

Sur la tolérance des Cyanophycées vis-à-vis des variations brusques de la salinité de l'eau de mer.

Par

Ante Ercegović.

I. La Végétation des lithophytes.

M. Lagerheim¹⁴ est le premier botaniste qui a porté notre attention sur quelques algues vivant dans le text calcaire des mollusques marins. Plus tard, Bornet et Flahault¹ ont décrit certaines formes pénétrant à l'intérieur des coquilles marines. En étudiant l'action des vagues sur la côte de Dalmatie, Ginzberger¹¹ mentionne une végétation d'algues lithophytes, recouvrant les roches dans le domaine des marées, composée surtout de Cyanophycées *Entophysalis granulosa* Kütz., *Gloeocapsa deusta* Kütz., *Calothrix scopulorum* (Web. et Mohr.) Ag. et *Pleurocapsa fuliginosa* Thur. Nadsou¹⁵ trouve, dans la mer Noire, une végétation d'algues perforantes, fort répandue, formée surtout de *Hyella caespitosa* Born. et Flah., *Mastigocoleus testarum* Lager., *Plectonema terebrans* Born. et Flah. et *Ostreobium Queketti* Born. et Flah. Ces algues jouent, selon lui, un rôle très important¹⁶ dans la destruction des côtes calcaires.

Tous ces auteurs ont le grand mérite d'avoir découvert une végétation lithophyte cryptogame, en partie répandue à la surface, en partie pénétrant à l'intérieur des bancs d'huîtres, des amas de coquillages et, en général, de toutes les substances calcaires.

Demeurant depuis quelques années en Dalmatie, j'ai eu l'occasion d'en parcourir la côte qui est extrêmement développée, et presque exclusivement calcaire, et mon attention fut portée, dès le début, sur ses rochers teints en brun et en noir dont elle est formée dans le domaine des marées. De tels rochers brun-noir sont fort répandus partout de sorte qu'il n'existe, dans le domaine côtier, de roches calcaires qui soient entièrement dépourvues d'un enduit brun-noirâtre. L'examen microscopique de cet enduit nous révèle

une végétation de Cyanophycées luxuriante, en partie épi-, en partie endolithe. Je suis en mesure de constater, à l'heure actuelle, que cette végétation, par la richesse de ses formes et par son intérêt biologique, est de beaucoup plus importante qu'on ne l'aurait pu supposer au premier abord. Cette végétation n'est pas restreinte à 5 ou 6 espèces, comme on l'a trouvé autre part, mais, après un examen plus long, une flore riche et nouvelle se présente à nos yeux, riche par l'abondance de ses formes, nouvelle parce qu'elle est formée de genres et d'espèces spéciales à cette manière de vie lithophyte, et, par conséquent, autre part inconnues. Dès'aujourd'hui je suis en mesure de dresser une liste de Cyanophycées contenant plus de 60 espèces dont j'ai publié quelques-unes nouvelles dans des notes précédentes. De nombreux problèmes, qu'on n'a même presque effleurés jusqu'à présent, se rattachent à cette végétation curieuse. Pour essayer d'y apporter quelque lumière, j'ai cru, dès le début, nécessaire de me rendre compte de la nature et des qualités du milieu extérieur, en premier lieu, du substratum pierreux et de l'eau de mer, qualités envisagées comme facteurs de répartition des organismes. C'est donc en raison de cela que j'ai entrepris quelques analyses de l'eau de mer pour en connaître la salinité, la teneur en oxygène dissous, le pouvoir réducteur et la concentration en ion hydrogène, tout cela en divers points où ladite végétation est bien développée.

Mais c'est surtout la salinité qui est une des qualités de l'eau de mer dont le facteur a été envisagé comme pouvant influencer sur la répartition des organismes. Il est connu que la salinité est soumise, en certains points, par exemple dans les estuaires et les marais salants, à des variations considérables et, parfois, très rapides. Il est connu, de même, que de nombreux organismes, animaux et végétaux, peuvent s'accommoder de dessalures rapides, et que d'autres sont capables de supporter des concentrations plus ou moins élevées de l'eau de mer. En ce qui concerne les Cyanophycées lithophytes, personne n'a étudié ces problèmes et c'est pour cela que je me suis proposé de chercher, sur notre côte de Dalmatie, des localités à salinité variable et d'essayer de me rendre compte du fait de la tolérance des lithophytes vis-à-vis des abaissements et des augmentations de salinité. C'est donc la question sur laquelle je veux fournir, dans cette note préliminaire, quelquesunes de mes observations.

