

CONTRIBUTIONS
A LA
GÉOLOGIE DES PAYS-BAS

VIII. LES INCRUSTATIONS CALCAIRES
DE LA MARE DE ROCKANJE (PRÈS BRIELLE) ET DE QUELQUES AUTRES MARES

PAR LE

D^r J. Lorie.

PLANCHE VII

Entre la ville de Rotterdam, principal centre commercial des Pays-Bas, et la Mer du Nord, se trouve la ville de Brielle, sur l'île de Voorne, réunie depuis quatre siècles à celle de Putten, et qui possède, près du village pittoresque de Rockanje, une des rares curiosités géologiques des Pays-Bas. C'est une mare, appelée « Waal », dont l'eau a la réputation de pétrifier les objets qu'on y plonge.

Au centre de la mare s'élève une petite *roche* pyramidale, de construction absolument artificielle. L'aubergiste, qui demeure à côté, la reconstruit chaque printemps et la démolit chaque automne, en immergeant les blocs dont la *roche* se compose. Il agit ainsi pour les protéger contre l'approche de la « spes-patriae », qui s'en emparerait facilement, quand la mare est gelée.

Une autre chose remarquable dans la mare est la présence de nombreux « tubes de roseaux », incrustations calcaires qui se sont formées autour de la partie inférieure des tiges de roseau. Ils ont une longueur

qui peut s'élever jusqu'à 0^m,12 et une épaisseur qui va jusqu'à 0^m,03 ; celle de la couche calcaire poreuse varie généralement entre 0^m,001 et 0^m,010.

Avant de mentionner nos propres observations, nous allons citer ce que nous avons pu trouver dans la littérature sur ces deux points intéressants.

CHAPITRE I

CONSIDÉRATIONS HISTORIQUES ET BIBLIOGRAPHIQUES.

I. — Le premier auteur qui, à notre connaissance, ait fait mention de la roche et des pétrifications, est **Van Alkemade** qui, de concert avec **Van der Schelling**, a publié, en 1729, à Rotterdam, la « *Beschrijving van de Stad Brielle en den Lande van Voorne.* »

Dans le premier volume, page 176, il mentionne la roche qui s'est présentée (zig heeft opgedaan), il y a 60 ou 70 ans.

Nous pouvons donc accepter le milieu du XVII^e siècle (1650 en chiffres ronds), pour la découverte du banc de blocs calcifiés, qui aura été suivie bientôt de l'entassement formant la roche artificielle. Van Alkemade considère avec raison, la mare ou « *Waal* » comme un ancien bras de la Meuse. Il dit que les blocs sont formés d'une substance qui, d'abord gélatineuse, durcit ensuite ; il distingue très bien les tubes aux couches concentriques, ressemblant aux anneaux annuels des arbres, des blocs arrondis, à surface en chou-fleur (met kartelen). La roche s'élève non seulement jusqu'à la surface de l'eau, mais jusqu'à une demi-hauteur d'homme au-dessus. Le fond du « *Waal* » est couvert de la même substance gélatineuse ou durcie et l'eau elle-même paraît avoir un pouvoir pétrifiant.

II. — Un autre ouvrage, bien connu et souvent consulté, est le « *Tegenwoordige Staat der Vereenigde Nederlanden* ». Dans le septième volume, publié en 1749 à Amsterdam, la moitié de la page 87 est consacrée à la Mare de Rockanje ; nous y lisons :

« Une chose remarquable est une eau, appelée *Waal*, qu'on dit être » un ancien bras de la Meuse, mais qui n'est actuellement qu'un canal » vers Brielle. Dans cette *Waal* s'est développée, depuis quatre-vingts » ou quatre-vingt-dix ans, une grande roche d'une pierre spongieuse, » qui s'accroît continuellement, mais qui se désagrège au-dessus de » l'eau. Les roseaux croissant sous l'eau sont couverts de pierre et » pétrifiés peu à peu entièrement. Quand on met un bâton dans l'eau, » il se couvre en peu de temps d'un gravier pierreux, ce qui prouve que

» l'eau a un pouvoir pétrifiant, chose très rare et peut-être unique dans
 » notre pays. »

III. — C'est le célèbre **Job Baster**, qui fait le premier mention des colonies de bryozoaires dans quelques eaux saumâtres, sans toutefois connaître celle de la Mare de Rockanje. Dans le premier volume de son ouvrage classique « *Natuurkundige Uitspanningen*, etc. », paru à Harlem en 1762, il parle, page 96, d'une « *Eschara lapidescens*, conglomérata, foliolis tenuibus, crispis, coadunatis, simplicibus », qu'il considère comme nouvelle pour la science. On la trouve dans l'île de Schouwen, dans des fossés d'eau saumâtre ou salée, formant quelquefois de grosses mottes. Elle y croît, attachée aux roseaux, aux murs et aux revêtements des écluses et des bords des prairies, à tel point que le côté libre est toujours arrondi.

IV. — Quelques années après, en 1766, parut un autre travail classique, « l'*Elenchus zoöphytorum* » de **Pallas**, qui fut traduit par le Dr **P. Boddaert** et publié à Utrecht en 1768 sous le titre de « *Lijst der Plantdieren*, etc. » C'est dans ce livre que se trouve pour la première fois le nom d'*Eschara crustulenta*. « Les colonies sont calcifiées, d'une couleur gris-cendré-blanchâtre et fragiles. » Il les a trouvées entre autres endroits « dans une mare salée (1), près du village de Rockanje, dans l'île de Voorne, qui était autrefois entourée de la mer. Au milieu se trouve un banc de sable, qui est rempli de ces *Eschares*, couvertes d'une croûte *corallinae naturae*. Ces *Eschares* ne croissent presque plus dans cette mare salée, mais on en trouve, partout dans les tertres, d'anciennes, *privées des polypes* ».

V. — Le cinquième auteur qu'il nous faut citer et qui s'est occupé bien plus en détail de notre mare est le célèbre docteur **J. Le Francq van Berkhey**, auteur de la « *Natuurlijke Historie van Holland* », dont le second volume parut en 1771. Il lui consacre non moins de 40 pages (981-1021), dont nous voulons citer les points les plus intéressants.

Tout d'abord, il nie l'existence de colonies éteintes de bryozoaires et combat vivement Pallas. Il décrit les gros blocs de calcaire gris-blanchâtre, mais attribue les cellules des bryozoaires, qu'il a réellement observées, à l'action des *Steenmosseltjes* (petites moules pétri-coles ou saxicaves), qui auraient rongé les tubes à la manière des

(1) Cela doit être inexact; la particularité mentionnée par Pallas, que les *Eschares* seraient toutes mortes, nous fait croire que déjà alors l'eau de la mare était entièrement adoucie.

tarets dans les pilotis. Les *Steenmosseltjes* existent en effet ; elles pullulent dans l'eau et dans la boue, mais ce sont des Cypridines qui n'ont rien à faire avec les polypiers, non plus que les *Gammarus pulex*, qu'on a accusés également de ronger des cavités.

En second lieu, il exprime l'avis que le calcaire, en dissolution dans l'eau, trouve son origine dans le lit coquillier sableux qui forme le fond de la mare.

Troisièmement, il recherche les relations existant entre les incrustations et la végétation. « En été l'eau de la mare est très verte, mais » cette couleur disparaît en suite de violentes pluies ou d'un afflux » d'eau fraîche. Les roseaux se couvrent d'une boue verte, visqueuse, » depuis la largeur d'une main au-dessus du fond, jusqu'au double » au-dessous de la surface de l'eau. » Il présume que cette « boue verte » de l'eau s'entoure du tuffeau, qui en conserve parfaitement la forme » rugueuse. L'année suivante, il s'y forme une nouvelle couche ; la » tige de roseau se rompt par suite de sa pesanteur et tombe ; alors » il ne s'y dépose plus de calcaire que sur la face supérieure. »

En quatrième lieu, il soutient l'opinion parfaitement erronée, que la mare n'est pas une partie d'un ancien bras de la Meuse, comme le veut Pallas (qui a eu parfaitement raison), quoique la mer y arrive de temps à autre lors des inondations.

VI. — En 1823 parut à Leyde la thèse de **C. A. Bergsma**, intitulée : « *Responsio ad Quæstionem : Quæritur, an Incrustationes indigenæ sunt chemicæ, an versalius originis* » ? qui fut publiée dans les « *Annales Academiæ, Lugduno-Batavæ* » 1822-1823, avec trois planches colorées.

Notre ami M. R. Horst de Leyde a eu l'obligeance de parcourir pour nous cette thèse, ainsi que la suivante et de nous en communiquer le contenu ; nous lui témoignons ici toute notre gratitude pour son secours fort utile.

