

Les grandes algues de Bretagne :

- Un potentiel énorme

- Un potentiel sous-développé

par C. CHASSÉ et L. KERAMBRUN (*)

LES ORDRES DE GRANDEUR.

Alors que l'Océan couvre les 4/5 de la planète, chaque année les algues marines sont responsables seulement du tiers de la matière organique et de l'oxygène produit par les végétaux. L'essentiel, les 9/10 de ce tiers, est le fait des algues microscopiques flottant dans la couche superficielle éclairée de la pleine eau, le phytoplancton ; le dernier dixième est réalisé sur seulement 1/1 000 de la surface océanique totale (RYTHER, 1953).

Dans l'écosystème des côtes de Bretagne, les surfaces rocheuses, éclairées par plus de 1/100 de la lumière de surface instantanée, portent des champs d'algues si étendus et si fertiles qu'il n'est pas possible par exemple de dresser un bilan des consommations des sels nutritifs de la masse d'eau, en prenant en compte seulement la production du phytoplancton comme on a trop tendance à le faire.

Le champ des grandes algues a été évalué par commune et par niveau. Si l'ensemble du champ d'algues des quatre départements bretons dépasse 2 000 km², la partie la plus fertile qui s'étend depuis les hautes mers de mortes eaux jusqu'à -12 m en dessous des basses mers a une superficie d'environ 1 000 km². C'est l'équivalent d'une bande large de 1 km déroulée tout autour d'un littoral breton qui s'étend sur 1 000 km de long.

Anticipant sur les résultats, disons que cette biomasse algale totale est de 10 millions de tonnes fraîches, soit 10 kg par m², avec un taux de production annuel de 82 %, qu'elle produit donc 8,2 millions de tonnes fraîches, près de 1,5 million de tonnes sèches, soit 1 500 g de matière sèche ou 500 g de carbone par m². En comparaison, la production phytoplanctonique côtière est en moyenne 2,5 fois plus faible (200 g de carbone en moyenne, 280 pour la rade de Brest, 100 à 100 km de la côte).

Ces résultats moyens, calculés sur l'ensemble du champ d'algues breton, sont proches bien qu'inférieurs, mais de manière logique et compréhensible, à ceux avancés par les divers auteurs qui travaillaient dans des cadres plus limités, pour des peuplements plus uniformes, parfois selon des méthodes très différentes :

- MANN (1972) estime à 1 750 g de C/m²/an la production des Laminaires du Canada atlantique, mais son mode de calcul de production qui se réfère à la biomasse de l'année n-1, encore présente l'année n, multiplie le résultat en gros par 2.

(*) Institut d'Études Marines, Institut de Géoarchitecture. Université de Bretagne Occidentale, 29283 Brest Cedex.

- BELLAMY (1968) obtient 1 220 g de carbone pour les Laminaires du S.-W. de l'Angleterre.
- CLENDENNING (1971) obtient, en Californie, pour les champs de l'algue géante *Macrocystis*, entre 640 et 840 g.

La comparaison de ces résultats et de quelques autres, notamment ceux de KAIN avec nos observations en Vendée, en Bretagne sud, en Iroise, en Bretagne nord, suggère une augmentation de la production du sud au nord (biomasses de l'ordre de 400 g de C/m²/an en Vendée, 500 en Iroise, 600 en Bretagne nord, 1 000 à 1 200 en Grande-Bretagne).

LA RESSOURCE ET LES QUESTIONS.

Les algues font partie de ces richesses fabuleuses dont on a dit que l'on pouvait presque tout faire ; un historien ethnologue le confirmerait ; on a presque tout fait, depuis toujours et un peu partout, de la nourriture pour les hommes et pour les animaux domestiques et pas seulement comme recours de famine et de misère, des combustibles sur les côtes ventées sans arbres, des couchages, des fards et des médicaments. Le monde industriel en a fait successivement de la soude pour les verriers aux XVII^e et XVIII^e siècles, de l'iode aux XIX^e et XX^e siècles, et surtout, de nos jours, des colles végétales extraordinairement variées utilisées dans les industries les plus diverses ; il projette d'en faire de l'énergie, des protéines, etc...

