

Echantillonnage des macroalgues Intertidal – substrats durs

Erwan Ar Gall et Connan Solène¹
LEBHAM – IUEM – UBO

Résumé

Description du protocole d'échantillonnage pour le suivi de la diversité spécifique et des indices de recouvrement des peuplements macroalgaux des estrans rocheux.

Mots Clés

Macroalgues, diversité spécifique, indice de recouvrement, intertidal rocheux, haut subtidal, ortho-photographie, quadrats

Objectifs

- Actualiser l'inventaire de la flore végétale marine de l'intertidal et du haut subtidal rocheux et étudier la structuration des peuplements macroalgaux correspondants.
- Etablir les principales caractéristiques floristiques et phyto-sociologiques des habitats des estrans rocheux dominés par les macroalgues.
- Mettre en évidence les changements à court, moyen et long termes au niveau de la macroflore benthique.
- Contribuer à identifier les influences respectives des perturbations climatiques et anthropiques sur l'évolution des écosystèmes marins benthiques, à l'aide d'un maillage suffisant du littoral.
- Intégrer cette démarche au niveau européen.

Contexte

Il existe dans la littérature quelques publications traitant de la répartition géographique d'espèces de macroalgues répandues (cf. Lüning, 1990). Il existe également des flores très localisées et/ou partielles (e.g. Gayral, 1966 ; Floc'h, 1967), des guides pratiques mais incomplets (Delépine et al., 1987 ; Cabioc'h et al., 1992) et de rares flores régionales ou sub-régionales dont les plus récentes pour la Bretagne datent des années 1950-60 (Feldmann, 1954 ; Feldmann & Magne, 1964). Nous disposons d'une compilation bibliographique arrêtée en 1995 qui donne un inventaire non réactualisé des espèces présentes sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique de l'hexagone (Dizerbo et Herpé, 2003) et d'un registre européen des espèces, sans précision toutefois quant à leur localisation (European Register of Marine Species). Il n'existe donc à ce jour aucun inventaire actualisé des espèces de macroalgues marines prenant en compte toutes les masses d'eaux des côtes françaises.

Notre démarche vise donc à estimer et à caractériser la diversité spécifique des macroalgues de nos côtes, avec l'objectif d'en apprécier les évolutions aux niveaux local et régional. Pour des raisons conjoncturelles (initiative de la DEL/AO de l'Ifremer Brest et de l'IUEM – UBO) et à cause de données objectives (longueur des côtes rocheuses, biomasses, richesse spécifique), cette démarche a été entreprise en Bretagne. Des modifications seront certainement nécessaires au niveau méthodologique dans le cadre d'une extension aux côtes méditerranéennes, où l'amplitude des marées ne dépasse guère 30 - 40 cm.

Par ailleurs, aucun état des lieux n'a été établi à ce jour en ce qui concerne la structuration précise des différents peuplements macroalgaux, dont la connaissance est pourtant essentielle pour apprécier la diversité des habitats que ces peuplements constituent. Deux grands types d'exposition à l'hydrodynamisme (houle, vagues, courants) sont à distinguer en faciès rocheux : le mode abrité, où se développent les ceintures (populations linéaires) de macroalgues brunes, et

¹ IUEM(UBO)/LEBHAM

REBENT, Échantillonnage des macroalgues, intertidal – substrats durs

le mode battu, où flore et faune se réfugient dans les mares d'eau de mer permanentes. L'échantillonnage doit donc s'adapter à ces deux modes, qui n'ont pas la même importance en termes de biomasse mais qui se complètent au niveau floristique. Il existe évidemment des modes intermédiaires que nous traitons de la même façon que le mode abrité, dans la mesure où des ceintures d'algues y sont présentes.

Les deux paramètres pris en considération dans le suivi que nous proposons, à savoir la diversité spécifique et les indices de recouvrement, sont *a priori* suffisants pour détecter l'effet de perturbations climatiques et anthropiques au niveau stationnel. Le maillage d'échantillonnage est globalement basé sur celui retenu au niveau sectoriel du REBENT et tient compte des différentes masses d'eau côtières (exemple en Bretagne : côte Sud - Atlantique, pointe Ouest - Iroise, côte Nord - Manche) et des unités géomorphologiques. Il tient compte également des points remarquables au niveau localisation géographique et /ou au niveau floristique (exemples en Bretagne : extrême-Sud – proximité de la Loire, Archipel de Molène, Rade de Brest, Roscoff).

