavie le lac à *Ancylus* a transgredié vers le sud jusqu'à ce que le niveau ici fût assez élevé pour que l'eau pût passer au-dessus du seuil entre Gedser et la Poméranie mentionné antérieurement. D'après des recherches faites en Suède le niveau du lac à *Ancylus* d'alors peut être évalué à une altitude d'au moins 20 m, peut-être même 32 m, au-dessus du niveau de la mer, et comme la croupe sub-marine se trouve, comme nous l'avons mentionné, à une profondeur de 18 m, il en résulte que l'extrême sud-est du Danemark a eu à cette époque une altitude de 38 m, éventuellement de 50 m, supérieure à celle du temps présent.

De nombreuses rencontres de dépôts d'eau douce, surtout de tourbe et de vase, des eaux danoises portent témoignage de l'extension plus grande de la terre ferme à cette époque. On peut citer ainsi des marais et d'autres dépôts d'eau douce dans Køge Bugt à \div 11 m, dans Kongedybet (à l'est de København) à \div 13,8 m, dans Kronløbet au fort maritime »Trekroner« (près de København) à \div 9 m, dans le port franc de København à \div 8 m, au nord de l'île de Saltholm à \div 5 m, et à Rungsted entre København et Helsingør à \div 4 m.¹⁵

Des couches de tourbe, rencontrées par des forages au-dessous de dépôts marins postérieurs, se trouvent à Hindsholm (NE de Fyn) à une profondeur de \div 6 m, et vers la côte occidentale de Fyn sur le Petit Belt à 6,5 m au-dessous du niveau de la mer. Du côté ouest de la presqu'île de Jylland on a trouvé, dans le Graadyb au large d'Esbjerg, des couches de tourbe à une profondeur de 6,9 m, et plus au sud, à la côte occidentale de Slesvig, jusqu'à \div 20 m. Ajoutez à cela qu'en pêchant au chalut dans la Mer du Nord on a trouvé de la tourbe en beaucoup d'endroits, ainsi p. ex. sur une grande étendue à l'ouest de Nissum Fjord à des profondeurs entre 20 et 40 m, entre Horns Rev et Dogger Bank à environ 40 m de profondeur, et que, à Dogger Bank, on connaît et repêche depuis longtemps quantité de tourbe (Moorlog), le plus souvent à 35 ou 40 m de profondeur, tourbe qui, à en juger de son contenu en débris végétaux, s'est formée depuis le temps du bouleau nain jusque dans la période de la forêt de pins, c'est à dire au début de l'époque continentale; il semble donc qu'il en est de même pour les parties est et sud de la Mer du Nord que pour le sud de la Baltique, à savoir que ces contrées se sont trouvées alors à une altitude supérieure à celle d'aujourd'hui de 40 m au maximum; la plus grande partie de la Mer du Nord au sud d'une ligne de Hanstholm vers le sud-ouest à l'embouchure du Humber a dû alors être de la terre ferme.

De la région du Cattégat on ne possède que très peu d'observations propres à élucider la question du niveau. De la tourbe sub-marine en couche fixe n'a été trouvée qu'à une faible profondeur; par contre, à l'est de Læsø et dans le sud-est du Cattégat on a rencontré, à 26 m de profondeur, des coquilles de mollusques, d'espèces (e. a. *Litorina litorea*) qui sont à considérer comme formes littorales ou animaux d'eau peu profonde.¹⁶ Ces trouvailles sont sans doute à rapporter à l'époque continentale, et elles montrent que le fond du Cattégat, même à un point aussi septentrional que l'île de Læsø, a dû être plus élevé (peut-être d'une dizaine de mètres ou davantage) que de nos jours. Dans le Jylland le plus septentrional il y a des localités de tourbe recouvertes de dépôts marins postérieurs qui nous montrent qu'à l'époque continentale la contrée d'Aalborg a été à un niveau d'au moins 6 m

supérieur à celui d'aujourd'hui; il est à supposer que la différence de niveau diminue à mesure qu'on avance vers le nord. En ce qui concerne l'extrême nord du Vendsyssel on sait qu'il s'est trouvé au moins au même niveau qu'aujourd'hui.

La fin de l'époque continentale et le commencement de la période suivante (période à *Litorina*, mer de l'âge néolithique) est pour tout le Danemark caractérisée par un affaissement très considérable, qui a fait submerger de grandes parties de la Baltique actuelle et la partie sud de la Mer du Nord. A mesure que le sol s'est affaissé il s'est établi une communication par les détroits entre le Cattégat et la Baltique assez ouverte pour que l'eau océanique à grande salinité ait pu pénétrer dans cette dernière mer intérieure.

Dans le nord et l'est du Danemark le maximum de l'affaissement coïncide avec le temps des Kjökkenmöddings de l'âge épipaléolithique (civilisation d'Ertebølle), et comme la transgression a été suivie ici d'une régression, on a pu déterminer le niveau du pays à cette époque. Dans la contrée la plus septentrionale, la contrée de Frederikshavn—Hirshals, le pays se trouvait, pendant le maximum de la période à *Litorina*, au niveau le plus bas, environ 13 m inférieur à celui du temps présent.¹⁷ Plus on s'avance d'ici vers le sud-ouest par le Thy ou vers le sud le long de la côte du Cattégat, plus l'écart du niveau actuel diminue, jusqu'à ce qu'on arrive au zéro du soulèvement, indiqué déjà par FORCHHAMMER par une ligne partant de Nissum Fjord et se dirigeant vers le sud-est à travers le pays, coupant la côte orientale de Fyn un peu au sud de Nyborg. Au sud-ouest de cette ligne l'affaissement général a été encore plus considérable, surtout vers le sud-ouest; mais comme le pays se trouvait ici à l'avance à un niveau très élevé, il n'était pas encore, pendant le maximum de la période à *Litorina*, dans le temps de la civilisation d'Ertebølle, réduit au niveau du temps présent. Au sud-ouest de la ligne de FORCHHAMMER la ligne côtière passait en dehors de la ligne actuelle, mais à part cela nous ne savons que très peu du problème du niveau. Le peu d'antiquités de la civilisation d'Ertebølle originaires des eaux qui lavent les côtes du sud du Danemark, se sont trouvées dans une eau si peu pro-

fonde qu'elles ne fournissent que très peu d'éclaircissements à cet égard. Aux côtes des îles de Lolland et de Falster on les trouve à 1—2½ m au-dessous du niveau de la mer, dans le sud de la Fyn à ÷ 2 m, et dans Kolding Fjord à ÷ 3— ÷ 4 (les indications varient de ÷ 3 jusqu'à ÷ 6 m). Des antiquités de cette nature ont été trouvées également près de Flensborg à une profondeur de ÷ 4 m, près de Husum à ÷ 4 m, et près de Kiel il se trouvait une couche de la civilisation d'Ertebølle à une profondeur de ÷ 8½— ÷ 9 m.¹⁸ Ces chiffres indiquent le minimum de la surélévation du sud du Danemark d'alors par rapport au niveau actuel.

Dans la période suivante, à travers l'âge néolithique et l'âge du bronze et peut-être encore plus tard, l'affaissement s'est continué dans le sud ou est du Danemark jusqu'à la répartition actuelle de la terre ferme et de la mer. Le long d'une partie de la côte occidentale du Jylland, depuis l'île de Romø jusqu'au nord de Blaavandshuk, cet affaissement semble pourtant avoir cessé déjà à l'âge du bronze pour être remplacé par un soulèvement qui, à en juger de l'altitude du pays de marsk dans la contrée de Ribe, peut être évalué à 1,2—1,4 m.¹⁸

Entre Blaavandshuk et le lac de Tilsø se trouvent des cordons littoraux élevés de date reculée, qui indiquent également un soulèvement du sol, inférieur toutefois à celui de Ribe;¹⁹ et plus loin encore vers le nord on n'a rencontré aucun vestige d'un déplacement négatif de lignes côtières. Il en est de même pour la partie plus méridionale de la côte occidentale du Slesvig, où un soulèvement correspondant n'a pu être constaté. Encore plus au sud, dans le littoral de la baie de Hélioland, il y a même des indices d'un affaissement qui se poursuit encore de nos jours.

Dans le nord-est du Danemark le développement s'est fait d'une autre manière. Déjà à l'âge épipaléolithique la transgression a été suivie par une régression, le plus fortement accentuée vers le nord-est et diminuant progressivement vers le sud-ouest, du côté de la ligne déjà citée, indiquée par FORCHHAMMER, se dirigeant de Nissum Fjord vers le sud-est à travers le Danemark.¹⁷ Dans la contrée de Frederikshavn—Hirshals, où il y a des cordons littoraux jusqu'à une altitude

de 15 m au-dessus de la mer, et de l'argile saumâtre à coquilles jusqu'à 12,5 m au-dessus de la mer, le soulèvement depuis le maximum de la période à *Litorina* s'est élevé à environ 13 m. En allant de là vers le sud-ouest, du côté de l'extrémité ouest du Limfjord, l'altitude au-dessus de la mer des anciennes lignes côtières diminue, mais en raison de la différence de leur situation, tantôt ouverte aux intempéries, tantôt à l'abri, leurs altitudes varient beaucoup, même en des endroits très rapprochés l'un de l'autre. Ici, comme dans beaucoup d'autres endroits du pays, le soulèvement ne peut donc être fixé qu'approximativement, étant donné qu'on ne peut pas toujours indiquer d'une façon exacte la hauteur à laquelle le brisant de la mer peut élever un cordon littoral dans un endroit donné.

Le croquis ci-joint (fig. 16, p. 190) donne, au moyen de courbes équidistantes d'1 m, un aperçu des proportions du soulèvement du nord-est du Danemark depuis le maximum de la période à *Litorina* (*Tapes*) jusqu'à nos jours. A Løkken le soulèvement peut être évalué à 8 m $\frac{1}{2}$, à Bulbjerg au nord-est de Thisted environ 5 m, dans l'île de Mors environ 3 m, à Agger-Oddesund (la partie occidentale du Limfjord) environ 1 m $\frac{1}{2}$, et à Nissum Fjord 0 m. En allant vers le sud le long de la côte du Cattégat on constate une diminution analogue des chiffres indiquant l'importance du soulèvement. L'île de Læsø, dont le point culminant (abstraction faite des dunes) est à 11 m au-dessus de la mer, a été complètement submergée dans la période à *Litorina* (voir la carte fig. 13, p. 143); il est à supposer qu'ici le soulèvement a été à peu près égal au soulèvement à Frederikshavn. Dans l'île d'Anholt le soulèvement a été d'au moins 8 m. A Hals—Aalborg (la partie orientale du Limfjord) le pays s'est soulevé d'environ 6 m, et à l'embouchure de Randers Fjord, de 4 m environ; à Fornæs, situé à l'extrême est du Jylland, où les cordons littoraux arrivent jusqu'à 7,8 m au-dessus de la mer, le soulèvement a été d'environ 5 m. A l'île de Samsø il y a eu un soulèvement de 3 à 2 $\frac{1}{2}$ m, en Fyn, à Kerteminde, d'1 m, et puis diminuant tant vers l'ouest, du côté du Petit Belt, que vers le sud, le long de la côte orientale de l'île.

En Sjælland²⁰⁻²¹ les lignes côtières les plus élevées, de 10,0

à 10,2 au-dessus de la mer, se trouvent à Hornbæk au NO de Helsingør, ce qui correspond à un soulèvement de $7\frac{1}{2}$ m environ. A partir de là il y a diminution assez régulière de l'altitude des lignes côtières tant vers le sud, le long de la côte

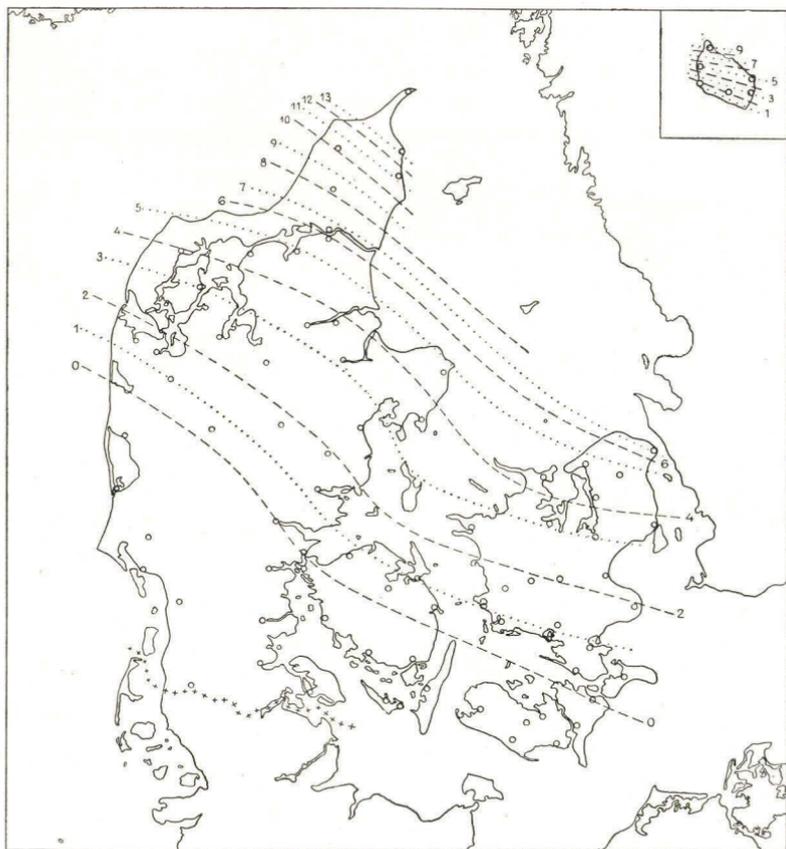


Fig. 16. Isobases du soulèvement après le maximum de l'affaissement à *Litorina (Tapes)* dans le nord-est du Danemark. (Equidistances: 1 m).

orientale, que vers l'ouest, le long de la côte septentrionale, avec cette restriction pourtant que la situation plus ou moins abritée joue un rôle important. Le long de la côte orientale le soulèvement en lui-même peut être évalué ainsi: à Rungsted, environ 5 m, à København, de 3 à $3\frac{1}{2}$ m, à Stevns, environ 2 m, et à la côte nord de l'île de Falster, 0 m. Le long de la

côte nord de la Sjælland le soulèvement a été, à Tisvilde, environ 5 m, à Sjællands Odde, 4½ m, à l'île de Sejro, 3½ m, et à Røsnæs dans le NO de Sjælland, 2½ m. Dans l'île de Bornholm le soulèvement a été très considérable;¹⁰ les cordons littoraux marins s'élèvent vers le nord à 11 m au-dessus de la mer, vers le sud à 3—4 m au-dessus de la mer, ce qui correspond à des soulèvements respectifs de 8 et environ 1 m.