II Les lithophytes en des points à salinité normale.

Les recherches de Wolf et Luchs^{18, 19} nous ont appris que la salinité, entre les îles Šolta, Brač et Hvar, d'un côté, et la terre ferme de l'autre, se tient entre 35 et 37 pour mille. A Split, elle varie de 3.64 à 40. Mais ces données se rapportent à une eau de mer normale, c'est à dire celle qui ne subit ni d'augmentations ni de dessa-

lures remarquables. Cependant il m'a été donné de constater le fait que la végétation des lithophytes n'est pas bornée à des points côtiers exposés à la pleine mer, mais elle prospère dans des régions subissant de variations rapides et considérables. Ce fait m'a amené à déterminer la teneur en sels de ces régions. Mais, avant d'entreprendre de pareilles mesures, j'ai choisi une station à salinité normale, j'en ai dosé la salure pour avoir ainsi un point de départ et de comparaison. Cette station fut choisie à la pointe de Maryan où l'eau de mer apparaît plus pure et moins soumise à des variations de différents facteurs. Les prises d'eau ont été faites à proximité immédiate des berges. Pour déterminer la salinité, j'ai employé la méthode de dosage du chlore par le nitrat d'argent, en présence de chromate de potassium qui indique la fin de la réaction. La teneur en chlore, une fois obtenue, on en déduit la salinité totale à l'aide d'un coefficient (I. 811). Les dosages que j'ai assumés plusieurs fois au cours de cet hiver et printemps, m'ont donné les résultats suivants:

le 15 janvier	10 h 10 (marée basse)	37.58 pour mille
„ „	4 h 15 (marée haute)	37.56 „ „
le 21 mars	10 h 20 (marée basse)	37.60 „ „
„ „	4 h (marée haute)	37.56 „ „
le 15 mai	10 h 30 (marée basse)	37.56 „ „
„ „	4 h 30 (marée haute)	37.54 „ „

Pour résumer toutes ces observations, il faut conclure que la salinité de la pointe de Maryan, au cours de l'hiver et du printemps ne subit que des variations insignifiantes dont la cause ne m'apparaît pas. Il se peut qu'elles soient en relation avec le phénomène de la marée ou de la saison. Mais ce qui apparaît évident c'est que la salinité, à la pointe de Maryan, est, du moins pendant l'hiver et le printemps, constante et se tient aux environs de 37.56. C'est, en même temps, le chiffre de salure le plus élevé que j'ai pu trouver aux environs de Split. De nombreuses mesures que j'ai faites sur le littoral de Dalmatie moyenne (Zablače près Šibenik, Maslinica, Makarska) m'ont montré que la salinité de l'eau normale ne s'éloigne pas beaucoup du chiffre cité, et se tient entre 35.5 et 37.6. Dans toutes ces régions à salinité normale, une riche végétation de lithophytes se manifeste. En voici la liste des espèces les plus fréquentes:

Aphanocapsa concharum Hansg.², *Aphanocapsa marina* Hansg.², *Gloeoecapsa salina* (?) Hansg.², *Chroococcus minutus* (Kütz.) Näg. variet. *salinus* Hansg.², *Chroococcus atrochalybeus* Hansg.², *Pleurocapsa fuliginosum* Thur.¹³, *Pleurocapsa crepidinum* (Thur.) Erceg.², *Entophysalis granulosa* Kütz.², *Hyella caespitosa* Born. et Flahault¹, *Solentia stratosum* Erceg.⁴, *Hormathonema paulocellulare* Erceg.⁶, *Dalmatella buensis* Erceg.⁵, *Dalmatella violacea* nov. spec., *Scopulonema Hansgirgi* Erceg.⁸, *Mastigocoleus testarum* Lagerh.², *Litho-*

nema Adriaticum Erceg.⁷, *Kyrtuthrix Dalmatica* Erceg.⁷, *Rivularia polyotis* (J. Ag.) Born. et Flah.², *Rivularia coadunata* (Sommer.) Foslie.², *Rivularia atra* Roth.², *Calothrix scopulorum* (Web. et M.) Agardh.², *Scytonema Steindacheri* F. Krasser², *Lyngbya Martensiana* Menegh. var. *salina* Hansg.², *Phormidium Biasolettianum* Kütz.², *Hypheothrix Jadertina* (Menegh.) Rabenh.², *Hypheothrix litoralis* Hansg.², *Microcoleus hospita* Hansg.².

