

P 163/2

OFFICE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
DES PÊCHES MARITIMES
3, AVENUE OCTAVE-GREARD — PARIS

NOTES ET MÉMOIRES
N° 26

RECHERCHES
SUR LA VARIATION DE L'IODE

Chez les principales Laminaires de la Côte bretonne

PAR

M. P. FREUNDLER

Maître de Conférences adjoint à la Sorbonne

ET

M^{lles} Y. MENAGER et Y. LAURENT

Préparateurs à l'Institut de Chimie appliquée

Chargés de Mission de l'Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes



Ed. BLONDEL LA ROUGERY, Éditeur
7, Rue Saint-Lazare, 7
PARIS
Avril 1923



AVIS

Les Notes et Mémoires sont en dépôt à la LIBRAIRIE BLONDEL LA ROUGERY, 7, rue Saint-Lazare, Paris.

Les numéros des Notes et Mémoires se vendent séparément aux prix suivants :

- | | | | |
|--------------------|--|--------|------|
| N ^{os} 1. | Rapport sur la Sardine, par L. FAGE | Fr. | 1 » |
| 2. | Le Merlu, résumé pratique de nos connaissances sur ce poisson, par ED. LE DANOIS | Fr. | 2 » |
| 3. | Notions pratiques d'hygiène ostréicole, par G. HINARD | Fr. | 2 » |
| 4. | Le Conseil international pour l'exploration de la Mer, Congrès de Londres 1920, par ED. LE DANOIS | Fr. | 2 » |
| 5. | Recherches sur l'exploitation et l'utilisation industrielle des principales Laminaires de la Côte bretonne, par P. FREUNDLER et Mlle G. MÉNAGER | Fr. | 2 » |
| 6. | Quelques observations sur les fonds de pêche du Golfe du Lion, par G. PRUVOT | Fr. | 2 » |
| 7. | Résumé de nos principales connaissances pratiques sur les maladies et les ennemis de l'huître, par ROBERT PH. DOLLFUS (2 ^e édition) | Fr. | 3 » |
| 8. | Rapport sur la Campagne de pêche de l'Orvet dans les eaux tunisiennes, par G. PRUVOT | Fr. | 3 » |
| 9. | Recherches sur le Régime des Eaux Atlantiques au large des Côtes de France et sur la Biologie du Thon blanc ou Germon, par ED. LE DANOIS (avec six planches) | Fr. | 4 » |
| 10. | Le Contrôle sanitaire de l'Ostréiculture, par D ^r BORNE, F. DIÉNERT, et G. HINARD | Fr. | 5 » |
| 11. | Le Conseil international pour l'exploration de la Mer, par ED. LE DANOIS | Fr. | 3 » |
| 12. | La Coopération de la Navigation aérienne aux pêches maritimes (avec 2 cartes), par H. HELDT | Fr. | 3 » |
| 13. | Recherches sur la variation de l'Iode chez les principales laminaires de la côte bretonne par P. FREUNDLER et Y. MÉNAGER | Fr. | 4 » |
| 14. | Rapport sur le Fonctionnement de l'Office Scientifique et Technique des Pêches pendant l'année 1921, par L. JOUBIN | Epuisé | |
| 15. | La Préservation des Filets de Pêche, par R. FILLON | Fr. | 3 » |
| 16. | En Norvège. L'Industrie des Pêches, par A. GRUVEL | Fr. | 25 » |
| 17. | Nouvelles recherches sur le Régime des Eaux Atlantiques et sur la Biologie des Poissons comestibles, par ED. LE DANOIS (avec trois cartes) | Fr. | 5 » |
| 18. | Les Coraux de Mer profonde nuisibles aux chalutiers (avec une carte et cinq figures), par L. JOUBIN | Fr. | 5 » |
| 19. | Contribution à l'Etude de la Reproduction des Huîtres. Compte rendu d'expériences faites dans le Morbihan, par M. LEENHARDT | Fr. | 4 » |
| 20. | Etude sur l'Esturgeon du Golfe de Gascogne et du Bassin Girondin, par Louis ROULE | Fr. | 3 » |

(Suite page 3.)

RECHERCHES
SUR LA VARIATION DE L'IODE

Chez les principales Laminaires de la Côte bretonne

PAR

M. P. FREUNDLER

Maître de Conférences adjoint à la Sorbonne

ET

M^{lles} Y. MENAGER et Y. LAURENT

Préparateurs à l'Institut de Chimie appliquée

Chargés de Mission de l'Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

OFFICE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
DES PÊCHES MARITIMES
3, AVENUE OCTAVE-GREARD — PARIS

NOTES ET MÉMOIRES

N° 26

RECHERCHES SUR LA VARIATION DE L'IODE

Chez les principales Laminaires de la Côte bretonne

PAR

M. P. FREUNDLER

Maître de Conférences adjoint à la Sorbonne

ET

M^{lles} Y. MENAGER et Y. LAURENT

Préparateurs à l'Institut de Chimie appliquée

Chargés de Mission de l'Office Scientifique et Technique des Pêches Maritimes



Ed. BLONDEL LA ROUGERY, Éditeur
7, Rue Saint-Lazare, 7
PARIS
Avril 1923

INTRODUCTION

Depuis la publication de notre second mémoire (1), l'étude des Laminaires a été poursuivie d'une façon intensive, tant au point de vue de leur exploitation industrielle que dans le sens biologique, chimique et océanographique. Ce travail considérable nous a amenés à reconnaître que la variation de la teneur en iode est liée étroitement à la vie même de l'algue : l'une et l'autre sont soumises aux conditions climatiques générales, aux influences saisonnières et au régime hydrographique ; en outre, certains constituants (sels, algine, pigments, polysaccharides) présentent des relations plus ou moins directes avec la richesse en iode.

De là résulte la nécessité de considérer simultanément les variations de ces divers facteurs, de traiter le problème au point de vue dynamique et, par conséquent, d'étudier les Laminaires sinon à l'état de vie, du moins à l'état frais, c'est-à-dire sur place et avant que les équilibres existant dans la mer aient été modifiés par la dessiccation.

C'est dans l'espoir de réaliser cette condition que nous avons tenté, l'an dernier, d'organiser l'exploitation industrielle intégrale des Laminaires : le Laboratoire adjoint à une usine située au bord de la mer eût été pour nous un moyen d'action puissant. Malheureusement, bien que des essais de demi-gros aient donné des résultats encourageants, les conditions économiques générales n'ont pas permis de pousser plus loin cette entreprise dont l'aboutissement est tout au moins renvoyé à une époque lointaine.

D'autre part, les obligations professionnelles nous empêchent de poursuivre d'une façon systématique et continue les observations biologiques et océanographiques qui sont le complément indispensable du travail chimique.

C'est pourquoi nous nous décidons à publier tels quels les résultats très incomplets de nos études dont nous devons momentanément restreindre le champ, et à exposer les conceptions auxquelles ces observations nous ont conduits, en ce qui concerne le rôle physiologique de l'iode marin.

(1) *Recherches sur la variation de l'iode*, Mémoire publié par l'Office des Pêches, n° 13, Janvier 1922.

La partie la plus considérable de notre travail se rapporte à la période qui correspond à la poussée végétative de la fin de l'hiver (Janvier à Avril 1922) ; un certain nombre d'observations ont été faites en outre au cours de l'été (Juillet-Octobre), de sorte que des comparaisons ont pu être faites dans une certaine mesure à des époques correspondantes de deux années de régime très différent, la première (1921) très ensoleillée, la seconde (1922) assez pluvieuse et caractérisée (sauf au mois de Mai) par une grande pauvreté d'insolation.

Les Laminaires examinées provenaient, en général, de Roscoff et des îles Saint-Quay ; nous avons pu analyser aussi, à certaines époques, des échantillons récoltés sur la côte Nord-Ouest du Finistère (région de Porspoder) et même dans les îles de la région d'Ouessant. Cette étude comparative a mis en évidence des différences assez grandes entre les teneurs en iode des Laminaires de même espèce, mais de provenances différentes ; ces variations ne peuvent être attribuées qu'à des causes d'ordre océanographique.

Comme précédemment, nos expériences ont eu pour objet les trois Laminaires les plus communes : *L. Flexicaulis (digitata)*, *L. Cloustoni* et *L. Saccharina* ; nous avons laissé de côté les *L. Lejolisii*, moins généralement répandues, mais quelques analyses ont porté sur les *Saccorhiza bulbosa*, qui comme les *Himanthalia Lorea* sont des algues annuelles, tandis que les précédentes sont vivaces ; une différence essentielle dans la teneur en iode s'est manifestée entre les trois premières espèces qui sont riches et les deux dernières qui sont très pauvres. D'autre part, il existe des différences non moins frappantes entre les Laminaires de petite profondeur (*L. Flexicaulis* et *Saccharina*) et celles de grande profondeur (*L. Cloustoni*).

Aux observations biologiques et aux dosages d'iode, nous avons ajouté cette année des déterminations quantitatives et des observations qualitatives se rapportant à d'autres constituants des Laminaires ; parmi ceux-ci, les uns sont toujours présents en quantités massives (sels, algine, cellulose) tandis que d'autres peuvent faire défaut à certaines époques (produits réducteurs, hydrates de carbone de réserve) ou n'exister qu'en très petite quantité (pigments jaunes). Certaines relations ont paru ressortir entre la richesse en iode et la présence ou l'absence de certains de ces constituants ; d'autres, au contraire, ne paraissent jusqu'à présent avoir aucun rapport direct avec l'iode.

La forme même sous laquelle l'iode circule de la mer dans l'algue et inversement, nous est encore inconnue. Quelques observations isolées indiquent cependant que cet élément se rencontre pour la plus grande proportion à l'état de combinaison organique, espèce chimique définie ou composé colloïdal, mais qu'il est doué d'une grande labilité ; les réactifs les moins énergiques suffisent presque toujours pour le dégager de ses combinaisons. La méthode d'extraction par le bisulfite de chaux a continué à donner toute satisfaction, et sauf dans un cas particulier, où d'ailleurs il suffira de prolonger la durée d'attaque, elle a toujours fourni des chiffres du même ordre que l'incinération et les dosages directs par colorimétrie ou précipitation.

L'ensemble de ces recherches nous a amenés à une conception nouvelle du rôle physiologique de l'iode, libre ou combiné. Ce rôle, comparable dans

une certaine mesure à celui de l'amidon, serait celui d'une réserve d'énergie accumulée et maintenue grâce à la présence des pigments jaunes ou rouges ; l'utilisation de cette réserve aurait lieu, surtout chez les algues de profondeur, à l'époque de la poussée végétative, peut-être par un mécanisme d'ordre diastasique, qui réaliserait la dégradation de la combinaison iodée en libérant une certaine quantité de l'énergie accumulée dans l'algue pendant la période d'insolation. De nouvelles expériences seront instituées prochainement pour confirmer, infirmer ou modifier cette hypothèse.

Pour faciliter la lecture de ce mémoire, nous le diviserons de la façon suivante :

- 1^{re} PARTIE. — *Influence des conditions extérieures sur la teneur en iode.*
a) Observations relatives aux conditions météorologiques.
b) Observations relatives aux conditions océanographiques.
- 2^e PARTIE. — *Relation entre les phénomènes biologiques proprement dits et les variations de la teneur en iode et en divers constituants.*
- 3^e PARTIE. — *Etude chimique et analytique des principaux constituants des Laminaires.*
- 4^e PARTIE. — *Observations relatives à la nature de l'iode des algues.*
- APPENDICE. — *Tableaux des résultats analytiques.*
-

Avant de terminer cette introduction, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à ceux qui ont contribué à nous faciliter notre travail, soit par leurs conseils éclairés, soit par l'aide de leurs Services respectifs : M. le Professeur Lacroix, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Président du Conseil d'Administration de la Caisse des Recherches scientifiques, MM. les Professeurs Guignard et Béhal, Membres de l'Institut, et M. le Professeur Guérin, de l'Ecole de Pharmacie ; M. le Professeur Perez, Directeur du Laboratoire de Roscoff ; M. Pavot, Directeur de l'Usine de la S.I.A.M., à Porspoder, et tant d'autres qui voudront bien nous excuser de ne pas les nommer. Nous ne saurions cependant passer sous silence le nom de M. le Professeur Molliard, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris, dont l'ouvrage sur la *Nutrition de la Plante* (trois volumes parus) a été pour nous un guide précieux, en nous aidant à comprendre le sens biologique des phénomènes chimiques.

Paris, Février 1923.

RECHERCHES SUR LA VARIATION DE L'IODE

Chez les principales Laminaires de la Côte bretonne

PREMIÈRE PARTIE

INFLUENCE DES CONDITIONS EXTÉRIEURES SUR LA TENEUR EN IODE

A) Observations relatives aux conditions météorologiques

L'année 1921 a été caractérisée sur les côtes bretonnes par une sécheresse et une insolation anormales, surtout durant la période de Juin à Septembre.

L'année 1922 s'est signalée au contraire par l'abondance des pluies en Mars, Avril et Juillet, et par un temps généralement couvert en Juin, Août, Septembre et Octobre. Seul, le mois de Mai a présenté une période de chaleur intense, d'ailleurs assez courte.

Voici, d'autre part, les observations qui ont été faites comparativement sur les Laminaires de ces deux années.

I. *Diminution générale de la teneur en iode.* — Partout où nous avons pu récolter et analyser des Laminaires de surface, nous avons constaté que la teneur en iode des algues de 1922 était notablement inférieure à celle des algues de 1921, aux époques correspondantes bien entendu.

Ainsi, tandis que les *L. Flexicaulis* récoltés au Portrieux en Septembre et Octobre 1921 contiennent respectivement 0,80 et 1,88 (1) d'iode pour 100 parties d'algues sèches, ceux des mêmes mois de l'année suivante ne renferment plus que 0,66 et 1,44. De même à Roscoff, on trouve pour les *L. Flexicaulis* récoltés en Septembre 0,52 % en 1921 et 0,45 en 1922.

Ces chiffres sont d'autant plus significatifs que les algues de 1921 ont été soumises à une dessiccation plus énergique que les autres en raison même de la température plus élevée.

Quant à la région finistérienne, nous ne possédons malheureusement pas de chiffres précis pour l'année 1921. Toutefois, d'après les renseignements

(1) Les teneurs des algues d'Octobre ont été déterminées pour les deux années sur des algues égouttées 24 heures et échantillonnées 48 heures après la récolte.

recueillis auprès des industriels, la teneur moyenne des *Flexicaulis* pêchés (Taly) était de 5 kilos d'iode à la tonne demi-sèche (30-35 % d'humidité). Or, les traitements effectués l'été dernier à l'usine d'Argenton, sur des lots de 25 à 150 kilos, nous ont fourni un rendement très constant et voisin de 3 k. 750. Des *Flexicaulis* pêchés en Septembre dans cette région ont donné un résultat analogue. Il en a été de même d'un échantillon frais provenant de l'île Quemenès qui, en temps ordinaire, est réputée pour la richesse en iode de ses champs d'algues.

Quant aux *L. Saccharina*, nous n'avons, en 1922, qu'une détermination faite sur un échantillon récolté par nous à Porspoder en Septembre ; la teneur en iode, anormalement basse, était de 0,45 % environ (algues sèches).

Pour les Laminaires de profondeur (*L. Cloustoni*), la comparaison ne pourra être faite que lorsque les récoltes de l'hiver et du printemps auront été analysées.

II. *Diminution de la pigmentation brune.* — En Juillet 1921, nous avons rencontré à Roscoff, en très grande abondance, la variété orangée de jeunes *Saccharina* désignée sous le non de *Phyllitis*. Ces *Phyllitis*, encore très nombreuses en Août dans la même région (île Duon), avaient perdu en Septembre leur coloration intense et présentaient pour la plupart des taches vertes de chlorophylle.

En 1922, les jeunes *Saccharina* de Roscoff ne possédaient que très exceptionnellement cette pigmentation jaune ; de même, les *L. Flexicaulis* d'été, habituellement bruns, avaient une couleur tirant sur le vert olive ; il en a été de même dans la région de Porspoder.

III. *Rajeunissement anormal de la fronde.* — Les *L. Saccharina* nées en automne ou au début de l'hiver, présentent, certaines années (1), en Janvier ou Février, un rétrécissement de la partie moyenne de la lame accompagné d'un froncement de celle-ci, et de la formation d'un calle épais ; ultérieurement la partie postérieure durcit, se dessèche et s'élimine peu à peu par usure, tandis que la partie antérieure jeune se développe normalement. M. Sauvageau a observé que ce phénomène ne se retrouve pas tous les ans. Or, tant à Roscoff qu'aux îles Saint-Quay, toutes les *Saccharina* que nous avons trouvées en Février, Mars et Avril 1922 présentent d'une façon absolument nette ce froncement caractéristique ; cette année, il résulte d'observations faites récemment à Roscoff, que le dédoublement des frondes est exceptionnel.