Axel Jessen.

Bibliographie.

Abbreviations:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

Vid. Medd. Naturh. Foren. = Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening. København.

1. ØDUM, HILMAR. 1926: Studier over Daniet i Jylland og paa Fyn. With a Summary of the Contents: Studies over the Danian in Jutland and Funen. D. G. U. II. Række, Nr. 45.
2. GRIPP, K. 1922: Marines Pliocän und *Hipparion gracile* KAUP vom Morsumkliff auf Sylt. Zeitschr. der Deutsch. Geolog. Gesellschaft. 74. Bd. (Abhandlungen). 1922. Berlin 1923.
3. JESSEN, AXEL. 1922: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Varde. Avec résumé en français: Description explicative de la feuille (géologique) de Varde. D. G. U. I. Række, Nr. 14.
4. USSING, N. V. 1903: Om et nyt Findested for marint Diluvium ved Hostrup i Salling. Vid. Medd. Naturh. Foren.
5. JESSEN, A., MILTHERS, V., NORDMANN, V., HARTZ, N. et HESSELBO, A. 1910: En Boring gennem de kvartære Lag ved Skærumhede. With a Summary of the Contents: Boring operations through the Quaternary Deposits at Skærumhede. D. G. U. II. Række. Nr. 25.
6. NORDMANN, V. 1913: Boringer gennem marint Diluvium i det sydvestlige Jylland og nordvestlige Slesvig. Résumé in deutscher Sprache: Bohrungen durch marines Diluvium im südwestlichen Jutland. Dansk geol. Foren. Bd. 4.
7. MADSEN, VICTOR, NORDMANN, V. et HARTZ, N. 1908: Eem-Zonerne. Studier over Cyprinaleret og andre Eem-Aflejringer. Avec résumé en français: Les zones de l'étage émien. D. G. U. II. Række, Nr. 17.
8. RØRDAM, K. 1893: De geologiske Forhold i det nordostlige

- Sjælland. Résumé d'une recherche géologique du Nord-Est de Seeland. D. G. U. I. Række, Nr. 1.
9. MILTHERS, V. 1900: *Tellina calcaria* Leret ved Høve i Odsherred. Dansk geol. Foren. Bd. 1, Nr. 6.
 10. JESSEN, KNUD. 1923: En undersøisk Mose i Rungsted Havn. With a Summary of the Contents: A submerged Peat-Bog in the Harbour of Rungsted. D. G. U. IV. R. Bd. 1, Nr. 18.
 11. GRÖNWALL, K. A. et MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
 12. JESSEN, A. 1899: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Skagen, Hirshals, Frederikshavn, Hjørring og Lökken. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles (géologiques) de Skagen, Hirshals, Frederikshavn, Hjørring et Lökken. D. G. U. I. Række, Nr. 3.
 13. ISBERG, ORVAR. 1927: Beitrag zur Kenntniss der post-arktischen Landbrücke. Geograf. Annaler. Aarg. IX. Stockholm.
 14. GRÖNWALL, K. A. 1927: Till frågan om senglaciala och postglaciala nivåförändringar i södra Östersjöområdet. Medd. från Lunds geologisk-mineralogiska Institution. No. 34.
 15. MILTHERS, V. 1922: Nordøstsjælland's Geologi. D. G. U. V. Række, Nr. 3.
 16. PETERSEN, C. G. JOH. 1889: Det videnskabelige Udbytte af Kanonbaaden »Hauch«s Togter i de danske Farvande indenfor Skagen i Aarene 1883—86. II. (Mollusca). København.
 17. JESSEN, AXEL. 1920: Stenalderhavets Udbredelse i det nordlige Jylland. With a Summary of the Contents: The Extension of the Stone-age Sea (Tapes-Litorina Sea) in Northern Jutland. D. G. U. II. Række, Nr. 35.
 18. JESSEN, AXEL. 1916: Marsken ved Ribe. Avec résumé en français: Le Marsk près de la ville de Ribe. D. G. U. II. Række, Nr. 27.
 19. JESSEN, AXEL. 1925: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Blaavandshuk. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille de Blaavandshuk. D. G. U. I. Række, Nr. 16.
 20. RØRDAM, K. 1892: Saltvandsallubiet i det nordostlige Sjælland. Résumé d'une étude sur l'alluvion marine du Nord-Est de Seeland. D. G. U. II. Række, Nr. 2.
 21. RØRDAM, K. et MILTHERS, V. 1900: Beskrivelse til de geologiske Kortblade Sejro, Nykjöbing, Kalundborg og Holbæk. Avec résumé en français: Notices explicatives des feuilles (géologiques) de Sejro, Nykjöbing, Kalundborg et Holbæk. D. G. U. I. Række, Nr. 8.
-

Les Iles Féroé.

L'archipel de Féroé est situé dans l'Océan Atlantique entre $61^{\circ} 00'$ et $62^{\circ} 24'$ de latitudes nord et entre $6^{\circ} 15'$ et $7^{\circ} 41'$ de longitude ouest de Grw.ch, à environ 300 km au NO des îles Shetland. Il fait partie du grand territoire de Basalte du nord de l'Atlantique. Il se compose de 17 îles habitées outre quelques îles plus petites sans habitants; la superficie totale en est de 1399 km². L'archipel constitue un plateau inégal de basalte d'une altitude moyenne de 300 m à peu près; toutefois, le plateau est partout surmonté de montagnes plus escarpées, qui peuvent s'élever au-delà de 800 m (point culminant: Slattaretind dans l'île d'Østerø, 882 m); les plateaux sont souvent aussi interrompus par des vallées, qui peuvent s'étendre tout en travers des îles. Du côté de la mer ouverte il y a presque partout des rochers élevés à pic (Mýling à Strømø, environ 620 m, Enniberg à la pointe nord de Viderø, environ 720 m); les détroits entre les îles et les vallées, par contre, sont le plus souvent délimités par des versants moins escarpés, qui sont presque toujours gradués en terrasses en rapport avec les bancs de basalte. Des failles tectoniques s'y trouvent en très grand nombre, se présentant sous forme de crevasses profondes, très régulières et rectilignes (Gjógvs) ayant jusqu'à 1 km de longueur. Leurs directions varient; les directions dominantes sont pourtant SE—NO et E—O ou ENE—OSO. A la base des falaises les mêmes failles se présentent soit sous forme de crevasses, soit sous forme de cavernes, qui se trouvent en grand nombre et sont souvent très profondes.¹⁻²⁻³

Les îles sont d'une structure géologique extrêmement uniforme; il ne s'y trouve pas d'autres roches que le basalte et des sédiments composés des éléments du basalte (une couche

isolée de tuf à éléments liparitiques, trouvée assez récemment, peut très bien être supposée originaire d'une éruption considérable en Islande). La masse principale se compose de bancs d'une puissance totale d'au moins 4000 m. Les bancs, considérés chacun en particulier, ont une puissance de 10 à 30 m et peuvent souvent se continuer sur de grandes étendues, à travers les détroits et les vallées; en beaucoup d'endroits on peut constater pourtant qu'ils se terminent cunéiformes. Chaque banc représente un seul torrent de lave, et son plan supérieur offre le plus souvent l'aspect caractéristique d'une surface de lave. Le basalte varie d'aspect par le fait que la couleur en varie de noir à assez clair et que la grosseur des grains est assez inégale. On distingue de vieille date entre les couches anamésitiques au-dessous de l'horizon carbonifère et les basaltiques (doléritiques) au-dessus de cet horizon, les premières étant le plus souvent à grains plus gros, et les dernières étant plus compactes ou à grains plus fins, renfermant souvent des gros cristaux bien développés, le plus souvent des grains de labrador. Dans certaines couches on trouve de l'olivine en grande quantité. Le basalte est de composition normale, renfermant environ 50 p. c. de SiO_2 . La structure en colonnes n'est pas prédominante dans les bancs. Les bancs sont presque horizontaux, à Suderø ils ont une déclivité de quelques degrés vers le NE, à Myggenæs ils déclivent jusqu'à 15 degrés vers l'est; dans les îles centrales on leur trouve généralement une très faible déclivité vers le sud-est, tandis que dans les îles septentrionales ils sont tout à fait horizontaux ou très faiblement inclinés vers le NE. Il peut y avoir des déplacements verticaux, mais ils n'ont que très peu de mètres de hauteur.⁴⁻⁵

Les bancs de basalte sont séparés par des couches de tuf qui, le plus souvent, sont très minces (au-dessous d'1 m) et de couleur rouge (brûlées par le banc de basalte superposé); en quelques endroits il y a pourtant des séries de sédiments (grès et schiste) d'une puissance s'élevant à beaucoup de mètres. A noter surtout une série puissante de 4 à 10 m, principalement du schiste, à Suderø, renfermant une seule couche carbonifère, ou plutôt des lentilles de couches carbonifères jusqu'à 1,5 m de puissance. Le charbon, qui est du lignite,

est exploité pour l'usage local; différentes tentatives d'une extraction sur une plus grande échelle ont vite échoué. A des horizons inférieurs se trouvent un très petit nombre de couches tout à fait insignifiantes. A Myggenæs, à Tindholm et dans la partie ouest de Vaagø se trouvent des séries de sédiments peu importantes renfermant des couches de lignite tout à fait subordonnées. A Myggenæs, dans du schiste, on a trouvé des empreintes déterminables de *Sequoia Langsdorfii*; tant ici qu'à Suderø on trouve des empreintes indéterminables de dicotylédons.⁶⁻⁷⁻⁸⁻⁹

Des lieux d'éruption se voient en assez grand nombre; la plupart en s'observent dans les falaises escarpées (d'une façon particulièrement belle dans Dalsnypen à Strømø), et ils se manifestent le plus souvent par le fait qu'un ou plusieurs bancs sont entrecoupés d'une matière brecciolaire renfermant des fragments de toutes sortes de basalte. Il ne sera guère possible de décider si ces formations sont des coupes d'une cheminée de cratère ou d'une fente. Des phénomènes particulièrement grandioses de cette catégorie se voient à la côte entre Frodebønyen et Kvalbø à Suderø, où sur une grande étendue il y a d'énormes masses brecciolaires sillonnées d'une quantité de filons irréguliers. Dans d'autres cas les couches ne sont pas interrompues par du tuf mais par du basalte, qui fait transition sans intermédiaire à un banc ou une matière intrusive superposées (ainsi p. ex. à Frodebø dans l'île de Suderø, où il y a de belles colonnes de basalte courbées).

Des filons s'y trouvent en très grand nombre; ils ne sont pas très puissants (jusqu'à environ 10 m). Ils se composent de basalte compacte ou à grains très fins; quelquefois ils sont porphyriques. Il semble qu'ils n'ont pas une direction fixe; quelquefois ils suivent les fentes tectoniques mentionnées plus haut et peuvent constituer le fond des crevasses, mais il arrive plus souvent qu'ils sont dirigés en travers de celles-ci. Le plus souvent ils sont très réguliers, à parois parallèles en plan, mais ils peuvent aussi être sinués ou branchus; quelquefois ils s'entrecroisent. Ordinairement ils sont moins résistants que le basalte encaissant, mais le contraire peut être le cas aussi (à noter spécialement un filon à Gjøv à l'île de Østerø, qui surmonte et rappelle une file de tas de bois).

Les intrusions sont loin d'être aussi nombreux, mais elles sont souvent de dimensions considérables (jusqu'à environ 50 m); particulièrement remarquables sont une intrusion qui coupe les montagnes au nord de Selletræ à Østerø, et une autre, qui coupe les montagnes (Skjellingsfjeld etc.) entre Leinum et Nordredal à Strømø. Elles ne suivent que partiellement la limite entre deux bancs mais passent souvent en biais à d'autres niveaux. Les intrusions de quelque importance se composent de basalte à grains moyens; elles possèdent toutes une structure à colonnes régulière, à colonnes épaisses d'un mètre ou plus. Elles résistent particulièrement bien à la décomposition et constituent par conséquent la surface d'étendues assez considérables, qui sont caractéristiques à cause des bouts de colonnes polygonales régulières et parce qu'elles sont presque absolument dépourvues de végétation.

Le basalte des îles Féroé est riche en minéraux. On trouve ici la plupart des zéolithes connues, souvent en de grands et beaux cristaux. Il faut noter aussi du calcite (de curieux mâcles à Saxen, des cristaux cuboïdes violets à Hestö), calcédoine, minéral dont, de vieille date, on possède des morceaux extraordinairement grands, et opale, qui, sous une forme demi-précieuse, a été ramassée autrefois en assez grande quantité, surtout à Kollefjord dans l'île de Strømø. Du cuivre natif a été trouvé, tantôt ensemble avec des zéolithes, à Nolsø, et tantôt en feuillets minces comme du papier dans du tuf, à Famien dans l'île de Suderø.

En ce qui concerne l'âge des formations des îles Féroé on ne peut pas se prononcer avec certitude; il se peut que l'activité volcanique ait eu lieu pendant le Tertiaire inférieur; dans tous les cas il s'est certainement écoulé un temps considérable pendant lequel l'érosion a eu pour effet, non seulement de façonner les îles, mais sans doute aussi d'enlever d'énormes parties de terre ferme qui les ont probablement reliées à la Grande Bretagne d'un côté et à l'Islande de l'autre, et dont il se trouve encore des restes sous forme de croupes basaltiques submarines. Un modelage plus en détail s'est ensuite produit à l'époque glaciaire et postérieurement.¹⁰

A l'époque glaciaire les îles Féroé ont constitué un territoire de glaciation à part; les striures, qui s'y trouvent

en grand nombre, sont radiantes de tous côtés. Le plateau entier a été recouvert de la glace, et les montagnes relativement peu élevées ont la forme de roches moutonnées; les versants des montagnes présentent souvent des vallées circulaires régulières. On trouve en maints endroits de l'argile morainique, mais elle n'est jamais très étendue ni très puissante.