Du reste Bergsma a donné lui-même un aperçu de sa thèse en langue néerlandaise, sous le titre de *Iets over de Omkorstingen van Rockanje*, dans le journal « *Algemeene-Konst- en Letterbode* » de l'année 1824, premier volume, page 162.

Il y constate tout d'abord que la *roche* est artificielle et se compose de blocs entassés, qui sont des incrustations. Ensuite il combat Le Francq van Berkhey, qui a considéré celles-ci comme un dépôt mécanique d'argile, ce qu'il croit fort improbable ; on ne pourrait concevoir, en effet, pourquoi des particules molles d'argile, qui restent dans les mêmes conditions, se changeraient en une substance dure. Du reste, si

telle était l'origine des incrustations, elles ne seraient certes pas aussi rares.

Il mentionne Pallas et lui attribue à tort de nommer l'*Eschara crustulenta* comme la cause des incrustations. On ne pourrait s'attendre à rencontrer un pareil produit marin dans une mare d'eau douce, où le Brochet et la Perche se portent très bien (Berkhey cite déjà en 1771, en outre le Gardon, la Carpe, le Chabot, la Tanche et l'Anguille, de sorte que la douceur de l'eau est bien hors de question).

Il rejette aussi l'explication assez fantastique des *Steenmosseltjes* de Berkhey.

« Les incrustations elles-mêmes sont de trois espèces, qui diffèrent »
 » principalement dans la forme extérieure. Deux sont de forme »
 » allongée; la première est une mince croûte autour d'une tige de »
 » roseau ou d'une autre plante aquatique; la seconde a adopté une »
 » forme plus définie autour d'un noyau ligneux. La dernière sorte »
 » paraît être une masse de pierre arrondie; la forme et les dimensions »
 » en sont assez variables. En les brisant, on voit leur structure en »
 » couches concentriques et en les dissolvant dans un acide quelcon- »
 » que, le calcaire disparaît et il reste une substance gélatineuse. Cette »
 » substance est *peut-être* issue d'une espèce d'éponge fluviatile (*Alcy-* »
 » *onium fluviatile* Bruguière ou *Alcyonella stagnorum* Lamarck (1), »
 » qu'il a trouvée partout sur ces incrustations et qui paraît y avoir »
 » beaucoup contribué. »

Une analyse chimique des incrustations a donné pour résultat : 22.70 % de matière organique; 75.60 % de calcaire; 0.20 % de carbonate de fer; 1.07 % de silice; reste 0.43 % de perte.

L'eau de la mare contient de l'acide carbonique et deux litres laissent par l'évaporation 9 à 10 gr. de matière solide, soit : carbonate de calcium avec une petite quantité de carbonate de fer, 0.54 gr.; chlorure de calcium (zeezoutzure kalk) 2.85 gr.; chlorure de natrium, avec une petite quantité de chlorure de magnésium (zeezoutzure soda en zeezoutzure magnesia) 6.21, ensemble 9.60 gr. (2).

Les incrustations se composent principalement de carbonate de calcium, qui est tenu en dissolution dans l'eau par l'acide carbonique libre; il faut donc que ce gaz se perde « par la chaleur ou par les influences atmosphériques » (3). Il lui paraît que « la cause de ce que

(1) L'*Alcyonella stagnorum* ou *fungosa* n'est pas une éponge, mais un bryozoaire.

(2) Le pourcentage serait donc de 0,01562 de CaO pour le carbonate et de 0,719 de CaO pour le chlorure de calcium; le premier chiffre s'accorde bien avec la moyenne de ceux du Dr Sinia, soit 0,01553.

(3) C'est assez vague!

» le calcaire forme des masses aussi volumineuses, dépend de cette
 » *Alcyonella stagnorum*, qui se pétrifie de calcaire. Chaque année,
 » elle se développe de nouveau sur les incrustations déjà formées et les
 » fait ainsi augmenter considérablement.

» Les algues aussi paraissent contribuer à former les incrustations,
 » car elles peuvent se couvrir d'une croûte calcaire. »

La conclusion finale de l'auteur est que « la cause de l'incrustation
 » n'est ni mécanique, ni zoologique (quoique l'*Alcyonella* y contribue
 » en effet), mais chimique. On trouve à Rockanje deux circonstances
 » réunies, qui doivent se combiner pour produire des incrustations
 » aussi considérables, savoir : le calcaire dissous et les Alcyonelles
 » vivantes ».

En somme, nous voudrions y ajouter que Bergsma, n'ayant pas su constater les *Flustra crustulenta*, qui sont pourtant faciles à découvrir, a prouvé qu'il était un observateur assez médiocre, de sorte que son hypothèse des Alcyonelles aurait eu besoin de plus forts arguments, pour passer sans contestation dans la littérature, par exemple dans l'ouvrage classique de Bronn (XII).

A la page 4 de sa thèse se trouve une note rédigée comme suit :
 « Clar. I. F. Martinet, in libro cui titulus : » *Verhandelingen en*
 » *Waar nemingen over de Natuurlijke Historie, meerendeels van*
 » *ons Vaderland* », pag. 221, loquitur de incrustationibus in Frisia ;
 » sed eas invenire non potui. »

Nous avons cherché dans l'ouvrage précité, publié à Amsterdam, en 1795, et nous avons trouvé à la page 201 (non 221) la question suivante :

« Où a-t-on décrit, que dans l'eau de Mede en Frise, on rencontre
 » les mêmes phénomènes que près de la roche de Rockanje ? » C'est tout !

VII. — J. Ab Utrecht Dresselhuis. « *De Provincie Zeeland in hare aloude Gesteldheid en geregelde Vorming beschouwd* », faisant partie des « *Nieuwe Werken van het Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen* » I. 1839. Dans la note 27 à la page 78 l'auteur parle du « *Groote Gat* » près d'Oostburg dans la Flandre zélandaise, qu'il considère comme le reste de l'ancien bras de mer « *Elmare* », et dans lequel on trouve une rareté naturelle analogue à la roche de Rockanje.

« Il existe au milieu de cette crique un banc de sable qui se trouve
 » presque à sec dans les temps de très grande sécheresse et sur lequel
 » on découvre alors une multitude de mottes spongieuses pétrifiées de
 » différentes tailles, ressemblant au premier abord à de la pierre
 » ponce. En examinant de plus près, on voit pourtant que les tiges

» des roseaux en sont entourées en croissant, de sorte qu'il faut simplement les tenir pour des incrustations, formées des plus fines particules de la vase. En creusant en des endroits où se trouvent les lits des courants d'autrefois, on rencontre de temps à autre de pareilles pétrifications. »

Nous voyons donc ici de nouveau la confusion habituelle des blocs de bryozoaires et des tubes calcifiés de roseaux.

VIII. — M. R. T. Maitland, dans son livre « *Fauna Belgii septentrionalis*, Pars I : *Animalia radiata et annulata* Cuvieri, » Leyde 1851, mentionne la *Flustra crustulenta* et emprunte à Baster (III) ses principaux détails. Il y ajoute que, « dans les fossés de Veere, les vieux polypiers qui se sont rompus par suite de leur pesanteur, sont roulés à droite et à gauche par l'eau (1) sur le fond, perdent leurs excroissances feuilletées, se remplissent de boue et adoptent une forme sphérique ou cylindrique, ce qui leur donne beaucoup de ressemblance avec les incrustations calcaires du « Petit Lac de Rockanje », avec lesquelles cette *Flustra* a été confondue autrefois. On les trouve en abondance dans les fossés de la ville de Veere (île de Walcheren), surtout derrière l'arsenal. »

« N. B. Pallas dit que la *Flustra crustulenta* se trouve à peine dans le petit lac salé de Rockanje, mais ici la *Flustra crustulenta* a été confondue avec l'*Alcyonella stagnorum*. Ni Lamarck, ni Johnston, ni aucun autre auteur de l'étranger ne font mention de cette espèce de *Flustra*. »

Dans le même travail, pag. 75, il traite de l'*Alcyonella fungosa* Pallas sp. « Elle s'attache comme une masse spongieuse dans les eaux stagnantes. On la trouve dans le petit lac de Rockanje (fide Pallas, Bergsma), dans les fossés autour de Rotterdam, de Beek près de Nimègue, de Leide et dans un étang près de La Haye. »

M. Maitland continue donc la confusion, créée par Berkhey et Bergsma ; pourtant il nous a communiqué, il y a quelques années, qu'il avait reconnu plus tard l'existence d'un banc mort de cette *Flustra* dans la Mare de Rockanje.