Un suivi exhaustif du trait de côte est évidemment impossible à réaliser, mais le traitement statistique des données devrait permettre de mettre en évidence des tendances évolutives pour les peuplements macroalgaux. Ces tendances seront analysées à la lumière de celles observées au sein des peuplements animaux intertidaux et au sein des biocénoses subtidales, autant que possible sur les mêmes sites d'étude ou sur des sites proches.

Méthodologie d'acquisition

Stratégie générale

L'analyse est basée pour l'essentiel sur des observations et mesures effectuées in situ. L'échantillonnage de terrain est non destructif et réalisé en se déplaçant à pied sur l'estran. Celui-ci ne peut donc se concevoir que lorsque les différents niveaux bathymétriques à étudier sont accessibles, c'est-à-dire lors de leur phase d'émersion à marée basse.

L'échantillonnage doit être non destructif pour plusieurs raisons :

- l'arrachage de spécimens d'espèces rares ou en phase d'introduction ne peut être considéré *a priori* comme anodin par rapport à la dynamique d'expansion de ces espèces, au moins localement
- la couverture macroalgale constitue une série d'habitats qu'il importe de ne pas perturber régulièrement dans les sites d'étude (vitesses de croissance lentes de la plupart des algues de canopée, taille limitée des mares en mode battu, déplacements induits des animaux brouteurs)
- le tirage statistique des quadrats au sein d'un même répliat se fait avec remise, d'une saison à une autre

Paramètres étudiés

2 paramètres sont suivis au cours du temps, idéalement avec un relevé par site et par saison ; en pratique, un cycle saisonnier par site ne peut être complété que sur un cycle d'échantillonnage de 3 années

- paramètre 1 : **diversité spécifique totale**

Toutes les espèces (ou les taxons d'ordre supérieur dans les cas où l'identification des espèces est impossible) présentes dans les quadrats échantillonnés sous forme encroûtante (surface minimale de l'ordre de 1 cm²) ou érigée (individus d'une taille supérieure ou égale à 5 mm) seront notées dans la fiche terrain sous leur dénomination latine. Leur classement se fera par strate (cf. ci-dessous) selon la taille maximale moyenne des individus (par exemple, les individus représentant l'espèce *Himanthalia elongata* en hiver sont essentiellement des bases pérennes de 1 à 5 cm de haut, alors qu'en été les thalles fertiles font entre 1 m et 5 m de long).

Les espèces repérées sur un site mais non inventoriées à l'intérieur des quadrats seront signalées mais ne pourront faire l'objet d'une analyse statistique.

- paramètre 2 : **indices (pourcentages) de recouvrement** de l'ensemble des espèces

Pour une espèce donnée (ou un taxon), le pourcentage de recouvrement estimé sur le terrain correspond au rapport entre la surface totale du substrat recouverte après projection verticale de la canopée de tous les individus de cette espèce et la surface totale de chaque quadrat. Le recouvrement correspond donc à Les pourcentages pris en considération sont en fait des fourchettes assez grossières, estimées à l'œil nu par les 2 échantillonneurs, et pouvant éventuellement donner lieu à une vérification par analyse des photographies numériques.

L'estimation prend en compte exclusivement les thalles dont le système de fixation se situe dans le quadrat. Lorsque la ceinture algale est très fournie, avec des espèces de grande taille, cette opération nécessite de soulever les thalles les plus longs et de les soulever à la verticale au-dessus du substratum, à la fois pour estimer la surface recouverte à marée haute par ces espèces et pour faire apparaître les espèces les plus petites.

Pourcentages de recouvrement : 0 – 5%, 5 – 25%, 25 – 50%, 50 – 75 %, 75 – 100%

Ceux-ci peuvent être traduits en **indices de recouvrement**, les uns et les autres s'inspirant des coefficients d'abondance-dominance de la phytosociologie terrestre (e.g. Lacoste & Salanon, 1969) : 1 (0 – 5%), 2 (5 – 25%), 3 (25 – 50%), 4 (50 – 75 %), 5 (75 – 100%).

