

SUBSTRATS DURS SUBTIDaux

SUIVI DES LIMITES D'EXTENSION EN PROFONDEUR DES CEINTURES ALGALES, SUIVI FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE

Sandrine DERRIEN-COURTEL, René DERRIEN et Claude BEAUPOIL
(M.N.H.N.¹ - DMPA² - Station de Biologie Marine de Concarneau)

Résumé

Description du protocole de suivi des limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales des fonds subtidiaux rocheux et du protocole de suivi faunistique et floristique. Le suivi faunistique et floristique s'effectue de manière systématique à trois profondeurs constantes : -3m, -8m, -13m (profondeur rapportée au zéro des cartes marines françaises), mais peut aussi s'étendre à des profondeurs inférieures lorsque certaines ceintures algales atteignent de plus grandes profondeurs. Dans les quadrats échantillonnés, toutes les espèces floristiques et faunistiques sont inventoriées et les densités sont évaluées pour les espèces les mieux représentées.

Pour la région Bretagne, 30 stations, réparties sur 10 secteurs, sont suivies. La stratégie d'échantillonnage est tri-annuelle et concerne, pour le littoral de la région Bretagne, le suivi de 11 stations de type « ria, rade, estuaire, aber, golfe ou baie » (stations de type A), de 9 stations de type « côtier moyen » (stations de type B) et de 10 stations de type « large et île » (stations de type C), selon un protocole standardisé.

Mots Clés

Approche stationnelle, subtidal, substrat rocheux, limites d'extensions en profondeur, ceintures algales, suivi floristique et faunistique, laminariales, quadrats, diversité spécifique, densité, relevés *in situ*.

Objectifs

- **Mettre en place une stratégie de surveillance dans l'espace et dans le temps s'appuyant sur une typologie et une sélection pertinente de stations, de niveaux et de paramètres suivis.**
- **Mesurer les changements des limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales ainsi que les changements de composition spécifique à au moins trois profondeurs.** Ceci afin d'être en mesure de distinguer les évolutions spatiales (changements stationnels, sectoriels ou régionaux, voire même à plus grande échelle) des évolutions temporelles (à court terme, moyen terme, ou long terme).
- Etre en mesure, dans un deuxième temps, et en nous basant sur une échelle d'espace et de temps suffisante, de contribuer à **identifier les origines anthropiques et/ou naturelles des perturbations enregistrées.**

¹ Muséum National d'Histoire Naturelle

² Département Milieux et Peuplements Aquatiques

REBENT, Suivi substrats durs subtidiaux, limites d'extension en profondeur des ceintures algales et suivi floristique et faunistique

Contexte

- **Trois demandes principales justifient la mise en place du REBENT.** D'abord, l'application de la directive européenne «Habitats» qui porte sur la réalisation de cartes des habitats et la définition de leurs indicateurs de suivi. L'application de la directive cadre «Eau» ensuite qui, prenant en compte la composition et l'abondance de la flore et de la faune benthique, cherche à évaluer l'état écologique d'une Masse d'Eau. La mise en place enfin de plans d'urgence et l'évaluation de l'impact en cas de pollution accidentelle. Le «territoire» prioritaire concerne les eaux territoriales et surtout, la frange côtière : estran et petits fonds, jusqu'à 20 ou 30 mètres de profondeur. Assurant une connaissance homogène du domaine benthique littoral et son suivi, le REBENT devrait à terme être complété et affiné de façon à pouvoir répondre à des besoins plus spécifiques. Avec un démarrage opérationnel prévu pour 2003, la première application expérimentale à la région de Bretagne est susceptible de donner lieu par la suite à une démarche nationale plus globale.

- **Contexte de la région pilote Bretagne :**
 - Les côtes bretonnes offrent une **grande richesse et une large diversité en flore et en faune**. La plupart des communautés benthiques du littoral Manche-Atlantique s'y trouvent représentées et la région contient la plus forte densité de sites naturels à préserver. Elle est également l'objet de multiples atteintes du milieu : eutrophisation à macro et microphytes, pollution par hydrocarbures, par micro- et macro-déchets, contamination par micropolluants (métaux lourds, pesticides), espèces invasives.

 - Pour 60% des stations retenues, il existe, grâce aux inventaires ZNIEFF-MER déjà réalisés (Girard-Descatoire A. *et al.*, 1993, 1995, 1996a, 1996b, 1996c, 1997, 1998, 1999, 2000 ; L'Hardy-Halos M.-T. *et al.*, 2000, 2001a, 2001b, 2001c), des **données antérieures**. Ces connaissances antérieures ont permis de définir une typologie des niveaux d'étagement, de mesurer les limites des différentes ceintures algales en présence, ainsi que leur composition spécifique. Les observations recueillies ont conduit à subdiviser les stations bretonnes en deux groupes : celui des milieux à eau claire, et celui des milieux très turbides, où la tranche d'eau d'où peut s'effectuer la photosynthèse est réduite. Dans ce dernier cas, il nous a fallu redéfinir les niveaux d'étagement au moyen des espèces présentes dans ces habitats d'eaux turbides, à la fois abrités et soumis à des courants de marée importants. Dans le cadre de l'extension du REBENT à d'autres régions de Manche-Atlantique et à fortiori en Méditerranée, il faudra vérifier la pertinence de cette typologie et le cas échéant la redéfinir en tenant compte des particularités locales.

 - Pour certaines stations, les données ont révélé des changements importants dans la distribution de certaines ceintures, conditionnant elles-mêmes toutes les sous-strates correspondantes.