La question fondamentale s'énonce : « Quelle place prend et pourrait acquérir le potentiel algal dans l'ensemble de la Bretagne au sens large, son écologie et son économie ? ». La question comporte plusieurs volets, notamment :

- Quelles sont la surface et la production globale du champ d'algues, quelles sont les principales espèces en jeu, leur importance, leur localisation à la fois selon la profondeur et selon les caractéristiques géographiques et dynamiques du milieu marin, quels sont les facteurs qui favorisent la production algale (le voisinage des estuaires, l'agitation des eaux par les vagues et les courants, la limpidité des eaux et la pénétration de l'éclairement) ?
- Un second volet concernerait le rôle joué par ce potentiel de production dans le fonctionnement général de l'écosystème marin littoral, le rôle des algues dans la fertilité d'ensemble du monde littoral, à la fois pour le milieu marin en soi et pour la pêche ; la question ne sera que brièvement évoquée.
- Un troisième aspect serait celui de l'accessibilité de ces ressources et de la détermination de la part qui pourrait en être légitimement prélevée. Nous avons montré ailleurs que les 2/3 de la production annuelle totale s'échouent à la côte et que les 3/4, soit 50 %, sont facilement ramassables bien que l'optimum économique soit plutôt proche de 20 %.
- Un quatrième volet, largement prospectif, concernant les promesses entrevues pour les filières actuelles et nouvelles, nécessiterait un trop long développement.

LIEUX, SOURCES ET METHODES.

Les informations utilisées, ébauchées dans la région de Roscoff de 1963 à 1970, ont été collectées ensuite depuis les limites du Morbihan jusqu'à celles des Côtes-du-Nord de 1975 à 1982, mais surtout depuis 1978.

* Sur les estrans rocheux, depuis 1978, 50 localités et plus de 500 prélèvements (flore et faune) de chacun des 4 quarts de m^2 ont été étudiés à quatre niveaux étagés de la marée, là où les algues recouvraient entièrement la roche. Des évaluations du peuplement pour des recouvrements moindres, appauvris par des agitations plus fortes, codifiées et décrites sous le nom de « lithosères », ont été prises en compte. L'ensemble est utilisé en cartographie en relation avec l'exploitation des photographies aériennes et, depuis 1981, également les images du satellite Landsat.

* Des plongées en 30 localités, de 1975 à 1982, ont permis de réaliser une centaine de prélèvements de 2 à 25 m^2 , le plus souvent 4 m^2 , depuis la surface jusqu'à la disparition des algues. Au Conquet, deux plongeurs ont, deux fois par mois pendant un an, marqué puis mesuré en place 70 pieds de Laminaires de quatre espèces différentes, de diverses tailles, épars dans le champ d'algues. Les croissances mensuelles des frondes ont été obtenues par la mesure de la migration vers l'extrémité distale, de petites perforations pratiquées à 15 cm de l'attache du stipe et de la fronde.

* Les algues et les animaux associés ont été pesés frais et mesurés pour les principales espèces, afin de calculer les biomasses et les croissances.

Pour les algues, des mesures de teneurs en eau et en carbone, azote, phosphore, hydrogène, pratiquées à trois époques pour les frondes et les stipes des thalles de 33 espèces, ont montré des variations saisonnières et spécifiques (mesures du Laboratoire d'Analyses du C.N.R.S. à Vernaison - 69).

* Biomasses. Pour tout peuplement et toute catégorie de peuplement (végétaux, animaux, espèce particulière, etc...), on appelle *biomasse B* le poids de la matière vivante présente par unité d'espace (m^2 , ha, km^2 , m^3 , etc...). On l'exprime, soit en poids frais, soit mieux en poids sec, car la quantité d'eau contenue est très variable selon les espèces et les saisons, soit mieux encore en poids de carbone, d'azote protéique, en calories, etc...

