



**Atlas de la faune marine invertébrée du golfe
Normano-Breton Volume 1/7 - Présentation et Volume 7/7 -
Bibliographie, glossaire & index général des espèces**

Patrick Le Mao, Laurent Godet, Jerome Fournier, Nicolas Desroy, Franck Gentil,
Thiébaud Eric, Laurent Pourinet, Louis Cabioch, Christian Retière, Paul P.
Chambers

► **To cite this version:**

Patrick Le Mao, Laurent Godet, Jerome Fournier, Nicolas Desroy, Franck Gentil, et al.. Atlas de la faune marine invertébrée du golfe Normano-Breton Volume 1/7 - Présentation et Volume 7/7 - Bibliographie, glossaire & index général des espèces. Éditions de la Station biologique de Roscoff, 2020, 9782951802933. <hal-02472438>

HAL Id: hal-02472438

<https://hal.science/hal-02472438v1>

Submitted on 25 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

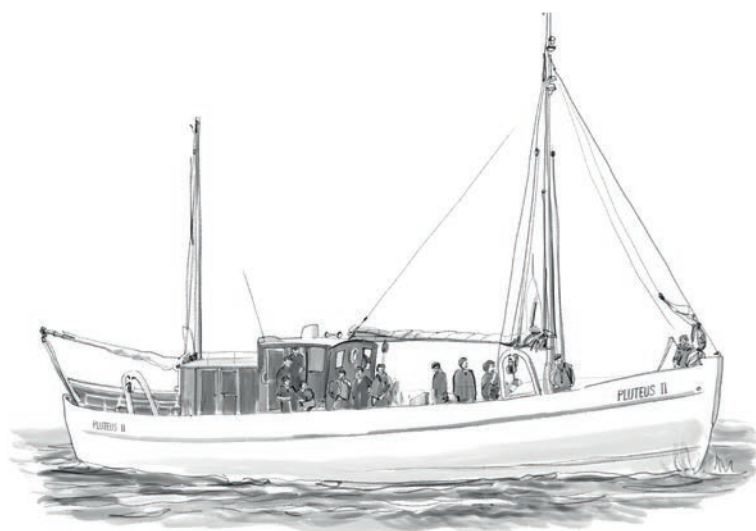


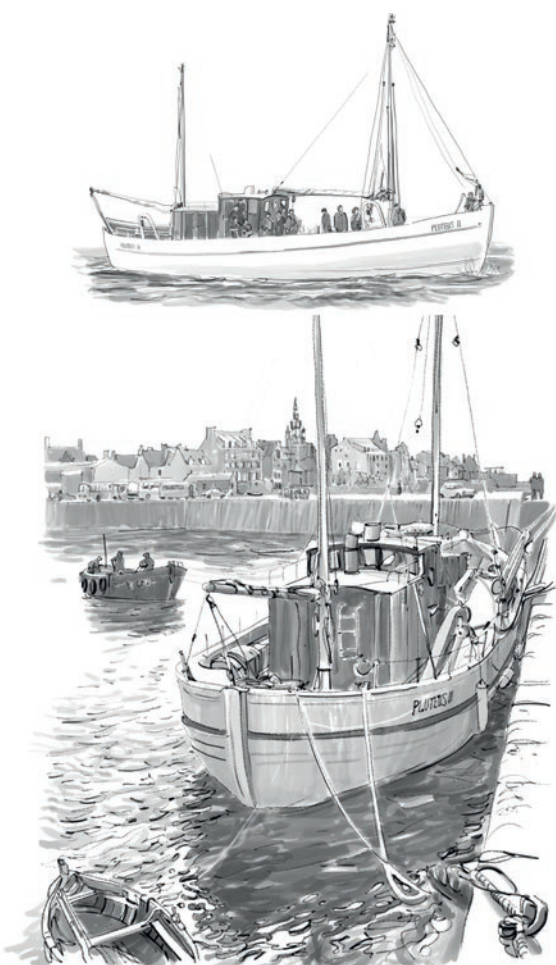
HAL Authorization

Atlas de la faune marine invertébrée du golfe Normano-Breton

Volume 1

Présentation





Alban
LAROUSSE

Le *Pluteus II* à quai

Le *Pluteus II*, ici représenté dans son port d'attache de Roscoff, était un navire océanographique de 17 mètres de long, construit en 1953 et désarmé en 1993. Il a servi aux premières grandes campagnes d'exploration océanographique menées dans le golfe Normano-Breton dans les années 1970 par Christian Retière sous la direction de Louis Cabioch. Le résultat de ces campagnes est à l'origine des toutes premières cartes des peuplements benthiques du Golfe. Le *Pluteus II* tire son nom de la forme larvaire des oursins et des ophiures, pourvue de longs bras, qui contient un frêle et délicat squelette calcaire.



Atlas de la faune marine invertébrée du golfe Normano-Breton

Volume 1 Présentation

Patrick Le Mao, Laurent Godet,
Jérôme Fournier, Nicolas Desroy,
Franck Gentil, Éric Thiébaut
Cartographie : Laurent Pourinet

Avec la contribution de :

Louis Cabioch,
Christian Retière,
Paul Chambers

© *Éditions de la Station biologique de Roscoff*

ISBN : 9782951802933

Crédits photo : Ifremer - Laboratoire Environnement Ressources
Bretagne Nord (LERBN), A. Foveau, P. Le Mao & M. Rumebe

Mise en page : Nicole Guyard

Dépôt légal : 4ème trimestre 2019

Achevé d'imprimer sur les presses de l'Imprimerie de Bretagne
29600 Morlaix



*L'édition de cet ouvrage a bénéficié
du soutien financier
des DREAL Bretagne et Normandie*