Je n'ai voulu fournir ici qu'une liste fort incomplète des espèces les plus caractéristiques pour la végétation lithophyte des roches côtières baignées de l'eau de mer à salinité normale. Mais ce que je veux faire remarquer c'est que ce sont surtout certains genres qui y entrent en ligne de compte. Quelquesuns d'entre eux ne sont pas moins représentés sur d'autres substratums, notamment sur des plantes marines, que sur des rochers. Ainsi les genres *Calothrix*, *Rivularia*, *Hypheothrix*, *Chroococcus*, *Aphanocapsa*, *Microcoleus* et *Phormidium*. D'autres genres apparaissent plus ou moins cantonnés sur des substratums calcaires. Parmi ces derniers, *Entophysalis* et *Pleurocapsa* vivent, d'une manière exclusive, à la surface. Ce sont des épilithophytes. Les genres *Hyella*, *Mastigocoleus*, *Solentia*, *Hormathonema*, *Dalmatella*, *Scopulonema*, *Lithonema* et *Kyrtuthrix* sont des endolithophytes, vivant à l'intérieur des calcaires.

Les deux premiers sont connus d'auparavant; quant aux autres cinq, il m'a été donné de les trouver dernièrement. Quant à la richesse de formes de ces genres, les *Mastigocoleus*, *Kyrtuthrix*, *Scopulonema* et *Lithonema* ne sont représentés, d'après notre connaissance actuelle, que par une seule espèce. L'*Hyella* présente de nombreuses formes variantes, mais il est difficile de se prononcer au sujet de leur valeur. Par contre, il est certain que les genres *Solentia* et *Dalmatella*, genres endolithes par excellence, sont représentés par de nombreuses espèces, jusqu'ici mal connues, parfois difficiles à distinguer les unes des autres.

Quant à la fréquence et à l'abondance, toutes les espèces citées sont, plus ou moins, fréquentes et se trouvent en abondance, exception faite de *Solentia* et *Hormathonema* qui sont, dans l'eau à salinité normale, moins fréquentes ou rares.

Pour conclure, il faut dire que les régions à salinité stable et normale présentent une végétation riche de Cyanophycées calcaires.

Comment cela se passe-t-il dans les régions à salinité variable?

III. Les lithophytes en des points à salinité diluée et variable.

On peut trouver aux environs de Split déjà, de fortes dessalures de l'eau de mer. Pour mieux s'en rendre compte, il faut rappeler que la pointe de Maryan représente le point terminal de la presqu'île de Maryan renfermant une partie de la baie de Kaštela,

entremise entre la presqu'île et la terre ferme de Kaštela. La baie dont les rives sont marquées par une alternance de pointes et d'ances, termine par l'embouchure de la rivière de Jadro, à mi-chemin de Vranjic—Solín. Cette partie a, de la pointe de Maryan jusqu'à l'embouchure, à vol d'oiseau, environ 7500 m de longuer, La largeur en diminue par degrés de sorte qu'elle est entre la pointe de Maryan et le village de Kambelovac de 4500 m, entre Lora et Sućurac de 2350 m, et entre Vranjic et les champs de Sućurac elle est réduite à 400 m. J'ai effectué, le long de la baie, du côté du sud, quelques dosages et j'ai trouvé comme suit:

à Špinut:

le 25 fevrier	9 h 20	35.95	pour	mille
le 22 mars	11 h	36.22	„	„
„	18 h	35.95	„	„
le 19 avril	14 h 20	34.99	„	„
le 2 mai	17 h	34.97	„	„
le 10 mai	14 h	34.60	„	„

à Lora:

le 30 mars	10 h	34.66	„	„
le 31 mars	9 h 30	36.90	„	„
„	15 h 30	37.56	„	„
le 29 avril	17 h 30	34.67	„	„
le 7 mai	11 h 45	36.59	„	„

à Luka:

le 30 mars	12 h 15	34.00	„	„
le 7 avril	16 h	35.95	„	„
le 7 mai	12 h 30	34.67	„	„