Quant aux *L. Flexicaulis*, le rajeunissement de leur lame, mis en doute par certains algologues, semble être encore bien plus rare sur nos côtes (Sauvageau, *loc. cit.*). Or, en Avril 1922, tous les *L. Flexicaulis* des îles Saint-Quay avaient renouvelé leur fronde, certains mêmes par un processus analogue à celui qui caractérise les *L. Cloustoni*.

IV. *Régression du cloisonnement chez les L. Cloustoni.* — Dans les années

(1) SAUVAGEAU, *Mémoires de l'Académie des Sciences*, T. 156, 2^e Série.

normales, la jeune pousse des *L. Cloustoni* apparaît en Janvier (parfois fin Décembre) ; elle se développe rapidement dans l'espace d'un mois, puis se divise tandis qu'il se forme entre la jeune lame et l'ancienne, un cloisonnement qui s'épaissit de plus en plus. A cette époque, les canaux mucifères qui reliaient les deux frondes se ferment et la vieille lame se dessèche et se détache (Mars ou Avril), tandis que la jeune pousse achève sa division et son développement.

En Mars 1922, les *L. Cloustoni* des îles Saint-Quay (1) avaient terminé leur cloisonnement, mais un mois plus tard, nous constatons une régression de ce phénomène : les canaux mucifères étaient rétablis au moins partiellement et la dureté du calle avait diminué.

En Mai, le retard était toujours notable, puisque beaucoup de vieilles frondes ne s'étaient pas encore détachées. M. Pavot nous a signalé qu'un phénomène du même ordre s'était manifesté dans la région de Porspoder.

V. *Extension vers l'Est des L. Lejolisii*. — Cette espèce de Laminaires qui semblait confinée jusqu'ici à la région située à l'Ouest de la baie de Morlaix (et peut-être aux Sept-Iles) a été rencontrée l'an dernier plus à l'Est : M. le Professeur Lapicque a bien voulu nous signaler le fait tout à fait nouveau de son apparition à l'entrée de la Chambre (Ile de Bréhat).

De plus, à Roscoff et à Porspoder les *L. Lejolisii* se sont développés d'une façon extraordinaire quant au nombre et à la taille, en général aux dépens des *L. Cloustoni*.

CONCLUSIONS. — Les divers phénomènes qui viennent d'être relatés nous paraissent être la conséquence de conditions météorologiques anormales dont l'effet s'est manifesté chez les algues d'une façon plus ou moins immédiate.

En ce qui concerne la teneur en iode, la pigmentation brune et le recul du cloisonnement des *L. Cloustoni*, ces relations semblent évidentes. Quant au rajeunissement anormal de la fronde chez les *L. Saccharina* et les *L. Flexicaulis*, il constitue à notre avis, non pas seulement une manifestation de l'excédent d'énergie emmagasinée pendant la période favorable, mais aussi une élimination des tissus usés par une activité exagérée durant la période insolée ; avec ces tissus sont éliminés des constituants (parmi lesquels l'iode), accumulés en quantité telle qu'ils deviennent nuisibles pour l'individu.

Quant à l'extension des *L. Lejolisii*, sa relation avec l'insolation de 1921 ne peut être justifiée que par l'intervention des conditions océanographiques dont il sera question dans le chapitre suivant.

(1) Dans le précédent mémoire, nous avons mis en doute l'existence de gisements étendus de *L. Cloustoni* dans les îles Saint-Quay. Depuis lors, une exploration minutieuse nous en a fait découvrir un champ assez vaste dans le nord des roches appelées Poulains. Ces *L. Cloustoni*, très florissants, émergent partiellement aux très grandes marées. Il paraît y en avoir aussi sur le plateau des Hors.

B) *Observations relatives aux conditions océanographiques*

Caractères régionaux des Laminaires. — A première vue, les Laminaires de la baie de Saint-Brieuc se distinguent nettement de celles de la région de Roscoff, et même de celles de la Gaine des Héaux et des Sept-Iles. Leur taille est plus petite, leur couleur ambrée et leur aspect plus propre ; même en fin d'été, elles sont presque exemptes d'épiphytes végétaux, tandis qu'à Roscoff par exemple, les lames sont sales, rongées et pelucheuses.

En 1922, une autre différence s'est manifestée : les stades biologiques respectifs (cloisonnement, renouvellement de la fronde, etc.) ont paru être un peu plus tardifs aux îles Saint-Quay qu'à Roscoff. Toutefois, cette observation n'a pas été généralisée suffisamment et nous ne la formulons qu'avec quelque réserve.

En revanche, les Laminaires de la baie de Saint-Brieuc ont une teneur en iode nettement plus élevée que celles de Roscoff et de Porspoder, aux époques correspondantes bien entendu. Cette différence, passée inaperçue en 1921, s'est manifestée en 1922 d'une façon tout à fait remarquable. Ainsi, tandis que les teneurs des *L. Flexicaulis* du Portrieux sont en Avril, Juillet et Septembre 1922, respectivement 0,89, 0,90, 0,66 %, les algues récoltées à Roscoff en Juillet ne renferment que 0,46 % et celles de la région de Porspoder 0,50 % environ, tant en Juillet qu'en Avril et Septembre. Ces chiffres se rapportent aux algues sèches et ont été déterminés sur les frondes.

Les *L. Cloustoni* présentent des différences analogues ; on trouve en Février, 0,88 au Portrieux contre 0,58 à Roscoff, et en Avril, 0,70 au Portrieux contre 0,38 à Porspoder.

Il eût été désirable de multiplier les comparaisons sur des récoltes faites à d'autres marées. Malheureusement, cette différence ne nous est apparue qu'à une époque où pour diverses raisons, les analyses en série ne pouvaient être poursuivies : la plupart de nos chiffres d'iode ne correspondent pas pour les trois régions aux mêmes époques et ne peuvent être mis en parallèle.

Quelle peut-être la cause de ces inégalités considérables observées entre les algues de la baie de Saint-Brieuc et celles de la côte Nord-Ouest ? Le régime climatérique étant sensiblement le même, il semble que l'on ne puisse rechercher cette cause que dans une différence des milieux marins dans lesquels vivent les algues.

Or, cette différence existe et, pour le démontrer, nous ferons appel aux résultats des dernières croisières de la *Tanche* (1921 et 1922) et du *Pourquoi-Pas* ? Mais il faut d'abord rappeler brièvement les conditions générales du régime hydrographique de la Manche.

Caractères hydrographiques régionaux. — On sait que le Pas-de-Calais est traversé dans sa partie médiane par un courant d'eau froide, à salinité faible, provenant de la mer du Nord et d'origine polaire lointaine. D'autre part, les côtes bretonnes et celles des Cornouailles anglaises sont baignées par une eau plus chaude (probablement aussi plus salée) dont la température se maintient, notamment à Roscoff, au voisinage de 14° même en hiver et

à l'influence de laquelle on rapporte à juste titre la végétation exubérante et presque méridionale qui caractérise ces régions.

L'origine de ces eaux chaudes est attribuée généralement au Gulf-Stream. Mais il est plus vraisemblable d'admettre, comme l'a proposé M. Le Danois (1) qu'il s'agit là simplement d'un remous d'eau océanique chaude et salée, conséquence mécanique du courant froid descendant.

Nous ne pouvons pas insister longuement sur cette question qui sort de notre domaine, mais nous donnerons cependant quelques arguments à l'appui de l'opinion de M. Le Danois.

Rappelons d'abord l'existence absolument démontrée d'un barrage qui sépare, au débouché de la Manche, les eaux froides descendantes des eaux océaniques chaudes et dont la position, variable suivant les années, a été déterminée assez exactement à la profondeur de 50 mètres, lors des croisières de la *Perche* et de la *Tanche* en 1920, 1921 et 1922, ainsi qu'en certains points par les canonnières *Engageante*, *Inconstant*, *Conquérante* et *Surveillante*. Il est regrettable que des déterminations analogues n'aient pas été faites à des niveaux plus élevés, bien que dans ces conditions le brassage occasionné par le vent et les courants de marée diminuent forcément la netteté et la précision des observations.

D'autre part, le Commandant J.-B. Charcot a bien voulu nous informer qu'il avait observé au cours de sa croisière d'été 1922, en quelques points et notamment au nord des Héaux (station 237) des températures anormalement élevées, et cela malgré le temps pluvieux et froid qui régnait à cette époque. Il ne nous paraît pas possible d'attribuer ce phénomène à une variation du Gulf-Stream ; au contraire, le fait s'explique naturellement si l'on tient compte de l'insolation plus forte de 1921 dans l'hémisphère nord-européen et de la fonte anormale des glaces polaires et alpestres qui en a été la conséquence immédiate ; celle-ci a provoqué, à plus longue échéance, un accroissement du courant froid descendant, et par suite un remous océanique plus accentué le long des côtes françaises et anglaises ; nous pensons devoir attribuer à la même cause le développement et l'extension remarquables en 1922 des *L. Lejolisü* qui sont caractéristiques des eaux océaniques (Savageau, *loc. cit.*) et même l'envahissement anormal des côtes bretonnes par les pieuvres de grande taille au cours de l'hiver 1921-1922 ; on sait, en effet, que ces animaux, qui recherchent les eaux chaudes, disparaissent habituellement de nos rivages en automne.

Mais, que l'on conserve la notion du Gulf-Stream, ou que l'on admette le remous océanique, il n'en subsiste pas moins, et c'est là le point intéressant pour nous, que le régime hydrographique de la baie de Saint-Brieuc est nettement différent de celui de Roscoff, et dans la mesure où nos renseignements incomplets nous permettent de le penser, il diffère aussi de celui des côtes Ouest et Sud de la Bretagne.

Cette différence est due à l'afflux des eaux du Pas-de-Calais et au bras-

(1) *Notes et Mémoires* publiés par l'Office scientifique et technique des Pêches maritimes, n° 9, p. 11

sage énergique de ces eaux avec celles de l'Océan, brassage favorisé par les courants particulièrement violents qui règnent dans la baie en raison de l'amplitude des marées. Ces courants, par exemple au phare du Grand Léjon, ne s'arrêtent jamais à l'étales mer ; ils sont déviés progressivement et subissent seulement un ralentissement momentané. L'absence d'eau océanique pure se manifeste d'ailleurs par des variations très grandes de température aux diverses saisons (plus de 17° en Septembre 1921 ; 13°, 12° et même moins au printemps de la même année) et par une diminution moins nette, mais cependant indéniable, de la chloruration (19,45 en moyenne au lieu de 19,60)

CONCLUSIONS. — En résumé, tandis qu'à Roscoff, la côte se trouve baignée à peu près exclusivement par de l'eau océanique chaude, aux îles Saint-Quay, on se trouve en présence d'un régime mixte. Nous espérons que la prochaine croisière du *Pourquoi-Pas?* apportera une nouvelle confirmation de ce fait.

Il semble donc que les Laminaires qui vivent dans l'eau océanique accumulent ou conservent dans leurs tissus une proportion d'iode moindre que celles des eaux plus froides d'origine polaire. On a, d'ailleurs, souvent mentionné la richesse en iode des Laminaires des côtes norvégiennes (1), des Feroë, etc. Par contre, les algues de la côte Sud de Bretagne sont particulièrement pauvres. Quant à la région de l'Ouest, nous pensons que, cette année, la pauvreté anormale des Laminaires n'est pas sans relation avec le temps pluvieux et avec le ruissellement d'eau douce qui en a été la conséquence ; cet apport s'est manifesté non seulement en surface mais aussi en profondeur, grâce aux failles qui prolongent dans les chenaux du Four et de la Helle. les nombreux Aber dont cette côte est sillonnée.

REMARQUE. — Les Laminaires des eaux océaniques présentent un dernier caractère qui les fait reconnaître à première vue ; elles possèdent ce que nous appellerons provisoirement une *fausse pigmentation jaune*, très différente de la pigmentation brun rouge des *Cloustoni* de profondeur, de celle des godrons de *Saccharina* insolés et de la pigmentation ambrée des algues d'eaux froides. Cette coloration qui se manifeste surtout à la fin du printemps et en été, disparaît rapidement à l'air humide ; elle n'est pas forcément corrélative d'une forte teneur en iode ; nous l'avons observée très accentuée à Roscoff, aux Sept-Iles et dans la région de Kerity, en un mot, sur les points baignés par de l'eau océanique à peu près pure. Ce pigment est probablement de la phycophéine ; nous en avons isolé une petite quantité et son étude sera poursuivie.

(1) D'après Kylin, le renouvellement de la fronde des *L. Flexicaulis* serait chose courante dans cette région.

DEUXIÈME PARTIE

RELATION ENTRE LES PHÉNOMÈNES BIOLOGIQUES PROPREMENT DITS ET LES VARIATIONS DE LA TENEUR EN IODE ET EN DIVERS CONSTITUANTS

La composition intégrale des Laminaires n'est pas encore établie, bien que certains auteurs, en particulier Stanford (1), aient donné des pourcentages en humidité, sels solubles et insolubles, iode, algine, cellulose et hydrates de carbone. Avant d'aborder cette question, il était indispensable d'étudier au préalable les divers constituants. Ce travail vient seulement d'être entrepris. Toutefois, des séries de dosages ont été faits pendant l'hiver et le printemps 1922, concurremment avec des observations biologiques ; il en est ressorti certaines relations qui indiquent que l'iode joue un rôle important dans la vie des Laminaires, par exemple à l'époque de la reprise végétative et surtout quand les hydrates de réserve font défaut ; à d'autres époques, et chez d'autres espèces, les phénomènes d'osmose et d'assimilation chlorophyllienne paraissent suffire à assurer le développement et la prospérité de l'individu.

Renvoyant à la 3^e partie la description des méthodes de dosage et les tableaux analytiques, nous nous bornerons ici à définir sommairement les constituants étudiés. Ensuite, nous exposerons les relations générales qui ont pu être observées et nous examinerons, en étudiant séparément l'évolution biologique des trois principales Laminaires, les variations des constituants qui accompagnent cette évolution.

I. — DÉFINITION SOMMAIRE DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS.

Outre l'eau qui est naturellement constitutive et l'iode, nous nous sommes occupés des sels fixes, des hydrates de carbone, réducteurs et non réducteurs, de l'algine, de la cellulose et des pigments. Le total de ces composés n'atteint pas 100 %, il s'élève en moyenne à 85 %. Nous recherchons à l'heure actuelle les constituants complémentaires qui présenteront peut-être aussi des relations intéressantes avec l'évolution de l'algue et sa teneur en iode ; parmi eux, on connaît déjà la mannite.

L'eau paraît être une constante assez fixe des tissus des Laminaires ; elle s'écarte peu chez les individus vivants de 80 %. Toutefois, tant que ces études ne pourront être effectuées sur place, il ne sera pas possible de déterminer si aux stades biologiques ne correspondent pas des états déterminés d'hydratation.

(1) *Chem. News*, 1883, T. 47, p. 254, 267 et 1049.

Les sels fixes, dosés par incinération, n'ont pas encore été étudiés plus à fond ; cependant, nous avons noté la fusibilité plus ou moins grande, et dans certains cas, malheureusement trop rares, la richesse relative en sels de concentration, par exemple en chlorure de potassium. Les sels qui s'effleurissent lors de la dessiccation des algues ne renferment pas d'iodures ni d'iodates en quantité dosable.

En ce qui concerne les hydrates de carbone, la méthode employée fournit des chiffres assez précis pour les polysaccharides de réserve (1) solubles dans l'eau et non réducteurs ; quant aux sucres et aux produits réducteurs, nous serons moins affirmatifs et nous nous bornerons, dans nos conclusions, à tabler sur leur absence ou leur présence en petite ou grande quantité. La mannite n'a pas été dosée.

Par algine, nous entendons la partie mucilagineuse des tissus, c'est-à-dire l'ensemble des produits désignés sous le nom de tangacide, de norgine, de fucine, de fucoidine, etc. Ces substances dont nous venons de commencer l'étude chimique, sont des colloïdes acides, solubles dans les alcalis et les carbonates alcalins, précipitables par les acides et les sels dérivés de la plupart des métaux lourds.

Leur rôle, sur lequel nous reviendrons plus loin, paraît être essentiellement de maintenir le taux normal d'eau à l'intérieur des tissus, d'accumuler les sels de concentration et de maintenir l'imperméabilité des parois cellulaires en empêchant le passage des diastases hydrolysantes durant certaines périodes. Il en résulte que les propriétés physiques et chimiques de l'algine varient avec l'âge de l'individu, la saison, etc. Quant à ses relations avec l'iode, elles nous sont encore généralement inconnues, sauf dans un cas où il semble que l'algine serve de véhicule aux composés iodés, et les transporte à l'époque de la poussée végétative, du stipe, organe de réserve, vers les tissus nouveaux.