Les formations alluviennes ne jouent qu'un rôle très subordonné; l'alluvion marin fait complètement défaut étant donné que, depuis l'époque glaciaire, les îles Féroé, contrairement à ce qui a été le cas pour d'autres pays du nord de l'Atlantique, ne se sont pas trouvées à un niveau inférieur à celui d'aujourd'hui. Le sable mouvant ne s'y trouve qu'en petite quantité, et on peut dire en général que c'est surtout à Sandø qu'on en rencontre. La tourbe est très répandue dans toutes les contrées relativement basses, mais elle n'est que d'une faible puissance (rarement au-delà d'1 à 1,5 m). La tourbe est le plus souvent de la tourbe de marais, avec un seul lit, peut-être subboréal, de tourbe consistant en *Calluna* et *Juniperus*. Sur le littoral la tourbe se trouve quelquefois dans des conditions de nature à faire supposer que, depuis sa formation, il s'est produit un affaissement d'au moins 3,5 m.¹¹⁻¹²

O. B. Boggild.

Bibliographie.

1. HELLAND, AMUND. 1880: Om Færøernes Geologi. Geograf. Tidsskrift. Bd. 4. København.
2. GEIKIE, JAMES. 1883: On the Geology of the Færøe Islands. Transact. of the Royal Soc. Edinburgh. Bd. 30.
3. RASMUSSEN, R. 1921: Um upphav Føroya lands. »Vardin«. Bd. 1. Torshavn.
4. GEIKIE, ARCHIBALD. 1896: The Tertiary Basalt-Plateaux. Quart. Journ. Geol. Soc. London. Bd. 52.
5. OSANN, A. 1884: Über einige basaltische Gesteine der Færøer. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Bd. 1.
6. HARTZ, N. 1903: Planteforsteninger fra Færøerne. Meddel. fra Dansk geolog. Forening. Bd. 2, Nr. 9.
7. JOHNSTRUP, J. Fr. 1873: Om Kullagene paa Færøerne. Oversigt over Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Forhandl.

8. STOKES, A. H. 1880: Notes upon the Coal found in Süderöe. Quart. Journ. Geol. Soc. London. Bd. 36.
 9. LINDWALL, GUSTAF. 1923: Om kollagren på Färöerna. Medd. fra Dansk geol. Forening. Bd. 6, Nr. 17.
 10. ØDUM, HILMAR. 1925: Træk af Færøernes Morfologi. Det 17. skandinav. Naturforskaremötet i Göteborg 1923. Förhandl. och Föredrag.
 11. JESSEN, KNUD et RASMUSSEN, R. 1922: Et Profil gennem en Tørvemose paa Færøerne. Summary of the Contents: Section of a bog in the Faroe Islands. D. G. U. IV. Række. Bd. 1, Nr. 13.
 12. JESSEN, KNUD. 1925: De færøske Mosers Stratigrafi. Det 17. skandinav. Naturforskaremötet i Göteborg 1923. Förhandl. och Föredrag.
-

Roches et Terrains propres à l'exploitation industrielle.

De la part de la nature, le Danemark n'est que pauvrement pourvu de roches et terrains propres à l'exploitation, et les produits bruts de provenance du pays utilisés dans notre industrie minérale sont généralement d'une valeur peu élevée; néanmoins ils jouent un rôle considérable pour la vie économique de notre pays, et dans plusieurs domaines, p. ex. dans l'industrie du ciment, les produits danois et l'initiative danoise jouissent d'une réputation universelle.

Moyens d'amélioration du sol.

En Danemark la surface du pays est exploitée pour l'agriculture à un degré qui n'a d'égal qu'en très peu d'autres pays du monde; le terrain cultivé comprend environ 77 p. c. de la totalité du territoire, tandis que seulement 9 p. c. en sont couverts de bois. Les landes, marais, lacs etc, qui occupent le reste du pays, sont amoindris d'année en année au moyen de travaux de défrichement et de dérivation de l'eau. La position élevée qu'occupe l'agriculture en Danemark est due surtout à l'organisation des agriculteurs en sociétés à participation des bénéfiques; car bien qu'il y ait en Danemark passablement de sol fertile, il est assez loin d'égaliser cependant le sol riche en éléments nutritifs qui a pu se produire sous d'autres climats; et dans le centre et l'ouest du Jylland surtout on cultive souvent une terre qu'ailleurs dans le monde on laisserait pour la plupart en friche. Par rapport aux terrains aussi bien qu'aux conditions climatologiques le

centre et l'ouest du Jylland est dans une position inférieure à celle du reste du pays; le sol s'y compose pour la plupart de sable des landes maigre, sable diluvien, sable pierreux et sable mouvant. Le climat y est plus rude et les pluies un peu plus abondantes que dans les autres parties du pays. Le centre et l'ouest du Jylland appartiennent à la zone de landes très humide du nord-ouest de l'Europe, où le profil à mor («Mor», «Blegsand» et «Al», v. p. 91) résultant de podsolisation est le plus répandu. L'est du Jylland et les îles appartiennent à la zone de sol brun humide du nord-ouest de l'Europe. Le sol en est plus argileux et moins podsolisé que celui de la zone des landes. Les terrains les plus répandus à la surface du sol sont l'argile morainique et le sable diluvien plus ou moins argileux. A cause de la podsolisation incomplète il s'est produit un sol brun-noirâtre d'un contenu d'humus relativement faible. Ce n'est que dans les lieux où l'eau a eu de la difficulté à s'écouler qu'il s'est produit un sol tourbeux, noir et riche en humus. Au moyen de drainage on cherche à le débarrasser de l'eau nuisible, et la réaction acide (manque de calcaire), qui est due à des matières humiques ou à un délavage de carbonate de calcium, se neutralise au moyen d'un apport d'engrais chimique calcaire ou de marne.

Presque toutes sortes de craie ou de pierre calcaire sont utilisées comme engrais chimique calcaire.¹ Les matières crayeuses peu dures telles que la craie blanche et la «Blegekridt» (v. p. 57) pauvre en acide silicique, se réduisent généralement en peu de temps sous l'influence de la gelée et peuvent donc être apportées sur la terre en petits morceaux, tandis que les pierres calcaires plus dures doivent être pulvérisées avant usage.²

L'engrais chimique calcaire fabriqué de pierres calcaires du Système crétacé ne suffit nullement à satisfaire au besoin de calcaire pour l'amélioration du sol¹; on se sert en même temps dans une large mesure de dépôts calcifères du Tertiaire et du Quartaire. Parmi les terrains tertiaires c'est la marne paléocène, contenant jusqu'à 70 p. c. de carbonate de calcium, qui joue le plus grand rôle. Elle se rencontre dans l'est du Jylland, depuis Ran-

ders jusqu'à Vejle, et en Sjælland; au sud d'Aarhus et en Sjælland elle ne se rencontre que sous forme de lambeaux dans la moraine.

L'argile diluvienne (voir p. 93) et l'argile morainique sont les dépôts de l'époque glaciaire qu'on utilise le plus comme marne; l'argile diluvienne surtout est souvent très riche en calcaire, et son importance est grande avant tout dans l'ouest du Jylland, où il y a des lits d'argile contenant à peu près 60 p. c. de carbonate de calcium, tandis que les localités de calcaire ou de marne d'autre nature sont ici de moindre importance. Ainsi l'argile morainique du centre et de l'ouest du Jylland ne renferme que rarement au-delà d'environ 15 p. c. de carbonate de calcium, tandis que dans l'est du Jylland et dans les îles elle en renferme souvent de 20 à 30 p. c. Les moraines crayeuses se composent essentiellement de craie blanche et leur contenu en calcaire est très élevé. Le sable diluvien (voir p. 90) calcifère et la marne lacustre interglaciaire sont également utilisés pour le marnage, mais ils sont d'une importance secondaire; par contre on utilise dans le Vendsyssel sur une assez large échelle de l'argile à *Yoldia* tant interglaciaire que glaciaire postérieure. Dans l'est du Jylland et dans les îles on exploite largement les dépôts qui s'y trouvent de tuf calcaire, de calcaire des marais et de calcaire lacustre, glaciaires postérieurs ou alluviaux. La valeur de la marne et du chaulage utilisés annuellement, ne peut pas être fixée, étant donné que ces produits proviennent souvent de la propriété-même où ils sont utilisés.

Les nodules de phosphorite des couches de sable vert cénomanien de Bornholm furent exploités vers la fin de la grande guerre pour la production d'engrais phosphaté, mais l'extraction en a cessé au bout de très peu de temps.

Matériaux de construction.

Pierres à bâtir naturelles.

Après la fin de l'époque glaciaire de grandes parties du pays étaient parsemées d'une façon plus ou moins compacte

de galets, originaires soit des régions de la roche anté-cambrienne scandinave soit de dépôts postérieurs enlevés par la nappe glaciaire dans sa marche en avant. Ces grands galets furent de bonne heure utilisés pour des fins pratiques; nos dolmens et tumuli de l'âge néolithique de même que nos pierres runiques en portent témoignage. Des nombreuses églises de pierre encore en usage, qui ont remplacé les églises de bois primitives, un nombre vraiment imposant est construit de pierres des champs.³⁻⁴ L'art de la briqueterie, qui s'est introduit chez nous dans la seconde moitié du 12^e siècle, a fait diminuer l'utilisation des pierres naturelles comme pierre à bâtir, et les grands galets ont été simplement amoncelés ou utilisés pour des clôtures de pierre. De nos jours ces matériaux sont exploités sous forme de blocage pour les grands chemins et les voies ferrées. Il arrive encore qu'on emploie en entier ou partiellement des grands galets équarris pour la construction d'édifices modernes. Dans les murs du palais gouvernemental de Christiansborg à København, reconstruit après incendie, on a fait entrer des pierres naturelles provenant d'environ 750 communes du Danemark.

Pour les constructions hydrauliciennes on utilise surtout des pierres marines, qu'on repêche du fond de la mer, tandis que le besoin des grandes villes en granite et d'autres roches pareilles est satisfait presque exclusivement des carrières. Dans l'île de Bornholm on extrait du granite en couche fixe depuis environ 100 ans, et la production en va progressant; en 1926 on en a extrait presque 1½ fois autant qu'en 1913. Le granite de Rønne est utilisé, outre comme pierre à bâtir, pour des monuments funéraires, parce qu'il prend au polissage une belle couleur foncée. C'est pourquoi il est d'un prix plus élevé que les autres granites de Bornholm. Le granite de Paradisbakke est en faveur pour la construction ou l'ornement des façades à cause de son bel aspect, jaspé de blanc. Les autres granites, granite de Hammer, granite de Vang, granite de Svaneke, sont également utilisés pour constructions,⁵ pavage etc.

Le basalte des îles Féroé, originaire du Tertiaire, a été utilisé pour la construction de quelques édifices dans

les îles-mêmes, et on essaye de l'importer dans d'autres parties du pays comme pierre à constructions et à monuments.

En 1754 l'Etat danois fit ouvrir au nord de Nexø à la côte orientale de Bornholm une carrière de grès de Nexø cambrien sous le nom de Frederiks Stenbrud; plus tard cette carrière est devenue propriété privée. Lors de l'irruption de la mer en 1872 la carrière fut submergée, et ce n'est qu'en 1922 qu'elle a été de nouveau mise à sec. Aujourd'hui on extrait de nouveau du grès de la vieille carrière.

Le calcaire à bryozoaires se présente quelquefois comme une pierre calcaire poreuse et peu dure, désignée sous le nom de Limsten ou, dans le langage des techniciens, de Kridtsten (pierre crayeuse). Déjà au moyen-âge elle a été utilisée comme pierre à bâtir en Stevns, à Kjøbenhavn (château d'ABSALON) et à Klim dans les Hanherreder. La pierre crayeuse de Stevns, où il y a des carrières dans la falaise, est molle et un peu avide d'eau à l'état frais; mais au bout de quelques années elle s'améliore à ce point de vue, et elle résiste bien à la gelée. A Faxø on trouve du calcaire à coralliaires aussi bien que du calcaire à bryozoaires d'une nature pareille à celle de Stevns Klint. Toutes les deux sortes de calcaire peuvent se présenter sous une forme où les intervalles sont entièrement ou partiellement remplis de boue calcaire durcie, et elles ont reçu alors le nom de Faxø Marmor (marbre de Faxø).

Le tuf calcaire peut se présenter à l'état pulvérulent, mais il renferme aussi quelquefois des parties cohérentes portant le caractère de pierres calcaires; au moyen âge on s'est servi comme pierres à bâtir de pierres calcaires de cette nature, auxquelles on a donné le nom de Fraadsten. Le calcaire à orthocératites (marbre de Bornholm), le grès vert et le calcaire de sable vert ont été également employés comme pierres à bâtir.

Pierres artificielles.

Bien que l'art de cuire des briques fût introduit dans notre pays dès le 12^e siècle (vers 1160) l'évolution d'une industrie domestique à une industrie manufacturière s'est accomplie

essentiellement depuis une centaine d'années. C'est ainsi qu'un nombre de grandes briqueteries a été fondé, et une foule de petites industries de briqueterie ont cesse d'exister. Cette concentration de la production semble s'être réalisée maintenant dans une juste mesure, étant donné que la grande diminution du nombre des briqueteries s'est arrêtée. En 1926 262 briqueteries étaient en fonction. Une place à part dans l'industrie de la briqueterie est occupée par les usines qui utilisent l'argile du rhétien-liasique de Bornholm et éventuellement aussi le kaolin pour la production de briques réfractaires et d'autres produits de briqueterie réfractaires. Pour les briques ordinaires on se sert d'argiles très différentes, pourvu qu'elles répondent par rapport à leurs qualités à peu près aux qualités exigées pour l'argile à poterie, surtout dans les usines qui visent à la production de marchandises de haute qualité. Pour les façades et les toits on se sert le plus souvent de briques et de tuiles rouges, faites de l'argile rouge la plus supérieure, décomposée et sans calcaire, tandis que les briques de façade jaunes sont fabriquées d'argile qui, à la cuisson, prend la couleur jaune par le fait que le carbonate de calcium et l'oxyde de fer y entrent dans une proportion telle qu'à la cuisson il se produit des silicates jaunes de fer et de calcaire. L'argile partiellement décomposée qui se trouve immédiatement au-dessous de l'argile rouge, produit souvent des briques rouge-jauné ou jaspées, qui ne sont pas utilisées pour les façades. L'argile diluvienne, l'argile d'eau douce glaciaire postérieure, et l'argile à *Yoldia* sont les espèces le plus souvent utilisées dans les briqueteries. A ce point de vue la grande localité d'argile d'eau douce glaciaire postérieure à Stenstrup en Fyn (voir p. 127) est d'une importance spéciale. Surtout aux environs des villes de quelque importance les briqueteries exploitent quelquefois l'argile morainique; mais les frais de production sont majorés du fait du maniement préparatif auquel il faut soumettre l'argile avant qu'elle puisse être pétrie et formée. Si l'argile ne renferme pas des pierres calcaires relativement grandes on peut se contenter de les triturer au laminoir; autrement il faut soumettre l'argile au lavage, parce que les grands morceaux de carbonate de calcium à la cuisson

se transforment en oxyde de calcium, qui se détrempe au contact de l'eau et rompt la brique. Jusqu'à 30 p. c. de carbonate de calcium finement réparties ne nuisent pas aux briques. L'argile à *Cyprina* (argile eemienne) interglaciaire et l'argile à *Cardium* alluvienne sont de peu d'importance comme argile de briqueterie. Un certain nombre de briqueteries en Jylland se servent d'argiles oligocènes et miocènes; mais comme ces argiles renferment quelquefois des quantités notables de matières nuisibles, telles que pyrite et gypse, il faut y être attentif lorsqu'il s'agit d'installations nouvelles ou de cuissons d'essai, afin de se débarrasser, le cas échéant, des matières nuisibles au moyen de lavage.