Les auteurs

Patrick LE MAO

Chercheur à l'Ifremer

LER Bretagne Nord (LERBN), Cresco

38, rue du Port-Blanc - 35800 Dinard

Laurent GODET

Chercheur au CNRS

CNRS, Université de Nantes, UMR 6554 LETG

BP 81227 - 44312 Nantes Cedex 3

Jérôme FOURNIER

Chercheur au CNRS

CNRS, MNHN, UMR 7204 CESCO – Station marine

Place de la Croix – BP 225 - 29182 Concarneau Cedex

Nicolas DESROY

Chercheur à l'Ifremer

LER Bretagne Nord (LERBN), Cresco

38, rue du Port-Blanc - 35800 Dinard

Franck GENTIL

Maître de conférences retraité de Sorbonne Université

Éric THIÉBAUT

Professeur à Sorbonne Université

Sorbonne Université, CNRS, Station biologique de Roscoff,

UMR 7144 Adaptation et diversité en milieu marin

Place Georges-Teissier – 29680 Roscoff

Laurent POURINET

Ingénieur au CNRS

CNRS, Université de Nantes, UMR 6554 LETG

BP 81227 - 44312 Nantes Cedex 3

Louis CABIOCH

Chercheur retraité du CNRS

Christian RETIÈRE

Professeur retraité du Muséum national d'Histoire naturelle

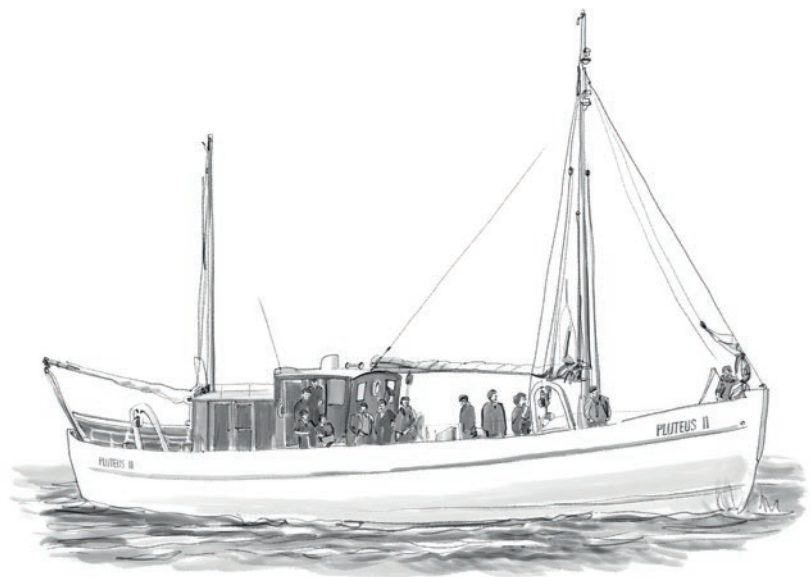
Paul CHAMBERS

Marine and coastal manager

Department of the Environment - Howard Davis Farm

La Route de la Trinité - Trinity - Jersey - JE3 5JP

Préface



Un nouvel atlas des invertébrés marins inféodés à la zone de ce que l'on dénomme le « golfe Normano-Breton », pourquoi ? Et en a-t-on encore besoin en 2020 ?

Ces questions ne vont pas manquer de sortir à la parution de l'ouvrage, fabuleuse compilation de près de 100 000 données mises à jour par une bande de compères ayant « traîné » leurs bottes et leurs palmes sur les 450 kilomètres du littoral concerné. Sur une superficie de 14 000 km², à partir de 7 500 localités, plus de 2 200 espèces sont répertoriées, à partir d'un premier recensement en 1768. Karl von Linné invente la classification binominale (un genre, une espèce) au milieu du XVIII^e siècle et dénomme l'espèce Homo sapiens en 1758, pour laquelle d'ailleurs aucun type n'est déposé dans aucun musée !

Oui, nous avons besoin aujourd'hui d'un tel ouvrage ! Et très fortement ! À une époque où des centaines de papiers, dont beaucoup très alarmants, nous informent sur ce qui est communément et pudiquement dénommée « l'érosion de la biodiversité », voire la « crise de la biodiversité », de telles références sont nécessaires. Il nous faut des données sur la biodiversité dans l'espace et le temps. Nous venons de tenir la septième conférence internationale de l'IPBES à Paris ce printemps dernier et trois conclusions majeures se dégagent de l'étude et de l'analyse critique de plus de 15 000 publications depuis 2005, dernière évaluation des écosystèmes, le Millennium Ecosystem Assessment :

(1) La biodiversité s'effondre, mesurée au travers des espèces de plus en plus menacées, éteintes pour certaines, et le rapport prévoit l'extinction de 0,5 à 1 million d'espèces à l'horizon de quelques dizaines d'années.

(2) Les territoires de répartition des espèces s'amenuisent d'année en année et enfin,

(3) les régions sous contrôle des peuples autochtones, même si elles subissent aussi des dégradations, s'en sortent plutôt mieux qu'ailleurs.

Voilà pourquoi un tel ouvrage nous est particulièrement précieux ! Sur une région géographique bien déterminée, quand même pas trop réduite, les données accumulées et archivées nous sont d'un grand secours : comment évolue le système, en fait un grand socio-écosystème sur une période de temps de deux siècles ? Dans les espèces qui ont été répertoriées et étudiées (dans une base arrêtée à la fin de 2013, à partir de près de 2 000 sources), beaucoup d'exemples très intéressants, pour diverses raisons mais aussi pour leur intérêt économique, sont développés et viennent, sur des données scientifiques souvent assorties d'anecdotes, enrichir le texte. Les auteurs ont délibérément choisi de ne pas poursuivre d'investigations par eux-mêmes en dehors de ce qu'ils avaient déjà trouvé dans les bases de données (dont certaines des données étaient d'ailleurs parfois les leurs...) et il est probable que cet ouvrage suscitera de nouvelles recherches pour combler des lacunes sur les répartitions. Le travail sur l'évolution dynamique est ici essentiel : comment cette biodiversité change

t-elle, non seulement dans les distributions géographiques mais aussi dans les abondances ? Qu'est ce qui était rare il y a un siècle et commun aujourd'hui (avec beaucoup de nouveaux migrants) et qu'est ce qui a quasiment disparu alors que l'espèce était abondante au XIX^e siècle ? Quelles en sont les raisons ?