IX. — W. Plokker. « *Geschied- en aardrijkskundige Beschrijving van het Eiland Voorne en Putten* ». Brielle, 1851.

L'auteur fait mention, pag. 172, de la mare. Il présume que « la

(1) Nous ne saurions comprendre comment ces polypiers seraient roulés à droite et à gauche dans une eau stagnante.

» roche (ou plutôt le banc de blocs calcifiés) a déjà existé avant l'endiguement du polder, qui a eu lieu antérieurement à 1500 ». (Nous ne sommes pas de cet avis, parce que les polypiers ne se forment ni dans l'eau salée, ni dans l'eau parfaitement douce, mais seulement dans l'eau saumâtre, donc dans les criques endiguées depuis plusieurs années.)

« Les blocs isolés se désagrègent facilement en une poudre légère. Les roseaux et d'autres plantes aquatiques s'incrustent d'une substance grisâtre, qui est d'abord douce et gélatineuse et qui s'endurcit ensuite. Elle se compose principalement de calcaire, qui est peut-être amené par une source souterraine. »

X. — La seconde thèse qui traite exclusivement du petit Lac de Rockanje est celle de **P. G. Van Anrooy** : « *Dissertatio chymica inauguralis de Incrustatione in Lacu Rakaniensi* ». Zalt-Bommel, 1852.

« La célèbre roche n'est pas naturelle, mais un produit absolument artificiel, un entassement de blocs retirés du fond de l'eau. » De même que Pallas, l'auteur admet la présence d'un banc décédé de colonies d'*Eschara crustulenta* et rejette l'explication arbitraire de Le Francq van Berkhey.

L'origine des petits tubes calcaires est la suivante : « Les tiges subaquatiques des *Gramineæ* (?) et des *Cyperaceæ* sont d'abord entourées d'une masse verte, gélatineuse, semblable à celle qui entoure toutes les plantes qui croissent dans les eaux stagnantes. La masse se couvre d'une mince couche calcaire et la tige disparaît par la putréfaction. » Van Anrooy n'a pas pu retrouver l'*Alcyonella stagnorum* de Bergsma, mais bien la *Spongilla fluviatilis*; ce qui n'exclut pas la possibilité de l'existence simultanée des deux espèces dans la mare. Pourtant elles ne contribuent que très peu aux incrustations, qu'il considère, ainsi que Bergsma, comme étant de nature chimique.

L'origine du calcaire doit être cherchée dans la grande quantité de coquilles marines (et d'eau douce ?), peut-être aussi dans un banc calcaire (hypothétique) existant dans la mare.

Les résultats de ses analyses quantitatives sont les suivants :

- A. Pour les incrustations des polypiers ;
- B. Pour les incrustations des roseaux ;
- C. Pour l'eau de la mare.

	A	B		C
Al ² O ³	0,605			
Fe ² O ³	1,076		Ca SO ⁴	0,0103 %
Ca O	32,489	41,935	Ca CO ³	0,0141 »
Mg O	3,935	3,225	K Cl	0,0035 »
Cl	0,017	0,143	Na Cl	0,1469 »
SO ³	0,305		Mg Cl ²	0,0325 »
CO ²	33,585	34,146	Al ² O ³	0,0029 »
Si O ²	4,305		Fe ² O ³	
P ² O ⁵	0,071	0,054	Matière organique	0,0474 »
Al ² O ³ , Fe ² O ³ insolubles.	0,403	0,569		0,2576 %
Matière organique	21,75	19,240		
Perte	1,458	0,688		
	100,000	100,000		

Pourtant, à la page 42 de sa thèse, il écrit que l'eau a une teneur de 0,0217 % de Ca CO³ ou de 0,0121 % de Ca O, chiffres qui s'accordent bien mieux avec ceux de Bergsma (pag. 5) et de M. Sinia (pag. 18), de sorte qu'une erreur n'est pas impossible.

Le journal *Algemeene Konst- en Letterbode* de l'année 1852, second volume, contient une critique de cette thèse, dans laquelle il est relevé que l'auteur n'a pas entrepris un examen microscopique des incrustations pour vérifier si l'*Alcyonella* contribue ou non à leur formation. Les analyses chimiques ne sont pas entièrement dignes de foi, parce que les résultats en sont *trop corrects*.

Il est assez étrange que Van Anrooy considère les incrustations comme simplement chimiques, vu la grande proportion de matière organique (19-21 %) qu'elles renferment et la faible quantité de calcaire contenue dans l'eau (0,014 % Ca CO³).

XI. — L'ouvrage fondamental de la géologie des Pays-Bas, le « *Bodem van Nederland* » de **Staring**, ne consacre, dans le premier volume de 1856, pag. 225, que quelques lignes à notre mare.

« Plus d'une fois, elles (les incrustations) ont donné lieu à des » recherches. La mare a une superficie d'un hectare, se trouve au côté » intérieur des dunes et passe dans un terrain tourbeux, qu'on peut suivre » jusqu'à Brielle et qui doit probablement son origine à un ancien bras » de rivière. La mare elle-même est tourbeuse de tous côtés et, pour » la plus grande partie, remplie d'une végétation luxuriante de plantes » de marais. Au milieu, l'eau est plus riche en calcaire et encroûte, de

» carbonate de calcium, tous les objets qui s'y trouvent, tels que
 » pierres, roseaux et autres plantes. Les terres environnantes sont
 » remplies de coquilles, qui sont mises au jour à chaque fouille, de
 » sorte que l'origine du calcaire est à portée de la main, ainsi que celle
 » de l'acide carbonique qu'on peut trouver dans la multitude de
 » plantes aquatiques, qui pourrissent continuellement. L'explication
 » paraît si simple qu'il faut s'étonner de ce que ce cas soit unique sur
 » nos côtes, plutôt que du phénomène lui-même. »

XII. — **Bronn** : « *Die Klassen und Ordnungen des Thierreichs, Weichthiere* », 1862.

Dans le chapitre IV des « *Moosthierchen* », intitulé : « *Verhältnisse zur Naturwirthschaft* », on lit ce qui suit : « Le petit lac du « Waal »,
 » près de Rockanje dans l'île hollandaise de Voorne, diminue conti-
 » nuellement par une formation de roches, que Pallas a attribuée à
 » l'*Eschara crustulenta*. Bergsma a trouvé pourtant que les nou-
 » velles formations de pierres se composent de petites concrétions
 » calcaires, entre lesquelles on trouve la masse gélatineuse de l'*Alcyo-*
 » *nella fungosa* et une quantité de *Gammarus pulex* vivants. La
 » masse gélatineuse constituerait 0,22 du poids de l'incrustation
 » entière, qui contient, outre le calcaire, un peu de silice et de pro-
 » toxide de fer. L'Alcyonelle agit, plutôt en formant qu'en augmentant,
 » sur l'incrustation continuée. »

XIII. — « *Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging* », I, 1872, pag. 155.

M. **Van Bemmelen** rapporte qu'en démolissant, il y a peu de temps, le « Dampoort » à Middelbourg, on a trouvé des mottes d'Eschares attachées aux pilotis du pont dans le fossé de la ville. On a aussi examiné des Eschares dans un fossé du village de Koudekerke, également dans l'île de Walcheren.

M. Maitland ajoute que c'est la même *Eschara crustulenta* que dans la Mare de Rockanje.

XIV. — Dans le même journal de l'année 1895, **M. Maitland**, à qui nous avons de bonne foi donné lecture de notre manuscrit, en a profité pour en copier une partie et en faire une communication intitulée : « *Zonderling dierlijk Product, ZOARIUM, in de Binnenwateren van Zeeland; ESCHARA LAPIDESCENS van Baster.* »

La seule chose qui vaut la peine d'être citée spécialement est que

l'auteur considère la *Membranipora Lacroixii* comme identique à sa *Flustra Johnstonii* (*Fauna Belgii septentrionalis*, page 62), qui, à son tour n'est, d'après Johnston, qu'une variété de la *Membranipora membranacea* (« *British Zoophytes* », 1847, I, page 348; II pl. LVII, fig. 11).

Nous allons maintenant examiner ce que différents auteurs ont dit de ces deux bryozoaires, d'abord de l'*Alcyonella fungosa* Pallas.

Allman, dans son travail classique « *Fresh-water Polyzoa* » (Ray Society, 1856), en donne une très bonne figure, une description, etc., mais ne mentionne ni notre mare, ni un pouvoir incrustant du bryozoaire.

Il en est de même de **Alpheus Hyatt** : « *Observations on Polyzoa* », Proceedings of the Essex Institute, vol. IV, V, Salem, 1868; et de **Jullien** : « *Monographie des Bryozoaires d'Eau douce* », Bulletin de la Société Zoologique de France, Meulan, 1885. Le Dr **Karl Kraepelin** traite en détail de notre Alcyonelle dans son remarquable travail sur : « *Die Deutschen Süßwasser-Bryozoen* », Band X der Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, Hambourg 1887, mais nous n'y avons pu trouver rien qui soit en faveur de l'hypothèse de Bergsma.

