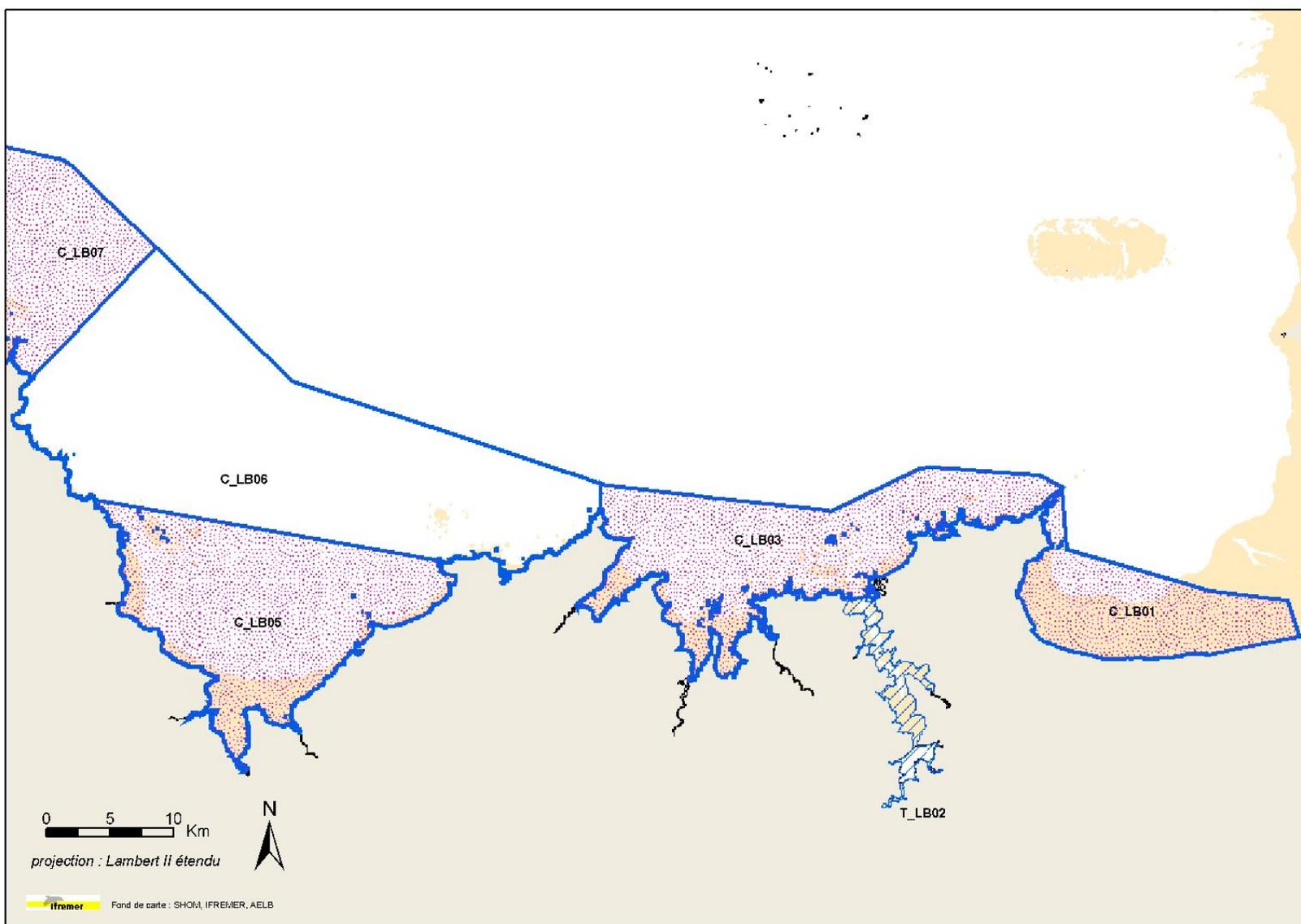
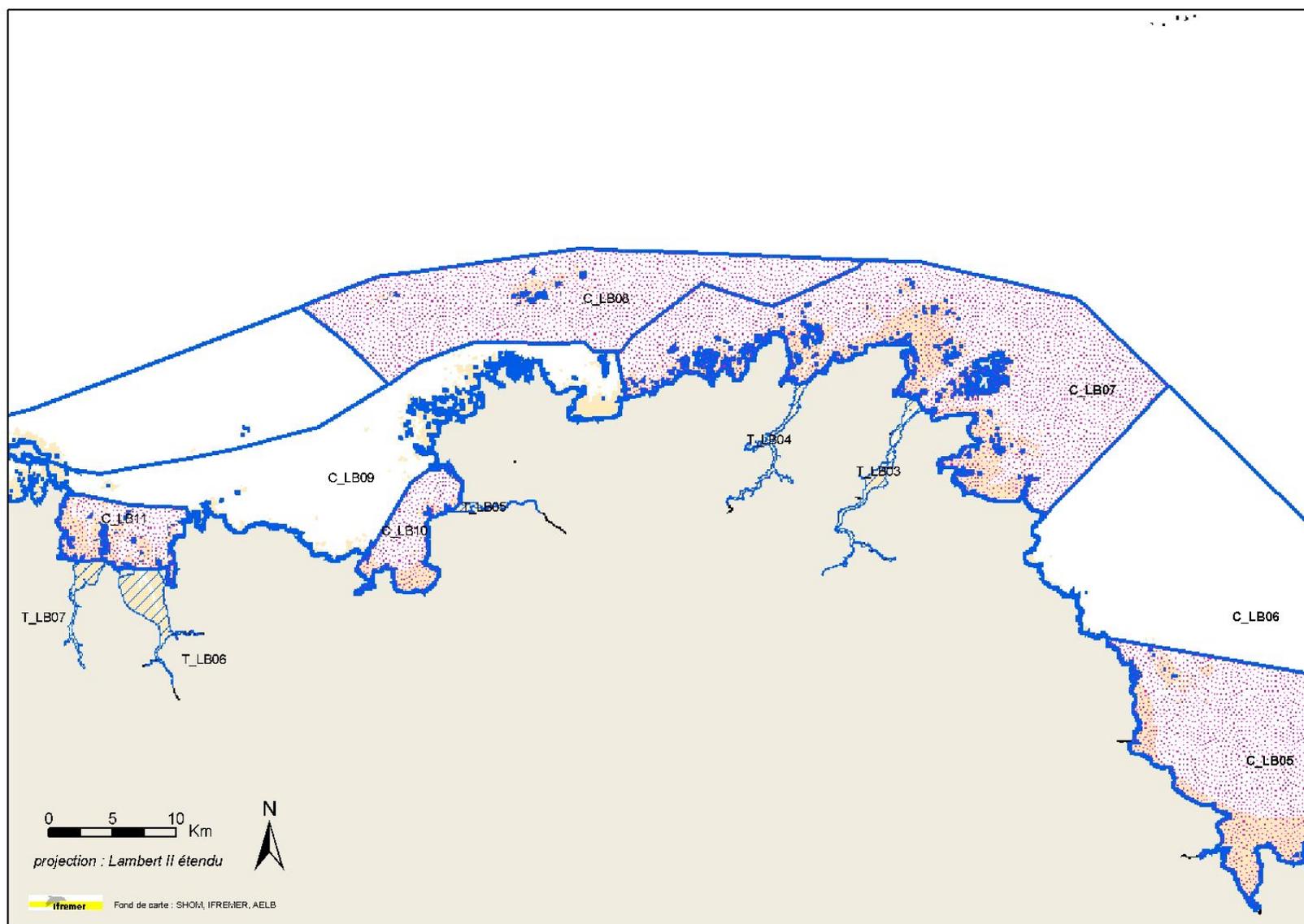


## **Annexe 1 Masses d'eau du district Loire Bretagne retenues pour le contrôle de surveillance**

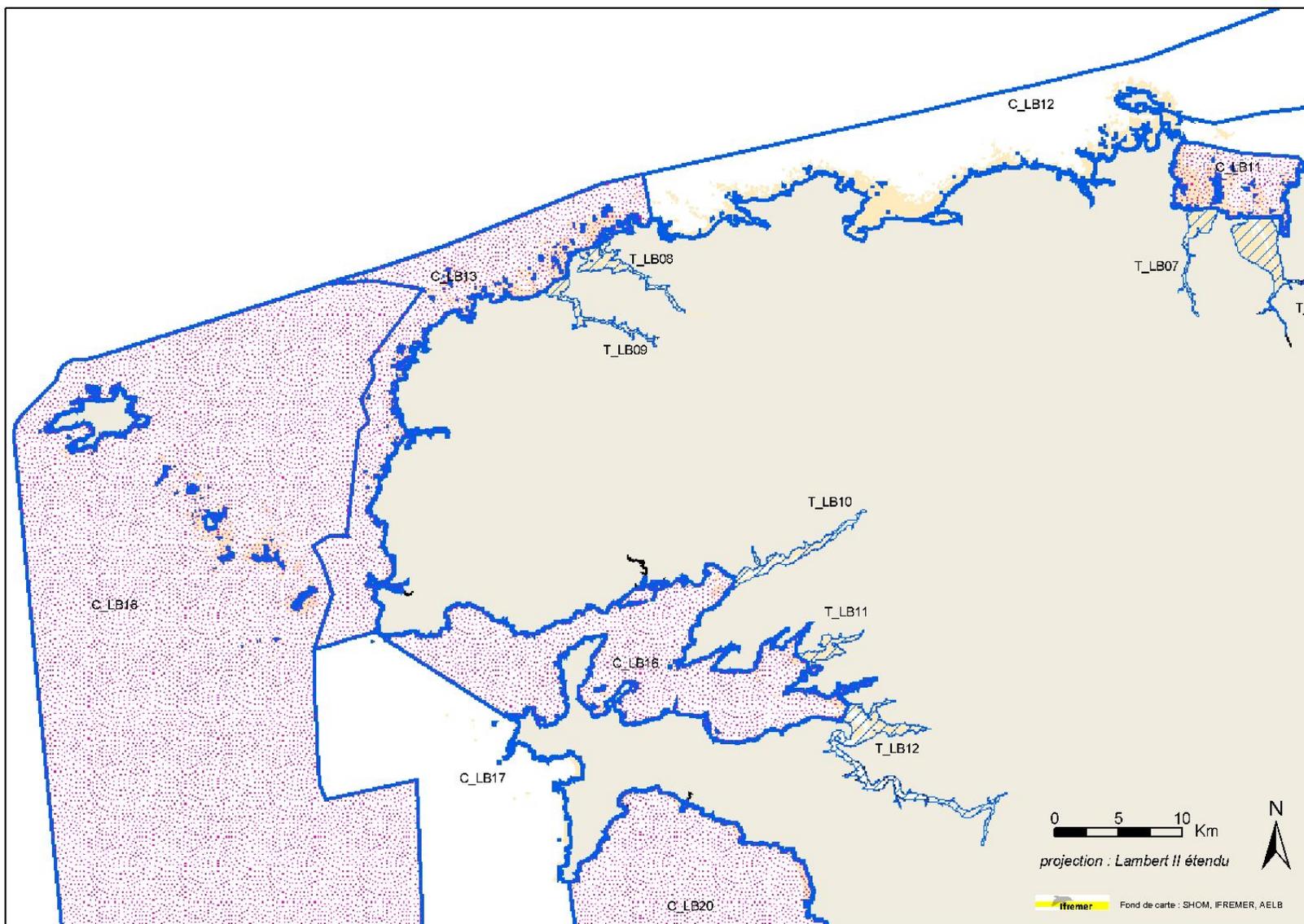
Les masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance sont indiquées avec une trame rose.



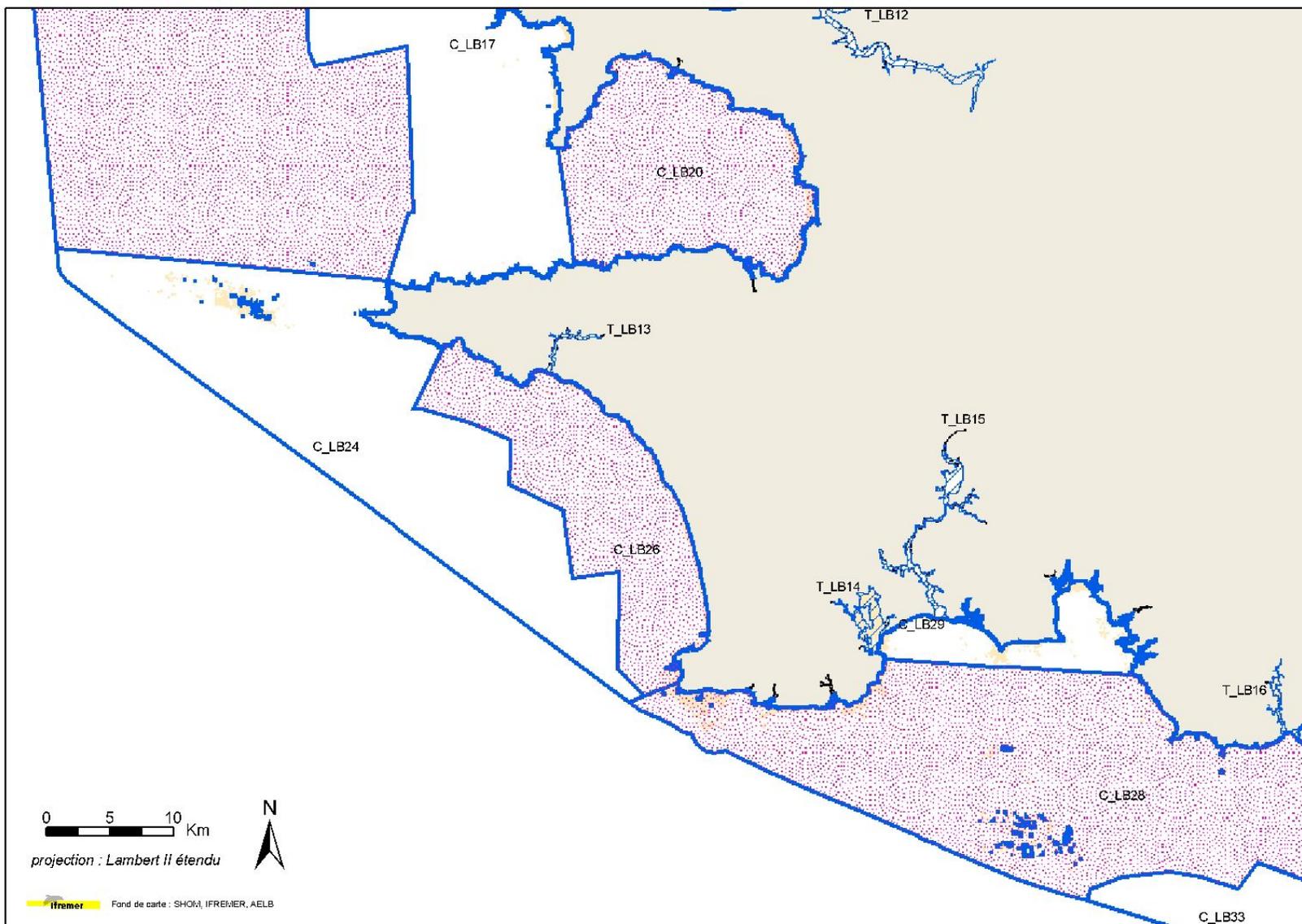
Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (A)



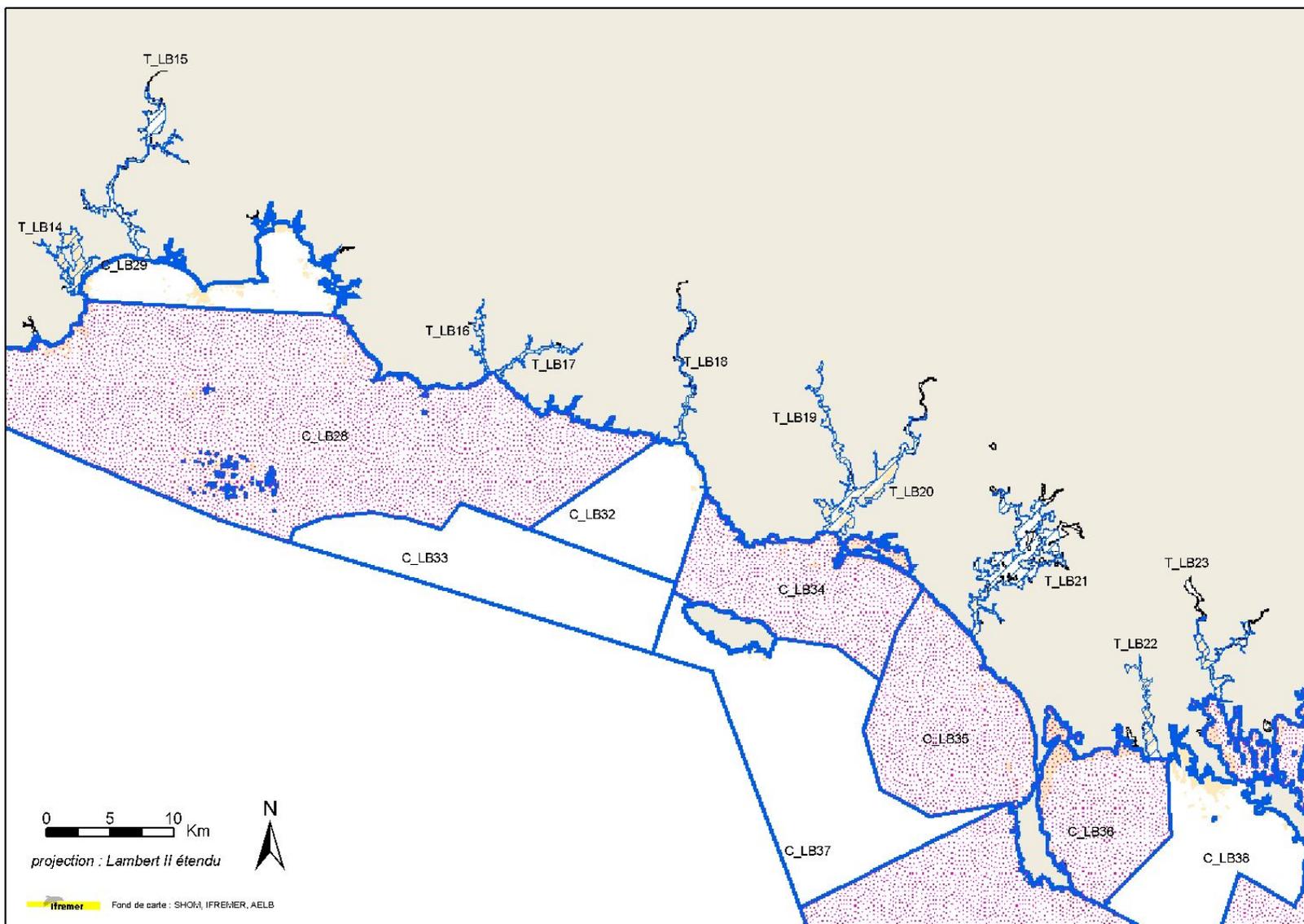
Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (B)



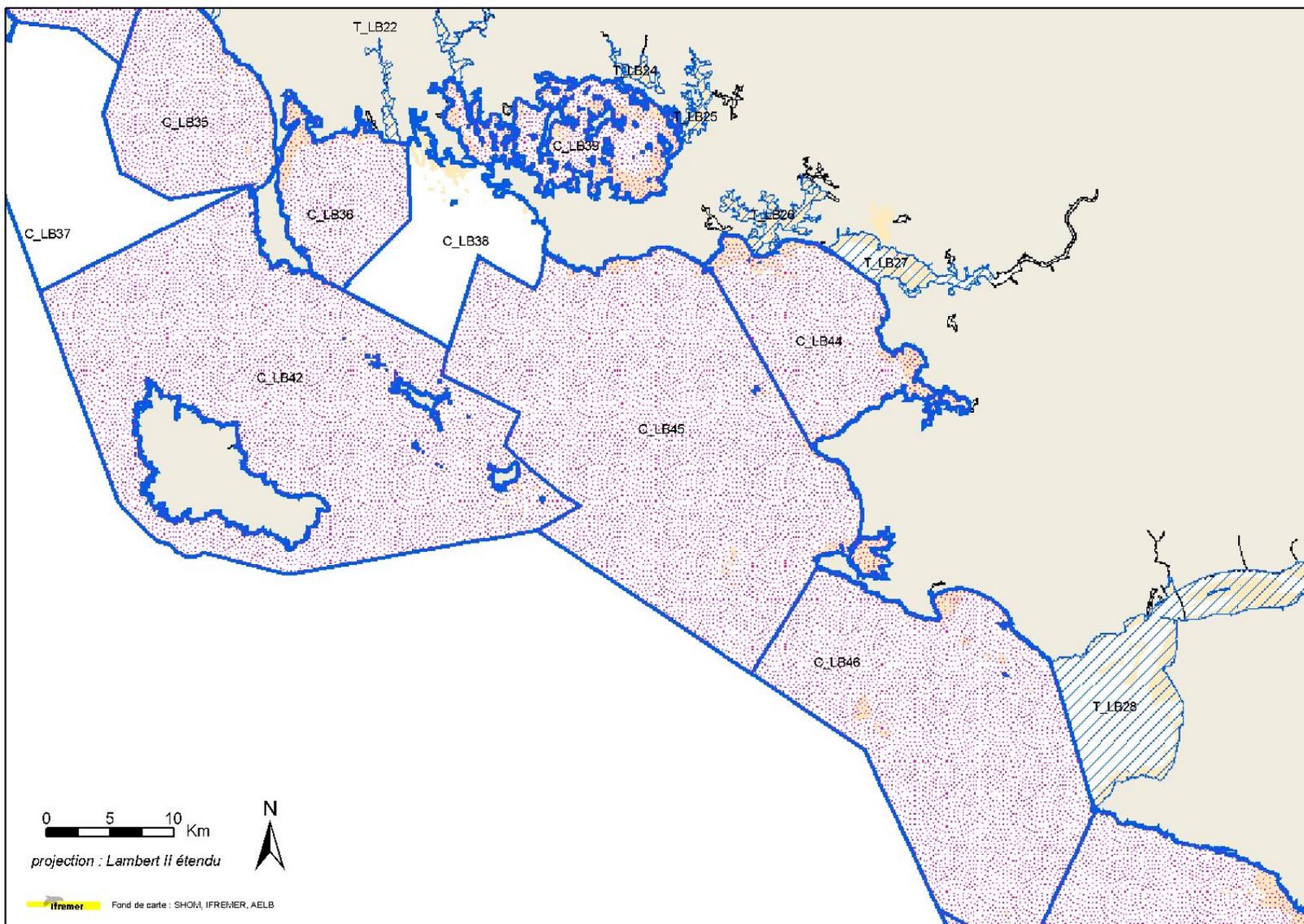
Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (C)



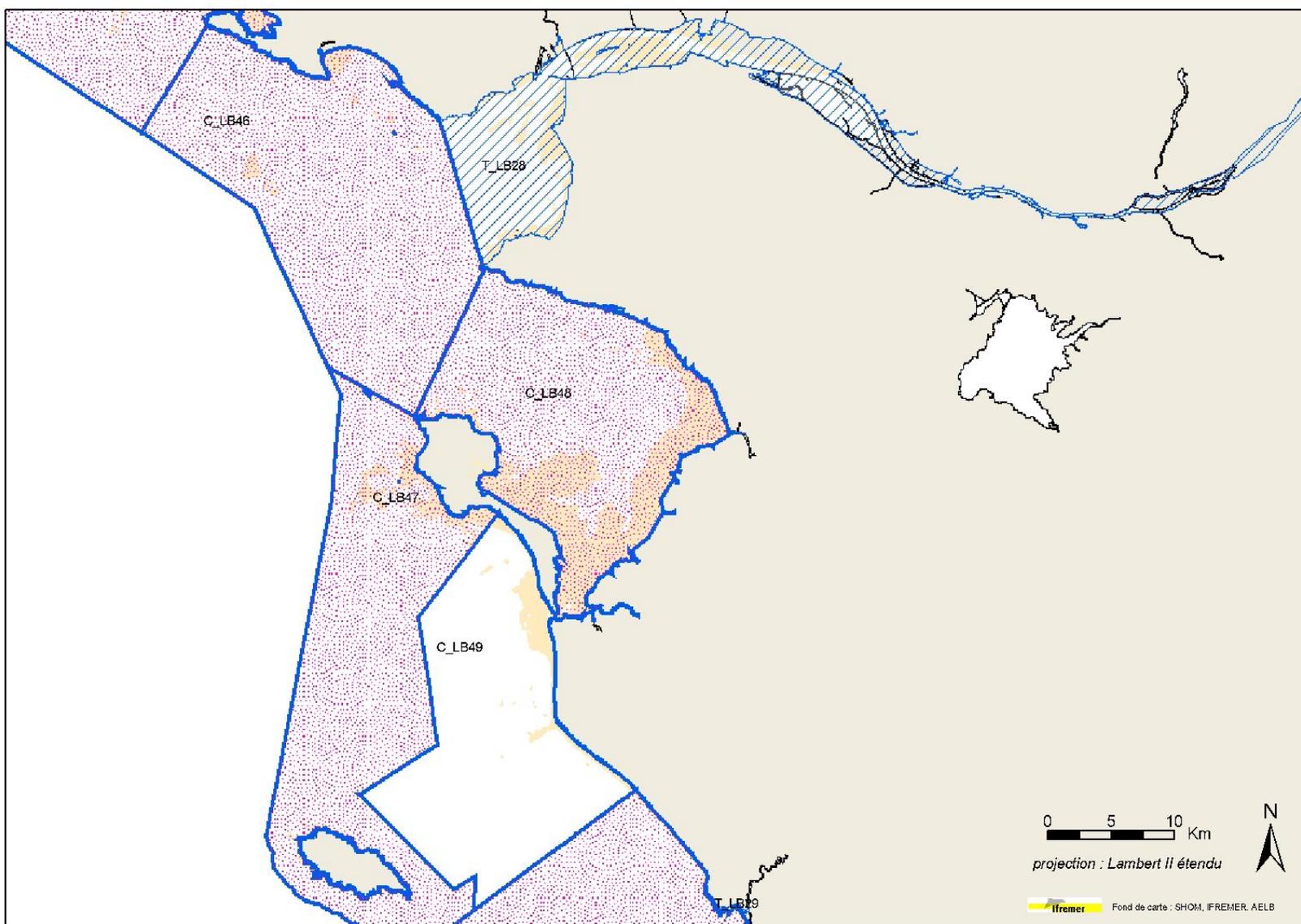
Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (D)



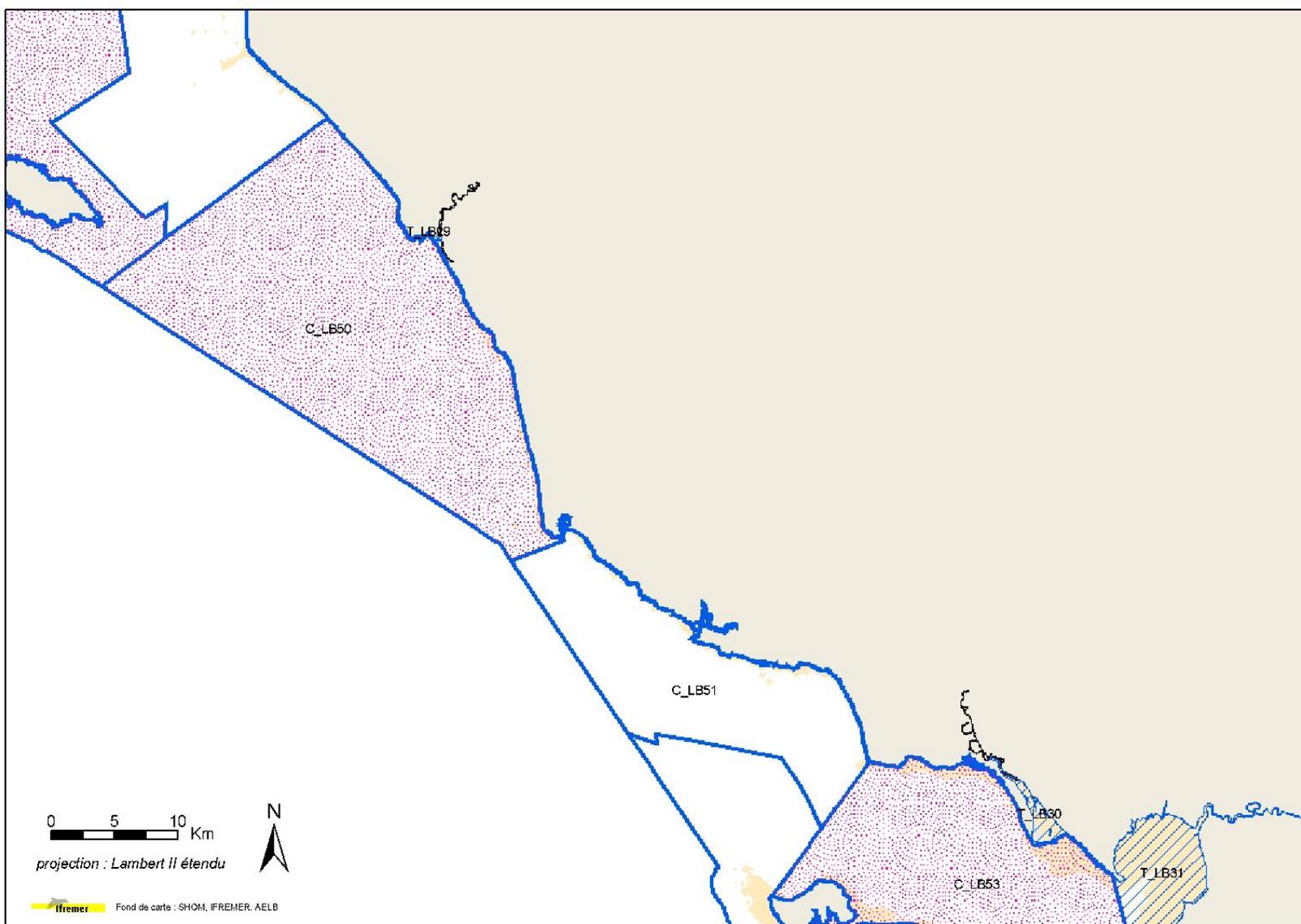
Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (E)



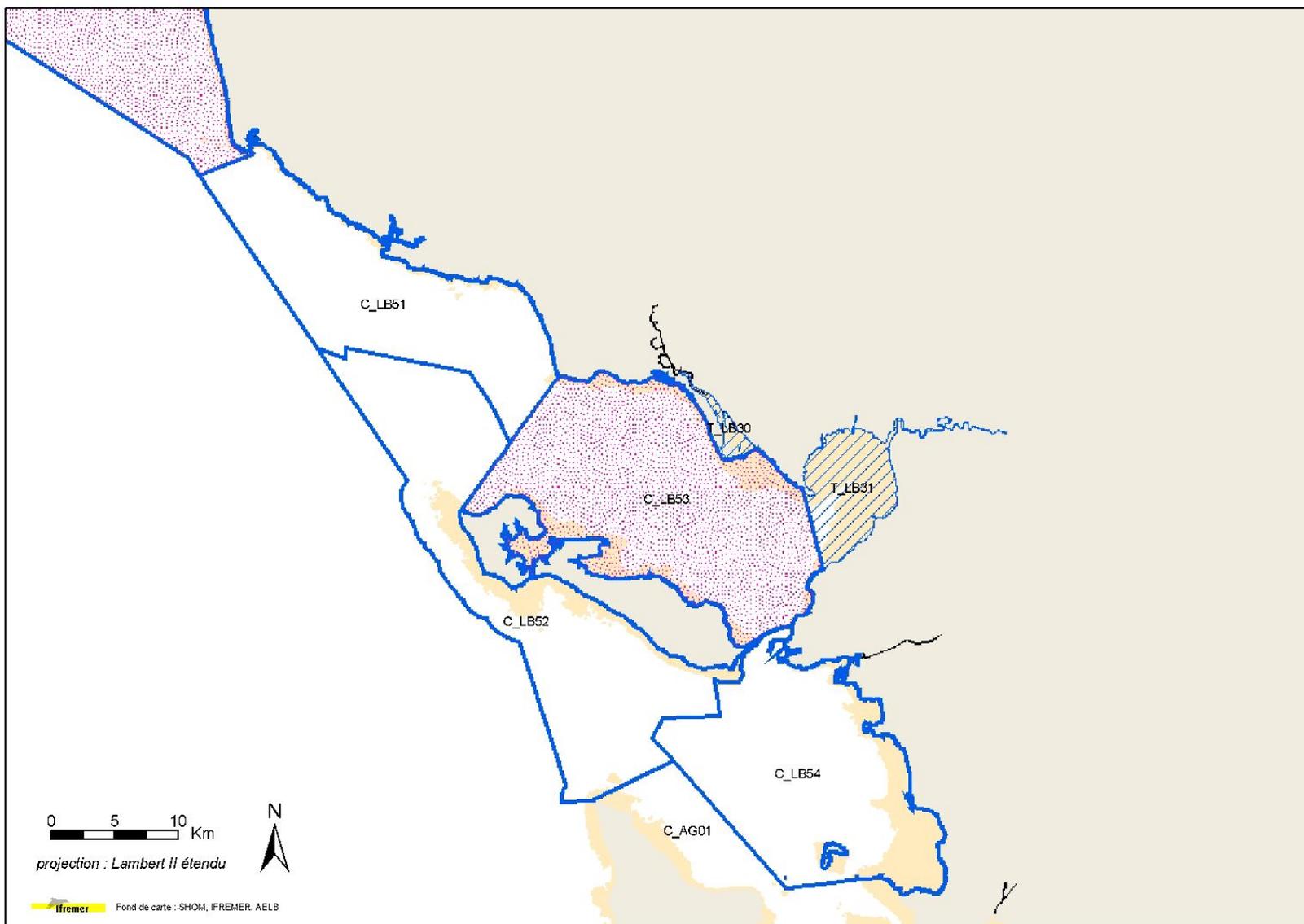
Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (F)



Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (G)

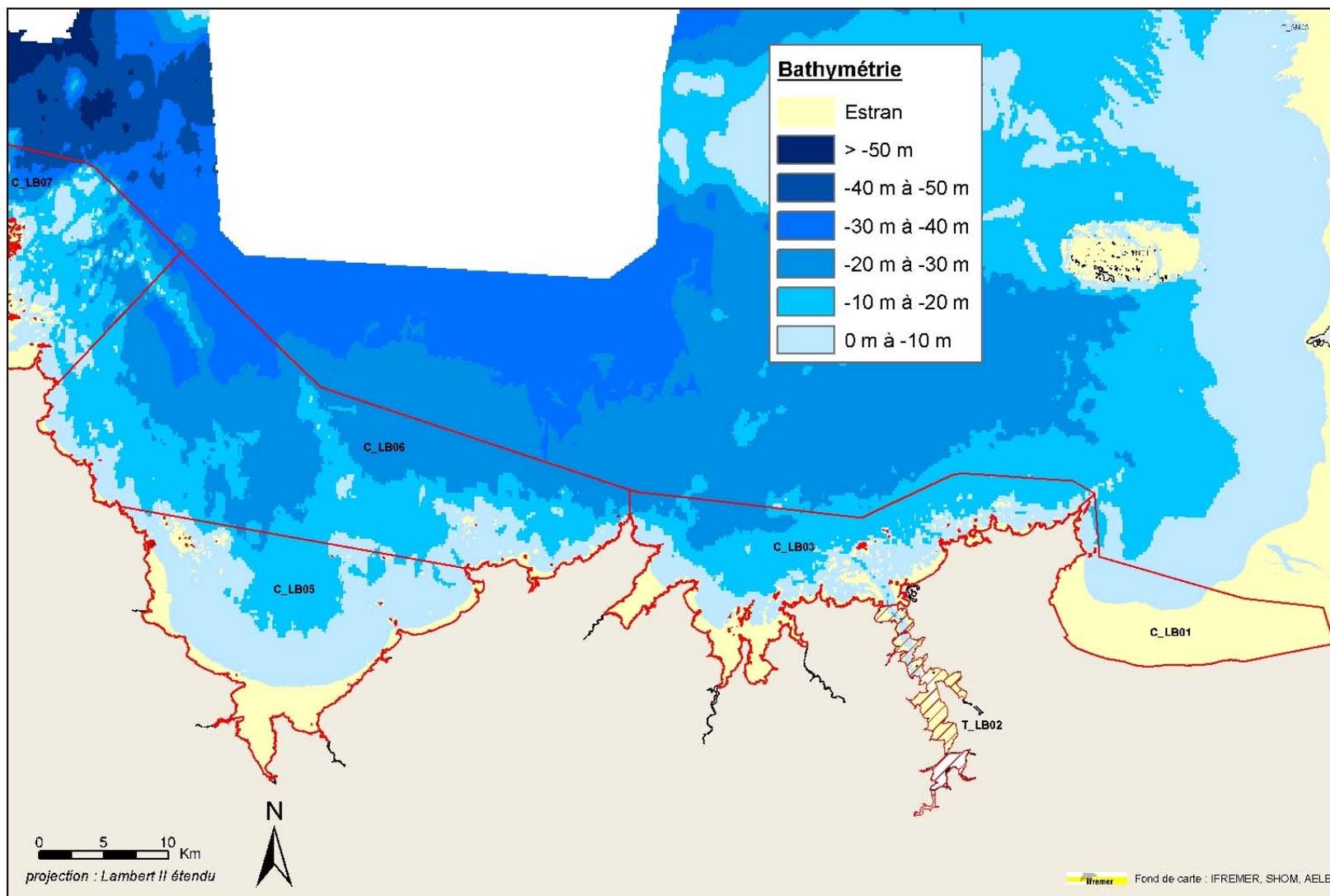


Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (H)