Dans une situation actuelle d'augmentation des pressions sur le littoral (et un peu au-delà pour respecter la zone étudiée) pour des raisons démographiques et de ressources de plus en plus recherchées, nous continuons à détruire le littoral (seule partie en fait de l'océan à subir ce sort). Nous continuons à le polluer (plastiques, produits phytosanitaires, perturbateurs endocriniens, métaux lourds, surproduction de produits organiques, etc.), à le surexploiter, et à disséminer tout partout (la « roulette écologique » dont les ballastages de grands navires). Et nous altérons de manière globale le climat, traduit dans la zone retenue par une augmentation de la température, parfois et localement des sur-salinisations ou des effondrements de l'oxygène, et une montée plus rapide du niveau de la mer.

Alors, remercions chaleureusement nos auteurs qui ont mis en commun leurs connaissances et leur temps sans compter pour nous fournir cet ouvrage en sept volumes, mine impressionnante de données et d'analyses qui fera date dans l'histoire de la faune marine benthique de l'ouest de la France et qui sera une solide base pour continuer à construire. Ces tomes trouveront très naturellement leur place dans toutes les bibliothèques scientifiques et naturalistes et autant auprès des scientifiques que des promeneurs éclairés. Il nous faut aussi remercier « nos stations marines » et laboratoires côtiers sans les travaux desquels tout ceci aurait tout simplement été impossible, et ces cohortes de naturalistes passionnés, professionnels ou amateurs éclairés (vive les sciences participatives), qui ont petit à petit construit cette merveilleuse histoire de la biologie depuis trois siècles. Puissent leurs recherches et cet ouvrage nous aider à prendre encore plus la mesure de la situation que nous vivons aujourd'hui et nous faire comprendre que nous devons impérativement changer, avec une entrée dans la culture de l'impact et de la sobriété, enfin passer de « faber » à « sapiens » !

Banyuls-sur-Mer, le 18 juillet 2019,

Gilles BŒUF

*Professeur à Sorbonne Université,
Président du Conseil scientifique de l'Agence française pour la biodiversité
Président du Muséum national d'Histoire naturelle de 2009 à 2015
Professeur invité au Collège de France*



*Havre de Rothéneuf et île Besnard au nord-est de Saint-Malo (35)
(photo : Myriam Rumebe, Ifremer)*

Présentation physique du Golfe

Situé en Manche occidentale, le golfe Normano-Breton est délimité sur sa façade maritime par une ligne virtuelle reliant le cap de La Hague, la fosse des Casquets et les Héaux de Bréhat (Cabioch, 1968 ; Retière, 1979)¹ (figure 1). Il couvre une surface totale de l'ordre de 14 000 km² et possède un littoral d'environ 450 km, le long de la presqu'île du Cotentin à l'est et des côtes bretonnes au sud. Il se caractérise par sa faible profondeur qui n'excède 50 m qu'à l'ouest des îles Anglo-Normandes de Jersey, Guernesey et Aurigny. Les isobathes se resserrent rapidement en bordure de la fosse centrale des Casquets où la profondeur atteint -160 m. Il est ponctué de nombreuses discontinuités topographiques (figure 1) comprenant des îles (ex. Guernesey, Jersey, Sercq, Aurigny, l'archipel de Chausey, etc.) et des plateaux rocheux (Les Minquiers, Les Roches Douvres, Les Écréhous, etc.) qui influencent profondément la circulation générale des courants. Les apports en eaux douces sont rares et proviennent de quelques fleuves côtiers, dont les plus importants sont le Trieux à Paimpol, la Rance à Saint-Malo, le Couesnon, la Sée et la Sélune en baie du Mont-Saint-Michel, la Sienne et l'Ay le long des côtes de la presqu'île du Cotentin. Les débits moyens de ces fleuves sont faibles, de l'ordre de 1-2 m³.s⁻¹ pour la Sienne et l'Ay, 5-7 m³.s⁻¹ pour le Trieux, la Sée et le Couesnon, et 10-12 m³.s⁻¹ pour la Sélune et la Rance.

La morphologie littorale du Golfe, marquée par l'alternance d'estrans sableux et rocheux plus ou moins battus, la présence de grands complexes rocheux qui s'opposent à de vastes baies sableuses, l'existence de quelques archipels et plateaux rocheux affleurant, la multitude de petits estuaires côtiers, est à l'origine d'une richesse paysagère remarquable. Le long de la côte ouest du Cotentin, du cap de La Hague à la baie du Mont-Saint-Michel, la zone intertidale est constituée d'un platier rocheux recouvert le plus souvent par des placages de cailloutis ou de sables fins à moyens enracinés dans des cordons dunaires qui délimitent l'arrière-pays (Guillaumont *et al.*, 1987). Seuls quelques éperons rocheux émergent sous forme de caps, en particulier au nord du Cotentin (La Hague, Flamanville, Rozel, Carteret). Si certains secteurs montrent des estrans sableux relativement homogènes (ex. plages battues du Nord-Cotentin), d'autres secteurs présentent au contraire une mosaïque d'habitats où s'entremêlent des fragments de platier rocheux, des

1 Le périmètre retenu pour cette étude dépasse le cadre géographique du Golfe tel qu'il a été traditionnellement défini et inclut le nord-ouest de la presqu'île du Cotentin jusqu'à l'ouest du cap Lévi.