Le spécialiste reconnu des bryozoaires, M. le Dr Pergens, de Bruxelles, qui a eu la bonté d'examiner les tubes et les polypiers, est convaincu qu'un bryozoaire d'eau douce n'a rien à faire dans les incrustations.

Quand aux polypiers, attribués à la *Flustra crustulenta*, très calcifiés à Rockanje, vivants et cornés dans l'île de Walcheren, il les considère comme une variété de la *Membranipora Lacroixii*, Audouin, décrite et figurée par **Thomas Hincks** dans « *A History of the British marine Polyzoa* », London, 1880, pag. 129, pl. XVII, fig. 5-8.

D'après celui-ci, la forme ordinaire n'édifie pas des polypiers massifs, mais des croûtes très minces membraneuses, parfois d'une grande étendue et recouvrant des coquilles et des pierres.

CHAPITRE II

OBSERVATIONS NOUVELLES FAITES SUR LES AMAS DE BRYOZOAIRE DE ROCKANJE ET D'AUTRES LOCALITÉS ANALOGUES.

Nous allons exposer maintenant nos propres observations, en nous occupant d'abord de la mare elle-même, que nous avons visitée à plusieurs reprises.

Elle constitue la partie occidentale, la plus large et la plus profonde, d'une dépression en entonnoir, qui s'allonge de l'ouest à l'est ; qui est occupée par des prairies basses et tourbeuses et qui est bordée au nord et au sud de terrains cultivés, argileux.

Quand l'eau est basse, on voit que la mare est en grande partie remplie de plantes aquatiques flottantes, qui entourent une flaque d'eau libre, d'étendue restreinte. A cette zone en succède une autre assez étroite, où des roseaux poussent dans une eau profonde d'un mètre environ. Puis viennent des roseaux, qui ont déjà formé une couche de tourbe, boueuse d'abord, puis de plus en plus solide. Vers les bords, les roseaux sont d'abord mêlés à l'herbe ordinaire, puis remplacés par celle-ci, de sorte qu'il y a un passage graduel de l'eau sans végétation à la terre ferme, en prairie. Ce passage nous prouve que la mare a eu jadis une surface plus considérable, s'étendant jusqu'aux rives argileuses plus élevées, et qu'elle s'est graduellement rétrécie par l'accroissement de la tourbe.

Quant à l'origine de la dépression, on peut dire que celle-ci n'est qu'une des nombreuses criques anciennes, plus ou moins reconnaissables, qu'on rencontre dans tous nos polders marins, surtout en Hollande et en Zélande. Celle qui nous occupe en ce moment, a été séparée de la mer par une digue, bien avant 1400 (1).

Cette partie des Pays-Bas se composait, il y a quatre à cinq siècles, d'un archipel de petites îles, séparées par des bras de mer. Ces derniers s'ensablaient peu à peu, puis s'ensavaient et c'étaient en général les bras transversaux qui s'ensavaient les premiers.

L'eau de flux y entraînait des deux côtés, de sorte que peu à peu la partie moyenne se métamorphosait en une langue de terre, séparant deux criques. L'envasement continuait naturellement de l'intérieur à l'extérieur, jusqu'à ce que les terres environnantes fussent endiguées. La crique fut ainsi séparée de la mer ou de l'estuaire et changée en étang, dont les parties les moins profondes furent envahies par une végétation de roseaux, se changeant peu à peu en couche de tourbe. C'est ainsi qu'une notable quantité des polders marins possèdent dans leur axe une eau allongée, qui s'est en général complètement adoucie et qui est bordée de prairies.

(1) Dans son important travail « *De Strijd om het Bestaan* » M. Beekman indique les dates suivantes. L'« Oudeland » de Rockanje fut réuni dans le xiv^e siècle par une digue à Oostvoorne; en 1479 furent conquis les polders « Stufakker », « Windgat » et « Olaardsduin », qui sont actuellement protégés par des dunes du côté de l'ouest. Le « Naterspolder » fut endigué en 1412, le « Nieuwe-Goote-polder » en 1473, le polder « De Quack » en 1475, le polder « Saint-Pancrasgors » en 1479.

Quant aux gros blocs calcifiés, au moyen desquels on a érigé la fameuse « roche », ils forment au fond de la mare une couche ayant jusqu'à 0^m,20 d'épaisseur, et cette couche est envahie en partie par les roseaux et par la tourbe qui en résulte.

Les cellules des bryozoaires sont réunies en feuillets, courbés et entortillés de différentes manières et formant ainsi des cavités qui servent de refuge à de petits crustacés d'eau douce. Ceux-ci n'y jouent qu'un rôle parfaitement passif et sont loin de ronger les cavités dans les blocs, comme on se l'est imaginé autrefois.

Il nous a paru d'abord que tous les blocs de bryozoaires étaient morts sans exception, mais pendant nos dernières visites, nous en avons trouvé de plus petits, dans lesquels les bryozoaires étaient encore vivants et ensuite nous en avons trouvé de vivants çà et là dans les gros blocs.

On peut pourtant affirmer que la vie bryozoïque est en train de s'éteindre. En général, les cellules vivantes sont minces et fragiles et il semble que leurs parois s'épaississent plus tard par une incrustation secondaire. Peut-être, l'eau du fond du milieu de la mare est-elle encore un tant soit peu saumâtre par suite de la diffusion de l'eau de mer qui imprègne le sous-sol sableux.

Ces polypiers sont très peu connus en dehors de Rockanje. M. **Van Geystenbeek** en fait mention dans sa thèse de 1875, intitulée : « *Proeve eener geologische Verhandeling over de Provincie Zeeland* » Leiden. Il dit dans une note au bas de la page 47 : « La pierre salée (ziltten steen) qu'on trouve souvent dans les eaux de la Zélande, et en abondante quantité dans un étang entre Goes et Wolphaartsdijk, n'est autre chose qu'une incrustation par des polypes, des tiges et des racines de plantes aquatiques. C'est le polypier *Flustra crustulenta*. »

Il y a quelques années, j'obtins un polypier tout à fait analogue, qui avait été trouvé dans la Flandre néerlandaise, près du village de Groede, dans la crique endiguée, appelée « Zwarte Gat » (trou noir). Ceci m'amena à consacrer quelques semaines à des excursions en Zélande pour y visiter plusieurs de ces criques et pour examiner les conditions dans lesquelles vivent les *Flustra*, ou *Membranipora*.

Dans les environs de la ville de Zierikzee, dans l'île de Schouwen, les bryozoaires ne se trouvent pas dans l'ancien port, qui s'étend au nord-est de la ville (*Dijkwater*) puisque l'eau de mer y entre de temps à autre et que les animalcules ne vivent en profusion que dans l'eau plus ou moins saumâtre. Je les rencontrai au contraire dans deux étangs entièrement fermés, au nord-est de la ville, le « *Kaaskens-*

Water » et le « *Ronde-Weel* ». Ce premier est surtout remarquable. Il se trouve dans le prolongement du *Dijkwater*, et emprunte évidemment son nom (Eau des Fromages) aux colonies de *Flustra* qui ont en effet quelque ressemblance avec le fromage. Je trouvai d'abord des morceaux isolés de 0^m,20 à 0^m,40 et même 0^m,60 de diamètre, puis aussi un petit récif fort curieux, situé sur la rive est-sud-est. Il a une hauteur de 0^m,50, une longueur de 90 mètres et était suffisamment solide pour me porter. Le choc des vagues y était assez fort, circonstance qui est peut-être favorable à la croissance des bryozoaires, comme elle l'est aux récifs de coraux.

Les blocs isolés ne diffèrent de ceux de Rockanje qu'en ce qu'ils sont moins calcifiés; ils sont pourtant suffisamment solides et assez nombreux pour avoir servi à la construction d'un brise-lames en miniature, long de 30 mètres et large de 0^m,50, servant en même temps à la pêche. La provenance du calcaire est de nouveau à portée de la main: le sable marin, qui constitue le fond de l'étang contient nombre de coquilles ordinaires, surtout de la *Mya arenaria*. Elles sont parfois incrustées de la *Membranipora*, parfois de la croûte en chou-fleur, qui enveloppe également les anciens polypiers et les fait beaucoup ressembler aux blocs de Rockanje.

Les deux mares ont autrefois eu plus d'étendue; les prairies des rives se composent de tourbe très récente, dont la formation a été facilitée par la croissance des polypiers, qui diminuaient la profondeur de l'eau. C'est du reste un phénomène qui se présente en bien d'autres endroits.