D'ailleurs, nous devons reconnaître que la plupart des dosages d'algine que nous avons effectués comportent deux causes d'erreur, dont malheureusement nous nous sommes aperçus trop tard ; ceci nous oblige à passer cette partie de nos analyses par profits et pertes. Les dosages d'algine seront repris lorsque l'étude chimique du composé, qui s'annonce d'ailleurs facile, sera achevée. (2)

(1) Il s'agit ici principalement de la laminarine. Quant au fucosane, c'est encore à peu près un inconnu, et son étude est à peine abordée ; on admet toutefois qu'il renferme un groupement phénolique.

(2) Remarques. — Les solutions d'alginate de soude se prêtent merveilleusement à la démonstration du phénomène de plasmolyse. Si l'on fait couler lentement une de ces solutions par un tube muni d'un robinet et plongeant dans un cylindre rempli d'acide chlorhydrique dilué, on constate la formation d'une grosse vésicule sphérique ou ovoïde, limitée par une membrane d'algine coagulée ; à l'intérieur de cette membrane semi-perméable règne une pression osmotique plus élevée qu'à l'extérieur, de sorte que l'eau traverse la membrane, la dilate, puis la crève en raison de son peu d'élasticité et il se forme tout autour de la première vésicule une série d'autres qui continuent à se diviser jusqu'à coagulation complète de l'algine.

En second lieu, nous avons admis que l'algine fonctionnait dans l'algue comme une sorte de lipoïde, doué de la faculté d'absorber une quantité d'eau considérable (de l'ordre de 95 %) et capable en outre, de concentrer spécifiquement certains sels tels que les chlorures de potassium, de magnésium, etc. Des expériences seront instituées pour appuyer

La *cellulose*, tissu de soutien, a été dosée avec une assez grande précision ; elle entraîne toutefois avec elle des produits azotés et sulfurés parmi lesquels certains pigments, dont la chlorophylle ou plutôt ses produits de dégradation. Parmi les constituants des Laminaires, c'est le seul qui, jusqu'à présent, n'ait manifesté aucune relation, directe ou inverse, avec l'iode. Aussi, nous bornerons-nous à publier les séries de dosages de cellulose et à indiquer quelques particularités intéressantes de cette substance.

Quant aux *pigments* (nous entendons par ce mot spécialement les pigments jaunes, bruns ou rouges) leur étude n'a, pour ainsi dire, pas encore été commencée et nous nous sommes bornés à constater leur absence ou leur présence à diverses époques. Certains de ces composés ont été l'objet d'études chimiques extrêmement sérieuses, en particulier de la part de Willstaetter et de ses élèves. Mais d'autres nous sont apparus, qui jouent un rôle particulièrement intéressant et que nous avons commencé à isoler. De plus, les études des pigments bruns ont été faites sur des algues mortes ; or, au point de vue biologique et à celui de l'iode, il y a autant de différences entre les pigments vivants et les pigments morts qu'entre les algues vivantes et mortes, et il y a là encore un champ d'études qui nous restera fermé tant que nous serons empêchés de travailler sur des algues fraîches.

Reste à mentionner un dernier groupe de constituants essentiels des algues, les *diastases* ou *enzymes* ; de celles-ci, nous ne savons actuellement à peu près rien. Mais quelques observations isolées, que nous comptons poursuivre dans la mesure du possible, semblent indiquer qu'elles ne sont pas sans relation avec le rôle physiologique de l'iode, et leur stabilité exceptionnelle nous permettra probablement d'aborder leur étude dans les conditions qui nous sont actuellement imposées.

II. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. RELATION DE LA TENEUR MOYENNE EN IODE AVEC LA BIOLOGIE PROPREMENT DITE DES ALGUES

On a l'habitude de classer les algues marines d'après leur couleur verte ou bleue, brune et rouge (cyanophycées, phaeophycées, rhodophycées). Cette classification, qui semble à première vue un peu artificielle, correspond en réalité à des habitats différents dont le niveau s'abaisse de plus en plus,

cette manière de voir. Mais en attendant, nous avons fait un essai qui semble être très probant :

On sait que les algues pourrissent lorsqu'on les conserve dans l'eau de mer. Or, ayant constaté que les *Saccharina* d'hiver renferment plus de 40 % de chlorure de potassium, nous avons enfermé dans un grand bocal muni d'un bouchon rodé, quelques *Saccharina* immergées dans de l'eau de mer additionnée d'une quantité de chlorure de potassium calculée aussi exactement que possible, de façon à équilibrer la concentration saline interne en KCl. Dans ces conditions et à part une légère atténuation de la pigmentation, les *Saccharina* se sont conservées sans altération, sans odeur et sans fermentation. De plus, aucune trace de « graissain », c'est-à-dire d'algine, n'est sortie des algues, tandis que ce dernier phénomène se produit assez rapidement avec l'eau de mer seule. Il semble donc bien que l'algine et les sels de concentration forment à l'intérieur de l'algue une espèce de combinaison à l'égard de laquelle les parois sont semi-perméables, tandis qu'elles sont perméables au chlorure de potassium de la mer.

à partir de l'émersion presque continuelle, en passant par l'émersion normale au niveau moyen de la demi-marée, jusqu'à l'émersion courte lors des grandes marées ou même jusqu'à l'immersion absolue à des profondeurs variant entre le zéro des marées et une trentaine de mètres au dessous.

La coloration pigmentaire répond à la nécessité pour l'algue de retenir une quantité suffisante de radiations solaires ; seuls, les pigments rouges sont capables d'absorber les rayons les plus pénétrants qui atteignent la région où vivent les algues de grande profondeur. Celles-ci n'ont pu jusqu'ici nous parvenir que sous la forme de goémon-épave, arraché par la grosse houle de fond ; aussi nous sommes-nous bornés à constater dans ce cas la présence d'un pigment rouge très stable et une richesse assez grande en iode.

Pratiquement, nos recherches ont été limitées aux Laminaires qui vivent au niveau ou un peu au-dessous (3-4 m.) du niveau des plus basses mers ; nous désignerons celles-ci sous le nom générique d'*algues de profondeur* et nous comprendrons dans ce groupe les grandes Laminaires communes (*L. Saccharina*, *Flexicaulis*, *Cloustoni*, *Lejolisii*, *Sacchoriza bulbosa*), certaines *Fucacées* comme l'*Himanthalia lorea*, et le *Chorda filum*. Les nombreuses espèces de *Fucus*, les *Ascophyllum*, etc... et les algues vertes et bleues seront désignées sous le nom d'*algues de surface*.

Au point de vue biologique, il est évident que les *algues de surface* sont le siège de phénomènes d'assimilation chlorophyllienne, au moins pendant une partie de leur vie, et qu'elles ont toute facilité pour absorber une fraction importante des radiations solaires ; à ce point de vue, elles se rapprochent des végétaux terrestres. Or, il résulte de très nombreuses déterminations antérieures (1), que leur teneur en iode est faible ou très faible. Nous reproduisons ici quelques-uns des chiffres qui ont été publiés.

100 p. d'algues sèches renferment en moyenne :

Fucus serratus	0,08 %
— nodosus.	0,06 %
— vesiculosus	0,03 %

Quant aux *algues de profondeur*, elles se divisent, tant au point de vue biologique qu'à celui de la teneur en iode, en deux catégories :

Les *algues annuelles*, comprenant les *Himanthalia*, les *Chorda filum* et les *Sacchorhiza*, qui sont pauvres ou très pauvres en iode, et les *algues vivaces* dans le groupe desquelles rentrent les *L. Flexicaulis*, *Saccharina*, *Cloustoni* et probablement aussi les *L. Lejolisii* ; or, les algues de ce dernier groupe présentent au moins chez les adultes une teneur en iode en moyenne dix fois plus forte que celles du premier.

Voici quelques chiffres qui se rapportent pour la plupart à des algues de Février 1922, et qui mettront en évidence l'écart énorme existant sous ce rapport entre ces deux catégories. Les teneurs des *Himanthalia* ont trait à des échantillons recueillis en Avril 1920. Quant aux *Chorda filum*, nous ne

(1) HENDRICK, *Journ. of the Soc. of chem. Industry*, t. 35, p. 365 ; CAMERON, *Journ. of biol. Chemistry*, t. 18 (1914) ; t. 19 (1915) ; STANFORD, *Chem. News*, t. 35, p. 172.

les avons pas analysés nous-mêmes, mais on n'y a signalé que des traces d'iode.

100 p. d'algues sèches renferment en moyenne :

<i>Algues vivaces</i>		<i>Portrieux</i>	<i>Roscoff</i>
<i>L. Cloustoni</i>	{ Frondes	0,88	0,58
	{ Stipes	0,66	0,55
<i>L. Flexicaulis</i>	{ Frondes	0,64	
	{ Stipes	0,39	
<i>L. Saccharina</i>	Frondes	0,30 (1)	0,55(2)
<i>Algues annuelles</i>			
<i>Sacchoriza bulbosa</i>	{ Fronde.		0,07
	{ Stipe.		0,08
	{ Crampon,		0,08
<i>Himanthalia lorea</i>	Fronda.	Environ.	0,02

Voici donc deux faits bien établis, et qui sont d'une importance capitale pour la conception du rôle physiologique de l'iode :

1^o Les algues de surface qui peuvent absorber presque constamment la majeure partie des radiations solaires et qui sont par conséquent le siège d'une assimilation chlorophyllienne régulière sont pauvres en iode.

2^o Parmi les algues de profondeur, celles qui sont vivaces et qui présentent en fin d'hiver ou au début du printemps un phénomène de reprise végétative, sont seules riches en iode, les algues annuelles étant aussi pauvres ou plus pauvres que les algues de surface.

Il semble dès lors possible de considérer l'iode ou les composés iodés qui abondent dans ces algues de profondeur vivaces, en tout ou partie, comme l'un des facteurs nécessaires à cette reprise végétative et vraisemblablement comme une réserve d'énergie utilisable à une époque où, comme nous le verrons tout à l'heure, les hydrates de carbone sont consommés et où il y a pénurie de radiations lumineuses (3).

Cette conception, qui s'accorde avec toutes nos observations, tant chimiques que biologiques, océanographiques et météorologiques, va trouver de nouveaux arguments dans l'étude de l'évolution biologique particulière de chacune des trois Laminaires étudiées isolément.

(1) Après le cloisonnement.

(2) Avant le cloisonnement.

(3) Les conceptions les plus vraisemblables qui aient été formulées sur le rôle de l'iode chez les algues par les divers auteurs sont d'une part celle d'un constituant de défense antiseptique ou toxique, et d'autre part, celle d'un excitateur catalytique intervenant à l'époque de la fertilité. Il est possible que l'iode participe dans une certaine mesure à ces deux fonctions ; toutefois, nous ferons observer que chez les *L. Cloustoni*, cette participation doit être bien faible, car la forte teneur en iode des stipes ne paraît pas gêner les *Helcio pellucidum*, et, d'autre part, la chute de l'iode dans les frondes est postérieure à l'émission des spores ; il est d'ailleurs possible que chez d'autres algues, l'iode intervienne dans ce dernier phénomène (SCURTI, *Gazz. Chim. ital.*, t. 36, II, p. 619).

III. — VARIATION DE L'IODE ET DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS A L'ÉPOQUE DE LA REPRISE VÉGÉTATIVE.

A) *L. Cloustoni*.

L'étude des *L. Cloustoni* est grandement facilitée au point de vue qui nous occupe par les deux faits suivants :

1^o La teneur en iode ne diminue pas sensiblement pendant la dessiccation ; ainsi, les frondes d'échantillons récoltés à Roscoff, en Janvier 1922, qui donnaient à l'analyse un mois après 0,74 % (rapportés à l'algue séchée à 105^o) contenaient encore en Janvier 1923 0,68 % d'iode. Et, cependant, les algues en question sont restées durant cette période dans un séchoir imparfaitement clos où elles ont été soumises à des conditions hygrométriques et thermiques très variables.

Nous pensons que cette stabilité est due à la présence du pigment rouge qui caractérise les vieilles frondes des *L. Cloustoni*.

2^o Les observations de divers ordres peuvent être faites en toute sécurité, relativement à l'âge des tissus. On sait, en effet, qu'à moins d'un mois près, les *L. Cloustoni* renouvellent leur fronde à une époque fixe, de sorte qu'on ne risque jamais de confondre des individus jeunes avec des adultes.

Quant aux stipes qui constituent la partie vivace de l'algue, leur âge paraît aussi pouvoir être déterminé avec une certaine approximation. D'après les observations de M. Pavot, il semble en effet que chaque année, le crampon s'entoure d'une nouvelle couronne d'appendices, et avec un peu d'habitude, il n'est pas difficile de faire le compte exact de ces couronnes concentriques.

Ceci posé, rappelons brièvement les phénomènes qui caractérisent la reprise végétative chez ces Laminaires.

Dans le courant de Janvier, la vieille fronde qui, depuis l'été précédent, n'a pas considérablement augmenté de taille, présente au-dessus du point de jonction avec le stipe une partie jaune clair, constituée par un tissu jeune ; celle-ci se développe assez rapidement, atteint au bout d'un mois la dimension d'une pièce de 5 francs, puis un mois plus tard, celle de la main ; en même temps, le stipe se prolonge sur une longueur de 2-3 cm par une tige également cylindrique, de tissu jeune, jaune clair et tendre ; enfin, il se produit entre la jeune et la vieille fronde un cloisonnement ou calle, qui, sauf régression (voy. p. 10) devient bientôt définitif. Finalement, en Avril ou en Mai, la nouvelle fronde se divise et continue à se développer, tandis que l'ancienne se détache et pourrit ou vient à la côte (Fleurs d'Avril).

Examinons maintenant les variations que subissent parallèlement les principaux constituants des diverses parties de l'algue (1).

a) *Vieilles frondes*. — Les *condres*, peu fusibles et souvent colorées en

(1) Bien que les algues du Portrieux et de Roscoff présentent à ce point de vue des différences souvent aussi marquées qu'au point de vue de l'iode, le sens des variations s'est trouvé le même dans les deux régions. Il s'agit donc de relations absolument générales. Mais nous comptons bien, lorsque les circonstances nous le permettront, compléter les premiers résultats par des séries plus complètes.

rouge par des traces de fer, sont constituées principalement par des sels calcaires. De 12 à 13 % en Janvier, leur taux s'élève à 20-22 % en Février, pour atteindre 30 % en Mars et 36 ou 37 % en Avril. Cette augmentation peut d'ailleurs être apparente et résulter dans une certaine mesure de la diminution des autres constituants. Pour être fixé sur ce point, il faudra, comme pour bien d'autres questions, opérer sur des algues fraîches, simplement égouttées.

La cellulose ne varie pas notablement (20 à 22 % en moyenne, de Janvier à Avril).

Les hydrates de carbone réducteurs se trouvent toujours en quantité très faible (1-2 % en Janvier, Février) ou nulle (Mars et Avril).

Quant aux hydrates de carbone de réserve, les *L. Cloustoni* de Janvier (Roscoff) nous ont fourni un chiffre voisin de 19 % ; cette teneur élevée tombe aux environs de 7 en Février à Roscoff ; elle est encore de 16 au Portrieux, à la même époque, mais en Mars, dans cette dernière région, les hydrates de réserve sont descendus à 7,1 pour remonter un peu en Avril (9,1). Sans vouloir insister sur cette remontée, qui est cependant corrélative d'une régression du cloisonnement, nous pouvons conclure de ces chiffres que la teneur en laminarine et analogues, très élevée avant l'apparition de la jeune pousse, diminue considérablement à mesure que celle-ci se développe.

Sous réserve des considérations exposées (p. 16), la teneur en algine ne varierait pas à Roscoff, de Janvier à Février, ni au Portrieux de Février à Mars. Elle serait bien plus élevée (30 % au lieu de 15 %) dans cette dernière région, mais nous ne donnons ces chiffres que sous réserve de vérification ; il en est de même de la chute observée en Avril (16 %).

Enfin, pour étudier les variations de l'iode, il est nécessaire de considérer séparément les algues des deux origines :

A Roscoff, en Janvier, la teneur est de 0,74 % ; en Février, elle tombe à 0,49-0,54 %.

Au Portrieux, pour lequel malheureusement le chiffre de Janvier manque, les vieilles frondes renferment 0,88 % d'iode en Février, 0,70 % environ en Mars et sensiblement autant en Avril.

Donc, à l'époque où commence le renouvellement de la lame, l'iode a subi dans la fronde ancienne une diminution considérable. Nous avons tenu à vérifier la persistance de ce phénomène fondamental en analysant cette année, de nouveau, les *L. Cloustoni* de Roscoff ; les analyses sont en cours ; malheureusement, la grande marée s'étant trouvée plus tard que celle de l'an dernier, les échantillons récoltés au début de Février sont plus avancés au point de vue du développement de la jeune pousse que ceux de 1922. Il est donc possible que le phénomène soit moins net, cette année, et nous ferons le nécessaire pour nous placer l'an prochain dans de meilleures conditions.