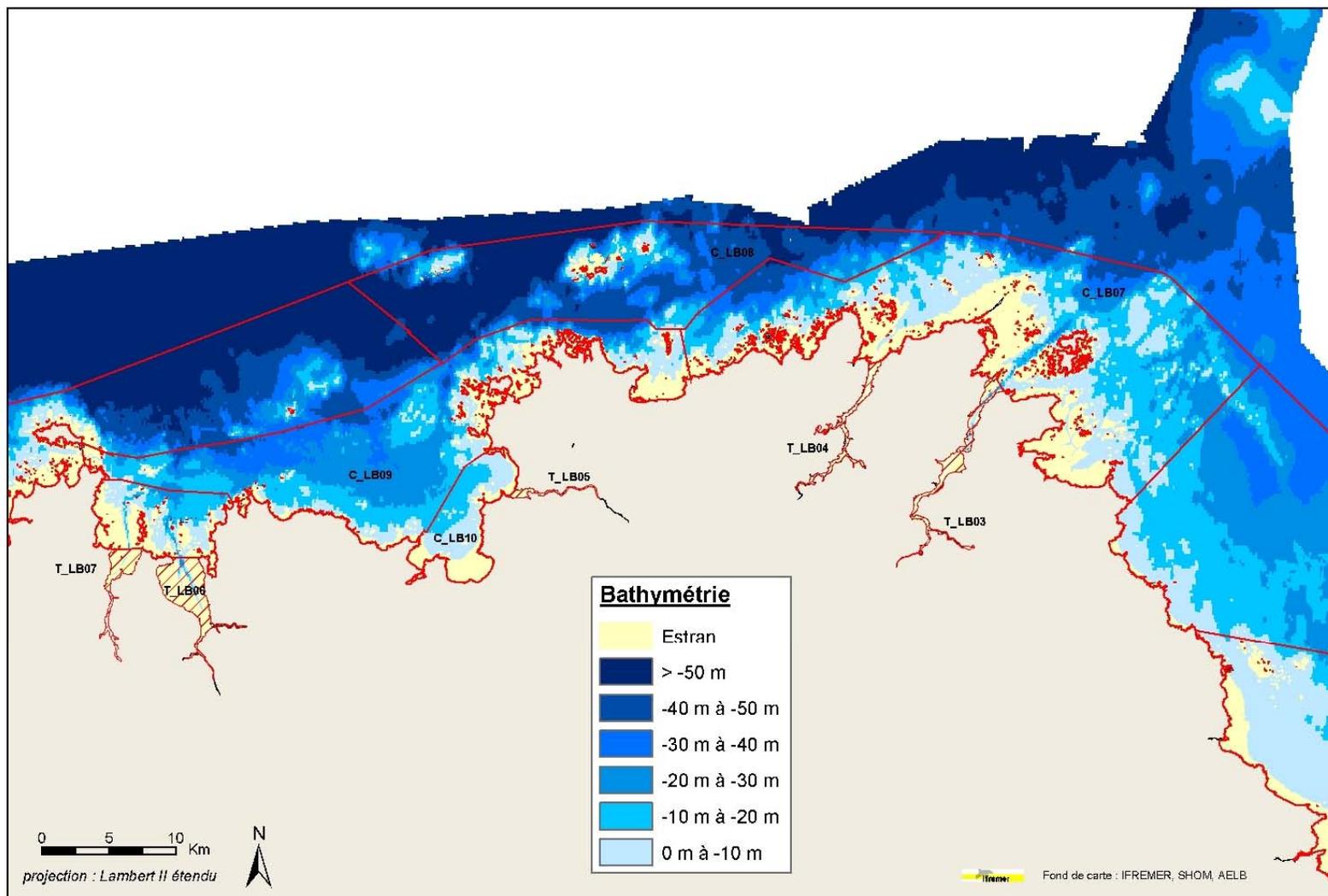


Masses d'eau retenues pour le contrôle de surveillance (I)

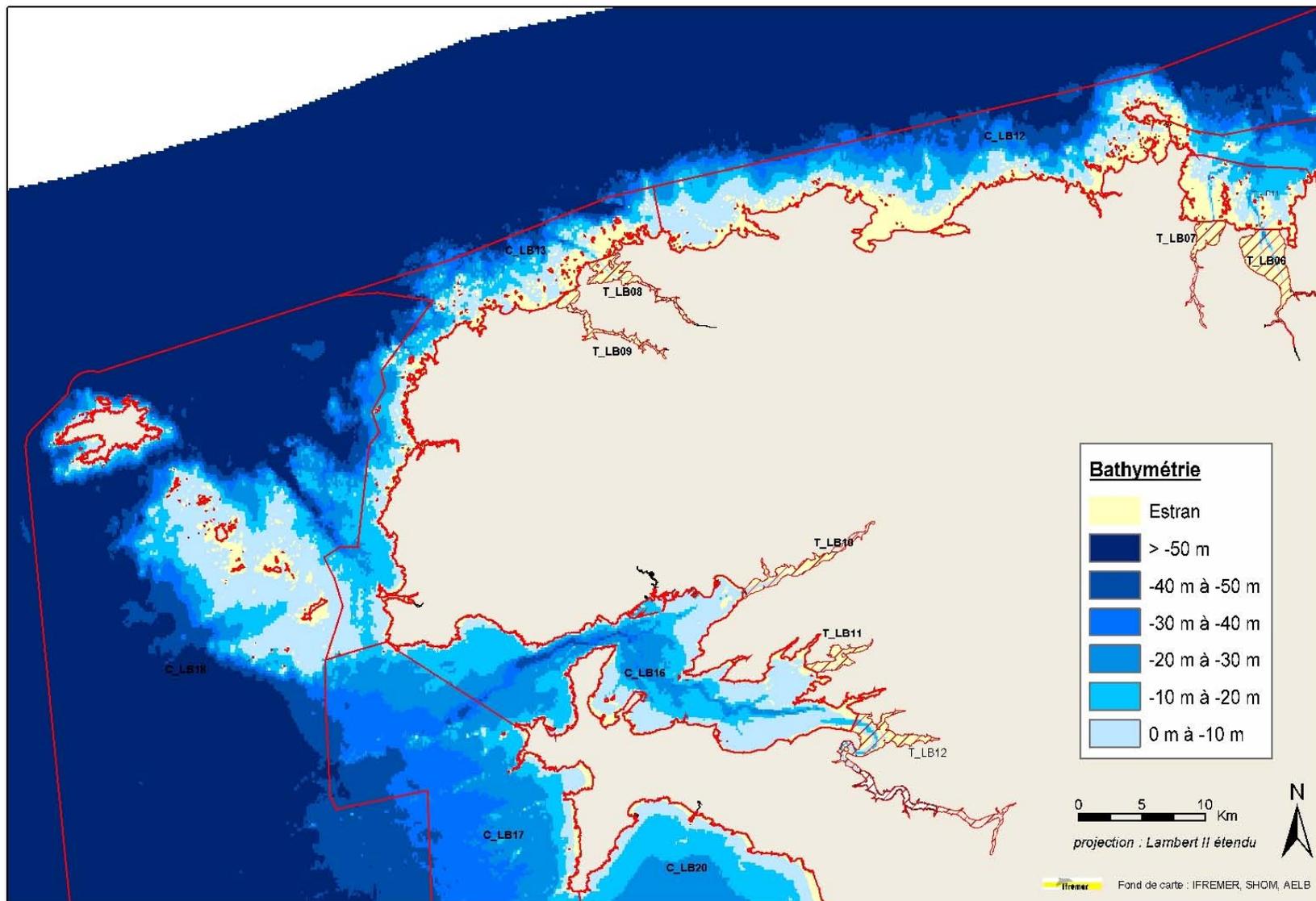
## **Annexe 2 Bathymétrie**



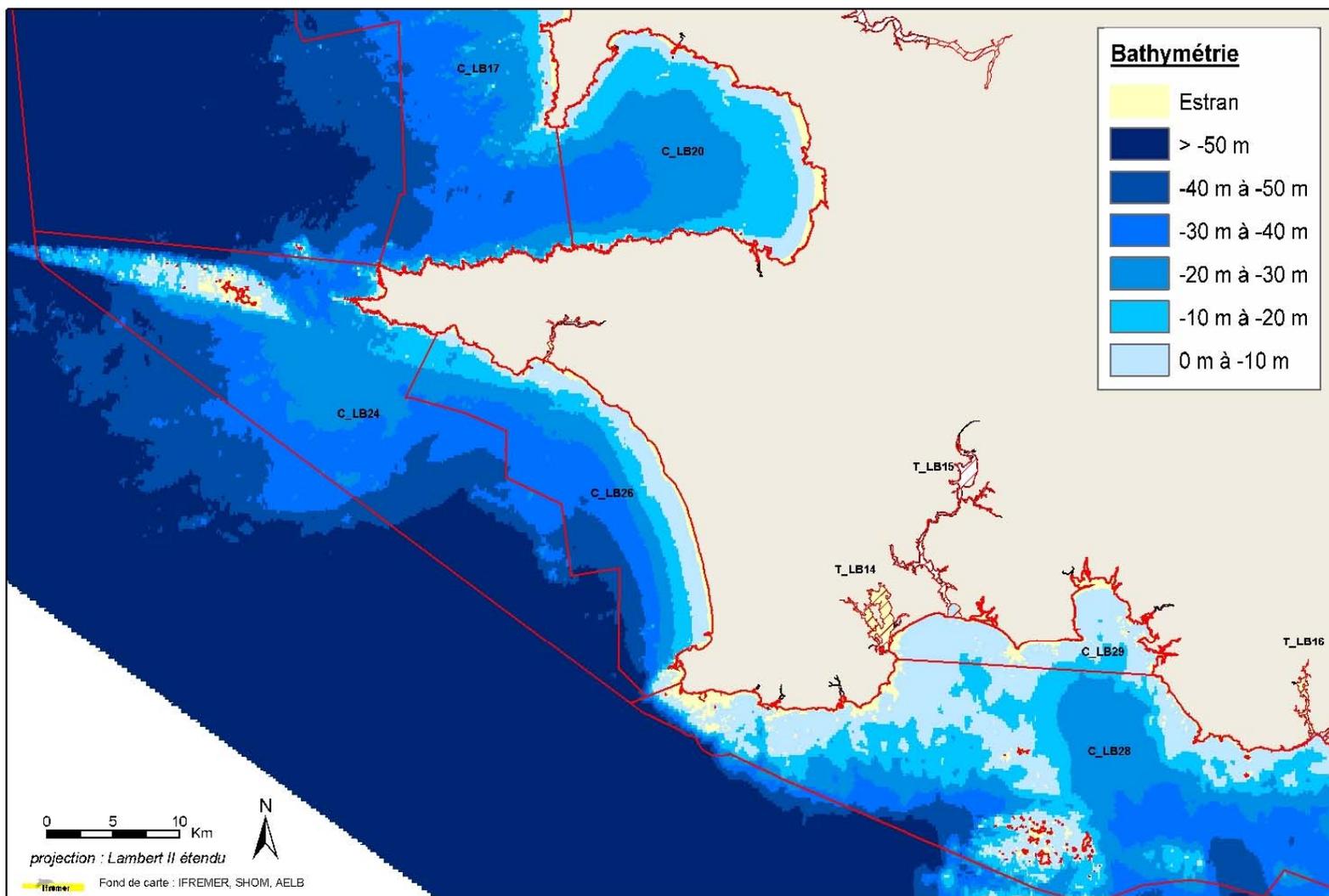
Bathymétrie (A)



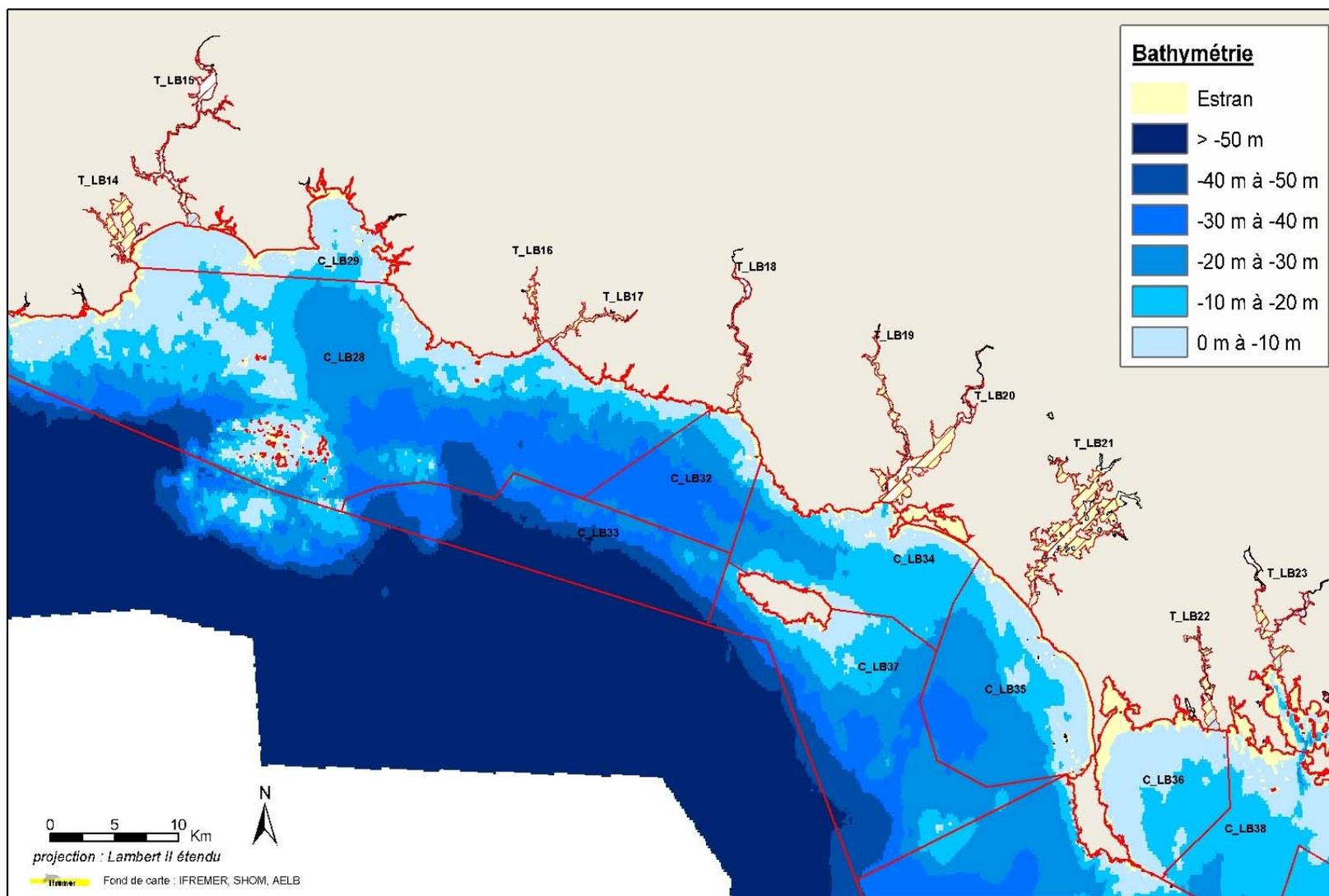
Bathymétrie (B)



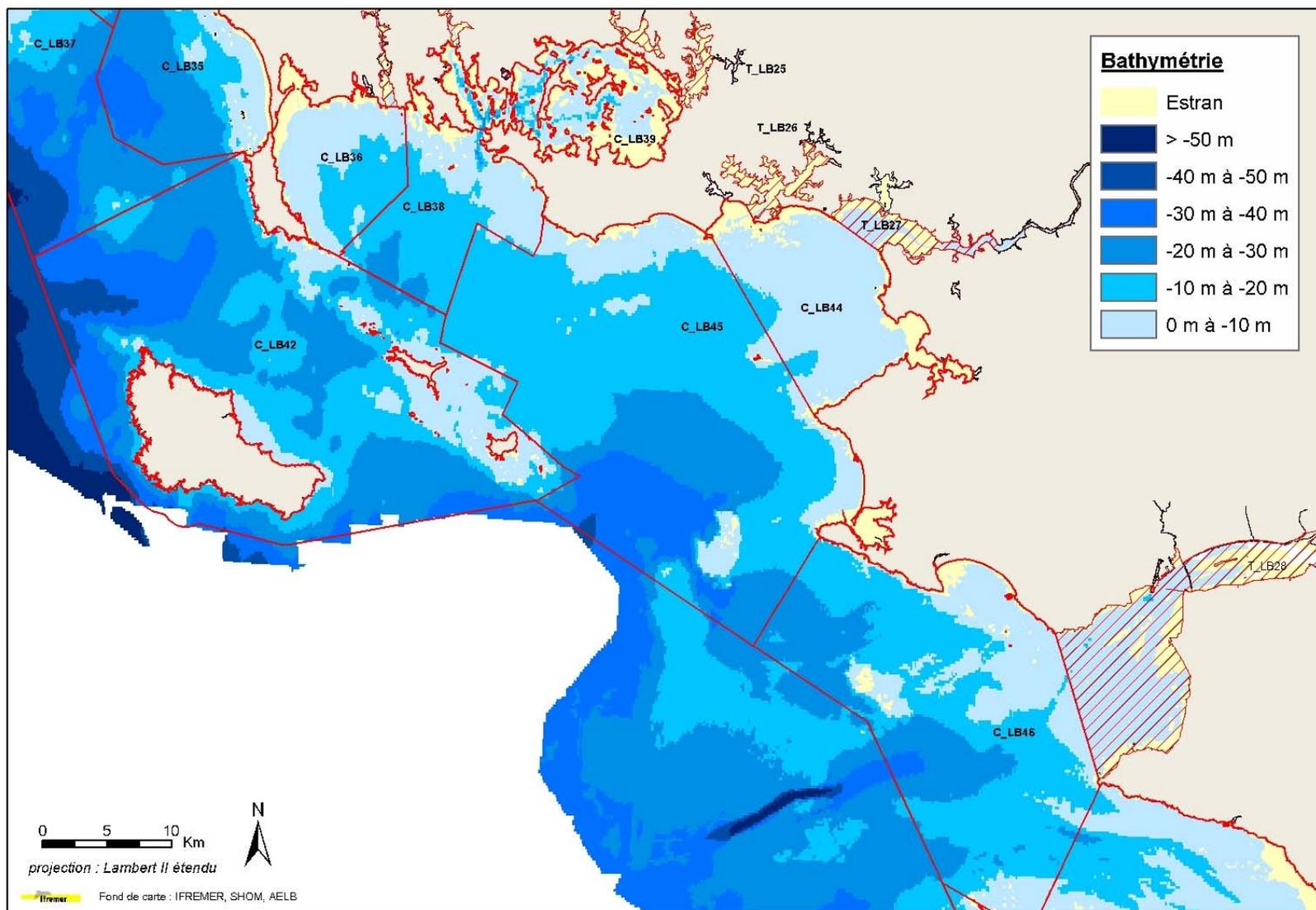
Bathymétrie (C)



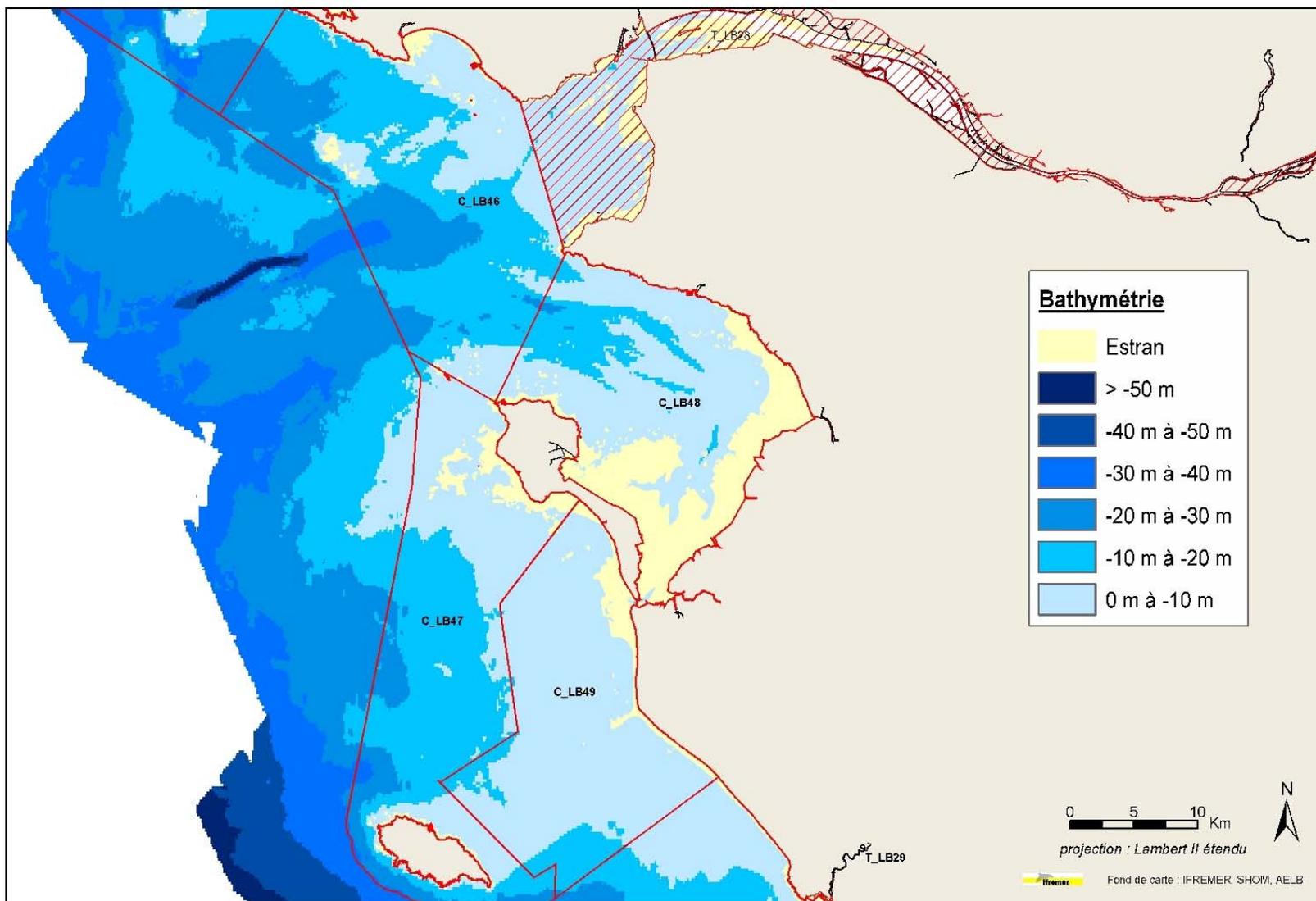
Bathymétrie (D)



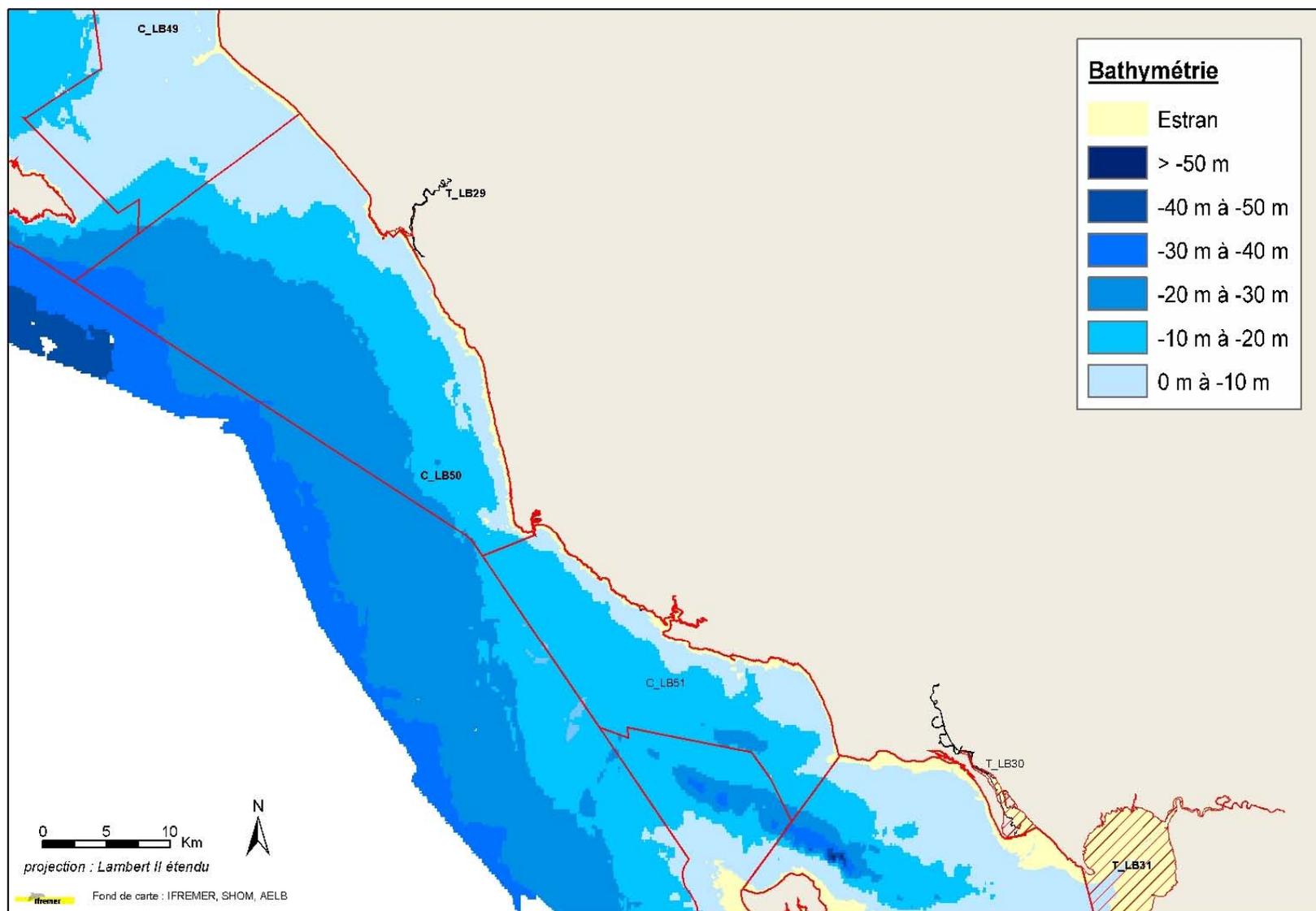
Bathymétrie (E)



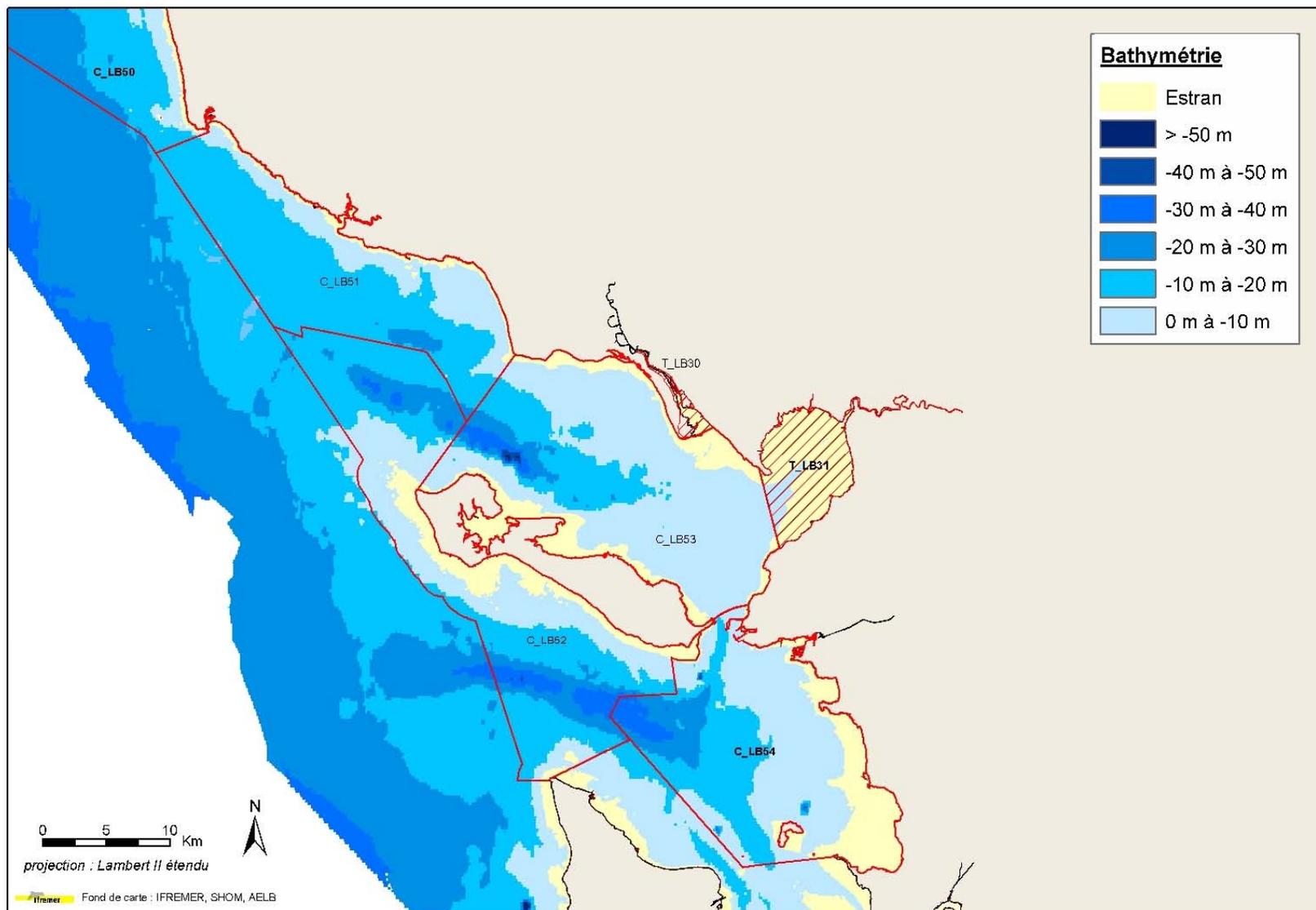
Bathymétrie (F)



Bathymétrie (G)



Bathymétrie (H)



Bathymétrie (I)

**Annexe 3 Cartes d'habitats holistiques**

## Légende des cartes d'habitats (cartes C à F)

Carte des peuplements benthiques aux abords de Roscoff (L. Cabioch, 1968)

Carte biosédimentaire des fonds meubles Nord Gascogne (M. Glémarec et al., 1976)

### Carte biosédimentaire des fonds meubles Nord Gascogne (M. Glémarec)

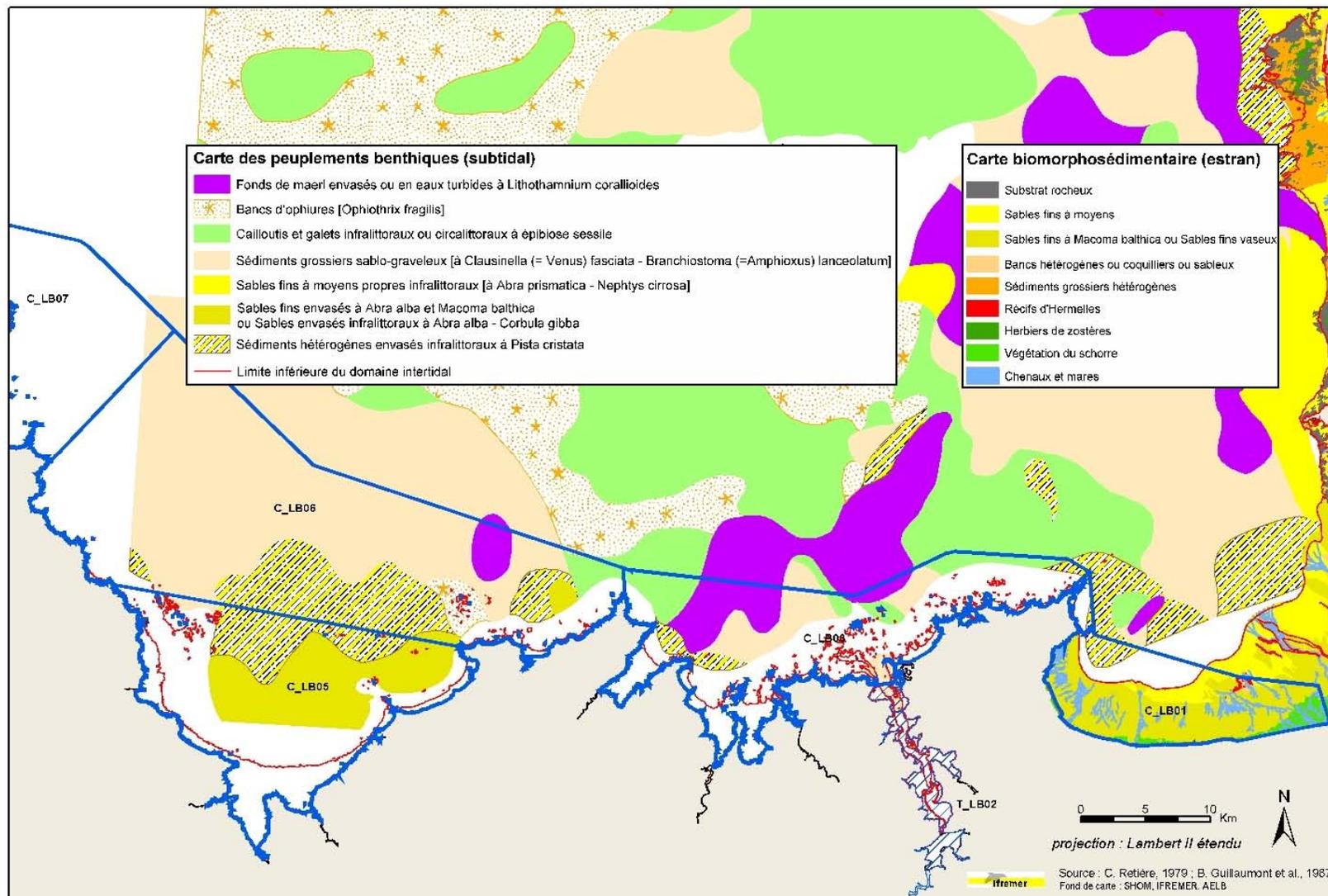
-  Roches et fonds durs
-  Maerl
-  Gravier envasés infralittoraux [à *Dosinia exoleta* - *Venus verrucosa*]
-  Gravier envasés circalittoraux côtiers [à *Aponuphis bilineata* - *Pista cristata*]
-  Gravier envasés circalittoraux profonds [à *Astarte sulcata* - *Venus casina*]
-  Gravier propres infralittoraux [à *Dosinia exoleta*]
-  Sables grossiers envasés côtiers
-  Sables grossiers envasés infralittoraux
-  Sédiments grossiers sablo-graveleux [à *Clausinella* (= *Venus*) *fasciata* - *Branchiostoma* (= *Amphioxus*) *lanceolatum*]
-  Sables moyens dunaires circalittoraux profonds [à *Ditrupa arietina* - *Dentalium entalis*]
-  Sables fins à moyens dunaires circalittoraux côtiers [à *Ophelia borealis*]
-  Sables fins à moyens propres infralittoraux [à *Abra prismatica* - *Nephtys cirrosa*]
-  Sables fins à moyens circalittoraux profonds [à *Abra prismatica* - *Astrorhiza limicola*]
-  Sables fins propres infralittoraux [à *Chamelea striatula* (= *Venus gallina*) - *Mactra corallina*]
-  Sables envasés infralittoraux à *Acrocnida brachiata* - *Euclymene* (= *Clymene*) *oerstedii*
-  Sables fins circalittoraux à *Chamelea striatula* (= *Venus gallina*) - *Dosinia lupina*
-  Sables fins envasés circalittoraux côtiers [à *Amphiura filiformis* - *Tellina serrata*]
-  Sables fins envasés circalittoraux profonds [à *Amphiura chiajei*]
-  Vases sableuses infralittorales [à *Nucula turgida* - *Melinna palmata* - *Abra nitida*]
-  Vases sableuses circalittorales à *Maldane glebifex* - *Clymene modesta*
-  Vases sableuses circalittorales à *Nucula sulcata* - *Brissopsis lyrifera*
-  Vases pures infralittorales [à *Nucula turgida* - *Abra nitida*]
-  Vases pures circalittorales [à *Virgularia mirabilis* - *Nephtys norvegicus* - *Sternaspis scutata*]
-  Sédiments hétérogènes envasés infralittoraux à *Nucula nucleus*
-  Sables envasés hétérogènes du large
-  Sables hétérogènes envasés du circalittoral côtier [à *Turritella communis* - *Corbula gibba*]
-  Sables hétérogènes envasés circalittoraux profonds [à *Nucula nucleus* - *Pitar rudis* - *Amphiura chiajei*]
-  Limite inférieure du domaine intertidal