Les biomasses varient considérablement selon les saisons : une espèce très importante comme *Saccorhiza polyschides* disparaît progressivement à la mauvaise saison. D'autres comme *Laminaria hyperborea* et *L. ochroleuca* perdent leur vieille fronde au printemps (Fig. 1). Les biomasses observées résultent d'un équilibre entre la croissance, surtout pendant les six premiers mois de l'année, et l'usure. Il importe de fixer une biomasse de référence au moment propice où, pour les espèces les plus importantes, alors que la croissance est achevée, l'usure est encore minimale : cela dure environ 1 mois autour de la fin juin. Les mesures effectuées lors de cette période ne peuvent guère être utilisées pour les évaluations quantitatives. Il convient donc de distinguer des biomasses instantanées à une époque donnée, des biomasses moyennes annuelles, des biomasses maximales annuelles, leurs valeurs et leurs significations sont différentes. Par contre, la Production P, poids de matière vivante accumulée par la biomasse durant l'unité de temps, le jour, le mois, plus souvent l'année, est une donnée importante souvent mieux



Fig. 1. — *Laminaria hyperborea*, espèce la plus importante de nos côtes, 45 % de la production algale. est caractérisée par une fronde annuelle digitée croissant par la base et par un stipe long, rigide, épais et granuleux qui porte de ce fait de nombreuses algues rouges en épiphytes. Ici, de haut en bas : *Palmaria palmata*, *Rhodhymenia pseudopalmata*, *Phycodrys rubens*, *Polyneura hilliae*. On aperçoit la nouvelle fronde qui se forme au cours de l'hiver, la vieille fronde tombe en mai.

définie que la biomasse : elle s'exprime par la somme (C + R) de la croissance C et du recrutement R. Lorsque la biomasse, saisonnièrement fluctuante, se retrouve d'une année sur l'autre égale en moyenne à elle-même, à la même époque, on en déduit que la production annuelle (P = C + R) est égale à la somme (D + E) des décès D et des érosions E (notamment par les prédateurs, les brouteurs, ou l'émigration). Si l'on désigne par Bt-1 et Bt les biomasses aux temps successifs t-1 et t, on peut écrire :

$$B_t = B_{t-1} + [(C + R) - (D + E)] \text{ de } t-1 \text{ à } t$$

Si Bt = Bt-1, cas moyen général, alors (C + R) = (D + E).

Le rapport P/B, soit Production/Biomasse, est inversement proportionnel à l'âge moyen de la biomasse, sa valeur est évidemment tributaire de la biomasse prise comme référence : nous utilisons ici la biomasse maximale qui, pour les algues, se réalise au solstice d'été.

* Evaluation de la croissance et de la production des algues. On a procédé ainsi :

— Pour les Fucacés qui croissent par l'extrémité des rameaux, on a évalué les taux d'allongement moyens annuels des algues à partir des différences des longueurs moyennes entre les premières classes d'âge de 1 à 3 ans. L'augmentation de biomasse qui en résulte exprime une production minimale. Le taux de production peut être obtenu de deux manières : soit en amputant soigneusement tous les rameaux des thalles de la longueur correspondant à la croissance et en faisant le rapport de poids des fragments ainsi recueillis au poids des thalles avant amputation ; soit, plus simplement, en établissant pour les tailles moyennes la relation entre poids et longueur des thalles de manière à calculer le taux d'accroissement moyen des poids par unité de croissance annuelle de la longueur des thalles, que l'on rapporte alors à la biomasse considérée. Les résultats sont sensiblement identiques.