La première partie très sèche de l'été de 1896 nous fournit une bonne occasion d'observer la manière de vivre des bryozoaires dans les eaux saumâtres près de Zierikzee. Sur les rives du « *Ronde Weel* » ils se développent de préférence sur les objets de bois de différentes natures (pilotis, planches, nasses et écrans) jusqu'au niveau de l'eau (par conséquent à sec lors de ma visite). Ils poussaient aussi, mais dans de beaucoup moins bonnes conditions, sur des objets plus durs, murailles, briques isolées, tuiles, ossements, etc.

De l'autre côté de la ville, vers le « *Kissers-Inlaag* », nous en avons trouvé sur les bords de quelques fossés, sur les rhizomes et les racines de graminées et d'autres plantes, qui étaient à découvert, et aussi sur le bord d'une couche de tourbe, perforée de Pholades et couverte d'argile marine récente, épaisse de 0^m,50 ou 0^m,75.

Un petit fossé, entièrement à sec, nous montra comment les blocs isolés peuvent être enfoncés dans la boue, dans laquelle les bryozoaires ne sauraient naturellement vivre. Les rhizomes noduleux de plusieurs

plantes de marais y sont à la surface de la boue et servent de substratum aux embryons flottants d'une nouvelle colonie. A mesure que celle-ci devient plus lourde, elle s'enfonce dans la boue, jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint, et ce phénomène se répète plusieurs années de suite. La base du bloc est morte, la partie supérieure est en train de croître. Nous y avons observé différents degrés de développement, qui expliquent la contradiction apparente.

Dans l'île de Tholen, nous n'avons fait que quelques recherches rapides et nous y avons trouvé des morceaux de *Membranipores* encore vivants, dans un fossé du « Schakerloo-Polder », tout près de la mer.

Dans la grande île de Zuid-Beveland, nous avons fait quelques recherches au N.-O. de la ville de Goes. On y voit encore l'ancienne digue du « Goessche-Polder », le noyau de l'île actuelle. Comme toutes les digues analogues, celle-ci est abrupte du côté intérieur, vers la ville, et y borde des prairies basses et marécageuses, qui constituaient l'ancienne plage avant l'endigement. Le côté extérieur, plus doucement incliné, puisqu'il était exposé autrefois aux vagues de la mer, touche à une zone de terres argileuses, cultivées, notablement plus élevées que celles de l'autre côté. Cette zone assez étroite descend rapidement vers les rives marécageuses et tourbeuses de la crique, la partie la plus profonde du bras de mer d'autrefois ; elle est en train de se remplir de tourbe à la manière ordinaire, et cela bien plus vite que ne le ferait croire la carte topographique. Ce processus s'avance de l'est (prairie basse, tourbeuse) à l'ouest (eau ouverte, entourée de roseaux), où la partie la plus large et la plus profonde est coupée en droite ligne par la digue construite en 1809 et appelée « Wol phaars-Dijk ». Tout près se trouve un banc de nos polypiers, que les habitants appellent *Palingbrood* (pain aux anguilles), probablement parce que ces poissons ont l'air d'en manger, tandis qu'en réalité ils dévorent les *Gammarus pulex*, cachés dans les cavités.

Un pêcheur, qui me conduisit au banc, m'informa que les blocs ne se trouvent pas à une profondeur supérieure à 0^m,50 et qu'on les rencontre toujours sur un sol dur, soit sable, soit argile, jamais dans la boue. Il en ramena quelques-uns à la surface de l'eau ; ils présentaient un diamètre de 0^m,20 à 0^m,30 et une épaisseur de 0^m,10 à 0^m,15, et étaient pourtant enfoncés dans une mince couche de boue. Ils étaient durs, bien calcifiés et montraient en plusieurs points de leur surface la structure en chou-fleur, causée par un dépôt ultérieur de calcaire.

L'eau de cette crique, *Schengen*, est franchement saumâtre, au point que le bétail refuse d'en boire et qu'il faut lui apporter soit de l'eau de pluie, soit celle des fossés du « Goessche-Polder ».

Ensuite nous avons rassemblé quelques données dans la Flandre Zélandaise. Dans une des criques entre Groede et Votsburg, le « Nieuwekerk-kreek », nous avons trouvé, à une profondeur de 0^m,75, des polypiers très peu calcifiés et ne portant que des traces de la couche calcaire en chou-fleur.

La crique « Groote Gat » près d'Oostburg, fermée vers 1650, en contient aussi (d'après les informations ; page 6). Pourtant nous n'en avons pas trouvé, mais, au milieu de la crique, profonde d'un mètre, nous avons constaté un certain nombre de tubes calcaires, semblables à ceux de Rockanje.

Le mois de juillet 1896, très sec, nous fournit une bonne occasion de visiter le « Zwarte Gat », non loin de Groede, où l'eau était d'un décimètre plus basse que d'ordinaire. Ici encore, la crique est beaucoup plus réduite que ne le ferait croire la carte topographique ; au lieu de l'eau on voit une longue zone de prairies basses et tourbeuses, qui ne fait place à l'eau ouverte que tout près de la digue de mer. Un banc de sable boueux était à découvert, nous y vîmes plusieurs blocs isolés, très massifs et couverts de la calcification secondaire aussi, sur plusieurs points de leur face inférieure. La rive occidentale en portait également qui mesuraient jusqu'à 0^m,15 ; ils étaient couverts d'une calcification secondaire assez bizarre.

Près de la ville de Terneuzen, nos recherches ont aussi eu des résultats. Au S.-É. s'étend une grande crique « Otheensche-Kreek », mais, au dire des habitants, on n'y trouve pas le *Zilten-steeu* (pierre salée). Cela provient de ce qu'on y laisse entrer directement de temps à autre l'eau de la mer, de sorte que l'eau y est *trop salée*.

A l'est de Neuzen, dans une petite crique du « Margaretha-Polder », nous les avons trouvées en profusion, tant en blocs isolés, tout près de la rive, que constituant un véritable récif en miniature, rappelant celui de Zierikzee. Il était orienté en partie du S. S. E. au N. N. O., en partie du S. au N.

Au dire des habitants, les bryozoaires y prospèrent si bien, parce que la digue laisse filtrer un peu d'eau de mer pendant les hautes eaux, de sorte que l'eau de la crique conserve un certain degré de salure, malgré les pluies qui l'adoucisent lentement. Un des blocs montrait à la surface inférieure plusieurs petites tiges et racines, sur lesquelles les colonies se sont fixées d'abord, pour s'étendre et se confondre ensuite. Ils sont tous très calcifiés ; l'un d'eux montrait les incrustations secondaires en chou-fleur, entourant de grandes cavités. Sur un autre, cette incrustation avait fait plus de progrès, de sorte que la structure bryozoïque était devenue entièrement méconnaissable à la surface supérieure et qu'elle était déjà assez indistincte à la surface inférieure.

Le « Margaretha-Polder » est bordé au S. E. par le « Groot-Huissens-Polder », dont la crique porte le nom de « Kwakkel. » Dans celle-ci, les polypiers ne paraissent pas exister, tout au moins d'après ce qui résulte des renseignements fournis par cinq personnes de la localité.

La crique du polder voisin (au S.-E.), le « Aandijke-Polder » a presque disparu (contrairement au figuré de la carte topographique), elle ne renferme plus d'eau, même tout près de la digue, mais seulement une forêt de roseaux, qui se convertit peu à peu en prairie de tourbe.

La crique très étendue, située près de la petite ville d'Axel, a également fait l'objet de mon examen ; l'eau en est déjà parfaitement douce et ne contient pas de bryozoaires à l'état vivant, d'après les renseignements obtenus.

Il en est autrement au N.-E. d'Axel, dans le « Bosch-Kreek », situé dans le coin N.-E. du « Beosten-Blij-Benoorden-Polder. » A environ une centaine de mètres de la digue, qui traverse la crique dans sa partie la plus large, se trouve un banc de polypiers dans une eau profonde de 0^m,30 tout au plus. Il est déjà partiellement couvert de roseaux ; on constate facilement sa présence au moyen d'un croc en fer qui produit un son dur en heurtant un des blocs. Pourtant les polypiers eux-mêmes ne sont que médiocrement calcifiés, mais la surface supérieure est très dure par suite de l'incrustation secondaire verruqueuse. Celle-ci est entièrement verte par suite de la végétation d'algues qui la recouvre, de sorte que l'on est naturellement tenté de mettre ces dernières en rapport direct avec l'incrustation. Dans cette contrée de la Zélande, on appelle les blocs *ziltten* (salés), soit parce que les habitants ont observé leur rapport avec une certaine salure de l'eau, soit parce qu'on confond la salure et la teneur en calcaire. (Un maître d'école voulait comparer, par exemple, une des criques avec le célèbre lac Elton.) Ailleurs, par exemple, à Groede et à Oostburg, on les appelle *sintels* (chiasses), faisant allusion à leur porosité. Les carpes aiment à se cacher entre et sous les polypiers, mais en 1894 la crique n'en contenait plus, elles étaient toutes mortes pendant l'hiver rigoureux de 1890-91, lorsque l'eau fut gelée jusqu'au fond.