### Carte des peuplements benthiques (L. Cabioch)

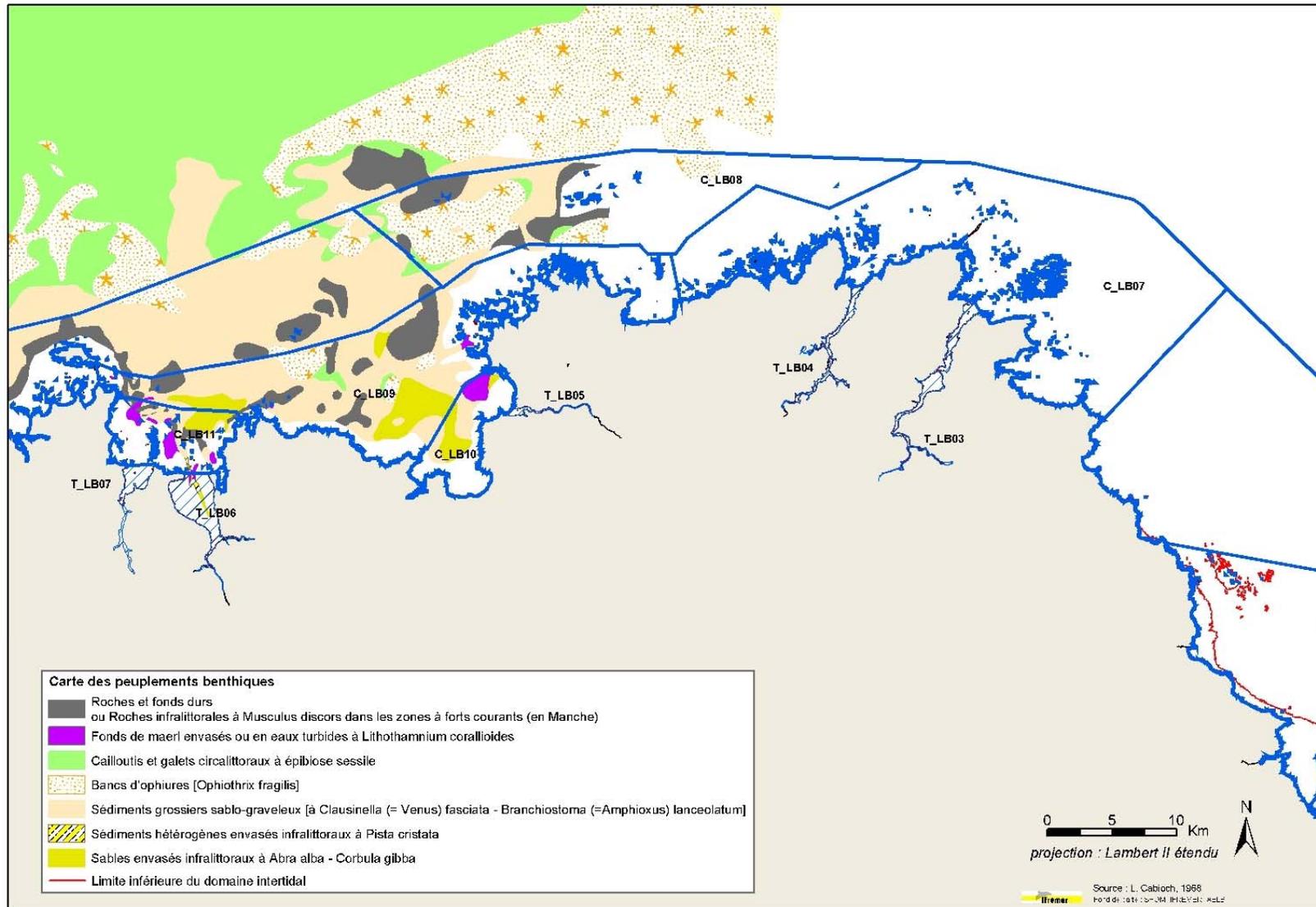
-  Roches et fonds durs
-  ou Roches infralittorales à *Musculus discors* dans les zones à forts courants (en Manche)
-  Fonds de maerl envasés ou en eaux turbides à *Lithothamnium corallioides*
-  Bancs d'ophiures [*Ophiothrix fragilis*]
-  Cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile
-  Sédiments grossiers sablo-graveleux [à *Clausinella* (= *Venus*) *fasciata* - *Branchiostoma* (= *Amphioxus*) *lanceolatum*]
-  Sédiments hétérogènes envasés infralittoraux à *Pista cristata*
-  Sables envasés infralittoraux à *Abra alba* - *Corbula gibba*

### Carte de végétation des abers (J.-Y. Pirou)

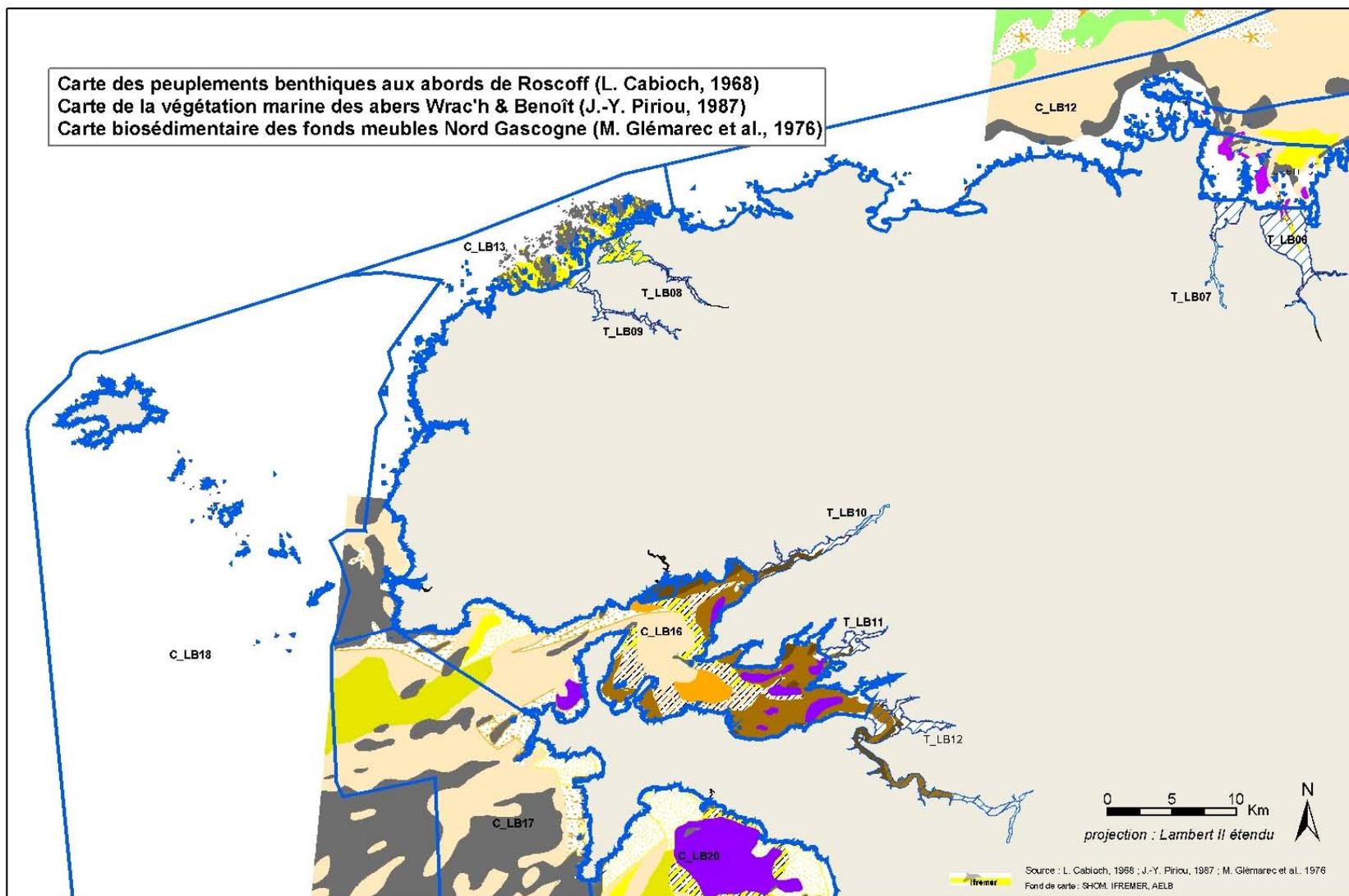
-  Roche
-  Sable ou vase sans végétation



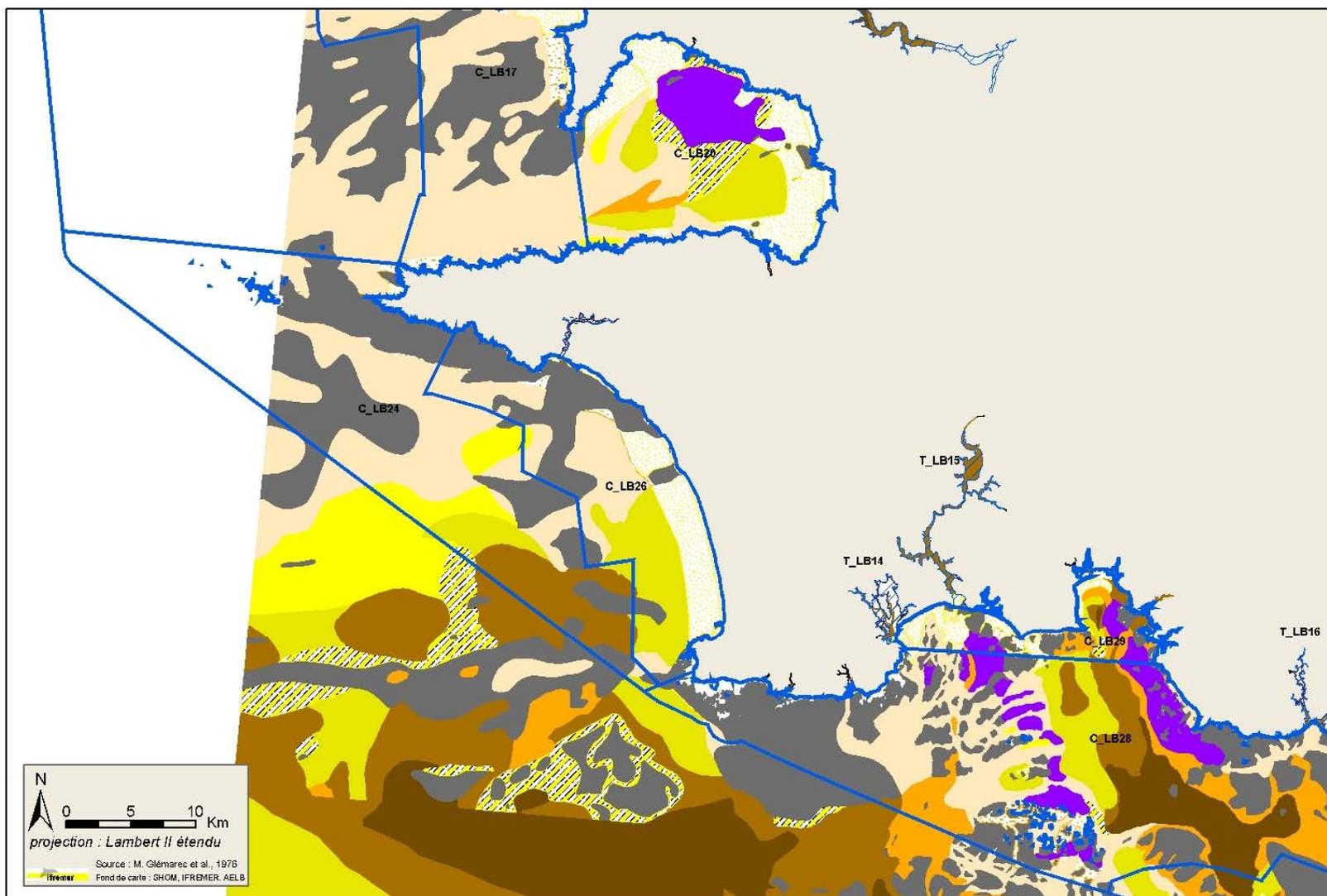
Cartes d'habitats (A)



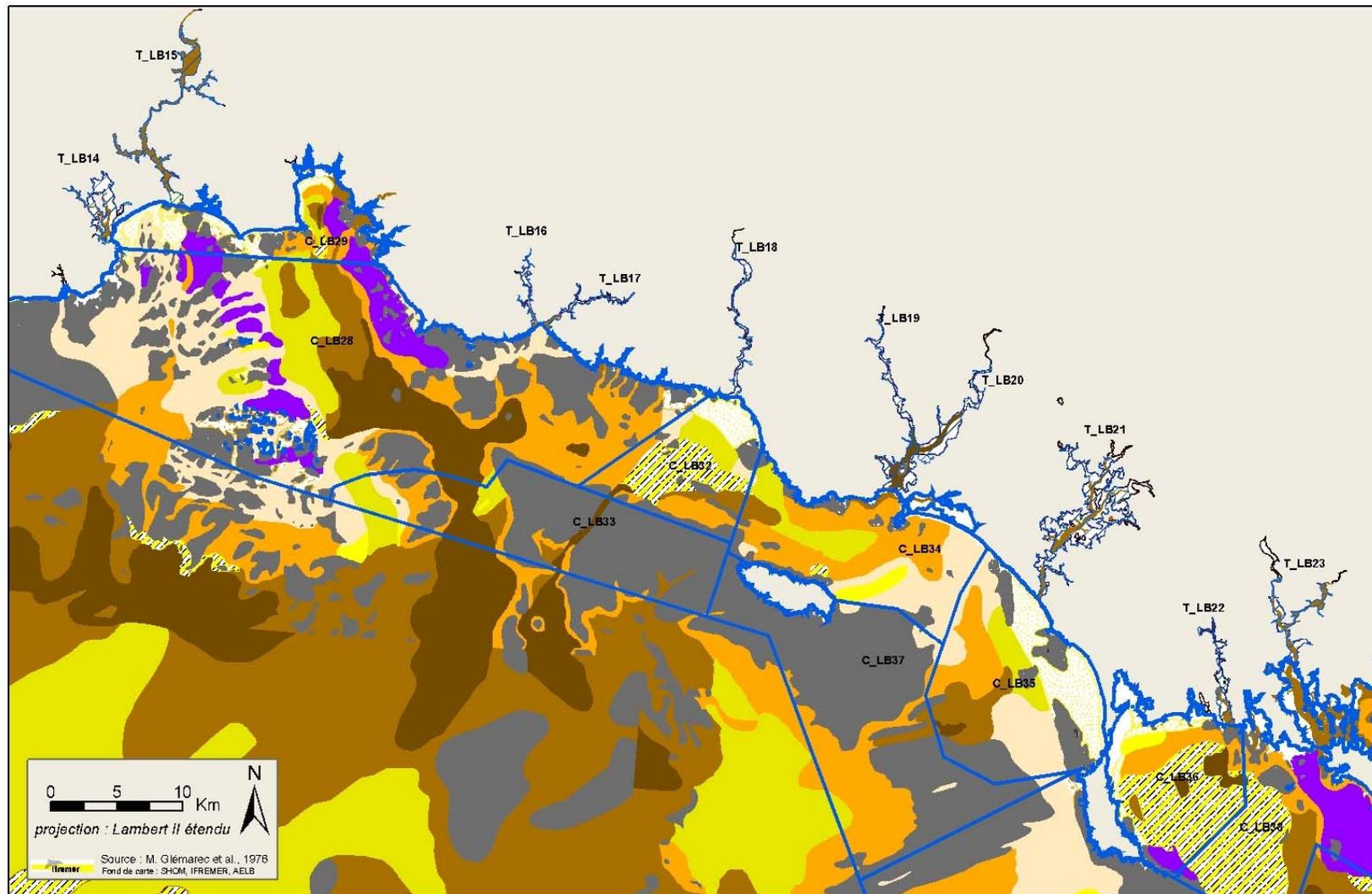
Cartes d'habitats (B)



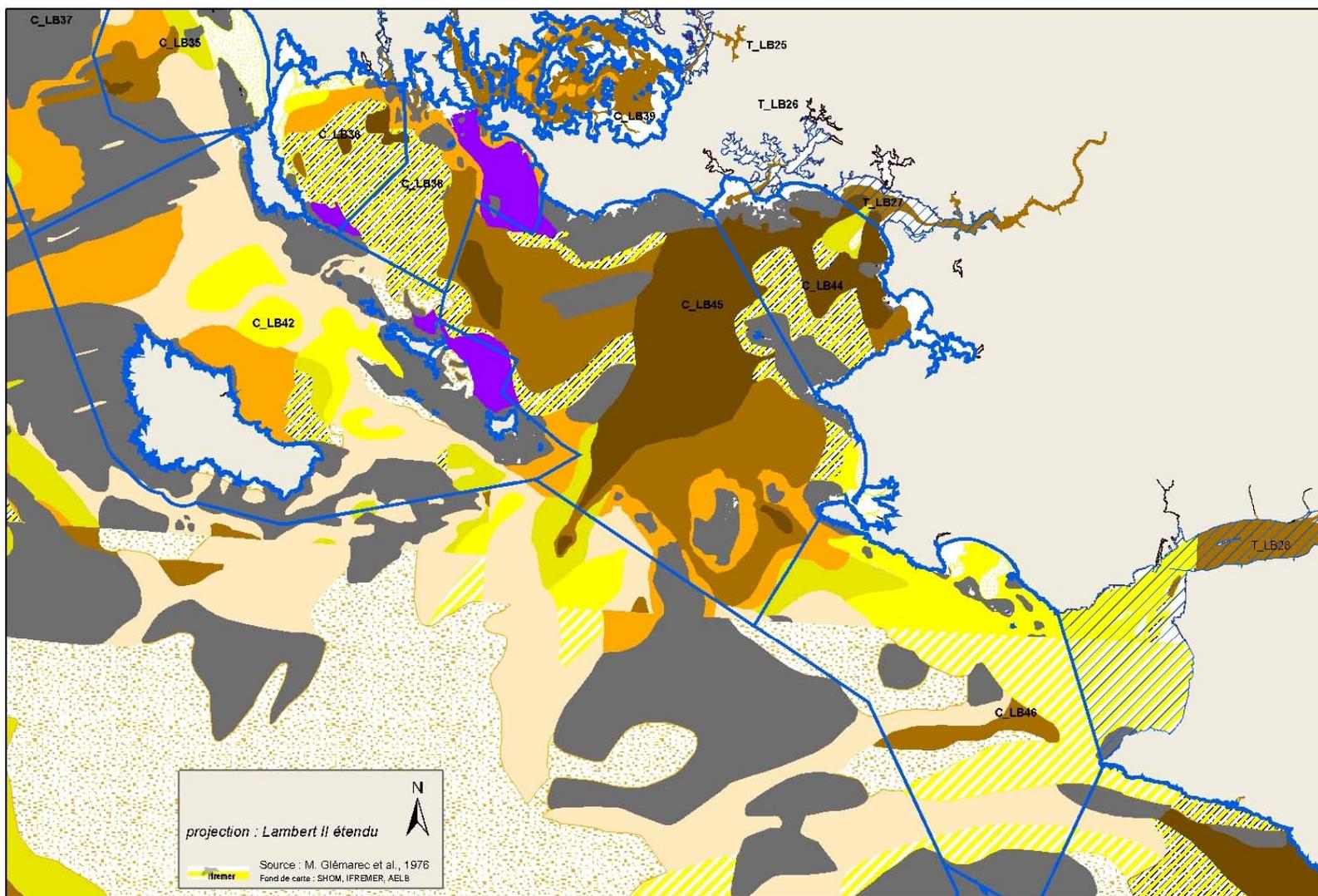
Cartes d'habitats (C)



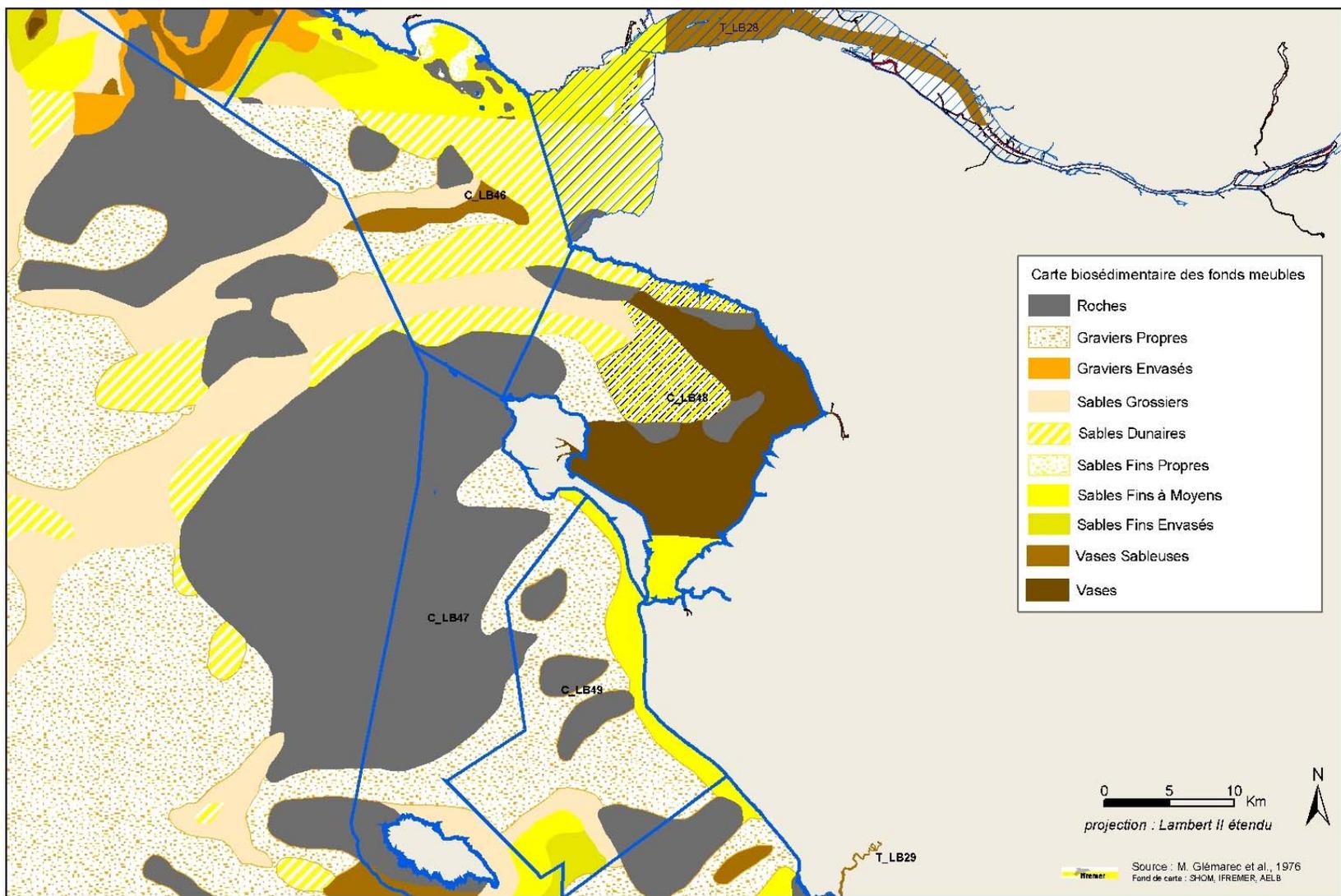
Cartes d'habitats (D)



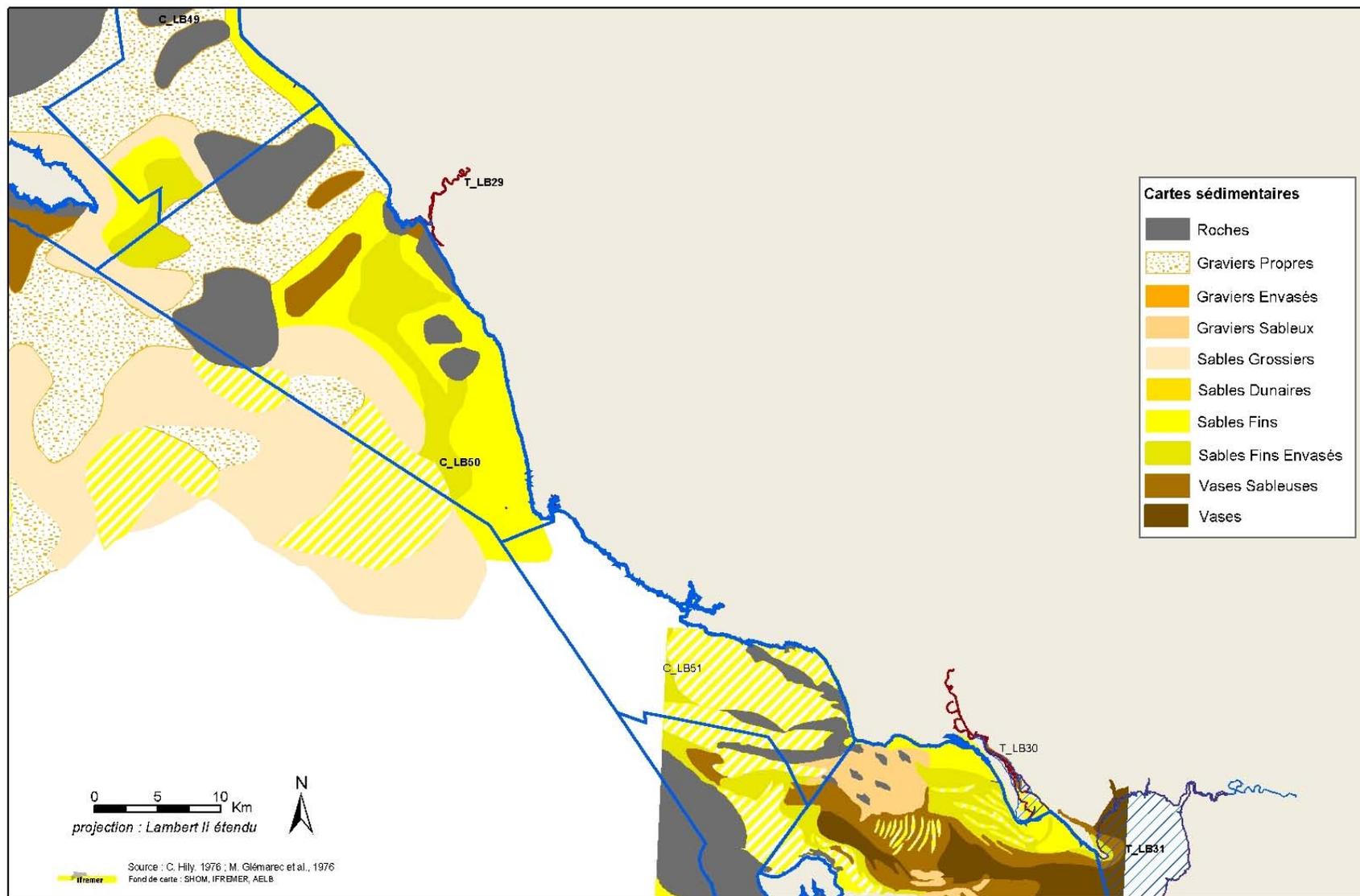
Cartes d'habitats (E)



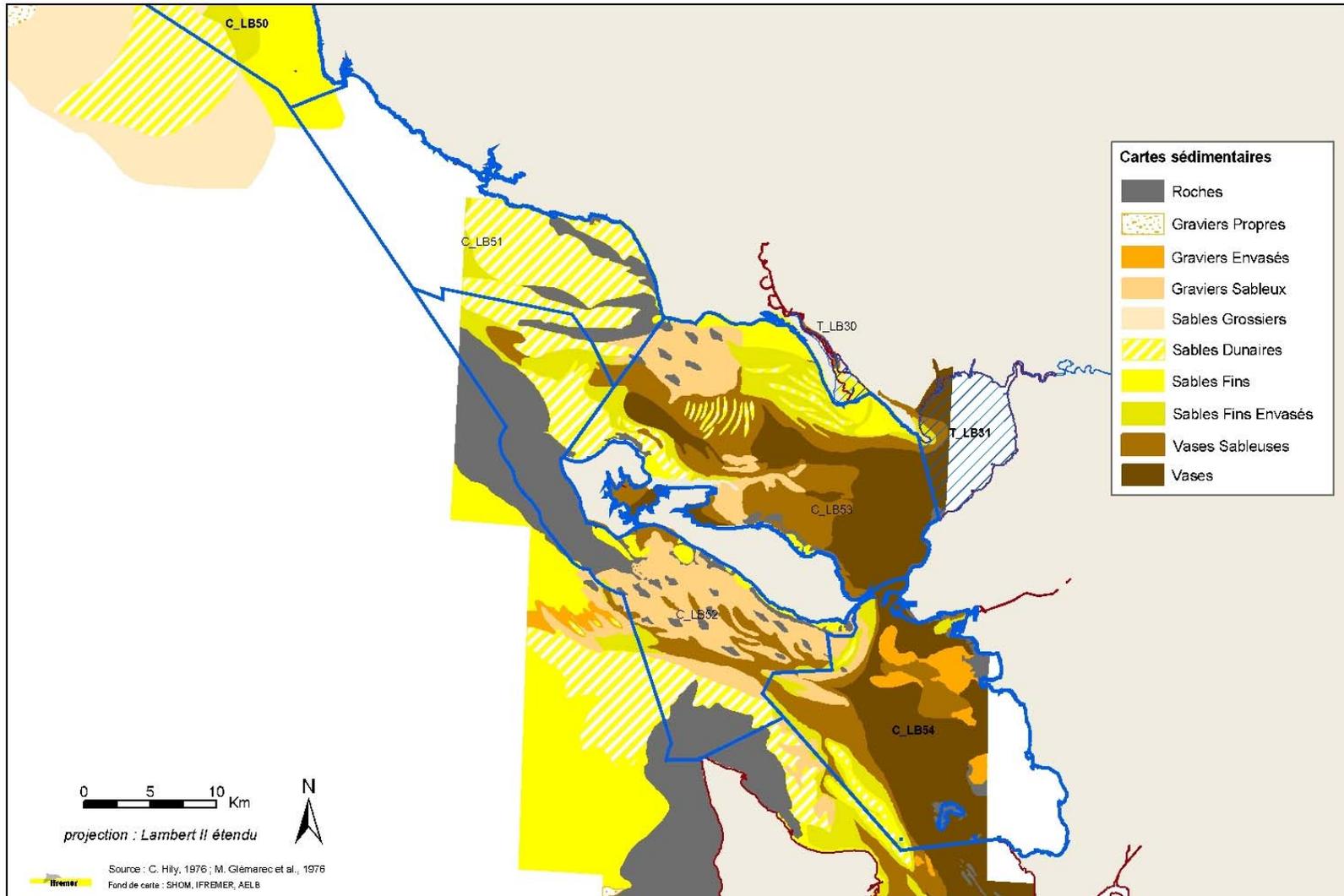
Cartes d'habitats (F)



Cartes d'habitats (G)

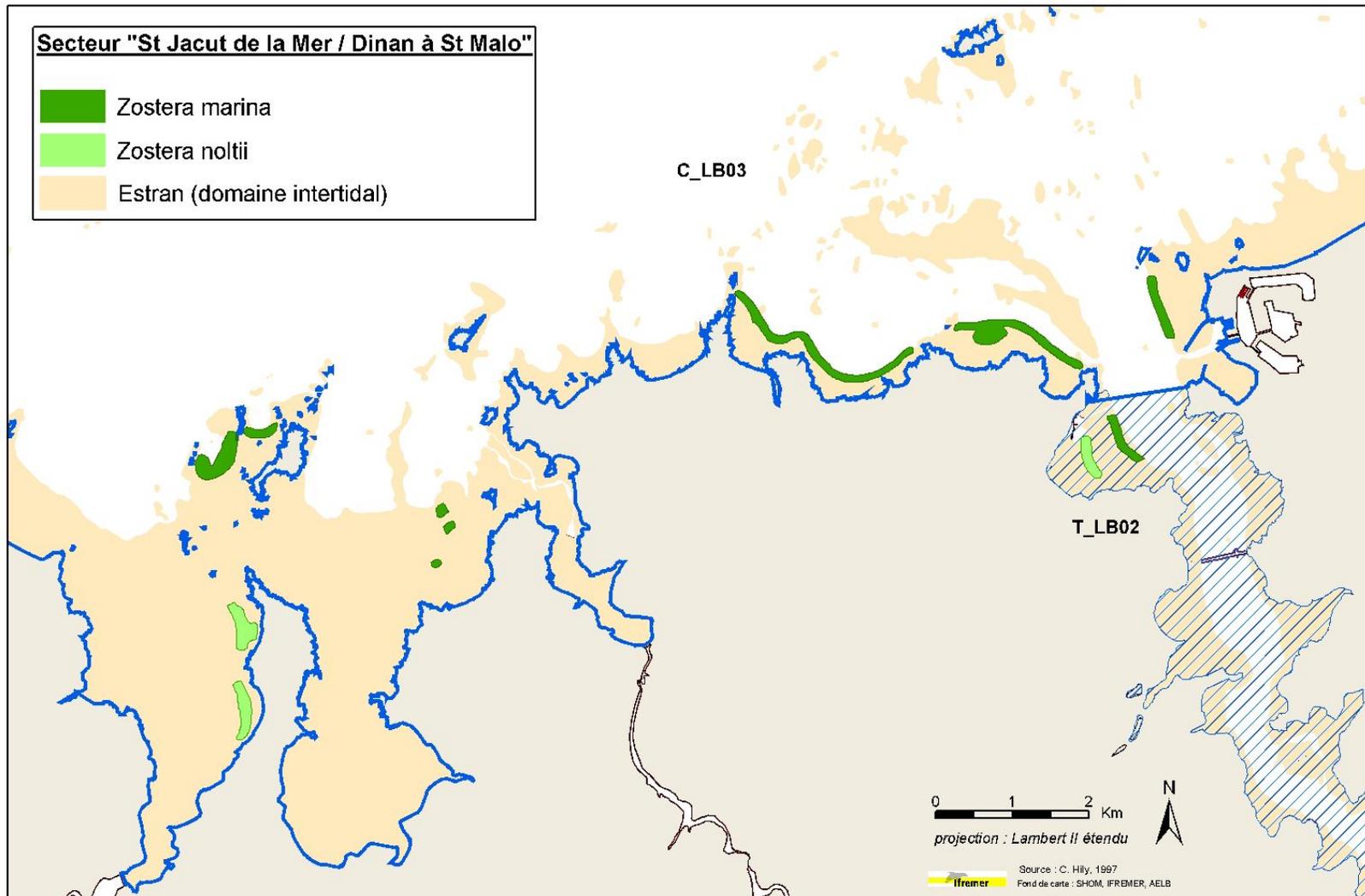


Cartes d'habitats (H)

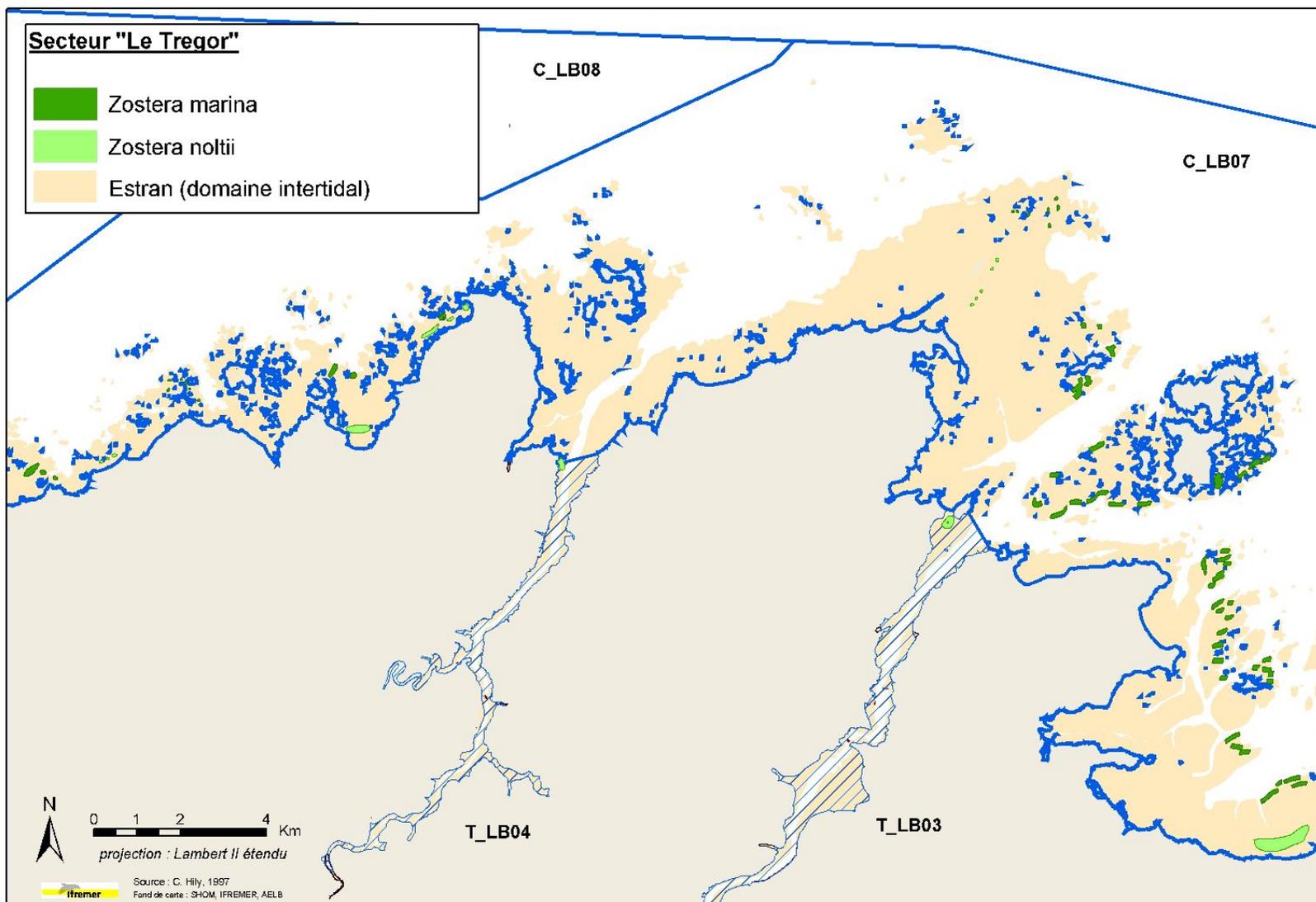


Cartes d'habitats (I)