En somme, on peut conclure de ce qui précède, que l'apparition et le développement de la nouvelle pousse des *L. Cloustoni* est accompagnée, dans la vieille fronde, d'une diminution brusque des hydrates de carbone de réserve d'une part, et de la densité moyenne de l'iode, d'autre part.

Nous avons vérifié de plus que le poids moyen des vieilles frondes ne varie pas beaucoup durant cette période, de sorte que la même conclusion s'applique *aux quantités totales de laminarine et d'iode* : il y a *consommation* (cette expression étant prise dans le sens le plus général) des hydrates de carbone de réserve et de l'iode ou des composés iodés.

b) *Stipes*. — Les dosages de *ccndres* et de *cellulose* sont incomplets ; nous n'en parlerons donc pas. Quant aux hydrates de carbone réducteurs ou non réducteurs, leur teneur a été constamment nulle ou très faible (1 à 2 %).

Pour l'*algine*, certains résultats analytiques sont entachés d'erreur, mais la chute observée de Janvier à Février est tellement forte que, même après rectification, il ne semble pas possible de la nier. Le fait sera d'ailleurs revérifié cette année.

L'*iode*, en revanche, nous fournit des résultats absolument nets et du même ordre que ceux qui ont été signalés à propos des vieilles frondes.

A Roscoff, de 0,925 % en Décembre, la teneur tombe à 0,81 en Janvier et à 0,55 en Février. Au Portrieux, pour lequel la teneur de Janvier fait aussi défaut, même chiffre en Février et en Mars (0,66), puis petite chute en Avril (0,51) toujours à l'époque des grandes pluies et de la régression du cloisonnement.

Donc, le *stipe*, organe essentiel de réserve, présente lors de la poussée végétative, le même phénomène de consommation d'iode que la vieille fronde ; il n'a d'ailleurs pas de réserves hydrocarbonées. L'allongement de ce *stipe* ne s'étant pour ainsi dire pas encore manifesté, on peut, en toute sûreté, conclure à une diminution absolue de la quantité d'iode.

Des expériences ultérieures permettront de décider si cette consommation a lieu, de part et d'autre, dans les anciens tissus, ou si, comme nous le pensons, surtout pour le *stipe*, il y a transport préalable vers la jeune pousse, par les canaux mucifères, l'*algine* servant de véhicule.

c) *Jeunes pousses*. — Les variations des constituants sont, dans ce cas, bien moins nettes et moins complètes. D'abord, en Janvier, la pousse est trop petite pour qu'on puisse l'analyser avec précision. D'autre part, le développement assez irrégulier de cette partie de l'algue interdit de tirer des conclusions certaines quant à la variation de la quantité totale des constituants.

Il faut excepter cependant le cas des *ccndres*, dont la teneur moyenne qui est de 24 % en Février et de 23 % en Mars s'élève à 34-37 % en Avril : ces chiffres permettent de conclure d'une façon certaine à l'introduction d'éléments minéraux (surtout calciques) dans la nouvelle fronde, puisque celle-ci triple et sextuple même son poids initial.

Même observation pour la *cellulose* (20-17-21 %).

La *laminarine* diminue d'abord fortement, puis plus lentement (10,5—6,4—5) mais il est probable que la quantité totale augmente aussi.

On ne trouve d'autre part, dans la jeune fronde, que peu ou pas d'*hydrates de carbone réducteurs* (1,6 % en Février, 0 en Mars et Avril).

Quant à l'iode, si la densité moyenne ne varie pas sensiblement (0,50-0,55-0,52 %), la quantité totale contenue dans la jeune pousse croît. Ce phénomène n'aurait rien d'étonnant si les diminutions constatées dans le stipe et la vieille fronde étaient corrélatives : un transport de l'iode, de part et d'autre vers la jeune pousse serait très vraisemblable, et on pourrait admettre qu'il s'agit ici d'un composé organique iodé, qui participerait à la constitution des nouveaux tissus, l'iode étant ensuite éliminé dans la mer, par exemple, par osmose, sous la forme d'un iodure minéral. Mais il faut se rappeler que les deux phénomènes sont successifs et non simultanés et que le rapport de leur ordre de grandeur est d'environ 10 à 1. En effet, le poids de la jeune pousse est, en Avril, tout au plus le 1/20^e de celui de la vieille fronde ; il en résulte qu'il y a eu consommation effective d'iode dans l'algue.

D'autre part, les jeunes pousses de *Cloustoni* nous ont fourni en Mai 1922, l'occasion de faire une observation singulière sur laquelle nous reviendrons d'ailleurs plus loin, et qui semble éliminer la possibilité d'un processus aussi simple qu'un transport matériel. Nous nous bornerons donc à constater simplement que l'iode, quelle que soit sa forme, fonctionne chez les *L. Cloustoni*, à l'époque du renouvellement de la fronde, comme s'il constituait une réserve comparable à l'amidon.

B) *L. Saccharina*.

L'étude des *L. Cloustoni* ayant exigé la majeure partie du temps dont nous disposions, nos observations sur les *L. Saccharina* sont moins générales que les précédentes. Néanmoins, des faits extrêmement intéressants ont été établis d'une façon indiscutable, bien que les récoltes aient été moins complètes (Février à Roscoff et au Portrieux, Mars et Avril au Portrieux seulement) ; nous n'avons étudié que des algues jeunes, c'est-à-dire nées vers la fin de 1921 ou au début de 1922.

La première récolte nous a donné l'occasion de constater une nouvelle différence entre les deux régions ; les *Saccharina* de Roscoff présentaient en minorité le phénomène du rajeunissement de la lame ; encore le cloisonnement était-il peu accentué. Lors d'une exploration faite en Avril dans la même région, la rareté des individus et leur aspect très différent (pigmentation beaucoup plus marquée, godrons complètement détruits par les bigorneaux) ne nous ont plus permis de nous rendre compte avec une certitude suffisante si le renouvellement avait eu lieu, bien que cela parût assez probable.

Au Portrieux, au contraire, le cloisonnement s'est terminé en Février et la partie distale, dont la dimension était alors sensiblement égale à celle de la demi-lame inférieure, s'en distinguait nettement par sa texture beaucoup plus coriace, sa teinte plus brune et les épiphytes abondants qui la garnissaient. Cette différence s'est accentuée en Mars, et en Avril la demi-lame supérieure avait presque entièrement disparu par usure. Nous n'avons donc pas les éléments nécessaires pour établir avec la même certitude que pour les *L. Cloustoni* les variations des constituants chez les algues d'une même

région à l'époque précédant le renouvellement de la fronde et nous ne pouvons comparer les stades différents qu'à condition d'étudier l'un à Roscoff et l'autre au Portrieux. Etant donné toutefois que les algues de cette dernière provenance sont plus riches en iode, toutes choses égales d'ailleurs, que les algues roscovites, nous sommes en droit de penser que la chute de la teneur en iode à l'époque du cloisonnement eût été encore plus accentuée si la série des observations faites aux îles Saint-Quay avait pu être complétée à la marée de Janvier.

Quant au mode de cloisonnement lui-même, il est très différent de celui des *Cloustoni* : il consiste en un froncement du milieu de la lame, froncement qui durcit et se transforme assez rapidement en un calle épais ; presque aussitôt, l'extrémité distale commence à se racornir et à s'user tandis que la partie inférieure continue à se développer et atteint en un mois ou deux une dimension sensiblement égale à celle que possédait la lame entière avant l'apparition du plissement (1).

Variations des constituants. — Bien que ces variations ne soient pas aussi nettes que chez les *L. Cloustoni*, il y a lieu de signaler à propos des *Saccharina* les phénomènes généraux suivants :

1^o *Absence de la pigmentation orangée caractéristique des jeunes algues de 1921.* — Seuls, le stipe et une toute petite fraction du bas de la lame sont bruns, et, fait des plus intéressants, à ces différences de pigmentation correspondent des teneurs en iode extrêmement écartées (0,85 % pour les stipes et bas de lames contre 0,29 % pour la partie verte, en Mars). En valeur absolue, les quantités sont beaucoup moins différentes, car les poids respectifs sont en rapport inverse. Mais il n'en subsiste pas moins qu'ici encore, le stipe renferme une réserve d'iode.

2^o *Faiblesse remarquable de la teneur en iode.* — Après le cloisonnement (2), cette teneur est en effet de 0,2 à 0,3 % tant dans la demi-lame inférieure que dans l'autre. Si l'on tient compte du doublement des dimensions primitives, et si l'on compare ces chiffres à ceux des algues de Roscoff avant le cloisonnement (0,55 en moyenne), on pourrait en conclure que la quantité totale d'iode renfermée dans l'algue n'a pas sensiblement diminué. Mais il ne faut pas oublier que la récolte de Janvier au Portrieux nous a manqué et que très certainement les chiffres correspondants eussent été plus forts.

En Mars, la densité de l'iode se relève un peu (de 0,29 à 0,36 %) et en Avril, elle atteint la normale (environ 0,5 %), en même temps que la pigmentation ambrée s'accroît.

3^o *Teneur élevée en sels.* — En Février surtout, mais aussi en Mars pour

(1) Chez certaines *Saccharina*, de Roscoff, ce plissement est très rapproché du stipe ; il arrive aussi, très exceptionnellement, que deux calles se forment sur la même lame, l'un au milieu, l'autre près du stipe ; nous ignorons la cause de cette anomalie.

(2) Dans les *L. Saccharina* du Portrieux.

la partie distale, la teneur en cendres fixes est extraordinairement élevée : 46 à 48 % environ de l'algue sèche. Dès que les *Saccharina* ont été suspendues dans le séchoir, elles se sont recouvertes d'une neige blanche constituée par des aiguilles de chlorure de potassium pur ; en secouant les algues quelques jours après, il a été possible d'en recueillir, sous une forme très homogène et très pure, une quantité voisine de 40 % du poids des algues.

Dès le mois de Mars, d'ailleurs, la teneur en sels diminue dans la partie inférieure de la lame (29 %) et en Avril elle est encore plus faible (24 % environ).

Cette proportion considérable de chlorure de potassium chez les jeunes *Saccharina* qui sont pauvres en iode et en laminarine (1 à 2 %), révèle une puissance de concentration extraordinaire ; il n'est pas douteux que ces tissus jeunes et extrêmement perméables, sont le siège d'une circulation osmotique intense qui permet l'introduction, sous une forme inconnue, des éléments nutritifs destinés à la constitution des tissus. Ce phénomène se retrouve d'ailleurs presque aussi marqué chez les jeunes *Flexicaulis* et cela n'a rien de surprenant puisque ceux-ci, comme les *Saccharina*, se sont montrés, du moins en ce qui concerne la fronde nouvelle, très pauvres en pigments bruns et *relativement* peu riches en iode. La teneur élevée en chlorure de potassium paraît caractériser les jeunes Laminaires vivaces de faible profondeur qui n'ont pas été soumises à l'insolation estivale ; il en est de même pour les *Sacchoriza bulbosa*, avec cette différence que chez ces derniers la teneur en iode est encore bien inférieure et que le chlorure de potassium est associé dans le sel effleuré au chlorure de magnésium (carnallite ?).

Quant à la *cellulose* et à l'*algine*, nos chiffres d'analyses, fort incomplets, ne permettent, malgré leur constance remarquable, aucune conclusion nette.

C) *L. Flexicaulis*

L'étude de cette espèce de Linaire présente plus de difficultés que celle des précédentes. Toujours riches en iode, les *Flexicaulis* perdent assez facilement une grande partie de cet élément ; de plus, leur âge est souvent incertain, car il est fort difficile, surtout à partir de Mai, de distinguer un jeune plant d'un plant ancien ayant renouvelé sa fronde ; les stipes eux-mêmes, primitivement très différents, finissent par se ressembler beaucoup.

Le rajeunissement de la lame, observé au Portrieux dès le mois de Février, s'est terminé en Avril par la disparition à peu près complète de la vieille fronde. Dans des cas tout à fait exceptionnels, ce renouvellement s'est fait suivant un processus analogue à celui des *Cloustoni*, et nous avons rapporté quelques échantillons chez lesquels la nouvelle fronde, partiellement divisée, était encore soudée à l'ancienne lame par un calle épais. En général, le phénomène est tout à fait différent : chaque lanière de la fronde se comporte isolément à peu près comme une lame de *Saccharina* ; toutefois, le calle est bien moins accentué, le plissement n'a pas lieu et la séparation est marquée simplement par une zone de jonction rétrécie et plus épaisse ; ultérieurement, les vieilles lames se dessèchent et finissent par s'user. Une ou deux fois nous

avons observé une repousse, ou du moins un commencement de repousse sur des stipes coupés ou rongés. En fait, il ne faut pas oublier que les stipes des *Flexicaulis* renferment des réserves d'algine et d'iode de l'ordre de celles des *Cloustoni*.

Quant aux constituants, nos observations ont porté sur des *Flexicaulis* de Janvier provenant de Roscoff, et récoltés avant qu'ils présentassent la moindre apparence de renouvellement de la lame, puis sur des échantillons récoltés au Portrieux en Février, Avril, Juillet, Septembre et Octobre ; ces trois dernières récoltes ont été étudiées au point de vue de l'iode seulement.

Ainsi que nous le disions plus haut, les jeunes *Flexicaulis* d'hiver sont caractérisés par une teneur en sels extrêmement élevée ; ces sels, partiellement fusibles, sont riches en potasse et renferment aussi une certaine quantité de chaux. Le chiffre de cendres des algues de Janvier (Roscoff) dépasse 57 % ; au Portrieux, il se maintient de Février à Avril aux environs de 40 % dans la fronde ancienne ou adulte, et un peu au-dessus dans la nouvelle lame.

La teneur en *laminarine* est plutôt faible : 6,5 % à Roscoff en Janvier, 10,7 % dans la vieille fronde de Février (Portrieux) et 2 à 3 % dans les autres cas.

La *cellulose* ne présente pas de variations particulières. Quant à l'*algine*, il semble qu'il y ait encore lieu de signaler une influence notable de la région, car la teneur, très faible à Roscoff (9 %), est au contraire élevée au Portrieux (plus de 30 %), mais ces chiffres demandent confirmation.

Pour l'*iode*, également, nos résultats présentent des lacunes ; il semble cependant que les choses se passent comme pour les *Saccharina*. En effet, les algues de Roscoff contiennent en Janvier, c'est-à-dire avant toute poussée végétative, 0,85 % d'iode dans la fronde. Au Portrieux, en Février, la teneur est de 0,53 % pour la vieille lame et de 0,62 à 0,66 % pour la nouvelle ; en Avril, la teneur moyenne de cette dernière, malgré la croissance, s'est élevée à 0,9 environ, chiffre normal pour les *Flexicaulis* du Portrieux séchés modérément. La remontée de l'iode est donc ici très rapide, et elle a lieu au printemps, tandis que pour les *Cloustoni* elle semble se produire au début de l'hiver (1).

Quant aux stipes, très pauvres en *laminarine*, riches en *algine* et en *cendres* (40 à 34 % de Février à Avril), ils paraissent avoir été très appauvris en iode lors de la poussée végétative (0,39 %) mais leur teneur a déjà presque doublé en Avril (0,62 %).

CONCLUSIONS

Des observations décrites dans ce chapitre, on peut tirer les conclusions suivantes : Les constituants ayant une relation directe avec l'évolution biologique des Laminaires sont l'*iode*, la *laminarine* et les *sels de concentration*.

(1) Rappelons que la récolte d'Octobre, analysée 48 heures après la récolte, nous a donné 1,44 % contre 1,88 % l'année précédente. Les *Flexicaulis* d'automne renferment un grand excès d'iode labile, tandis que ceux de l'été semblent n'en contenir que peu ou pas.

L'iode, dont la teneur tombe brusquement à l'époque précédant la poussée végétative, se rencontre, en quantités massives, chez les algues vivaces et seulement chez celles de grande profondeur ; dans les deux cas, les teneurs maxima correspondent aux tissus riches en pigments bruns ou rouges.

La *laminarine*, produit d'assimilation chlorophyllienne, se rencontre chez toutes les algues ; elle est consommée également, mais moins rapidement, lors de la formation des nouveaux tissus.

L'iode et la laminarine ont donc tous les caractères de *substances de réserve* ; ils peuvent coexister, mais leurs rôles sont indépendants.

Au contraire, les *sels de concentration*, abondants chez les algues annuelles et chez les jeunes Laminaires vivaces non pigmentées, paraissent remplacer chez ces dernières les substances de réserve qui font défaut ou ont été consommées. Leur action s'exerce essentiellement sur les phénomènes d'assimilation osmotique et sur les phénomènes respiratoires qui n'en diffèrent peut-être pas essentiellement. Ils diminuent ou disparaissent lorsque l'algue a achevé sa croissance, ou que, sous l'influence des radiations solaires, elle a acquis sa pigmentation normale.