- Un suivi exhaustif de l'ensemble du littoral d'une région (et en particulier celui de la Bretagne) est bien évidemment irréalisable (coût beaucoup trop important), mais on peut raisonnablement penser que le traitement statistique des données obtenues sur l'ensemble des stations retenues devrait permettre la mise en évidence de **tendances évolutives**. D'autre part, ces données seront conjointement analysées avec celles des peuplements algaux intertidaux, et on essaiera, dans la mesure du possible (lorsque la topographie le permet), de retenir quelques stations identiques, ou peu éloignées, pour y mener **un suivi à la fois intertidal et subtidal (rocheux)**.

Méthodologie d'acquisition

Stratégie générale

- **Mise en place d'une typologie des niveaux** (cf. Annexe N°1, Typologie des ceintures algales en Manche-Atlantique). Cette typologie résulte des travaux de Castric-Fey *et al.* (1973-2001) pour les milieux océaniques, les niveaux ont été resitués par rapport à l'ensemble de l'étagement littoral et redéfinis pour les milieux très turbides.
- **Définition des critères de sélection des stations, choix des stations :**
 - Les stations retenues répondent à plusieurs critères. Chaque secteur REBENT retenu (10 en Bretagne) représente une portion du littoral d'une région donnée. Dans la mesure du possible, dans chaque secteur, trois stations, répondant à la stratégie définie ci-dessous sont sélectionnées pour y mener un suivi :
 - La première station de chaque secteur présente un risque de pollution d'origine continentale important (sans exclure toutes autres pollutions d'origine maritime), il s'agit en effet d'un site situé en ria, rade, estuaire, aber, golfe ou baie. On regroupe ainsi l'ensemble de ces stations (11 en Bretagne) sous l'appellation « stations de type A ».
 - La seconde station de chaque secteur présente un risque moindre de pollution d'origine continentale (sans exclure toutes autres pollutions d'origine maritime), il s'agit d'un site que l'on caractérise de « côtier moyen ». On regroupe ainsi l'ensemble de ces stations (9 en Bretagne) sous l'appellation « stations de type B ».
 - Enfin, la troisième station de chaque secteur présente un risque quasi-inexistant de pollution d'origine continentale, il s'agit d'un site du large ou d'une île. On regroupe ainsi l'ensemble de ces stations (10 en Bretagne) sous l'appellation « stations de type C ». Toutefois, ces stations présentent un risque de pollution d'origine maritime (naufnage, marée noire, dégazage... etc.) non négligeable.

Ainsi, cette moyenne de 3 stations par secteur, également réparties sur l'ensemble du territoire concerné (30 pour la Bretagne) permet de faire une représentation régionale (cf. Annexe N°2, listing des Secteurs et Stations retenus en Bretagne).

- Pour chaque station, on positionne le transect dans la partie du site qui présente à la fois :
 - la dénivellation la plus rapide, pour que le transect ne soit pas trop long,
 - le nombre maximum de ceintures (niveaux 1 à 5),
 - l'apparition minimale du fond sédimentaire, car il vient « tronquer » la limite de la dernière ceinture observées.
 - la faisabilité « contextuelle » optimale, c'est-à-dire la possibilité pour les plongeurs de travailler par rapport au courant, à la houle et au temps de plongée.
- **Les trois profondeurs retenues (-3m, -8m et -13m, cf. Annexe 3)** ont été définies grâce aux données antérieures acquises lors des inventaires ZNIEFF-MER effectués en Bretagne. 17 stations (de type A, B ou C) ont été analysées, et ont permis de mettre en évidence qu'à ces trois profondeurs, on obtenait :
 - le plus grand nombre de ceintures : 12 à 14 ceintures observées sur 17 stations, avec :
 - 3 stations sans donnée à -3m,
 - 2 stations sans donnée et 1 station sur fond sédimentaire à -8m,
 - 3 stations sans donnée et 2 stations sur fond sédimentaire à -13m,

- le plus grand nombre de ceintures différentes d'autre part :
 - 3 ceintures sur les 5 à -3m,
 - 4 ceintures sur les 5 à -8m,
 - 4 ceintures sur les 5 à -13m.
- Afin d'éviter tout prélèvement, et pour que l'échantillonnage de terrain ne soit **pas destructif**, l'analyse est basée sur des observations et des mesures effectuées *in situ*. Le suivi qualitatif et quantitatif se voulant le plus précis possible, il faut impérativement éviter que l'impact mesuré soit celui du suivi lui-même :
 - le prélèvement de spécimens d'espèces rares et/ou récemment introduites peut tout à fait perturber la dynamique d'expansion de ces espèces, au moins localement,
 - la strate arbustive des grandes algues constitue une série d'habitats qu'il importe de ne pas perturber périodiquement : vitesse de croissance lente de nombreuses algues, largeur limitée de certaines ceintures algales (Niveau 1 à *Laminaria digitata* en particulier), déplacements provoqués par les animaux brouteurs,
 - tous les trois ans, le relevé se fait sur des quadrats positionnés de manière aléatoire le long des mêmes transects.
- L'échantillonnage de terrain ne peut se concevoir que lorsque les différentes ceintures à étudier sont accessibles en plongée, c'est-à-dire lors de leur **phase d'immersion maximale** (surtout pour les hauts niveaux de l'infralittoral supérieur), et uniquement dans l'intervalle de temps que permet **l'étale de marée**. Ainsi, même si les limites de toutes ceintures sont relevées (le niveau 1 compris), le suivi sur quadrat ne se fait que dans les ceintures de niveaux 2, 3 et 4.

Paramètres étudiés

Pour chacune des trois ceintures algales correspondant aux Niveaux 2, 3 et 4, trois paramètres sont suivis au cours du temps, avec une périodicité de relevé par station de trois années.