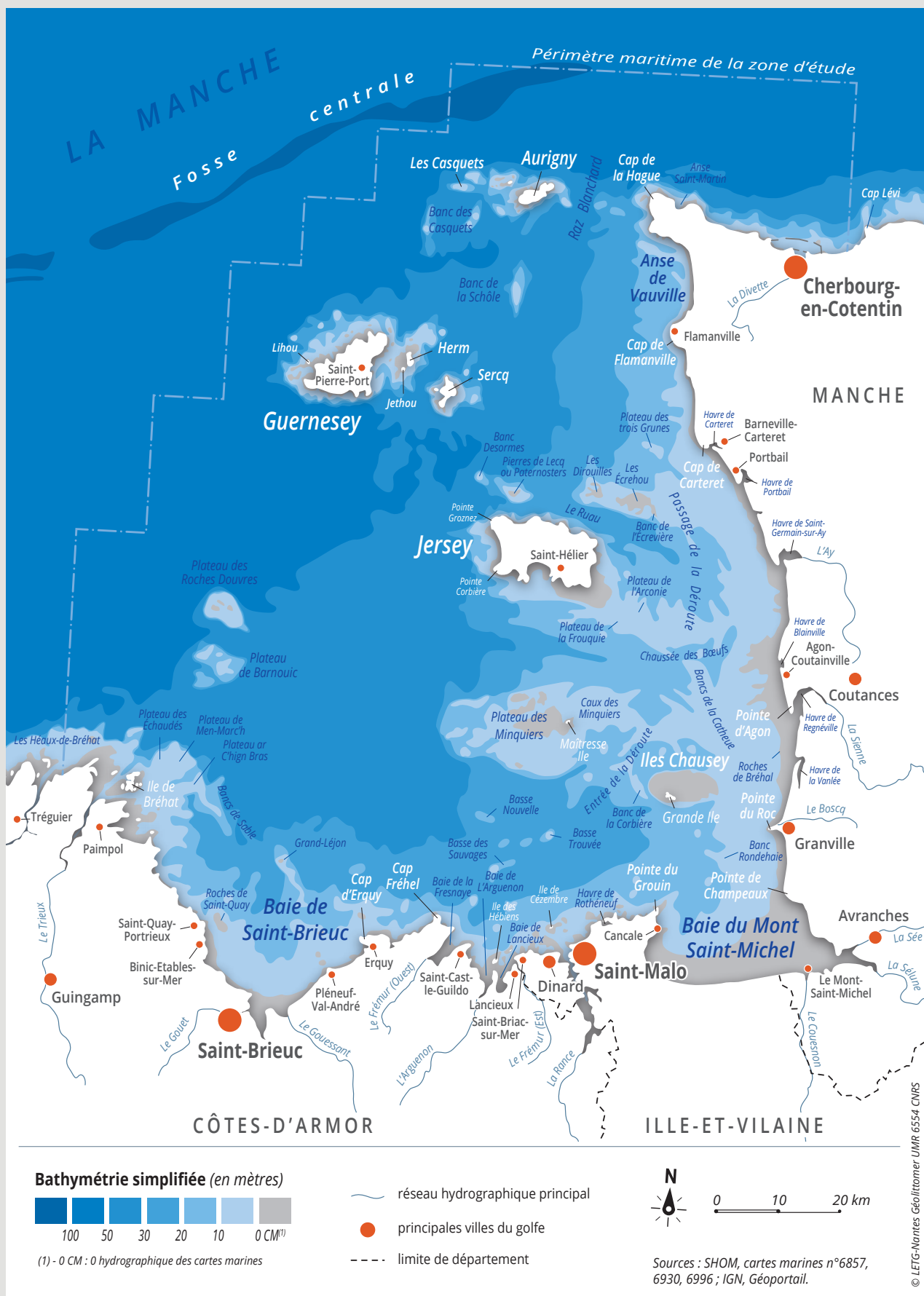


Figure 1 - Bathymétrie et toponymie du Golfe

bancs de sables coquilliers et des sédiments plus ou moins hétérogènes. Cette forte complexité morphologique se retrouve au niveau de l'archipel de Chausey (Fournier *et al.*, 2009). Au sud de la pointe du Roc à Granville, des sables vaseux apparaissent en bas d'estran, signe d'un changement des conditions hydrodynamiques et de la transition vers la baie du Mont-Saint-Michel.

Du cap de Carteret au cap de Granville, les nombreux fleuves côtiers débouchent en mer en traversant le cordon dunaire pour donner naissance à des estuaires partiellement fermés par la présence de flèches sableuses maintenues grâce à un courant côtier longitudinal pérenne (Guillaumont *et al.*, 1987). Envahis à chaque pleine mer, ces estuaires forment un environnement particulier à l'intérieur duquel se développent vasières et herbues ou pré-salées. Ces havres, au nombre de huit et dont les plus importants sont ceux du havre de Saint-Germain-sur-Ay et de Regnéville, couvrent une superficie de 2 460 ha, dont environ 1 300 ha d'herbus qui présentent une forte richesse floristique et phytocœnotique en réponse aux nombreux gradients édaphiques et hydriques. La physiographie et le fonctionnement de ces havres ont parfois été profondément modifiés par les activités humaines au cours du temps (endiguement, pâturage, conchyliculture, etc.), en particulier en matière de conditions de circulation des eaux, et varient fortement d'un havre à l'autre. Si quelques havres fonctionnent encore comme de véritables estuaires (havres de Saint-Germain-sur-Ay, de Regnéville, de la Vanlée), d'autres voient ainsi leur communication avec la mer fortement réduite et s'apparentent davantage à des milieux lagunaires (havre de Blainville).

Ouverte sur le Golfe sur une vingtaine de kilomètres entre les pointes de Champeaux et du Grouin de Cancale, la baie du Mont-Saint-Michel forme une dépression d'environ 500 km² dont près de la moitié est découverte à basse mer. La topographie et les contraintes hydrodynamiques du site amènent à distinguer deux environnements différents au sein de la baie : un fond de baie à pente faible avec quelques chenaux de drainage du marais de Dol, mais sans influence estuarienne significative à l'ouest, et un système d'éventail deltaïque avec une alternance de chenaux de marée et de barres sableuses et de mégarides à l'est. Le centre de la baie, dans la zone de Cherrueix, est caractérisé par la présence de nombreux bancs sableux et coquilliers (Bonnot-Courtois *et al.*, 2004). La partie ouest de la baie se caractérise également par la présence importante d'herbus qui, en occupant une surface d'environ 4 000 ha, forment les plus grands prés-salés d'Europe. Milieu en constante évolution au gré des divagations des fleuves côtiers et des phénomènes d'accrétion sédimentaire, influencés dans la baie par les travaux de poldérisation, les herbues ont vu leur surface être multipliée par deux au cours des 50 dernières années. Zone de forte diversité floristique avec 67 espèces de phanérogames recensées (Lefeuvre *et al.*, 2003), ces herbues jouent plusieurs rôles importants dans le fonctionnement général de la baie, entre autres comme (i) zone de forte production de matière organique exportée vers la mer sous forme particulière ou dissoute et utilisée par la macrofaune benthique ou le microphytobenthos (Lefeuvre *et al.*, 2000), (ii) lieu d'accueil et/ou de nourrissage de nombreuses espèces d'oiseaux en hivernage ou en migration, et (iii) zone de nurseries de juvéniles de poissons (Lafaille *et al.*, 2001).