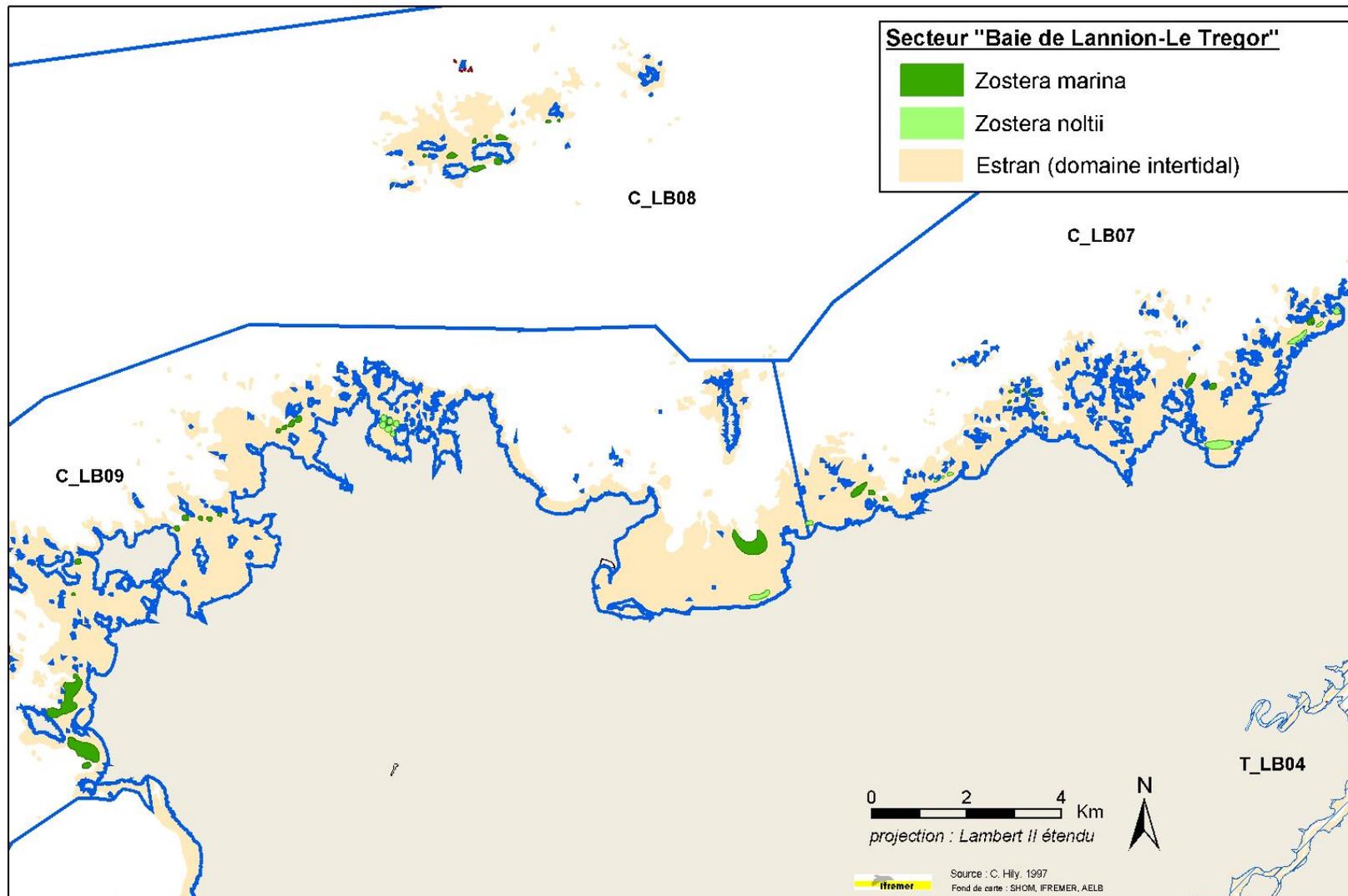
## **Annexe 4 Cartes des herbiers (Région Bretagne)**



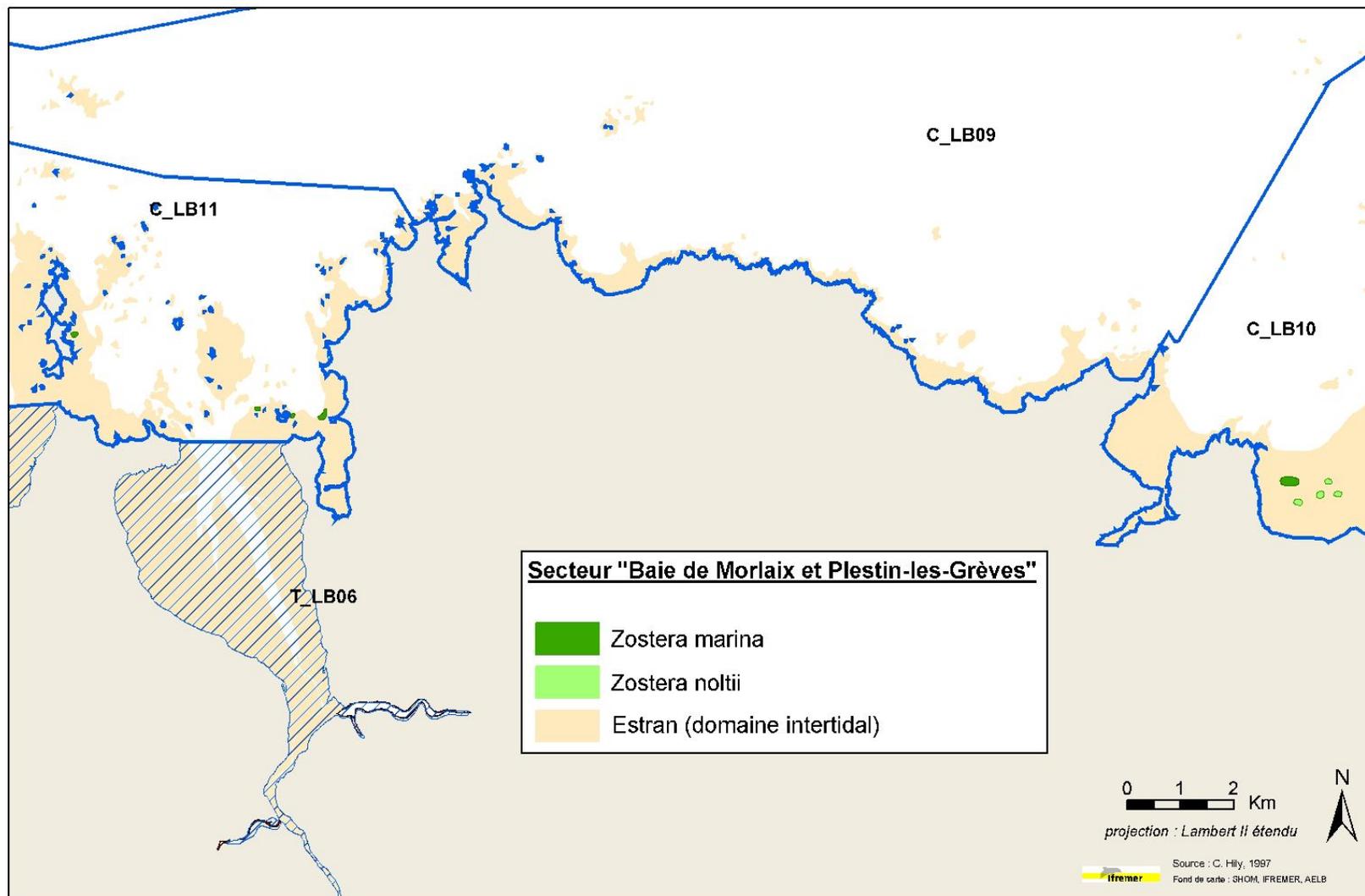
Carte des herbiers de Zostères (1)



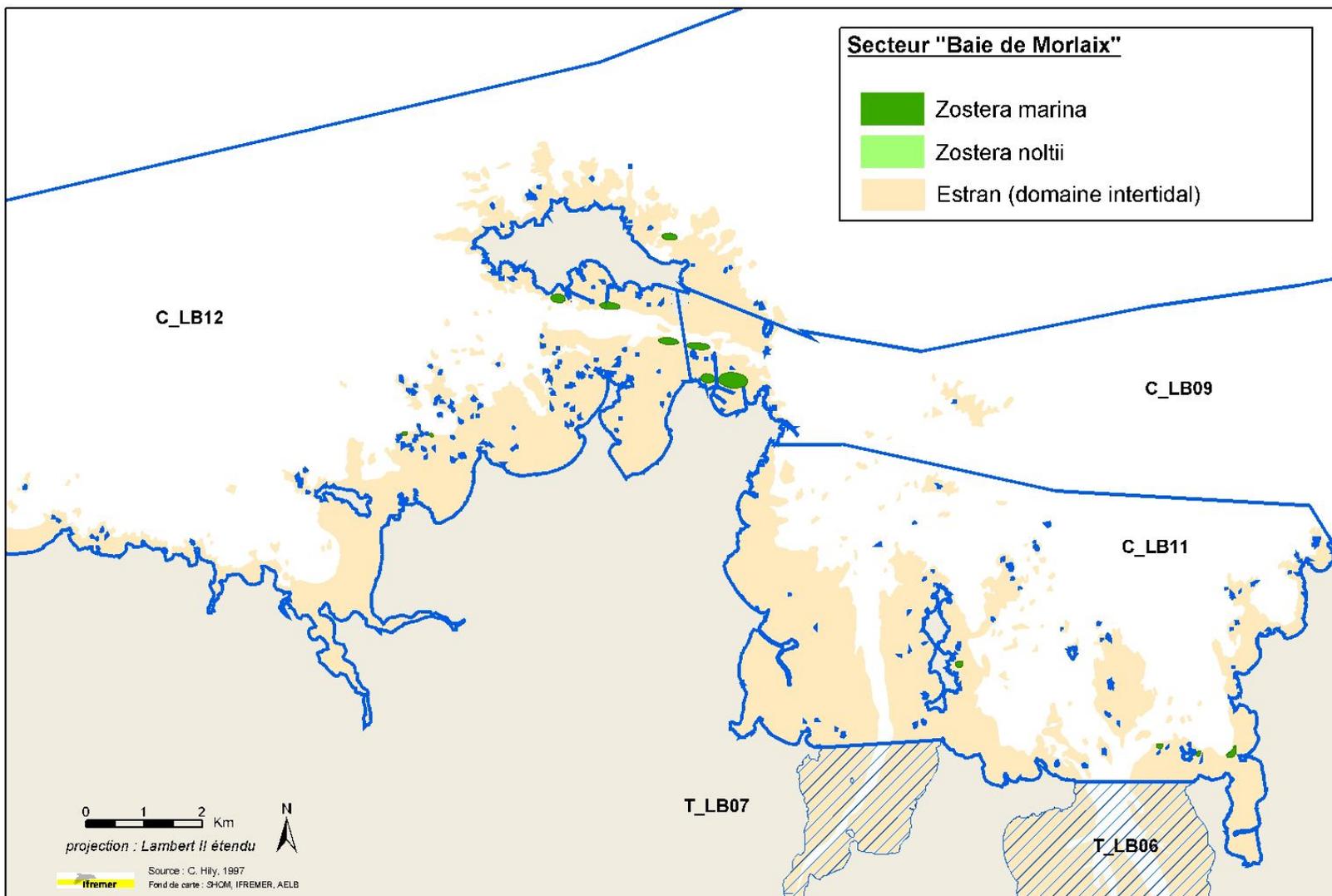
Carte des herbiers de Zostères (2)



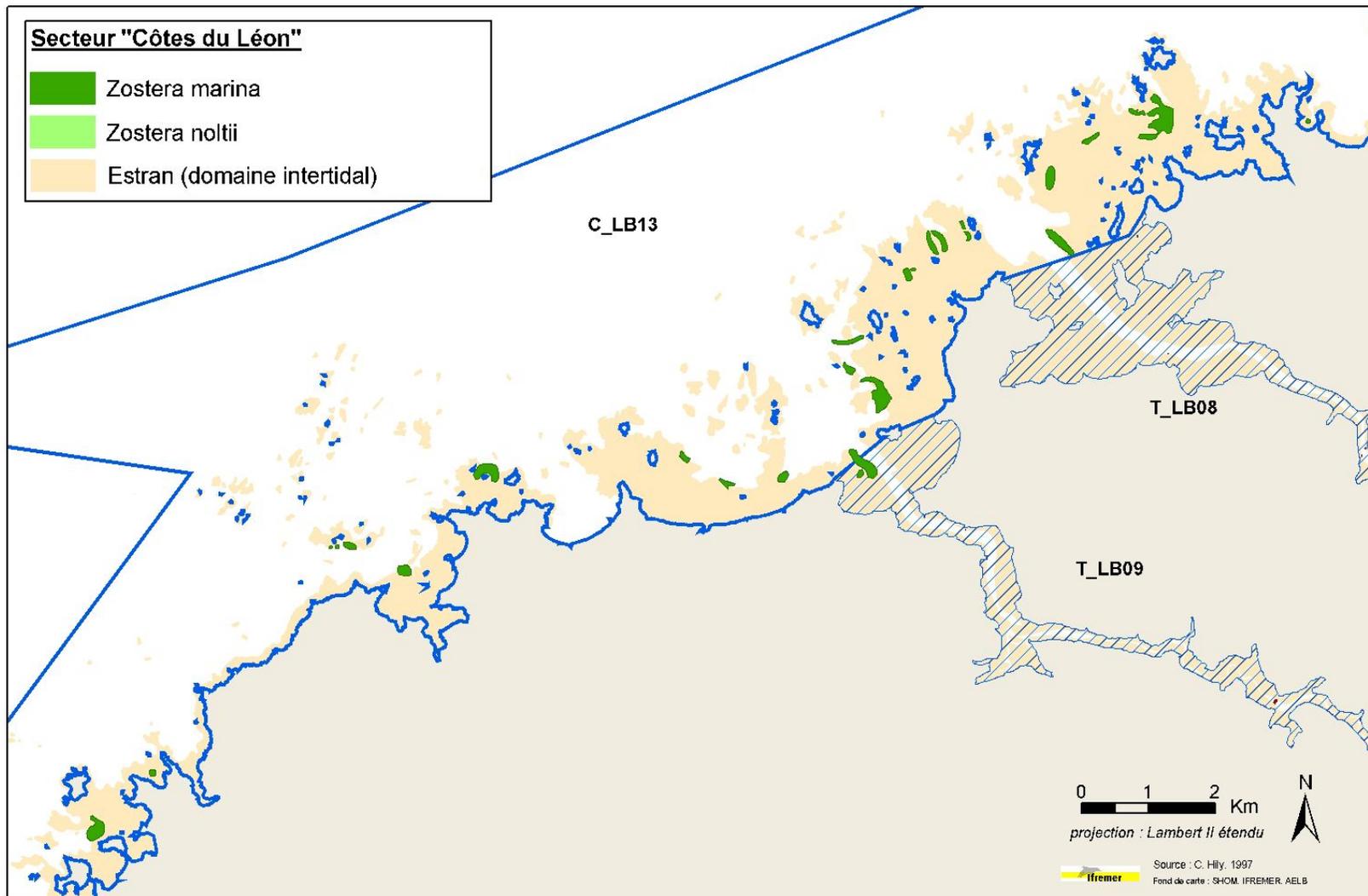
Carte des herbiers de Zostères (3)



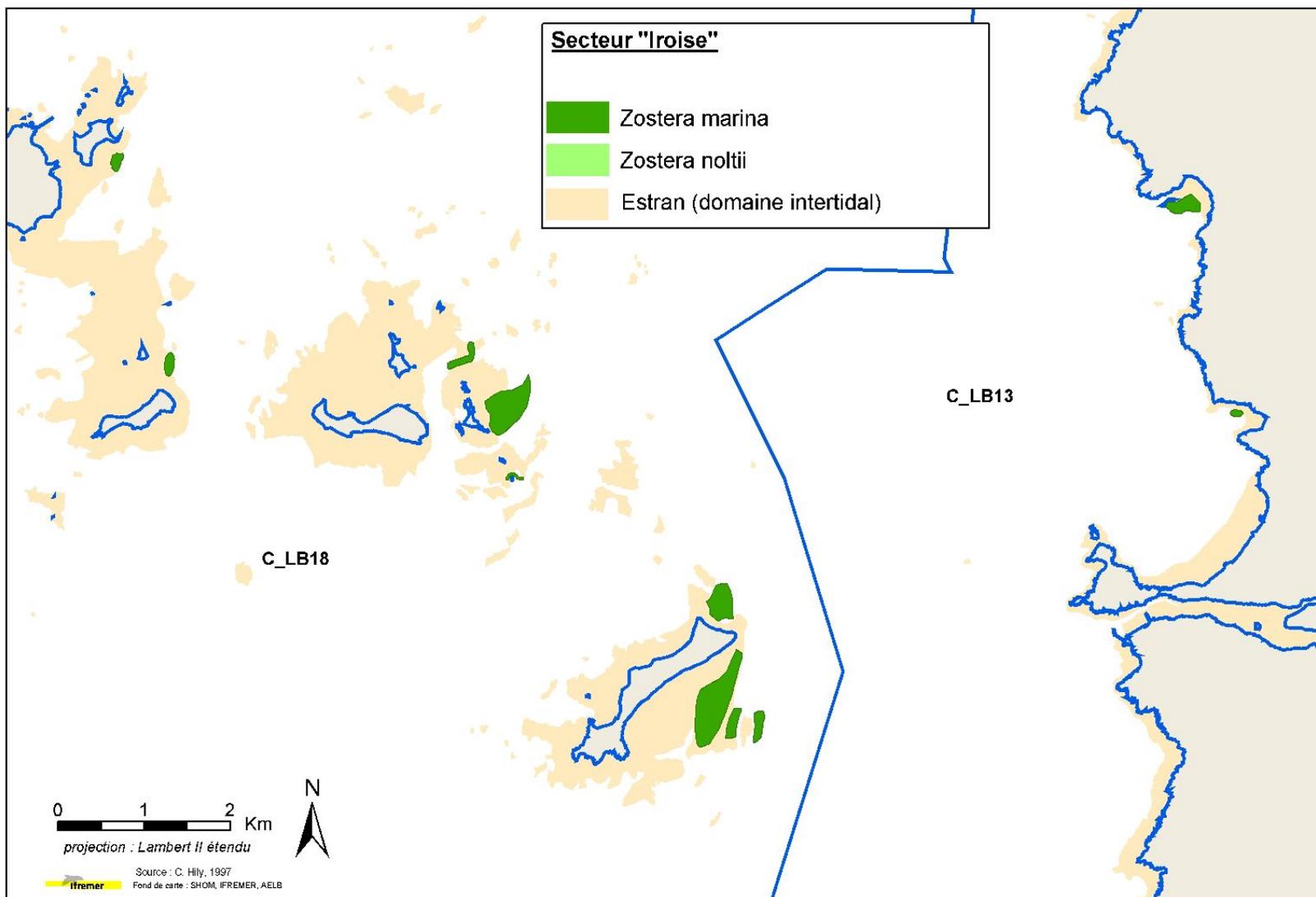
Carte des herbiers de Zostères (4)



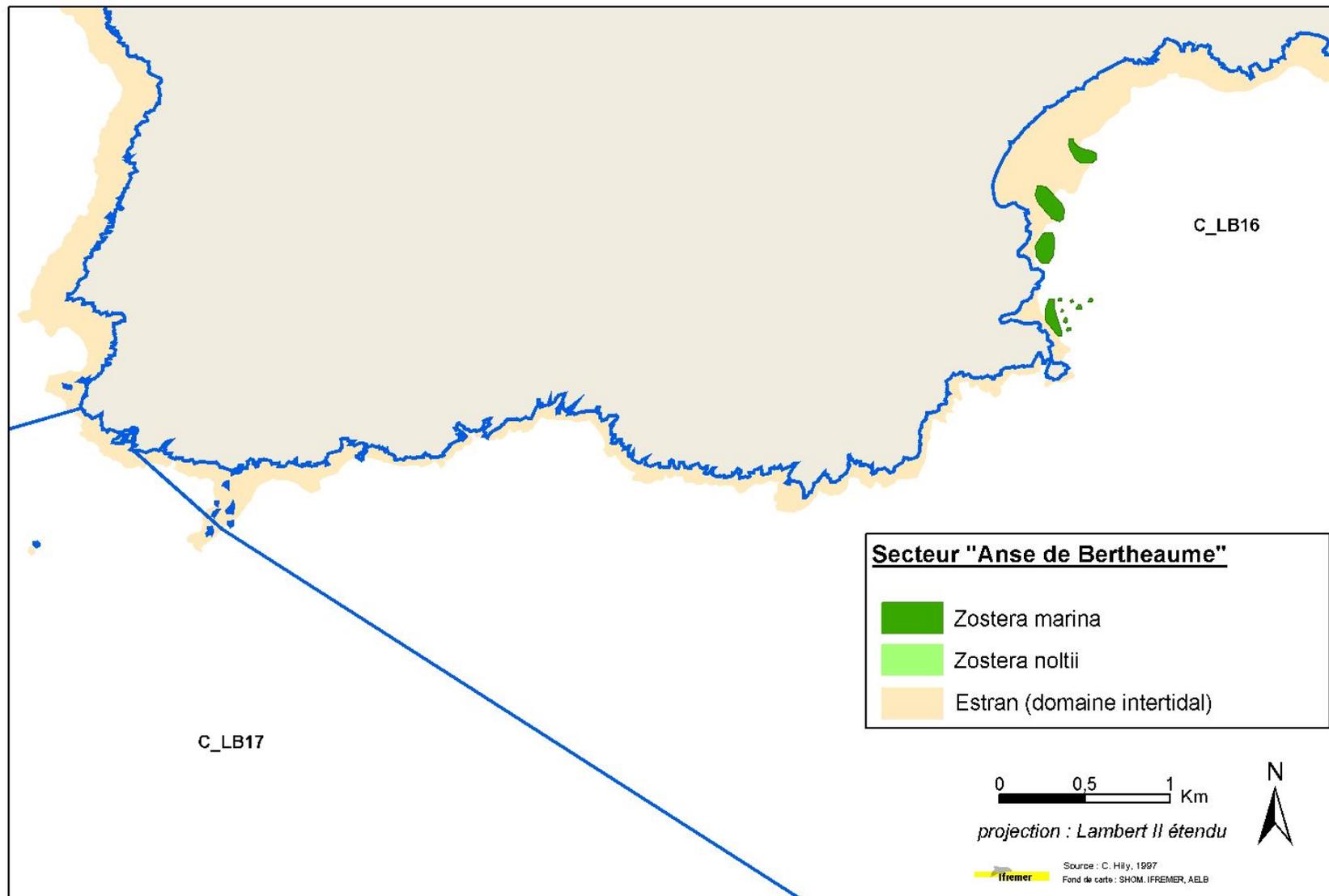
Carte des herbiers de Zostères (5)



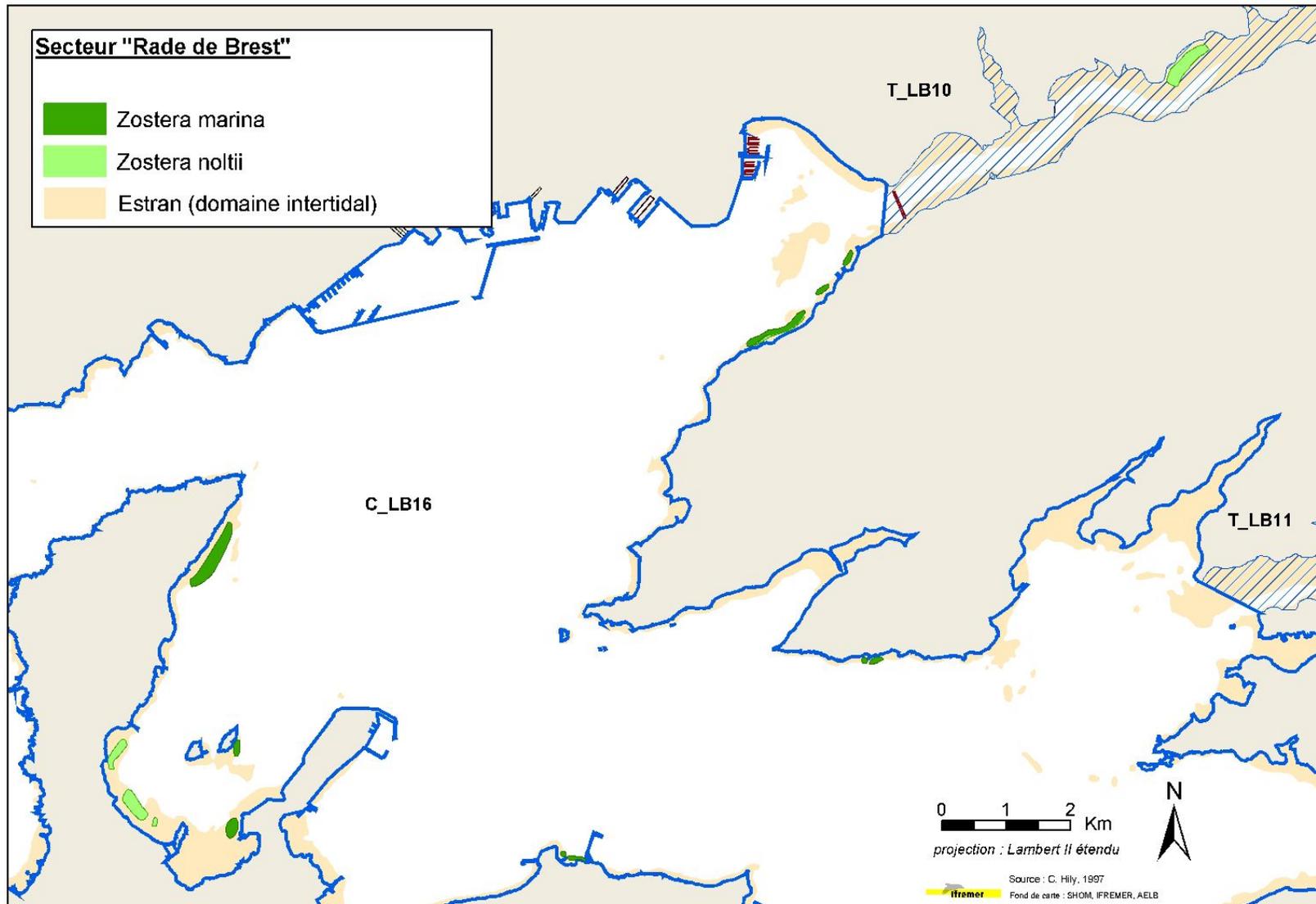
Carte des herbiers de Zostères (6)



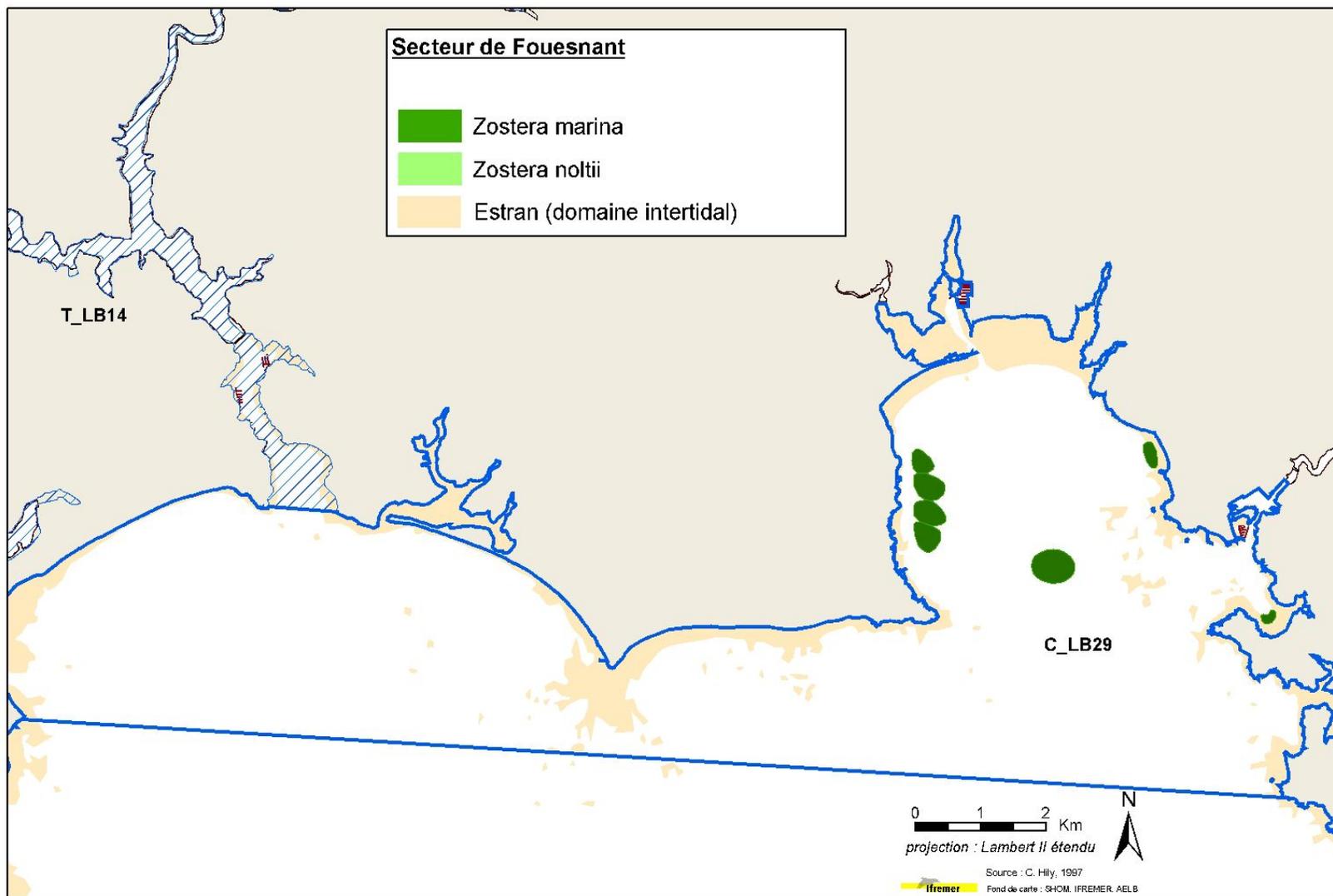
Carte des herbiers de Zostères (7)



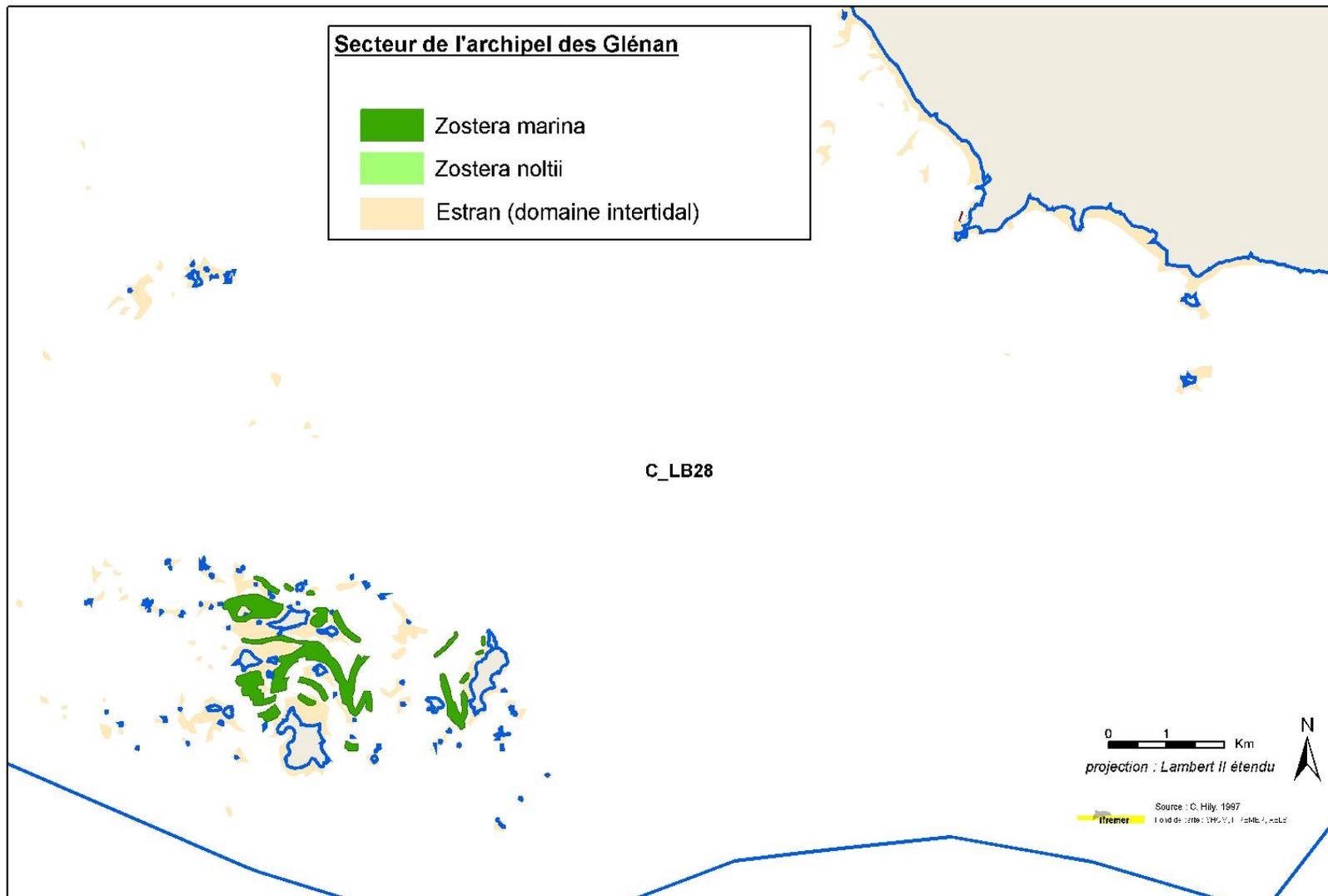
Carte des herbiers de Zostères (8)



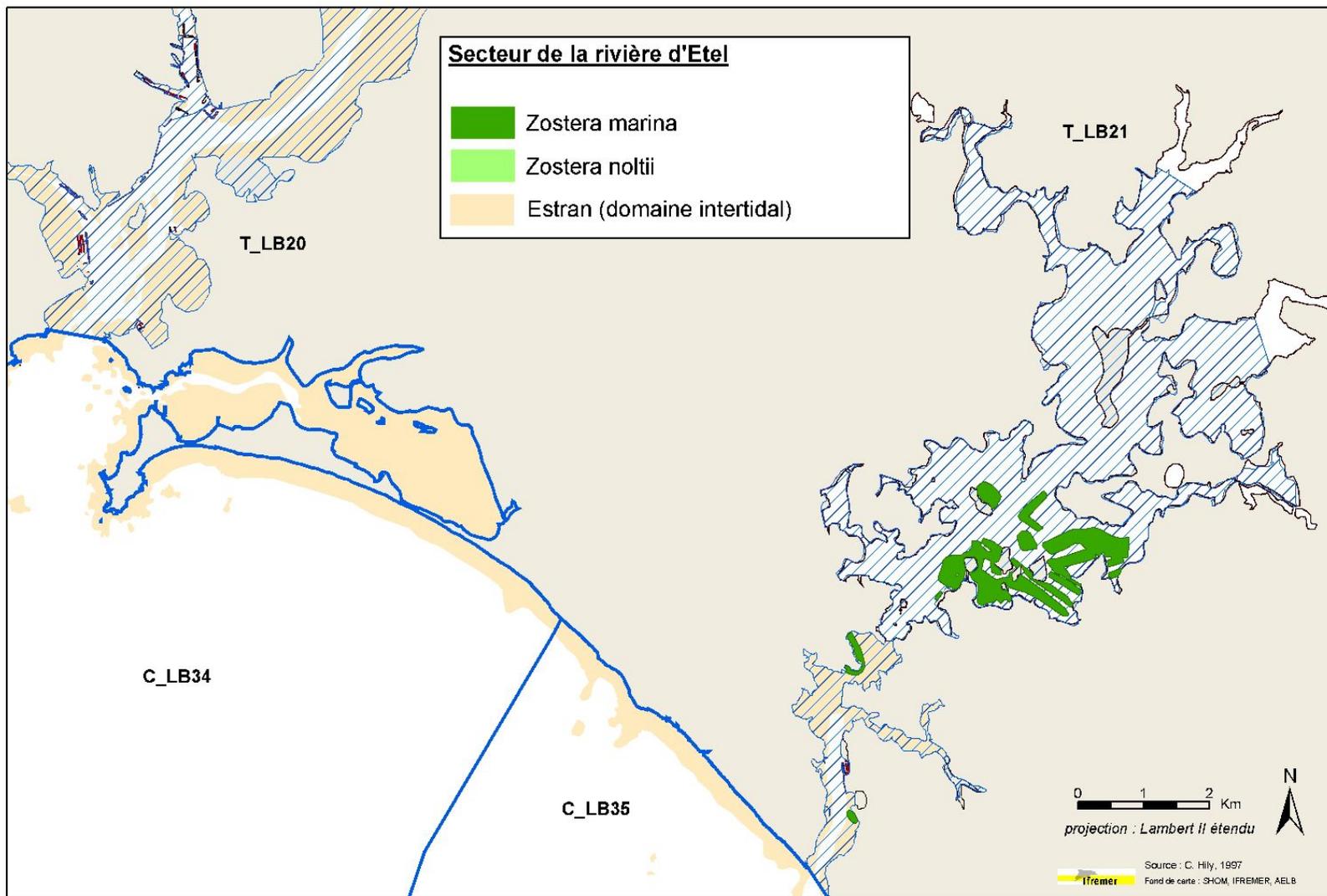
Carte des herbiers de Zostères (9)



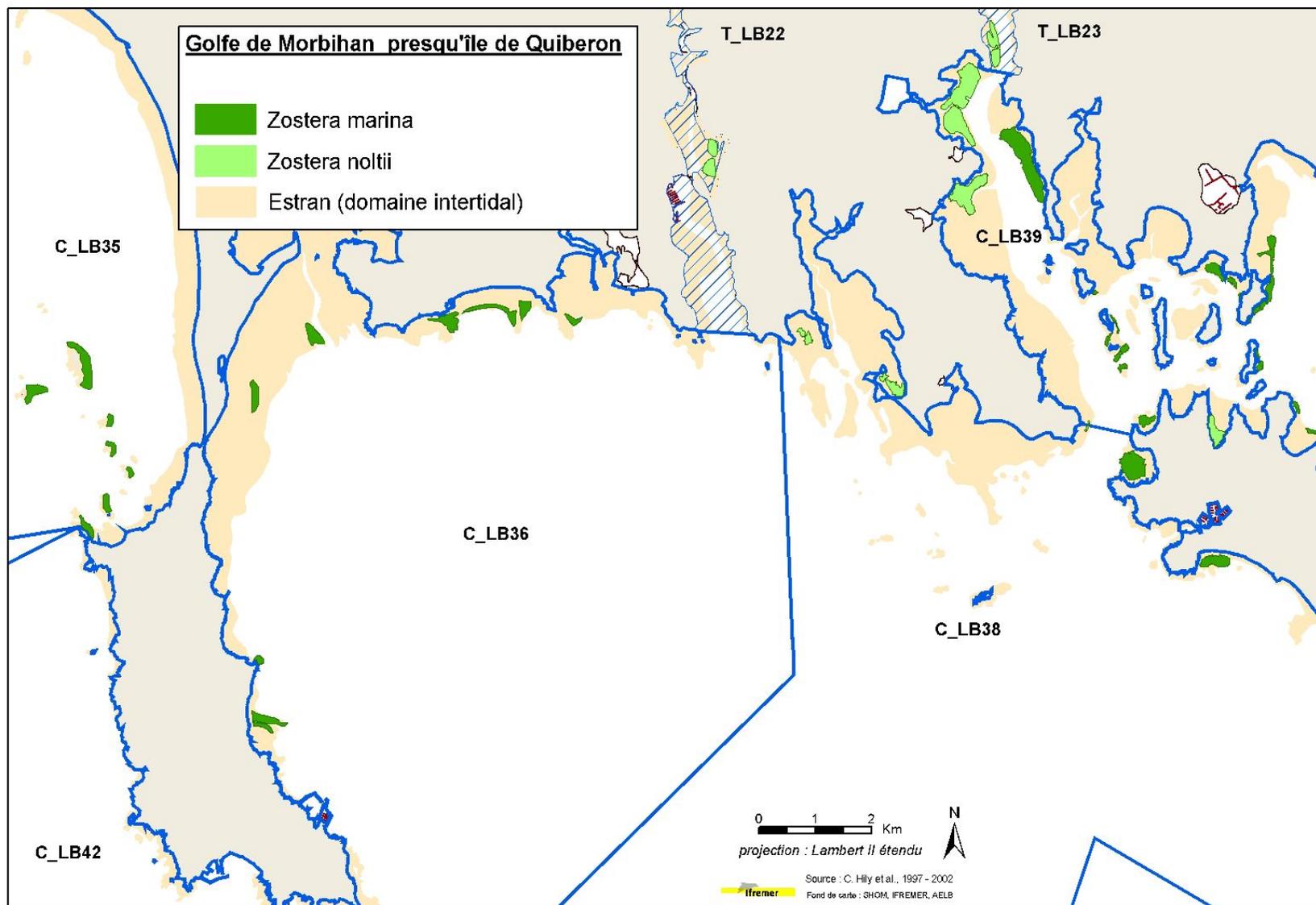
Carte des herbiers de Zostères (10)