- Paramètre 1 : **Limite d'extension en profondeur de la ceinture algale :**
 La mesure de l'extension en profondeur des ceintures algales présentes permet de mesurer leur évolution, c'est-à-dire leur remontée ou leur descente en profondeur. Au maximum, on peut avoir les cinq ceintures (cf. Annexe 1), à moins que la dernière ceinture observée ne soit tronquée par l'apparition du fond sédimentaire.
 Le relevé des limites de ceintures se fait à chaque fois le long d'un transect préalablement déroulé, et toujours positionnée au même endroit (cf. paragraphe « *Logistique - Préparation* »). Chaque limite de ceinture est identifiée selon une typologie double connue, selon que la station considérée se trouve dans des eaux à turbidité particulièrement importante ou pas (cf. Annexe 1). Pour chaque limite de ceinture, la profondeur et l'heure sont notées précisément (ainsi que la date), de manière à rapporter ensuite l'ensemble des profondeurs obtenues au zéro des cartes marines françaises (niveau des plus basses mers de vive eau théorique d'un coefficient de 120).
- Paramètre 2 : **Diversité spécifique faunistique et floristique totale :**
 Toutes les espèces faunistiques et floristiques (ou les taxons d'ordre supérieur dans les cas où l'identification des espèces est impossible *in situ*) présentes dans les quadrats échantillonnés seront notées dans la fiche terrain sous leur dénomination latine.

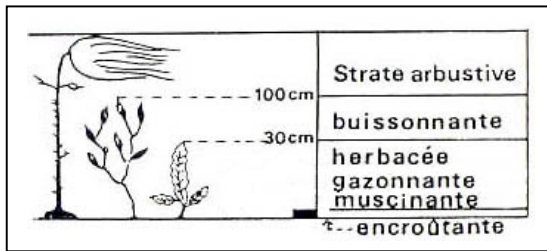


Fig. 1 : Stratification algale (d'après Girard A. *et al.*, 1987)

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.

Le classement se fait par strate selon la taille moyenne des individus (cf. Fig.1), et on a retenu 4 principales strates :

- Strate I (encroûtante : Lithothamniées, petits épiphytes) : taille inférieure à 0,5 cm de haut,
- Strate II (petites Fucales, algues rouges et vertes en lames et filamenteuses) : taille comprise entre 0,5 et 30 cm de haut,
- Strate III (Fucales de taille moyenne) : taille comprise entre 30 et 100 cm de haut,
- Strate IV (grandes Fucales, Laminariales) : taille supérieure à 100 cm de haut.

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

• Paramètre 3 : **Densité faunistique et floristique (cf. Annexe N°4 : Liste des espèces et taxons de niveau 2 faisant l'objet du suivi quantitatif) :**

Le suivi quantitatif permet de mesurer avec précision l'évolution de la densité faunistique et floristique des espèces (et taxons) les mieux représentées aux trois profondeurs (-3m, -8m et -13m), ainsi que dans les ceintures situées à de plus grandes profondeurs. En effet, il convient de se limiter aux espèces (ou taxons) les plus caractéristiques et donc les mieux représentées en terme d'abondance.

Les relevés étant effectués au moyen de la plongée en scaphandre autonome, pour des raisons de sécurité, les observateurs plongent systématiquement en binômes (en palanquées), ce qui suppose deux plongeurs par rectangulat. Afin d'éviter à ces derniers de se gêner, un partage de ce « rectangulat » d' $\frac{1}{2} \text{ m}^2$ en deux petits quadrats de $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ juxtaposés a été proposé (cf. Fig. 2), chaque plongeur se positionnant devant l'un de ces deux quadrats de $\frac{1}{4} \text{ m}^2$.

Le quadrat est maintenu au fond pour la durée de son échantillonnage uniquement, au moyen de plombs fixés aux quatre coins de ce dernier. Plusieurs quadrats (de $\frac{1}{4} \text{ m}^2$) sont ainsi inventoriés aux trois profondeurs retenues (-3m, -8m, -13m) et plus globalement au sein de chaque ceinture.

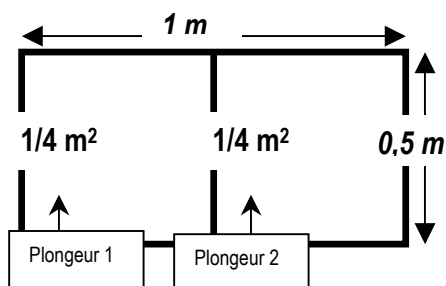


Fig. 2 : « Rectangulat » d'une surface de $2 \times \frac{1}{4} \text{ m}^2$

Matériaux :

Le quadrat est constitué de matériaux plastiques (PVC) :

- tubes de PVC eau usé compact « NF » 26x32
- coude PVC FF 87°30 dia.32
- TE pied de biche PVC FF 87°30 dia.32
- tampon de visite PVC dia.32
- colle PVC rigide + pinceau boîte 500ml griffon T-88

L'échantillonnage expérimental dans le niveau 2 a permis de définir trois hypothèses :

- Hypothèse haute : échantillon de 16 quadrats
- Hypothèse intermédiaire : échantillon de 12 quadrats
- Hypothèse basse : échantillon de 8 quadrats

La ceinture de niveau 2 étant essentiellement représentée par les algues, le choix définitif se situe entre l'hypothèse 2 et 3, soit **10 quadrats de $\frac{1}{4} \text{ m}^2$** . En effet, les espèces animales recensées en trop faible abondance et sans signification écologique précise connue (qualité du milieu) n'imposent pas une plus grande lourdeur de l'échantillonnage.

Pour les autres ceintures (Niveaux 3 et 4), et dans un soucis d'optimisation de l'échantillonnage, une approche expérimentale telle que celle qui a été utilisée pour le niveau 2 a été réalisée en 2004 : **8 quadrats de $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ seront donc échantillonnés dans la ceinture de niveau 3 et 7 quadrats de $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ seront échantillonnés dans la ceinture de niveau 4.**

Le comptage concerne exclusivement les espèces 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 d'écarter (sans les arracher) les thalles les plus longs pour faire apparaître les espèces (faune et flore) de la sous-strate.