À l'inverse du littoral du Cotentin, la côte entre Cancale et le cap Fréhel devient très découpée, entaillée d'est en ouest par plusieurs baies et estuaires : le vaste

estuaire de la Rance, le petit estuaire du Frémur, la baie de Lancieux, l'estuaire de l'Arguenon et la baie de la Fresnaye (Bonnot-Courtois *et al.*, 2002). Cet important découpage du littoral se traduit par la présence de nombreuses plages sableuses de taille modeste et encastrées entre les pointes rocheuses. La plupart de ces plages sont composées de sables fins à moyens qui deviennent de plus en plus grossiers vers le bas de plage. L'estuaire de la Rance présente une morphologie irrégulière, composée d'une succession d'anses plus ou moins profondes, séparées par des pointes rocheuses. Trois kilomètres en amont de l'embouchure, l'estuaire est désormais fermé par une usine marémotrice dont l'exploitation, depuis 1966, a induit des modifications de son régime hydrologique, tant au niveau du cycle semi-diurne de la marée que des caractéristiques physico-chimiques, ce qui a entraîné une profonde modification des écosystèmes initiaux (Retière, 1979 ; Desroy, 1998).

Couvrant une surface d'environ 800 km² entre l'archipel de Bréhat et le cap Fréhel, la baie de Saint-Brieuc est la plus vaste baie du golfe Normano-Breton, largement ouverte sur le large, et constituée d'un point de vue géomorphologique, de trois ensembles distincts (Bousquet-Bressolier & Bonnot-Courtois, 1998). Le fond de baie est composée d'un vaste estran sablo-vaseux et d'herbus auxquels se rattachent deux estuaires, celui du Gouët-Gouédic au nord de l'anse d'Yffiniac à l'ouest, et celui de l'Évron-Gouessant à l'est. Il est bordé à l'est et à l'ouest par des côtes essentiellement rocheuses. La côte ouest est caractérisée par la présence de falaises, tantôt rocheuses, tantôt limoneuses, élevées (50-100 m), et localement interrompues par le débouché en mer de fleuves côtiers au niveau de petites anses sableuses. Les falaises limoneuses tendent à être instables et à s'effondrer sur l'estran. La côte est se compose de falaises rocheuses moins élevées qui n'excèdent pas 60 m au cap Fréhel. Entre les pointes rocheuses, se rencontrent quelques plages sableuses importantes, rattachées à des cordons dunaires plus ou moins anthropisés (par exemple, plage du Val-André), ainsi que des falaises limoneuses instables.

Caractéristiques hydrodynamiques

Comme dans le reste de la Manche, la circulation générale dans le Golfe est principalement gouvernée par les courants de marée qui conditionnent, dans une large mesure, la distribution des sédiments, les caractéristiques hydrologiques des masses d'eau et, directement ou indirectement, la distribution des espèces benthiques et la composition des communautés. La pénétration de l'onde de marée d'origine atlantique est fortement influencée en Manche par la bathymétrie et la topographie du trait de côte, en particulier le goulot d'étranglement que représente la presqu'île du Cotentin. Au cours de sa progression le long des côtes françaises de la Manche occidentale, l'onde de marée atlantique s'amplifie et se combine avec une onde réfléchie sur les côtes de la presqu'île du Cotentin pour atteindre une valeur maximale de 14,25 m lors des grandes marées d'équinoxe en baie du Mont-Saint-Michel. Cette valeur du marnage est à comparer aux 11,60 et 6,65 m que l'on peut rencontrer respectivement à Paimpol et Cherbourg aux limites du Golfe. En dehors de ce dernier, le marnage n'atteint que 9,45 m à Roscoff à l'entrée de la Manche occidentale ou 10,20 m au Tréport en Manche orientale. En raison de l'action de la force de Coriolis due à la rotation de la Terre sur elle-même, le marnage est globalement plus faible le long des côtes sud de l'Angleterre (figure 2).

Le régime de marée en Manche est semi-diurne, avec en règle générale deux basses mers et deux pleines mers par jour – le cycle de marée étant en moyenne de 12 h et 25 minutes entre deux pleines mers.