Les pourcentages de recouvrement par espèce peuvent être ensuite calculés selon le regroupement des algues en **strates**, ou catégories de taille, afin de dresser un tableau précis de la **stratification verticale** des peuplements. Les critères ayant présidé à la détermination des différentes strates de végétation s'inspirent des travaux de la phytosociologie terrestre (cf. ci-dessus), de travaux publiés précédemment sur les macroalgues (cf. L'Hardy-Halos et al., 1973), ainsi que de notre propre expérience de terrain (Connan, 2004).

La taille représentative d'une espèce à une saison donnée dans un site donné correspond à la taille moyenne observable chez les thalles les plus développés. Chaque espèce appartient donc à une seule strate pour une station donnée. Les strates macroalgales prises en considération sont les suivantes :

- individus encroûtants ou de taille inférieure à 0.5 cm : strate I (Lithothamniées, petits épiphytes)
- individus compris entre 0.5 et 30 cm de haut : strate II (petites Fucales, la plupart des algues vertes et rouges)
- individus compris entre 30 et 100 cm de haut : strate III (Fucales de taille moyenne)
- individus de plus de 100 cm de haut : strate IV (grandes Fucales, Laminariales)

Une estimation du pourcentage de roche nue, couverte de sable, de lichens ou d'organismes animaux sessiles (Balanes, Anémones, voire Patelles) doit être donnée pour chaque quadrat.

Compte tenu de l'imbrication des espèces et des strates, le cumul des pourcentages de recouvrement de l'ensemble peut donner, *a priori*, des valeurs largement supérieures à 100%. Ces valeurs seront donc comparées au **recouvrement apparent global à marée basse**, donné pour un habitat (ceinture ou mare), dominé par une strate et une à deux espèces. Ce pourcentage de recouvrement global donnera aussi une idée plus précise du couvert végétal à un niveau bathymétrique donné. Ainsi, il existe souvent des zones de blocs, des retenues d'eau ou des écoulements permanents plus ou moins dépourvus de végétation, y compris en mode abrité. En mode semi-battu à battu, il est important de donner une idée des proportions du substratum

correspondant à de la roche nue, à des Balanes ou à des Lichens, par rapport aux macroalgues. Au niveau de la ceinture de *Fucus serratus*, il est également intéressant de connaître la part des algues rouges qui dominent certaines parties du couvert végétal.

Dans les **mares**, la stratification verticale sera évidemment observée en présence d'eau.

Dans tous les cas, la surface du substratum prise en considération suivra les accidents de la roche et sera donc légèrement supérieure à 0.1 m² par quadrat. L'utilisation de structures mobiles flexibles limitera les interférences liées à ce problème, au moins au niveau des ceintures.

Technique d'échantillonnage

Méthode non destructive basée sur l'identification *in situ* des espèces repérables à l'œil nu (ca. >5mm) et sur l'estimation *de visu* de leur indice de recouvrement, estimation pouvant être confortée par la prise de photographies de terrain

Diversité spécifique totale et indice de recouvrement sont mesurés par **quadrat** de **0.1 m²**, 3 quadrats aléatoires par **réplicat**, 3 réplicats par niveau bathymétrique sur chacun des sites. Signalons toutefois que les espèces de grande taille observées sur un site en dehors des quadrats sont répertoriées, mais qu'elles ne rentrent pas en ligne de compte dans l'analyse statistique.

En **mode abrité à semi-battu**, les 3 réplicats par ceinture d'algue sont pris au hasard, au départ de la démarche, à partir de l'ortho-photographie correspondante. Par contre, ils restent par la suite inchangés pour des questions pratiques, notamment par manque de temps pour le repérage et la fixation des structures mobiles. Rappelons que les quadrats ne doivent pas se chevaucher, pour la pertinence de l'analyse statistique. Les zones de blocs, de surplombs et de tombants verticaux sont à exclure et la présence de fissures importantes est à proscrire pour l'installation des réplicats. Le biais éventuellement occasionné pour le calcul des pourcentages de recouvrement sera limité par l'observation de la végétation d'un niveau bathymétrique prise dans sa globalité.