Deux cas de figure se présentent : les espèces pour lesquelles les individus peuvent être dénombrés (densités réelles), ou les formes encroûtantes pour lesquelles un indice de recouvrement (côte de 0 à 6 : cf. Fig. 3) a été retenu (densité approchée). Cette cotation a été élaborée d'après l'échelle d'appréciation de l'abondance-dominance et de sociabilité utilisée en phytosociologie (Pérès, 1961).

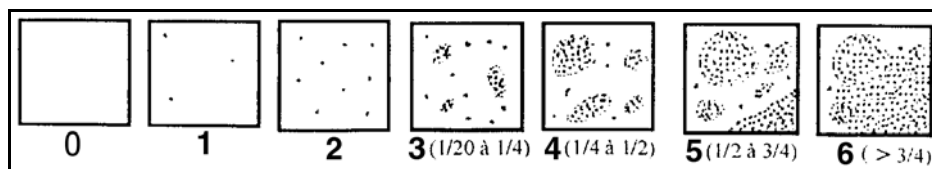


Fig. 3 : Echelle d'appréciation de l'abondance-dominance (d'après Pérès, 1961)

Les pourcentages de recouvrement par espèce peuvent être ensuite calculés en regroupant les espèces ou groupes taxonomiques par strate, ou catégorie de taille, afin de dresser un tableau précis de la stratification verticale des peuplements.

Une estimation du pourcentage de roche nue est donnée pour chaque quadrat.

Dans tous les cas, la surface du substrat prise en considération suivra les accidents de la roche et sera donc légèrement supérieure à $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ par quadrat.

Technique d'échantillonnage

La méthode non destructive est basée :

- sur le relevé des limites des différentes ceintures algales,
- sur un relevé qualitatif et quantitatif (dénombrement ou indice de recouvrement pour les espèces encroûtantes) sur quadrat des espèces bien représentées et déterminables *in situ*, lorsque les profondeurs retenues (-3m, -8m, -13m) se situent dans les ceintures de niveaux 2, 3 et 4, mais peut aussi s'étendre à des profondeurs inférieures lorsque certaines de ces 3 ceintures algales atteignent de plus grandes profondeurs.
- sur un relevé par la photographie numérique lorsque les profondeurs retenues (-3m, -8m, -13m) se situent au niveau de tombants et de niveaux 5, mais peut aussi s'étendre à des profondeurs inférieures lorsque les tombants et niveaux 5 atteignent de plus grandes profondeurs.

Pour le niveau 2, les relevés qualitatifs et quantitatifs sont effectués sur des quadrats de 0,25 m², à raison de 10 quadrats par bathymétrie, positionnés de manière aléatoire le long ou proche du transect, ce qui donne une surface totale de 2,5 m² par bathymétrie de niveau 2 et par station. Ainsi, lorsque les trois profondeurs retenues (-3m, -8m, -13m) se situent dans la

ceinture de niveau 2, les relevés seront effectués sur 30 quadrats (soit 10 quadrats à -3m, 10 quadrats à -8m et 10 quadrats à -13m), soit un total de 7,5 m². Rappelons que les quadrats ne doivent pas se chevaucher, pour la pertinence de l'analyse statistique.

Signalons toutefois que les espèces observées sur un site en dehors des quadrats sont répertoriées, mais qu'elles ne rentrent pas en ligne de compte dans l'analyse statistique.

Pour le niveau 3, les relevés qualitatifs et quantitatifs sont effectués sur des quadrats de 0,25 m², à raison de 8 quadrats par bathymétrie, positionnés de manière aléatoire le long ou proche du transect, ce qui donne une surface totale de 2 m² par bathymétrie de niveau 3 et par station.

Pour le niveau 4, les relevés qualitatifs et quantitatifs sont effectués sur des quadrats de 0,25 m², à raison de 7 quadrats par bathymétrie, positionnés de manière aléatoire le long ou proche du transect, ce qui donne une surface totale de 1,75 m² par bathymétrie de niveau 2 et par station/

Fréquence d'échantillonnage

Compte-tenu :

- de la périodicité des cycles de suivi des programmes nationaux et européens, généralement de 3 années (DCE), à 6 années (DCE, Natura 2000),
- du nombre important de stations nécessaires à échantillonner pour assurer pour chaque secteur du littoral un bon maillage (par exemple 30 stations pour 10 secteurs en Bretagne),
- de la volonté de comparer les résultats obtenus sur des échelles de temps raisonnables et cohérentes avec les modifications susceptibles d'être enregistrées (réflexion basée sur notre expérience et notre recul en ce domaine),
- du choix retenu de dissocier trois types de stations par secteur : Stations de type A : « ria, rade, estuaire, aber, golfe ou baie », Stations de type B : « côtier moyen », Stations de type C : « large ou île »,

le suivi proprement dit est effectué selon un **cycle tri-annuel**, permettant donc tous les 3 ans de réaliser un échantillonnage complet de chaque station (limites des ceintures algales + diversité spécifique floristique et faunistique totale + densité floristique et faunistique pour les ceintures de niveaux 2, 3 et 4, + photographie numérique pour les tombants et niveaux 5).

Bien évidemment, si une perturbation est constatée ou annoncée, le délai de trois ans pourra être raccourci à un an, à raison d'un voire deux échantillonnages par an, selon le cas. En effet, n'oublions pas qu'une réactivité rapide et cohérente est exigée de la part des partenaires du REBENT, et qu'elle correspond à l'un des principaux fondements de ce réseau.