Assez près et à l'ouest de Terneuzen, se trouve le « Boven-Polder », avec deux criques « Voorste » et « Achterste-Kreek. » D'après les renseignements recueillis, elles contiennent des polypiers lourds et durs, qui constituent un banc ; nous n'eûmes pourtant pas l'occasion de nous en procurer.

Loin d'ici, dans la Hollande Septentrionale, au sud du village de Petten, on voit, sur la carte topographique, le nom de « Zout water-

sloot » (fossé d'eau salée). Ce fossé se trouve à l'intérieur de la célèbre digue de mer, appelée « Hondsbossche-Zeedijk », au travers de laquelle s'infiltré une petite quantité d'eau de mer pendant les très hautes eaux. Par conséquent, l'eau est sensiblement saumâtre dans ce fossé et dans les petites mares qui communiquent avec elle et dont l'argile marine (avec *Littorina*, *Cardium*, *Scrobicularia* et *Mytilus*) a été enlevée pour revêtir la digue. Dans quelques-unes, nous trouvâmes bientôt des polypiers de la *Membranipora*, peu calcifiés et assez fragiles, qui formaient des blocs isolés, dont la grandeur variait de celle d'une noix à celle d'une tête ; dans une autre, nous découvrîmes un petit récif côtier, continu et plus calcifié. Le dépôt calcaire secondaire recouvrait les polypiers et aussi des coquilles, des morceaux de briques et des racines, de la manière ordinaire. Autrefois, il avait formé aussi quelques tubes de roseaux, qui avaient été entourés en partie à leur tour de bryozoaires. Ces derniers forment donc réellement des tubes, qu'on peut cependant distinguer facilement des autres, qui sont plus connus.

CHAPITRE III

LES INCRUSTATIONS CALCAIRES DE LA MARE DE ROCKANJE.

Voir planche VII.

Revenons maintenant aux polypiers de la Mare de Rockanje, qui sont assez volumineux et assez lourds et qui tous sont couverts d'un dépôt secondaire de calcaire, qui n'a rien de commun avec les bryozoaires. Il fait disparaître peu à peu tous les détails des polypiers, couvre les ouvertures des cellules, rétrécit et remplit finalement les cavités entre les feuillettes et donne à la surface une ressemblance frappante avec le chou-fleur. C'est ce dépôt évidemment, qui a empêché certains observateurs, tels que Le Francq et Bergsma, de reconnaître les polypiers. Généralement, il ne rend méconnaissable que la surface supérieure. Pourtant, il n'en est pas toujours ainsi, car les blocs de la « Roche » sont rejetés chaque automne dans l'eau et peuvent y rester longtemps avec la face primitivement inférieure tournée vers le haut. Alors, celle-ci s'incruste à son tour et toute trace des bryozoaires disparaît complètement. (Pl. VII, fig. 3.)

L'incrustation, que nous avons en vue, couvre également d'autres objets, par exemple des tiges de roseaux, et produit ainsi les tubes calcaires, que nous avons déjà mentionnés plusieurs fois et qu'on retire généralement de dessous la couche de tourbe récente. Les parois de ces tubes se composent souvent de 2 à 3 couches successives,

plus ou moins soudées, de sorte qu'évidemment, on a affaire ici à des dépôts de 2 ou 3 années consécutives. (Pl. VII, fig. 4.)

Dans l'espoir de trouver des tubes en voie de formation, nous en avons retiré un assez grand nombre du fond de l'eau, mais ils étaient tous « morts ». En outre, nous avons trouvé un dépôt de calcaire très mince sur la face supérieure des rhizomes de roseaux, dépôt qui a du reste déjà été observé et figuré par Bergsma (v. pag. 291). Cette croûte avait le même aspect en chou-fleur que le dépôt en tubes et que celui observé sur les polypiers; comme ceux-ci, il était de couleur gris-pâle, quand il était mort. Parfois, quand il était encore en voie de formation, il était distinctement vert, ce qui nous poussait de nouveau à l'attribuer à de petites algues. (Pl. VII, fig. 5.)

Cette hypothèse fut renforcée par la découverte, dans la boue flottante, d'un grand nombre de très petits tubes calcaires, d'un millimètre de diamètre, qui se sont évidemment formés autour d'algues ou de Characées et qui ont dû être produits directement par la chlorophylle de celles-ci.

A. — *Données chimiques sur la Teneur en Calcaire.*

De ce qui précède on peut conclure qu'il serait possible que la teneur en calcaire de l'eau de la mare subisse des oscillations en sens inverse de celles de la végétation: qu'elle soit la plus forte au printemps et la plus faible en automne. Dans le but de vérifier cette hypothèse, nous avons eu recours à M. Goudswaard, précepteur à Rockanje, qui a eu la bonté de prendre chaque mois une bouteille de l'eau de la mare, et à M. le Dr Sinia, directeur de l'école moyenne de Brielle, qui a bien voulu en déterminer la teneur en CaO. Toutefois, à la suite de différentes circonstances, les échantillons n'ont pas été pris pendant la même année, mais pendant trois années consécutives (1888, 1889 et 1890); cette circonstance a probablement causé quelques irrégularités, de sorte que les résultats ne sont pas entièrement satisfaisants.

Teneur en oxyde de calcium, exprimée en milligrammes par litre d'eau.

Janvier	1890	153	Juillet	1889	158
Février	»	176	Août	»	189
Mars	»	186	Septembre	»	?
Avril	1889	157	Octobre	1888	120
Mai	»	158	Novembre	»	114
Juin	»	149	Décembre	»	147

Moyenne : 155.

Le chiffre d'août 1889 est exceptionnellement grand, l'eau examinée était assez boueuse, de sorte qu'elle a probablement été puisée à une plus grande profondeur ou pendant une sécheresse.

Quoique le tableau ci-dessus doive probablement subir des modifications par des recherches plus précises à opérer ultérieurement, il nous montre déjà une augmentation de la chaux, de novembre à mars, donc pendant l'hiver, et une diminution de mars à juin, donc pendant le printemps.

D'après Van Anrooy (l. c.) la teneur en carbonate de chaux est de 0,014 %, soit 79 milligr. par litre d'oxyde de calcium, donc à peu près la moitié du chiffre de M. Sinia ; ce dernier chiffre s'accorde mieux avec celui donné par M. Bergsma, soit 0,027 % ou bien 151 milligr. On pourrait supposer que Van Anrooy a mis le chiffre de l'oxyde, au lieu de celui du carbonate. Du reste, en un autre endroit il donne 0,0217 % de carbonate, soit 121,5 milligr., ce qui s'accorde déjà mieux.

Afin de pouvoir comparer la teneur en chaux de différentes eaux naturelles à celle de notre mare, nous faisons suivre ici un tableau analogue, dont les données ont été empruntées à différents auteurs.

1. Eau ordinaire, sans acide carbonique. Maximum (a)	16,8
2. Lac Majeur (b)	20
3. Eau de la Manche (a)	32
4. Mammoth Hot Springs. Minimum (c)	35
5. Eau de la Meuse à Maastricht (d)	44
6. Eau de rivière. Moyenne (e)	45
7. Conduite d'eau à Leeuwarden (f)	58
8. » » Dordrecht (f)	67

(a) A. Knop « Ueber Kalkabscheidung aus wässriger Lösung ». Bericht über die XXIII Versammlung des Oberrheinischen Geologischen Vereins zu Sigmaringen. 10 April 1890. Stuttgart. Alfred Müller.

(b) Thoulet « Océanographie (Statique) ». Paris 1890.

(c) W. H. Weed « Formation of Travertine and siliceous Sinter by the Vegetation of hot Springs ». Ninth annual Report of the United States Geological Survey. 1887-88.

(d) « Verslag der Gezondheidscommissie te Maastricht over het Jaar 1894. »

(e) Murray and Renard. « Report on Deep Sea Deposits, based on the specimens, collected during the voyage of the Challenger. » 1891.

(f) Communication particulière du Dr J. D. Van der Plaats, d'Utrecht.

(g) Prof. O. Fraas « Ueber Furchensteine im Bodensee ». Bericht über die XVIII Versammlung des Oberrheinischen Geologischen Vereins zu Stein am Rhein, am 9 April 1885. Stuttgart. Alfred Müller.