Quand à l'*algine*, bien que ses variations ne soient pas établies d'une façon aussi nette, on peut la considérer, dans certains cas, comme un véhicule pour l'iode, et d'une façon tout à fait générale, comme l'agent essentiel de concentration des sels et de l'eau à l'intérieur des tissus.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE CHIMIQUE ET ANALYTIQUE
DES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES LAMINAIRES

Ce Chapitre est consacré à la description des méthodes employées pour le dosage des principaux constituants des algues, ainsi qu'à la définition de la nature chimique de ces constituants, dans la mesure où nos connaissances incomplètes l'ont permis. Les résultats numériques des analyses en séries sont réunis à la fin de ce fascicule, sous forme de tableaux.

Les constituants déterminés régulièrement sont, comme nous l'avons dit, l'humidité, les cendres fixes, l'iode, les sucres réducteurs, les hydrates de carbone de réserve, l'algine et la cellulose, ou plus exactement, le résidu cellulosique. Sauf l'humidité et les cendres qui sont dosées à part, tous les éléments précédents sont déterminés sur un même échantillon de 200 à 300 gr. en général. Cet échantillon est chauffé avec du bisulfite de chaux dans les conditions déjà décrites (1) ; on obtient ainsi un extrait qui est utilisé pour le dosage de l'iode, des sucres et des polysaccharides, et un résidu de fragments d'algues durcies, qui sert aux déterminations d'algine et de cellulose.

Nous poursuivons actuellement l'étude des autres produits contenus dans l'extrait bisulfiteux, ainsi que celle de la matière azotée retenue par la cellulose ; les premiers essais laissent prévoir des résultats fort intéressants.

I. — TRAITEMENT DES ALGUES PAR LE BISULFITE DE CHAUX.

Bien que le mode opératoire précédemment employé n'ait pas subi de modifications, il est nécessaire d'en compléter la description en précisant les conditions de concentration initiale et les consommations d'acide sulfureux et de sulfite de chaux.

On sait que le bisulfite de chaux se comporte comme une dissolution, assez instable d'ailleurs, de sulfite de chaux dans un excès d'acide sulfureux.

Le bisulfite employé a été préparé au début par nous-mêmes, en émulsionnant, par agitation mécanique, du sulfite précipité pur et de l'eau, et en dirigeant dans la masse, jusqu'à saturation, un courant de gaz sulfureux. On obtient ainsi des bisulfites très riches, mais très instables, titrant jusqu'à 16° Baumé, ce qui correspond à une teneur de 10 % environ en sulfite de chaux (2). Ultérieurement, nous nous sommes servis de bisulfite industriel,

(1) *Notes et Mémoires*, n° 13, p. 11.

(2) L'acide sulfureux total n'a pas été dosé.

beaucoup plus stable, de densité 1,06 à 1,08 (10-11° Baumé) renfermant en moyenne 80 gr. de SO_2 total par litre, dont le quart environ combiné à la chaux.

L'analyse de ces bisulfites se fait avec une approximation très suffisante en dosant, d'une part, l'acide sulfureux total, par l'iode en présence de bicarbonate de soude et d'empois, et d'autre part, l'acide libre, par la soude en présence de phtaléine.

La même méthode est appliquée aux extraits pour déterminer la consommation en SO_2 et en Ca SO_3 ; la précision est ici un peu moins grande, car, à l'acidité de l'acide sulfureux, s'ajoute celle des produits alginiques passés en solution ; mais dans nos études de laboratoire, cette quantité est normalement très faible.

Les conditions de concentration minimum pour réaliser l'extraction complète de l'iode et des hydrates de carbone, et la séparation ultérieure de l'algine et des produits cellulósiques, sont les suivantes : Pour 200 gr. d'algues (à 30 % d'humidité en moyenne), il faut employer 125 cc. de bisulfite industriel, dilué à 2000 cc., ce qui correspond environ, par rapport au poids des algues, à une proportion de 5 % en SO_2 total et de 2,6 % en sulfite de chaux.

Il est indispensable de préparer le liquide d'épuisement avec un bisulfite dont la concentration soit au moins celle qui vient d'être indiquée ; en effet, la teneur en sulfite de chaux n'est pas proportionnelle à la quantité totale de SO_2 , de sorte qu'un réactif éventé, renfermant encore 40 gr. de SO_2 par litre, c'est-à-dire la moitié de la teneur initiale, ne retient plus en dissolution que le huitième environ du sulfite de chaux primitif. Dans ces conditions, même en doublant la dose de bisulfite, il se dissout des quantités d'algine (ou de ses produits de décomposition), qui peuvent être de l'ordre de 30 % de la quantité totale ; cet e algine étant hydrolysable par l'acide sulfurique, il en résulte une erreur importante dans le dosage de la laminarine. En outre, les algues se trouvent insuffisamment durcies et se prêtent moins facilement aux traitements ultérieurs.

Quant à la consommation en acide sulfureux libre et combiné, elle dépend de plusieurs facteurs : durée et température de chauffage, nature des algues, etc. A titre d'exemple, voici des chiffres qui se rapportent à des conditions opératoires courantes :

300 gr. de *L. Flexicaulis* (à 12,9 % d'humidité), chauffés à 100° pendant 8 heures, avec 125 cc. de bisulfite industriel et 1.875 cc. d'eau, ont consommé, sur 10 gr. de SO_2 préexistant, 3 gr. 80 de SO_2 total, dont 1 gr. 64 de SO_2 combiné et 2 gr. 16 de SO_2 libre. La consommation serait donc un peu plus faible (4/5) en SO_2 combiné qu'en SO_2 libre, mais ces chiffres ne sont pas absolument rigoureux, en raison de la présence en solution de produits organiques acides. Par rapport aux quantités initiales, la consommation en SO_2 total est de l'ordre du tiers.

Que devient cet acide sulfureux ? Sans être encore complètement éclairés sur ce point, nous pouvons cependant dire que la plus grande partie est fixée par la cellulose sous une forme encore indéterminée. En effet, le résidu cellulósique est très riche en soufre, tandis que l'algine n'en renferme pas. Quant à l'utilisation de l'acide sulfureux comme réducteur, elle est évidemment

possible, mais elle ne nous semble pas entrer pour une part très importante dans la consommation.

La suite du traitement est fort simple. Les fragments d'algues bisulfitées sont lavés à grande eau, puis battus mécaniquement et à froid avec une solution diluée de carbonate de soude. Dans ces conditions, l'algine se dissout, tandis qu'il reste en suspension une pâte fluide de matière cellulosique, verdâtre dans le cas des *Flexicaulis* et des *Saccharina*, brun foncé dans celui des *Cloustoni*. La masse est alors filtrée sur toile et papier et lavée à l'eau. Un deuxième traitement au carbonate permet d'achever l'extraction de l'algine qu'on précipite par l'acide chlorhydrique et dont la purification sera décrite plus loin. Quant à la cellulose, elle est encore lavée à froid aux acides et à l'eau chaude ; mais malgré les purifications les plus minutieuses, elle retient toujours énergiquement du soufre et des matières azotées qui lui communiquent très certainement les propriétés remarquables dont il sera question au paragraphe VI (1).

Dans le cas des stipes, le traitement consécutif au bisulfitage a dû être modifié ; nous le décrirons en détail à propos du dosage de l'algine.

Les méthodes de dosage proprement dites seront exposées successivement. Quant à l'échantillonnage, il n'a pas subi de modification essentielle ; nous avons apporté encore plus de soin au découpage des algues et au mélange des fragments qui ont été brassés deux ou trois fois avant la prise d'essai. Aussi, les chiffres analytiques, même lorsqu'ils ont été obtenus avec des lots différents d'une même récolte, ont-ils presque toujours présenté une constance des plus satisfaisantes. Dans les rares cas où, comme pour l'iode par exemple, des lots successifs ont fourni des écarts supérieurs aux erreurs que comporte la méthode, nous avons toujours reconnu, après examen, que ces divergences étaient dues, soit à un accident opératoire, soit à des teneurs extrêmement inégales des différentes parties de l'algue (bas de lames pigmentés et parties vertes des *Saccharina* par exemple), soit enfin, à un phénomène nouveau, absolument étranger aux méthodes analytiques employées. (Voy. p. 45).

II. — HUMIDITÉ

Aucune modification n'a été apportée au mode de dosage décrit antérieurement (*loc. cit.*) : L'humidité a été dosée par dessiccation à 105°, à poids constant, sur 50 à 100 gr. d'algues, provenant du lot moyen utilisé pour l'analyse complète.

Avec l'eau se dégagent, surtout chez les jeunes algues, des matières organiques volatiles ; mais la quantité en est faible, et d'ailleurs, le dosage de l'humidité n'a pour but, actuellement, que de permettre de rapporter à un même état, arbitrairement choisi, des teneurs en iode, en cendres et en

(1) Le mode de traitement des algues par le bisulfite de chaux, qui permet en fait l'extraction presque intégrale des produits utilisables, a été l'objet de plusieurs demandes de brevets. Il a été appliqué, au cours de l'été 1922, dans l'usine de la *Société Industrielle des algues marines* à Argenton (Finistère), à des quantités d'algues variant de 25 à 150 kilos, et son industrialisation ne semble pas devoir rencontrer de difficultés techniques.

composés organiques déterminées forcément sur des algues à des stades de dessiccation assez différents.

L'amélioration de l'échantillonnage a presque doublé la précision des résultats : la plupart des chiffres concordent à moins de 1 %.

Quelques essais ont été faits en Septembre 1921, au Laboratoire de Roscoff, dans le but de déterminer la teneur en eau de Laminaires simplement égouttées, et la rapidité de leur dessiccation à l'air. Les chiffres obtenus montrent que la perte d'eau ne se manifeste guère qu'au bout de 24 heures, pourvu, bien entendu, que les algues soient maintenues à l'abri du soleil et du vent (1).

	<i>L. Flexicaulis</i>	Humidité
Immédiatement après l'égouttage		75,4 %
Après 12 heures de séjour à l'air.		74,2 —
<i>L. Saccharina (Phyllitis)</i>		
Après 24 heures de séjour à l'air.		81,3 —
— 36 — —		58,7 —
<i>L. Saccharina (adultes)</i>		
Après 24 heures de séjour à l'air.		79,1 —
— 36 — —		43,3 —

III. — CENDRES FIXES

Sous le nom de *cendres fixes*, nous comprenons le poids du résidu obtenu en calcinant les algues au rouge sombre, à poids constant. Les dosages sont effectués en général, sur 50 gr. d'algues ; on incinère au four à moufle, à température aussi basse que possible, dans une capsule de porcelaine ; lorsque la combustion est terminée, on recouvre la masse charbonneuse d'une solution de nitrate d'ammoniaque pur à 2 %, puis, après avoir évaporé et séché à 100°, on incinère à nouveau jusqu'à disparition complète du charbon. Nous avons vérifié que ce dernier traitement ne provoque aucune perte de matière minérale.

Les chiffres donnés par deux échantillons d'un même lot, concordent en moyenne à 1 % près, en valeur absolue. L'écart est imputable, non à la méthode, mais aux difficultés d'échantillonnage ; il est, en effet, presque impossible, en prélevant 50 gr. sur un lot moyen de 300 gr. destiné à l'analyse complète, de réaliser une répartition uniforme des épiphytes calcaires dont les algues, et surtout les vieilles frondes, sont irrégulièrement chargées.

Jusqu'à présent, il nous a été impossible, faute de temps, de doser séparément les cendres solubles et insolubles.

(1) A Roscoff, pendant la durée de l'expérience, elles sont restées suspendues sur des cordes, dans l'aquarium.

IV. — IODE

La plupart des chiffres publiés dans ce mémoire ont été obtenus par la méthode au bisulfite et au permanganate, méthode qui s'est toujours montrée nettement supérieure à toutes les autres. Aucune modification n'a été apportée à la technique décrite précédemment (1), de sorte que nous nous bornerons à signaler ici quelques observations nouvelles concernant l'épuisement, et à exposer ensuite les résultats comparatifs obtenus par titrage direct de l'iode en nature et par la méthode au permanganate.

Méthode au bisulfite. — Les algues fraîches, soumises à l'action du bisulfite de chaux dans les conditions précisées plus haut, cèdent à ce réactif la totalité de l'iode qu'elles contiennent.

Il n'en est pas toujours de même pour les algues d'épave. En effet, notre attention a été attirée, l'été dernier, sur le cas des stipes des *L. Cloustoni* de grande profondeur, qui sont jetés à la côte, en hiver, à la suite des gros temps, et que les goémonniers désignent sous le nom de « Melkern ». M. Pavot nous a signalé que, dans ces stipes, la majeure partie de l'iode était concentrée dans la zone externe, dans l'écorce, pour ainsi dire, qui en renferme jusqu'à 20 %. Quelques essais sommaires nous ont montré que la combinaison iodée (2), contenue dans ces tissus, n'est que difficilement et lentement attaquant par le bisulfite de chaux : bien que nous ayons pu, en doublant la durée du chauffage, augmenter le taux de l'extraction, ce taux n'a jusqu'ici pas dépassé 50 %. En opérant dans d'autres conditions, en vase clos par exemple, on obtiendrait probablement des résultats plus satisfaisants. Avec les stipes frais accessibles aux grandes marées, l'épuisement a toujours été complet.

Signalons en passant que l'extraction de l'iode peut être réalisée aussi bien en diluant le bisulfite avec de l'eau de mer au lieu d'eau douce ; les résultats obtenus sont les mêmes (0,46 % d'iode au lieu de 0,45 par exemple).

Enfin, nous ajouterons qu'il n'est pas indispensable que les algues soient constamment immergées dans le bisulfite ; l'épuisement est complet pourvu qu'on agite le ballon de temps à autre. Dans la plupart des cas, il suffit de maintenir le bain à 90° et la durée du chauffage effectif a pu souvent être réduite à six heures.

Nous avons établi d'autre part, d'une façon indiscutable, la valeur du procédé en l'appliquant à un certain nombre de tonnes de *L. Flexicaulis* « pêchés » ; les rendements obtenus l'été dernier à l'usine d'Argenton ont été très constants et pratiquement quantitatifs.

Dosage direct de l'iode. — Les essais qui vont être décrits ont été effectués dans le but de répondre à la critique, toute de sentiment, qui nous a été faite,

(1) *Notes et Mémoires*, n° 13, p. 16.

(2) Il s'agit peut-être ici d'une sorte de *glucoside iodé*, produit physiologique d'élimination de l'excès d'iode, qui, en raison du peu de perméabilité des parois du stipe, ne pourrait être expulsé facilement par un processus osmotique.

de doser l'iode par une méthode qui comporte l'introduction, dans le dosage, d'un composé iodé, en l'espèce l'iodure de potassium. En outre, nous avons cherché à instituer une méthode simple, rapide et suffisamment exacte qui permit avec une installation de fortune d'effectuer sur place des déterminations de la teneur en iode d'algues fraîches, et de confirmer ainsi, à l'abri de toutes variations dues à des dessiccations ultérieures, les différences considérables observées par nous entre des algues de diverses provenances et de diverses époques.

Ces deux problèmes ont été résolus d'une façon satisfaisante :

A priori, la précipitation à l'état de sel d'argent ou de sel cuivreux ne pouvait convenir en présence de chlorures et de bromures. Nous avons montré, d'autre part, que la méthode à l'alun ferrique fournit des chiffres variables et trop faibles. Il ne restait donc que le procédé classique : déplacement de l'iode par l'azotite de sodium et l'acide sulfurique dilué, épuisement par le chloroforme ou le tétrachlorure de carbone et titrage colorimétrique ou volumétrique à l'hyposulfite.

Disons tout de suite que la colorimétrie n'est pas assez précise : dans les meilleures conditions (teneur moyenne de 1 gr. au litre), l'erreur commise peut atteindre 10 %. Par contre, le titrage à l'hyposulfite de l'iode libéré, fournit des résultats qu'on peut considérer comme exacts à environ 2 % près. C'est suffisant, d'une part, pour confirmer l'ordre de grandeur des teneurs établies par la méthode au permanganate, et, d'autre part, pour permettre de faire sur place, sans trop de difficultés, des déterminations approximatives sur les algues fraîches. Rappelons d'abord brièvement le mode opératoire :

Une partie aliquote de la solution iodée est introduite dans un petit décanteur à robinet, et additionnée de 50 cc. de chloroforme pur (ou mieux de tétrachlorure de carbone), puis de 1 cc. d'acide sulfurique à 5 %, et de 5 à 6 gouttes d'azotite de soude à 1 %. On agite énergiquement et, après décantation, on soutire le chloroforme coloré en violet dans un goulot bouché à l'émeri de 250 cc. et on épuise à nouveau, plusieurs fois, la solution aqueuse par de petites quantités de solvant, tant que ce dernier se colore en rose. Après avoir vérifié que l'addition d'une ou deux gouttes d'azotite ne libère plus d'iode, on fait couler dans le flacon de l'hyposulfite décimormal, en agitant énergiquement jusqu'à décoloration exacte.