Trois quadrats seront traités par réplicat, ce qui donnera un nombre total de 9 quadrats par sortie et par ceinture, soit une surface de 0.9 m². Cette surface est comparable à celle utilisée précédemment par le LEBHAM (Connan, 2004 : 1 m²) et est proche ou supérieure aux aires minimales expérimentales correspondant aux ceintures de macroalgues de nos côtes (de 0.015 à 1 m²), aires dont la représentativité est d'ailleurs sujette à caution (cf. Frontier, 1983).

En **Manche-Atlantique**, la typologie des habitats est celle retenue par le REBENT pour les estrans sur substrats durs, et s'inspire de travaux antérieurs (Floc'h, 1964). Ainsi, 6 ceintures de macroalgues sont suivies sur l'intertidal et dans la partie haute de l'infra-littoral, en mode abrité à semi-battu, là donc où elles sont présentes et où elles constituent des habitats bien définis (cf. Annexe 1) :

1. *Pelvetia canaliculata*
2. *Fucus spiralis*
3. *Ascophyllum nodosum* / *Fucus vesiculosus*
4. *Fucus serratus* + Rhodophycées
5. *Himantalia elongata* / *Bifurcaria bifurcata* / Rhodophycées
6. Laminariales

En **mode battu**, seules les deux ou trois dernières ceintures sont présentes et pourront faire être suivies en utilisant la même méthodologie qu'en mode abrité. A l'étude des ceintures du bas de l'estran s'ajoutera l'étude de **mares situées à trois niveaux de l'intertidal** :

- bas niveau (niveau *Himanthalia* / *Fucus serratus*)
- niveau moyen (Balanes / *Fucus vesiculosus* var. *evesiculosus*)
- haut niveau (*Lichina pygmaea* / *Fucus spiralis*)

A chaque niveau, trois mares (retenues permanentes d'eau de mer) seront tirées au hasard, puis repérées au GPS et marquées si elles répondent aux critères suivants : volume minimum de 100 L, surface minimale de 1 m² pouvant contenir un minimum de 5 quadrats réguliers de 0.1 m². A chaque sortie d'échantillonnage, 3 quadrats seront tirés au sort pour chaque mare, donnant donc par niveau un total de 9 quadrats pour une surface de 0.9 m².

Fréquence d'échantillonnage

- compte-tenu de la nécessité d'assurer un suivi prenant en considération les **variations saisonnières** au niveau de la flore, avec des phases macroscopiques observables à des moments différents de l'année selon les espèces (par exemple, en Bretagne Nord, *Alaria esculenta* est une Laminariale essentiellement hivernale, alors que les Chordariales sont des algues brunes qui se développent surtout de la fin du printemps à la fin de l'été)
- compte-tenu de la périodicité des cycles de suivi des programmes nationaux et européens (ex : Natura), généralement de 6 années
- compte-tenu de la volonté de comparer les résultats obtenus sur des échelles de temps les plus courtes possibles
- compte-tenu du fait que les coefficients de marée sont supérieurs ou égaux à 95 de l'ordre de 35 à 40 fois par an (25 – 30 fois égaux ou supérieurs à 100) et que ces coefficients sont nécessaires pour permettre l'accès aux bas niveaux du médio-littoral (intertidal) et à l'horizon supérieur de l'infra-littoral (subtidal, ceinture des Laminariales)
- compte-tenu du nombre importants de sites nécessaires à échantillonner pour assurer pour chaque zone du littoral un bon maillage (par exemple 18 sites en Bretagne, dans 13 localités et 11 secteurs différents) et des distances entre les secteurs pris en compte (30 à 100 km par la route)

le suivi proprement dit est effectué sur un **cycle de trois années** permettant 4 échantillonnages par site, un pour chacune des **4 saisons** (printemps et automne la même année, été et hiver répartis sur les deux années restantes, la même succession étant répétée pour chaque site au cours des périodes de suivi successives).

Un cycle saisonnier ne peut être complété pour chaque site que sur une période d'échantillonnage de 3 années.