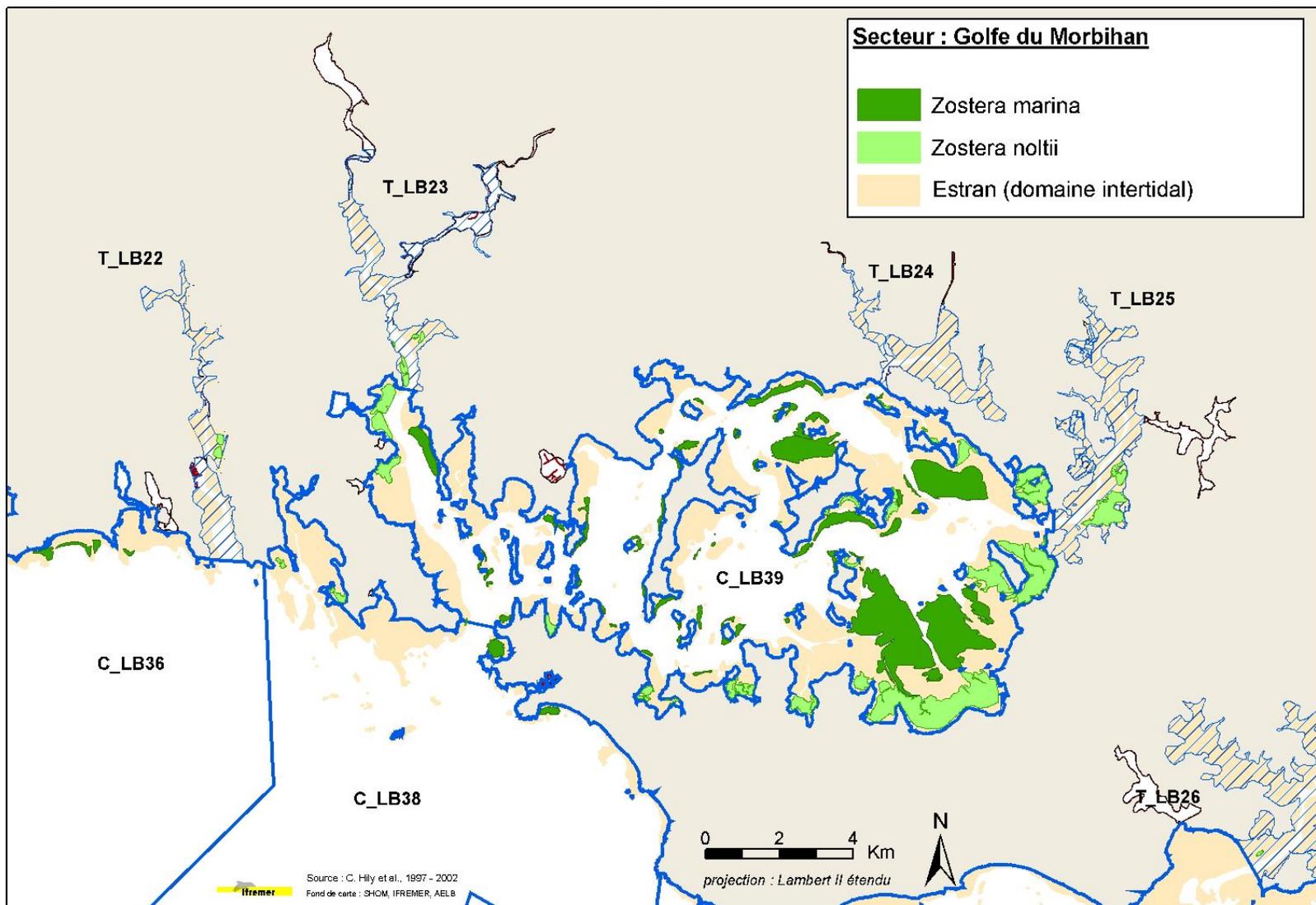
Carte des herbiers de Zostères (11)



Carte des herbiers de Zostères (12)

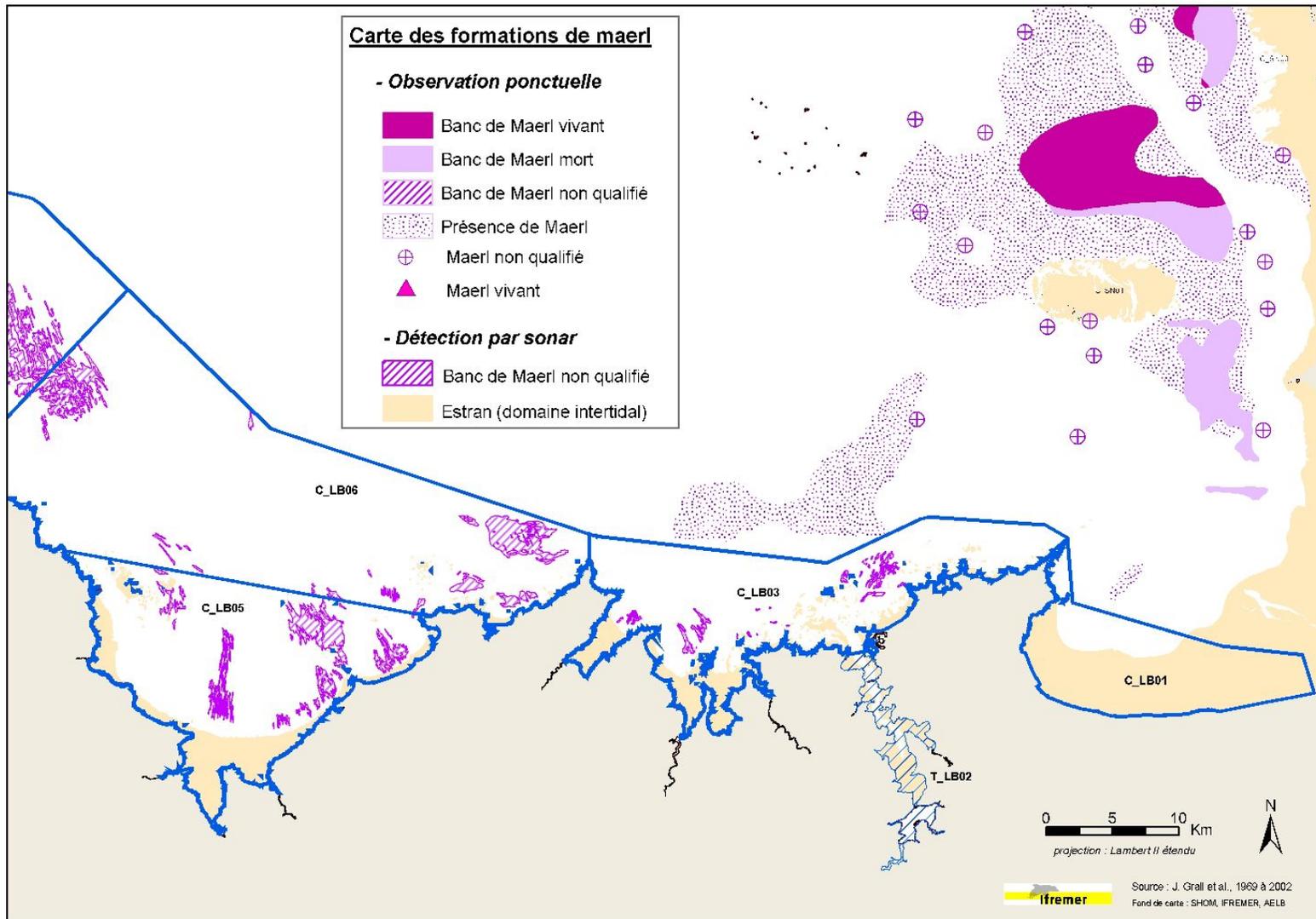


Carte des herbiers de Zostères (13)

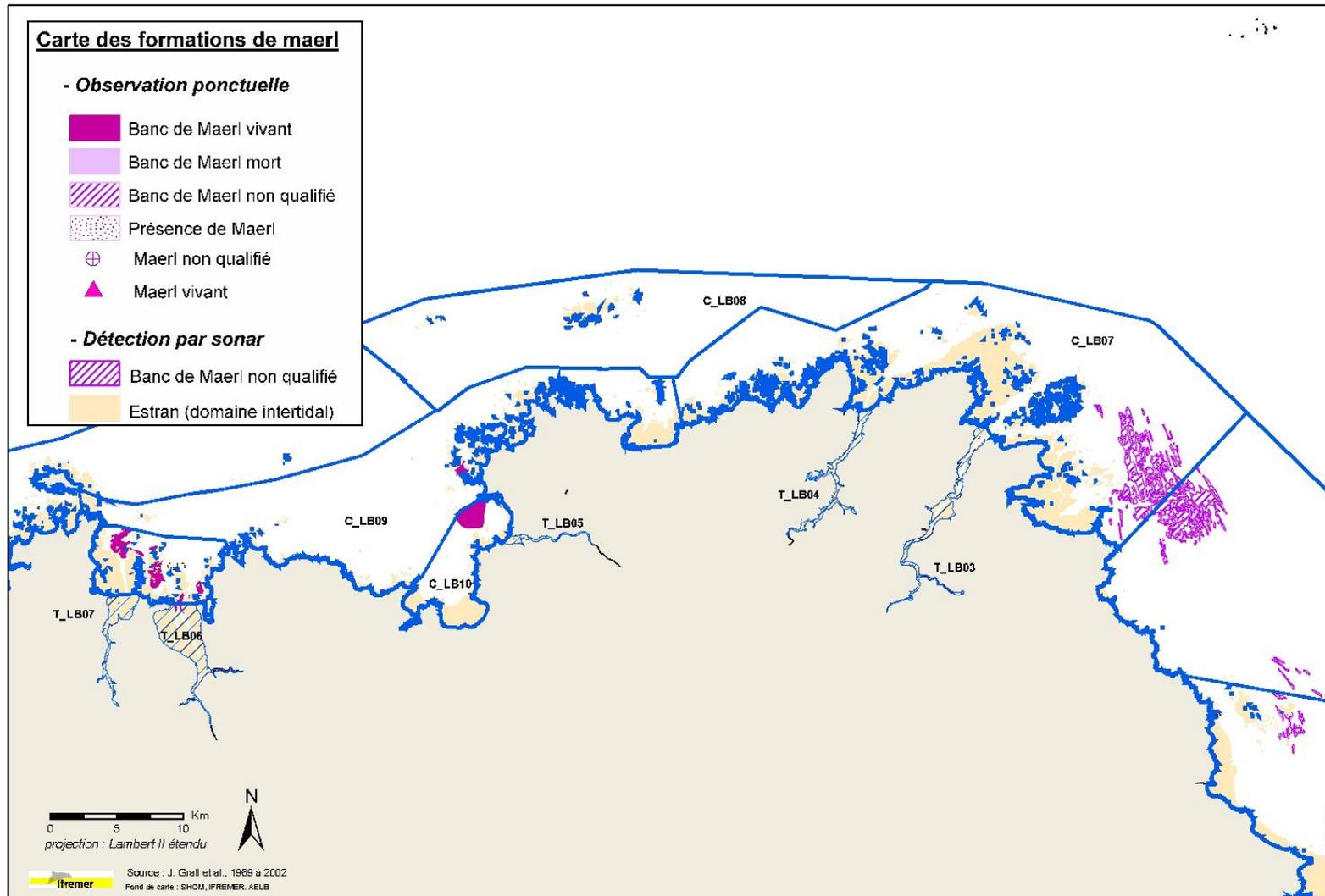


Carte des herbiers de Zostères (14)

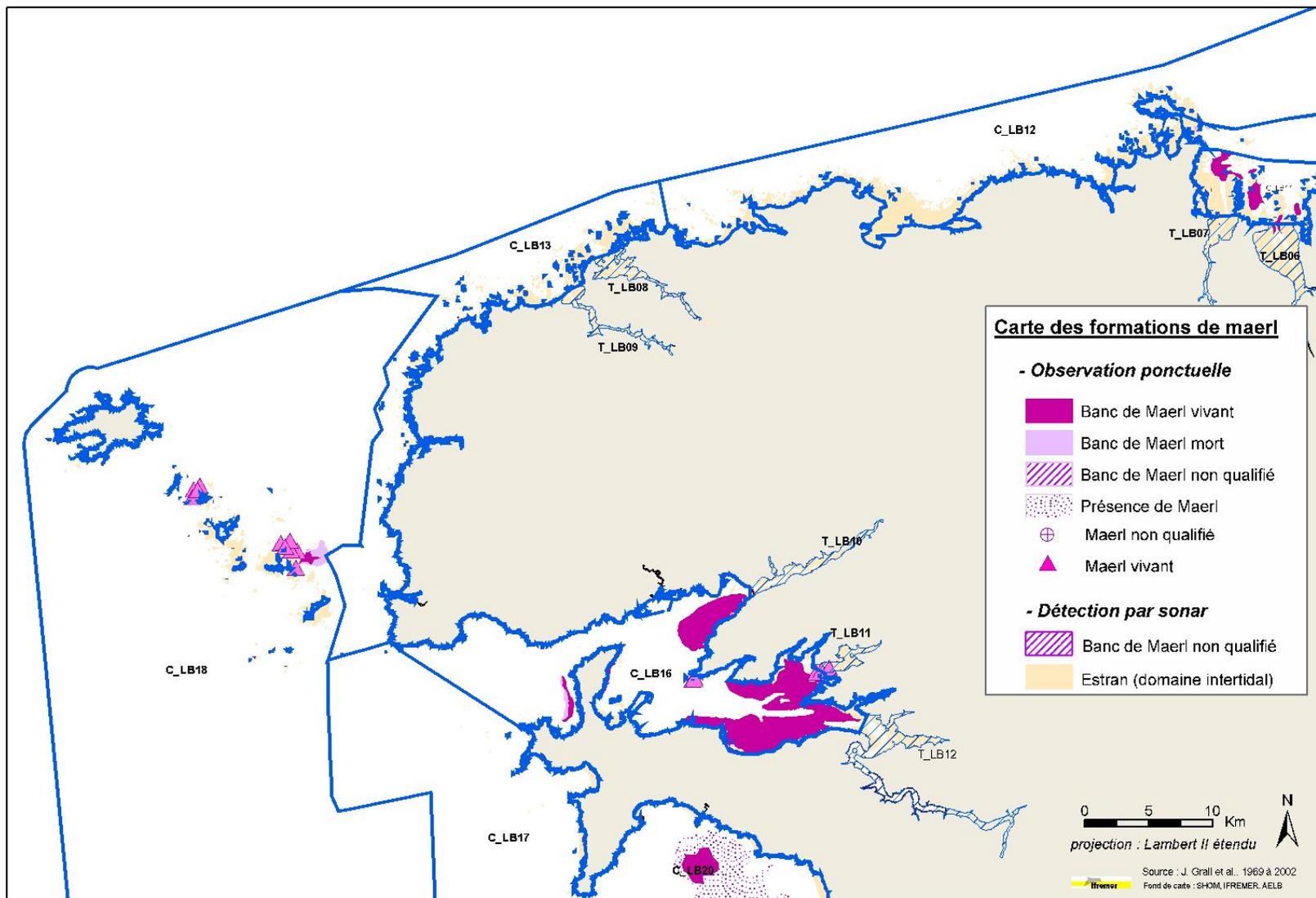
## **Annexe 5 Cartes des bancs de Maerl (Bretagne)**



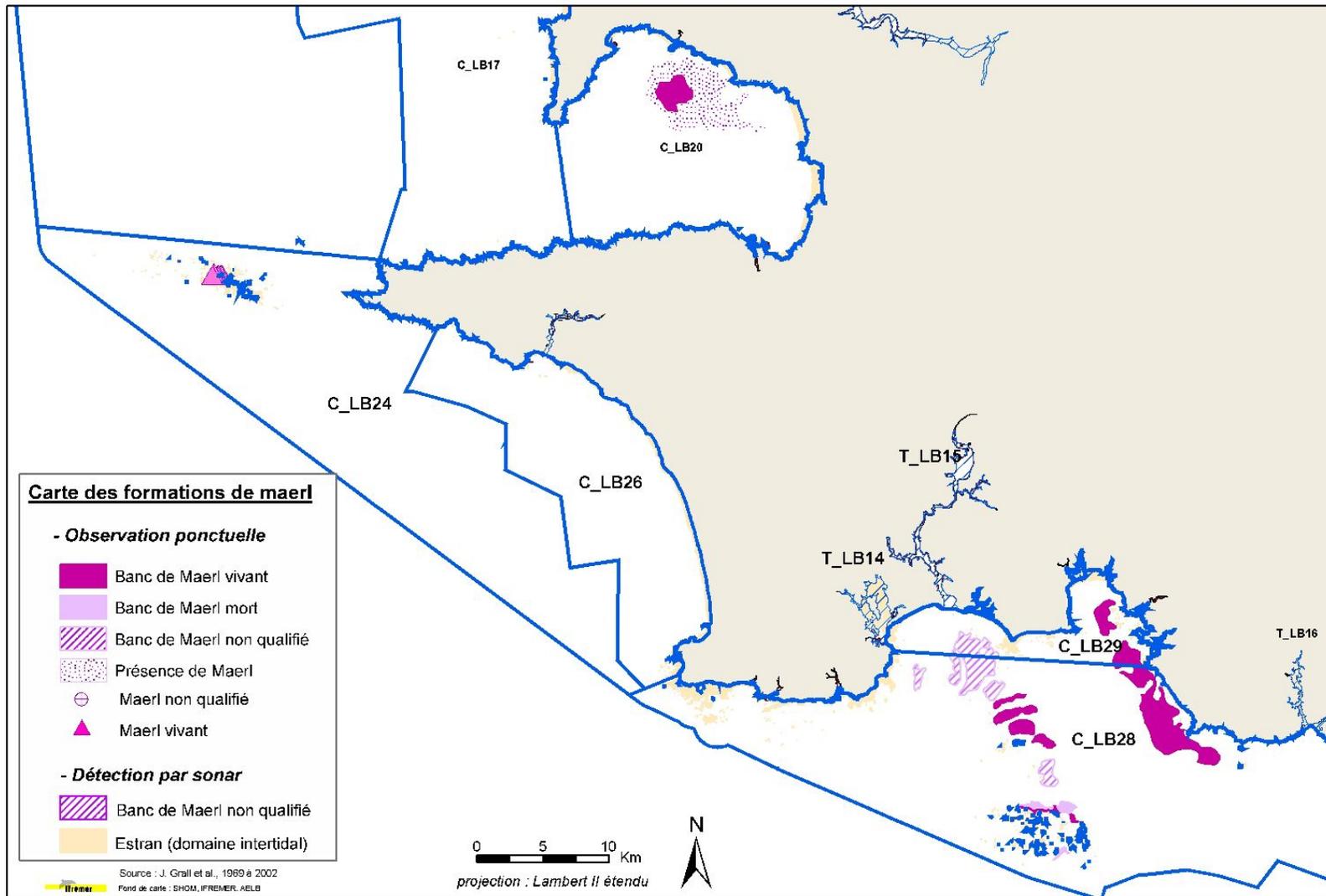
Carte des bancs de maerl (A)



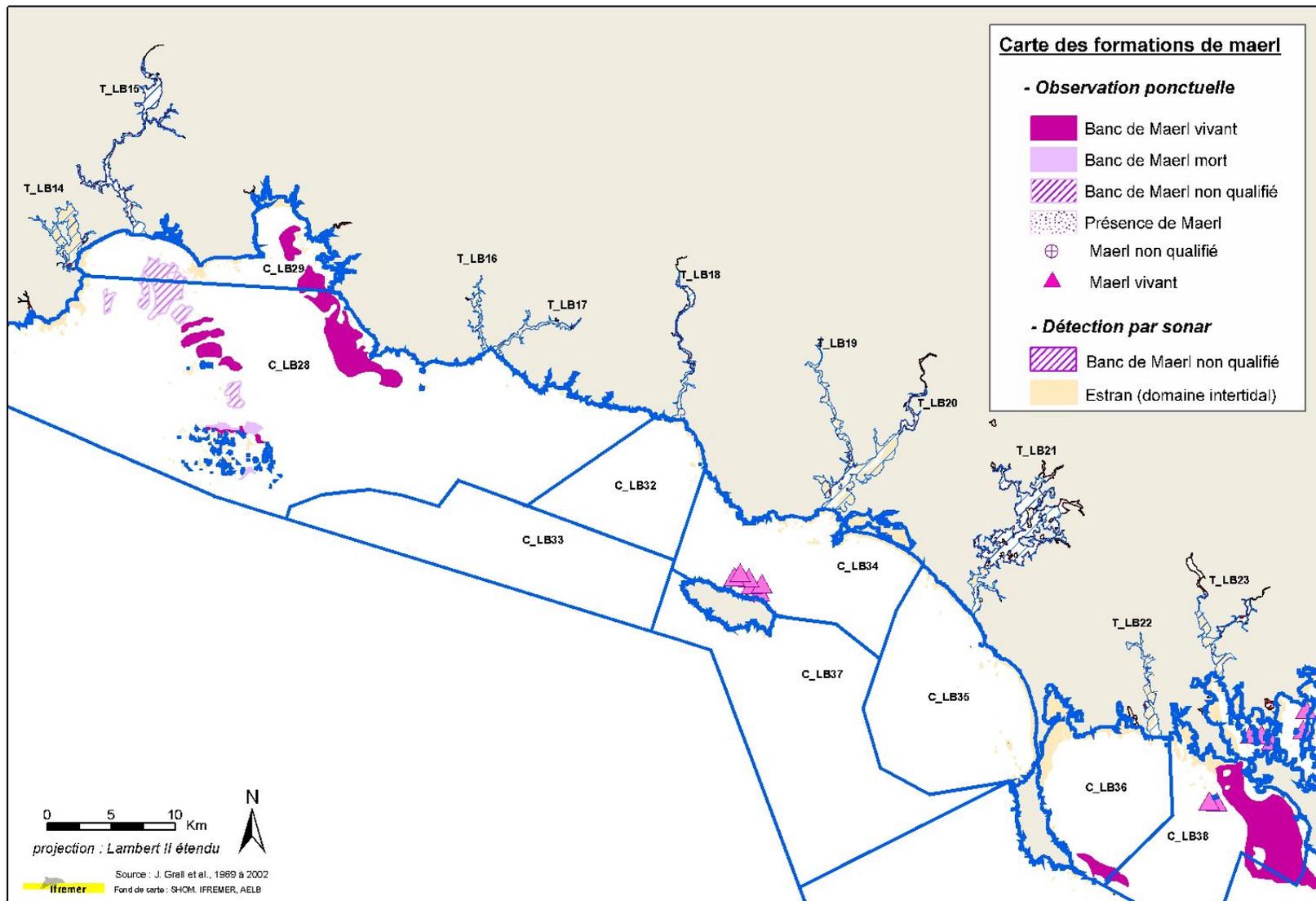
Carte des bancs de maerl (B)



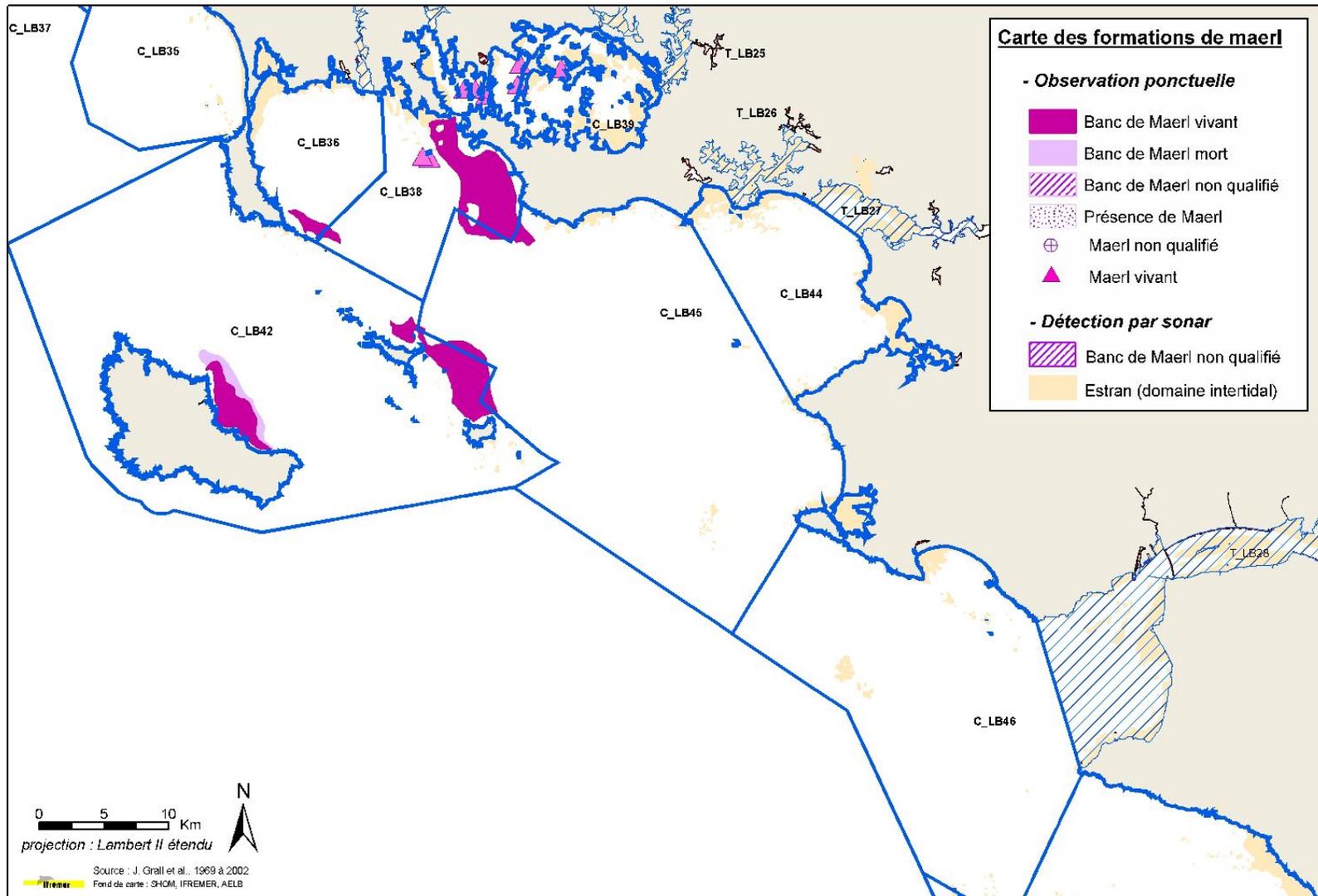
Carte des bancs de maerl (C)



Carte des bancs de maerl (D)

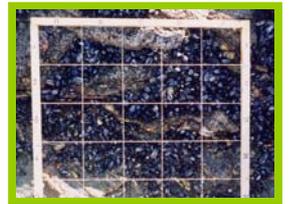


Carte des bancs de maerl (E)



Carte des bancs de maerl (F)

## Annexe 6 Etude bibliographique et données cartographiques en Loire-Atlantique et Vendée (Etude Bio-Littoral)



# 1. Etude bibliographique

## Préambule

Cet inventaire bibliographique, réalisé par A.L. Barillé et Y. Gruet, fait référence à des ouvrages traitant de la faune et flore benthiques recensées sur le littoral de Loire-Atlantique et de Vendée, de 1850 à nos jours, à l'exception de la partie vendéenne des Pertuis charentais. Rédigés par des chercheurs appartenant à des institutions scientifiques ou par des amateurs éclairés, ces travaux relatent la présence ou l'absence d'espèces dans des sites identifiés. Ces travaux sont disséminés dans des livres anciens faisant partie de collections privées, ou des collections des Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes ou de Paris. Certains articles sont parus dans des revues scientifiques éditées par des associations régionales, d'autres sont publiés dans des revues spécialisées à portée internationale. Les rapports d'étude sont disponibles dans les institutions qui les ont commandés (DIREN (Direction Régionale de l'Environnement en Pays de Loire), SMIDAP (Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture en Pays de Loire)...). Les rapports de stage se trouvent dans les bibliothèques des institutions enseignantes qui ont encadré les stagiaires (Université de Nantes, de Paris VI.....).

## Liste bibliographique

1. OUVRAGE COLLECTIF sous la direction de J.C. Dauvin, 1997 - Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives. *Muséum National d'Histoire Naturelle*, Paris, 359p.
2. AMOUREUX, L., 1966 – Etude bionomique et écologique de quelques Annélides Polychètes des sables intertidaux des côtes Ouest de la France. Thèse, Paris : 218 p.
3. AUBIN, D., BEAUVAIS, P., 1976 – Étude de la faune et de la flore en baie de Bourgneuf. Contrat CNEXO n° 75/51/93. Labo. Biol. Marine Univ. Nantes, 103 p.
4. AUDOUIN, J., CAMPILLO, A., LEGLISE, M., 1971 – Les cantonnements à Crustacés des côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche. *Science et Pêche, Bull. Inst.Pêches marit.*, n°205, 1-9.
5. BARILLÉ, L., BARILLÉ-BOYER, A-L., 2003 – Estimation du stock de crépidules dans la zone intertidale de la baie de Bourgneuf. Rapport Labo Biol Mar Univ Nantes, 54 p.

6. BARILLÉ-BOYER, A-L., GRUET, Y., PÉRUSSON, O., BARILLÉ, L, 2000 – Ecologie et distribution du mollusque gastropode *Onchidella celtica* (cuvier, 1818) sur l'estran rocheux de la pointe de Saint Gildas (Loire-Atlantique France). *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France*, n°22 (3), 123-138.
7. BARILLÉ-BOYER, A-L., GRUET, Y., BARILLÉ, L, HARIN, N., 2004 – Temporal changes in community structure of tide pools following the Erika oil spill. *Aquat. Living Resour.* 17, 323-328.
8. BARNES, H., BARNES, M., 1966 – Ecological and zoogeographical observations on some of the common intertidal Cirripedes of the Coasts of the western European mainland in june-september, 1963. *Some Contemporary Studies in Marine Science*, pp. 83-105, 1 fig., 1 tabl.
9. BARNES, H., BARNES, M., 1966 – The recovery of *Chtamalus stellatus* from the effects of the severe winter of 1962-63 on the shores at Pornic, France. *Cahiers de Biologie marine*, t.VII, pp.247-249.
10. BARNES, H., BARNES, M., KLEPAL, W., 1972 – Some Cirripedes of the French Atlantic coast . *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.*, 8(2): 187-195.
11. BAUD, J-P. HAURE, J., 1988 – Estimation des stocks de moules de gisements naturels dans la Baie de Bourgneuf en 1986. Rapport IFREMER DRV/-88 RA/Bouin 29p.
12. BAUDET, J., GRUET, Y., 1993 - Quelques ports en eau profonde de Loire-Atlantique: modifications des fonds et incidences sur les peuplements benthiques. *Actes du Colloque "Le Littoral, ses contraintes environnementales et ses conflits d'utilisation"* (Nantes 1991): 233-236.
13. BEAUCHAMP, P., 1923 – Etudes de bionomie intercotidale. Les îles de Ré et d'Yeu. *Arch.Zool.exp. et génée.*, tome 61 : 455-520.
14. BEAUDOIN, J., 1975 – Copépodes du plateau continental du Golfe de Gascogne, en 1971 et 1972. *Revue des Travaux de l'ISTPM*, 39(2) : 121-169.
15. BILLARD, A., 1926 – Les Hydroïdes de la côte atlantique de France . *C.R.Congrès Sociétés Savantes*, Paris, 326-344.
16. BISHOP, M.H.W., CRISP, D.J., 1958 – The distribution of the barnacle *Elminius modestus* Darwin in France. *Proc.Zool.Soc.London*, 131, 1: 109-134.
17. BISHOP, M.H.W, CRISP, D.J., FISCHER-PIETTE, E., PRENANT, M., 1957 – Sur l'écologie des Cirripèdes de la côte atlantique française. *Bull.Inst.Océanogr.*, n°1099, 10 p.
18. BISHOP, M.H.W., 1954 – *Elminius modestus* in France. *Nature*, vol. 73, p.1145.

19. BOCQUET, C., LEJUEZ, R., REZIG, M., Génétique des populations de *Sphaeroma serratum* F. *Cah.Bio.mar.*, tome 15 : 229-240.
20. BORGOGNO, C., 1898 – *Pagurus prideauxi* Leach., dragué aux Sables-d'Olonne, février 1898. *Bull. SSNOF* , p.XVI.
21. BORGOGNO, C., 1899 – Capsules fraîches de *Nassa reticulata*, *Purpura lapillus*, *Buccinum undatum*, etc.... *Bull. SSNOF* , p.XV.
22. BOUCHERON, F., 1886 – Le monde des côtes de Noirmoutier (Vendée), souvenirs de recherches et d'études. Ed. V. Forest et E.Grimaud, Nantes, 79 p.
23. BOURDEAU, J.M., 1941 – La morphologie de la bordure atlantique du massif vendéen. *Ann.Géogr.*, L, p.81-93.
24. BOURNERIAS, M., POMEROL, Ch., TURQUIER, Y., 1987 – La côte Atlantique entre Loire et Gironde – Vendée Aunis Saintonge. Guide naturaliste des côtes de France Ed : Delachaux et Niestlé Paris 264 p.
25. BUREAU, L., 1898 – Coup d'œil sur la faune du département de la Loire-Inférieure. Imprimerie Grimaud, Nantes, 87 p.
26. CAILLAUD, F., 1865 – Catalogue des Radiaires, des Annélides, des Cirripèdes et des Mollusques marins, terrestres ou fluviatiles recueillis dans le département de la Loire-Inférieure. Nantes, in 8, 324 p., 5 pl.
27. CARBONNEL, G., TRUC, G., 1983 – Introduction à l'étude de la microfaune benthique (Foraminifères, Ostracodes) dans les biotopes à salinité variable de l'île de Noirmoutier (France) et de Santa-Pola (Province d'Alicante, Espagne). *Sci.Géol., Bull.*, 36, 4: 207-210. Strasbourg, 1983.
28. CARRIÉ, C., 2002 – Les herbiers de zostères en Baie de Bourgneuf : étude géographique état des lieux et enjeux. Rapport de Maitrise IGARUN Univ. Nantes, 145 p.
29. CASTRIC-FEY, A., 1973 - Hydriaires et Bryozoaires infralittoraux du plateau continental sud-armoricain I.- Plateau de Rochebonne et île d'Yeu. *Cahiers de Biologie Marine*, tome 14, pp.205-216.
30. CATHERINE, M., 1992 – Les frayères et les nourriceries de la Baie de Bourgneuf-Vendée. *Equinoxe*, n°46 : 11-14.
31. CAZAL, F., 1927 – Liste des algues marines récoltées de 1912 à 1927 dans le Finistère et la Loire-Inférieure. *Bull. SSNOF*, (4), 7 : n°3-4 : 61-71.
32. CHASSE, C., GLEMAREC, M., 1973 – Peuplements marins du plateau continental ouest et sud armoricain. Notice explicative des cartes. Contrat CNEXO 72/602.
33. CHASSE, Cl., 1972 – Économie sédimentaire et biologique des estrans meubles des côtes de Bretagne. Thèse de doctorat Univ. Paris VI, n° CNRS : AO 6749, 293 p.

34. CHEVREUX, E., 1882 – Espèces remarquables de la faune du Croisic. *Ass.fr.Avanc.Sci.*, 2<sup>ème</sup> session, La Rochelle, p.562.
35. CHEVREUX, E., 1883 – Crustacés Amphipodes et Isopodes des environs du Croisic. *Ass.fr.Avanc.Sci.*, 12<sup>ème</sup> session, Rouen, p.517-520.
36. CHEVREUX, E., 1884 – Le *Pagurus prideauxi* et ses commensaux . *Ass.fr.Avanc.Sci.*, 13<sup>ème</sup> session, Blois.
37. CHEVREUX, E., 1884 – Suite d'une liste des Crustacés Amphipodes et Isopodes des environs du Croisic. *Ass.fr.Avanc.Sci.*, 13<sup>ème</sup> session, Blois, : 312-315.
38. CHEVREUX, E., 1886 – Une excursion zoologique en baie du Croisic. Feuille des Jeunes Naturalistes, mars 1886 : 53 à 55.
39. CNEOX et EDF, 1977 – Etude écologique d'avant-projet sur le site de Brétignolles. 77 p.
40. COLLET, M., 1954 – Le crabe chinois *Eriocher sinensis* en Loire-inférieure. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, 1954, p.1.
41. COGNIE, B., BARILLÉ, L., CARRIÉ, C., ROSA, P., 2003 – Estimation du stock d'huîtres sauvages en baie de Bourgneuf (partie Loire Atlantique), Rapport SMIDAP, 25 p.
42. CRISP, D.J., 1958 – The spread of *Elminius modestus* in North-West Europe. *J.Mar.biol.Ass.U.K.*, 37: 483-520.
43. CRISP, D.J., 1959 – A further extension of *Elminius modestus* Darwin on the west coast of France. *Beaufortia*, 7, (82) : 37-39. 2 cartes.
44. CRISP, D.J., FISCHER-PIETTE, E., 1959 – Répartition des principales espèces intercotidales de la côte atlantique française en 1954-1955. *Ann.Inst.Océano.Monaco*, tome 36, (2), 387p.
45. CUENCA, C., 1984. – Méthodes et techniques d'études de deux espèces d'Echinidae (echinodermes) de la côte atlantique française : *Psammechinus miliaris* (Gmelin) et *Paracentrotus lividus* (Lamarck) DEA Univ. Paris VI, 56 p.
46. DEBRAY, M., 1882 – Algues recueillies sur la côte du département de la Loire-Inférieure, entre Le Pouliguen et Le Croisic. A.F.A.S, Congrès de La Rochelle, pp 468-470.
47. DELAMARE, D., 1876 – Notice sur trois genres de Crustacés recueillis dans la Loire-Inférieure et nouveaux pour le département (*Galathée* ; *Nephrops norvegicus*, *Branchipe*). *Ann.Soc.Acad.Nantes*, 5<sup>ème</sup> série, VI : 89-103.
48. DESAUNAY, Y. *et al.*, 1981 – Etude des nurseries de poissons du littoral de la Loire-Atlantique. Science et Pêche, Bull.Inst.Pêches marit., n°319 : 1-23.