Cette méthode a été contrôlée d'abord sur de l'iodure de potassium pur, titré soit gravimétriquement, soit au sulfocyanate ; elle a été appliquée ensuite à des extraits provenant d'incinérations et enfin à des extraits bisulfiteux.

Les résultats obtenus s'écartent peu de ceux de la méthode au permanganate, mais ils ont toujours été plus faibles. C'est ce que montrent les chiffres suivants qui se rapportent à des extraits aqueux de produits d'incinération :

	Permanganate	Azotite
<i>L. Cloustoni</i> (Roscoff, Janvier 1922) . .	0,65	0,63
<i>L. Flexicaulis</i> (Porspoder, Août 1922). .	0,52	0,50
— — — — — . .	1,34 (1)	1,30 (1)

Cet écart provient de ce que la réaction entre l'azotite et l'iodure n'est pas totale : pour empêcher la formation d'iodate, toujours à craindre en

(1) Ces deux chiffres se rapportent à un produit préparé à l'usine.

présence d'un oxydant, il faut éviter de mettre un excès notable d'azotite, mais dans ces conditions, les dernières traces d'iode ne sont que lentement et difficilement libérées.

Avec les extraits bisulfiteux, tels qu'on les obtient normalement, la méthode à l'azotite, bien qu'encore applicable, fournit aussi des chiffres un peu trop faibles. Elle est en outre fort peu pratique, en raison des matières organiques dissoutes (laminarine, traces d'algine), qui provoquent toujours la formation d'une émulsion difficile à résoudre. La défécation par la chaux améliore un peu les choses, mais le titrage à l'hyposulfite est presque irréalisable, de sorte qu'on doit se borner à déterminer colorimétriquement la teneur approximative en iode.

Aussi, pour démontrer plus rigoureusement la concordance des deux procédés, extraction, épuisement au bisulfite et incinération, avons-nous analysé par la méthode au permanganate des extraits bisulfiteux préparés dans les conditions habituelles avec les mêmes *L. Cloustoni* et les mêmes *L. Flexicaulis*. Les résultats ont été respectivement 0,58 et 0,55, c'est-à-dire un peu plus forts que ceux des incinérations (0,55 et 0,52) ; il est juste de dire que ces dernières ont été faites sans addition de soude, ce qui simplifie grandement le travail, mais ne permet pas d'éviter toute perte d'iode par volatilisation.

Disons, en terminant, que les dosages directs confirment l'ordre de grandeur des teneurs en iode d'algues de diverses provenances ; par exemple, pour les *Flexicaulis* récoltés en Juillet au Portrieux, à Porspoder et à Roscoff ; la méthode décrite plus haut a donné pour les premiers 0,90 et pour les deux derniers 0,50 environ.

Action de l'alun ferrique sur les extraits bisulfiteux. — Il a été dit précédemment (1) que la méthode à l'alun ferrique, appliquée à des solutions d'iodure de potassium pur, fournit des résultats variables et inexacts par défaut.

Dans le cas des extraits bisulfiteux, elle se montre encore bien plus défectueuse : la quantité d'iode libéré, même en présence d'un excès d'acide sulfurique et d'alun, est de l'ordre du dixième ou du huitième au plus de la quantité réelle. Il est probable que la majeure partie de l'iode déplacé réagit à chaud sur la matière organique contenue dans les extraits, en donnant naissance à des composés iodés stables vis-à-vis de l'alun de fer. Une étude plus complète de cette réaction nous permettra probablement de localiser au point de vue chimique et physiologique la combinaison iodée telle qu'elle existe dans les algues.

Précipitation de l'iode à l'état d'iodure cuivreux. — Bien que cette réaction n'ait qu'un rapport éloigné avec le dosage de l'iode, nous la décrirons cependant ici, car elle présente quelque intérêt relativement à la façon dont l'iode est fixé à la matière organique des algues.

Nous avons dit que les extraits bisulfiteux renferment, dans les épui-

(1) *Notes et Mémoires* de l'Office des Pêches, n° 5, p. 26.

sements courants, environ les $\frac{2}{3}$ de l'acide sulfureux total introduit initialement. Ils sont donc aptes à réaliser, par addition d'un sel cuivrique, une précipitation intégrale de l'iode sous forme d'iodure cuivreux.

En fait, il suffit d'ajouter au liquide filtré 1,5 à 2 fois la quantité calculée (par rapport à l'iode) de sulfate de cuivre, pour obtenir plus ou moins rapidement à froid ou à chaud, la séparation intégrale de l'iode. Après 48 heures, le liquide surnageant est à peu près clair, et ne renferme plus en dissolution ou en suspension, que 1 à 2 % au plus de la quantité totale de cet élément. Un excès de sulfate de cuivre accélère et complète la formation de l'iodure ; on sait, en effet, que bien des sels cuivreux ne sont stables qu'en présence de sel cuivrique.

Le précipité grisâtre qui s'est déposé n'est pas de l'iodure cuivreux pur ; il titre environ 50 % en Cu^2I_2 après dessiccation à 100° . Le reste est constitué par de la matière organique et de la chaux. Nous pensons, sans pouvoir toutefois l'affirmer, qu'il ne s'agit pas d'un simple mélange, mais qu'on se trouve en présence d'un complexe cuivreux assez stable, dérivant de l'algine. En effet, lorsqu'on chauffe ce produit avec un léger excès de chaux et de l'eau à $100-110^\circ$, on obtient une solution d'iodure de calcium assez colorée mais exempte de cuivre, et un résidu solide, amorphe, d'un beau rouge ; cette nouvelle substance n'est pas de l'oxydure cuivreux, ou du moins, elle en contient fort peu, car elle n'est pas attaquée par le sulfate ferrique à chaud ; d'autre part, elle est immédiatement insoluble dans l'ammoniaque, et ne s'y dissout que lentement et par l'intervention oxydante de l'air. Le produit rouge lui-même brunit peu à peu à l'air humide et paraît constituer un complexe organique cuivreux ; son étude sera reprise plus tard.

De ces observations et des précédentes, nous ne retiendrons provisoirement que la mise en évidence d'une grande affinité de l'iode et des composés iodés des algues pour certaines matières organiques colloïdales.

V. — HYDRATES DE CARBONE

La distillation des algues et surtout des algues fraîches, avec de l'eau, fournit en petite quantité des *produits réducteurs aldéhydiques* (1). On sait, d'autre part, que les Laminaires renferment, en proportions variables suivant la saison, de la *mannite*, du *glucose* (2), un *méthylpentose*, le *fuco*se (3), un composé assez mal défini appelé *fuco*sane (2), et enfin, une ou plusieurs dextrines connues sous le nom de *laminarines* (2). Laisant de côté la mannite dont nous ignorons l'origine et la destinée, nous classerons ces hydrates de carbone en deux catégories : les *produits réducteurs*, qui sont

(1) Ces produits réducteurs sont toujours accompagnés d'un *produit blanc*, à odeur pénétrante de géomon, soluble dans l'éther, spontanément volatil et cristallisable par évaporation de ses solutions en prismes blancs fusibles vers 35° ; cette substance n'a encore été obtenue qu'en très faible quantité, aussi son étude n'est-elle pas très avancée. Il ne paraît cependant pas y exister d'iode.

(2) KYLIN, *Zeit. fur physiol. Chemie*, t. 83, p. 171 (1913) ; t. 94, p. 237 (1915).

(3) GUNTHER et TOLLENS, *Ann. Chem.e.*, t. 271, p. 87.

des substances en voie de transformation et les *produits non réducteurs* qui constituent en général des réserves.

La question de savoir si le fucosane, bien que non réducteur, appartient en fait à ce dernier groupe, ne peut être tranchée actuellement. Fucosane et laminarine ont été étudiés surtout par Kylin (*loc. cit.*). Cet auteur a montré que la laminarine donnait, par hydrolyse sulfurique ou diastasique, uniquement du glucose, et qu'elle pouvait être séparée du fucosane par l'acétate de plomb légèrement acétique avec lequel elle ne donne pas de précipité ; quant au fucosane, isolable de ses solutions par ce réactif, il serait une sorte de tannin et non un glucoside. Sur ce dernier point, seulement, nous ne sommes pas tout à fait d'accord avec Kylin ; en effet, le précipité fourni par l'acétate de plomb acétique, qui possède d'ailleurs tous les autres caractères indiqués par Kylin pour le fucosane, est hydrolysable par l'acide sulfurique ; et la solution sucrée obtenue donne avec l'acétate de phénylhydrazine une osazone rouge, cristallisée, fusible vers 160°, et qui paraît identique à la *fucosazone* de Gunther et Tollens. Nous réservons donc ce point particulier pour une recherche ultérieure, d'autant plus que, par rapport à la laminarine, la quantité de fucosane est très faible. Ce qui nous importe actuellement, c'est d'étudier les variations des hydrates en voie de transformation et des hydrates de réserve proprement dits ; or, tous ces composés sont extraits sans altération par le bisulfite de chaux, et il est facile de les doser dans l'extrait bisulfiteux avec une approximation suffisante.

Principe de la méthode. — Le procédé employé par nous consiste à éliminer l'acide sulfureux restant par la chaux en excès, puis à précipiter cet excès par l'acide carbonique. On dose alors les hydrates réducteurs par chauffage direct avec la liqueur cuprotartrique et sur une autre prise d'essai, l'ensemble des produits réducteurs et des polysaccharides au moyen du même réactif, mais après hydrolyse sulfurique. Dans les deux cas, l'oxydure cuivreux formé est dosé au permanganate. La différence entre les deux chiffres d'oxydure correspond aux hydrates de carbone non réducteurs et hydrolysables, c'est-à-dire aux hydrates de réserve (1).

Dans certains cas, nous avons employé un autre procédé : les produits réducteurs sont d'abord détruits par chauffage prolongé de l'extrait bisulfiteux avec un fort excès de chaux et de sulfate de cuivre ; la liqueur filtrée est ensuite carbonatée comme dans le premier cas, puis soumise à l'hydrolyse sulfurique et dosée au moyen de la liqueur cupro-tartrique. Cette méthode, qui donne directement le poids d'oxydure correspondant aux hydrates de réserve, fournit des résultats pratiquement identiques à la première (11,29, par exemple, au lieu de 11,35). Elle constitue donc une vérification très

(1) Pour les détails de la précipitation et du titrage de l'oxydure, nous renverrons au *Guide pour les Manipulations de Chimie biologique* de G. Bertrand et P. Thomas (p. 87), dans lequel les opérations sont décrites d'une façon parfaite ; nous insisterons seulement sur la nécessité de laver très à fond l'oxydure cuivreux avec de l'eau bouillie froide ; il est en effet indispensable d'éliminer toute trace de matière organique si l'on veut obtenir un virage final net et stable.

utile, mais sa complication un peu plus grande nous l'a fait généralement abandonner.

Si le dosage des hydrates ne présente en lui-même pas de grandes difficultés, en revanche, l'interprétation des résultats n'a pu être faite que d'une façon tout à fait arbitraire. On sait, en effet, qu'un même poids d'oxydure correspond à des quantités assez différentes des divers sucres ; s'il s'était agi uniquement de laminarine, les tables usuelles auraient permis de calculer exactement les teneurs correspondantes en glucose. En fait, l'existence démontrée par nous, de fucose, et la présence possible d'autres produits d'hydrolyse, faussent plus ou moins ce calcul. Dans l'impossibilité de faire mieux, nous avons cependant dû adopter cette façon de procéder ; l'erreur n'est probablement pas très considérable, puisqu'en fait, c'est la laminarine qui est de beaucoup la substance de réserve la plus abondante ; d'autre part, les teneurs absolues nous importent peu, car, en somme, le point essentiel est de fixer l'apparition et la disparition de ces hydrates, et de suivre *grosso modo* les variations importantes qu'ils subissent à certaines époques de la vie des algues. Si, plus tard, la nécessité d'une précision plus grande s'imposait, nous chercherions à résoudre le problème, en séparant au préalable les laminarines des autres produits hydrolysables.

En ce qui concerne la précision même des méthodes employées, nous estimons qu'elle est de l'ordre de 1 % en valeur absolue. Ainsi, une série de dosages effectués par l'une ou l'autre méthode à des époques très différentes sur divers lots d'une même récolte (*L. Flexicaulis*, Roscoff, Juillet 1921), nous ont fourni des chiffres variant entre 11,3 et 12,6. Mais, pour obtenir ce résultat, il est indispensable d'employer pour le bisulfitage, et nous insistons à nouveau sur ce point, un réactif répondant aux conditions de concentration en CaSO_3 et en SO_2 précédemment spécifiées (p. 29).

Faute d'observer cette prescription, on laisse passer en solution des quantités de produits alginiques telles que la teneur calculée en glucose peut monter de 11-12 % à 17, 21,5 et même 23 %. Rappelons en outre que la précipitation de l'oxydure doit être également opérée dans des conditions de concentration déterminées (de 20 à 90 mmgr. de Cu_2O par prise d'essai de 20 cc.).

Nous croyons utile de résumer ici les indications qui viennent d'être exposées.

Mode opératoire. — 1000 cc. d'extrait bisulfiteux, provenant généralement de 200 gr. d'algues, sont additionnés, dans un ballon de 2 litres, d'un lait de chaux très ténu, jusqu'à réaction nettement alcaline au papier de tournesol. On dirige alors dans la masse qui doit être agitée fréquemment, un courant de gaz carbonique lavé à l'eau, jusqu'à redissolution partielle du carbonate de chaux à l'état de bicarbonate ; on chauffe ensuite au bain-marie en continuant pendant quelque temps le passage du gaz, puis on arrête ce dernier et poursuit le chauffage jusqu'à dissociation totale du bicarbonate formé. Après refroidissement, le contenu du ballon est transvasé dans une fiole jaugée de 2.000 cc., complétée exactement à ce volume, puis le liquide trouble est passé après décantation sur un filtre à plus sec. L'échantillon est alors prêt pour le dosage.

a) *Sucres réducteurs.* — 20 cc. de solution sont additionnés de carbonate de soude concentré en très léger excès (coloration rose à la phthaléine), puis chauffés de la façon habituelle pendant 5 minutes avec 25 cc. de solution cuivrique (40 gr. de CuSO_4 au litre)

et 25 cc. de solution tartricosodique (200 gr. de sel de Seignette et 170 gr. de soude au litre). La filtration, le lavage et le titrage de l'oxydure se font suivant les indications du *Guide*.

b) *Sucres non-réducteurs et polysaccharides*. — 10 cc. de la solution primitive sont chauffés pendant 3 heures (1) au bain d'eau bouillant avec un mélange de 3 cc. d'acide sulfurique pur et 50 cc. d'eau. Après refroidissement, la liqueur, à peine jaunâtre, est traitée comme dans le premier cas.

c) *Calcul*. — Le poids d'oxydure déduit du titrage par le permanganate, et obtenu en *a*, est traduit directement en glucose au moyen des tables. On rapporte ensuite au poids d'algues en tenant compte de la dilution, et l'on obtient ainsi, arbitrairement, il est vrai, la quantité de produits réducteurs exprimée en glucose.

On fait un calcul analogue avec le poids d'oxydure obtenu en *b*, et du chiffre total ainsi obtenu, on déduit le précédent. La différence, donne en glucose la quantité d'hydrates de carbone de réserve contenus dans 100 gr. d'algues sèches.

Encore une fois, nous reconnaissons l'imperfection de cette interprétation des résultats analytiques, mais nous sommes convaincus que le sens et l'ordre de grandeur des variations sont représentés avec une exactitude suffisante par les chiffres ainsi déterminés et réunis dans les tableaux publiés à la fin de ce mémoire.

Avant de terminer ce paragraphe, il convient de signaler une particularité intéressante des solutions chaulées et carbonatées en vue des titrages ; ces liqueurs se conservent fort peu de temps, surtout en été ; très vite, elles subissent une hydrolyse, bientôt suivie d'une fermentation qui, dans certains cas, paraît être une fermentation alcoolique très pure. Ce dernier phénomène est dû à l'introduction accidentelle d'*Aspergillus* dont il a été facile de constater la présence. Mais l'hydrolyse même de la laminarine, qui, pour être réalisée chimiquement, nécessite une concentration relativement forte en acide et un chauffage prolongé, ne peut guère se comprendre qu'en admettant la persistance, dans l'extrait, d'une partie des enzymes ou des sucres enzymatiques de l'algue ; ceux-ci résisteraient, non seulement à la dessiccation, mais encore au chauffage à 100° et à l'acide sulfureux. Il y aurait là un phénomène absolument nouveau, et contraire aux propriétés actuellement connues des enzymes, aussi n'hésitons-nous pas à faire provisoirement toutes réserves sur le mécanisme de cette hydrolyse et à admettre jusqu'à preuve du contraire l'intervention d'un facteur étranger.