Depuis quelques années on se sert dans une assez large mesure de Kalksandsten (briques de chaux et sable) pour constructions. Ces briques sont faites de chaux vive et de sable, sur lesquels on fait actionner des vapeurs d'eau. En 1926 il y avait 8 industries engagées dans cette fabrication. De ciment et de sable on produit de notables quantités de briques de ciment et d'autres articles de ciment.

Les couches inférieures du Moler⁶ (voir p. 77), qui ne renferment que très peu de cendres volcaniques, fournissent à la cuisson une brique légère, poreuse et assez solide, dont on se sert depuis quelques années de plus en plus pour des constructions où il faut tenir compte surtout de la légèreté et des propriétés isolantes des matériaux.

Matières pour mortier.

La plupart des pierres calcaires dures et cohérentes avec plus de 90 p. c. de carbonate de calcium sont bien utilisables pour la chaufournerie, tandis que les pierres calcaires molles et la craie sont moins appropriées à cet effet. Nous apprenons de source historique que la cuisson de pierres calcaires de l'île de Saltholm remonte au 13^e siècle, et aux 16^e et 17^e siècles l'industrie de la chaufournerie était relativement très développée à Mariager Fjord dans la région à Danien à la partie moyenne du fiord. Il est à supposer que l'extraction des pierres calcaires aussi bien que l'indu-

strie de la chaux vive ont cessé peu après l'an 1700, soit par suite de l'abattage acharné des forêts du pays, soit par le fait que la pierre calcaire la mieux appropriée à proximité du fiord s'est épuisée. De vieille date on a également extrait de la pierre calcaire pour la cuisson à Davbjerg et Mønsted à l'ouest de Viborg, à Gudumlund au sud-est d'Aalborg et à Faxe dans la Sjælland méridionale. Cette dernière carrière est maintenant la plus grande du pays entier, et elle approvisionne une grande partie du pays de pierre calcaire et de chaux vive. Le calcaire à coralliaires se prête très bien à la cuisson, étant dur et néanmoins fortement poreux; ainsi le dioxyde de carbone dégagé par la cuisson s'échappe plus facilement qu'il ne le fait de la pierre calcaire compacte. La carrière, qui est ouverte au jour, a une longueur qui dépasse 1 km et une profondeur d'environ 30 m. Dans les roches daniennes dénommées calcaire à bryozoaires et calcaire à coccolithes il se trouve souvent des parties durcies auxquelles on a donné le nom de Saltholms-Kalk. Ces pierres calcaires dures se prêtent bien à la cuisson. Dans plusieurs localités on trouve dans des dépôts glaciaires des galets roulés de Saltholmskalk en des quantités telles qu'on les exploite dans la chaux vive, p. ex. à Farum au NO de København, à Klintebjerg dans l'Odsherred, et surtout à Glatved Strand dans le voisinage de Grenaa. Les parties durcies de la craie appelées Blegeskridt, «Bleger», sont utilisées pour la chaux vive; on les extrait à Mønsted et ailleurs. La partie de la Blegeskridt qui ne se prête pas à la cuisson est exploitée comme engrais chimique. L'extraction en se fait, soit dans une carrière ouverte au jour, soit dans des galeries (en Jylland appelées Kover); l'extraction de pierres calcaires dans des Kover est connue aussi d'autres localités en Jylland. Exceptionnellement on se sert aussi dans les chaux vives de calcaires plus mous et de craie blanche.*)

*) La chaux vive est utilisée principalement pour en faire du mortier et pour la fabrication de briques, mais on en fait usage aussi pour la désinfection et, dans l'industrie chimique, p. ex. pour la clarification du sucre de betteraves. Dans ce procédé on se sert également du dioxyde de carbone dégagé par la cuisson.

Les pierres calcaires argileuses (contenu en argile de 10 à 20 p. c.) ne s'éteignent que difficilement après cuisson, mais la pierre calcaire pulvérisée après cuisson acquerra des propriétés hydrauliques (faculté de se durcir au contact de l'eau), et on l'appelle alors de la chaux hydraulique⁷. Si le contenu en argile augmente (de 25 à 35 p. c.), la pierre calcaire cuite ne s'éteint pas du tout, et les propriétés hydrauliques augmentent à un tel degré que le durcissement peut s'opérer éventuellement dans l'eau. Les produits de cette nature sont appelées *Ciment romain*;⁷⁻⁸ mais les limites entre la chaux hydraulique et le ciment romain ne peuvent être fixées que d'après des règles qui ne sont pas encore autorisées dans notre pays. Parmi les calcaires qui ont été exploités à cette fin on peut nommer le calcaire à orthocératites et d'Andrarum de Bornholm, le *Cementsten* (pierre cimenteuse) des localités de Moler éocènes dans les îles de Mors et de Fur, des galets roulés de calcaire de sable vert paléocène de Klintebjerg dans l'Odsherred, et *Blegekridt* ou craie blanche siliciques de Mariager. Les deux espèces nommées en dernier lieu sont utilisées encore.

Cette industrie est pourtant d'une importance absolument secondaire comparée à la production de ciment de Portland, qui est composé sur la base d'analyses chimiques d'une telle manière que le produit de vente possède les meilleures propriétés possibles. Les matières brutes pour les 3 usines de ciment à Mariager Fjord (dont 2 sont en activité) sont la craie blanche et de l'argile tertiaire gris sombre (depuis quelques années on se sert pourtant, à ce qu'il paraît, exclusivement d'argile à *Cardium* postglaciaire), tandis que les 5 usines à Aalborg utilisent la craie blanche et de l'argile à *Yoldia* glaciaire postérieure; l'une des usines se sert pourtant d'argile morainique délavée. La craie blanche danoise est très pure (de 95 à 99 p. c. de carbonate de calcium) et se distingue surtout par son contenu très faible en composés de magnésium, qui ne dépasse que rarement 1 p. c. Ce fait est d'une grande importance pour la qualité du ciment. La production du ciment ne suffit pas seulement au besoin du pays; en 1926 plus que la moitié de la production a été exportée.

En ajoutant au ciment des briques de Moler (voir p. 205) en poudre on obtient du ciment de Moler, qui se prête mieux que le ciment de Portland ordinaire aux travaux hydrauliques.

Avant la grande guerre la production et l'exportation de craie brute était beaucoup plus importante qu'aujourd'hui. Cette décroissance est due surtout au fait que les usines de ciment russes nous achètent beaucoup moins de craie brute qu'auparavant.⁹

Poterie de Kaolin et d'Argile.

Lorsque, en 1709, BÖTTGER avait inventé une méthode pour la fabrication de la porcelaine on a vu naître, dans la plupart des pays d'Europe, un très grand intérêt pour cet art et pour les matières brutes qui servent à la fabrication de la porcelaine. Les recherches faites dans notre pays pour trouver des couches de kaolin ont amené, en 1755, la découverte de Kaolin en couche secondaire à la rivière Grødby Aa, environ 5 km au sud d'Aakirkeby; environ 1775 on trouva la localité principale de kaolin au NE de Rønne à l'endroit où se trouve actuellement la kaolinière de Rabekkegaard. Soumis à une température élevée (au dessus de cône 9) le kaolin de Bornholm se fait gris ou jaunâtre; c'est pourquoi on ne l'utilise plus pour la porcelaine fine; d'un autre côté on s'en sert comme matière de remplage dans l'industrie papetière, car à l'extraction il est d'une blancheur pure. A cet usage il faut laver le kaolin pour le débarrasser de son contenu en quartz¹⁰. Le kaolin brut et les produits grossiers du lavage sont employés avec de l'argile réfractaire pour la fabrication de différents articles réfractaires (briques de kaolin etc.).¹¹

Comme dans la plupart des autres pays du monde, de même aussi dans notre pays on a su de bonne heure utiliser l'argile pour en faire des ustensiles au moyen d'une cuisson; les vestiges que nous trouvons de la civilisation de l'âge de la pierre en portent témoignage. Dans les temps anciens la fabrication de la poterie rouge et jaune était un privilège urbain, tandis que la poterie noire (dans les îles danoises on l'appe-

lait Jydepotter: pots jutlandais) était fabriquée à la campagne. Pour les Jydepotter on utilisait différentes argiles: argile micacée, argile diluvienne, argile morainique. La couleur noire de cet article n'est pas due à l'argile mais au procédé de cuisson primitif, au moyen de tourbe (Klyner) dans une fosse; ce procédé eut pour effet de soumettre l'article à l'action de la fumée de manière à le rendre noir et imperméable sans faire usage de matières colorantes ni de calcine. Malgré les conditions primitives auxquelles cette industrie domestique était soumise les articles produits étaient d'une qualité assez bonne pour servir de marmites.¹² Les propriétés qui caractérisent la bonne argile à poterie, la couleur acquise à la cuisson, la plasticité, la résistance de la forme contre la dessiccation et la cuisson, intervalle de vitrification, l'infusibilité, se trouvent dans des argiles d'origine géologique très différente. En fait d'argiles réfractaires ou sémi-réfractaires il n'y a que les argiles du rhétien-liasique à Bornholm qui apparaissent dans notre pays.¹⁰ Elles sont utilisées pour la «poterie de Bornholm» à corps vitrifié, et pour la faïence, la maïolique ou la terre-cuite à corps poreux. Quelques argiles de Bornholm sont fortes en couleur mais pas réfractaires; elles servent à colorer la pâte céramique. La poterie qui n'est pas soumise à une très haute température à la cuisson, est fabriquée aussi des autres argiles que nous possédons, surtout d'argile diluvienne et d'argile morainique, qui sont les espèces les plus répandues. L'argile morainique doit pourtant être soumise au lavage avant d'être utilisée. En 1926 il y avait 4 fabriques de faïence à Bornholm, 9 fabriques de terre-cuite et de maïolique, 12 fabriques de poterie commune et 52 ateliers de poterie en chambre.

Combustibles.

La tourbe est le seul combustible de provenance du pays-même qui soit aujourd'hui de quelque importance; on s'en sert surtout à la campagne, étant donné que le transport sur des distances de quelque longueur n'est ordinairement pas rémunérateur. La tourbe de bruyère, qu'on extrait du lit

de Mor de la bruyère, était autrefois utilisée comme combustible dans les pays de bruyères, mais elle est aujourd'hui sans importance. La tourbe de marais élevé s'est formée dans un terrain humide, où l'eau n'a pas renfermé de sels calcaires en solution. Les couches meubles supérieures ne sont pas utilisées comme combustible, tandis que les couches plus profondes et plus transformées peuvent fournir une bonne tourbe d'une valeur calorifique considérable. La tourbe de marais bas, formée dans un terrain humide à eau calcifère, se trouve dans toutes les formes de transition depuis une matière presque purement organique à valeur calorifique considérable jusqu'à une fange tourbeuse sans valeur de combustible. La tourbe appelée *Martørv* dans le nord du Vendssyssel, à l'égal des autres tourbes, est d'origine alluvienne; par suite de la pression exercée par les masses de sable mouvant superposées elle est fortement transformée et peut rappeler le lignite. La *Lyseklyne* (tourbe d'éclairage) qui est résineuse, donne en brûlant une flamme luisante et fut utilisée autrefois pour l'éclairage. La tourbe sert quelquefois à fabriquer de la fane, et à la fabrique de verre de Holmegaard on produit du gaz de tourbe pour chauffer les fours de verrerie.

Pendant la grande guerre le lignite miocène du centre et de l'ouest du Jylland est devenu un combustible d'une certaine importance, et on en a extrait dans une assez large mesure à *Fasterholt* au sud-est de *Herning* et *Troldhede* au sud-ouest de *Herning*; mais actuellement l'extraction en a presque totalement cessé. Les couches de lignite du Jylland, qui peuvent atteindre une puissance d'environ 2 m, se trouvent sur un assez grand territoire, et en plusieurs endroits on peut extraire le lignite de carrières ouvertes; mais comme une grande partie du lignite est réduite en petits morceaux ou en poudre et contient beaucoup de cendre et de soufre, ce n'est qu'exceptionnellement que l'extraction en est rémunérative. Le lignite tertiaire des îles *Féroé* est utilisée pour des besoins locaux, mais il ne se trouve qu'en quantités peu considérables.

L'extraction de la houille de *Bornholm*, datant du jurassique, a commencé aux premières années du 17^{me} siècle, mais elle ne s'est continuée qu'avec beaucoup d'intervalles,

car ce n'est qu'exceptionnellement et pendant des périodes de courte durée qu'elle a été rémunérative. La houille est d'une qualité médiocre, et les conditions sont très peu favorables à l'extraction, parce que les couches carbonifères, qui peuvent atteindre une puissance d'1 m, sont inclinées et superposées par des couches de sable, de sorte que les puits de mine sont difficiles à étayer et à maintenir à sec. Pendant la grande guerre on a essayé d'exploiter la houille au sud de Hasle; mais l'extraction en a cessé peu de temps après la fin de la guerre.

Exploitation de roches et terrains pour d'autres usages.