— Pour les Laminaires, il faut faire la somme de la production moyenne du stipe et de la fronde, évaluées séparément. L'accroissement en longueur se fait par la zone de contact entre stipe et fronde. Le stipe croît en épaisseur comme le bois des arbres en ajoutant un cerne annuel sous l'écorce, de telle sorte que le nombre de cernes à la base donne l'âge, le nombre des verticilles de crampons augmente de la même manière. Trois espèces dominantes présentent en Bretagne ce mécanisme : *Laminaria hyperborea*, *L. digitata*, *L. ochroleuca*. Par contre, *L. saccharina* à stipe réduit et *Saccorhiza polyschides* à stipe annuel, ne le présentent pas. L'estimation de l'âge repose alors uniquement sur la fréquence des tailles et la croissance de pieds marqués et bagués. Bien que très variable, la croissance en longueur des stipes augmente en moyenne tous les ans d'une même longueur, caractéristique dans chaque station pour tous les individus de la strate élevée jusqu'à un âge assez avancée où elle se ralentit (on peut la calculer comme le quotient de la somme des longueurs par la somme des âges de tous les stipes de la strate élevée). Pour *L. hyperborea*, cette valeur est maximale et atteint 15 à 20 cm vers 6 à 7 m en mode modérément exposé, elle diminue vers le haut comme vers le bas et, à ce même niveau, vers les milieux abrités (minimum 5 cm). La variation est plus irrégulière chez les autres espèces. Aux augmentations en longueur correspondent des augmentations

en poids. Si, d'une manière générale, le poids des stipes augmente comme le carré de leur longueur, le facteur de proportionnalité augmente indépendamment avec l'éclairement, l'agitation et l'isolation des pieds. La longueur apparente de la fronde résulte à la fois de l'érosion, quasi-permanente, de l'extrémité distale et de l'accroissement stipo-frondal qui commence au solstice d'hiver et se poursuit jusqu'au solstice d'été, où la fronde devient fertile, cesse de grandir ; dès lors, l'usure seule commande la longueur apparente.

Chez les espèces à fronde annuelle, la biomasse de la fronde, maximale au solstice d'été, est proche de sa production annuelle. Néanmoins, pour tenir compte de l'usure continuelle des frondes, il convient d'évaluer le rapport entre la taille estivale observée et la croissance annuelle réelle totale, obtenue à partir des mesures de croissance *in situ* réalisées en plongée. Le coefficient multiplicateur varie de 0,9 (*Laminaria digitata*) à 1 (*L. hyperborea*) à 1,5 (*L. ochroleuca*) à 2 (*L. saccharina* et *Saccorhiza*).

Pour la centaine de stations de plongée, les productions des stipes et des frondes pour les quatre espèces et les biomasses, ont été calculées, mais nous ne prenons en compte ici que la moyenne générale de ces résultats obtenus pour chaque profondeur et pour chaque espèce, se réservant l'exploitation ultérieure des variations observées selon les autres caractéristiques du milieu (Fig. 2).

* Evaluation de la surface des champs d'algues qui diffèrent par les espèces, les biomasses, les profondeurs, en face des diverses communes.

Il s'agit d'un effort nécessaire, pour un problème imparfaitement résolu, approché par des méthodes différentes, avec des zones de recouvrement :

- statistique de points en réseau régulier à maille carrée portés sur les cartes. Pour chacun des points, sont prises en compte, par interpolation, la profondeur et la nature des fonds portés sur la carte marine (par exemple, si pour une surface de 5 000 ha on répertoriait 30 points sur roche et 45 sur fonds meubles, on admet que les surfaces considérées seraient respectivement 1 800 et 3 200 ha) ;
- découpage et pesée de surfaces de cartes décalquées ;
- estimation des proportions à l'œil sur des photographies aériennes et des cartes d'étran pour lesquelles la surface totale, par commune, a été calculée par l'I.G.N.