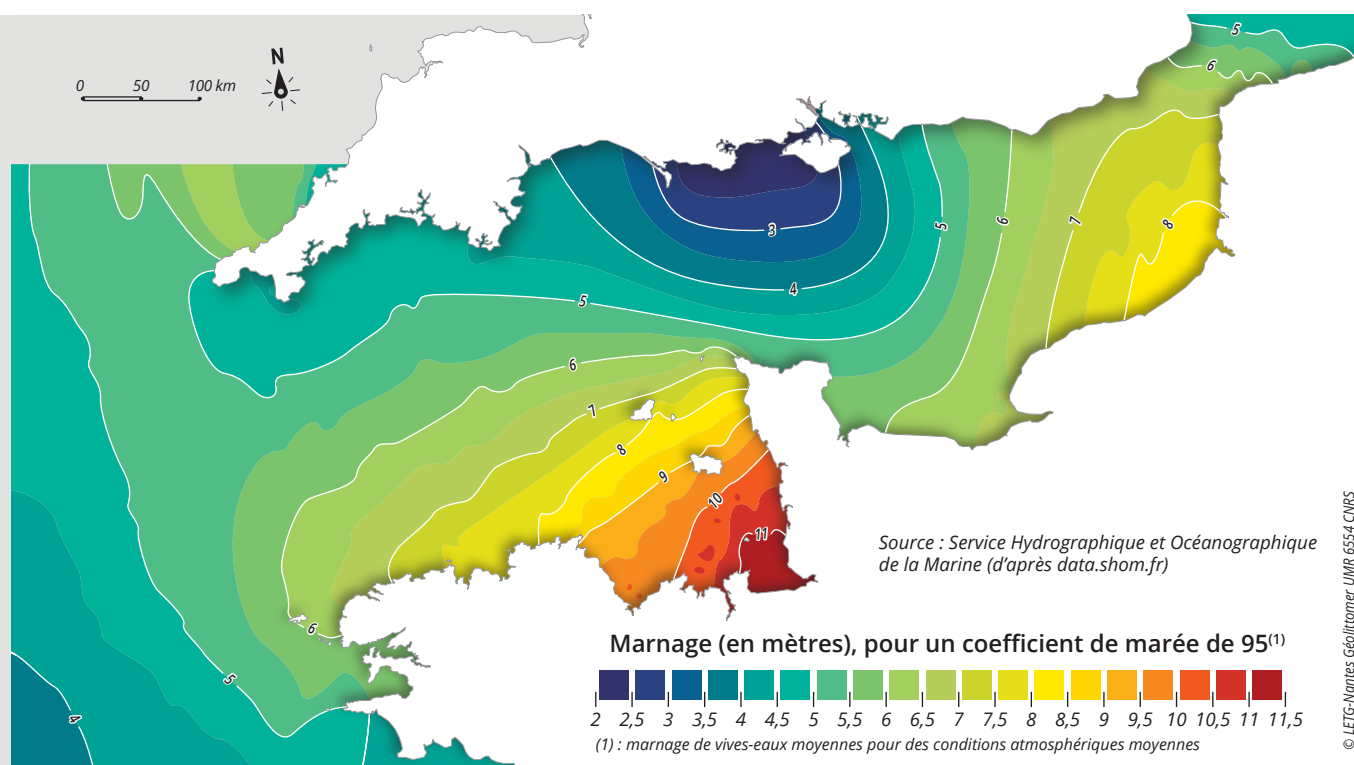


Figure 2 - Dissymétrie et valeurs des marnages en Manche

Les courants de marée instantanés sont alternatifs avec un flot qui porte vers l'est-nord-est et un jusant, vers l'ouest-sud-ouest à la périphérie occidentale du Golfe, des Héaux de Bréhat à l'île d'Aurigny (Le Hir *et al.*, 1986). Ils vont progressivement perdre ce caractère et devenir giratoires autour des îles Anglo-Normandes au fur et à mesure que l'on pénètre dans le Golfe. Ils sont de nouveau alternatifs dans la partie sud du Golfe avec des orientations variables selon les secteurs. De manière générale, il existe une dissymétrie entre le flot et le jusant avec un flot plus court. Les vitesses maximales des courants de marée (figure 3) tendent à diminuer, du large où ils excèdent le plus souvent $1,5 \text{ m.s}^{-1}$, vers les fonds de baies avec des vitesses inférieures à $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ en baie du Mont-Saint-Michel ou en baie de Saint-Brieuc (Salomon & Breton, 1991). Le long des côtes du Cotentin, elles diminuent progressivement du nord vers le sud, de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ dans l'anse de Vauville à $0,6 \text{ m.s}^{-1}$ devant Granville. La complexité topographique du Golfe ainsi que la présence de très nombreux chenaux sont à même d'altérer ce schéma général et entraînent de fortes variations spatiales des vitesses et de la direction des courants de marée. Ainsi, les valeurs les plus fortes des courants de marée se rencontrent autour des archipels rocheux, comme les Minquiers, ou au large du cap Fréhel et du cap de La Hague. Dans le raz Blanchard, situé entre la pointe ouest du cap de La Hague et l'île Anglo-Normande d'Aurigny, les courants peuvent avoisiner 6 m.s^{-1} , soit 12 nœuds, en raison de la combinaison entre les courants de marée et les courants liés aux variations de niveau de la surface libre.