(h) « Rapport betreffende de Drinkwaterleiding te Rotterdam. » 1875.

(i) « Verslag der Gezondheidscommissie te Rotterdam over 1891. »

(k) « Verslag van den Gezondheidsdienst te Amsterdam over 1894. »

9. Lac de Constance (<i>g</i>)	72
10. Conduite d'eau à Rotterdam (89-98) (<i>h</i>)	90,5
11. " " " (65-116) (<i>i</i>)	92
12. Eau de la Meuse à " (<i>h</i>).	104
13. Conduite d'eau du Vecht à Amsterdam (106-120) (<i>k</i>)	114
14. " " des dunes à " (120-130) (<i>k</i>)	125
15. Lac de Morat en Suisse (<i>b</i>)	125
16. Mare de Rockanje	155
17. Eau de Carlsbad (<i>c</i>)	167
18. Mammoth Hot Springs. Maximum (<i>c</i>)	350
19. Eau saturée d'acide carbonique. Maximum (<i>c</i>)	493
20. Hierapolis, en Asie Mineure (<i>c</i>).	532
21. Eau saturée d'acide carbonique. Maximum (<i>a</i>)	560
22. Idem, avec 1% de Mg SO ⁴ ou de Na ² SO ⁴ sous la pression atmosphérique ordinaire (<i>c</i>)	1120
23. Eau saturée d'acide carbonique. Maximum sous pression fortifiée (<i>c</i>)	1680

La provenance du calcaire de notre mare n'est pas difficile à trouver, car les dragages prouvent que le fond consiste en sable marin, riche en coquilles, parmi lesquelles on peut citer en première ligne *Cardium edule*, puis *Mytilus edulis*, *Scrobicularia piperata*, *Macra solida*, *Macra subtruncata* et *Tellina Balthica*.

Ceci était du reste déjà connu par Le Francq van Berkhey en 1771 (v. page 290).

Une chose qui ne manque pas d'exciter l'attention, c'est la grande quantité de boue fétide en suspension, qui a déjà attiré l'attention de l'auteur susnommé. Avec un peu de peine, on parvient à la diviser en ses éléments : restes pourris de roseaux, de joncs, etc., cadavres de *Gammarus pulex*, etc., coquilles innombrables de *Cypridines*, déjà mentionnées. Puis, on y constate des coquilles de *Limnaea ovata*, Drap. et de *Planorbis glaber*, Jeffr., en très grand nombre, accompagnées d'autres de *Hydrobia ventrosa*, Müll., de *Physa fontinalis*, L., de *Paludina vivipara*, L., de *Planorbis corneus*, L. et de quelques opercules de *Bythinia tentaculata*, L.; quelques écailles et fragments d'os de petits poissons; un assez grand nombre de tubes calcaires en miniature; quelques graines et petits fruits; la masse principale, d'apparence d'argile grise, très compacte, tenace à l'état sec et ne se séparant que difficilement dans l'eau.

La plupart des grains de cette masse avaient une taille de 0^m.002 à 0^m.003; il s'y joignait une notable quantité de grains plus petits de couleur blanchâtre (calcosphérites).

L'analyse chimique y révéla une proportion inattendue de calcaire, soit 0.882 gr. sur 2 gr. ou 44.1 %; ensuite, 18.38 % de matière organique et 37.52 % de cendres et de sable quartzeux très fin.

Cette forte proportion de calcaire, qui est due en partie aux fragments de coquilles et aux Cyprinidés, se rapproche sensiblement du chiffre de 42 %, que donne Van Anrooy pour les tubes de roseaux.

Il est probable que la matière organique de la boue se compose en très grande partie des algues microscopiques dont l'eau est parfois remplie au milieu de l'été et qui a également attiré l'attention de Le Francq van Berkhey.

B. — *Recherches comparatives sur les Tufs et Précipitations calcaires : Conclusion.*

Afin d'examiner jusqu'à quel point les algues et d'autres plantes ont la propriété de constituer des dépôts de calcaire, nous avons recherché ce qui a été dit sur ce sujet dans la littérature géologique et nous avons trouvé ce qui suit.

I. — « *Briefliche Mittheilung des Herrn Von Schauroth an Herrn Zerrenner.* » Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft III. 1851.

La croissance des tufs calcaires est connue depuis longtemps. Dans la vallée de Weissenbrunn, qui descend d'une crête de « Muschelkalk », se trouve un dépôt de tuf calcaire. Il prend naissance dans des sources, dont l'eau n'est pas particulièrement calcaire, et s'étend horizontalement; sa formation est facilitée par les mousses et les herbes sans lesquelles elle ne serait même pas possible. Les herbes s'entourent de croûtes cylindriques, entre lesquelles l'eau circule relativement vite, de sorte qu'elle dépose moins facilement son calcaire; ce qui rend le tuf plus compact. C'est sur les mousses que se forme la plus grande partie du dépôt; l'eau circule plus lentement entre elles, dépose presque tout son calcaire, le tuf croît plus vite et reste peu solide. Ce sont surtout les espèces *Hypnum molluscum* Hedw. et *Didymodon capillaceus* Hedw.

II. — **Ferdinand Cohn** « *Ueber die Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli* ». Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. 1864. Ce travail est le plus important de ceux que nous avons examinés et c'est lui qui a surtout contribué à établir notre manière de voir.

Plusieurs plantes aquatiques ont la propriété de provoquer une précipitation de calcaire sur toute leur surface, même dans une eau,

qui est pauvre en calcaire, mais riche en acide carbonique, et dans laquelle on ne voit d'ailleurs pas de trace de dépôt. Ce sont, par exemple, *Ranunculus aquatilis*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Caulinia*, *Potamogeton*, etc. Il y a ici de très curieuses différences génériques et même spécifiques, ainsi les *Nitella* (sans écorce) ne s'incrusteront jamais, tandis que les *Chara* en sont capables. Parmi les algues, ce sont surtout les *Oscillarinées*, qui contiennent du phycochrome. Parmi les mousses, ce sont surtout : *Eucladium verticillatum*, *Trichostomum tophaceum*, *Hypnum felicinum*, *H. commutatum*, etc.

Dans la mer aussi, c'est exclusivement la vie organique, qui précipite la chaux; nombre d'algues marines en sont même si riches qu'elles ne ressemblent plus à des organismes vivants, mais à des croûtes et à des efflorescences inorganiques. Dans celles-ci, la chaux se trouve aussi bien sur les cellules qu'entre elles et même dans leurs parois. Et pourtant, on trouve, à côté de ces algues, d'autres qui ne donnent lieu à aucune observation analogue.

Déjà en 1799, le célèbre Léopold Von Buch a cru constater un rapport entre la végétation et la formation du travertin de Tivoli, près de Rome, en voyant des cylindres calcaires, agglomérés sans ordre, et contenant des restes de plantes, soit roseau, soit jonc, soit branche d'arbre. Pourtant ces objets-là n'étaient pas la cause elle-même de la formation, ils ne formaient que le substratum plus ou moins passif.

Cohn a visité différentes localités en 1863 et a constaté tout de suite que la formation du travertin se continuait toujours dans le lit de l'Anio. Il a vu que la surface entière des cylindres mentionnés ci-dessus était couverte de mousses, entièrement incrustées; par exemple *Hypnum rusciforme*, *Fissidens crassipes*, etc., qu'on peut isoler au moyen d'acide hydrochlorique et qui constituent un véritable feutre. La masse intérieure de ces cylindres contient un feutre analogue, un peu moins volumineux, mais qui ne se compose que de deux ou trois espèces d'algues (*Oscillarinées*), *Hypeothrix Naegelii*, *H. incrustata*, *Leptothrix Kohleri* et une nouvelle espèce : *L. Liburtina*.

Il en tire la conclusion logique que ces algues et ces mousses sont la première cause de la formation du travertin, tout en admettant que, par la suite, il se dépose du calcaire qui ne provient plus de la végétation et qui remplit peu à peu les différentes cavités.

Les mousses et les Characées ont une croissance illimitée à leur sommet et se prolongent continuellement, même si les parties inférieures sont étouffées dans la pierre. Les *Oscillarinées* se conduisent relativement de la même manière, les filaments sont réunis en pellicules et en coussins (ceci rappelle la surface en chou-fleur des incrus-

tations de Rockanje); ils se pétrifient à la base et croissent au sommet. Ils peuvent se mouvoir et rampent ainsi toujours vers la surface.

Dans le travertin ancien, les algues, etc., disparaissent totalement, par suite de la porosité et de la putréfaction.