Logistique

Préparation (au printemps, la première année)

La préparation nécessite un repérage des stations retenues à l'intérieur des zones et des secteurs définis par le REBENT.

En préliminaire, nous rappellerons en quoi consiste la phase préparatoire aux techniques de relevés :

- Pour préparer la navigation « port – station », il nous faut tout d'abord déterminer les coordonnées géographiques de chaque site sur les cartes SHOM correspondantes. Il nous faut ensuite trouver :
 - la meilleure orientation pour chaque station. En fonction de la direction de la houle et du courant, l'objectif est ici de relever le plus grand nombre de niveaux présents, tout en ayant une pente suffisamment rapide pour éviter que le transect ne soit trop long.
 - la faisabilité annuelle, par rapport aux conditions météorologiques et donc de mer,
 - la faisabilité « contextuelle », c'est-à-dire la possibilité pour les plongeurs de travailler par rapport au courant, à la houle et au temps de plongée.
- Dans un deuxième temps, après un repérage de surface (au sondeur, compas de relevé et dGPS), il s'agit de poser le transect puis de le baliser, afin d'avoir un repère de surface (bouée de surface). Le relevé des limites des ceintures algales permettra ensuite de valider le positionnement du transect, et conditionnera alors le marquage du fond (bouée de fond) :
 - **Pose du transect et relevé topographique :**
 - validation du repérage de surface par une première « plongée-repérage » (au compas),
 - pose du repère de surface au moyen d'une bouée de surface,
 - pose du transect depuis une gueuse, coincée dans une faille près de la surface jusqu'au sédiment ou jusqu'à l'extrémité du transect, selon le cap précédemment établi (compas fixé sur une fiche de relevé immergeable),
 - relevé topographique manuel le long du transect, depuis le fond vers la surface en raison des mesures de sécurité à respecter en plongée (profil de la plongée), au moyen : d'une montre, d'un profondimètre, d'une pige en PVC de 50 cm (ou parfois mais rarement d'une pige d'un mètre de long lorsque le transect est très long), parcourue par un bout plombé à son extrémité et d'une planche de relevé immergeable pour noter les heures et profondeurs.
 - **Marquage :**
 - repérage d'une faille qui soit de taille adéquate,
 - brossage des épibioses et la « préparation de la faille » à l'aide d'un burin. En Bretagne, les fonds rocheux des 30 stations sont quasiment tous granitiques, ce nettoyage et cette fixation sont donc parfois laborieux.
 - mise en place d'une ganse inox avec un cavalier inox qui est enfoncé en force dans la faille, à l'aide d'un marteau lourd,
 - préparation, en surface, de l'amalgame : ce dernier doit être préparé dans un seau contenant de l'eau chaude (eau chaude de la « pissette » du moteur), puis est placé dans un sac plastique que le technicien de la plongée professionnelle scientifique emportera avec lui.
 - pose de l'amalgame, dans la faille et sur le cavalier inox,
 - durcissement de l'amalgame qui peut varier de 1H à 6H environ (et dont la dureté est comparable à celle de l'acier)

- le relevé de la limite d'extension en profondeur des différentes ceintures algales observables (profondeurs qui seront par la suite corrigées et rapportées au zéro des cartes marines françaises),
- le relevé des coordonnées géographiques précises au GPS,
- et enfin le retrait du transect.

Il faut garder à l'esprit que l'un des objectifs de ce suivi est de relever le plus grand nombre de niveaux : des hauts niveaux aux bas niveaux (de +7m à -35m pour les limites extrêmes mesurées lors de l'analyse des 30 stations bretonnes, profondeur corrigée et rapportée au zéro des cartes marines françaises).

Toutefois, lorsque le profil bathymétrique est trop étendu, en raison d'une dénivellation trop faible, il arrive que l'on ne puisse pas atteindre la limite inférieure de certaines ceintures, le relevé s'arrête par conséquent à la fin du transect. On retient alors une longueur considérée

comme maximale, compte-tenu ou bien des aspects de sécurité relatifs à la plongée en scaphandre autonome, ou bien en raison de la topographie particulière de certains sites (cas des chenaux où le dernier niveau correspond également au dernier niveau de la berge opposée du chenal).

On retiendra ainsi des stations :

- de mode typiquement battu,
- de mode typiquement abrité,
- de mode semi-battu ou semi-abrité,
- à forte turbidité.

Terrain (au printemps, annuellement)

• Matériel :

- Documents de terrain (cartes SHOM, fiches de terrain,...),
- Matériel, outils et matériaux de marquage des sites : bouées, câble inox, fiche signalétique gravoply avec n° de station, cavalier inox, "ciment" (= mélange de EPICOL P A et d'EPICOL P B). La boule de mélange de "ciment" malléable pendant environ 15 minutes est en moyenne de 0,5 litre de mélange / faille (et donc par fixation),
- Equipement de relevé : sondeur, GPS, quadrats, transects, appareil photo numérique,
- Equipement de plongée pour 2 plongeurs professionnels,
- Moyens de transports : voiture puis bateau.

• Personnel : (compétences)

- 3 plongeurs professionnels Classe II Mention B (salariés de la Station de Biologie Marine du Muséum National d'Histoire Naturelle de Concarneau pour la Bretagne) dont un Scientifique Océanographe (spécialiste faune/flore des fonds subtidaux rocheux) et un Technicien de la plongée professionnelle scientifique, plus éventuellement un biologiste-plongeur professionnel (Classe I Mention B Mention B, également salarié de la Station de Biologie Marine du Muséum National d'Histoire Naturelle de Concarneau pour la Bretagne) pour aider les trois autres plongeurs Classe II Mention B sur le terrain.
- On peut donc considérer qu'une équipe de même type par région du littoral (Bretagne, Cotentin – Manche Est, Atlantique de la Vendée au Pays Basque, Méditerranée) soit suffisante, à condition que l'un des 2 plongeurs professionnels soit un scientifique spécialiste de la flore des fonds subtidaux rocheux de la région concernée.