Logistique

Préparation

La préparation nécessite le repérage des sites d'intérêt à l'intérieur des zones et des secteurs définis par le REBENT. Si possible, un site abrité et un site battu sont pris dans une même localité, éventuellement au sein du même secteur. Le cas échéant, seul un site semi-battu à battu est retenu. Les sites abrités ou semi-abrités doivent présenter des ceintures algales bien formées, de préférence à tous les niveaux bathymétriques. Les sites battus doivent présenter un nombre suffisant de mares d'eau de mer à trois niveaux différents.

Dans un deuxième temps, 3 répliqués sont pris au hasard dans chaque ceinture algale ou à chaque niveau bathymétrique pour les mares de milieu battu, à l'aide d'ortho-photographies.

Dans un troisième temps, les répliqués repérés par GPS sont matérialisés sur le terrain par le perçage de trous dans la roche pour la fixation des structures mobiles (ceintures algales). Les répliqués pris aléatoirement en début de suivi deviennent par la suite fixes.

Terrain

Matériel (par région du littoral)

Véhicule automobile léger pour les déplacements

Perceuse professionnelle à percussion pour l'installation (ou la réinstallation) des répliqués

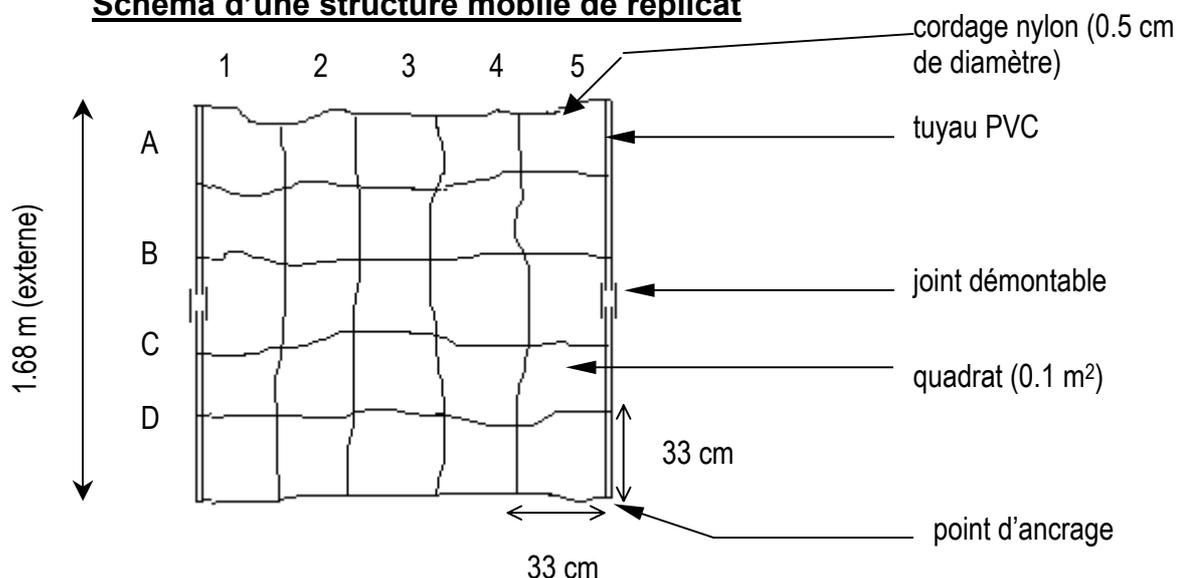
Système GPS et appareil photographique numérique pour le repérage des répliqués

Structure mobile pour les répliqués des ceintures algales (cf. schéma ci-joint)

Quadrat en PVC de 33 cm de côté pour les mares

Récipients divers, pinces, marteaux, congélateur pour la collecte d'échantillons nécessitant une identification ultérieure au laboratoire.

Schéma d'une structure mobile de répliqué



Personnel

Deux personnes sont nécessaires par journée d'échantillonnage et par site.

Une équipe de deux personnes par région du littoral (Bretagne historique, Cotentin – Manche Est, Atlantique de la Vendée au Pays Basque, Méditerranée)

Obligatoirement, un spécialiste des macroalgues par équipe

Laboratoire

Matériel

Microscope droit à fluorescence, loupe binoculaire, microtome, système pour la vidéo et la microphotographie, petit matériel de dissection et de microscopie pour l'identification des échantillons

Alguier de collection, flores, clés de détermination, bases de données disponibles sur le réseau, ordinateur et équipement informatique adéquat

Personnel

Un **phycologue** suffit pour l'identification au laboratoire des échantillons par région (cf. ci-dessus), ou éventuellement par façade (Manche-Atlantique, Méditerranée). Il importe que ce phycologue soit partie prenante dans l'échantillonnage de terrain.