Outre les blocs relativement grands des dépôts morainiques on utilise les galets plus petits des dépôts de sable et gravier du Quartaire pour le blocage des grands chemins et des voies ferrées. Les petites pierres, ordinairement arrondies, qui portent le nom de Singel, sont utilisées e. a. pour le béton-pierre. On enlève au moyen du crible les pierres au-dessus de 60 mm de diamètre et de même aussi le sable et gravier au-dessous de 30 mm. Le «singel» est appelé quelquefois Harpegrus (gravier passé au crible). Sous le nom de Ra1 on désigne des pierres de cordons littoraux (de 15 à 80 mm de diamètre); on s'en sert surtout pour des constructions hydrauliques. Outre comme matériaux de construction et pour l'entretien des ponts et chaussées le gravier et le sable servent aussi pour les filtres des grands réservoirs d'eau etc. Le gravier d'Aarsdale à la côte orientale de Bornholm est un produit de décomposition du granite de Svaneke et se distingue par le fait d'être presque dépourvu de poussière. Le sable qui contient de l'argile dans la proportion due (environ 15 p. c.) et qui satisfait aux conditions exigées dans les fonderies par rapport à la plasticité, force de résistance, perméabilité à l'air et propriété réfractaire, est utilisé comme sable de moulage.¹³ Ce sont le sable diluvien, sable morainique et sable micacé qui sont utilisés le plus souvent, dans l'île de Bornholm on se sert pourtant du sable jurassique.

| Article | Nombre d'établissements industriels 1926 | Production en 1926 | | Production en 1913 | Commerce extérieur en 1926 | |
|--|--|----------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| | | Quantités | Valeur (en couronnes danoises) | Quantités ou valeur | Exportation | Importation |
| Granite..... | 16 | | | | | |
| Articles pour constructions | | 2478 t. | 311254 | 6199 t. | 2 t. | 1718 t. |
| Monuments funéraires..... | | 996 - | 325518 | 756 - | 5 - | 336 - |
| Pierre à paver | | 37808 - | 1177162 | 19037 - | 1 - | 103714 - |
| Granite brut | | 368 - | 14820 | 1190 - | 141 - | 5115 - |
| Blocage et débris..... | | 69963 - | 458085 | 33180 - | 60 - | 65025 - |
| Grès | 1 | | | | 3 - | 1082 - |
| Articles pour constructions | | 222 - | 71100 | | | |
| Monuments funéraires..... | | 34 - | 16600 | | | |
| Pierre à paver | | 160 - | 4600 | | | |
| Divers..... | | 514 - | 20900 | | | |
| Craie et pierre calcaire..... | 51 | | | | | |
| Pierre à bâtir | | 1215 - | 20000 | 2100 - | | 260 - |
| Pierre à chaux et pour d'autres usages industriels | | 85877 m ³ | 894164 | env. 139600 m ³ | 93270 - | 42160 - |
| Pierre à chaux cuite sur place . | | 49405 - | | | | |
| Chaux vive, chaux en poudre.. | | 58931 t. | 3746366 | env. 63000 t. | 117 - | 3882 - |
| Craie brute..... | | 18685 - | 65407 | env. 100000 - | 17214 - | 18 - |
| Slæmmekrimt (craie lavée)..... | | 12632 - | 293526 | env. 10600 - | 6105 - | 137 - |
| Engrais chimique calcaire | | env. 77104 - | 650959 | env. 40000 - | 903 - | 6277 - |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|---|-------|---|---------------|----------------|----------|----------|
| Silex sphérique..... | } | 4 | 13008 - | 377000 | | 12922 - | |
| Silex..... | | | 15919 - | 73374 | | 9438 - | 5709 - |
| Briques de chaux et de sable.... | | 8 | 20.2 millions de briques | env. 700000 | | | 146 - |
| Ciment..... | } | 7+(1) | | | | | |
| Ciment de Portland..... | | | | 569021 t. | 21350000 | 495400 - | 331186 - | 5204 - |
| Kaolin..... | | 2 | | | | | |
| Brut..... | | | 4625 - *) | | 17723 - | 5 - | 1015 - |
| Lavé..... | | | 1694 - *) | | 41822 - | 914 - | 4083 - |
| Argile réfractaire..... | | | | | | 1213 - | 2239 - |
| Arts céramiques..... | | | | | | | |
| Porcelaine..... | } | 5 | | 7754000**) | 3105000 cr. | | |
| Faïence..... | | | | 816000**) | 1250000 - | | |
| Poterie fine de Bornholm etc... | | 13 | | 701000 | | | |
| Poterie commune..... | | 12 | | env. 1300000 | env. 1000000 - | | |
| Briqueteries..... | | 262 | | env. 24000000 | 13330000 - | | |
| Moler..... | | 2 | 7,9 millions de briques + d'autres articles | 550000 | 75000 - | | |
| Sable..... | | | | | | 1920 - | 4207 - |
| Limonite fraîche..... | | | | | | 585 - | 71 - |
| — usitée..... | | | | | | 1199 - | |

*) Une partie des 4625 tonnes a été employée pour la production des 1694 tonnes de kaolin lavé.

***) Fabriquées pour la plus grande part de matières brutes étrangères.

La craie blanche se réduit facilement en une poudre fine qui, après lavage à l'eau, s'emploie dans plusieurs industries sous le nom de Slæmmekridt (analogue au blanc de Meudon), p. ex. pour la peinture, à l'usage des écoles, comme tripoli et comme matière de remplage dans l'industrie du caoutchouc.

La craie et la pierre calcaire peuvent renfermer jusqu'à environ 50 p. c. d'éléments étrangers, dont la plus grande part est de l'acide silicique. L'acide silicique est en règle générale concentré dans des couches de silex à part ou dans des lits de nodules de silex, qui se trouvent dans les roches du Danien aussi bien que du Sénonien, à l'exception du calcaire à Coralliaires. A part cela on trouve du silex en grande quantité sous forme de galets dans nos dépôts quartaires. La richesse en silex de notre pays a laissé des traces dans la civilisation très développée de l'âge de la pierre dans notre pays et dans les pays limitrophes. Déjà dans l'âge de la pierre il y a eu une exportation considérable de silex.¹⁴ Le silex a été utilisé pour les briquets et comme pierre à fusil jusqu'au milieu du siècle passé; aujourd'hui on s'en sert pour l'entretien des chaussées, dans l'industrie céramique et, à titre d'exception, comme pierre à bâtir. Une exploitation particulièrement intéressante est celle du silex sphérique dans les broyeurs à galets, puisque le Danemark est le principal fournisseur de cet article pour le marché international.¹⁵

La terre à Diatomées interglaciaire,¹⁶ qui est un dépôt d'eau douce, n'est exploitée en grand qu'à l'ouest de Randers à Hollerup, où il se trouve une couche de 4 à 5 m d'épaisseur, et au sud de la rivière de Gudenaå, à Vellev. La terre à Diatomées apparaît tantôt d'un blanc pur, tantôt d'une couleur foncée produite par de la matière organique; on l'utilise, à l'état brut ou après cuisson, de différentes manières, mais surtout pour l'isolation de tuyaux et chaudrons tant pour les installations de chauffage que pour les installations frigorifiques. On s'en sert comme élément additionnel pour la clarification et le filtrage de liquides, pour matières fulminantes et frottoirs dans la fabrication d'allumettes, pour articles de polissage et pour la fabrication de préparations de silicates. Les préparations de terre à Diatomées danoises se distinguent par leur pureté par rapport à beaucoup de pré-

parations étrangères; ceci joue un rôle surtout pour les travaux d'isolation, où on est soumis à des règles officielles.

Myremalm (fer limoneux) fut exploitée au moyen âge et un peu avant dans le temps moderne pour l'extraction de fer par réduction au charbon de bois. Des restes de fourneaux primitifs et de monceaux de scories se trouvent encore dans plusieurs places.¹⁷ Vers le milieu du siècle dernier on a essayé d'exploiter du fer limoneux du Holstein et du Jylland dans un haut-fourneau près de Rendsburg; mais on a dû cesser la tentative pour des raisons économiques. Des projets ultérieurs pour l'établissement de hauts-fourneaux n'ont pas été réalisés. Mais le fer limoneux s'emploie aujourd'hui en proportion progressive pour l'épuration du gaz; on fait passer le gaz de houille sur des plateaux contenant du fer limoneux pour en dégager les combinaisons sulfureuses et cyaniques. Comme les combinaisons cyaniques peuvent s'extraire de la matière d'épuration du gaz utilisée, celle-ci a une certaine valeur marchande et fait l'objet d'une exportation. La production de matière d'épuration ne suffit pas seulement aux besoins des usines à gaz du pays-même; en 1926 on en a exporté 585 t. En Jylland on utilise quelquefois le fer limoneux pour l'entretien des chaussées.

Dans certains endroits où le fond de la mer a été mis à sec par soulèvement naturel ou par endiguement, on trouve souvent de grands bancs ou lits de coquilles, pour la plus grande part d'origine alluvienne. Les coquilles qui ont été déposées dans du sable, sont relativement faciles à nettoyer, et on les utilise alors comme mangeaille pour les poules et les cochons. Les lits de coquilles sont exploités en beaucoup de places, p. ex. au Lammefjord dans l'Odsherred, qui est mis à sec, à Odense Fjord et au Limfjord. Un usage analogue est fait de calcaire danien à bryozoaires en poudre des cordons littoraux post-glaciaires à Gøttrup au SSO de Fjerritslev dans l'Øster Hanherred.

Comme exploitations présentant un certain intérêt historique mais qui sont aujourd'hui délaissées, on peut citer la production d'alun du schiste aluneux cambrien, l'emploi de l'Argile plastique éocène pour fouler le drap (argile à foulon) et l'utilisation du feldspath des filons à pégma-

tite de Bornholm dans l'industrie céramique. A l'âge du bronze l'ambre a joué un grand rôle pour le commerce d'échange avec l'étranger; sur la côte occidentale du Jylland on ramasse aujourd'hui environ 150 kg d'ambre par an.

D'après l'Annuaire statistique de ces dernières années il s'est produit une diminution notable de l'industrie minérale du Danemark. Mais comme une telle diminution a eu lieu également pour d'autres branches de la vie économique il est à supposer que, dans des conditions normales, la production sera de nouveau considérablement supérieure à celle de l'année 1926.

Johannes Andersen.

Propriétés physiques de quelques argiles danoises.

En vertu de la grande extension du Quartaire et du Tertiaire en Danemark le pays est relativement riche en argiles de composition extrêmement variée.

L'étude de ces argiles a eu, dans le passé, pour objet principalement de les placer dans la série des couches géologiques, pour quelle raison on s'est attaché tout naturellement à se rendre compte surtout des conditions de gisement des argiles et de leur contenu en fossiles. Depuis quelques années, en Danemark aussi bien que dans la plupart des autres pays, on est attentif cependant à l'importance pratique d'une classification des argiles sur la base de leurs propriétés physiques: grosseur de grains, plasticité, hygroscopicité, etc. Pour cette raison on a commencé une étude systématique des argiles au point de vue de ces propriétés.¹⁸

Cette étude n'est pourtant pas encore assez avancée pour qu'on puisse sur cette base établir un schéma détaillé des argiles danoises; la classification faite ci-après ne fait qu'indiquer les points principaux d'un tel schéma:

- I. Argiles très grasses: Argile plastique éocène (Røsnæs, Trælle, Røgle).
- II. Argiles grasses . . . : Argile paléocène grise (Mors)? Argile micacée grasse oligocène et miocène (p. ex. Udal, Ulstrup, Mariager Fjord).

- III. Argiles assez grasses: La part principale des argiles paléocènes (p. ex. Rugaard, Kerteminde). Les argiles quartaires les plus argileuses.
- VI. Argiles maigres . . . : Argile micacée sableuse oligocène et miocène. Les argiles quartaires maigres.

Seuls, les deux points extrêmes: Argile plastique éocène et argile glaciaire (argile morainique) maigre, ont été étudiés définitivement, en tant que les sondages faits, en vue de la construction de deux ponts, respectivement dans le Lillebelt et l'Alssund, ont fourni l'occasion d'étudier plusieurs centaines d'échantillons non décomposés (à contenance d'eau en proportion naturelle) de ces deux argiles, qui constituent le sous-sol respectivement de l'un et de l'autre des deux bras de mer.

D'un autre côté ce sont précisément ces deux argiles qui présentent un intérêt spécial, l'Argile plastique parce qu'elle est la plus remarquable, et l'argile morainique parce qu'elle est la plus répandue des argiles danoises. Voici donc les résultats de l'examen des échantillons des deux localités citées.

I. Grosseur de grains des argiles (déterminée par lavage et tamisage).

| | Diamètres: 2—0,2 | 0,2—0,02 | 0,02—0,002 | < 0,002 mm |
|------------------------------|------------------|----------|------------|------------|
| | p. c. | p. c. | p. c. | p. c. |
| Argile plastique éocène. . . | 0 | 0,1 | 8,7 | 91,2 |
| Argile morainique »grasse« | 9,6 | 38,1 | 28,0 | 23,6 |
| Argile morainique maigre | 23,7 | 39,8 | 18,8 | 18,0 |

Par un autre procédé on a trouvé que le diamètre de 0,002 mm constitue la limite maximum des particules qui — après secouement dans une colonne de liquide de 30 cm — peuvent rester en suspens pendant plus de 24 heures. La plupart des particules de l'Argile plastique peuvent rester en suspens plusieurs mois sans se précipiter, et leur diamètre doit donc être de beaucoup inférieur à 0,002 mm. Aucune des autres argiles étudiées jusqu'ici ne présente un contenu en grains aussi fins.

II. Limites de consistance des argiles.

Par limites de consistance des argiles on entend le pour-cent d'eau*) qu'il faut pour que l'argile passe d'un état à un autre, p. ex. de l'état solide au plastique, et du plastique au fluide.

Pour les argiles étudiées les limites indiquées se trouvaient à

| | I | II |
|----------------------------|--|--|
| | Limite entre la consistance solide et la plastique | Limite entre la consistance plastique et la fluide |
| Argile plastique | env. 27 p. c. d'eau | env. 60 p. c. d'eau |
| Argile morainique »grasse« | - 15 - - | - 25 - - |
| Argile morainique maigre | - 12 - - | - 20 - - |

Le pour-cent d'eau qui indique la limite entre l'état solide et le plastique de l'argile, est appelé limite de plasticité inférieure, et le pour-cent d'eau où l'argile passe de l'état plastique au fluide, est appelé limite de plasticité supérieure. La différence, exprimée en pour-cent d'eau, entre ces deux limites, est appelée chiffre de plasticité de l'argile, et ce chiffre fournit une base solide pour comparer la ténuité de différentes argiles. Il ressort du schéma ci-dessus que le chiffre de plasticité est de

33 pour l'argile plastique
8 à 10 pour l'argile morainique

Aucune des autres argiles étudiées jusqu'ici n'a accusé un chiffre de plasticité supérieur à 20.