Contraintes particulières

- La première contrainte concerne les **conditions météorologiques et de marnage**, avec un accès sur site pas toujours garanti, même la veille ou le jour même. En effet, on peut rencontrer de réelles difficultés lors de la mise en place des outils de relevés (transects et quadrats) mais aussi lors du travail de relevé à proprement parlé, en raison de la houle de surface pour les hauts niveaux, et en raison du courant pour les sites exposés (Bréhat, Batz, Ouessant, Pointe du Van pour la Bretagne).
- La seconde contrainte concerne la **durée d'intervention parfois restreinte en plongée**. Elle est due aux courants parfois très importants et très fréquents dans certains secteurs, où l'étalement de marée est parfois très réduite voire quasiment inexistante, et aux problèmes de saturation et de désaturation du plongeur.
- Une autre contrainte concerne la **logistique « bateau »** qui peut être techniquement défaillante au dernier moment.
- Pour chaque station, la **fixation de la « marque-repère »** dans la partie supérieure du transect se fait systématiquement dans une faille, après nettoyage de celle-ci de ses épiphytes. En Bretagne, les fonds rocheux des 30 stations sont quasiment tous granitiques. Ce nettoyage et cette fixation sont parfois laborieux, et certaines marques ne tiennent pas et doivent être remplacées.
- Une au moins des deux personnes travaillant sur le terrain doit être **spécialiste de la flore des fonds subtidaux rocheux de sa région**, et doit effectuer elle-même le suivi de l'ensemble des stations. Cette personne doit 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 floristique et faunistique d'une part, et pour repérer d'éventuelles espèces introduites d'autre part, ce qui permettra d'éviter le problème du biais observateur, majeur en plongée (Derrien-Courtel *et al.*, 2003 : cf. étude « Evaluation du biais observateur sur quadrat »).
- Le suivi de l'ensemble des stations doit être réalisé pendant la même saison. D'autre part, il faut à la fois combiner la meilleure période d'observation des algues (*in situ*), et la période présentant les meilleures conditions météorologiques pour un travail en mer et en plongée en particulier. C'est ainsi que la période du **printemps-début été** a été retenue.

Méthodologie de gestion et de traitement

- A l'issue des missions de terrain, les données brutes sont saisies, analysées, mises en forme et archivées sous forme numérique. **L'exploitation des données et la restitution des résultats** du suivi sont effectuées lors de l'hiver qui suit chaque mission de terrain de printemps-début été.
- **L'analyse statistique spatiale des relevés de limites**, pour les ceintures de niveaux 1, 2, 3, 4 et 5, effectués tous les trois ans pour chaque station, et toujours effectués le long du même transect, et ce pour chaque station, permet de comparer :
 - les différentes ceintures (niveaux 1, 2, 3, 4 et 5) entre elles pour chaque station
 - chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau de l'ensemble des stations de type A de la région,
 - chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau de l'ensemble des stations de type B de la région,
 - chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau de l'ensemble des stations de type C de la région,

- chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau des différentes stations d'un même secteur.
- **L'analyse statistique temporelle des relevés de limites** pour les ceintures de niveaux 1, 2, 3, 4 et 5, effectués tous les trois ans pour chaque station, permet de comparer l'évolution :
 - des différentes ceintures (niveaux 1, 2, 3, et 4 et 5) pour chaque station,
 - de chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau de l'ensemble des stations de type A de la région,
 - de chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau de l'ensemble des stations de type B de la région,
 - de chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau de l'ensemble des stations de type C de la région,
 - de chaque ceinture (de niveaux 1, puis 2, puis 3, puis 4, puis 5) au niveau des différentes stations d'un même secteur.
- **L'analyse statistique spatiale, (diversité spécifique totale et densité faunistique et floristique sur quadrat** pour les ceintures de niveaux 2, 3 et 4, et la photographie pour les tombants et le niveau 5, effectués tous les trois ans pour chaque station et toujours effectués le long du même transect, et ce pour chaque station), permet de comparer géographiquement :
 - les différentes profondeurs (-3m, -8m et -13m) entre elles pour chaque station,
 - chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau de l'ensemble des stations de type A de la région,
 - chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau de l'ensemble des stations de type B de la région,
 - chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau de l'ensemble des stations de type C de la région,
 - chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau des différentes stations d'un même secteur.
 - les différentes ceintures (niveaux 2, 3 et 4) entre elles pour chaque station,
 - chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau de l'ensemble des stations de type A de la région,
 - chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau de l'ensemble des stations de type B de la région,
 - chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau de l'ensemble des stations de type C de la région,
 - chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau des différentes stations d'un même secteur.
- **L'analyse statistique temporelle**, des observations réalisées tous les trois ans pour chaque station, (**diversité spécifique totale et densité faunistique et floristique sur quadrat** pour les ceintures de niveaux 2, 3 et 4, et la photographie pour les tombants et le niveau 5, toujours effectués le long du même transect, et ce pour chaque station) permet de comparer l'évolution :
 - des différentes profondeurs (-3m, -8m et -13m) pour chaque station,
 - de chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau de l'ensemble des stations de type A de la région,
 - de chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau de l'ensemble des stations de type B de la région,

- de chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau de l'ensemble des stations de type C de la région,
 - de chaque profondeur (3m, puis -8m, puis -13m) au niveau des différentes stations d'un même secteur.
 - des différentes ceintures (niveaux 2, 3 et 4) pour chaque station,
 - de chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau de l'ensemble des stations de type A de la région,
 - de chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau de l'ensemble des stations de type B de la région,
 - de chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau de l'ensemble des stations de type C de la région,
 - de chaque ceinture (de niveaux 2, 3 et 4) au niveau des différentes stations d'un même secteur.
- 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.