VI. — ALGINE

Connue depuis plus d'un demi-siècle, l'algine a été sous le nom de *mucus*, de *norgine*, d'*acide laminarique*, de *tangacide*, etc., l'objet de nombreuses recherches, les unes purement scientifiques (2), les autres visant un but industriel (3). Les propriétés colloïdales spéciales de l'algine et de ses sels les ont fait employer comme apprêts et comme agglutinants ; en outre, on en a retiré, par fermentation, des acides gras. Mais la viscosité des solutions d'alginate ont rendu l'extraction de l'algine si pénible et si onéreuse, en raison de la dilution à laquelle il faut opérer, que ce produit semble être aujourd'hui généralement délaissé.

(1) Ces conditions d'hydrolyse sont celles que recommande Kylin. Nous avons vérifié qu'elles correspondent bien au maximum de transformation en produits réducteurs.

(2) Stanford, Schmièdeberg, Kylin, Krefting.

(3) Stanford, Laureau, Gloess, Vienne, Krefting.

Au point de vue chimique, on sait peu de chose de l'algine : les divers auteurs la considèrent comme un composé ternaire, acide, donnant par hydrolyse des composés appartenant au groupe des sucres. Quant à son rôle physiologique, il est encore plus mal connu : Kylin l'envisage comme une substance de soutien, un *ciment*, destiné à agglomérer les cellules de l'algue. Nous avons montré dans un chapitre précédent qu'elle a d'autres fonctions.

Dosage de l'algine. — Le procédé que nous employons fournit, bien entendu, un chiffre global qui correspond à l'ensemble des matières pectiques, c'est-à-dire l'algine, la fucine et la fucoïdine (Kylin, *loc. cit.*). Il consiste à épuiser les algues bisulfitées par le carbonate de soude, à précipiter l'algine dissoute par un acide, et après purification, à redissoudre cette algine dans de l'ammoniaque ; la solution, évaporée à sec, fournit de l'alginate d'ammoniaque du poids duquel on déduit ultérieurement les cendres fixes.

Une variante de ce procédé consiste à précipiter la solution ammoniacale par le chlorure de calcium en léger excès et à peser après dessiccation le sel de chaux dans lequel on dose également les cendres. Nous ne voyons pas d'avantage à opérer de cette façon plutôt que de l'autre.

Ces méthodes viennent seulement d'être mises au point ; elles ne donnent de résultats valables qu'à la condition d'empêcher par une teneur suffisante en bisulfite de chaux, la sortie de l'algine au cours du premier traitement (voy. p. 29). D'autre part, il est indispensable de laver à fond l'algine précipitée avant de la redissoudre dans l'ammoniaque, sans quoi l'acide minéral retenu forme un sel ammoniacal dont le poids s'ajoute à celui de l'alginate brut évaporé ; la calcination éliminant ce sel, la quantité réelle d'algine est majorée d'un poids correspondant. Or, les propriétés de l'algine, et, en particulier, sa capacité d'absorption des sels et des acides, varient beaucoup avec l'âge, la saison, etc. ; il en résulte que dans certains cas, l'algine peut être lavée très rapidement sur la plaque d'essorage, tandis que dans d'autres, il est nécessaire de la battre plusieurs fois avec de l'eau. Cette cause d'erreur par absorption dont nous nous sommes aperçus trop tard, laisse planer sur nos déterminations d'algine une incertitude telle que nous renonçons à les publier, bien que la plupart soient certainement correctes.

Nous nous bornerons donc à décrire le mode opératoire employé pour le dosage et à indiquer quelques propriétés de l'algine.

Mode opératoire. — Les fragments d'algues bisulfitées, provenant en général de 200 gr. de matière première, sont lavés à grande eau sur une plaque filtrante, de façon à éliminer le bisulfite restant ; on les transporte ensuite dans une conserve cylindrique de 5-6 litres, et, après addition d'une solution aqueuse de carbonate de soude (40 gr. dans 3 litres d'eau), on les soumet à froid, pendant 3 heures, à un battage mécanique énergique.

Très rapidement, les tissus se désagrègent et les fragments d'algues se transforment en une pâte fluide ayant la consistance et l'aspect de la purée de pois. On fait passer la masse sur une plaque filtrante garnie d'étamine et de papier, en évitant de faire le vide au début, et on lave le résidu cellulosique à l'eau chaude. Pour achever l'extraction de l'algine, ce résidu est traité une deuxième fois de la même façon par le carbonate de soude (20 gr. de sel pour 1 litre d'eau). Un troisième battage n'enlève pour ainsi dire plus rien.

Les extraits carbonatés, plus ou moins colorés suivant l'algue employée, sont réunis, éventuellement filtrés et versés dans un léger excès d'acide chlorhydrique à 20 %. L'algine

se précipite sous la forme d'une gelée blanche (*Flexicaulis*, *Saccharina*) ou ambrée (*Cloustoni*) qu'on essore sans difficulté sur étamine et papier. Après un lavage sommaire sur la plaque, on soumet l'algine à des battages à l'eau pure et à des essorages successifs jusqu'à disparition de toute réaction chlorhydrique des eaux de lavage. Trois traitements sont en général nécessaires pour réaliser cette condition. Il faut éviter cependant de trop laver l'algine pure, car elle n'est pas rigoureusement insoluble dans l'eau en l'absence d'acide minéral.

La purification achevée, on dissout l'algine dans de l'ammoniaque diluée, filtre et évapore au bain-marie. Le résidu se présente sous la forme d'une matière ambrée ou brune, translucide, légèrement hygroscopique, lentement soluble dans l'eau. On pèse après dessiccation à 105° et incinère pour déduire les matières minérales qui sont d'ailleurs en faible quantité (0 gr. 23 pour 26 gr. 4 d'algine brute, par exemple).

Faute d'une autre méthode de dosage, nous ne pouvons actuellement indiquer la *précision absolue* de nos chiffres ; disons simplement que ceux-ci concordent en général pour un même lot à 1 % près. Ceci implique, bien entendu, que l'algine ne soit pas hydrolysée lors du bisulfitage. Sous réserve de vérification plus minutieuse, nous pouvons affirmer que dans les conditions indiquées cette hydrolyse, si elle a lieu, est très faible, surtout tant que l'algine est maintenue dans les tissus cellulosiques. Le bisulfite n'attaque d'une façon notable l'algine libérée qu'à une température supérieure à 120° et en vase clos. Une simple ébullition en vase ouvert, même avec du bisulfite concentré, ne paraît pas l'altérer notablement au point de vue chimique.

Le dosage de l'algine dans les stipes ne peut se faire par la méthode précédente. Il est nécessaire de chauffer d'abord au bain-marie les fragments de stipes bisulfités avec la solution de carbonate de soude à 2 % ; on broie ensuite les fragments au mortier, on essore et on épuise la masse résiduelle comme il est dit plus haut. Le second épuisement peut être fait à froid.

Propriétés de l'algine. — L'étude chimique de ce composé est à peine commencée, aussi, nous bornerons-nous à quelques indications sommaires.

Jusqu'à présent, il n'a pas été possible d'obtenir de l'algine exempte d'azote ; celui-ci, présent d'ailleurs en très faible quantité, n'est pas décelable au sodium ; seul, le chauffage avec de la chaux sodée en révèle la présence. Nous réservons donc la question de savoir s'il s'agit d'une impureté ou d'un noyau azoté servant de support à une chaîne plus ou moins longue de groupements hydrocarbonés.

L'algine est *hydrolysée* assez complètement par l'acide chlorhydrique dilué (1 %) sous pression, à 150° ; la solution obtenue donne avec l'acétate de phénylhydrazine des *osazones* bien cristallisées, fusibles un peu au-dessus de 260°, qui n'ont pu être identifiées avec aucun composé connu.

D'autre part, le bisulfite de chaux hydrolyse également l'algine en vase clos, au-dessus de 120°, en donnant des produits cristallisés, qui n'ont pas encore été étudiés. Enfin, on peut réaliser une dégradation progressive de l'alginate de chaux en chauffant ce dernier, également sous pression, avec de l'eau pure à 150°. Il se forme, outre des produits réducteurs, des sels de chaux cristallisés et une certaine quantité d'acide carbonique libre et de carbonate de chaux.

Nous espérons pouvoir utiliser ces diverses réactions pour éclaircir la

constitution de l'algine ; mais notre but principal, en poursuivant cette étude, est d'arriver par des dédoublements en composés définis, à différencier et à caractériser les algines de diverses provenances et aux divers stades de la croissance de l'algue, de façon à suivre par une méthode analytique les variations des propriétés physiques et physiologiques de ce constituant.

VII. — PRODUITS CELLULOSIQUES

La cellulose des algues a fait l'objet de quelques demandes de brevets, et divers auteurs, Stanford entre autres, ont publié un certain nombre de chiffres relatifs aux teneurs respectives de diverses Laminaires.

Nous avons dit plus haut que le résidu de l'extraction de l'algine est constitué, non par de la cellulose pure, mais par de la cellulose sulfitée, retenant en outre de la matière azotée et des cendres fixes. Celles-ci peuvent être facilement déduites du poids brut ; en revanche, à moins de traiter le résidu cellulosique par la liqueur de Schweitzer, opération des plus pénibles, on ne réussit pas à débarrasser le produit de ses impuretés azotées et sulfurées.

Nous nous sommes donc bornés à déterminer les poids relatifs des résidus cellulosiques dans les divers lots d'algues analysés, et nous publierons les résultats dans les tableaux, sans en tirer aucune conséquence au point de vue biologique. Tout au plus pourrait-on utiliser ces chiffres qui sont à peu près proportionnels aux poids des tissus de soutien de l'algue, pour leur rapporter les teneurs en autres éléments, au lieu de les rapporter à l'algue sèche.

Mais si, à l'heure actuelle, les variations de poids du résidu cellulosique ne paraissent pas présenter un grand intérêt, en revanche, ses propriétés chimiques et physiques, rendues très différentes de celles de la cellulose pure par le bisulfitage et la présence d'azote, sont extrêmement intéressantes à divers points de vue, ainsi que nous le montrerons plus loin.

Méthode de dosage. — Le produit résiduel de l'extraction de l'algine est d'abord lavé à l'eau chaude, puis battu deux ou trois fois avec de l'acide chlorhydrique dilué, et enfin lavé de nouveau complètement à l'eau jusqu'à disparition de toute réaction chlorhydrique. Après un dernier essorage, on sèche le produit à 105°, à poids constant, et calcine la masse au four à moufle dans une capsule de platine, de façon à défalquer ensuite le poids de cendres, d'ailleurs assez faible.

Dans la plupart de nos déterminations, nous nous sommes bornés à laver le résidu cellulosique brut à l'eau chaude ; le produit renfermait dans ces conditions jusqu'à 30 et même 40 % de carbonate de chaux qui, à la calcination, se transformait en chaux vive, d'où une erreur non négligeable par excès sur les résultats.

Nous avons vérifié qu'on peut, avec une approximation très suffisante, rectifier les chiffres bruts en déduisant du poids de cellulose obtenu par diffé-

rence, celui de l'acide carbonique calculé, en admettant que le résidu d'incinération est constitué par de la chaux pure.

Les chiffres suivants le prouveront ; ils se rapportent à des dosages effectués sur des lots de 200 gr. de *L. Flexicaulis*, récoltés à Roscoff en Juillet 1921.

	Teneur en cellulose rapportée à 100 p. d'algues sèches.	
	A	B
I. — Détermination de la cellulose sans lavage chlorhydrique, en défalquant simplement du poids brut le poids des cendres	10,1	10,3
II. — Calcul de la cellulose à partir du chiffre précédent, en défalquant le poids de CO ² correspondant au résidu d'incinération considéré comme chaux pure	8,4	7,9
III. — Détermination de la cellulose après lavage chlorhydrique, en défalquant le poids des cendres insolubles. . .	8,6	8,1

La concordance des résultats calculés (II) et trouvés expérimentalement (III) est, comme on le voit, très satisfaisante. Aussi n'avons-nous pas hésité à appliquer cette méthode de correction aux chiffres bruts ; ce sont les résultats ainsi corrigés que nous publions dans les tableaux de l'Appendice. L'erreur commise du fait que le résidu d'incinération n'est pas constitué rigoureusement par de la chaux pure est légère, car le poids des matières insolubles est toujours très faible (1).

Propriétés du résidu cellulosique. — Comme nous l'avons dit, la présence de matières azotées et sulfurées, communique à la cellulose des propriétés tout à fait remarquables.

La teneur en azote est relativement élevée (4-5 %) et lorsqu'on soumet à la distillation sèche un mélange de cellulose et de chaux, on obtient très facilement des produits azotés plus ou moins basiques dont l'étude promet d'être fort intéressante ; elle donnera en effet des indications précieuses sur la nature des combinaisons azotées qui se trouvent dans les tissus des algues.

D'autre part, nous avons dit que la cellulose brute, non lavée aux acides, se présente sous forme d'une pâte fluide, qui a la consistance de la pâte de bois et peut être manipulée par les procédés mécaniques appliqués à celle-ci.

Lorsqu'on sèche cette cellulose à 100-105°, elle s'agglomère et se transforme en une matière compacte, très dure, imprutrescible, très difficilement combustible, et qu'on peut limer et polir. Ce produit sera certainement susceptible d'applications diverses, surtout lorsque nous aurons réussi à

(1) Par exemple, 0 gr. 13 pour 15 gr. 27 de cellulose brute sèche.

l'imperméabiliser. Ajoutons que la dureté de la matière peut être augmentée par addition de silicate de soude au carbonate, lors de l'extraction de l'algine ; ce silicate joue, d'autre part, vis-à-vis de l'algine, le rôle de *colloïde protecteur* en ce sens qu'il retarde ou même empêche la coagulation de cette dernière par les acides.

Les pâtes cellulosiques sont colorées en vert foncé ou en brun suivant qu'elles proviennent de *L. Flexicaulis* ou de *L. Cloustoni* ; elles contiennent donc au moins une partie des produits chlorophylliens et des pigments bruns. Aucun essai de décoloration n'a encore été fait.

QUATRIÈME PARTIE

OBSERVATIONS RELATIVES A LA NATURE DE L'IODE DES ALGUES

Si nous passons maintenant en revue les résultats qui viennent d'être exposés, nous sommes amenés à concevoir le rôle de l'iode chez les plantes marines sous un jour tout à fait nouveau.

Il est, en effet, bien établi que les algues vivaces de grande profondeur accumulent l'iode, ou les composés iodés, plus particulièrement dans les tissus doués de pigmentation jaune ou rouge et dans les stipes ; cet iode est consommé partiellement à l'époque qui précède la poussée végétative annuelle, c'est-à-dire au moment où les radiations solaires n'ont pas encore repris leur intensité normale, et où les réserves d'hydrates de carbone sont sensiblement épuisées.

D'autre part, chez les algues vivaces de faible profondeur, dépourvues de pigments rouges proprement dits, mais plus accessibles aux radiations, la quantité d'iode accumulée dans les tissus est augmentée par l'insolation.

Enfin, pour les deux catégories, on constate des teneurs plus élevées chez les algues vivant dans des eaux froides, d'origine polaire, que chez celles qui sont constamment baignées d'eau océanique de température plus constante et plus élevée.

Aussi sommes-nous convaincus que l'iode ou les composés iodés jouent au point de vue physiologique, surtout chez les *Cloustoni*, mais aussi dans une certaine mesure chez les *Flexicaulis* et les *Saccharina*, un rôle de réserve d'énergie au même titre que la laminarine. Cette réserve d'énergie a, dans les deux cas, pour origine les radiations solaires, à l'intensité desquelles elle est plus ou moins proportionnelle ; elle est constituée par un processus endopiermique ; dans le cas de l'iode, elle est fixée et maintenue surtout par les t'gments bruns et rouges ; enfin, elle est d'autant moins abondante que l'algue se trouve plongée dans un milieu plus chaud qui lui fournit par lui-même, sous forme thermique et peut-être sous une autre forme, une partie de l'énergie qui lui est nécessaire au moment de la reprise végétative. Il ne nous semble pas qu'on puisse faire d'objection sérieuse à cette théorie.

En revanche, si le rôle physiologique de l'iode nous paraît ainsi éclairci, le mécanisme chimique ou physique par lequel cet iode ou ses combinaisons peuvent, à un moment donné, restituer de l'énergie, devient de plus en plus énigmatique. En effet, on verra tout à l'heure comment, aux anciennes observations constatant des disparitions ou des diminutions d'iode, sont venues s'en ajouter d'autres qui révèlent un phénomène inverse.

Un point, toutefois, est établi. On peut extraire de l'eau de mer des quantités d'iode assez notables. Cette observation a été faite par hasard, au

cours de récupération de nitrate d'argent ayant servi à des dosages de chlore dans l'eau de mer. La récupération, qui a porté sur 3 kilos environ de chlorure, s'opère facilement en réduisant le chlorure bien lavé par la soude et le formol ; l'argent obtenu est essoré, lavé à fond et redissous dans l'acide nitrique pur.