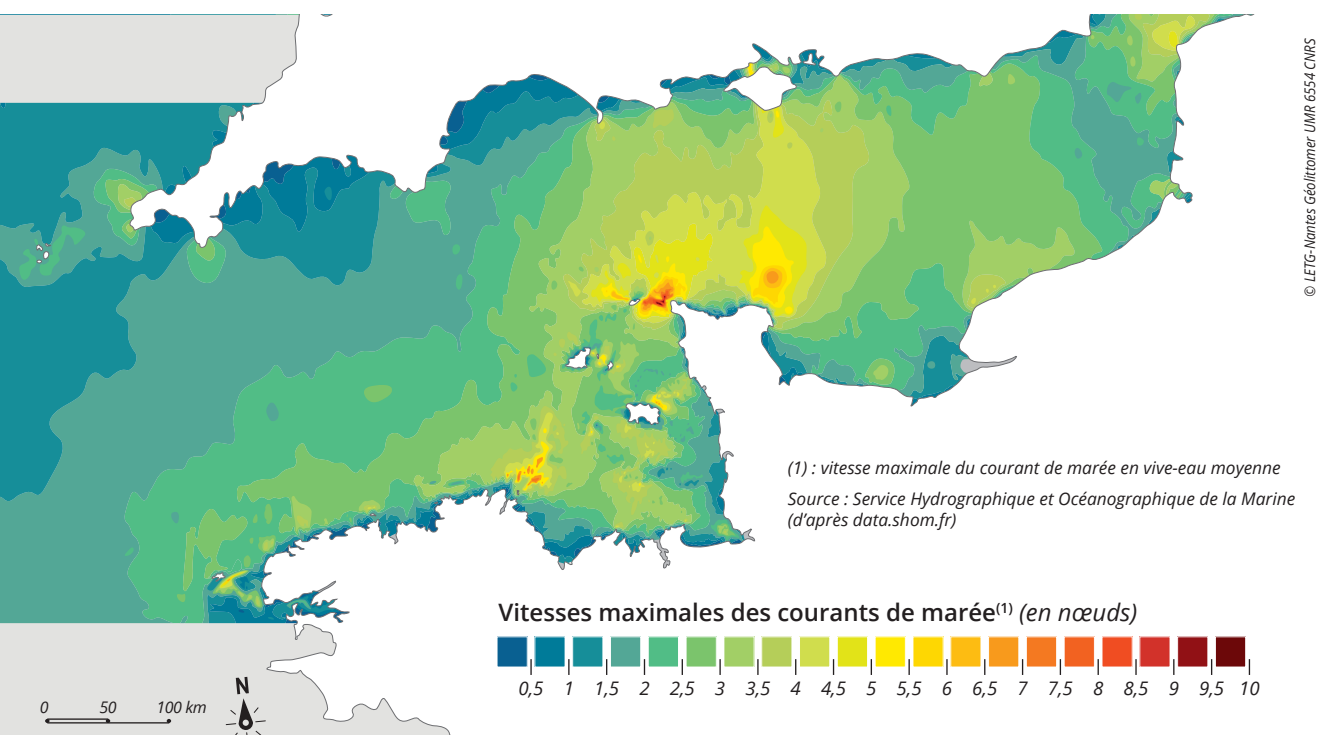


Figure 3 - Vitesses maximales des courants de marée en Manche

La marée, de par ses caractéristiques particulières tant en matière de marnage que d'intensité des courants instantanés, est assurément le phénomène physique le plus spectaculaire du golfe Normano-Breton. Associée à des fonds peu pentus, elle est à l'origine de la présence dans le Golfe de vastes estrans, dont le plus important est observé en baie du Mont-Saint-Michel avec une surface exondée qui atteint 240 km².

À des échelles de temps supérieures, les effets non linéaires de la marée, combinés aux effets des conditions météorologiques (vents et gradients de pression atmosphérique), des gradients horizontaux de densité et de la circulation générale, sont à l'origine d'une circulation résiduelle qui tient un rôle clef dans la dispersion du matériel dissous et particulaire dont les larves d'invertébrés benthiques à cycle benthopélagique. Les vitesses des courants résiduels sont d'environ deux ordres de grandeur inférieures à celles des courants instantanés, et varient entre moins de 1 cm.s⁻¹ et 18 cm.s⁻¹ (Salomon & Breton, 1993). La circulation résiduelle de marée en Manche se caractérise par un courant général central par lequel transite l'eau atlantique vers la mer du Nord et la présence de systèmes latéraux de tourbillons résiduels qui ralentissent les transits longitudinaux (figure 4). Le flux d'eau atlantique pénètre en Manche au large de l'île d'Ouessant, longe les côtes nord-bretonnes jusqu'aux environs de la baie de Lannion puis s'oriente vers le nord en direction de Plymouth. Il se sépare alors en deux, avec une branche qui se dirige vers l'ouest et la mer d'Irlande et une branche qui s'oriente vers l'est et le Pas-de-Calais. L'intensité de ce flux est faible et n'excède que très rarement 2 cm.s⁻¹ (Salomon & Breton, 1991).

Le golfe Normano-Breton apparaît ainsi comme une région relativement isolée du reste de la Manche et caractérisée par la présence des nombreux tourbillons, cycloniques ou anticycloniques, créés par les accidents topographiques que forment les caps, les archipels rocheux ou les îles. Les principaux tourbillons cycloniques sont présents autour des îles de Jersey et de Guernesey ainsi qu'autour du plateau des Minquiers. Les structures anticycloniques sont, pour leur part, situées au nord et à l'ouest de Jersey, au nord de la baie de Saint-Brieuc et à l'entrée de la baie du Mont-Saint-Michel. La vitesse des courants résiduels dans ces tourbillons est en général supérieure à celle du flux moyen, avec des vitesses qui peuvent excéder 15 cm.s^{-1} autour des îles de Jersey et de Guernesey ou des Minquiers, et 10 cm.s^{-1} autour des Roches-Douvres. En raison de ces vitesses résiduelles élevées, les structures tourbillonnaires sont en général très stables et peu sensibles aux effets des conditions météorologiques habituelles sur la circulation (Salomon & Breton, 1993). Ainsi, la majorité des tourbillons perdurent en présence de vents modérés à fort. À l'inverse, ceux pour lesquels les vitesses résiduelles sont inférieures à 10 cm.s^{-1} , tels que les tourbillons au nord de la baie de Saint-Brieuc ou au large de la pointe du Grouin de Cancale peuvent être momentanément détruits, ou du moins fortement altérés en présence de vent. La durée de parcours d'une particule prisonnière d'un de ces tourbillons est difficile à évaluer et dépend, entre autres, de la distance au centre de rotation. Salomon & Breton (1991) ont néanmoins fourni quelques ordres de grandeur théorique pour un coefficient de marée moyen constant et sans prise en compte des effets météorologiques : cinq à six jours pour les tourbillons de Jersey et Guernesey, quatre à cinq semaines pour le tourbillon de Flamanville à l'est de Guernesey, et un mois et demi à deux mois pour celui des Minquiers.