Par la modulation des résultats issus des trois méthodes confrontées et dans la mesure où elles recouvrent chacune un secteur important du littoral, nous avons pu avancer, à partir des données par commune, une estimation de la superficie totale du champ breton et la proportion relative de chacune des ceintures (voir carte 1 et tableau 1).

BILAN DES RESSOURCES ALGALES.

Les champs d'algues denses sont implantés depuis le niveau des pleines mers de mortes eaux dans les secteurs abrités, depuis les basses mers moyennes dans les secteurs battus par les vagues. Ils descendent par relais étagés de grandes espèces dominantes

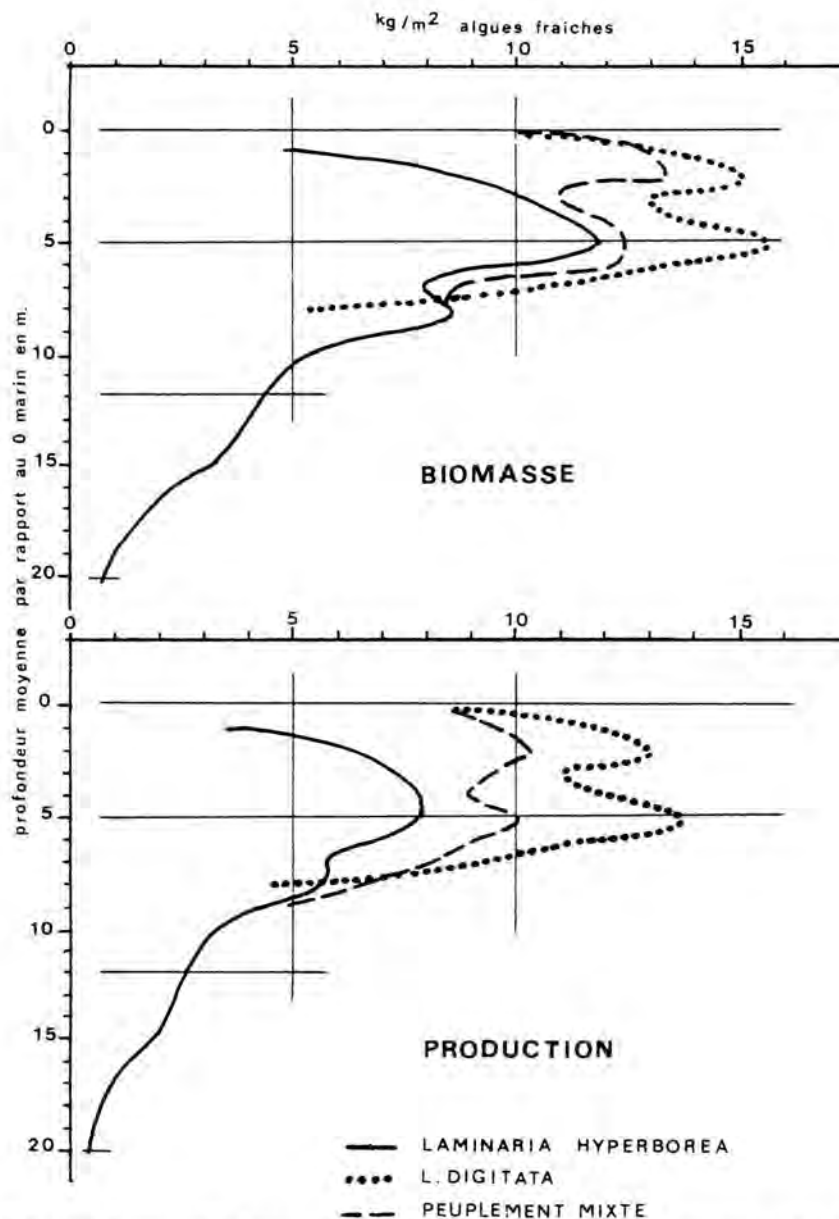


Fig. 2. — Biomasses et production moyennes des champs de Laminaires selon la profondeur. Il s'agit des moyennes générales de 100 stations en 30 localités. Le champ dense et productif dans les 5 à 10 premiers mètres s'appauvrit ensuite très vite avec des pieds petits et de plus en plus clairsemés, avant de disparaître vers 25 m, lorsque l'éclairement devient inférieur au 1/100^e de ce qu'il est en surface. Dans les hauts niveaux peu exposés, *L. digitata* domine ; dans les hauts exposés et en profondeur *L. hyperborea* la remplace progressivement, parfois mêlée à *Sacchorhiza polyschides* et *L. ochroleuca*. Les affaiblissements locaux, respectivement à 5 et 7 m, sont liés au passage des peuplements denses à 2 niveaux d'algues, aux peuplements clairsemés où les Laminaires ne forment qu'une seule strate.

E S P E C E S	B, biomasses d'été en kg/m ²			P/B d'été Taux de production annuelle	P, production annuelle en kg sec par m ²	S, surfaces des champs rocheux en km ²	P, productions annuelles				
	Poids frais	× k =	Poids secs				en poids sec en milliers de T	en %			
<i>PELVETIA CANALICULATA</i>	5 (2- 8)	0,30	1,5	0,16	0,24	1,5	0,36	0,02			