III. Pour-cent d'eau naturel des argiles.

Le pour-cent d'eau normal d'une argile est la moyenne du pour-cent d'eau qu'un dépôt d'argile a tendance à maintenir dans des conditions de gisement naturel. Le pour-cent d'eau naturel n'a de valeur, évidemment, pour l'appréciation des échantillons que lorsque les écarts de la moyenne ne sont pas trop grands pour chacun des échantillons en particulier.

La moyenne du pour-cent d'eau de 116 échantillons d'argile plastique éocène du gisement du Lillebelt était de 31,7.

*) Le pourcentage est fait sur la totalité de la substance (argile + eau)

(9 échantillons seulement avaient un pour-cent d'eau s'écartant de plus de 5 de la moyenne).

La moyenne du pour-cent d'eau de 89 échantillons de l'argile morainique d'Alssund était de 11,9. (8 échantillons seulement avaient un pour-cent d'eau s'écartant de plus de 3 de la moyenne).

L'argile plastique, qui constitue le fond même du Lillebelt, se maintient donc partout dans la partie du gisement d'où proviennent les échantillons (les 20 m les plus supérieurs) à une contenance d'eau un peu supérieure à la limite de plasticité inférieure de l'argile; tandis que, à grands traits, l'argile morainique d'Alssund s'est équilibrée à une hygroscopicité immédiatement au-dessous de la limite de plasticité inférieure de cette argile.

IV. Hygroscopicité des argiles.

Le rapport entre les degrés de ténuité des argiles qui se reflète dans les propriétés physiques mentionnées ci-dessus, se révèle d'une façon analogue dans leur chiffre d'hygroscopicité. Le chiffre d'hygroscopicité indique la contenance d'eau que peut atteindre une argile lorsque, soumise à une pression constante de vapeur d'eau, elle a libre accès à se saturer d'humidité. Le chiffre d'hygroscopicité dépend de la superficie totale des particules; il indique ainsi une mesure de la ténuité de l'argile. Pour les argiles mentionnées ici le chiffre d'hygroscopicité était:

Pour l'argile plastique éocène. Lillebelt . . de 21,4 à 23,8

Pour l'argile morainique. Alssund. - 4,0 - 4,5

Le chiffre d'hygroscopicité pour les autres argiles étudiées jusqu'ici a été toujours inférieur à 16; il en résulte que le chiffre d'hygroscopicité de l'argile plastique est extraordinairement élevé.

Par rapport à leurs propriétés physiques toutes les autres argiles danoises représentent des degrés intermédiaires entre

les deux types d'argile plastique éocène, et argile morainique maigre.

La limite entre le groupe I et le groupe II du schéma de la p. 00 est extrêmement nette. D'après les expériences faites jusqu'ici il n'y a pas grande difficulté non plus à déterminer si une argile est à placer dans le groupe II ou le groupe III; par contre on trouve, surtout en ce qui concerne le Quartaire, tous les degrés de transition possibles entre les deux derniers groupes du schéma.

Ellen Louise Mertz.

Bibliographie.

Abbréviations:

Dansk geol. Foren. = Meddelelser fra Dansk geologisk Forening. København.

D. G. U. = Danmarks Geologiske Undersøgelse.

Aarb. f. nord. Oldk. = Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie.

1. D. G. U. III. Række, Nr. 9, 11, 13, 15, 18 og 23.
2. CHRISTENSEN, HARALD R. 1918: Forsøg og Undersøgelser vedrørende Kalk og Mergel. Tidsskrift for Planteavl. Bd. 25, Hefte 3.
3. KORNERUP, J. 1870: Materialet i de ældste danske Kirkebygninger. Aarb. f. nord. Oldk.
4. BRUUN, DANIEL. 1919—22: Danmark, Land og Folk (Amtskortene over Kirkerne).
5. NØRREGAARD, E. M. 1911: Oversigt over naturlige Bygningssten, anvendte i København. Dansk geol. Foren. Bd. 3, Nr. 17.
6. HANNOVER, H. J. 1927: Om Molersten. En betydningsfuld dansk Specialindustris Udvikling. Danmarks naturvidenskabelige Samfund A. Nr. 14.
7. OST, H. 1919: Chemische Technologie. 10. Aufl. Leipzig.
8. HARVEY, F. 1904: The Uses of Hydraulic Cement. Geological Survey of Ohio. 4. Series, Bulletin No. 2.
9. Danmarks Statistik. 1926. Statistiske Meddelelser. 4. Række, Bld. 75, 7. Hefte. Produktionsstatistik 1925.
10. RIES, HEINRICH. 1898: The Kaolins and Fire Clays of Europe. Nineteenth Annual Report of the United States Geological Survey 1897—98. Part VI. Mineral Resources. S. 445—48.
11. HOWE, J. ALLEN. 1914: A Handbook to the collection of

- Kaolin, China Clay and China Stone in the Museum of Practical Geology. London.
12. MADSEN, ANDREAS. 1927: Kortfattet Udtog af Keramikens Historie. København.
 13. STEENBERG, N. og HARDER, POUL. 1905: Undersøgelser over nogle danske Sandsorters tekniske Anvendelighed. D. G. U. II. Række, Nr. 16.
 14. SHETELIG, HAAKON. 1922: Primitive Tider i Norge. Bergen.
 15. KATZ, FRANK J. 1920: Abrasive materials. Mineral Resources of the United States. 1917. Part II.
 16. P. A. 1927: Dansk Diatoméjord, »Ingeniøren«. Aarg. 34, Nr. 29. København.
 17. NIELSEN, NIELS. 1922: Jærnudvindingen i Nørrejylland i Oldtid og Middelalder. Aarb. f. nord. Oldk. III. Række, Bd. 12.
 18. MERTZ, ELLEN LOUISE. 1926: Metoder til Undersøgelse af Lerets fysiske Egenskaber. With a Summary of the Contents: Methods to investigations of the physical properties of clay. D. G. U. II. Række, Nr. 44.

Nou renvoyons en outre aux ouvrages suivants.

- USSING, N. V. 1902: Mineralproduktionen i Danmark ved Aaret 1900. Avec résumé en français: Production minérale du Danemark aux environs de l'an 1900. D. G. U. II. Række, Nr. 12.
- USSING, N. V. 1913: Danmarks Geologi i almenfattelig, Omrids. D. G. U. III. Række, Nr. 2. Tredie Udg. ved POUL HARDER.
- RØRDAM, K. 1908—10: Geologi og Jordbundslære I—III.
- RØRDAM, K. 1890: Undersøgelse af mesozoiske Lerarter og Kaolin paa Bornholm. Résumé d'une recherche sur les argiles mésozoïques et le Kaolin de l'île de Bornholm. D. G. U. II. Række, Nr. 1.
- GRÖNWALL, K. A. og MILTHERS, V. 1916: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Bornholm. Avec résumé en français: Notice explicative de la feuille (géologique) de Bornholm. D. G. U. I. Række, Nr. 13.
- MILTHERS, V. 1925: Danmarks Jord. »Det danske Landbrugs Historie«. København.
- »Lerindustrien«. Nordisk Tidsskrift for Ler-, Kalk- og Sten-Industrien. København.
- Danmarks Statistik. 1927. Statistiske Meddelelser. 4. Række, Bd. 79, Hefte 3. Produktionsstatistik 1926.
- Danmarks Statistik. Statistisk Tabelværk. 5. Række, Litra D. Nr. 47. Danmarks Vareindførsel og -udførsel i 1926.
- Fischer-Møller, H. 1906: Teglværkskemi. København.
- SUENSON, E. 1912: Bygningsmaterialer. III. København.

Index.

I. Index des termes techniques.

- Accumulation 164, 165, 171.
Activité volcanique (Féroé) 196.
«Eldre Joldialer» 113.
Affaissement à *Litorina* 140, 143, 145, 190.
Affaissement à *Tapes* 140.
Affaissement (Iles de Féroé) 197.
Âge du bronze 146, 148, 152, 188.
Âge du fer 148, 152.
Âge épipaléolithique 145, 187, 188.
Âge neolithique 152, 187, 188.
Agriculture 199.
Al 200.
Albien 47, 48, 52.
Alios 91, 92.
Alios tourbeux 91.
Alluvion d'eau douce 98.
Alluvion marin 145.
Altitudes 13.
Ambre 104, 216.
Amélioration du sol 199, 200.
Amygdaloïdes 20.
Anthraconite 29, 32.
Apatite 15.
Archéen 15.
«Argile à *Astarte*» 74, 82.
Argile à *Cardium* alluvienne 205, 207.
Argile à *Cyprina* interglaciaire 205.
Argile à *Dryas* 146.
Argile à foulon 215.
Argile à *Nematurella* 104.
Argile à septaria 74.
Argile à *Tellina* 96, 97, 100, 101, 106, 176.
Argile à *Tellina calcarea* 113, 179.
Argile à «Varv» 134.
Argile à *Yoldia* 183, 184, 201, 204.
Argile à *Yoldia* d'Esbjerg 95, 97, 98, 99, 100, 106, 113.
Argile à *Yoldia* glaciaire postérieure 137, 138, 182, 207.
Argile blanche infusible 45.
Argile brecciolaire 92.
Argile d'eau de fonte 92, 93.
Argile d'eau douce 110, 204.
Argile de plateau 93, 167.
Argile diluvienne 93, 176, 201, 204, 209.
Argile du rhétien-liasque 204, 209.
Argile eemienne 121, 205.
Argile et sable à *Cardinia Follini* 42, 43.
Argile et sable à *Cyrena Menkei* 42, 43.
Argile glacio-fluviatiles 100, 129.
Argile glauconieuse 74, 80, 81, 83.
Argile grise (paléocène) 75.
Argile micacée 74, 80 suiv., 96, 97, 100, 102, 106, 120, 209.
Argile marine de Hostrup 176.
Argile marine diluvienne à coquilles 177.
Argiles miocène 205.

- Argile morainique 88, 89, 92 suiv.,
97, 100 suiv., 113, 119, 120, 125,
126, 129, 146, 167, 197, 200, 201,
204, 207, 209.
- Argile oligocène 205.
- Argile, physiques de 216.
- Argile plastique 73, 74, 77, 79, 80,
96, 126, 215.
- Argile, Poterie de 208
- Arkose 25.
- Arnager Gronsand 40, 49.
- Arnagerkalk 49.
- Assises rhétien-liasiques 39.
- «Astarteler» 83.
- Banc à *Myoconcha*** 44.
- Bancs concrétionnaires 78.
- Bandes 17.
- Barkhanes 153.
- Baryte sulfatée 32, 79.
- Basalte, colonnes de 195.
- Basalte (Iles Féroé) 193, 202.
- Bavnoddegronsand 49.
- Biotite 15, 18.
- Bitume 82.
- Blanc de Meudon 214.
- Blegekridt 57 et suivantes, 200, 206,
207.
- «Bleger» 206.
- «Blegesand» 91, 92, 200.
- Blocs basaltiques 119.
- Blocs indicateurs 95, 96, 107, 119,
120, 121, 126, 127, 129, 131.
- Blocs de Dalecarlie 127.
- Blocs erratiques 74, 78.
- Blocs siluriens 84.
- Boeuf musqué 117.
- Brabrandien 148.
- «Bredning» 143, 144, 165.
- Bruxellien 80.
- Calcaires à Andrarum** 207.
- Calcaire bryozoaires 47, 52, 57 et sui-
vantes 203.
- Calcaire à *Ceratopyge* 36.
- «Calcaire à *Cerithium*» 61, 63.
- Calcaire à cocolithes 47, 56, 61, 62,
206.
- Calcaires à coralliaires 47, 57, 64
65, 69, 203, 206.
- Calcaire à *Crania* inférieur 68.
- «Calcaire à *Crania* supérieur» 75.
- Calcaire à *Cyclaster* 62, 63.
- Calcaire à Exsulans 28.
- Calcaire à Orthocères 30, 31, 32,
33, 36, 207.
- Calcaire d'Arnager 47, 50, 51.
- Calcaire de sable calcaire 66, 69.
- Calcaire des marais 201.
- Calcaire glauconieux 75, 203.
- Calcaire graveleux 66, 67.
- Calcaire lacustre 201.
- Calcédoine 196.
- Calcite 56, 196.
- Cambrien 36, 173.
- Cambrien inférieur 27.
- Cambrien moyen 28, 30.
- Cambrien supérieur 26, 28, 30.
- Campignien 148.
- Carlsbergfondets Dydbeboring 52.
- Cavernes 193.
- Cavités sèches 165.
- Célestine 54.
- «Cementsten» 78, 207.
- Cendres volcaniques 74.
- Cénomanien 40, 47, 49, 52, 174.
- Cerf colossal 117, 136.
- «Cerithiumkalk» 63.
- Changements de niveau 35, 52, 61,
68, 69, 84, 103, 110, 116, 134,
137, 173.
- Charbon 194.
- Chaufournerie 205.
- Chaux hydraulique 207.
- Ciment de Moler 208.
- Ciment de Portland 207.
- Ciment romain 207.
- Civilisation d'Ertebolle 148, 187, 188.
- Climat de steppe 156.
- Coefficient d'énumération 95, 106,
121, 126, 127.