Contraintes particulières

L'ensemble d'un estran doit être échantillonné lors d'une même sortie terrain, ce qui nécessite d'avoir accès à marée basse aux niveaux inférieurs de l'intertidal (du médio-littoral) et au niveau supérieur du subtidal (de l'infra-littoral). Seules les journées présentant des coefficients de marée d'au moins 95 pourront donc être utilisées (30-40 journées par an, ainsi que précédemment évoqué, y compris les week-end et jours fériés).

Compte-tenu de l'accessibilité réduite des sites et de la difficulté à travailler dans les niveaux inférieurs de l'estran, nous estimons nécessaire de répartir l'échantillonnage sur deux journées (2 X 4 heures sur le terrain) en mode semi-abrité ou abrité contre une journée pour le mode battu.

Dans les zones où les marées sont de faible amplitude et la taille de l'estran réduite à quelques dizaines de cm (Méditerranée), les durées nécessaires à l'échantillonnage d'un site seront évidemment réduites.

Une au moins des deux personnes travaillant sur le terrain doit être un **phycologue confirmé**. Cette personne devra procéder également au laboratoire à la détermination des espèces non identifiées sur le terrain. C'est une **condition sine qua non** pour donner un tableau suffisamment complet et exact de la diversité spécifique des macroalgues et pour repérer d'éventuelles espèces introduites.

Méthodologie de gestion et de traitement

Contraintes particulières

Au niveau de l'**analyse statistique**, la présence de trois quadrats aléatoires dans chaque réplicat permet de comparer les réplicats et l'existence de trois réplicats par type d'habitat permet de comparer les habitats sur un même site ou entre des sites différents. Les différentes zones d'une même région peuvent également être comparées.

Sur le plan temporel, chaque cycle d'échantillonnage de trois années peut être comparé au suivant, par regroupement des saisons. Par contre, l'évolution temporelle saison par saison ne pourra être analysée qu'après trois ou mieux quatre cycles successifs (9 – 12 ans).

Les données recueillies seront transmises au réseau REBENT et mises à disposition sur l'intranet du réseau pour le traitement des méta-données et utilisation par les différents partenaires. Le (ou les) laboratoire(s) responsable(s) de la production et de l'exploitation des données pourra (pourront) utiliser tout ou partie de ces données pour des communications et publications scientifiques, à condition de signaler la participation au réseau et la contribution du REBENT à l'avancement des travaux.

Données produites

Diversité spécifique

- Listes de présence des taxons, si possible par espèce, en situant les espèces au sein de la classification
- Comparaison statistique des valeurs obtenues aux niveaux spatial et temporel et graphiques correspondants
- Cartes de répartition géographique des espèces et groupes taxonomiques établies au cours du temps

Recouvrement et stratification

- Tableaux des pourcentages et indices de recouvrement par espèce et par groupe taxonomique
- Tableaux des pourcentages et indices de recouvrement par strate
- Graphiques montrant la structuration et l'évolution des habitats (mares et ceintures)

Ces données seront modulées en fonction des critères suivants :

- **caractéristiques de l'habitat** (ceintures, mares, niveau bathymétrique, mode d'exposition à l'hydrodynamisme, nature du substratum, conditions climatiques)
- **localisation géographique** (site, localité, secteur, zone, région)
- **échelle de temps** (saison, période de trois années)

Moyens à consentir et compétences requises

Ressources humaines (en phase opérationnelle)

Terrain :

Par zone (région) du littoral : une équipe de terrain de deux personnes, dont **un phycologue spécialiste des macroalgues** (niveau d'étude : Bac +5 minimum ; niveau d'embauche ingénieur de recherche, chargé de recherche) et un **technicien accompagnant** (conduite, prise de notes, transport du matériel, sécurité sur l'estran). Ce technicien peut être employé à d'autres tâches dans le cadre de REBENT ou au sein du laboratoire de rattachement.