<i>FUCUS SPIRALIS</i>	7,5 (4-14)	0,28	2,1	0,33	0,70	3	2,10	0,14			
<i>ASCOPHYLLUM NODOSUM</i>	21 (11-30)	0,32	6,7	0,14	0,96	11	10,53	0,71			
<i>FUCUS VESICULOSUS</i>	9 (6-12)	0,23	1,9	0,56	1,06	5	5,30	0,36			
<i>FUCUS SERRATUS</i>	10 (6-24)	0,23	2,3	0,70	1,61	12	20	1,35			
<i>HIPURCARIA ROTUNDA</i>	(5)	0,17	(0,85)	0,90	(0,76)	4	3	0,20			
<i>HIMANTHALIA ELONGATA</i>	(5)		(0,60)	1,4	(0,84)	4	3	0,20			
<i>ALARIA ESCULENTA</i>	(12)		(2,40)	1,5	(3,60)	-	-	-			
<i>LAMINARIA DIGITATA</i>	12 (6-28)		2,04	0,85	1,73	150	260	17,50			
<i>SACCORHIZA POLYSCHIDES</i>	12 (6-30)		1,20	1,5	1,80	150	270	18,20			
<i>LAMINARIA OCHROLEUCA</i>	(16)		(2,46)	1,1	(2,70)	50	135	9,10			
<i>LAMINARIA SACCHARINA</i>	(10)		(1,70)	1,5	(2,55)	40	102	6,87			
<i>LAMINARIA HYPERBOREA</i>											
de 0 à 20 m { ā - 5 m ā - 10 m ā - 20 m	10 5 1	0,20 0,20 0,20	2 1 0,2	0,7 0,6 0,5	1,4 0,6 0,1	} 910	653	44,00			
MOYENNES PAR NIVEAUX :											
zone intertidale	12,5	0,27	3,38	0,32	1,09				} 40,5 390 550 360 1 000	44,3	3
de 0 m ā - 5 m	12,3	0,14	1,72	1,17	1,97					767	52
de 6 m ā 12 m	7,26	0,20	1,45	0,71	1,03	566,5	38				
de 13 m ā 20 m	2,25	0,20	0,45	0,54	0,24	86,4	6				
de 21 m ā 50 m	0,20	0,20	0,04	0,50	0,02	20	1				
SOMMES OU MOYENNES	10 306,25	0,18	1,81	0,82	1,48	env. 1 000	1 484,2	100			

TABEAU I. — Bilan général moyen du potentiel des champs de grandes algues. Pour une biomasse de l'ordre de 10 millions de tonnes en poids frais, de 1,9 millions de tonnes en poids sec répartis sur quelques 1.000 km², ce sont 8 millions de tonnes en poids frais, 1,5 en poids sec, qui sont produits tous les ans (82 %). Les 2/3 viennent s'échouer inégalement sur 1.000 km de rivage. La production considérée ici est la somme de la croissance et du recrutement annuel, égal à la somme des pertes par mortalité et érosion.