- Colline insulaire 99, 105 et suivantes
118, 119, 156, 169, 171.
- Collines isolées 167.
- Collines transversales 128, 130, 166,
167.
- Colloïdes 79.
- Combustibles 209.
- Composition des granites de Born-
holm 19, 20.
- Concrétions calcaires 35, 81, 83.
- Concrétions d'antraconite 29.
- Concretions de pyrite 32.
- «Conglomérat à échinodermes» 75.
- Conglomérat basal 33, 49, 60, 76.
- Conglomérat de Madsegrav 48.
- Conglomérat de phosphorite 32, 33.
- Conglomérat de sable vert 75.
- Coquilles, bancs de 215.
- «Couche à crabes» 59.
- Couche à débris végétaux 40.
- Couche annuelle 134.
- Couches à *Dosinia* 141.
- Couches anamétiques 194.
- Couches andésitiques 78.
- Couches à *Zirphaea* 137, 140, 141,
184.
- Couches basaltiques 78.
- Couches carbonifères 40, 194.
- Couches cendres volcaniques 73, 77.
- Couches de fer argileux 39, 79.
- Couches de houille 40, 41, 44.
- Couches de tuf volcanique 77, 78,
194.
- Couches eemiennes 109, 114, 129.
- Couches liparitiques 78.
- Cordons littoraux soulevés 144, 171,
183, 188, 189, 191.
- Craie à *Actinocamax quadratus* 52,
53, 174.
- Craie à *Actinocamax Westphalicus*
51.
- Craie à *Belemnitella mucronata* 52,
53, 174.
- Craie blanche 47, 52, 53, 54, 55, 56,
61, 62, 63, 75, 200, 207.
- Craie brute 208.
- Crétacé 47, 75, 85, 173, 174.
- Crétacé inférieur 43, 174.
- Croupes basaltiques submarines 196.
- Cuivre 196.
- Cyprinaler 110.
- Daim** 117, 136.
- Danien inférieur 59, 66, 69.
- Danien supérieur 64, 66, 69, 70.
- Denudation subaérienne 114.
- Dépôts à *Tapes* 141, 142, 143, 145.
- Dépôts carbonifères rhetien-liassi-
ques 22.
- Dépôts d'eau douce glaciaires post-
érieures 146.
- Dépôts d'eau douce postglaciaires
146.
- Dépôts d'eau douce sub-marins 185.
- Dépôts de poussière 157.
- Dépôts du type de Brørup 114.
- Dépôts du type de Herning 114.
- Dépôts eemiens 100, 108, 109, 110,
114, 115, 121, 177.
- Dépôts éoliens 153 suiv.
- Dépôts glacio-fluviatiles 88, 90, 169.
- Dépôts jurassiques 43.
- Dépôt lacustre à Ejstrup 117.
- Dépôts marins glaciaires postéri-
eurs 137.
- Dépôts mésozoïques 21, 39.
- Dépôts morainiques 88.
- Dépressions à marais 165.
- Depression de la Suède centrale 184.
- Dépressions centrales 127, 128, 165.
- Dévonien 173.
- Diabas à olivine 20.
- «Diamants de Bornholm» 35.
- Diatomées 77, 78.
- «Diluvialgrus» 90.
- «Diluvialler» 93.
- «Diluvialsand» 90.
- Dogger 43, 45.
- Drainage 200.
- Dunes 153.
- Dune «blanche» 153.

- Dune «grise» 153.
Dunes paraboliques 154.
- Échelle géochronologique 135.
Écureuil des prairies 147.
Élargissure 143.
Emschérien 51.
Engrais chimique 206.
Engrais chimique calcaire 200.
Engrais phosphaté 201.
Énumérations de blocs 95, 120, 121, 126 suiv. 131, 132.
Eocène inférieur 74, 79, 80.
Eocène moyen 74, 80.
Eocène supérieur 74, 80, 175.
Époque à *Ancylus* 138.
Époque à *Dryas* antérieure 149.
Époque à *Dryas* postérieure 149.
Époque alluvienne 134, 148, 151.
Époque à *Tapes* 113, 142, 145.
Époque à Tundra 146.
Époque chaude alluviale 148.
Époque continentale 138, 140, 186.
Époque d'Allerød 149.
Époque épipaléolithique 149.
Époque glaciaire mecklembourgi-
enne 118.
Époque glaciaire milazzienne 95.
Époque glaciaire mindelienne 95.
Époque glaciaire monastirienne 118.
Époque glaciaire polonienne 105.
Époque glaciaire postérieure 91, 133, 137, 146, 149, 155, 156, 184.
Époque glaciaire rissienne 105.
Époque glaciaire saxonnienne 95.
Époque glaciaire würmienne 118.
Époque interglaciaire du Monastirien 108.
Époque interglaciaire de Riss-Würm 108.
Époque interglaciaire du Tyrrhénien 97, 105.
Époque néolithique 148.
Érosion glaciaire postérieure et post-glaciaire 165.
«Esbjerg Yoldialer» 97.
- Étage à *Olenellus* 28, 36.
Étage à *Olenus* 28, 29, 30, 31, 32.
Étage à *Paradoxides* 28, 30, 32.
- Faïence 209.
Failles 11, 25, 33, 39, 40, 174, 193.
Failles post-siluriennes 23.
Failles tectoniques 193.
Falaises 172.
Falaises disloquées 96, 121.
Faune à *Hoplites* 48.
Faune à *Schloenbachia* 49.
Faune boréale septentrionale 100.
Faune d'Esbjerg 99.
Faune de Vognsbøl 99.
Faxe Marmor 203.
Feldspath potassique 18.
Feldspath, utilisation du 215.
Fer, exploitation du 215.
Fer limoneux 215.
Fer magnétique 18.
Fer titanique 18.
Filons 195.
Filons aplite 18.
Filons de diabase 20, 21.
Filons de grès 21.
Filons de pegmatite 18, 21.
Fiords 169.
«Fiskeler» 61, 62.
Fleuves extramarginaux 170.
Fluorine 15, 18, 23.
«Forage à la recherche de gaz naturel» 107.
Forage de Grøndal 52, 54.
Forage de Skærumhede 176.
Formations côniques 27.
Formations glacières 88.
«Formation de Moler» 77.
Formations telmatiques 150.
Formations terrestres 150.
Formes topographiques 164.
Fraadsten 203.
- «Galets à stries» 88.
Galets, grands 202.

- Galets roulés de calcaire 207.
 Galets roulés de Saltholmskalk 206.
 Galets silurien 74.
 Gault 47, 48.
 Geosynclinal 11.
 Gisements crétacés 47.
 Gisements glacio-fluviatiles 96.
 Gjógv 193.
 Glace «mort» 93, 135.
 Glacier du Grand Belt 129.
 Glauconie 27, 33, 72.
 Gothlandien 36, 39.
 Granite aplitique 18.
 Granite d'Alminding 18, 19.
 Granite de Hammeren 16, 18, 19, 20.
 Granite de Pardisbakke 16, 17, 20.
 Granite de Rønne 15, 16, 17, 20, 21.
 Granite de Svaneke 16, 18, 19, 20.
 Granite de Vang 16, 17, 19, 20.
 Granites gneissiques 15.
 Granite graphique 18.
 Granite rubané 15, 16, 20.
 Gravier d'Aarsdale 211.
 Gravier de Robbedale 41.
 Gravier diluvien 90.
 Gravier morainique 89, 128, 166.
 Gravier stratifié 90.
 Grès de Hardeberga 27.
 Grès de Hasle 42.
 Grès de Nexö 25, 36, 203.
 Grès d'Öved-Ramsåsa 35, 36.
 Grès de Rispebjerg 28, 30, 31.
 Grès ferrugineux 39.
 Grès glauconieux 48.
 Grès phosphoritique 28, 33, 48, 49, 50.
 Grès quartzeux 51.
 Grès vert 203.
 Gypse 54, 205.
 Gytje 82.
- Homme** 147.
 Horizon de durcissement 62.
 Horizons de dessèchement 150.
 Hornblende 15, 17, 18.
 Horst de craie 106.
- Horst de granite 44.
 Hypersthénite 20.
 Houille de Bornholm 210.
 Hygroscopicité des argiles 219.
- «Indsande» 155.
 Industrie du ciment 199.
 Intrusions de diabase 23.
 Istmes 171.
- «Jordfaldshuller» 118.
 Jurassique 43, 173.
 Jurassique blanc 43.
 Jurassique brun 43.
 Jurassique noir 43.
 Jurassique supérieur 174.
 Jydepotter 209.
- Kalksandsten** 205.
 Kaolin 21, 27, 39, 43, 48, 204.
 Kaolin, origine de 21.
 Kaolin, Poterie de 208.
 «Kertemindemergel» 75, 76.
 Kjökkenmøddings 145, 148, 152, 187.
 Klyner 209.
 «Krabbelag» 59.
 «Kåle» 93.
- Labrador** 194.
 Lac à Ancylus 149, 185.
 Lac endigué 93, 127.
 Lacs 13, 165.
 Lacs allongés 169.
 Lacs séparés de la mer 171.
 Lacune 28, 36, 43, 80.
 Lagunes 172.
 Landes 156.
 Landes humide 200.
 Lentilles d'antraconite 32.
 Lias 43.
 Lias moyen 39, 44.
 Lignes côtières glaciaires postérieures 183.
 Lignes d'arrêt 121, 125, 133.
 Ligne de démarcation 118, 119.
 Lignite 73, 74, 82, 194.

- Lignite des îles Féroé 210.
 Lignite miocène 210.
 »Lillebeltsler« 74, 79, 96.
 Limite de nappe glaciaire 107.
 Limite extrême du front glaciaire 118.
 Limonite 54, 82, 147.
 Limsten 57, 62, 64, 203.
 London Clay 79.
 Lyngbyien (culture de) 149.
 Lyseklyne 210.
- Magnesium** 207.
 Magnétite titanée 15.
 Malm 43, 45.
 Mammouth 117, 136.
 Manque de calcaire 200.
 Marais de marécage 147.
 Marais d'envahissement 147.
 Marais de rivières 147.
 Marais des sources 147.
 Marais forestière 150.
 Marais lacustres 147.
 Marbre de Bornholm 203.
 Marbre de Faxø 203.
 Marne 201.
 Marne de Kerteminde 77.
 Marne glauconieuse 75.
 Marne grise 47, 52.
 Marne lacustre interglaciaire 201.
 Marne paléocène 200.
 Marne sablonneuse vert grisâtre 75, 76.
 Marsk 98, 145, 146, 188.
 Martørv 210.
 Matériaux de construction 201.
 Matières pour mortier 205.
 Mer à *Dosinia* 148.
 Mer à hauts-fonds 145.
 Mer à *Mya* 148.
 Mer à *Tapes* 142, 148.
 Mer à *Yoldia* 149.
 Mer à *Zirphæa* 149.
 Mer eémienne 108, 180.
 Mer glaciaire baltique 182, 184.
 Mer glaciaire postérieure 183.
- Mica 72, 97.
 Microcline 15, 17.
 Mindel-Riss Interglacial 97.
 Miocène inférieur 74, 82.
 Miocène moyen 74, 82, 83, 175.
 Miocène supérieur 74, 83, 84, 175.
 Moler 74, 77, 78, 205.
 Molybdénite 18.
 Moorlog 186.
 Mor 91, 200.
 Moraine A 95, 96, 106.
 Moraine B 100, 105, 106, 107, 120.
 Moraine C 96, 100, 119, 120, 121, 126.
 Moraine D 96, 120, 121, 126, 127, 129.
 Moraine E 129.
 Moraines basales 102.
 Moraine baltique 107.
 »Moraines inférieures« 105.
 Moraine superficielle 89.
 Moraines locales 90.
 Moraines marginales 124, 127, 128, 129, 130, 166.
 Mullerupéen 149, 151.
 Myremalm 215.
- Néocomien** 47.
 Niveau à *Ostrea* 141.
 Nodules de grès phosphoritique 48.
 Nodules de phosphorite 27, 28, 201.
- Ocre** 104.
 Oligocène inférieur 80.
 Oligocène moyen 74, 80, 81, 175.
 Oligocène supérieur 74, 81, 96, 175.
 Oligoklase 17.
 Olivine 20, 194.
 Oolithe 45.
 Opale 196.
 Ordovicien 30, 34, 36.
 Orographie interglaciaire 114.
 Orthite 15.
 Orthose 15.
 Oscillation d'Allerød 125, 133.

- Oser 129.
 Outil de pierre paléolithique 137.
- Paléocène inférieur** 75, 76.
 Paléocène moyen 75, 76.
 Paléocène supérieur 75, 77.
- Paysage de collines transversales 167.
 Paysage de moraines marginales 166.
 Paysage morainique à petites collines 167, 170.
 Pays de collines 165, 170.
 Pegmatite 18.
 Période à *Ancylus* 137, 140, 151.
 Période à bouleaux-pins 149.
 Période à *Litorina* 138, 143, 144, 152, 187, 189.
 Période à pins 149.
 Période à *Tapes* 181.
 Période atlantique 136, 148, 151, 152.
 Période à Tundra 137.
 Période à *Yoldia* 138, 139.
 Période à *Zirphaes* 138.
 Périodes boréale 136, 137, 149, 151.
 Période de forêt mixte à chênes 148, 152.
 Période subatlantique 148, 152.
 Période subboreale 136, 148, 152.
 Permien 173.
 Perturbations tectoniques 12, 85.
 Phase gothiglaciale de la Suède 130.
 Phosphorite 201.
 Pierre artificielles 203.
 Pierres calcaires argileuses 207.
 Pierres marines 202.
 Plagioclase 15, 17, 18.
 Plaines de landes 118, 169, 170.
 Plaine de landes de Karup 122, 124.
 Plaines de Marsk 171.
 Plaines de rivière 172.
 Plaines marines 171.
 Plan morainique 164, 170.
 Plasticité des Argiles 218.
 Plateau 165.
 Pliocène 73, 84, 175.
- Podsolisation 89, 91, 200.
 Pointes de terre 171.
 Polder 145.
 Porcelaine 208.
 Porphyres de Dalécarlie 119, 127.
 Porphyre rhomboïdal 95.
 Pots jutlandais 209.
 Poussée de l'île de Langeland 130.
 Poussée des Belts 128.
 Poussée de glace de la Baltique 107.
 Poussée du Jylland oriental 125.
 Pression de la nappe glaciaire 12.
 Pyrite 15, 28, 54, 76, 205.
 Pyroxène 20.
- Quartz** 15, 21, 26, 72.
 Quartzite 27.
- Ral** 211.
 Renforcements 118.
 Renne 137.
 Rhétien 41, 43, 45.
 Rhétien-liassique 40, 173.
 Ripple-marks 27.
 Riss 103, 116.
 Rivières 13.
 Roches anté-cambriennes 15, 25, 202.
 Roches éruptives 95.
 Roches moutonnées 197.
 »Røsnæsler« 74, 79.
- Sable à *Cyprina* 114.
 Sable à galets 89.
 Sable à *Saxicava* inférieur 138, 182.
 Sable à *Saxicava* supérieur 139, 183.
 Sable à *Tapes* 110.
 Sable à *Zirphaea* 138.
 Sable de kaolin 84.
 Sable des landes maigre 200.
 Sable diluvien 90, 98, 200, 201.
 Sable glacio-fluvialite 98, 100, 104, 107, 109, 110, 126, 155, 156, 166.
 Sable glauconieux 76.
 Sables intérieures 155, 156.
 Sable micacée 74, 82, 96.