En Bretagne, il faut compter par période de 3 années 8 journées d'échantillonnage par site abrité et, en moyenne, 2 journées de préparation et de transport, 4 journées par site battu et 1 journée de préparation et de transport. Etant donné que nous avons retenu 8 sites abrités à semi-battus et 10 sites battus, une campagne de terrain complète correspond à 130 journées d'échantillonnage, de préparation et de transport par personne, soit environ 44 journées par année.

Laboratoire :

Par région (zone), le phycologue employé aux tâches de terrain prendra en charge :

- l'identification des espèces non déterminées sur le terrain
- la mise en forme et l'exploitation des données
- le suivi bibliographique
- la planification des missions
- l'entretien et le renouvellement du matériel (avec l'aide du technicien)
- la coordination avec les autres secteurs et participants de REBENT
- la communication scientifique du niveau local au niveau international

Matériel (en phase opérationnelle, par région (zone))

Equipement

- véhicule automobile léger pour les déplacements
- perceuse professionnelle à percussion pour l'installation (ou la réinstallation) des réplicats
- système GPS et appareil photographique numérique pour le repérage des réplicats
- microscope droit à fluorescence
- loupe binoculaire
- microtome
- système pour la vidéo et la microphotographie
- ordinateur et équipement informatique et bureautique adéquat
- congélateur et réfrigérateur
- système d'alimentation en eau de mer courante (observation et stockage des algues)
- mobilier (bureaux, armoires de rangement, paillasses, éviers)

Fonctionnement

- petit matériel de laboratoire et de bureau, outillage
- structures mobiles et quadrats
- livres et papeterie
- vêtements de terrain
- consommables divers (électricité, téléphone - fax, internet, eau, laboratoire, bureautique, informatique)

Locaux

- bureau
- bibliothèque – salle de collection
- salle humide pour le tri et le stockage des algues
- salle de microscopie
- atelier - salle de stockage

soit l'équivalent de **5 salles dans des bâtiments préexistants** (Stations marines, IUEM, Centres Ifremer) **disposant d'une alimentation en eau de mer courante et d'un environnement logistique et scientifique adéquat**