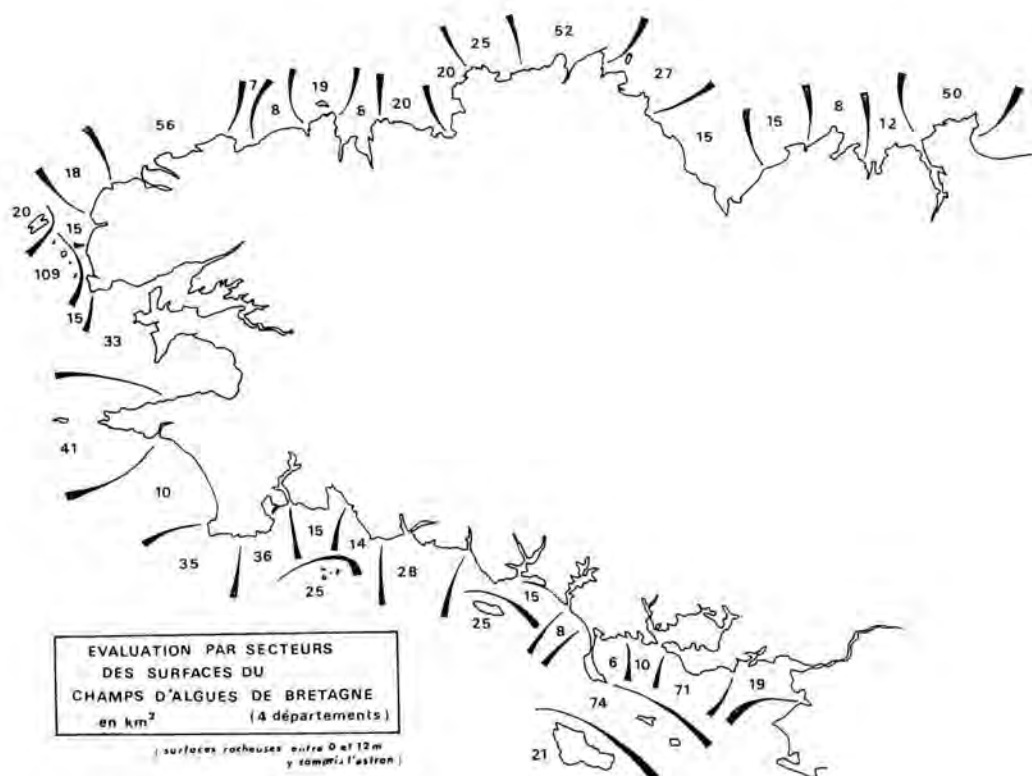


Fig. 3

brunes rarement au-delà de 30 m en dessous de la mi-marée (zéro des cartes terrestres) quand les eaux sont claires, et à moins de 10 m dans les eaux troubles des estuaires. Les espèces rouges vivent surtout à l'ombre des grandes espèces brunes, ainsi que sur les parois ombragées ; les espèces vertes, favorisées par la dessalure et l'abondance des sels nutritifs, prospèrent au voisinage des estuaires, sur le bas des plages de sable fin, sans vase et dans les flaques de marées de hauts niveaux.