Nous pouvons conclure de ces données que la baie de Kaštela, entre la presqu'île et la terre ferme, subit, du côté du sud, de dessalures légères et variables qui se tiennent entre 34 et 37,56 pour mille, en raison de quoi l'eau de cette partie de la baie peut être considérée comme légèrement saumâtre. Ces dessalures sont causées, selon toute vraisemblance, par des sources soumarines qui sont nombreuses de la côte du nord de la presqu'île. Elles ne sont pas causées, dans cette partie de la baie, par les apports du Jadro, car, dans ce cas, les dessalures seraient, pendant les marées basses, plus prononcées, comme il arrive dans tous les estuaires, ce qui n'est pas évident ici. Il n'est pas clair, non plus, si les dessalures légères et leurs variations soient en relation avec le phénomène de la marée.

Quant au peuplement de cette partie de la baie à dessalures légères, il est absolument comparable à celui d'une localité quel-

conque de la côte. A peu près les mêmes genres et les mêmes espèces qu'on trouve en des points à salinité stable et normale, se présentent à nos yeux. Les Cyanophycées lithophytes marines, paraît-il, ne sont point sensibles à des variations légères, même si elles sont rapides.

Ce que je viens de dire de la majeure partie de la baie ne vaut pas pour la partie terminale qui commence à la pointe de Vranjic et termine par l'embouchure du Jadro. Cette partie a de 1250 m environ de longueur et 400—500 m de largeur. L'eau de mer, remplissant cette partie de la baie, en raison de sa proximité immédiate de l'embouchure, subit des variations brusques et considérables. Ainsi j'ai trouvé:

à la pointe de Vranjic:

le 25 avril	10 h 30 (marée haute)	11.21	pour mille
„	16 h 30 (marée basse)	33.19	„ „
le 17 mai	10 h (marée basse)	11.56	„ „
„	16 h (marée haute)	11.56	„ „
le 30 mai	10 h (marée basse)	7.20	„ „
„	16 h 30 (marée haute)	17.97	„ „

A mi — chemin de Vranjic à l'embouchure:

le 25 avril	10 h (marée basse)	4.76	pour mille
„	15 h 45 (marée haute)	29.61	„ „
le 17 mai	9 h 45 (marée basse)	5.78	„ „
„	16 h 30 (marée haute)	26.96	„ „
le 30 mai	10 h 30 (marée basse)	4.33	„ „
„	16 h (marée haute)	12.84	„ „

Il n'est que trop évident que ces dessalures sont en relation avec le phénomène de la marée. Pendant la marée basse les eaux du Jadro exercent sur l'eau de mer une influence de beaucoup plus forte qu'elles ne le font pendant la marée haute. Et comme la mer monte deux fois par jour, et deux fois elle baisse, l'eau de cette partie de la baie subit, au moins au printemps, 4 fois par jour de brusques et considérables variations de sa teneur en sels.

Il était intéressant de connaître la flore lithophyte qu'on rencontre dans cette région. J'ai trouvé les espèces suivantes:

Gloeocapsa salina (?) Hansg.², *Entophysalis granulosa* Kütz.¹³, *Dalmatella violacea* Erceg., *Scopulonema Hansgirgi* Erceg.⁸, *Calothrix scopulorum* (Web. et M.) Agardh.², *Scytonema Steindacheri* F. Krasser², *Lyngbya martensiana* Menegh. var. *salina* Hanag.²,

Phormidium Biasolettianum Kütz.², *Hypheothrix Jadertina* (Meneg.) Rabenh.². Cette année, le 18 avril, j'ai eu l'occasion de mesurer la salinité de l'ambouchure de la rivière de Krka, dans le chenal de Šibenik. J'ai trouvé, ce jour-là, à la surface, tout près de la rive gauche, une salinité qui variait entre 9.63, dans la partie rapprochée de pleine mer, et 6.42 au commencement du chenal, vis-à-vis de Šibenik. Examinant la flore lithophyte en bordure du chenal, j'y ai trouvé les mêmes espèces trouvées dans l'embouchure du Jadro.