Références

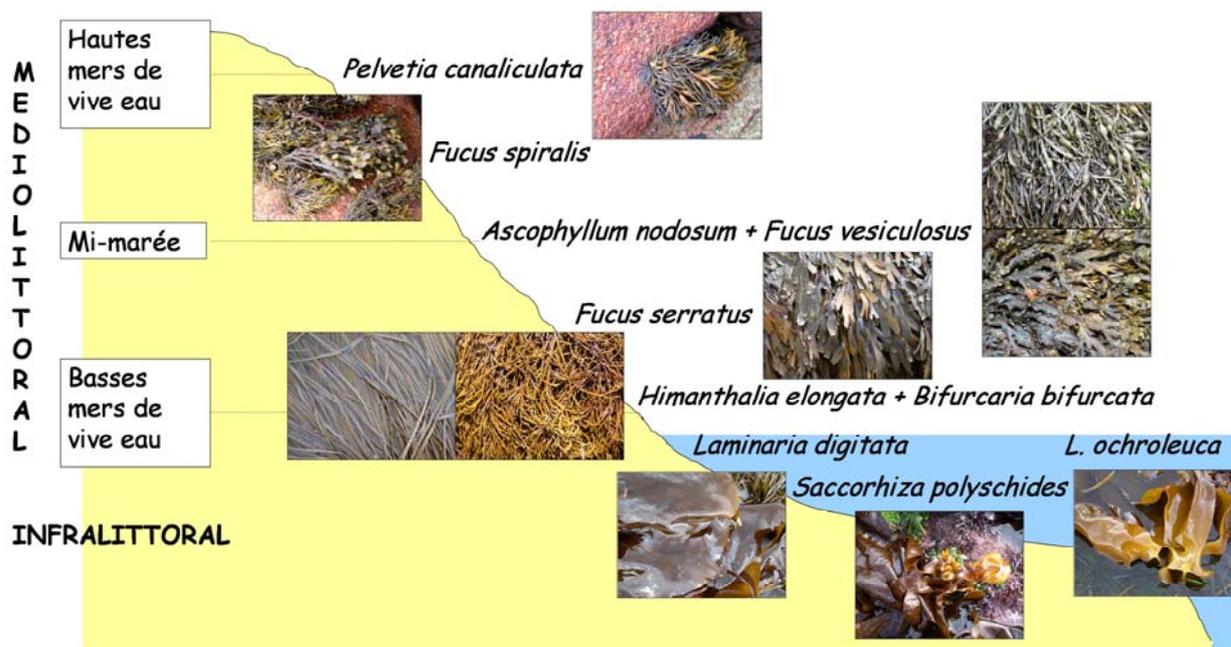
- Cabioc'h, J., Floc'h, J-Y., Le Toquin, A., Boudouresque, C. F., Meinesz, A. & M. Verlaque. 1992. Guide des algues des Mers d'Europe. Eds. Delachaux et Niestlé, 215 photos, 231 pp.
- Connan, S. 2004. Evolution de la diversité spécifique des macroalgues de la pointe de Bretagne et potentiel de valorisation de substances UV-protectrices. Université de Brest. *En préparation*.
- Delépine, R., Boudouresque, C. F., Frada-Orestano, C., Noailles, M. C. & A. Asensi. 1987. Algues et autres végétaux marins. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. revision 1, Vol. 1. Végétaux et Invertébrés. Fisher, W., Schneider, M. & M. L. Bauchot Eds., F.A.O., Rome. 136 pp.
- Dizerbo, A. H. & E. Herpé. 2003. Liste et répartition des algues marines des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique, îles Anglo-Normandes incluses. 351 pp. *Sous presse*.
- Feldmann, J. 1954. Inventaire de la flore marine de Roscoff. Travaux de la Station Biologique de Roscoff. 148 pp.
- Feldmann, J. & F. Magne. 1964. Additions à l'inventaire de la flore marine de Roscoff. Travaux de la Station Biologique de Roscoff. 28 pp.
- Floc'h, J-Y. 1964. Distribution verticale et écologie des algues marines sur les côtes bretonnes. *Penn Ar Bed*, 4 : 182-190.
- Floc'h, J-Y. 1967. Cartographie de la végétation marine et observations écologiques dans l'archipel de Molène (Finistère). Thèse de 3^{ème} cycle. Université de Rennes. 135 pp. + 13 cartes.
- Frontier, S. 1983. Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson, Paris, X+. 494 pp.
- Gayral, P. 1966. Les Algues des côtes françaises (Manche et Atlantique). Doin Ed., Paris. 632 pp.
- Lacoste, A. & R. Salanon. 1969. Eléments de biogéographie et d'écologie. Nathan Ed., Paris. 189 pp.
- L'Hardy-Halos, M-T., Castric-Fey, A., Girard-Descatoire, A. & F. Lafarge. 1973. Recherches en scaphandre autonome sur le peuplement végétal du substrat rocheux de l'Archipel des Glénans. *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, 48 : 103-128.

Lüning, K. 1990. Seaweeds. Their environment, biogeography and ecophysiology. Wiley & Sons Eds., N.Y. 527 pp.

Annexes

Annexe I : Représentation schématique de l'étagement des algues brunes

SUPRALITTORAL



Annexe II : Liste des sites retenus pour le suivi de l'intertidal – substrats durs - macroalgues

- St Briac à proximité de Dinard (Ile Dame Jouanne, mode battu)
- Pleubian (Ile Maudez, mode semi-abrité)
- Roscoff (Enez Glas, mode semi-abrité) et Santec (Enez Sieg, mode battu)
- St Michel en Plouguerneau (mode battu) et Porzh Gwenn en Portsall (mode abrité)
- Molène (Roc'h Zu, Roc'h Louet, modes semi-abrité et battu)
- Plouzané (Delleg Bras, mode semi-abrité et mode battu)
- Le Caro (Plougastel, mode battu)
- Ile de l'Aber (Crozon, mode battu)
- Concarneau (Beg ar Gazeg, modes battu et semi-abrité)
- Quiberon (pointe du Conguel, modes battu et semi-abrité)
- Le Croisic (Baie de St Goustan, mode semi-abrité et Port Val, mode battu)

Annexe III : Fiche de terrain (à venir)