Or, la réduction n'est jamais totale, de sorte qu'après avoir isolé par concentration une certaine quantité de nitrate pur, on obtient un mélange de cristaux, d'ailleurs tout à fait distincts, de nitrate tabulaire et de chlorure prismatique. À ce moment, on arrête la concentration, on reprecipite par l'acide chlorhydrique et on recommence la réduction.

Ayant ainsi traité la plus grande partie des 3 kilos en question, nous avons constaté avec surprise, lors de la dernière concentration, que les cristaux de nitrate et de chlorure étaient mélangés d'une proportion assez forte d'un produit jaune pulvérulent : c'était de l'iodure d'argent. Son accumulation dans les dernières portions résultait, moins de sa réduction plus difficile, que du fait qu'un iodure soluble réagit sur le chlorure d'argent avec formation d'iodure d'argent et de chlorure alcalin. Nous utiliserons nos prochains dosages d'eau de mer pour faire une détermination au moins approximative de la quantité d'iode qui peut être extraite de l'eau de divers provenances (Atlantique, Manche, Méditerranée).

Ainsi, la mer contiendrait sous une forme actuellement inconnue, l'iode nécessaire pour constituer les réserves des tissus des algues, et il semble qu'il n'y ait plus qu'à déterminer les modes d'assimilation, d'utilisation et de restitution de cet iode par l'algue.

Mais de nouvelles observations faites sur des algues récoltées en Mars, Avril et Mai, c'est-à-dire en pleine croissance, sont encore venues compliquer la question. Voici ces observations :

Un lot de *Cloustoni* récoltés au Portrieux, à la marée de Mars, a été suspendu dans une grange à l'abri du soleil et de la pluie. Une première moitié de ce lot, transportée à Paris après un simple égouttage, a fourni à l'analyse des chiffres variant de 0,62 à 0,70 % ; la deuxième moitié, expédiée près d'un mois plus tard, nous a donné 0,75 %. Attribuant cette variation à un échantillonnage défectueux, nous n'y avons attaché aucune importance. Mais avec la récolte d'Avril, le même phénomène se reproduisait, encore plus accentué (variation de 0,58 à 0,70 %) avec cette différence que, cette fois, les algues étaient restées dans l'intervalle à l'intérieur d'un sac placé lui-même dans une pièce du laboratoire. Les *Flexicaulis* de la même époque et de la même région ont présenté aussi une variation analogue, quoique moins forte (de 0,86 à 0,93 %).

Il fallait éclaircir la question et confirmer ou infirmer les observations précédentes en se plaçant à l'abri de toute cause d'erreur, notamment de tout apport extérieur. L'expérience a été décisive.

Un lot de jeunes frondes de *L. Cloustoni*, rapportés du Portrieux à la marée de Mai, après un égouttage de 48 heures, fut divisé en deux parties. La première, pesant 200 gr. (Humidité 83,8 %), a été analysée séance tenante, et la deuxième renfermée dans un grand flacon en verre bouché à l'émeri, paraffiné et cacheté. Ce flacon, conservé à l'abri de la lumière, a été ouvert ne

Octobre 1923 et la totalité de son contenu, échantillonné et réparti en deux portions, l'une pour le dosage de l'iode (100 gr.), l'autre pour celui de l'humidité (51 gr.). Il restait dans le flacon au maximum 5 cc. d'eau, quantité négligeable par rapport au poids des algues. Les résultats des analyses ont été les suivants :

Analyse de Mai : 0,51 %.

Analyse d'Octobre : 0,80 %.

Nous ne voulons actuellement tenter aucune interprétation de ce résultat qui a besoin d'être confirmé par de nouvelles expériences encore plus précises. Notons seulement qu'il s'accorde avec une opinion courante des géomonniers, que la teneur en iode s'élève chez les Laminaires pendant les 24 ou 48 heures qui suivent leur coupe.

Nous reconnaissons d'ailleurs qu'on peut donner de ces variations l'explication suivante : Le composé iodé existerait au début sous une forme incomplètement attaquant par le bisulfite ; sous l'influence des diastases, ou pour toute raison, il se modifierait peu à peu et fournirait des extraits de plus en plus riches. Les dosages corrélatifs par incinération, qui infirmeraient ou confirmeraient cette explication, n'ont pu être faits l'an dernier. Ils le seront cette année.

Mais il y a aussi les phénomènes de diminution constatés déjà dans notre précédent mémoire sur des algues de l'été 1921, très riches en iode ; ils sont encore plus difficiles à comprendre. S'il s'agit en effet, d'une simple volatilisation, comme nous le supposons, il doit être relativement facile de recueillir des produits volatils iodés. Or, toutes nos tentatives dans cette direction ont échoué :

Des algues, exactement titrées et pesées, ont été placées dans un ballon fermé par un bouchon de liège et maintenu dans une étuve à la température de 35°. Le bouchon était traversé par deux tubes, l'un plongeant jusqu'au fond et communiquant librement avec l'atmosphère, l'autre relié à une série d'appareils constitués par un barboteur à bisulfite de chaux, un tube en verre dur, chauffé au rouge sur une grille, un deuxième barboteur à bisulfite de soude alcalinisé et un gazomètre servant d'aspirateur. Le tube de la grille a été rempli successivement de chromate de plomb pur, d'argent réduit sous forme de toile et de chaux sodée.

L'expérience a duré chaque fois plusieurs heures. A la fin des essais, le contenu du ballon a été épuisé au bisulfite et l'iode dosé comme d'habitude.

Résultat :

Quantité d'iode totale existant primitivement.	2 gr. 12
Quantité retrouvée	1 gr. 92
Perte.	0 gr. 20

L'iode a été recherché dans tous les appareils, avec un résultat négatif. En particulier, ni l'argent, ni la chaux sodée, ni les solutions de sulfite ne renfermaient d'iode en quantité appréciable. Avec l'argent seulement, il y a formation d'un voile jaunâtre impondérable qui ne fut jamais obtenu dans une expérience à blanc, mais qui s'est formé, aussi net, quand nous avons remplacé les algues par des feuilles mortes.

Donc, en apparence, il y a eu diminution d'iode dans le ballon, sans que nous ayons pu retrouver la quantité correspondante dans les appareils placés à la suite.

Mais ici encore on peut nous objecter (sans parler de l'absorption peu vraisemblable par le bouchon de liège) que le chauffage prolongé des algues pourrait transformer une partie des produits iodés en combinaisons inattaquables par le bisulfite.

Pour répondre à ces objections, il n'y aurait qu'un seul moyen : faire des analyses intégrales d'algues dans des conditions telles que l'iode ne puisse ni sortir ni rentrer. Seule la méthode de Carius satisferait à cette condition ; elle est pratiquement inapplicable en raison de la nécessité d'opérer sur des échantillons d'au moins 100 gr. Nous n'abandonnons cependant pas tout espoir d'éclaircir la question, mais nous pensons que, ici encore, c'est la méthode biologique qui nous conduira au but.

RÉSULTATS DES DOSAGES EN SÉRIE D'HUMIDITÉ, DE CENDRES FIXES, D'IODE, D'HYDRATES DE CARBONE RÉDUCTEURS ET NON RÉDUCTEURS, ET DE PRODUITS CELLULOSIQUES

Remarque. — Ces tableaux se rapportent exclusivement à l'époque de la poussée végétative et à celles qui la précèdent et la suivent immédiatement.

Les teneurs sont calculées pour 100 p. d'algue séchée à 105°. La lettre P, signifie Porspoder; Q, les îles de Saint-Quay; et R, Roscoff.

En général, lorsque les résultats d'analyses faites à double concordaient, un seul chiffre a été inscrit dans le tableau.

Sacchoriza Bulbosa
(Roscoff, Février)

	Fronde entière	Stipe	Crampon
Humidité	46,4	51,9	49,2
Cendres fixes.....	51,2	56,6	59,7
Iode	0,07	0,085	0,084
Hydrates de carbone réducteurs.....	0	0	0
Laminarine et fucosane.....	1,9	2,6	traces
Cellulose (cendres défalquées).....	13,7	12,3	5,4

L. Cloustoni (Fronde)

		Janvier	Février	Mars	Avril
Humidité	R	36,1	32,1		
	Q	{23,3(1) 32,8(4)}			
	P				
Cendres fixes	R	{12,5	20,1		
	Q	{13,1			
	P				
Iode	R	0,74 0,56 (4)	{0,49		
	Q		{0,54		
	P		{0,58 (1)		
Hydrates de carbone réducteurs	R	1,2	18,5	0	0
	Q		1,6		
	P				
Laminarine et fuscosane	R	18,9	7,6	7,1	9,1
	Q		12,4		
	P				
Cellulose (cendres défalquées)	R	{20,8	{18,7	14	14,8
	Q	{18,5	{17,7 (1)		
	P	{19,4 (1)	15,1		

(1) Les teneurs différentes correspondent à des lots différents de la même récolte, analysés à des époques plus ou moins distantes. Elles sont inscrites dans l'ordre chronologique.

(2) Cendres blanches sans épiphytes.

(3) Cendres rouges avec épiphytes.

(4) Bas de lames.

L. Cloustoni (Jeune pousse)

		Février	Mars	Avril
Humidité	R.	40,4		48,4
	Q.	35,6	63,3	41,5
	P.			47,0
Cendres fixes	R.	28,3		34
	Q.	24,6	23,4	37,3
	P.			36,9
Iode	R.	0,62		0,52 (1)
	Q.	0,51	0,55	0,60
	P.			0,42 0,57
Hydrates de carbone réducteurs	R.	0		0
	Q.	1,6	0	0
	P.			0
Laminarine et fucosane.....	R.	6,6		4,5
	Q.	12,4	5,6	3,4
	P.			
Cellulose (cendres défalquées).	R.	16,2		16,3
	Q.	15,1	13,5	18,2
	P.			

(1) Ecart sans doute à un échantillonnage imparfait, rendu encore plus difficile par l'altération extraordinairement rapide du tissu : en 48 heures, ceux-ci étaient en pleine décomposition.

L. Cloustoni (Stipes)

		Janvier	Février	Mars	Avril
Humidité	R.	{40,6 (1) {23,2	47,2		
	Q.		34,8	71,3	{59,5 {51,6
	P.				52,6
Cendres fixes ...	R.	29,2	32,9		
	Q.		30,4	35,5	{32,6 {29,3
	P.				33,2
Iode	R.	0,81 (2)	0,55		
	Q.		0,66	0,66	{0,46 {0,51
	P.				0,52
Hydrates de carbone	R.	0	0		
	Q.		0	0	0
	P.				0
Laminarine..... et fucosane ...	R.	1,6	0		
	Q.		2,6	0	1,7
	P.				0
Cellulose	R.				
	Q.			11,5	17,1
	P.				8,3

(1) La 1^{re} humidité se rapporte à l'échantillon employé pour le dosage de l'iode, la 2^e à un autre échantillon qui a servi à doser les cendres, les hydrates et l'algine.

(2) En décembre 1922, la teneur des stipes de *Cloustoni* de Roscoff était de 0,925 %.

L. Saccharina

		Février	Mars	Avril
Humidité	R.	{40,6 22,4 (1)		
	Q.	{41,0 }33,3 {39,5 }33,9 (3) (4)	43,2 [39,9] 36 (3) (5) (4)	{31,8 40,3
Cendres fixes	R.	{47,3 42,2 (1)		
	Q.	{48,0 }35,5 {46,0 }38,7	29,5 [46] 43,8	{27,9 28,7
Iode	R.	{0,49 0,61 0,55 (2)		
	Q.	{0,29 }0,18 {0,30 }0,19	0,29 [0,85] 0,37	{0,47 0,62
Hydrates de carbone réduc- teurs.....	R.	0		
	Q.	0 1,4	0	
Laminarine et fucosane ...	R.	2,6		
	Q.	1,9 12,5	1,8	
Cellulose..... (cendres défalquées)	R.	13,4		
	Q.	11,5 10,4	11,2	16,7

(1) Les chiffres supérieurs de chaque accolade correspondent à des algues échantillonnées peu de temps après leur exposition dans le séchoir, les seconds aux mêmes algues ayant perdu une certaine quantité de chlorure de potassium effleuré.

(2) L'écart des deux premiers chiffres est dû à un échantillonnage imparfait dans lequel on avait négligé de tenir compte du cloisonnement et de l'inégalité possible du tissu, le 3^e chiffre est probablement une moyenne très exacte.

(3) Les chiffres de cette colonne se rapportent à la demi-lame inférieure.

(4) Demi-lame distale.

(5) Bas de lame pigmenté et stipe.

L. Flexicaulis

		Janvier	Février		Avril	
		Frondes	Frondes	Stipes	Frondes	Stipes
Humidité	R.	55,9	{42,7(1) (37,9(2) 42,8 38,2	34,7	42,5	35
	Q.					
Cendres fixes ...	R.	57,4	{44,4 (39 42,6 36,6	40,7	39	33,9
	Q.					
Iode	R.	0,85	{0,66 (0,53 0,62 0,53	0,39	{0,86 0,93	0,62
	Q.					
Hydrates de carbone réducteurs	R.	0	0 0	0	0	0
	Q.					
Laminarine et fucosane	R.	6,5	2,9 10,7	2,2	2,9	3,3
	Q.					
Cellulose	R.	{13,0 11,9	23 10,3 (3)	10,6	11,5	10,3
	Q.					

(1) Les chiffres de la 1^{re} colonne se rapportent aux nouvelles pousses.
(2) Ceux de la 2^e colonne se rapportent aux anciennes lames.
(3) La diminution de la cellulose est compensée par une quantité d'algine notablement plus forte dans la vieille lame que dans la jeune.

21. <i>Note sur la Croissance du Merlu. Variations ethniques et sexuelles, par GÉRARD BELLOC (avec graphique et figures).....</i>	Fr.	4	»
22. <i>Contribution de l'Office Scientifique et Technique des Pêches au VII^e Congrès national des Pêches et Industries maritimes. Marseille 1922. (Notes de MM. FAGE, FILLON, HELDT, HINARD, JOUBIN, LEENHARDT.)</i>	Fr.	4	»
23. <i>Rapport sur le Fonctionnement de l'Office Scientifique et Technique des Pêches pendant l'année 1922, par L. JOUBIN</i>	Fr.	5	»
24. <i>Notes sur l'Ostréiculture aux Etats-Unis, par J.-F. AUDOUIN, ingénieur E. C. P.</i>	Fr.	6	»
25. <i>Recherches effectuées au cours des Croisières de l'Orvet dans la Méditerranée en 1921-1922, par G. PRUVOT</i>	Fr.	5	»
26. <i>Recherches sur la Variation de l'Iode chez les principales laminaires de la Côte bretonne, par P. FREUNDLER, Y. MÉNAGER et Y. LAURENT</i>	Fr.	5	»

Pour CONSERVER et CLASSER les Notes et Mémoires.

Nouveau Relieur mobile spécial, Breveté S. G. D. G.

Avec ce nouveau relieur solidement cartonné et à dos souple, les fascicules insérés peuvent s'ouvrir complètement à plat, se feuilleter et se lire aussi facilement qu'un livre, en gardant la faculté d'être mis et retirés à volonté.

Le relieur pour 20 Notes et Mémoires, avec 40 pincés-ressorts 7.50. Franco 8 »

AVIS

Cartes de pêche éditées par le Service Hydrographique de la Marine et l'Office des Pêches Maritimes :

a) CARTES ÉTABLIES PAR M. ED. LE DANOIS : *

1. *Golfe de Gascogne*Fr. 6 »
2. *Entrée Ouest de la Manche*Fr. 6 »
3. *Côtes sud-ouest de l'Irlande et banc de Porcupine*.....Fr. 6 »
4. *Côtes du Maroc*Fr. 6 »

b) CARTES ÉTABLIES PAR MM. DE VANSAY ET CHARCOT :

5. *Mer du Nord. Feuille Sud*.....Fr. 6 »
6. *Mer du Nord. Feuille Nord*.....Fr. 6 »

Port recommandé : 0 fr. 55 par carte pliée ; 1 fr. 75 par carte avec emballage sous tube.

Ces cartes sont de plus mises en vente non pliées :

PARIS : à l'Office des Pêches Maritimes, 3, avenue Octave-Gréard.
à la librairie Blondel La Rougery, 7, rue Saint-Lazare.

BOULOGNE-SUR-MER : Station Aquicole.

DIEPPE : Syndicat des Armateurs à la Pêche, 2, Arcades de la Bourse.

FECAMP : Syndicat des Armateurs, 67, quai Bérigny.

LA ROCHELLE : Syndicat des Armateurs de Chalutiers à vapeur, 3, rue Chaudrier.

LORIENT : Syndicat des Armateurs, Estacade.

MARSEILLE : Société de Chalutage de la Méditerranée, 35, quai Rive-Neuve.

ARCACHON : Société Générale d'Armement.