Qu'est-ce qu'il y a à conclure de ces faits? Tout d'abord, nous ne pouvons pas affirmer pour aucune espèce qu'elle ne vive pas dans ces localités à variations brusques de salinité. Il est toujours possible qu'on les trouve. Ce qu'il est encore plus difficile à conclure, c'est que certaines espèces ne peuvent pas supporter de dessalures fortes. Car il est dangereux de tirer de conclusions basées sur une constatation négative. Il se peut que ce soient d'autres facteurs, et non pas les dessalures, qui empêchent un organisme de s'établir dans un endroit. Cependant, j'en peux tirer deux conclusions. Tout d'abord, il apparaît certain que la population des Cyanophycées lithophytes s'y appauvrit. Ainsi, par exemple, les genres *Hyella*, *Solentia*, *Mastigocoleus*, *Kyrtuthrix* y font entièrement défaut. Les apports d'eau douce ont pour résultat la réduction considérable du nombre des espèces. Deuxièmement, il est sûr que les espèces citées ci-dessus peuvent supporter de dessalures fortes et brusques. Ces lithophytes donc sont très euryhalins.

IV. Les lithophytes en des points à salinité élevée et variable.

Il surgit encore la question si la flore lithophyte peut supporter des augmentations de la salinité. Le phénomène des augmentations de salinité est très fréquent justement dans les localités où les lithophytes sont le plus répandus, c'est à dire en des points librement exposés à la pleine mer et battus par les vagues. Dans ces localités on peut aisément trouver, dans du rocher, de petites dépressions et cuvettes. Il y en a qui sont situées à des niveaux plus bas et sont atteintes deux fois par jour, ou du moins souvent, par la haute mer dont elles retiennent de l'eau. D'autres sont situées à des niveaux plus hauts que n'atteignent que les plus hautes marées et l'eau des embruns. L'eau de ces cuvettes peut rester pendant plusieurs jours sans être renouvelée et subir de variations énormes. Ces variations concernent tous les facteurs de l'eau. Ainsi, pour donner un seul exemple, le pH qui est dans l'eau de mer peu variable, remonte dans ces cuvettes de 8.4 jusqu'à 9.5. Mais c'est surtout la salinité qui change démesurément de sa teneur. Etant donné le fait que l'eau résiduelle des cuvettes est soumise pendant la marée basse à l'évaporation, la salinité subit des augmentations fortes et rapides, surtout au cours de jours d'été chauds. Même pendant une journée d'hiver pleine de soleil, la concentration des sels peut s'élever jusqu'à

des sursaturations. Aussi de temps en autre peut on trouver, dans de pareilles cuvettes, de minces cubes de sels nageant à la surface de l'eau. Après avoir séparé, par filtration, les petits cristaux, j'ai effectué des dosages, et trouvé, le 20 mars, dans une cuvette à température de 20 C° 199.02 pour mille, et le 23 mai, dans une autre à température de 25 C° 282.48 p. m. Mais ces teneurs énormes peuvent diminuer et presque disparaître brusquement ce qui arrive lorsque les pluies y produisent de très fortes dessalures. Au cours de jours pluvieux, on peut trouver dans les mêmes cuvettes, où il y avait eu de salures exorbitantes, une eau presque douce. Pour conclure, nous pouvons dire que la salinité, dans les cuvettes des rochers, oscille entre 0 et 283 pour mille et davantage, ce qui dépend du degré de température. Mais les élévations sont de beaucoup plus fréquentes que les abaissements.

Existe-t-il ici une flore lithophyte qui puisse supporter de pareilles concentrations? Y a-t-il peut-être, même des formes qui soient favorisées par cet état d'eau à salinité élevée?

J'ai pu constater, en divers points de la côte, que les parois et les fonds de ces cuvettes sont couverts d'un enduit brun ou noir d'algues lithophytes. J'y ai trouvé:

Solentia foveolarum Erceg.⁸, *Solentia stratosum* Erceg.⁴, *Solentia* spec., *Hormathonema paulocellulare* Erceg.⁶, *Hormathonema violaceonigrum* Erceg.⁸, *Hormathonema luteobrunneum* Erceg.⁸, *Scopulonema Hansgirgi* Erceg.⁸, *Schizothrix* spec.