49. DESHAYES, 1850 – Quelques observations : perforation par les Mollusques. *J.conchyl.*, 1850, n°1 :
50. DUBOIS, S. BARILLÉ, L., BARILLÉ-BOYER, A-L., GRUET, Y., 2004 – Conditions de préservation des formations récifales à *Sabellaria alveolata* (L.) en baie de Bourgneuf. Rapport DIREN Loire-Atlantique 52 p.
51. DUBROCA, E. 1985 – Bibliographie des zones humides en France (Inventaire Faune et Flore) Féd. Interdépart. Des chasseurs de Paris H.S.V. fasc 26, 138 p.
52. DOLLFUS, Ad., 1887-1888 – Les plages du Croisic (récoltes zoologiques). Feuille des Jeunes Naturalistes, 18<sup>ème</sup> année, pages 14,29, 46, 67, 85 et 93.
53. EVANS, R.G., 1957 – The intertidal ecology of some localities on the Atlantic coast of France. *J.Ecol.*, 45: 245-271.
54. FERRONNIERE, G., 1898 – Quelques vers récoltés au Croisic. Polychètes, Polygordiens, Némertiens. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, Nantes, (3-4) : XXI-XXIII.
55. FERRONNIERE, G., 1901 – Etudes biologiques sur les zones supralittorales de la Loire-Inférieure. *Bull. Soc. Sci. Nat. Ouest Fr.*, Nantes, (&-2) : 1-453.
56. FISCHER, P., 1869 – Catalogue des Nudibranches et Céphalopodes des côtes océaniques de France. *J.conchyl.*, XVII, 5
57. FISCHER, P.H., 1953 – Mode de fixation des moules dans la baie du Pouliguen. *J.conchyl.*, vol.93, 4<sup>ème</sup> série, tome XLVI, n°3, p.104-108.
58. FISCHER-PIETTE, E., 1964 – Effets immédiats et conséquences tardives des froids de 1963 sur quelques Mollusques intercotidaux. *Bull.Inst.océanogr.* Monaco, vol.64, n°1324, 30 p.
59. FLAHAULT, Ch., 1888 – Herborisations algologiques d'automne au Croisic (Loire-Inférieure). *Bull. Soc. Botanique*, tome 35, 377-385.
60. FUSTEC-MATHON, E., LAHONDRE, Ch., 1971 – La réserve nationale de la Pointe d'Arcay (Vendée). 15 pages. PLANTES schorre, dunes.
61. GAUTIER, M., 1971 – Le maerl sur le littoral de la Bretagne. *Cahiers Océanographiques*, XXIII, 2 : 171-191.
62. GAUTIER, M., 1970 – L'exploitation du maerl en Bretagne. *Penn ar Bed*, vol.7, n°63, pp414-420.
63. GLEMAREC, M., 1965 – La faune benthique dans la partie méridionale du massif armoricain- étude préliminaire. *Cah .Bio. Mar.*, Roscoff, tome VI, pp.51-66.

64. GLEMAREC, M., 1969 – Les peuplements benthiques du plateau continental du nord-gascogne. Thèse Sciences, Paris et Brest, 167 p.
65. GOULEAU, D., 1968 – Le remplissage sédimentaire de la baie de Bourgneuf. Bull.B.R.G.M., 2<sup>ème</sup> série, section IV, n°1.
66. GOULEAU, D., SORIANO, J., 1968 – Etude sédimentologique et géotechnique d'une carotte de la baie de Bourgneuf. Cahiers océanographiques, XXI, 1 : 57-70.
67. GRUET, Y., 1970 - Morphologie, croissance et faune associée des récifs de *Sabellaria alveolata* (Linné) de la Bernerie-en-Retz (Loire-Atlantique). Thèse de Doctorat de 3ème Cycle. Université d'Aix-Marseille, 114p.
68. GRUET, Y., 1971 -Morphologie, croissance et faune associée des récifs de *Sabellaria alveolata* (Linné) de la Bernerie-en-Retz (Loire-Atlantique). *Téthys*, 3(2):321-380.
69. GRUET, Y., 1972 - Faune associée des "récifs" d'Hermelles, Polychète Sabellariidé: *Sabellaria alveolata* (Linné): cas de récifs morts à Crève-Coeur (La Bernerie-en-Retz, Loire-Atlantique). *Bull.Soc.Sci.Bret.*, Rennes, 67:69-80.
70. GRUET, Y., 1974 - Macrofaune des substrats meubles intertidaux entre le Pont d'Yeu et Sion-sur-l'Océan (Vendée). *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, 72: 12-28.
71. GRUET, Y., 1975 - Répartition des Laminaires (Algues Phéophycées) sur l'estran des côtes de Loire-Atlantique et du nord de la Vendée. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, 73: 101-109.
72. GRUET, Y., 1976 - Répartition des Algues Phéophycées *Himanthalia*, *Bifurcaria* et *Halidrys* sur l'estran des côtes de Loire-Atlantique et du nord de la Vendée. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, 74: 11-15.
73. GRUET, Y., 1976 - Répartition des herbiers de Zostères (Monocotylédones marines) sur l'estran des côtes de Loire-Atlantique et du nord de la Vendée. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, 74: 85-90.
74. GRUET, Y., 1977 - Peuplements de la côte rocheuse de Sion-sur-l'Océan (Vendée) et faune associée aux récifs d'hermelles (*Sabellaria alveolata* (Linné), Annélide Polychète). *Bull.Ecol.*, 8(1): 37-55.
75. GRUET, Y., 1977 - Répartition de quelques Mollusques Lacunidae (genres *Littorina* et *Melaraphe*) et du Trochidae *Monodonta lineata* (Da Costa) sur l'estran des côtes de Loire-Atlantique et du nord de la Vendée. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, 75: 30-34.
76. GRUET, Y., 1977 - Répartition des moules (*Mytilus edulis*) et de deux de leurs prédateurs (la pourpre *Nucella lapillus* et l'étoile de mer *Asterias rubens*) sur l'estran des côtes de Loire-Atlantique et du nord de la Vendée. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest Fr.*, 75: 121-127.
77. GRUET, Y., 1978 - Documents pour une marée au Croisic. Généralités sur la répartition intertidale: les Crustacés Cirripèdes. *Congrès APBG*, Nantes, juillet, 5p.

78. GRUET, Y., 1982 - Recherches sur l'écologie des "récifs" d'hermelles édiés par l'Annélide Polychète *Sabellaria alveolata* (Linné). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Nantes, 234p., 3 pl.hors texte.
79. GRUET, Y., 1983 - Huîtres plates, *Ostrea edulis* Linné, rejetées sur la côte sud-ouest de l'île de Noirmoutier (Vendée): un phénomène de type "catastrophique". *Haliotis*, 13: 13-24.
80. GRUET, Y., 1983 - L'algue brune d'origine japonaise *Sargassum muticum* Yendo (Fensholt) envahit la côte française de l'océan atlantique après avoir colonisé celles de la Manche . *Bull.Soc.Sc.Nat.Ouest France*, Nantes, tome 6, (1) : 1-8.
81. GRUET, Y., 1989 - Algues des côtes rocheuses de Loire-Atlantique et de Vendée. Richesses naturelles du littoral. *Ed. Soc.Sc.Nat.Ouest France*, Nantes, 94 pages, 12 pl. couleur, 24 fig.
82. GRUET, Y., 1991 - Spatio-temporal changes of Sabellarian reefs built by the Polychaete *Sabellaria alveolata* (Linné) in a tidal delta (Noirmoutier, France) : *Marine Ecology*, 7 : 303-319.
83. GRUET, Y., 1991 -Stades de destruction des coquilles de *Patella* (Mollusque - Gastéropode) sur l'estran et en milieu terrestre. Aspects récents de la Biologie des Mollusques. *Actes de Colloques* (Brest, nov.1990) *Soc. fr. de Malacologie et IFREMER*, n°13, 183 p.
84. GRUET, Y., 1992 - Un nouveau Mollusque Bivalve pour notre région: *Corbicula* sp. (*Heterodonta Sphaeriacea*). *Bull.Soc.Sci.nat Ouest France*, Nantes, 14 (2): 37-43.
85. GRUET, Y., BARILLÉ-BOYER, A-L, BARILLÉ, L., PÉRUSSON, O., PINEAU, M., LE NEUTHIEC R., BAUDET J., RINCÉ Y ;, 2001 - Impact écologique de la marée noire de l'Érika sur la faune marine d'invertébrés benthiques de l'estran de Loire-Atlantique et de Vendée. Rapport DIREN Pays de la Loire 140 p.
86. GRUET, Y., BAUDET, J., 1997 - Mortalités massives subies par les populations du Polychète *Sabellaria alveolata* (Linné) du delta de marée de Fromentine (Vendée) suite à des froids exceptionnels. *Bulletin de la Société de Sciences naturelles de l'Ouest de la France*, tome 19 (1): 19-28.
87. GRUET, Y., BAUDET, J., 1997 - Les introductions d'espèces d'invertébrés marins. In *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives*. Dauvin JC. (edit), Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris,. 359 p.
88. GRUET, Y., BAUDET, J., LARDEUX, F., ROBIN, J.P., 1984 - Étude des peuplements benthiques autour du site du port de Préfailles. Rapport Laboratoire de Biologie Marine, Univ. Nantes, 103 p.

89. GRUET, Y., PREVOST, A., LUYEN, V., 1991 – Peuplements benthiques de l'estran à proximité de la Baie du Scal. Rapport Laboratoire de biologie marine Univ. Nantes 35 p.
90. GRUET, Y., BODEUR, Y., 1995 - Ecological conditions of modern Sabellarian reefs development: geological implications. *Publications du Service géologique du Luxembourg*, Proc.2nd Europ.Regional Meeting on reefs in the past, present and futur, ISRS, 29 : 73-80.
91. GRUET, Y., HÉRAL, M., ROBERT, J.M., 1976 - Premières observations sur l'introduction de la faune associée au naissain d'huîtres japonaises *Crassostrea gigas* (Thunberg) importé sur la côte atlantique. *Cah. Bio. Mar.*, 72 : 173-184.
92. GRUET, Y., MAILLARD, Y., MARCHAND, J., 1978 - Etude écologique des bassins à flot du port de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique). *Bull.Ecol.*, 9(2): 157-168.
93. GUERIN-GANIVET, J., 1907 – Notes préliminaires sur les gisements de Mollusques comestibles des côtes de France. L'embouchure de la Loire, la baie de Bourgneuf et les côtes de Vendée. *Bull.Inst.océanogr.Monaco*, n°105, p.1-40, 3 cartes.
94. GUILLOU, J., 1980 – Les peuplements de sables fins du littoral nord-Gascogne. Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Bretagne occidentale, 209 p.
95. HARIN, N. 2004 – Télédétection des herbiers de *Zostera noltii* dans un écosystème conchylicole. Rapport DEA géographie option Mer et Littoral. Univ. Nantes, 82 p.
96. HATTON, H., 1932 – Les petits Cirripèdes du littoral de la Loire-Inférieure. *Bull.Labo.marit. Saint-Servan*, 8 : 16-17.
97. HÉRAL, M., GRUET, Y., MAGGI, P., 1975 - Pêche et conchyliculture en presqu'île guérandaise. *Penn ar Bed*, 10 (81): 101-109.
98. ISTPM, Nantes – 1981 – Etude d'Impact. Analyses phytoplanctoniques du site de Bourgenay. Campagnes de janvier à juin 1981, 7 p.
99. JEGOU, A.M., CREZE, J.Y., 1977 – La baie de Bourgneuf. Groupe de travail. Parcs et réserves en milieu marin. CNEXO Unité littoral, Brest, 168 p.
100. LABBE, A., 1922 – Les Opisthobranches du Croisic. *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest France*, (4), II : 38-66.
101. LABBE, A., 1923 – Note préliminaire sur cinq espèces nouvelles d'Eolidiens de la station du Croisic (1). *Bull.Soc.Zool.Fr.*, tome XLVIII, n°s 4 et 5 : 265-268 et *Bull.Soc.Sci.nat.Ouest France* (8) : 6-10.
102. LABBE, A., 1925 – La faunule du Lichina sur la côte du Croisic. *Bull.Soc.Zool.Fr.*, tome L, n°s 8 et 9: 336-343.

103. LABBE, A., 1931 – Les Polycéradés de la station du Croisic et description d'une espèce nouvelle *Polycera salamandra nov. sp.* *Bull.Soc.Zool.Fr.*, tome LVI: 19-24.
104. LABBE, A., 1932 – Liste des Nudibranches recueillis à la station du Croisic de 1913 à 1931. *Bull.Soc.Zool.Fr.*, tome LVI, n°5: 440-454.
105. LE GALLO, J.Y., 1972 – Recherches sur les variations saisonnières de l'épifaune en baie de Bourgneuf. Thèse Univ. Nantes. 64 p.
106. LE MAGUERESSE, A., GRUET Y., 1976 - Etude écologique d'avant-projet sur le site de Corsept (Loire-Atlantique). *Publication CNEXO-EDF*: 155 p.
107. LEMARIE, E, 1866 – Poissons des départements de la Charente, de la Charente-Inférieure, des Deux-Sèvres, de la Vendée et de la Vienne. Niort, L. Clouzot , Librairie-Editeur, 39 p.
108. MAILLARD, Y., GRUET, Y., 1972 - Eaux saumâtres de la Brière. *Penn ar Bed*, 8(71): 372-380.
109. MARCHAND, J., 1972 – Bionomie benthique de l'estuaire de la Loire I Observation sur l'estran maritime de la mer à Cordemais. *Rev. Trav. Inst Pêches Marit*, 36 (1) : 47-67.
110. MARTIN, J-L., HAURE, J., DUPUY, B., NOURRY, M., PALVADEAU, H., PAPIN, M., PÉNISSON, C., THOUARD, E., 2004 – Estimation des stocks d'huîtres sauvages sur les zones concédées de la partie vendéenne de la baie de Bourgneuf. Rapport IFREMER DRV/RA/LCPL 2004-03, 21 p.
111. MONOD, Th., 1923 - Prodrome d'une faune des *Tanaidacea* et des *Isopoda* (Excl. Epicaridea) des côtes de France (Excl. Méditerranée). *Société des Sciences naturelles de la Charente-Inférieure, Annales*, n°37, fasc.4 : 19- 124.
112. ODIN, A. 1891 – Catalogue des crustacés podotalmaires recueillis sur les côtes de Vendée. *Rev. Sc. Nat. Ouest.* , n°2, 136-143 ; n°3, 209-218 ; n°4 : 309-321.
113. PIET, F. 1863 – Recherche sur l'île de Noirmoutier Imp. Mellinet Nantes, 725 p.
114. PONTTHOREAU-GRANET, C., 1987 – L'organisation biogéologique des milieux paraliques atlantiques : bassin d'Arcachon et Traict du Croisic. Diplôme de Recherche, Univ Nantes, 144 p.
115. PRENANT, M., 1929 – *Balanus amphitrite* Darwin sur les côtes atlantiques françaises. *Bull. Soc. Zoolog. Fr.*, 54 : 212-213.
116. PRENANT, M., 1938 – Comité national de Géographie. Atlas de France, carte n°29, Biologie littorale.

117. PRINET, A., 1999 – Inventaire des biocénoses intertidales entre Pornic (44) et Noirmoutier (85) dans le cadre du programme Natura 2000. Rapport DIREN Loire Atlantique, 62 p.
118. SOULET, Y.,1981- Les algues marines des côtes de l'île de Noirmoutier. Bull. « Amis de Noirmoutier » n° 44 : 5-9.
119. SOULET, Y.,1984- Les ceintures de végétations des côtes rocheuses de l'île de Noirmoutier. Bull. « Amis de Noirmoutier » n° 55-56 :, 69-74.
120. TASLE, P., 1868 – Faune malacologique marine de l'ouest de la France. Catalogue des Mollusques observés dans l'Atlantique français depuis les parages de Brest jusqu'aux frontières d'Espagne. *Ann. Acad. La Rochelle*, 1866-67, n°8 : 55-144.
121. TASLE, P., 1870 – Faune malacologique marine de l'ouest de la France. Catalogue des Mollusques observés dans l'Atlantique français depuis les parages de Brest jusqu'aux frontières d'Espagne. Supplément. *Ann. Acad. La Rochelle*, 1868-69, n°9: 167-227.
122. VIAUD-GRAND-MARAIS, D., 1923 – Guide du voyageur à Noirmoutier. Fontenay-le-Comte, Imprimerie Henri Lussaud, 106 p., 1 carte

## **2. Données cartographiques du benthos des Pays de la Loire**

### **Préambule**

Dans ce rapport, chaque carte est présentée avec une fiche explicative accompagnée de deux illustrations correspondant d'une part à la forme d'origine et d'autre part à sa mise en forme préliminaire sous SIG. La numérisation a été effectuée d'après le scan des données d'origine en utilisant comme référentiel géographique les orthophotographies littorales. Les cartes numérisées, qui ont bénéficié du soutien des projets Rebent et MESH, seront mises à disposition après validation dans le cadre de ces projets ; les informations disponibles ont toutefois été utilisées en l'état pour la définition de la stratégie de surveillance pour la DCE. Les données cartes numériques ainsi décrites sont :

### **Carte holistique d'habitats :**

1 – Carte des bio-sédiments de l'estran intertidal de la baie de Bourgneuf et de l'île de Noirmoutier.

### **Habitats remarquables sur le littoral des Pays de la Loire (Directive Habitat) :**

2 – Cartographie des herbiers de la phanérogame marine intertidale *Zostera noltii* dans la baie de Bourgneuf et sur le littoral de l'île de Noirmoutier.

3 – Cartographie des récifs d'hermelles (bioconstructions de l'annélide polychète *Sabellaria alveolata*).

### **Cartographie d'espèces invasives sur le littoral des Pays de la Loire :**

4 – Répartition et biomasse de la crépidule (mollusque gastéropode *Crepidula fornicata*) sur substrat meuble rocheux.

5 – Répartition et biomasse de l'huître sauvage (mollusque bivalve *Crassostrea gigas*) sur la partie Loire-Atlantique de la baie de Bourgneuf.

### **6 – Liste (non exhaustive) des cartes numérisées sur le littoral des Pays de la Loire**

## **Annexe 7 Fiches techniques pour le programme de surveillance adapté aux objectifs DCE**

## MACROALGUES Intertidales

### Substrats Meubles – Blooms d'opportunistes

#### Objectifs

Les blooms macroalguaux concernent des **proliférations d'algues opportunistes** généralement vertes (de type *Ulva*, *Monostroma*, *Enteromorpha*, *Cladophora*...) mais également brunes (*Pilayella*...) et rouges (*Gracilaria*, *Porphyra*, *Falkenbergia*...), qui se développent à l'état dérivant, ou sous un état plus ou moins envasé, **sur divers substrats meubles** dans les fonds de baie et petits fonds côtiers [1]. Elles se développent de manière excessive principalement pendant la **période printanière et/ou estivale**, dans des secteurs enclavés du linéaire côtier, présentant à la fois un apport excessif en sels nutritifs (**eutrophisation** des eaux), de faibles profondeurs favorables à la croissance, et des conditions hydrodynamiques favorables à la rétention des sels nutritifs et des algues produites [1]. Les marées vertes sont l'exemple le plus connu de ces développements. Leur dégradation constitue une **nuisance olfactive et visuelle**, mais également **environnementale** par le colmatage durable de la surface du sédiment, des herbiers de phanérogames ou des schorres, et par l'enrichissement du milieu en matière organique. Ce phénomène peut contraindre les collectivités à des **activités de ramassage** et d'élimination de ces algues, et peut gêner la petite pêche côtière [1]. L'impact de ces échouages et accumulations importantes sur la biodiversité des milieux littoraux touchés est évident.



A ces blooms d'algues opportunistes développés sur substrats meubles peuvent se rajouter des échouages résultant de colonisations anormales de substrats durs ou biologiques (épiphytisme) par ces mêmes opportunistes. Ces blooms de colonisation sur substrats durs ou biologique feront l'objet d'une évaluation *in situ* au niveau de leurs aires de colonisation (voir fiches Macroalgues intertidales et subtidales de substrats durs et Herbiers de *Zostera marina* et *Z. noltii*).

Les blooms macroalguaux témoignent d'une eutrophisation, donc d'une pollution plus ou moins diffuse, et sont par conséquent **indicateurs d'un mauvais état des Masses d'Eau**. Une méthodologie d'étude des phénomènes de marées vertes en Bretagne a été développée depuis 2002 dans le cadre du programme PROLITTORAL [1]. Le protocole retenu pour la surveillance DCE se base sur l'expérience acquise dans ce programme, en l'élargissant aux problèmes des vasières situées essentiellement dans les Eaux de transition. Les objectifs du contrôle de surveillance se répartissent en 3 niveaux d'action :

- 1) **dénombrer et localiser les secteurs de plages ou de vasières touchés** par les blooms macroalguaux, et distinguer ces blooms des échouages naturels d'algues (niveau 1)
- 2) **évaluer l'importance** relative des blooms en terme de surface (niveau 2)
- 3) estimer les **niveaux d'eutrophisation** atteints (niveau 3).

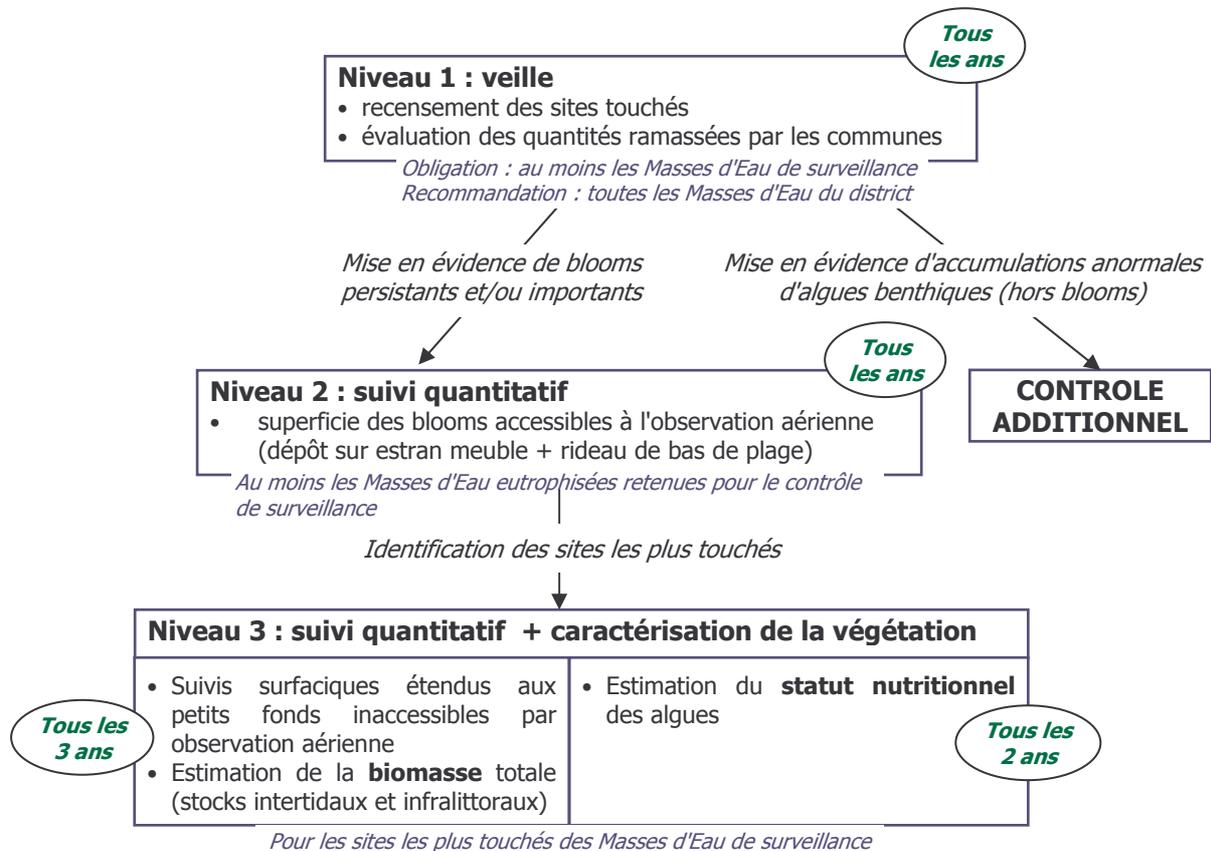
Les procédures ci-après pourront s'appliquer aux Masses d'Eau dans le cadre du contrôle opérationnel.

#### Domaine géographique

Ce suivi concerne tous les districts hydrographiques de la façade **Manche/Atlantique**, et tous les types de Masse d'Eau côtière et de Transition (tels que définis selon les critères de l'annexe II de la DCE [2]). En l'état actuel, il n'est pas envisagé de suivi pour les eaux côtières méditerranéennes, le cas des lagunes, où le même phénomène peut se produire, étant traité dans une fiche technique spécifique.

## Principe de la surveillance

Selon l'intensité du phénomène, on distinguera différents niveaux de surveillance : apparition ponctuelle (1<sup>er</sup> niveau de surveillance), persistance au cours des années (2<sup>ème</sup> niveau de surveillance), constitution de biomasses importantes (3<sup>ème</sup> niveau de surveillance).



## Niveau 1 : La veille environnementale

### Stratégie générale

Le recensement des blooms s'effectue par une enquête auprès des différents acteurs du littoral, complétée le cas échéant par des validation terrain et des survols aériens dans les zones où l'enquête risque de se révéler inefficace.

#### Stratégie spatiale

Au moins **toutes les Masses d'Eau de surveillance**, en particulier celles dont l'importance du phénomène est inconnue, doivent faire l'objet d'une **détection et d'une identification des accumulations anormales d'algues** (blooms ou échouage d'algues arrachées au substrat). Il est souhaitable que toutes les Masses d'Eau du District fassent l'objet d'une veille. Les vasières et fonds de baie peu fréquentés doivent faire l'objet d'une attention particulière, les nuisances des échouages y étant plus difficilement décelables (pas de nuisances pour les populations humaines, mais impact environnemental).

#### Stratégie temporelle

La veille doit s'effectuer **tous les ans** pour les Masses d'Eau dont l'ampleur des blooms est inconnue et pour celles ne révélant pas de blooms persistants. L'enquête auprès des acteurs est réalisée **1 fois par an**. Elle est complétée au besoin par **1 à 2 survols aériens**, effectués dans les périodes de développement de blooms (**entre avril et octobre**).

### Paramètres suivis

- **Recensement** et caractérisation des blooms (**détermination des espèces d'algues** accumulées constituant un bloom, ou arrachées à leur substrat).
- **Volumes d'algues ramassés** par les communes (reflète la nuisance des dépôts d'algue, et non leur importance [1]), par type d'algues (algues vertes constituant les blooms, algues arrachées aux substrats durs)

## Protocole

Un questionnaire est envoyé aux collectivités locales et territoriales, mais aussi à d'autres organismes comme les instituts de recherche, les associations de protection du cadre de vie ou de défense de l'environnement. Cette procédure est complétée par **1 à 2 survols aériens** dans les zones où l'enquête serait insuffisante, notamment dans les vasières et fonds de baie peu fréquentées.

Si des blooms sont recensés, les **espèces** algales impliquées sont identifiées par un expert. Si les algues en échouage sont issues d'un phénomène différent (arrachage par exemple), un contrôle additionnel peut être mis en place pour évaluer leur caractère anormal. Si la veille ne révèle pas d'importantes accumulations d'algues, la surveillance se poursuit les années suivantes sur le même principe.

## Analyse / traitement des données

Les résultats à fournir, illustrés par des cartes, sont :

- **localisation et dénombrement** des secteurs de plage et de vasière touchés par des accumulations anormales d'algues par Masse d'Eau par type d'accumulation.
- les **volumes ramassés** sur ces sites par les communes, en distinguant algues d'arrachage et blooms
- les **périodes d'apparition** de ces échouages, afin de préparer la mise en place du niveau 2 de surveillance
- la ou les espèce(s) impliquées dans chaque bloom recensé.

## **Niveau 2 : Le suivi surfacique**

### Stratégie générale

Dès la 1<sup>ère</sup> année lorsqu'il est reconnu qu'une Masse d'Eau présente des blooms macroalgaux, ou à partir de la 2<sup>ème</sup> année de surveillance **lorsque le niveau 1 a révélé l'existence de blooms** plus ou moins persistants et/ou nécessitant un ramassage régulier, un suivi surfacique de ces blooms doit être mis en place.

#### Stratégie spatiale

Le niveau 2 de surveillance doit être déclenché **au moins dans les Masses d'Eau eutrophisées retenues pour le contrôle de surveillance**, et si possible dans toutes les Masses d'Eau eutrophisées. Cela couvre l'ensemble des eaux côtières (avec une attention particulière aux **fonds de baie et zones abritées peu profondes**) mais également les eaux de transition. Ce protocole peut s'appliquer aussi aux contrôles opérationnels.

#### Stratégie temporelle

L'observation des côtes doit être effectuée **tous les ans**, avec une fréquence d'au moins **1 à 3 fois par an** en fonction des particularités de chaque site. Les blooms de macroalgues se développent principalement dans la **période printemps-été**. Les survols sont donc effectués **entre avril et octobre** [3], de manière à tenir compte à la fois des blooms précoces (avril – mai) et tardifs (septembre – octobre), sauf indication préalable de période plus restreinte résultant de la veille.

### Paramètres suivis :

La **distribution/extension surfacique** des blooms est le paramètre le plus facile à mettre en œuvre et le moins coûteux à suivre :

- **localisation** des secteurs de plage et de vasière couverts
- **surface** d'estran couverte par les algues en **dépôt**
- **surface** occupée par le **rideau** d'algues en suspension en bas de plage
- contrôle des **espèces** algales constituant le bloom

## Protocole

Au moins **1 à 3 survols aériens** avec prise de photographies couleur ou, si possible, dans le proche infrarouge, à basse mer lors des marées de vives eaux, dans des conditions de visibilité permettant la prise de vue. Les survols aériens sont indispensables pour les grands sites. Le cas échéant, pour les sites de faible extension, des moyens de prospection par vue terrestre peuvent être utilisés.

Analyse / Traitement des données

**Photointerprétation** : les photographies sont intégrées à un **SIG** et **géoréférencées**. Les surfaces de l'estran, des algues en dépôt, du rideau d'algues en suspension en bas de plage et des accumulations accessibles à l'observation aérienne dans les petits fonds sont estimées.

Pour comparer les sites entre eux et tenir compte de la répartition du bloom en taches, les surfaces sont converties en "**couverture équivalent 100%**" = surface couverte x taux de couverture de l'estran. Des cartes de superficie des blooms peuvent ainsi être produites. Les espèces algales constituant le bloom sont contrôlées.

**Niveau 3 : Suivi quantitatif et qualitatif**Stratégie générale

Seuls les sites présentant d'importants blooms macroalgaux avec des stocks infralittoraux doivent faire l'objet d'un suivi de niveau 3.

Paramètres, fréquence du suivi, protocole et traitement des échantillons

Paramètre	Fréquence / Période	Protocole	Traitement des échantillons
<b>Superficie</b> des blooms (extension aux petits fonds inaccessibles à l'observation aérienne)	Une année complète tous les <b>3 ans</b>	Plongée, caméra sous-marine, acoustique...	
<b>Biomasse</b> d'algues échouées, dans le rideau de bas de plage et dans les stocks infralittoraux		Prélèvement statistique d'algues	Les algues sont égouttées 1 min puis pesées.
<b>Espèces</b> d'algues constituant le bloom [1]	<b>2 ans</b>	Contrôle des déterminations effectuées aux niveaux 1 et 2 du suivi	<b>Identification systématique</b> des espèces algales constituant le bloom sur échantillons frais ou formolés
<b>Statut nutritionnel</b> des algues, estimé par leur teneur en azote interne [1]	Fréquence adaptative (mensuelle ou bi-mensuelle) tous les <b>2 ans</b> entre avril et octobre	Echantillonnage statistique dans le rideau de bas de plage	Mesure de <b>l'azote de Kjeldahl (NTK)</b> [4].

Traitement des données

Les résultats suivants sont à analyser, notamment en terme d'évolution par rapport aux années précédentes :

- superficie des blooms
- biomasses algales sur l'estran, dans le rideau de bas de plage, et dans le stock infralittoral
- liste des espèces algales constituant le bloom
- niveau d'eutrophisation des sites, reflété par le statut nutritionnel de l'algue [1]

**Etat de référence**

Pour le paramètre "présence de blooms de macroalgues", le très bon état des Masses d'Eau correspond à une **surface touchée de 0%**.

## Références bibliographiques

- [1] PROGRAMME PROLITTORAL : Programme Régional & Interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne. Année 2003. *Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, Avril 2004*. 54pp.
- [2] Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- [3] Compte-rendu des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 février 2005, Paris.
- [4] NF V03-750 - Avril 1999 Céréales et légumineuses - Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes - Méthode de Kjeldahl.

V6 – 05/10

## MACROALGUES Subtidales Algues calcifiées libres

### Objectifs

Certaines algues calcaires peuvent vivre librement sur les fonds meubles. Elles présentent divers faciès, sous forme de bancs (comme dans le cas du **maërl**) ou d'autres formations comme celles rencontrées sur le **détritique côtier** en Méditerranée (faciès à pralines par exemple) [1].

"Le terme de maërl désigne des **accumulations d'algues calcaires corallinacées vivant librement** sur les fonds meubles infralittoraux." [2]. En Europe les deux espèces principales sont *Lithothamnion corallioides* et *Phymatholithon calcareum*. Les bancs se forment par accumulation de ces algues sur plusieurs centimètres [3]. L'entassement des thalles provoque la mort et le blanchissement des couches inférieures, seule la couche supérieure restant vivante et colorée. On trouve les bancs de maërl dans les **eaux peu turbides** (permettant la photosynthèse), dans des conditions de courants (notamment de marée) propices au maintien des thalles sur le fond ( $< 1 \text{ m.s}^{-1}$ ) et à la circulation de l'eau pour éviter une trop forte sédimentation ( $> 10 \text{ cm.s}^{-1}$ ) [2].



Maërl (Photo © Yves Gladu)

Les bancs de maërl présentent plusieurs intérêts [2] :

- **écologique** :

- de par les ramifications de leur thalle, ces algues fournissent une **large gamme de niches écologiques**, profitant à une très grande diversité de faune et de flore, libre ou fixée sur les thalles. Les bancs de maërl sont ainsi un **réservoir de biodiversité**.
- ils constituent une **source importante de particules sédimentaires carbonatées** pour les habitats voisins (et notamment les plages).

- **économique** : les bancs de maërl sont exploités (extraction) pour l'amendement des sols, en tant que complément alimentaire pour le bétail, pour le retraitement des eaux usées, mais aussi en pharmacologie et cosmétique.

D'autres activités humaines comme la pêche à la drague ou les activités portuaires ont également un impact sur les bancs et la biocénose associée. Ils sont donc **fragilisés et menacés**, d'autant que le taux de croissance des algues formant le maërl est extrêmement faible (jusqu'à **0.55mm par an** pour *P. calcareum* [2]). Cela justifie leur **protection** : les bancs de maërl sont pris en compte dans l'application de la Directive Habitat (habitats 1110-3 et 1160-2 [4]) et font partie des habitats menacés et prioritaires OSPAR [5]. Ils correspondent aux habitats EUNIS regroupés dans "Maerl beds" (Code A5.51, version 2004) [6].

Ils sont très sensibles aux changements des conditions hydrosédimentaires [7], [8] : les courants trop forts les dispersent, une trop forte turbidité de l'eau empêche la photosynthèse, et les flux importants de particules vers le fond (envasement notamment) les ensevelissent et provoquent la mort des algues. Les espèces formant le maërl sont en revanche assez peu sensibles aux variations de la salinité (espèces euryhalines).

Toutes ces propriétés font du maërl un excellent indicateur de l'état écologique des Masses d'Eau. Les bancs de maërl font l'objet d'un suivi à la fois quantitatif (surfacique) et qualitatif (état du maërl et biocénoses associées) dans le cadre du REBENT Bretagne (volets sectoriel et stationnel) [3]. Des méthodologies de suivi de l'extension des bancs ainsi que de leur état (algues et macrofaune associée) ont ainsi été développées, et ont servi de base de réflexion pour la stratégie de surveillance DCE retenue.

### Domaine géographique

Les bancs de maërl sont localisés sur la façade Manche/Atlantique dans certaines Masses d'Eau du Cotentin ouest et de la Bretagne [2], et très localement en Méditerranée, devant les pointes et les caps [1]. Ces habitats doivent être suivis s'ils représentent une part importante de la Masse d'Eau, ou si les pressions identifiées nécessitent

leur surveillance. Des algues calcifiées libres recouvrent parfois le détritique côtier en Méditerranée, sous d'autres faciès que le maërl. Ces zones feront l'objet d'un contrôle de surveillance basé sur un principe similaire à celui du maërl (voir tableau suivant), mais les méthodologies devront être adaptées.