- Sable morainique 89, 94, 105, 119.
 Sable mouvant 155, 156, 197, 200.
 Sable pierreux 200.
 Sable quartzeux 39, 91.
 Sable vert cenomanien 40, 48, 50, 201.
 Sable vert d'Arnager 47, 49.
 Sable vert de Bavnodde 47, 51.
 Sable vert sénonien 50.
 Salbandes 21.
 »Saltholmskalk« 58, 206.
 Schiste à brachiopodes de Scanie 34, 36.
 Schiste à *Colonus* 35, 36.
 Schiste à *Cyrtograptus* 34, 35, 36.
 Schiste à *Dicellograptus* 30, 31, 33, 34, 36.
 Schiste à *Dictyograptus* 30, 31, 32, 36.
 Schiste à *Didymograptus* 36.
 Schiste alunifère 28, 29, 30, 32, 215.
 Schiste à *Olenus* 36.
 Schiste à *Paradoxides* 31, 36.
 Schiste à *Rastrites* 34, 36.
 Schiste à *Trinucleus* 30, 31, 33, 34, 36.
 Schiste graptolitiques 33, 34.
 Schistes verts 27, 31, 36.
 Schistes cristallins 95.
 Sécrétions basiques 19.
 Selandien 56, 67, 68, 69, 75.
 »Senglacial« 91.
 Sénonien inférieur 51, 174.
 Sénonien moyen 52, 174.
 Sénonien supérieur 52, 174.
 »Septaria« 81.
 Série de Skærumhede 108, 109, 111, 113, 139, 140, 178, 179, 180.
 Série eutrophe de marais vert 150.
 Série liasique marine 42, 43.
 Série oligotrophe de tourbe à *Sphagnum* 150.
 Silex 50, 52, 54, 55, 58, 61, 62, 64, 76, 95, 105, 214.
 Silex sphérique 214.
 Silurien inférieur 32.
 Singel 211.
 Slæmmekridt 214.
 Sol brun humide 200.
 Sol brun-noirâtre 200.
 Sol tourbeux 200.
 Sphérosiderite 41, 42, 43, 48.
 Stratigraphie des marais 151.
 Stries glaciaires 130, 131.
 Surface du Tertiaire 84.
 Système cambrien 25.
 Système crétacé, 26, 47.
 Système de Lovka 44.
 Système de Sorthat 44.
 Système gothlandien 34.
 Système jurassique 26.
 Système liassique 49.
 Système ordovicien 32.
 Système triassique 26.
 Temps daniglaciaire 135.
 Temps finiglaciaire 135.
 Temps gothiglaciaire 135.
 Temps historique 148.
 Temps present 148, 187.
 Terrain cultivé 199.
 Terrasses 171.
 Terrasses d'érosion 172, 182.
 Terre à diatomées 73, 104, 105.
 Terres à diatomées interglaciaire 214.
 Terre fluide 93, 94.
 Terre silicée à diatomées 77.
 Titanite 15, 18.
 »Tjäle« 93.
 Torrents glaciaires 169.
 Tortue d'eau douce 151.
 Tourbe 110, 114, 125, 146, 147, 177, 185, 186, 197, 209.
 Tourbe à baguettes 125.
 Tourbe à *Calluna* 150.
 Tourbe à *Magnocaricetum* 150.
 Tourbe à *Phragmites* 150.
 Tourbe à *Sphagnum* 150, 152.
 Tourbe de bruyère 209.
 Tourbe d'éclairage 210.
 Tourbe de marais 210.
 Tourbe ombrogène 150.

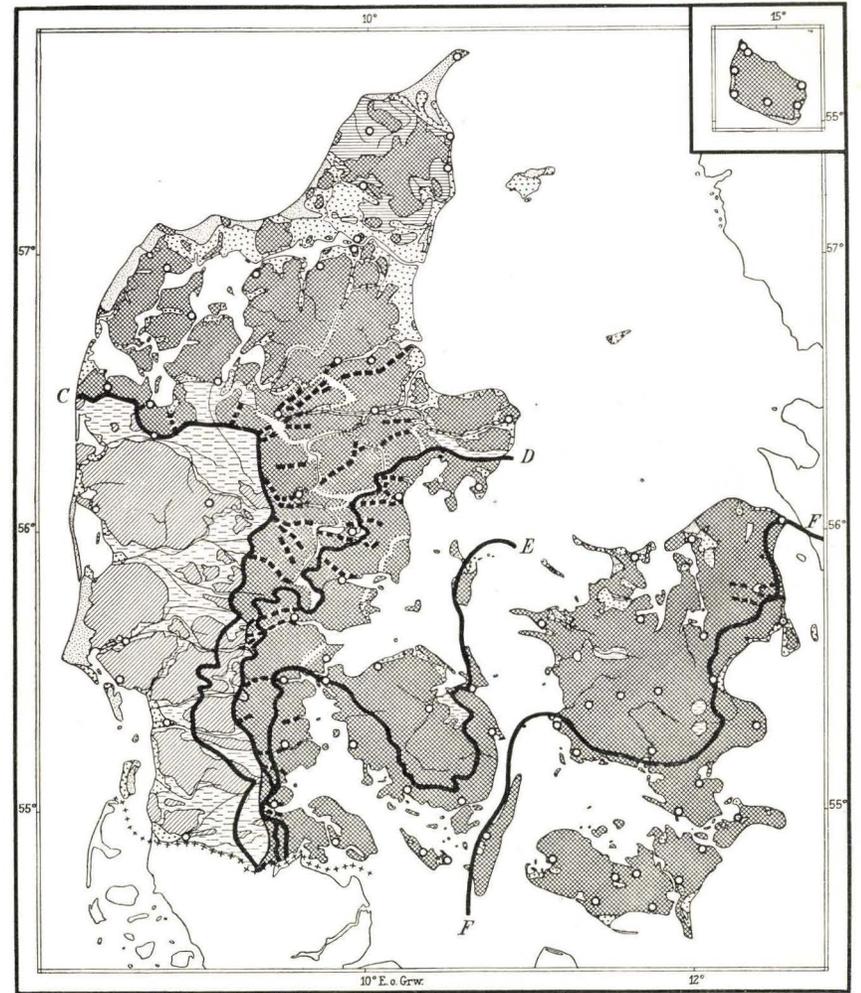
- Tourbe sub-marine 186.
 Tourbières 108.
 Tourbières de Brørup 94, 114.
 Tuf calcaire 147, 151, 201.
 Tuf cimenté 78.
 Tuf liparitiques 194.
 Tuf volcanique 78.
 Turonien supérieur 174.
 Type »Klondyke« 17.
 »Tæle« 93.
 »Torveal« 91.
- Vader 145.
 Vallées à joints 23.
 Vallées à tunnel 109, 118, 121, 168, 169, 170, 171.
 Vallées circulaires 197.
 Vallées extra-marginales 118, 171.
 »Varv« 134, 135.
 Vase à diatomées 150.
 Vase calcaire 56, 102, 105, 150.
 Vase humique 150.
- Wealdien 40, 43, 45, 47, 48, 52.
 Würm 116.
- Zéolithes 196.
 Zircon 15.
 Zone A 47, 59, 60, 63, 69.
 Zone à *Abra nitida* 111, 112, 113.
 Zone à *Acerocare* 29.
 Zone à *Actinocamax granulatus* 47.
 Zone à *Actinocamax quadratus* 47, 174.
 Zone à *Actinocamax westfalicus* 47.
 Zone à *Agnostus pisiformis* 29.
 Zone à *Arietites Bucklandi* 42.
 Zone B 47, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 69.
 Zone à *Belemnitella mucronata* 47, 52, 55, 174.
 Zone C 47, 59, 64, 66, 68, 69, 70.
 Zone à *Centaurus* 44.
 »Zone à *Crania tuberculata*« 68.
 Zone à *Cyprina* 110.
 Zone D 47, 59, 66, 67, 68, 69, 70.
 Zone à *Eurycare* 29.
 Zone à *Holaster planus* 51.
 Zone à *Hoplites* 49.
 Zone à *Hoplites tardefurcatus* et *H. regularis* 49.
 Zones à joints 23.
 Zone à *Mytilus* 110.
 Zone à *Olenus* 29.
 Zone à *Orusia* 29.
 Zone à *Paradoxides Forchhammeri* 29.
 Zone à *Peltura* 29.
 Zone à *Picea* et *Pinus* 115.
 Zone à *Polymorphites Jamesoni* 44.
 Zone à *Portlandia arctica* 112, 113, 139, 140, 178.
 Zone à *Schloenbachia* 49.
 Zone à *Turritella terebra* 111 suiv., 178.
 Zone de forêt mixte à chênes et de charme 115.
 Zone marginale fennoscandique 11.

II. Index des localités les plus importantes.

- Aalhorg 52 et suivantes, 186, 207.
 Aarhus 81.
 Aggersborg 65.
 Albækhoved 81.
 Allerød 133, 146.
 Ansager 177.
 Arnager 49, 50.
 Arreso 13, 144, 172.
 Bagaa 44.
 Balling 83.
 »Bildt« près de Frederikssund 142.
 Broager 110.

- Brøns 105.
 Brørup 114, 137.
 Bogelund 60.
- Copenhagen voir København.**
- Dalsnypen (Îles Féroé) 195.**
 Dueodde 185.
 Dynddal 23.
 Døvredal 23.
- Eerslev 60.**
 Egtved 104.
 Ejstrup 115.
 Ekkodal 23.
 Esbjerg 83, 97 suiv., 175, 182.
- Faxe 65, 67, 206.
 Féroé (les îles) 193 suiv., 202, 210.
 Fjerritslev 143.
 Forslevgaard 104.
 Fredericia 105, 164.
 Frederikshavn 113, 141, 179.
 Fynske Alper 128.
- Galgeløkken 42**
 Gammelmarksklinter 110.
 Gedser 56.
 Glatved Strand 206.
 Gram 83.
 Gribskov 166.
 Grøndal Aa 52.
 Gudbjerg 104.
 Gudena 13, 109, 123, 126, 171, 172.
- Hald Sø 165.**
 Halleby Aa 129.
 Hanklit 75.
 Harebjerg près de Brørup 137.
 Hareskov 167.
 Harreskov 102.
 Hasle 41.
 Herfogle 67.
 Herning 114.
 Himmelbjerget 13, 165.
 Hindsgavl 81.
- Hirshals 113, 187.
 Hørup 104.
 Høve 113, 179.
 Hollerup 104, 214.
 Holsterhus 45.
 Horns Rev 108.
 Hostrup 101, 176.
 Hvallose 67, 76.
 Hvidodde 44.
- Indre Bjergum 100.
- Jensgaard 81.**
 Jonstrup Vang 167.
 Jyderup 129.
- Kaas 20.**
 Kalø Vig 127, 165, 167, 168.
 Karup (plaine de landes de) 122, 124.
 Kasted 52
 Katholm 80.
 Kattinge 145.
 Kerteminde 76, 144.
 Kertinge Nor 128, 165.
 Kibæk 102, 177.
 Kiel 142, 188.
 Klintebjerg 206.
 Klitgaard 77.
 København 52, 67, 76, 104, 164.
 Køge, os de 129.
- Læsaa 28.**
 Langeland 130, 131.
 Limensgade 31.
 Listed 20.
 Løsning 127, 166.
 Lovka 44.
 Løvskaal 104.
- Maade 83, 97.**
 Madsegrav 48, 49.
 Mariager Fjord 81, 207.
 Moens Klint 53, 55, 114.
 Mogenstrup, os de 129.
 Mols Bjerge 127, 165.

- Moselund 82.
 Munkerup 40.
 Myggenæs 195.
- Nebbe Odde** 41.
 Neustadt 142.
 Nexø 27.
 Nørre Lyngby 147, 156.
 Nystrup 60.
- Ødsherred** 129, 165, 166, 206.
 Ølea 28.
 Øresund 145, 148, 182 suiv.
 Øxnebjerg 157.
 Onsbæk 45.
 Ormebæk 41.
- Pythus** 41 suiv.
- Raabjerg** 153.
 Rind 102.
 Ringkøbing Fjord 172.
 Risebæk 32, 33.
 Ristinge Klint 109, 120, 121, 126, 157.
 Rodebæk 115.
 Røgle Klint 79, 96, 106, 120, 126.
 Rønne 21, 42, 48.
 Røsnæs 74, 77, 79, 113, 128, 191.
 Rosmannebæk 44.
 Rostrup 115.
 Rugaard 76.
- Saltholm** 56, 67, 205.
 Saltuna 20.
 Samsø 127 suiv., 132, 167.
- Skalsaa 123, 124, 171.
 Skambæk Mølle 113.
 Skelbro 32, 33.
 Skern Aa 13, 109, 172.
 Skillingbro 65.
 Skive Aa 124.
 Skjærum Mølle 83.
 Skovbjerg, colline insulaire de 107.
 Skræderbakken 165.
 Skærumhede 108, 176 suiv.
 Smidstrup 124, 133.
 Sorthat 44.
 Sose Odde, Pointe de 41.
 Stampe Aa 42, 51.
 Starup 102.
 Stensigmose 110.
 Stenstrup 127, 204.
 Stevns Klint 53, 55, 58, 61, suiv., 203.
 Studeli Mile 153.
 Sund, le voir Øresund.
 Sundkrogen (København) 76.
 Svanninge Bjerge 166.
- Teglstrup Hegn** 166.
 Terpager 99.
 Tolne Bakker 166.
 Torpshøje 166.
 Tversted Aa 137.
- Varde** 82.
 Vasegaard 31.
 Vellengsbygaard 41.
 Velle 214.
 Vestermarie 18.
 Vognsbøl 99.
 Voxlev 59.
-



- | | | | | | |
|---|--|---|--|---|--|
|  | Collines insulaires de la deuxième glaciation. |  | Argile à Yoldia glaciaire postérieure. |  | Vallées à tunnel subglaciaires. |
|  | Dernière glaciation. |  | Couches à Litorina post-glaciaires. |  | Vallées extramarginales. |
|  | Plaine de landes. |  | Dunes. |  | Stades de retraits pendant la fonte de la glace. |

Carte du Quartaire du Danemark.