Cette brève liste démontre que la flore des cuvettes est réduite à peu de genres. Quelle est la raison de cet appauvrissement? Est-ce l'augmentation énorme de salinité? Ou bien celle d'oxygène, ou de température, ou de concentration en ion hydrogène? Car tous ces facteurs s'élèvent, dans des cuvettes, d'une manière exorbitante. Il est impossible de s'en rendre compte à l'heure actuelle où nous ne connaissons pas encore suffisamment l'influence des autres facteurs sur ces organismes. Si nous comparons cette brève liste à celle de l'eau à salinité normale, nous voyons que les espèces des cuvettes, exception faite de *Scopulonema*, ne subsistent pas, ou rarement, dans les localités à salinité normale. Les genres *Solentia* et *Hormathonema*, surtout, apparaissent cantonnés, presque d'une manière exclusive, dans les localités où la teneur en sels s'accroît démesurément. Sans en rechercher la cause pour le moment, nous pouvons dire dès aujourd'hui qu'il existe une végétation de lithophytes spéciale, adaptée à des élévations énormément grandes de salinité. De même donc qu'il est des Cyanophycées vivant dans des eaux à températures élevées, de même ici se présente le cas où quelques Cyanophycées se sont adaptées à des salures qui s'élèvent, de temps en temps, à des sursaturations extrêmes. De même que nous avons eu, dans le premier cas, une végétation thermophile ou thermale, de même nous avons ici une végétation halophile.

Cette végétations est d'autant plus remarquable et intéressante qu'elle vit en des points où tous les facteurs du milieu extérieur (température, teneur en oxygène dissout, concentration en pH, salinité) subissent de très hautes élévations et très brusques variations. Par ce fait, les espèces halophiles des cuvettes constituent une végétation adaptée à des conditions de vie extrêmement difficiles.

Ouvrages cités.

1. Bornet et Flahault: Sur quelques plantes vivant dans le text calcaire des mollusqueas. Bull. de la Soc. bot. de France, T. XXXVI, 1889.
2. De Toni: Sylloge algarum, vol. V.
3. Ercegović A.: Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. (La végétation des lithophytes sur les calcaires et les dolomites en Croatie.) Acta Bot. Vol. I, 1925, Zagreb.
4. Ercegović A.: Tri nova roda litofitskih cijanoficeja sa jadranske obale. (Trois nouveaux genres des Cyanophycées lithophytes de la côte adriatique.) Acta Bot. Vol. II. 1929., Zagreb.
5. Ercegović A.: Dalmatella, nouveau genre des Cyanophycées lithophytes de la côte adriatique. Acta Bot. Vol. IV. 1929., Zagreb.
6. Ercegović A.: Sur Juelques nouveaux types des Cyanophycées lithophytes dela côte adriatique. Arch. für Protistenkunde 66. B, h. I. Jena 1929.
7. Ercegović A.: Sur la valeur systematique et la ramification des genres Brachytrichia Zanard. et Kyrtuthrix Erceg. et un nouveau type d'alque perforante. Annal. de Protistologie, Vol. II. fasc. 2—3, juillet 1929.
8. Ercegović A.: Sur quelques genres peu connus des Cyanophycees lithophytes de la côte adriatique. Arch. f. Protistenk. 71 B., H. 2, 1930, Jena.
9. Ficher E.: Recherches de bienomis et d'océanographie littorales sur la Rance et le littoral de la Manche. Annal. de l'institut. océanograph. T. V, fasc. III, Paris 1929.
10. Geitler L.: Cyanophyceae, Pascher A.: Süswasserflora, h. 12. Jena, 1925.
11. Ginzberger A.: Der Einfluss des Meerwassers auf die Gliederung der süddalmatinischen Küstenvegetation. Oesterr. bot. Zeitsch. Jahrg. 1925, Nro 1—3.
12. Hansgirg A.: Phys. und algol. Mitteilungen, 1890.
13. Hauck F.: Die Meeresalgen. Rabenhorst, Kryptogamenflora, II B., 10 Lief.
14. Lagerheim L.: Oefversigt ef k. Vet. Akad. Forhandlingar 1885, Nro 8.
15. Nadson G. A.: Les alques perforantes de la Mer Noires. C. R. Acad. d. Sciences, Paris. T. 184, p. 896, 1927.
16. Nadson G. A.: Les alques perforantes, leur distribution et leur rôle dans la nature. C. R. Acad. d. Sc. Paris, T. 184, p. 1015, 1927.
17. Toula: Geologie.
18. Viezzoli: L'Adriatico, Parma, 1901.
19. Wolf et Luksch: Physikal. Untersuch. in der Adria, Wien, Gerlod. 1887.