## Principe de la surveillance

	Bancs de maërl	Autres formations d'algues calcifiées libres
Extension des bancs de maërl	<p><b>Tous les 6 ans</b> <i>Masses d'Eau de surveillance présentant des bancs de maërl</i></p>	Non concernées
Etat des algues calcifiées		<p><b>Tous les 6 ans</b> <i>Masses d'Eau de surveillance présentant des algues calcifiées libres</i> <b>Méthodologie à définir</b></p>

La macrofaune associée à ces habitats présente un intérêt particulier pour la surveillance DCE du point de vue de sa biodiversité et de sa sensibilité aux perturbations du milieu. Un suivi des macroinvertébrés benthiques associés sera assuré :

- pour les bancs de maërl de taille importante et représentant une part conséquente de leur Masse d'Eau
- pour les autres formations d'algues calcifiées libres au titre du suivi des invertébrés des substrats meubles

(voir la fiche technique de suivi des macroinvertébrés de substrats meubles [9]).

## Stratégie générale

### Stratégie spatiale [2], [10]

Pour les bancs de maërl, s'il existe plusieurs bancs dans la Masse d'Eau, le suivi doit en concerner **au moins 3**. Dans le cas des faciès à algues calcifiées libres du détritique côtier, **au moins 3 points** doivent être suivis par Masse d'Eau. Les itinéraires de navigation doivent être positionnés de manière précise, autant que possible avec un DGPS. Les coordonnées géographiques doivent être exprimées en Latitude – Longitude [11], et le référentiel utilisé (de préférence WGS84) doit être précisé.

### Stratégie temporelle

#### Période(s) d'échantillonnage

Les points et/ou bancs de maërl doivent toujours être suivis à la **même période de l'année (fin d'hiver : 15 mars – 15 avril)**.

#### Périodicité

Une fois **tous les 6 ans** [10], [12].

La méthodologie proposée ci-après ne concerne que les bancs de maërl. Des solutions techniques adaptées aux autres faciès d'algues calcifiées devront être proposées par ailleurs.

## Extension des bancs de maërl

### Paramètre mesuré

Extension (des bancs de maërl uniquement)

### Protocole

L'extension des bancs de maërl est estimée par **prospection acoustique** au moyen d'un sonar à balayage latéral [12]. Il est souhaitable que lors de la première campagne, un relevé aussi complet que possible soit effectué. Les évolutions seront ensuite détectées par sous-échantillonnage sur une sélection de profils représentatifs [10]. La portée doit être au maximum de 75m pour avoir une délimitation précise des bancs. Des **prélèvements à la benne Shipeck ou au carottier** (type Reineck) doivent être effectués pour valider les observations [2], [12].

### Traitement des données :

Les données acoustiques doivent faire l'objet de multiples pré-traitements, et suivre des **procédures d'assurance qualité** [12]. Elles sont ensuite analysées pour estimer la dynamique d'évolution des bancs de maërl.

## Etat des algues composant le maërl

La méthodologie suivante ne concerne que les bancs de maërl. Une procédure adaptée aux autres formations d'algues calcifiées libres devra être proposée.

### Paramètres mesurés :

- % algues vivantes / mortes
- Morphotype [13]

### Protocole d'échantillonnage :

Les algues calcaires composant le maërl sont prélevées à la **benne Smith McIntyre**, benne Shipeck, au carottier (type Reineck) ou à la suceuse [2]. Il est impératif de conserver le même type d'engin tout au long des suivis. Un **minimum de 6 prélèvements** par banc (soit une surface échantillonnée de **0,6 m<sup>2</sup>**) est nécessaire pour avoir une estimation statistiquement correcte de l'état du banc.

### Analyse / traitement des échantillons :

Les prélèvements de maërl sont **formolés** avant analyse selon la même méthode que pour la macrofaune benthique [11]. Pour déterminer le taux de recouvrement du maërl vivant, les brins vivants sont étalés uniformément sur une couche continue. Le taux de recouvrement est obtenu par le rapport, exprimé en pourcentage, de la surface ainsi couverte sur la surface du prélèvement (0,1 m<sup>2</sup> avec une benne Smith). Le taux de recouvrement du maërl vivant peut dépasser 100% lorsque les brins vivants s'entassent sur plusieurs couches. Le recouvrement de brins morts et le ratio maërl vivant / maërl mort sont obtenus en comparant ce résultat au taux de recouvrement total du maërl (vivant + mort).

Les brins de maërl sont **photographiés** et leur **morphotype** est déterminé [13].

### Traitement des données

Un **indice agrégé** tenant compte de tous les paramètres mesurés reste à élaborer. Au moins 10 brins de maërl sont conservés pour des vérifications ultérieures.

## Sédiments associés au maërl

### Paramètres mesurés :

- distribution **granulométrique** du sédiment
- taux de **matière organique** dans le sédiment

### Protocole d'échantillonnage :

Le prélèvement des sédiments associés au maërl peut s'effectuer avec la **même benne** que celle utilisée pour le prélèvement des algues composant le banc [11]. Un **prélèvement spécifique** doit être effectué pour l'analyse sédimentaire pour chaque point suivi, en plus des prélèvements d'algues.

### Analyse / Traitement des échantillons

Les prélèvements doivent être congelés en attendant leur analyse [11].

- **Analyse granulométrique** : les méthodes de détermination de la répartition granulométrique des sédiments marins couramment utilisées sont décrites dans le "Review of standards and protocols" établi dans le cadre du programme MESH [14]. Les classes de taille particulière intéressantes sont indiquées dans la norme ISO 16665 [11].
- **Mesure du taux de matière organique** : mesure de la perte au feu : pesée après 4h à 450°C (après séchage préalable 24 à 48h à 60°C). Si le sédiment contient des vases argileuses, la méthode de perte au feu pouvant entraîner une surestimation du taux de matière organique, un coefficient de correction calculé pour chaque site doit être appliqué aux taux de matière organique mesurés [15].

(Même méthodologie que pour le suivi des invertébrés de substrats meubles). Il est indispensable de mettre en place une **procédure d'assurance qualité** pour tous les prélèvements [10].

## Macrofaune associée au maërl

La macrofaune associée au maërl (endofaune et épifaune fixée ou peu mobile) est suivie dans le cas des grands bancs de maërl représentant une surface conséquente au sein de la Masse d'Eau. Le protocole qui s'applique est basé sur le même principe que celui de la macrofaune des substrats meubles, les particularités étant consignées dans la fiche correspondante [9].

## Etat de référence

Bancs de maërl de :

- Molène
- rade de Brest (présence d'historique)
- des Glénan
- Belle-Ile-en-Mer

D'autres bancs de maërl de référence devront être identifiés par les experts.

## Références bibliographiques

- [1] Bellan-Santini, D, J-C. Lacaze et C. Pozat, 1994 (Eds). Les Biocénoses marines et littorales de Méditerranée, Synthèse, Menaces et Perspectives. Collection Patrimoines naturels, Vol.19, Série Patrimoine Ecologiques. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 246 pp.
- [2] Fiche biologique REBENT n°1 – Fiche de synthèse sur les biocénoses : les bancs de maërl. J. GRALL, décembre 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [3] Fiche technique REBENT n°2 - Suivi stationnel des bancs de maërl. C. HILY et J. GRALL, décembre 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [4] "Cahiers d'habitats" Natura 2000. Tome 2 : Habitats côtiers.  
<http://natura2000.environnement.gouv.fr/habitats/cahiers.html>
- [5] Liste OSPAR initiale 2004 des espèces et habitats menacés et/ou en déclin. *Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est* – Réunion de la Commission OSPAR, Reykjavik, 28 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2004. OSPAR POUR LA PROTECTION DU MILIEU MARIN DE L'ATLANTIQUE DU NORD-EST
- [6] European Nature Information System (EUNIS) : <http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>
- [7] MARLIN - the Marine Life Information : <http://www.marlin.ac.uk/index.htm>
- [8] Grall J., 2002. Biodiversité spécifique et fonctionnelle du maërl : réponse aux variations de l'environnement côtier. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale (Brest) : 302pp.
- [9] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°10 : Invertébrés – Substrats meubles.
- [10] Compte-rendu des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 février 2005, Paris.
- [11] Pr NF EN ISO 16665 : Water quality - Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- [12] Fiche technique REBENT n°9 – Cartographie des peuplements macro-benthiques par les méthodes acoustiques en domaine subtidal. EHRHOLD A., décembre 2004. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [13] BIOMAERL team (1999). Final Report (in 2 vols), BIOMAERL project (Coordinator : P.G. Moore, University Marine Biological Station Millport, Scotland), EC Contract No. MAS3-CT95-0020, 1-541, 542-973 pp. + Appendix.
- [14] Mapping European Seabed Habitats (MESH) : Review of standards and protocols  
<http://www.searchmesh.net/Default.aspx?page=1442>
- [15] Anne-Laure Barille-Boyer, Laurent Barille, Henri Masse, Daniel Razet, Maurice Heral, 2003. Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystems, *Estuarine Coastal and Shelf Science* 58 : 147-153.

V6 – 14/11

## MACROALGUES Intertidales Substrats durs Manche / Atlantique

### Objectifs

Sur les côtes de Manche/Atlantique, les macroalgues colonisent l'essentiel des zones intertidales rocheuses, avec des **biomasses** parfois très importantes, en particulier pour les algues brunes (jusqu'à 30 kg/m<sup>2</sup> pour *Ascophyllum* [1]). Outre leur contribution à la production primaire des eaux côtières, elles constituent un abri ou un support pour de nombreuses espèces, notamment à marée basse, jouant ainsi un rôle important pour le contrôle de la biodiversité. Quelques espèces font l'objet d'une récolte, et ont également une importance **économique**.



Les macroalgues se répartissent essentiellement en fonction de la disponibilité du substrat (habitats EUNIS "Littoral rock and other hard substrata" – Code A1 [2]), des **conditions hydrodynamiques**, du degré **d'immersion** qui les organise en **ceintures** et de la quantité de lumière.

Les macroalgues sont naturellement réactives à la qualité des eaux côtières, notamment aux sels nutritifs ; les macroalgues intertidales y étant particulièrement exposées. La turbidité, résultant de l'apport de particules ou de l'eutrophisation, est également un paramètre qui contrôle les macroalgues. Si des cycles locaux d'alternance faune/flore, ont été couramment décrits dans la littérature, l'ampleur des évolutions constaté récemment, notamment en Bretagne sud, constitue un phénomène encore mal explicité nécessitant qu'une attention particulière soit apportée dans le cadre du suivi DCE. Pour cet élément de qualité biologique, la définition des états écologiques doit prendre en considération les niveaux de couverture et les taxa sensibles aux perturbations [3].

D'un point de vue technique, les macroalgues intertidales présentent d'autres avantages :

- leurs propriétés spectrales en émergence (absorption dans les longueurs d'onde rouges et réflexion dans le proche infra-rouge) permettent de mettre en place pour les espèces dominantes de grande taille, des suivis quantitatifs en utilisant le domaine optique de la télédétection. Ces techniques permettent d'appréhender de vastes espaces en s'affranchissant des problèmes de représentativité rendus particulièrement délicats du fait de la très forte hétérogénéité spatiale.
- leur position intertidale (accessibilité à pied à marée basse), la dominance d'un nombre réduit d'espèces et la possibilité d'identification d'un grand nombre d'espèces *in situ* facilite leur suivi.

Le suivi quantitatif de la couverture des macroalgues des **ceintures de Fucales** (surface d'emprise et densités de couverture) est d'ores et déjà mis en œuvre sur la région Bretagne à l'aide d'images SPOT dans le cadre du programme REBENT, le protocole ayant fait l'objet d'une fiche technique [4]. Les résultats obtenus [5] montrent des évolutions détectables dans un intervalle de temps de quelques années. Dans le cadre du contrôle de surveillance DCE, l'objectif retenu vise à obtenir des données quantitatives principalement sur les ceintures de Fucales [6], en adaptant les procédures techniques en fonction des contraintes liées aux secteurs géographiques concernés. L'évolution des espèces de substitution, et notamment des algues vertes fixées, constitue un élément pertinent à acquérir en complément.

Pour une meilleure détection des évolutions, cette approche doit être complétée par le suivi de la composition floristique au niveau stationnel. Une telle approche est mise en œuvre dans le cadre du REBENT [7]. La proposition s'inspire de ce suivi mais sous une forme simplifiée.

## Domaine géographique

Ce suivi concerne tous les districts hydrographiques de la façade **Manche/Atlantique** : elles sont bien représentées dans les districts Seine-Normandie et Loire-Bretagne, plus localement en Artois-Picardie et Adour-Garonne. Pour les Masses d'Eau du pays basque, compte tenu de la faible surface occupée par les estrans, et une plus faible proportion de fucales, une procédure particulière devra être mise en œuvre pour le suivi des macroalgues intertidales.

## Principe de la surveillance

On cherchera à recueillir :

- des informations quantitatives robustes de la couverture des macroalgues au sein des **ceintures de Fucales**. Ceci sera effectué, sur la base d'une image de télédétection complétée par des données de terrain : évolution de l'emprise, % de couverture de Fucales, suivi des espèces de substitution (algues vertes, faune...).
- Des informations plus précises sur l'évolution des différents taxons en effectuant des observations ponctuelles ciblées sur un habitat particulier (roche en place du bas du médiolittoral en mode abrité).

	Imagerie satellitale ou aéroportée		Mesures <i>in situ</i>		
	Fréq.	Paramètres mesurés	Fréq.	Paramètres principaux	Paramètres en support
Suivi quantitatif (ceintures de Fucales)	6 ans	Extension des ceintures de Fucales	3 ans	Vérification des <b>limites d'extension des Fucales</b> déduites de l'imagerie + contrôle intermédiaire	Statut des espèces de substitution des Fucales
		% de couverture au sein des ceintures de Fucales	6 ans	<ul style="list-style-type: none"> <li>Validation des % de <b>couverture macroalgale</b></li> <li>Evaluation des % de <b>couverture des algues vertes/algues brunes</b></li> </ul>	
			6 ans	Vitalité des Fucales	
Suivi de la composition floristique (données ponctuelles sur un habitat ciblé)			3 ans	% de recouvrement apparent des différents taxa	Indice d'abondance ou de couverture de la faune (balanes, patelles, huîtres...)

## Suivi quantitatif (ceintures de Fucales)

### Stratégie générale

#### Stratégie spatiale

Le suivi de la couverture de Fucales est effectué sur l'ensemble des estrans rocheux des Masses d'Eau de surveillance (à noter que, l'emprise des images de type SPOT permet d'envisager un suivi presque exhaustif des Masses d'Eau Côtières observables par cette méthode). Les limites d'extension des Fucales sont contrôlées en plusieurs points.

La validation des estimations des taux de couverture, résultant de l'analyse d'image, est effectuée par des contrôles de terrain répartis statistiquement sur l'ensemble de l'image (au moins 1 **points** tous les 10 ha d'équivalents 100% de couverture). L'évaluation des % de couverture d'algues vertes/algues brunes est effectuée sur ces mêmes points. Les mesures de vitalité des Fucales sont effectuées sur des secteurs présentant 100% de couverture.

#### Stratégie temporelle

L'**imagerie** satellitale ou aéroportée est acquise au moins **tous les 6 ans, toujours à la même période** de l'année (idéalement **juin – août**, obligatoirement entre avril et octobre).

Les données de terrain sont acquises suivant la même stratégie temporelle. Un **contrôle de terrain intermédiaire** est toutefois effectué pour les limites d'extension des ceintures de fucales.

Protocole d'acquisition des données

**Imagerie [8]**

Paramètres	Protocole
<ul style="list-style-type: none"> <li>Extension de la ceinture de Fucales</li> <li>% de couverture des Fucales par pixel</li> </ul>	<p>L'acquisition de l'imagerie doit être réalisée impérativement lors des basses mers. Pour la zone <b>Atlantique et la Manche ouest (jusqu'aux Côtes d'Armor)</b>, des images peuvent être acquises à partir du <b>satellite SPOT</b> sous réserve de programmation. Compte-tenu de l'hétérogénéité de répartition des algues, il est recommandé d'utiliser la résolution la plus fine (10m). <b>Plus à l'est</b>, les passages du satellite étant décalés par rapport aux heures de basse mer, il est nécessaire de recourir à d'autres <b>moyens d'acquisition aéroportés</b> (CASI par exemple) [1].</p> <p>Des campagnes de levés radiométriques sont nécessaires pour calibrer les signatures spectrales sur chaque site au début du suivi. L'ensemble des procédures nécessaires à l'acquisition et au traitement des données est décrit dans la fiche technique REBENT n°8 [4].</p>

**Validation Terrain**

Position des <b>limites d'extension</b> des Fucales (limites hautes et basses)	Contrôle <i>in situ</i> de la position des limites des Fucales, observées sur les images. Le positionnement doit être effectué avec précision, si possible avec un DGPS. Les coordonnées des points sont indiquées avec le système de géoréférencement d'acquisition (si possible WGS84).
<b>Taux de recouvrement</b> apparent des Fucales et des algues vertes	Les mesures quantitatives des recouvrements sont effectuées <b>à pied lors des basses mers de vives eaux</b> . Les comptages sont effectués <i>in situ</i> dans des <b>quadrats de 10m x 10m</b> (1 quadrat/point). Des photos peuvent être prises pour compléter les données.
<b>Vitalité</b> des Fucales : <ul style="list-style-type: none"> <li>Biomasse</li> <li>Taille des individus</li> <li>Degré d'épiphytisme</li> </ul>	Les mesures sont effectuées sur quelques secteurs à 100% de couverture.
Identification des <b>groupes d'espèces de substitution</b> aux Fucales	Estimation de l'abondance des groupes d'espèces de substitution des Fucales autres qu'algues vertes (balanes, patelles, huîtres...), en des points déterminés à partir d'indications de régression de ceintures et d'analyses d'orthophotographies.

Traitement des données

Paramètres	Traitement des données
<ul style="list-style-type: none"> <li>Extension de la ceinture de Fucales</li> <li>% de couverture des Fucales par pixel</li> <li>% algues vertes/algues brunes</li> </ul>	<p>Les images sont <b>géoréférencées</b> et font l'objet d'un traitement permettant d'exprimer les données en pourcentage de couverture végétale.</p> <p>Dans le cas des couverts algaux, les données de réflectance peuvent être exprimés en pourcentages de couverture du sol [8]. Les pré- et post-traitements des images sont décrits dans la fiche technique REBENT relative à la cartographie des fucales par imagerie SPOT [4].</p> <p>L'extraction de la zone concernant les fucales résulte de la confrontation entre la couverture végétale totale et des informations obtenues par ailleurs [1]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconnaissance des zones d'herbiers, de schorres et de dépôt d'algues vertes non fixées à partir des <b>orthophotographies littorales</b> (mise à jour <i>a priori</i> tous les 6 ans) et du programme PROLITTORAL [9].</li> <li>Délimitation de l'habitat potentiel des fucales à l'aide de données physiques (lever de lignes de rivage instantanées par ULM, MNT <b>LIDAR</b> ou <b>photogrammétrique</b> (sur la base de couples de photographies brutes), données de la <b>BDPS du SHOM</b>, délimitation des faciès de substrat durs).</li> <li>Données de vérité terrain concernant l'extension de la ceinture de fucales.</li> <li>Données de vérité terrain concernant le taux de recouvrement d'algues vertes/algues brunes. Traitement des données obtenues par observation <i>in situ</i> et analyse de photographies, et corrélation avec les résultats de l'imagerie. Une base de données photographique de terrain est élaborée. Pour les algues vertes, des corrections saisonnières doivent être appliquées.</li> </ul> <p>Les données résultant de ces analyses sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Des <b>cartes</b> [5]: <ul style="list-style-type: none"> <li>de pourcentage de couverture des fucales,</li> <li>de la dynamique d'évolution de ce pourcentage. Les éventuelles zones de</li> </ul> </li> </ul>

Paramètres	Traitement des données
	<p>régression sont identifiées et analysée en terme de recolonisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Des tableaux de synthèse <ul style="list-style-type: none"> <li>Surface de couverture de fucales en équivalent 100% et dynamique d'évolution</li> <li>% algues vertes/algues brunes et dynamique d'évolution</li> <li>% du substrat potentiellement colonisable occupé par les fucales, les algues vertes ou autres espèces de substitution.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Vitalité</b> des Fucales : <ul style="list-style-type: none"> <li>Biomasse</li> <li>Taille des individus</li> <li>Degré d'épiphytisme</li> </ul>	Ces mesures doivent faire l'objet de corrections saisonnières, les résultats sont exprimés sous forme de tableaux.

## Suivi stationnel de la composition floristique

### Stratégie spatiale

Les observations de terrain seront effectuées sur l'habitat correspondant aux substrats durs des **zones abritées du bas du médiolittoral**. La roche en place et les blocs de grande taille (non mobiles) constituent le support à privilégier.

### Stratégie temporelle

Les suivis sont effectués **tous les 3 ans**, toujours à la **même période de l'année** pour un même site (idéalement entre avril et juin, obligatoirement **entre mars et juillet**).

### Paramètres mesurés

- Liste des espèces algales présentes : seules les espèces identifiables sur le terrain sont reconnues, le cas échéant des regroupement sont systématiquement effectués.
- Recouvrement apparent est estimé.

### Protocole

Les suivis sont effectués **à pied lors des basses mers de vives eaux**. Les observations sont effectuées *in situ* dans des **quadrats** de 0,1 m<sup>2</sup> (3 quadrats par point [7]). La prise de photographies permet de compléter les données et de faire des vérifications en laboratoire.

### Traitement des données

Différents regroupements permettant de caractériser l'état seront effectués (regroupement taxonomique, annuelles/pérennes, par strates...) [7].

## Etat de référence

### Couverture des Fucales :

Des données SPOT historiques (depuis 1986) sont disponibles à marée basse pour certaines zones (**Trégor, Finistère nord, mer d'Iroise, Morbihan**). Certaines scènes ont déjà fait l'objet d'un traitement dans le cadre du REBENT Bretagne [5]. Une recherche sur le catalogue SPOT est en cours pour les autres régions qui peuvent être couvertes par SPOT. Les sites de référence du Très Bon Etat Ecologique pourraient être ceux de **l'archipel de Chausey, de Perros-Guirec (Large), d'Iroise (large)**, et, selon les résultats de l'enquête, ceux des **Caps du Carteret et de la Hague**. D'autres sites pourront être identifiés.

### Suivi de la composition floristique au niveau stationnel :

Les sites de référence devront être identifiés en tenant compte des données de terrain disponibles [10] et des données historiques [11].

Plusieurs sites répartis dans les différentes Masses d'Eau de l'ensemble du littoral sont envisagés, dont **des sites de la Mer d'Iroise et de l'archipel des Sept îles** (Trégor, Côtes d'Armor).

## Références bibliographiques

- [1] IFREMER, 2001. Réseau Benthique (REBENT). Développement d'un pilote breton. Elaboration de l'Avant Projet Sommaire (APS). Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, 111 p.
- [2] European Nature Information System (EUNIS), version 2004 : <http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>
- [3] Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- [4] Fiche technique REBENT n°8 – Evaluation du taux de couverture en fucales en zone intertidale à partir d'imagerie SPOT. T. PERROT, S. BALLU et P. DION, décembre 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [5] <http://www.ifremer.fr/rebent/> (cartes de suivi des couvertures de fucales)
- [6] Compte-rendu des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 février 2005, Paris.
- [7] Fiche technique REBENT n°11 – Echantillonnage des macroalgues en Intertidal substrats durs. E. AR GALL, S. CONNAN, décembre 2004. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>).
- [8] B. Guillaumont, L. Callens & P. Dion, 1993. Spatial distribution and quantification of *Fucus* species and *Ascophyllum nodosum* beds in intertidal zones using spot imagery. *Hydrobiologia* 260/261 : 297-305.
- [9] PROGRAMME PROLITTORAL : Programme Régional & Interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne. Année 2003. *Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, Avril 2004*. 54pp.
- [10] S. Connan, 2004. Etude de la diversité spécifique des macroalgues de la Pointe de Bretagne et analyse des composés phénoliques des Phéophycées dominantes. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest. 299 pp.
- [11] J. Feldmann, 1954. Inventaire de la flore marine de Roscoff. Algues, Champignons, Lichens et Spermaphytes. *Travaux de la Station Biologique de Roscoff, Suppl. 6*. 152 pp.

## EAUX COTIERES

V1 – 10/08

## MACROALGALES Infralittorales Substrats durs Manche/Atlantique

### Objectifs

Sur les côtes de Manche/Atlantique, les macroalgues colonisent l'essentiel des zones infralittorales rocheuses. Elles se répartissent essentiellement en fonction [1]:

- de la disponibilité du substrat (habitats EUNIS " Infralittoral rock and other hard substrata" – Code A3 [2]).
- des **conditions hydrodynamiques** qui contrôlent la fixation des différentes espèces (elles peuvent occuper des roches abritées, semi-abritées ou exposées),
- de la quantité de lumière qu'elles reçoivent qui les organise en ceintures, et donc de la **turbidité** du milieu. Ce paramètre, qui peut résulter de l'apport de particules ou de l'eutrophisation, contrôle tout particulièrement les macroalgues situées dans l'infralittoral.



Les **biomasses** peuvent être très importantes, en particulier pour les algues brunes [1]. Outre leur contribution à la **production primaire** des eaux côtières, elles constituent un **abri** ou un **support** pour de nombreuses espèces (certaines grandes algues dressées comme les Laminaires forment des forêts sous-marines). Elles jouent ainsi un rôle **écologique** (contrôle de la biodiversité) et **économique** important (certaines espèces, particulièrement les Laminaires, sont récoltées). De par leur position dans le proche littoral, elles sont comme tous les végétaux benthiques touchées par les pollutions continentales.

Toutes ces caractéristiques font des macroalgues infralittorales un élément de qualité biologique évident pour l'évaluation de la qualité écologique des Eaux Côtées dans le contexte DCE [3].

Le suivi des limites d'extension des ceintures algales subtidales et les suivis floristiques et faunistique associés sont déjà mis en œuvre en plongée sur la région Bretagne dans le cadre du programme REBENT. Le protocole utilisé a fait l'objet d'une fiche technique [4]. Les comparaisons spatio-temporelles font apparaître des disparités fortes entre secteurs géographiques et une tendance à la remontée des limites inférieures, notamment dans les transects les plus proches des apports continentaux. Le contrôle de surveillance pour la DCE proposé ici s'appuie sur cette expérience. Une attention particulière sera portée aux **Laminaires** [5]. Les procédures techniques pourront être élargies en fonction des contraintes liées aux secteurs géographiques concernés. A noter que la méthodologie de détection des champs de laminaires par acoustique sous-marine, testée récemment avec succès dans le cadre de REBENT et de MESH [6], pourrait contribuer utilement aux évaluations.

### Domaine géographique

Ce suivi concerne les **Masses d'Eau de surveillance** des districts hydrographiques de la façade **Manche/Atlantique** : les macroalgues infralittorales, dont les Laminaires, sont bien représentées dans certaines Masses d'Eau des districts Seine-Normandie et Loire-Bretagne (particulièrement **du Cotentin à l'Île d'Yeu**, plus localement en pays de Caux). Elles sont plus éparées en Artois-Picardie (Cap Gris Nez). Le district Ardour-Garonne ne présente pas de Laminaires. Pour les Masses d'Eau du pays basque, compte tenu des particularités du couvert algal, une procédure particulière devra être mise en œuvre pour le suivi des macroalgues infralittorales. Toutes les Masses d'Eau de surveillance possédant d'importants petits fonds rocheux doivent être suivies.

Le littoral méditerranéen présente également des Laminaires, mais elles y sont plus profondes, la limite supérieure étant contrôlée par la température [5]. Le protocole proposé dans cette fiche ne s'y applique donc pas.

## Principe de la surveillance

La surveillance s'effectue le long de transects en plongée. Les suivis ont lieu tous les 6 ans :

- Mesures de la profondeur de la **limite inférieure des ceintures macroalgales**
- Mesures à 3 profondeurs :
  - **Vitalité des populations de laminaires** (lorsqu'elles sont présentes)
  - **Equilibre du peuplement macroalgal et des espèces de substitutions**

## Stratégie générale

### Stratégie spatiale

Au sein de chaque Masse d'Eau de surveillance concernée par ce suivi, des transects sont positionnés de manière à présenter [4] :

- la dénivellation la plus rapide, pour que le transect ne soit pas trop long,
- le nombre maximum de ceintures (selon une typologie pré-établie, voir plus loin),
- l'apparition minimale du fond sédimentaire, pour qu'il ne vienne pas « tronquer » la limite de la dernière ceinture observée.
- 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.

Lorsqu'un gradient de turbidité est constaté au sein de la masse d'eau, les transects doivent être disposés de manière à recouper ce gradient (recommandation de **3 transects**).

Les limites d'extension des ceintures sont notées jusqu'à la profondeur maximale atteinte par celles-ci (compte tenu des limitations liées au travail en plongée ; la profondeur maximale observée en Bretagne est de -35m).

Les **3 niveaux d'observation** pour la vitalité des laminaires et les caractéristiques du peuplement ont été fixés sur la Bretagne à -3, -8 et -13 m [4]. Ils peuvent être adaptés en fonction des caractéristiques de chaque district.

### Stratégie temporelle

Les contrôles ont lieu **tous les 6 ans**, 1 fois par an, toujours à la **même période de l'année (juin – août)** [5]. Afin d'accéder au maximum de ceintures algales, les plongées doivent avoir lieu pendant les pleines mers de vives eaux.

## Paramètres mesurés

- Position de la **limite inférieure** des ceintures algales
- Aux 3 niveaux d'observation :
  - dans les ceintures de **Laminaires** : % des différentes espèces de Laminaires, densité des laminaires, présence des épiphytes.
- **% de recouvrement** des différents groupes algaux (algues brunes, rouges et vertes...), % de roche nue, dénombrement ou recouvrement des espèces animales de substitution.

## Protocole

Le suivi repose sur une **typologie des ceintures algales**. Une telle classification a été établie dans le cadre du REBENT pour les macroalgues de la façade Manche/Atlantique (district Loire-Bretagne) pour les milieux océaniques et les milieux très turbides [4]. La pertinence de cette typologie doit être vérifiée pour les Masses d'Eau des autres districts, et redéfinie le cas échéant [4]. Cette classification des macroalgues en niveaux délimitables permet d'identifier les ceintures pertinentes pour le suivi, puis de positionner les transects.

Les transects font l'objet d'un repérage, d'un marquage et d'un relevé topographique.

Les mesures sont effectuées en **plongée**, lors de l'immersion maximale des ceintures, en respectant Les normes de sécurité et la réglementation du travail subaquatique.

Les profondeurs des limites des ceintures (accompagnées des date et heure précises) sont relevées le long des **transects**. Les mesures effectuées aux **3 profondeurs fixes** résultent d'observation *in situ* (pas de prélèvements) dans des **quadrats** disposés aléatoirement à proximité des transects (protocole de suivi et liste fermée d'espèces ou groupes d'espèces à définir en s'inspirant du protocole REBENT).

La **photographie numérique** peut également être utilisée lorsque le travail en plongée est limité (tombants rocheux par exemple), ou pour affiner les estimations quantitatives des taux de recouvrement ou des densités dans les quadrats [4].

## Traitement des données

---

Les profondeurs mesurées en plongée sont rapportées au zéro hydrographique. Les données minimales à fournir sont :

- position des différentes ceintures et vitalité des laminaires : analyse des valeurs de chaque paramètre et dynamique d'évolution
- **% de recouvrement** des différents groupes algaux et animaux pertinents, dynamique d'évolution

## Etat de référence

---

- Cap Gris nez (à confirmer)
- Nez de Jobourg (à confirmer)
- Mer d'Iroise
- Glénan (historique)

## Références bibliographiques

---

- [1] IFREMER, 2001. Réseau Benthique (REBENT). Développement d'un pilote breton. Elaboration de l'Avant Projet Sommaire (APS). Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, 111 p.
- [2] European Nature Information System (EUNIS), Version 2004 : <http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>
- [3] Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- [4] Fiche technique REBENT n°12 – Substrats durs subtidiaux : suivi des limites d'extension en profondeur des ceintures algales – Suivi faunistique et floristique. S. DERRIEN-COURTEL, R. DERRIEN et C. BEAUPOIL, décembre 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [5] Comptes-rendus des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 décembre 2004 et 7-8 février 2005, Paris.
- [6] MESH (Mapping European Seabed Habitats) : <http://searchmesh.net/>
- [7] Pr EN ISO 19493:2004 : Water quality – Guidance on marine surveys of littoral hard bottom (ISO/DIS 19493:2004).
- [8] Fiche technique REBENT n°8 – Evaluation du taux de couverture en fucales en zone intertidale à partir d'imagerie SPOT. T. PERROT, S. BALLU et P. DION, décembre 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)

V7 – 05/10

## PHANEROGAMES

### Herbiers à *Zostera marina*

#### Objectifs

Les zostères sont des phanérogames marines qui se développent sur les sédiments sableux et sablo-vaseux intertidaux et infralittoraux des côtes Manche et Atlantique [1]. Elles forment des herbiers, parfois denses, comparables aux prairies terrestres [1].

Les herbiers peuvent être constitués de différentes espèces, dont la **zostère marine** : *Zostera marina*, et la zostère naine : *Zostera noltii* [2]. *Z. marina* présente une forme pérenne, et une forme annuelle, précédemment identifiée comme une autre espèce : *Zostera angustifolia*. Les herbiers de *Z. marina* sont inclus dans l'habitat EUNIS "[Zostera] beds in full salinity infralittoral sediments" (Code EUNIS A5.533 [3]).



Les herbiers de zostères présentent un intérêt écologique, patrimonial et économique fort, en constituant des habitats remarquables pour leurs fonctions de **réservoir de biodiversité**, de zone de **reproduction**, de **nurserie** et de **nourrissage** (notamment pour des espèces d'intérêt économique) [1]. Les rhizomes et racines des plants stabilisent le substrat et **piègent les particules sédimentaires**, participant ainsi à la protection du littoral contre l'érosion [4]. C'est pourquoi ils sont identifiés dans le livre rouge des espèces menacées et protégés au niveau méditerranéen (convention européenne de Berne) [1] et national (Loi "littoral"), et font partie des habitats prioritaires OSPAR [5].

*Z. marina* est **sensible** aux conditions de sédimentation : une perte de sédiments peut déchausser l'herbier, et une augmentation de la sédimentation peut l'ensevelir [6]. Elle peut vivre dans différentes conditions d'hydrodynamisme et de **turbidité**, mais supporte mal des changements rapides et prolongés de ces paramètres. L'augmentation des sels nutritifs dans la colonne d'eau peut provoquer la prolifération **d'épiphytes**, charge qui sera plus ou moins bien tolérée en fonction de l'intensité du microbrouillage. Les herbiers de zostères subissent de **nombreuses pressions anthropiques** et sont d'excellents indicateurs des changements de conditions du milieu [7], que ce soit à l'échelle locale (pêche à pied, plaisance, marées vertes), régionale (eutrophisation) ou globale (climatique) [1].

Un protocole de suivi de l'extension des herbiers à *Zostera marina* et de leur vitalité a été développé dans le cadre du REBENT Bretagne [1]. La stratégie retenue pour le contrôle de surveillance DCE s'appuie sur cette expérience, ses objectifs pouvant être adaptés la DCE.

#### Domaine géographique

Les herbiers de *Zostera marina* sont présents dans l'étage **infralittoral** du Cotentin ouest, de la Bretagne, et d'Arcachon pour la façade Manche/Atlantique [8]. Ils auraient disparu des côtes vendéennes (île de Ré et d'Oléron). En Méditerranée, *Zostera marina* a été recensée dans le golfe de Fos, et dans des lagunes (ces dernières font l'objet de fiches spécifiques [9]).

#### Principe de la surveillance

Le contrôle consiste en deux types de surveillance : un suivi surfacique à basse fréquence, et une caractérisation de la végétation à moyenne fréquence. Un suivi des invertébrés benthiques associés aux herbiers de *Z. marina* pourra être envisagé dans le cadre du contrôle opérationnel ou des contrôles additionnels. Dans ce cas, la méthodologie mise en œuvre sera celle appliquée dans le cadre du REBENT [1].

**Masses d'Eau de surveillance dans lesquelles les herbiers sont bien représentés.**

<b>Suivi surfacique</b> <i>Tous les 6 ans</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribution de l'herbier (étendue et fragmentation)</li> <li>• Limites bathymétriques inférieure et supérieure</li> </ul>
<b>Caractérisation de la végétation (ou vitalité de la plante)</b> <i>Tous les 3 ans</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densité</li> <li>• Biométrie foliaire</li> <li>• Algues associées</li> <li>• Maladies</li> <li>• Intensité du microbrouillage</li> </ul>

**Suivi surfacique**Paramètres mesurés et protocole

Paramètres	Protocole
<b>Distribution surfacique</b> de l'herbier (étendue et fragmentation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>photointerprétation</b> des <b>orthophotographies littorales</b> de manière générale (en cas de sous échantillonnage, le suivi doit concerner des herbiers représentatifs de la Masse d'Eau, en terme de surface et/ou de pressions)</li> <li>• <b>prises de vue aériennes</b> à basse mer en l'absence d'orthophotographies littorales</li> <li>• couplage traitement des photographies / <b>MNT</b> (Modèles Numériques de Terrain) dans certains cas d'herbiers subtidaux</li> <li>• <b>données acoustiques</b> localement pour les herbiers les plus profonds [1]</li> </ul>
<b>Extension en profondeur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• observation directe (lunettes de Calfa)</li> <li>• en plongée</li> <li>• couplage entre photographies et MNT</li> <li>• mesure acoustique ou vidéo pour les herbiers profonds</li> </ul>

Période / fréquence

Le suivi doit avoir lieu **tous les 6 ans** pour le contrôle de surveillance (fréquence en principe retenue pour la mise à jour des orthophotos littorales).

Le suivi doit être réalisé **toujours à la même période** de l'année (fin printemps – début été). En été, les herbiers présentent une densité plus importante, mais les algues associées, plus présentes en cette saison, gênent leur identification. En hiver, la fragmentation des herbiers est plus importante, mais les algues associées posent moins de problèmes.

Traitement des données

Les images (orthophotographies littorales ou images aériennes) sont analysées et la signature de l'herbier est calibrée pour chaque site [10]. Chaque herbier est qualifié par son **enveloppe globale** (photointerprétation dans un SIG) fournissant l'extension de l'herbier et son **taux de fractionnement** (traitement d'image) donnant une indication sur le recouvrement [10].

**Caractérisation de la végétation (ou vitalité de la plante)**Stratégie généraleStratégie spatiale

**3 points** de mesure sont choisis au sein de l'herbier, en évitant les bordures qui peuvent induire des biais dans les mesures [1].