Cohn a observé, dans le voisinage de Tivoli, une seconde variété du travertin, également formée par des Oscillariniées, qui s'isolent en feutre volumineux par le traitement de l'acide hydrochlorique. Ce sont surtout des espèces des genres *Ainactis*, *Euactis* et *Inomeria* qui édifient un « *Phycoma lapidescens* ». Les filaments plus épais appartiennent à l'espèce *Amphithrix incrustata* et constituent un « *Stratum crustaceum incrustatum cohaerens dure lapidescens* ».

III. — Archibald Geikie. « *Text-book of Geology*. » 1885.

Certaines espèces de *Chara* précipitent la chaux dans les parois de leurs propres cellules. D'autres plantes — *Hypnum*, *Bryum*, *Ranunculus*, *Potamogeton*, etc. — produisent une incrustation au dehors de leur propre substance. Ceci arrive, même quand la teneur en carbonate de calcium n'excède pas 0,034 % (190 milligr. de Ca O par litre). Le dépôt commence directement sur les plantes, mais, par la perte continue d'acide carbonique, il se forme ensuite entre le tuf breffux.

IV. — Oscar Fraas. « *Ueber Furchensteine im Bodensee* ». Bericht über die XVIII Versammlung des Oberrheinischen Geologischen Vereins am 9 April 1885.

Dans le Lac de Constance, la *Rivularia calcarea* (autrefois *Euactis calcivora*) forme un thalle hémisphérique qui s'incruste de calcaire, conflue avec ses voisins et constitue de véritables couches. Dans des circonstances favorables, il s'y joint une Hépaticeae : *Jungermannia riparia* et une mousse : *Fissidens grandifrons*, qui épaississent la couche calcaire.

V. — Walter Harvey Weed. « *Formation of Travertine and siliceous Sinter by the Vegetation of hot Springs* ». Ninth Annual Report of the united States Geological Survey, 1887-88.

Ce travail, fort intéressant et bien illustré, donne une foule de détails sur la végétation d'algues dans des sources chaudes. Il relève que souvent on ne peut découvrir aucune trace de plantes dans les coupes microscopiques de roches, qui sont sans doute phytogènes, par exemple lorsqu'il s'agit des calcaires marins, et surtout de certains dépôts, qu'on a regardés autrefois comme purement chimiques, comme

le travertin, le tuf siliceux, certains gypses et le limonite. Dans ces cas, c'est seulement l'examen attentif du processus actuel qui permet de constater le mode de formation.

Les couleurs rouges ou vertes des dépôts calcaires dans le Yellowstone-Park sont souvent causées par des algues totalement incrustées, de sorte qu'un botaniste même saurait à peine les reconnaître. Ce n'est que le sommet, encore en croissance, qui est libre.

Dans l'eau chaude de Carlsbad, il y a une abondante végétation d'algues qui constituent des coussins gélatineux, contenant des grains calcaires. Entre et sur les filaments des algues se forment des cristaux de spath. La manière dont le calcaire est précipité varie beaucoup dans les différentes familles d'algues. La végétation cesse dans l'eau à 55° C. ; pourtant dans les « Mammoth Hot Springs » du Yellowstone-Park, une espèce d'algues vit dans l'eau à 75° C.

Quand l'apport d'eau cesse, les algues meurent vite, la couleur change et une roche douce et poreuse est tout ce qui reste de la gelée qui se développait. En dissolvant la pierre dans l'acide hydrochlorique dilué, les algues sont mises au jour ; elles constituent un feutre de fils très minces enchevêtrés.

La solidité du travertin dépend de la rapidité avec laquelle il a été formé, parfois il est dur, cristallin et compacte comme un calcaire ancien.

VI.—**A. Knop.** « *Ueber Kalkabscheidung aus wässeriger Lösung* ». Bericht über die XXIII Versammlung des Oberrheinischen Geologischen Vereins zu Sigmaringen, 10 April 1890.

La quantité maxima de carbonate de calcium, que puisse dissoudre l'eau saturée d'acide carbonique, est 0,1 % (493 milligr. de Ca O par litre), contenant 0,022 % de CO². L'eau saturée elle-même contient 0,2 % de CO², donc à peu près dix fois la quantité nécessaire. Sous pression renforcée et à la température ordinaire, la quantité de CO², qui entre en solution, augmente, mais il n'en est pas de même de celle du CaCO³.

De l'eau sans CO² ne peut tenir en solution que 0,003 % de CaCO³ (soit 16,8 milligr. de CaO par litre).

Sur les rives de la chute du Rhin de Schaffhausen, et aussi ailleurs, il se forme sur les cailloux des calcaires phytogènes. On y observe des coussins hémisphériques vert foncé d'*Euactis calcivora*, contenant nombre de rhomboèdres de spath calcaire. Après la mort de l'algue, ses restes forment des pellicules et des verrues de calcaire.

Le Travertin de Rome est formé par les algues et constitue des

roches d'une épaisseur de 100 mètres, dont sont bâtis par exemple le Colysée et l'église Saint-Pierre.

Dans les sources chaudes de Baden-Baden vit l'*Oscillaria smaragdina*, qui produit un dépôt calcaire. En d'autres endroits, ce sont des mousses, dans les Alpes calcaires, par exemple, au pied des cônes de débris incohérents, qu'ils changent en brèche.

Les Chara aussi sont bien connues comme fixant le calcaire. Bischof a trouvé dans La Manche 0,0057 % de CaCO_3 (32 milligr. de CaO par litre), soit 1/18 de la quantité qui pourrait être dissoute, et cinq fois plus de CO_2 , qu'il n'est nécessaire pour tenir ce calcaire en solution.

VII. — **María, Gräfin Von Linden.** « *Die Indusienkalke der Hürbe* ». Même journal, 1890.

La Hürbe est un affluent du Brenz, qui se jette dans le Danube à Gundelfingen, dans le Wurtemberg.

A 1,5 kilomètre en amont de l'embouchure de la Hürbe, sur un espace assez restreint (27×1 mètre), on trouve des boules calcaires, dont la grandeur varie depuis celle d'une noix jusqu'à un pied de diamètre; elles constituent une couche ayant parfois 30 à 40 mètres d'épaisseur et dont la partie supérieure est couverte d'algues, parmi lesquelles des *Chroococcus* (vert), *Oscillaria* (vert-bleuâtre), des *Bacillaires* (brun-jaunâtre), entre autres *Achnanthes minutissima*, *Meridion circulare*, *Eucyomena*, etc. Ces boules se composent de couches concentriques, mais asymétriques, les moins compactes en dehors, les plus compactes au milieu, par suite de la cristallisation ultérieure, qui est également favorisée par les algues. Leur croissance est la plus forte à la face supérieure et vers l'amont. Dans cette même direction, il existe un banc de calcaire de 74^m, de longueur et 0^m,95 d'épaisseur, qui se prolonge à 2^m,40 de distance dans le lit de la rivière et de l'autre côté encore à une certaine distance dans la prairie riveraine, comme le prouvent les taupinières.

Nous avons été entièrement convaincu dans notre opinion par la lecture des différents traités indiqués ci-dessus et de plusieurs autres, dont le contenu était peu différent; nous pensons que *le dépôt de calcaire de la Mare de Rockanje est le résultat de l'activité de certaines algues*. C'est ce qui nous a conduit à demander le concours du botaniste M. Beyerinck, professeur de bactériologie à l'École polytechnique de Delft, qui a bien voulu nous accompagner à la mare au printemps de 1896 et examiner ensuite plusieurs échantillons. A la suite de cet examen, il a été reconnu la présence d'une algue microscopique.

pique, la *Gongrosira sclerococcus* Kützing, et une seconde espèce qui n'a pas encore été isolée, ni déterminée. Il lui a paru aussi, que la séparation du calcaire ne s'accomplit avec activité que sur un espace assez restreint de la mare, à savoir, dans le voisinage de la roche, là où l'eau est la plus profonde. Peut-être un certain degré d'infiltration de l'eau de mer, qui imprègne le sous-sol sableux de l'île, est-il ici en jeu.

On voit donc que le sujet n'est nullement épuisé, il y a encore plusieurs difficultés à résoudre qui sont en partie de nature chimique, mais principalement de nature botanique. M. Beyerinck pourtant, étant surchargé d'occupations, n'a pas pu entreprendre d'études sur la question ; mais heureusement, M. Schouten, de l'Université d'Utrecht, a bien voulu nous promettre de s'en occuper au printemps prochain et d'examiner les conditions et le mode d'existence des algues calcaires. Nous espérons donc pouvoir communiquer ultérieurement à la Société belge de Géologie de nouveaux renseignements sur ce sujet ; comme il nous occupait déjà depuis plusieurs années, il nous a paru opportun de publier les résultats de notre étude, bien que celle-ci ne soit pas terminée.

Utrecht, décembre 1896.