De haut en bas, si l'on désigne les principales espèces étagées, *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus vesiculosus* (forme du précédent), *Fucus serratus*, *Bifurcaria bifurcata*, *Himanthalia elongata*, *Alaria esculenta*, *Laminaria digitata*, *L. ochroleuca*, *L. hyperborea*, *L. saccharina*, *Saccorhiza polyschides*, par leurs initiales respectives P.c., F.sp., A.n., F.v., F.e.v., F.s., B.b., H.e., A.e., L.d., L.o., L.h., L.s., S.p., on peut distinguer, caractériser, voire cartographier, les peuplements animaux et végétaux, des zones les plus abritées jusqu'aux plus battues par les vagues, par les types suivants d'étagements verticaux superposés des espèces, les « lithosères » nommées de L8 à L1 par les espèces caractéristiques ici en italique : L8 plus abrité diffère de L7 par un film de vase sous les grandes algues ; L1 n'a que des algues de petites tailles, encroûtantes et en coussinet. Les signes de ponctuation ., > désignent les animaux sur les roches sans algues : les chthamales, les moules, les patelles.

Lithosères niveaux	MODE ABRITÉ		MODE SEMI-EXPOSÉ		MODE BATTU		
	L8-L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1
P.M.M.E.	P.c.	(P.c.)	...	...	...	>	>
	F.sp.	.	>..	>.	..>	>.	>.
M.M.	A.n.	F.v.	F.ev.	>.	>.	>.	>.
	F.s.	F.s.	F.s.	F.s.	B.d.	A.e.	...
P.M.M.E.							
— 5 m	L.o.	L.d+o.	L.d.	L.d.	L.h.	S.p.	S.p.
— 12 m	L.o.	L.h+o.	L.h.	L.h.	L.h.	L.h.	L.h.
— 20 m		L.h.	L.h+o.	L.h.	L.h.	L.h.	L.h.

Les biomasses et les productions caractéristiques de ces peuplements algaux sont réunies dans le tableau I. *Saccorhiza polyschides* est une espèce opportuniste annuelle à forte vitalité, toujours au moins faiblement présente partout, elle s'implante massivement là où les autres peuplements ont été décimés que ce soit par les tempêtes, l'exploitation goémonière, les travaux portuaires, un ensablement momentané, la présence de blocs mobiles ou un hydrodynamisme très intense. *L. saccharina*, espèce en longs rubans de 2 à 6 m, prospère dans les zones de courants. Dans les zones calmes, d'autres espèces, de faible biomasse (10 à 0,5 kg frais par m²), assurent la transition entre blocs ensablés et les sédiments caillouteux : *Halidrys siliquosa*, *Cystoseira*, *Dictyopteris*, *Desmarestia*.

LES ALGUES ET LA RICHESSE CÔTIÈRE.

Ecologie et économie ont même étymologie et sont étroitement liées.

Les champs rocheux de grandes algues abritent et nourrissent les plus fortes biomasses animales naturelles de nos pays tempérés, soit en zone littorale en moyenne 120 g (20 à 260) de matière organique sèche au m², soit plus de 15 tonnes à l'hectare en poids vif, les fonds de sable et de vase en hébergent trois fois moins, soit 37 g (4 à 120).

Par le biais des chaînes alimentaires, chaque km² de champ d'algues assure actuellement l'emploi à l'année de 1,5 pêcheur de Crustacés et de Poissons à temps complet, soit en moyenne trois fois plus que le km² des fonds sédimentaires chalutables, ou de la pleine eau (pélagique).

Sous forme de détritits algaux, broyés au niveau des cordons d'échouage, les laisses de mer, et ensuite redistribués en fine farine vers le large par les courants de retour des vagues, puis les courants de marée, ils alimentent en nourriture les peuplements animaux des fonds chalutables de sable et de vase de la pêche côtière.

Il en résulte que les mêmes types de fonds marins portent, en Bretagne, grâce au voisinage des fonds rocheux à grandes algues, deux à trois fois plus de biomasse animale, que ceux du sud-Gascogne et de la côte landaise où les champs d'algues manquent. Il en résulte deux à trois fois plus de poissons et deux à trois fois plus d'emplois de pêcheurs par km² en Bretagne, toutes choses égales par ailleurs.