Stratégie temporelle

Le suivi doit être effectué **tous les 3 ans**, à la même période de l'année que celle retenue pour le suivi surfacique.

## Paramètres suivis et protocoles :

	Paramètres [8]	Protocole [1]	Analyse / Traitement des échantillons
Paramètres principaux	Densité*	Comptage <i>in situ</i> du nombre de faisceaux de <i>Z. marina</i> dans <b>2 quadrats de 0,1 m<sup>2</sup></b> par point.	Echantillonnage non destructif
	Biométrie foliaire	Prélèvement des faisceaux de <i>Z. marina</i> et des algues implantées sur le sédiment dans <b>2 quadrats de 0,1 m<sup>2</sup>**</b> par point.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Congélation</b> en attendant l'analyse.</li> <li>• Biométrie foliaire et biomasses [1].</li> <li>• Comptage du nombre de pieds dans le prélèvement = densité*</li> </ul>
	Biomasse des rhizomes et des feuilles		
	Biomasse des algues développées sur le sédiment		
	Biomasse des algues développées sur les feuilles de <i>Z. marina</i> ( <b>épiphytes</b> )	Prélèvement aléatoire de <b>10 faisceaux de <i>Z. marina</i></b> par point (pour les épiphytes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Congélation</b> en attendant l'analyse.</li> </ul> Analyse des échantillons [1].
	Wasting Disease Index	Prélèvement aléatoire de <b>10 faisceaux de <i>Z. marina</i></b> pour l'ensemble de l'herbier	Mesure effectuée sur le <b>matériel frais</b> [1]
	Brouteurs	Prélèvement de la macrofaune dans <b>3 quadrats de 0,5 m<sup>2</sup></b> [8]	Fixation et conservation dans une <b>solution formolée</b> [11] Tri et détermination si possible jusqu'à l'espèce, et dénombrement des individus de chaque espèce
Paramètres en support	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspect du sédiment en surface</li> <li>• Granulométrie</li> <li>• Taux de matière organique du sédiment</li> </ul>	Prélèvements par carottage, à pied ou en plongée	Les prélèvements doivent être congelés en attendant leur analyse [11]. Analyse granulométrique : les méthodes de détermination de la répartition granulométrique des sédiments marins couramment utilisées sont décrites dans le "Review of standards and protocols" établi dans le cadre du programme MESH [12] Mesure du taux de matière organique : pesée après 4h à 450°C (après séchage préalable 24 à 48h à 60°C) [8]

\* La densité des faisceaux de zostères est estimée dans 4 quadrats au total : par comptage des faisceaux *in situ* dans 2 quadrats, et par comptage du nombre de faisceaux prélevés dans 2 autres quadrats.

\*\* Les 2 quadrats doivent présenter au total au moins 30 faisceaux de *Zostera marina* pour assurer la validité statistique des mesures.

### Traitement des données

Les métadonnées doivent être fournies au format adéquat à la saisie dans QUADRIGE 2. Elles contiennent notamment :

- les caractéristiques hydromorphologiques (exposition, orientation, pente), la profondeur du point et sa salinité
- les conditions de marées des stations, leur **turbidité** ainsi que le taux de nutriments

Un indice reflétant l'état et l'évolution de l'herbier, doit être élaboré en intégrant les différents paramètres mesurés.

### Etat de référence

Herbiers sud de l'Archipel de Molène (Mer d'Iroise).

## Références bibliographiques

- [1] Fiche Technique REBENT n°4 (V2) : Suivi des Herbiers de Zostères (C. Hily, Décembre 2004). <http://www.ifremer.fr/rebent/>
- [2] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°7 : Angiospermes – Herbiers à *Zostera noltii*.
- [3] European Nature Information System (EUNIS), Version 2004 : <http://eunis.finsiel.ro/eunis/index.jsp>
- [4] Davison D.M. & Hughes D.J., 1998. Zostera Biotopes (volume I). An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Scottish Association for Marine Science (UK Marine SACs Project). 95pp.
- [5] Liste OSPAR initiale 2004 des espèces et habitats menacés et/ou en déclin. *Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est* – Réunion de la Commission OSPAR, Reykjavik, 28 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2004. OSPAR POUR LA PROTECTION DU MILIEU MARIN DE L'ATLANTIQUE DU NORD-EST
- [6] MARLIN - the Marine Life Information : <http://www.marlin.ac.uk/index.htm>
- [7] Water Framework Directive – Common Implementation Strategy – Working Group 2.7 – Monitoring. *Guidance on monitoring for the Water Framework Directive*. Final version – 23 January 2003. 164 pp.
- [8] Compte-rendu des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 février 2005, Paris.
- [9] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°9 : Lagunes méditerranéennes – Indicateur végétation.
- [10] Fiche Technique REBENT n°14 : Cartographie des Herbiers de Zostères (N. Alloncle, L. Guillaumont et L. Levêque, à paraître). <http://www.ifremer.fr/rebent/>
- [11] Pr NF EN ISO 16665 : Qualité de l'eau – Lignes directrices pour le prélèvement quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine à fond mou.
- [12] Mapping European Seabed Habitats (MESH) : Review of standards and protocols <http://www.searchmesh.net/Default.aspx?page=1442>

V6 – 04/10

## PHANEROGAMES Herbiers à *Zostera noltii*

### Objectifs

Les zostères sont des phanérogames marines qui se développent sur les sédiments sableux et sablo-vaseux intertidaux et infralittoraux des côtes Manche et Atlantique [1]. Elles forment des herbiers, parfois denses, comparables aux prairies terrestres [1]. Les herbiers peuvent être constitués de différentes espèces, dont la **zostère naine** : *Zostera noltii*, et la zostère marine : *Zostera marina* [2].



Les herbiers de zostères présentent un intérêt écologique, patrimonial et économique fort, en constituant des **habitats remarquables** pour leurs fonctions de réservoir de biodiversité, de zone de reproduction et de nourrissage (notamment pour l'avifaune, dont certaines espèces protégées d'oiseaux migrateurs) [1]. Les rhizomes et racines des plants **stabilisent le substrat** et piègent les particules sédimentaires, protégeant ainsi le littoral contre l'érosion [3], [4]. Les herbiers de *Zostera noltii* sont inclus sous plusieurs formes dans l'habitat EUNIS "Seagrass beds on littoral sediments" (code A2.61, version 2004 [5]), et sont répertoriés par OSPAR parmi les habitats menacés [6]. Ils sont également protégés au titre de la "Loi Littoral" [7].

*Zostera noltii* est de manière générale **moins sensible que *Zostera marina*** [4]. Cependant, tout comme *Z. marina*, elle supporte mal les changements rapides et prolongés des conditions hydrologiques et sédimentaires et du taux de sels nutritifs dans l'eau. De plus, elle présente une grande variabilité en fonction de l'intensité du broutage par les oiseaux hivernants.

Les herbiers de zostères subissent de **nombreuses pressions anthropiques**, et sont d'excellents indicateurs des changements de conditions du milieu [8], que ce soit à l'échelle locale (pêche à pied, plaisance, marées vertes), régionale (eutrophisation) ou globale (climatique) [3].

### Domaine géographique

Les herbiers de *Zostera noltii* sont présents en Manche/Atlantique, notamment en rade de Brest, dans le Golfe du Morbihan, à Noirmoutier, Marennes et Arcachon, épars ailleurs [9]. En Méditerranée, on trouve *Zostera noltii* dans des fonds de baies (ex : partie nord du Golfe de Fos, Port-Cros...) et des lagunes littorales (ces dernières font l'objet d'une fiche spécifique).

### Principe de la surveillance

Le contrôle consiste en deux types de surveillance : un suivi surfacique à basse fréquence, et une caractérisation de la végétation à moyenne fréquence (ci-dessous).

<i>Masses d'Eau de surveillance dans lesquelles les herbiers sont bien représentés.</i>	
<p><b>Suivi surfacique</b> <i>Tous les 6 ans</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribution de l'herbier (étendue et fragmentation)</li> <li>• Limites bathymétriques inférieure et supérieure</li> </ul>
<p><b>Caractérisation de la végétation (ou vitalité de la plante)</b> <i>Tous les 3 ans</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densité</li> <li>• Biométrie foliaire</li> <li>• Algues associées</li> <li>• Intensité du broutage par les oiseaux hivernants</li> </ul>

## Suivi surfacique

### Paramètres mesurés et protocole

Paramètres	Protocoles
<b>Distribution surfacique</b> de l'herbier (étendue et fragmentation) [10]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>photointerprétation</b> des <b>orthophotographies littorales</b> de manière générale (en cas de sous-échantillonnage, le suivi doit concerner des herbiers représentatifs de la Masse d'Eau, en terme de surface et/ou de pressions)</li> <li>• <b>prises de vue aériennes</b> à basse mer en l'absence d'orthophotographies littorales</li> <li>• <b>imagerie SPOT</b> pour les herbiers conséquents en terme de surface et/ou de densité (Golfe du Morbihan, baie de Bourneuf, Marennes Oléron, baie d'Arcachon), selon une procédure analogue à celle du suivi des macroalgues intertidales</li> <li>• des <b>vérités terrain</b> (identification des espèces in situ et/ou prélèvements) doivent confirmer la présence de <i>Z. noltii</i>, notamment pour la discriminer de certaines algues vertes avec lesquelles elle peut être confondue sur les images.</li> </ul>
<b>Extension en profondeur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• observation directe (lunettes de Calfa)</li> <li>• en plongée</li> <li>• couplage entre photographies et MNT (à définir)</li> <li>• mesure acoustique ou vidéo pour les herbiers profonds</li> </ul>

### Période / fréquence

Le suivi doit avoir lieu **tous les 6 ans** pour le contrôle de surveillance (fréquence en principe retenue pour la mise à jour des orthophotos littorales).

Le suivi doit être réalisé **toujours au même mois** de l'année pour un même site, en l'absence de blooms d'épiphytes (**juin – septembre**).

### Traitement des données

Les images (orthophotographies littorales ou images aériennes) sont analysées et la signature de l'herbier est calibrée pour chaque site [11]. Une méthodologie de traitement des données satellitaires a été établie pour l'étude des habitats benthiques des îles Chausey [12]. Chaque herbier est qualifié par son **enveloppe globale** (photointerprétation dans un SIG) fournissant l'extension de l'herbier et son **taux de fractionnement** (traitement d'image) donnant une indication sur le recouvrement.

## Caractérisation de la végétation (ou vitalité de la plante)

### Stratégie spatiale

Au moins **3 points** de mesure sont choisis par herbier [1], [9]. Ils doivent être positionnés dans des zones homogènes, représentatives de l'ensemble de l'herbier, et suffisamment stables pour être suivies au cours du temps. Les tâches éparses et les bordures des herbiers seront donc à éviter [9].

### Paramètres suivis et protocoles :

Pour interpréter la dynamique d'évolution des herbiers de *Z. noltii*, il faut impérativement tenir compte de la **pression de broutage** exercée par les **oiseaux hivernants** (notamment les bernaches). Cette pression est quantifiée par le nombre d'oiseaux recensés sur le site [9].

	Paramètres [9]	Protocole [1]	Analyse / Traitement des échantillons
Paramètres principaux	Densité*		
	Biométrie foliaire	Prélèvement des faisceaux de <i>Z. noltii</i> et des algues implantées sur le sédiment dans <b>4 quadrats de 0,1 m<sup>2</sup>*</b> par point.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Congélation</b> en attendant l'analyse.</li> <li>• Biométrie foliaire et biomasses [1].</li> <li>• Comptage du nombre de faisceaux dans le prélèvement = densité*</li> </ul>
	Biomasse des rhizomes et des feuilles		
	Biomasse des algues développées sur le sédiment.		
Biomasse des algues développées sur les feuilles de <i>Z. noltii</i> (épiphytes)		Méthodologie à élaborer	

Paramètres [9]		Protocole [1]	Analyse / Traitement des échantillons
	Brouteurs** (Mollusques Gastéropodes)	Prélèvements quantitatifs (méthodologie à définir)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixation et conservation dans une <b>solution formolée</b> [13]</li> <li>Tri et détermination si possible jusqu'à l'espèce, et dénombrement des individus de chaque espèce</li> </ul>
Paramètres en support	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aspect du sédiment en surface</li> <li>Granulométrie</li> <li>Taux de matière organique du sédiment</li> </ul>	Prélèvements par carottage ou à pied	<p>Les prélèvements doivent être congelés en attendant leur analyse [13].</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse granulométrique : les méthodes de détermination de la répartition granulométrique des sédiments marins couramment utilisées sont décrites dans le "Review of standards and protocols" établi dans le cadre du programme MESH [14]</li> <li>Mesure du taux de matière organique : pesée après 4h à 450°C (après séchage préalable 24 à 48h à 60°C) [9]</li> </ul> <p>(idem invertébrés des fonds meubles)</p>

\* Les 4 quadrats doivent présenter au total au moins 30 faisceaux de *Zostera noltii* pour assurer la validité statistique des mesures.

\*\* Ce paramètre n'est pertinent que pour les herbiers de la Manche et de l'Atlantique, et ne sera pas mesuré pour les herbiers Méditerranéens.

### Traitement des données

Les métadonnées doivent être fournies au format adéquat à la saisie dans QUADRIGE 2. Elles contiennent notamment :

- les caractéristiques hydromorphologiques (exposition, orientation, pente), la profondeur du point et sa salinité
- les conditions de marées des stations, le taux de nutriments et le cas échéant leur turbidité

Un indice reflétant l'état et l'évolution de l'herbier, doit être élaboré en intégrant les différents paramètres mesurés. Les pistes de réflexion peuvent s'orienter vers la cartographie prédictive.

### Macrofaune associée

La macrofaune endogée associée aux herbiers de *Zostera noltii* est suivie dans le cas des grands herbiers pérennes occupant une surface importante de la Masse d'Eau. Le protocole qui s'applique est le même que pour la macrofaune des substrats meubles intertidaux nus, les particularités étant consignées dans la fiche Invertébrés de substrats meubles [15].

### Etat de référence

Herbiers de la zone du Trégor (Manche ouest) et du bassin d'Arcachon.

### Références bibliographiques

- [1] Fiche Technique REBENT n°4 (V2) : Suivi des Herbiers de Zostères (C. Hily, Décembre 2004). <http://www.ifremer.fr/rebent/>
- [2] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°6 : Angiospermes – Herbiers à *Zostera marina*.
- [3] Davison D.M. & Hughes D.J., 1998. *Zostera* Biotopes (volume I). An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Scottish Association for Marine Science (UK Marine SACs Project). 95pp.
- [4] MARLIN - the Marine Life Information : <http://www.marlin.ac.uk/index.htm>
- [5] European Nature Information System (EUNIS) : <http://eunis.finsiel.ro/eunis/index.jsp>

- [6] Liste OSPAR initiale 2004 des espèces et habitats menacés et/ou en déclin. *Convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est* – Réunion de la Commission OSPAR, Reykjavik, 28 juin – 1<sup>er</sup> juillet 2004. OSPAR POUR LA PROTECTION DU MILIEU MARIN DE L'ATLANTIQUE DU NORD-EST
- [7] Loi n°86-2 du 3 janvier 1986, relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (version consolidée au 24 février 2005), dite Loi "littoral".
- [8] Water Framework Directive – Common Implementation Strategy – Working Group 2.7 – Monitoring. *Guidance on monitoring for the Water Framework Directive*. Final version – 23 January 2003. 164 pp.
- [9] Compte-rendu des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 février 2005, Paris.
- [10] Fiche Technique REBENT n°14 : Cartographie des Herbiers de Zostères (N. Alloncle, L. Guillaumon et L. Levêque, Décembre 2005). <http://www.ifremer.fr/rebent/>
- [11] Fiche Technique REBENT n°14 : Cartographie des Herbiers de Zostères (N. Alloncle, L. Guillaumont et L. Levêque, à paraître). <http://www.ifremer.fr/rebent/>
- [12] Fournier J., Cotonnec A., Anselme B., Gouery P., Talec P., Panizza A.C., Mokrani M., Dreau A. et LE VOT M., 2004. *Premières évaluations SPOT5 pour la cartographie des habitats benthiques littoraux de l'archipel des Chausey. Rapport final*. Laboratoire de Géomorphologie et Environnement Littoral, UMR 8586 PRODIG, Dinard, septembre 2004. 94pp.
- [13] Pr NF EN ISO 16665 : Qualité de l'eau – Lignes directrices pour le prélèvement quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine à fond mou.
- [14] Mapping European Seabed Habitats (MESH) : Review of standards and protocols <http://www.searchmesh.net/Default.aspx?page=1442>
- [15] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°10 : Invertébrés de substrats meubles.

## Objectifs

Les peuplements des sédiments meubles, allant des vases et vases sableuses (zones abritées des baies et des golfes) aux sables moyens (secteurs ouverts), **sont largement représentés dans la frange côtière** [1]. Ils appartiennent aux habitats EUNIS [2] "Littoral sediments" (Code EUNIS A2) et "Sublittoral sediments" (Code EUNIS A5).

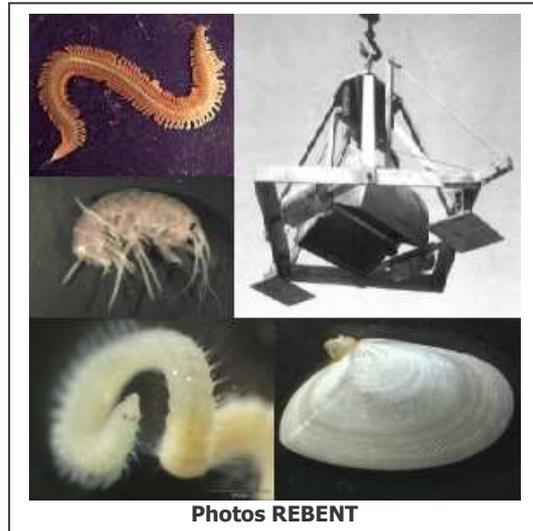
Leur suivi s'impose du fait de leur représentativité, mais également pour d'autres raisons [1] :

- biocénoses soumises à diverses pressions anthropiques (aménagement littoraux, eutrophisation, contamination des sédiments, pêche, etc.),
- **sensibilité** à la contamination des sédiments ou à l'excès de matière organique (indicateurs de la qualité du sédiment).

Ces biocénoses sont étudiées quantitativement depuis plusieurs décennies, ce qui présente trois intérêts supplémentaires [3] :

- les **protocoles** de surveillance sont bien établis et relativement **standardisés** à l'échelle internationale [4],
- des **données historiques** sont disponibles pour certains sites, permettant de connaître les réactions de ces biocénoses aux perturbations (notamment l'eutrophisation), et d'établir plus facilement un état de référence. Des points de mesure sont actuellement suivis dans le cadre de réseaux (RNO [5], REBENT [1], IGA [6]),
- plusieurs **indices**, basés sur les caractéristiques de ces communautés, ont été proposés pour évaluer la qualité du milieu [7], et font l'objet d'intercomparaisons dans le cadre de l'intercalibration DCE.

Compte tenu de l'avancement des connaissances (bilan des groupes d'intercalibration [8]) et en l'absence de contraintes techniques ou environnementales majeures, **le suivi des invertébrés de substrats meubles doit être systématiquement mis en œuvre pour le contrôle de surveillance.**

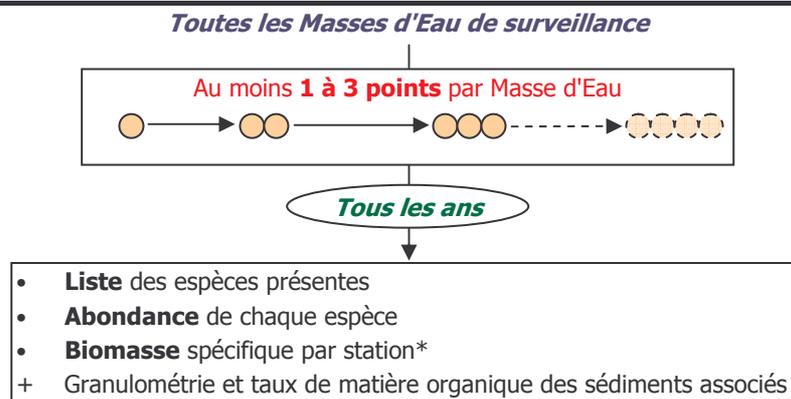


Photos REBENT

## Domaine géographique

Toutes les Masses d'Eau de surveillance de tous les districts hydrographiques des façades **Manche/Atlantique** et **Méditerranée** doivent être suivies. La zone subtidale étant généralement plus stable que l'intertidale [3], la surveillance concernera **de préférence la zone subtidale**, à moins que le suivi de la zone intertidale ne se justifie par sa superficie, par sa représentativité au sein de la Masse d'Eau ou par la pertinence des indicateurs recensés [3].

## Principe de la surveillance



\* Au moins une fois au cours des 3 premières années.

## Stratégie générale

### Stratégie spatiale

#### Choix des points de suivi

Les points de suivis sont positionnés **dans les sédiments fins** (vases, sables vaseux, sables fins et le cas échéant sables moyens), et éventuellement dans les sédiments hétérogènes à condition que les engins listés dans cette fiche y soient efficaces [3]. Les gammes sédimentaires les plus représentatives de la Masse d'Eau seront privilégiées.

**Le milieu subtidal** sera systématiquement suivi, sauf difficultés techniques ou environnementales particulières. Les zones instables soumises à de forts courants ou au déferlement de la houle doivent être évitées [3]. En cas de fort gradient bathymétrique, il peut s'avérer nécessaire de répartir les points en tenant compte de ce gradient [3].

**La zone intertidale** sera suivie lorsqu'elle est bien représentée dans la Masse d'Eau ou lorsque l'échantillonnage du milieu subtidal est difficile (limitations accès, houle, type de substrat...). En milieu intertidal, c'est le **bas du médiolittoral** qui doit être suivi. Dans le cas des grands estrans à pente faible (bassin d'Arcachon, baie du Mont Saint-Michel...), les points pourront toutefois être répartis jusqu'au niveau de mi-marée.

Dans le cas des fonds meubles dominés par les **angiospermes**, un suivi de la végétation sera systématiquement effectué (voir fiches techniques n° 6 [9], 7 [10] et 8 [11]). Dans le cadre du contrôle de surveillance, le suivi des invertébrés benthiques associés aux herbiers de zostères sera effectué uniquement dans le cas des grands herbiers pérennes occupant une surface importante de la Masse d'Eau. Ce cas concerne principalement les **herbiers à *Zostera noltii*** (habitats EUNIS A2.61, A5.533 et A5.545 [2]), pour lesquels les particularités du suivi sont précisées plus loin. En cas de contrôle opérationnel ou additionnel concernant le suivi des invertébrés benthiques associés aux **herbiers à *Zostera marina*** (habitats EUNIS A2.615, A5.533 et A5.545 [2]), on se référera à la stratégie appliquée dans le cadre du suivi stationnel REBENT [12]. Compte-tenu des contraintes techniques, il n'est à l'heure actuelle pas envisagé de suivi des invertébrés benthiques associés aux **herbiers de posidonies** (habitats EUNIS A5.535 [2]). Dans le cadre de contrôles opérationnels ou additionnels, le suivi de l'épifaune (et de l'ichthyofaune, bien que non mentionnée dans la DCE [13]), pourrait constituer un élément pertinent d'évaluation de la qualité écologique.

Dans le cas particulier des **bancs de maërl** (habitats EUNIS A5.51), outre le suivi de l'extension et de la qualité de la végétation [13], le suivi des invertébrés benthiques associés sera envisagé pour les grands bancs représentant une surface importante de la Masse d'Eau. Les particularités de ce suivi sont précisées plus loin. Le cas du **détritique côtier** en Méditerranée (habitats EUNIS A5.46 [2]) est à considérer comme les autres substrats meubles, la flore faisant l'objet de mesures particulières détaillées dans la fiche technique correspondante [14].

#### Nombre de points [3]

Pour chaque Masse d'Eau retenue pour le contrôle de surveillance, l'échantillonnage quantitatif des macroinvertébrés s'effectue sur **au moins 1 à 3 points**. Le nombre de points retenu doit être défini en tenant compte de l'hétérogénéité de la Masse d'Eau considérée, notamment du point de vue de la bathymétrie, des caractéristiques morphosédimentaires et du gradient de pression anthropique.

### Stratégie temporelle

#### Périodes d'échantillonnage

Le suivi doit s'effectuer au moins **une fois en fin d'hiver** (mars – avril : abondances minimales). **Une deuxième campagne en fin d'été** permet d'estimer l'intensité du recrutement des différentes espèces et de déceler une dégradation du milieu par l'arrivée d'opportunistes, premier signe de perturbation [3], [4]. Cette double période d'échantillonnage est particulièrement intéressante lorsqu'on souhaite disposer d'une capacité d'interprétation plus rapide, et notamment pour le contrôle opérationnel.

#### Périodicité

**Tous les ans**, selon les recommandations du Guidance on Monitoring [15] et du groupe d'experts benthologues [3].

## Dénombrements et biomasse

### Paramètres mesurés

- **dénombrement** de chaque taxon (abondance) par prélèvement
- **biomasse** spécifique par station ([3], [4])

Les mesures concernent principalement l'**endofaune**, mais il serait souhaitable à terme, ainsi que dans le cas de contrôles opérationnels, de mieux évaluer la **faune vagile, dont la mégafaune**, en utilisant des moyens d'échantillonnage complémentaires plus appropriés (chalut à perche, SQUAREVE [16], etc...) [3].

### Protocole d'échantillonnage

Les points sont positionnés avec une précision d'autant plus importante que le milieu est hétérogène (minimum 10m), si possible avec un DGPS. Les coordonnées géographiques doivent être exprimées en Latitude – Longitude [4], et le référentiel utilisé (de préférence WGS84) doit être précisé.

#### Nombre de prélèvements

**Au moins 5 prélèvements** de 0,1m<sup>2</sup> par point [3]. La stratégie de répartition des prélèvements peut être adaptée en fonction des suivis déjà mis en place dans certaines Masses d'Eau.

#### Subtidal

Compte-tenu des méthodes employées depuis longtemps sur les côtes françaises, et des possibilités d'intercalibration des résultats, deux types de benne peuvent être utilisés pour les prélèvements [8] :

- **Benne Van Veen** [16]: 0,1m<sup>2</sup>. Cette benne pourra être utilisée en eaux côtières, uniquement pour les sédiments vaseux peu profonds et sous réserve d'utilisation d'un modèle pesant au moins 40 kg à vide. Cette benne peut être manipulée à partir d'embarcations modestes (6-10m), équipées d'un dispositif de mise à l'eau, et est plus facile et moins dangereuse à manipuler que la benne Smith. Pour les sables plus grossiers, plus profonds et en présence de courant, on préférera la benne Smith McIntyre.
- **Benne Smith McIntyre** (encore appelée benne type Aberdeen) [16] : 0,1m<sup>2</sup>, 100kg à vide. Efficace dans les sédiments vaseux jusqu'aux sédiments grossiers, elle fonctionne mieux que la Van Veen en présence de courants. Sa mise à l'eau nécessite impérativement un treuil associé à un bras de levage ou à un portique débordant, généralement disponible à bord de navires de 15m et plus.

L'échantillonnage est correct si la benne prélève au moins 5L de sédiment dans les sables, et au moins 10L dans les vases [4]. Il est impératif de **conserver le même type de benne** pour un même point au cours du temps. La benne utilisée peut être lestée pour optimiser son pouvoir de pénétration dans le sédiment (le poids total doit être de 40kg dans les vases et sables vaseux, à 70 à 100kg dans les sédiments plus grossiers [4]). La norme ISO 16665 [4] décrit avec précision les moyens nautiques nécessaires (installations nécessaires à bord des bateaux), ainsi que les conditions de manipulation des engins de prélèvement.

#### Intertidal

Utilisation d'un **carottier à main** (tube en PVC) [17]. La profondeur de prélèvement doit être d'**au moins 15 cm** sauf contrainte technique justifiée. La surface totale échantillonnée doit être d'au moins 0,25m<sup>2</sup>. Cette surface doit être atteinte avec **au minimum 5 répliqués**. Le carottier utilisé doit avoir une **section d'au moins 0,01m<sup>2</sup>**.

#### Tamisaqe

Les prélèvements doivent être tamisés sur **maille de 1mm** [4], de préférence ronde [3]. La norme ISO 16665 [4] donne des recommandations quant à la manipulation des prélèvements lors du tamisage. La forme de maille du tamis (ronde ou carrée) doit être conservée tout au long du suivi, et consignée dans les métadonnées [3].

### Analyse et traitement des échantillons

Une fois tamisés, les prélèvements doivent être :

- 1) **fixés** dans une solution formolée neutralisée et **conservés** en attendant leur analyse en laboratoire [4],
- 2) **triés** en laboratoire, afin de séparer la faune des débris et des particules sédimentaires [4].
- 3) **La faune doit être identifiée impérativement jusqu'à l'espèce** [3], excepté pour certains taxons pour lesquels ce niveau de précision nécessite des compétences taxonomiques spécifiques : Oligochètes, Nématodes... (liste complète dans la norme ISO 16665 [4]). Le référentiel taxonomique sur lequel se base la détermination est celui de QUADRIGE<sup>2</sup>, qui s'appuiera autant que possible sur le « **European Register of Marine Species (ERMS** [18]) [3].
- 4) **Les individus de chaque espèce ou taxon sont dénombrés**, exceptés pour certains taxons dont le comptage est difficile et dont la présence sera simplement mentionnée : Foraminifères, Nématodes, organismes coloniaux (liste complète dans la norme ISO 16665 [4]).

- 5) La **biomasse spécifique par station** peut être mesurée [3], [4]. La méthodologie retenue est le **pois sec libre de cendres** : pesée après 4h à 450°C (après séchage préalable 24 à 48h à 60°C). Il est recommandé de mesurer la biomasse au moins 1 fois au cours des 3 premières années pour établir un état de référence.

A l'issue des premières campagnes, une **collection de spécimens** de chaque espèce doit être conservée, à la fois comme référence pour la détermination, et comme outil d'assurance qualité et d'intercalibration [4], [19]. Il est indispensable de mettre en place une **procédure d'assurance qualité** pour toutes les analyses, et principalement pour la taxonomie [4].

## Sédiments associés

### Paramètres mesurés

- **distribution granulométrique** du sédiment
- **taux de matière organique** dans le sédiment

Dans le cas de zones dynamiques, un suivi hydromorphologique plus complet pourra être mis en œuvre.

### Protocole d'échantillonnage

Le prélèvement des sédiments associés à la faune peut s'effectuer avec la **même benne** que celle utilisée pour le prélèvement de l'endofaune [4]. Un **prélèvement spécifique** doit être effectué pour l'analyse sédimentaire pour chaque point suivi, en plus des prélèvements de macrofaune [4].

### Analyse / Traitement des échantillons

Les prélèvements doivent être congelés en attendant leur analyse [4].

- **Analyse granulométrique** : les méthodes de détermination de la répartition granulométrique des sédiments marins couramment utilisées sont décrites dans le "Review of standards and protocols" établi dans le cadre du programme MESH [20]. Les classes de taille particulière intéressantes pour l'analyse des communautés benthiques des fonds meubles sont indiquées dans la norme ISO 16665 [4].
- **Mesure du taux de matière organique** : pesée après 4h à 450°C (après séchage préalable 24 à 48h à 60°C). Dans le cas de vases argileuses (c'est notamment le cas pour Marennes-Oléron, Le pertuis Breton, la baie de Bourgneuf et l'estuaire de la Loire), la méthode de perte au feu entraîne la perte de l'eau de constitution des argiles, pouvant entraîner une surestimation du taux de matière organique qui peut aller jusqu'à 600% selon la composition de ces argiles. Un coefficient de correction calculé pour chaque site doit donc être appliqué aux taux de matière organique mesurés [21].

## Traitement des données

Les données et métadonnées issues du contrôle de surveillance DCE ayant vocation à intégrer la base de données **QUADRIGE 2**, elles devront être conformes aux procédures de saisie de cette base.

Les données à fournir sont au minimum [4] :

- l'identité suivant le référentiel Quadrig 2 et le nombre d'individus des différents taxons dans chaque prélèvement
- si elle est mesurée, la biomasse spécifique par station
- la référence à la classification EUNIS des habitats par station

Les indices/calculs les plus pertinents pour la surveillance DCE restent à identifier. Le cas échéant, ils pourront être adaptés aux particularités de chaque habitat. De manière générale, l'élaboration de ces indices se base sur les analyses suivantes [3], [4], [22] :

- regroupement des données par station (abondance moyenne de chaque taxon)
- classement des taxons de chaque station par ordre d'abondance décroissante, en mettant en évidence **les 10 à 20 plus abondants**.
- la détection d'espèces invasives ou allochtones
- l'abondance des différents **groupes de polluo-sensibilité**. Un référentiel des espèces appartenant à chaque groupe doit préalablement être défini et validé par les experts.
- statistiques basées sur la diversité de la faune : **différents indices et combinaisons de métriques** peuvent être calculés [7].

Pour interpréter les résultats, il est nécessaire de recouper les données avec l'analyse des sédiments associés et avec la caractérisation de la masse d'eau, notamment de la **turbidité** [15]. D'autres analyses statistiques peuvent être effectuées, notamment des analyses multivariées permettant de recouper les résultats faunistiques avec les paramètres environnementaux.

## Cas particulier des herbiers à *Zostera noltii*

La macrofaune endogée associée aux herbiers à *Zostera noltii* est suivie dans le cas des grands herbiers pérennes occupant une surface importante de la Masse d'Eau. **Les points de prélèvements doivent être identique à ceux retenus pour la caractérisation de la végétation** (voir la fiche DCE correspondante [10]).

**5 prélèvements de 0,04m<sup>2</sup>** sont effectués par point avec un carottier. Le reste de la procédure (paramètres mesurés et chaînes de traitement des échantillons et des données) est celui énoncé dans la présente fiche.

## Cas particulier des bancs de maërl

La macrofaune associée au maërl est suivie dans le cas des grands bancs de maërl représentant une surface conséquente au sein de la Masse d'Eau. Les prélèvements de macrofaune sont effectués sur des points également suivis pour l'estimation de l'état du banc (prélèvement des algues composant le maërl). Les points sont positionnés dans des **zones suffisamment stables et homogènes** pour dégager des tendances temporelles (il faut s'assurer que les variations observées sont dues à des changements réels de la structure du banc et non à son déplacement naturel en fonction des conditions hydrodynamiques).

Sur chaque point, les prélèvements sont effectués **obligatoirement avec une benne Smith McIntyre** [23]. Les prélèvements sont effectués tous les ans, comme pour les autres substrats meubles. Les paramètres mesurés et les chaînes de traitement des échantillons et des données sont ceux énoncés dans les paragraphes précédents de la présente fiche.

## Sites de référence [3]

Des sites de référence (pour lesquels il existe des séries historiques\* ou non impactés par les activités anthropogéniques\*\*) ont été identifiés :

	Subtidal		Intertidal	
	Sédiments fins ou hétérogènes	Maërl	Sables fins sou hétérogènes	Herbiers de zostères
Atlantique	Gravelines* (sables fins) Baie de Morlaix* (sables fins)	Molène** Belle-Ile-en-Mer** Rade de Brest*	Baie des Veys*	Arcachon* ( <i>Zostera noltii</i> )
Méditerranée	Banyuls* (sables fins) Corse** (détritique côtier)		Non concernée	

D'autres sites devront être désignés et validés par les experts, notamment pour tenir compte des particularités de chaque habitat.

## Références bibliographiques

- [1] IFREMER, 2001. Réseau Benthique (REBENT). Développement d'un pilote breton. Elaboration de l'Avant Projet Sommaire (APS). Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, 111 p. <http://www.ifremer.fr/rebent/>
- [2] EUNIS (EUropean Nature Information System), Version 2004 : <http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>
- [3] Compte-rendu des réunions des experts benthologues au niveau national, en vue de la définition de la surveillance écologique dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Eau pour les eaux côtières. 7-8 février 2005, Paris.
- [4] Pr NF EN ISO 16665 : Water quality - Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- [5] <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/rno.htm>
- [6] <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/iga.htm>

- [7] Grall J., Coic N. 2005. Une synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du macrobenthos en milieu côtier. *A paraître*.
- [8] Minutes of Northeast Atlantic Geographical Intercalibration Group (NEA GIG) - Benthic Expert Meeting. Kristineberg Marine Station, Sweden, 22-24 September 2004. (<http://www.waddensea-secretariat.org/workshops/wfd-tmap.html#wfd-2>)
- [9] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°6 : Angiospermes – Herbiers à *Zostera marina*.
- [10] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°7 : Angiospermes – Herbiers à *Zostera noltii*.
- [11] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°8 : Angiospermes – Herbiers à *Posidonia oceanica*.
- [12] Fiche Technique REBENT n°4 (V2) : Suivi des Herbiers de Zostères (C. Hily, Décembre 2004). <http://www.ifremer.fr/rebent/>
- [13] Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- [14] Ifremer, 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. Fiche technique n°2 : Macroalgues subtidales – Algues calcifiées libres.
- [15] Water Framework Directive – Common Implementation Strategy – Working Group 2.7 – Monitoring. *Guidance on monitoring for the Water Framework Directive*. Final version – 23 January 2003. 164 pp.
- [16] Fiche technique REBENT n°1 - Echantillonnage quantitatif des biocénoses subtidales de substrats meubles. C. HILY et J. GRALL, 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [17] Fiche technique REBENT n°3 - Suivi stationnel des biocénoses des sables fins et hétérogènes envasés intertidaux. C. HILY et J. GRALL, 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [18] ERMS (European Register of Marine Species) : <http://erms.biol.soton.ac.uk/>
- [19] BEQUALM (Biological Effects Quality Assurance in Marine Monitoring) <http://www.ifm.uni-kiel.de/fb/fb3/ex/sbb/heybe/qualm/framesets/Bequalm.htm>
- [20] Mapping European Seabed Habitats (MESH) : Review of standards and protocols <http://www.searchmesh.net/Default.aspx?page=1442>
- [21] Anne-Laure Barille-Boyer, Laurent Barille, Henri Masse, Daniel Razet, Maurice Heral, 2003. Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystems, *Estuarine Coastal and Shelf Science* 58 : 147-153.
- [22] Fiche technique REBENT n°10 - Traitement des données stationnelles (faune). C. HILY et J. GRALL, décembre 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)
- [23] Fiche technique REBENT n°2 - Suivi stationnel des bancs de maërl. C. HILY et J. GRALL, décembre 2003. (<http://www.ifremer.fr/rebent/>)