Contraintes particulières

La principale contrainte concerne l'échelle de temps nécessaire à l'analyse statistique temporelle : d'une part pour mesurer l'évolution des limites des ceintures algales (qui est parfois rapide mais parfois très lente), pour mesurer l'évolution des peuplements à chacune des trois références bathymétriques (-3, -8 et -13m) mais aussi à des profondeurs inférieures lorsque certaines des ceintures algales atteignent de plus grandes profondeurs, et d'autre part pour analyser et critiquer le protocole adopté, et en particulier les listes d'espèces et taxons aujourd'hui retenues pour le suivi quantitatif.

Données produites

- **Limite d'extension en profondeur de la ceinture algale**
Graphiques montrant l'évolution des limites des ceintures algales intra-stations, inter-stations, inter-stations de type A, B et C et inter-secteurs.
- **Diversité spécifique floristique et faunistique totale**
 - Listes des espèces et groupes taxonomiques, en situant les espèces au sein de la classification.
 - Graphiques montrant l'évolution de la diversité spécifique floristique et faunistique intra- et inter-stations, inter-stations de type A, B et C, inter-secteurs.
 - Cartes de répartition géographique des espèces et groupes taxonomiques établies au cours du temps.
- **Densité floristique et faunistique**
 - Tableaux des dénombrements et indices de recouvrement par espèce et par groupe taxonomique,
 - Tableaux des dénombrements et indices de recouvrement par strate,

- Graphiques montrant la structuration et l'évolution des ceintures, et de la référence bathymétrique.
- Comparaison statistique des valeurs obtenues aux niveaux spatial et temporel et graphiques intra-stations, inter-stations, inter-stations de type A, B et C et inter-secteurs correspondants.

Moyens à consentir et compétences requises

Ressources humaines (en phase opérationnelle)

Pour la région Bretagne, il faut compter :

- une équipe de terrain de trois plongeurs professionnels (également minimum obligatoire d'un point de vue réglementaire), dont un spécialiste de la flore des fonds subtidaux rocheux,
- en trois ans, une étude complète (les 3 paramètres) :
 - des 11 stations de type A,
 - des 9 stations de type B,
 - des 10 stations de type C,
- deux à trois journées d'échantillonnage (parfois jusqu'à 6 plongées) par station, soit jusqu'à 30 jours de terrain par an, plus ou moins 8 jours (pour les annulations sur site liées à une détérioration des conditions météo),
- 6,5 mois pour le Scientifique responsable du suivi, comprenant :
 - la planification des missions de terrain,
 - les missions de terrain,
 - l'identification en laboratoire des espèces non déterminées sur le terrain,
 - l'exploitation puis la mise en forme des données,
 - le suivi bibliographique,
 - l'entretien et le renouvellement du matériel (avec l'aide du technicien),
 - la coordination avec les autres benthologues du REBENT.
- 1 mois pour le technicien de la plongée professionnelle scientifique, comprenant :
 - les préparations des missions de terrain,
 - les missions de terrain,
 - l'entretien et le renouvellement du matériel.

Matériel (en phase opérationnelle)

- **Équipement**
 - véhicule automobile pour les déplacements
 - bateau équipé pour la plongée au large + marin
 - sondeur + système GPS + appareil photographique numérique (suivi des tombants et des niveaux 5)
 - équipement de plongée professionnelle (pour 3 plongeurs professionnels)
 - 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 (pour bocalisation alcool/formol, et alguiers) et de bureau, outillage
- transects, bouées, matériel de marquage et quadrats
- matériel de secours plongée
- 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 Universitaires et MNHN, IUEM, Centres Ifremer) disposant d'une alimentation en eau de mer courante et d'un environnement logistique et scientifique adéquat.

Références

CASTRIC-FEY A., GIRARD-DESCATOIRE A., et F. LAFARGUE, 1978. Les peuplements sessiles de l'archipel Glenan. Répartition de la faune dans les différents horizons. Vie et Milieu, 28-29 (1) ser AB : 51-67.

CASTRIC-FEY A., GIRARD-DESCATOIRE A., LAFARGUE F., et M.-Th L'HARDY-HALOS, 1973. Etagement des algues et des invertébrés sessiles dans l'archipel de Glenan. Définition biologique des niveaux bathymétriques. Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 24 : 490-509.

CASTRIC-FEY A., GIRARD-DESCATOIRE A., L'HARDY-HALOS M.-Th. et S. DERRIEN-COURTEL, 2001. La vie sous-marine en Bretagne – Découverte des fonds rocheux. Les Cahiers Naturalistes de Bretagne n°3, Conseil Régional de Bretagne, Biotope édit., 176 pp.

CASTRIC-FEY A., GIRARD-DESCATOIRE A., GENTIL F., DAVOULT D. et J.M. DEWARUMEZ, 1997. Macrobenthos des substrats durs intertidaux et subtidaux. In "Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du nord". Coord. J.C. Dauvin. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, pp 83-95.

DAUVIN J.C. et al., 1994. Typologie des ZNIEFF-Mer, liste des paramètres et des biocénoses des côtes françaises métropolitaines. Coll. Patrimoine naturel, vol. 12, 2^{ème} ed., Paris, Secrétariat Faune et flore / MNHN.

DERRIEN S. et C. BEAUPOIL, 2003. Rapport annuel 2002 (année N°1/3). Programme de suivi des conséquences écologiques et écotoxicologiques de la marée noire « Erika », Etude et suivi de la faune et la flore marines subtidales, Etude des fonds rocheux. Ministère de l'Environnement, septembre 2003, 102p.

DERRIEN-COURTEL S. BEAUPOIL C. et PECARD M., 2003. Mise en place d'un protocole de suivi faunistique et floristique des fonds subtidaux rocheux en plongée autonome » Années 2002 - 2003, APD-REBENT, Contrat IFREMER-MNHN N° 03 2 433 403 décembre 2003, 62p.

DERRIEN-COURTEL S., PECARD M. et DERRIEN René, 2004. Contribution à la phase opérationnelle du REBENT pour le suivi des ceintures algales, Région Bretagne - Année 2003, REBENT Opérationnel, Contrat IFREMER-MNHN N° 2003 2 2433404, octobre 2004, 112p.

DERRIEN-COURTEL S., MERCIER N. et BEAUPOIL C. 2004. Mise au point de protocole de suivi et réalisation de mesures dans le cadre de la phase opérationnelle du REBENT Bretagne 2004, Contrat IFREMER-MNHN N° 2004 2 2433402, novembre 2004, rapport d'avancement, 10p.

GIRARD A., CASTRIC A., et C. CHASSE, 1987. Guide du plongeur naturaliste. Penn ar Bed, 17 (124) : pp 1-52.

GIRARD-DESCATOIRE A., CASTRIC-FEY A. et M.-Th. L'HARDY-HALOS, 1993. Inventaire des fonds rocheux de grand intérêt biologique en milieu marin dans la zone subtidale

(Côte de Granite Rose). Rapport Convention NJ/CONSMVM, Direction Départementale de l'Équipement des Côtes d'Armor. 157p.

GIRARD-DESCATOIRE, A., CASTRIC-FEY, A. et M.Th. L'HARDY-HALOS, 1995 Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux autour de l'île d'Ouessant. Rapport Convention ZNIEFF 94, Direction régionale de l'Environnement, Rennes. 109p.

GIRARD-DESCATOIRE A., CASTRIC-FEY A. et M.-Th. L'HARDY-HALOS, 1996a. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de l'archipel de Glenan. Rapport DIREN Rennes, Convention ZNIEFF 94. Juin 1996, 172p.

GIRARD-DESCATOIRE A., CASTRIC-FEY, A. et M.Th. L'HARDY-HALOS, 1997 Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de Saint-Malo et de Dinard. Rapport Diren, Juin 97, 150p. Convention Znieff 94.

GIRARD-DESCATOIRE A., CASTRIC-FEY, A. et M.Th. L'HARDY-HALOS, 1998 Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de l'archipel des Sept-Iles. Rapport Diren, Juin 98. Convention Znieff 94.

GIRARD-DESCATOIRE A., CASTRIC-FEY, A. et M.Th. L'HARDY-HALOS, 1999. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de la Baie de Lannion. Rapport Diren, Région et Conseil Général des Côtes d'Armor, Mai 1999, 151 p.

GIRARD-DESCATOIRE A., CASTRIC-FEY, A. et M.Th. L'HARDY-HALOS, 2000. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de la Baie de Lannion. Complément d'inventaire. Rapport Diren et Conseil Général des Cotes d'Armor, Avril 2000, 82 p.

GIRARD-DESCATOIRE A., L'HARDY-HALOS M.-Th. et A. CASTRIC-FEY, 1996b. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux du Golfe du Morbihan et de la Ria d'Étel. Rapport DIREN, nov. 96. 167 p. Convention Znieff 94.

GIRARD-DESCATOIRE A., L'HARDY-HALOS M.Th. et A. CASTRIC-FEY, 1996c. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux sublittoraux en Proche Iroise et Rade de Brest. Rapport Convention ZNIEFF 94, Direction régionale de l'Environnement, Rennes, février 1996. 133p.

L'HARDY-HALOS, M.-Th CASTRIC-FEY A., et DERRIEN-COURTEL, 2001a. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de l'estuaire du Jaudy. Programme Contrat Nature Tranche 2. Rapport Conseil Régional de Bretagne / Fonds Européens / Conseil Régional des Côtes d'Armor. Rennes, décembre 2001, 132p.

L'HARDY-HALOS, M.Th. et A. CASTRIC-FEY, 2000. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de la presqu'île de Crozon et autour du Cap Sizun. Programme Morgane 2, Fonds Feoga, Diren, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 228p.

L'HARDY-HALOS, M.Th. et A. CASTRIC-FEY, 2001b. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de l'île de Groix. Programme Contrat Nature Tranche 1 Rapport Conseil Régional de Bretagne / Fonds Européens / Conseil Régional des Côtes d'Armor. Rennes, Août 2001, 176 p.

L'HARDY-HALOS, M.Th. et A. CASTRIC-FEY, 2001c. Inventaire de la faune et de la flore sur les fonds rocheux de l'estuaire du Trieux. Programme Contrat Nature Tranche 1 Rapport Conseil Régional de Bretagne / Fonds Européens / Conseil Régional des Côtes d'Armor. Rennes, Août 2001, 166 p.

PERES, J.M., 1961. Océanographie biologique et Biologie marine. Presses Universitaires de France, Paris, 541 pp.

Annexes

[Annexe 1 : Typologie des ceintures algales en Manche-Atlantique](#)

[Annexe 2 : Listing des Secteurs et Stations retenus en Bretagne \(accès restreint\)](#)

[Annexe 3 : Typologie des ceintures algales de 17 stations, basée sur leurs données antérieures de 1967 à 2002 \(accès restreint\)](#)

[Annexe 4 : Liste floristique et faunistique de la région Bretagne – Suivi quantitatif in situ sur quadrat \(accès restreint\)](#)

[Annexe 5 : Fiche de terrain standardisée pour le suivi faunistique et floristique des fonds subtidaux rocheux sur quadrat \(accès restreint\)](#)

[Annexe 6 : Traitements statistiques](#)