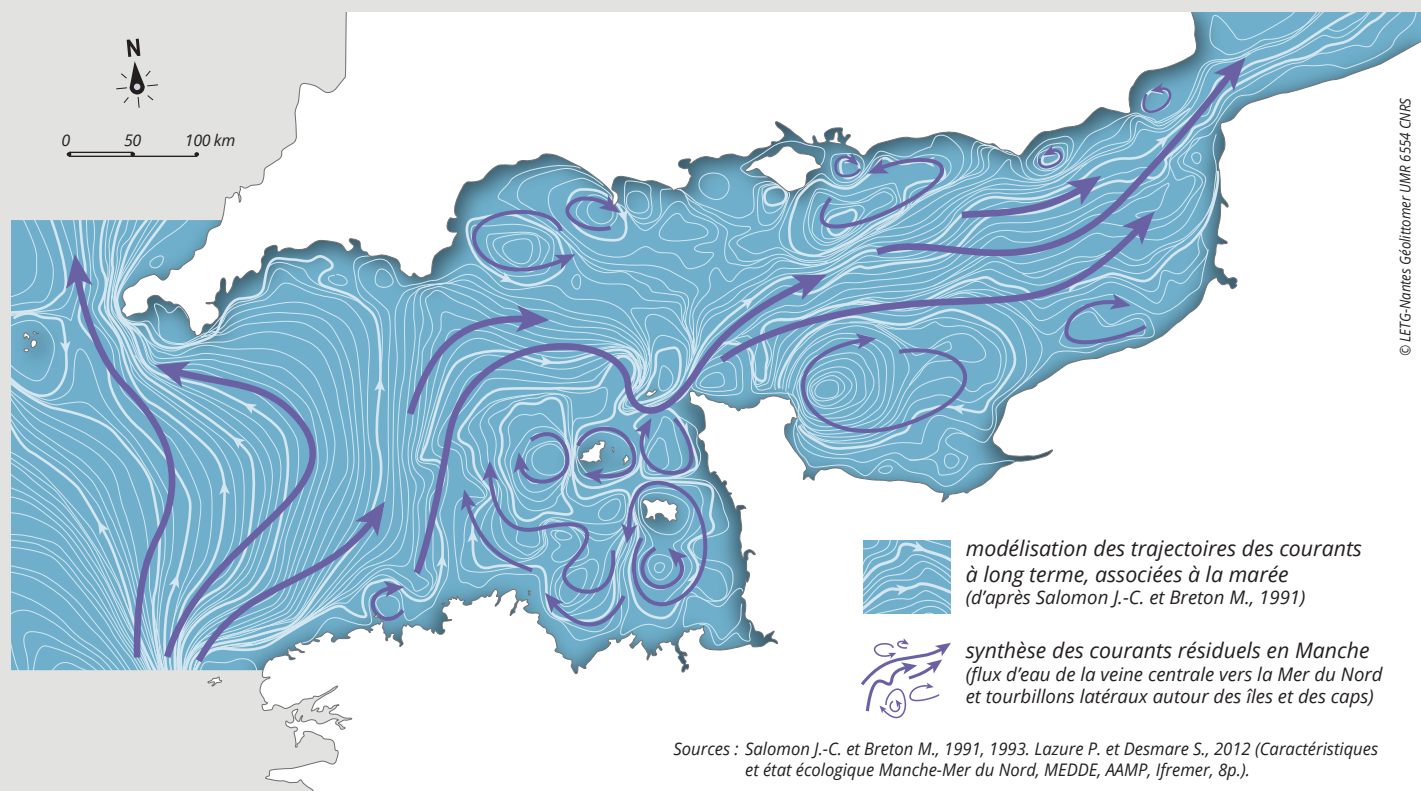


Figure 4 - Courants résiduels de marée en Manche

Les effets de ces tourbillons sur le transport d'éléments dissous ou particuliers sont complexes. Les tourbillons sont en effet des zones de forts cisaillements qui favorisent un mélange rapide des éléments en leur sein (Salomon & Breton, 1991). *A contrario*, ils conserveraient durant plusieurs révolutions la signature d'éléments dissous ou de particules qui y auraient pénétré. Ce phénomène serait d'autant plus important qu'un tourbillon n'aurait de contact avec le milieu extérieur que par l'intermédiaire d'autres tourbillons. Ces mécanismes contribueraient ainsi fortement à l'isolement des eaux du fond du golfe Normano-Breton par rapport aux eaux atlantiques de la Manche, comme le confirment les résultats sur la distribution des radionucléides artificiels dans la Manche (Germain *et al.*, 1986 ; Germain *et al.*, 1986 ; Bailly du Bois & Guegueniat, 1999) ou des travaux de modélisation sur la dispersion des larves de Coquilles Saint-Jacques en baie de Saint-Brieuc (Nicolle *et al.*, 2013). Ménesguen & Gohin (2006) ont suggéré l'existence de deux types de tourbillons en Manche avec des comportements distincts : (1) les tourbillons induits par des effets de cap, comme le tourbillon au large de la pointe du Grouin de Cancale, qui agissent comme des zones d'accumulation de traceurs et, (2) les tourbillons qui se développent autour des îles, par exemple autour de Jersey et Guernesey, qui se comportent comme des zones de faible accumulation, voire même comme des zones de dissémination. De récents travaux de modélisation de la dispersion des larves de *Sabellaria alveolata* ont confirmé le rôle du tourbillon au large de la pointe du Grouin de Cancale dans la rétention des larves de cette espèce en baie du Mont-Saint-Michel (Ayata *et al.*, 2009).

Si, dans le Golfe, les houles de secteur ouest prédominent, les caractéristiques générales de la houle (direction, hauteur annuelle maximum, période) varient fortement dans l'espace en raison des nombreux obstacles à sa propagation que constituent les différentes îles ou hauts-fonds rocheux (Le Hir *et al.*, 1986). Les houles les plus fortes sont observées à l'ouest du Golfe et au nord-ouest du Cotentin. À titre d'exemple, à Flamanville, elles atteignent une hauteur annuelle maximum de 6,1 m, avec 90 % des houles de hauteur inférieure à 2,5 m. Suite à l'atténuation des houles par les îles et les plateaux rocheux, l'exposition à celles-ci diminue au fur et à mesure que l'on pénètre dans le Golfe : à Granville, la hauteur annuelle maximum n'excède plus 1,9 m. Par ailleurs, sa période tend à diminuer et les houles de secteur nord deviennent plus fréquentes. La baie de Saint-Brieuc se distingue du reste du Golfe par des houles dominantes de secteur nord-ouest à sud-est. La période de l'année durant laquelle les houles sont les plus fortes s'étend d'octobre à mars lorsque les vents sont les plus forts.

Conditions hydrologiques

Carrefour biogéographique, la Manche se caractérise par d'importants gradients longitudinaux de température qui s'inversent avec les saisons. Initialement décrite par Lumby (1935) à partir de données acquises sur des navires d'opportunité suivant des routes régulières, puis modélisée par Pingree *et al.* (1975) et Agoumi (1982), la distribution des isothermes de surface suit un tracé en chevrons emboîtés les uns dans les autres et orientés vers l'est (figure 5). En février, lorsque les températures de l'eau sont minimales, elles diminuent régulièrement d'ouest en est et du large vers la côte, passant d'une valeur de plus de 10°C à la pointe bretonne à une valeur

de moins de 7°C le long du littoral des Hauts-de-France. En août, lorsque les températures de l'eau sont maximales, le gradient est inversé. Ainsi, alors que les températures de l'eau n'excèdent pas 15°C au large des côtes finistériennes, elles atteignent plus de 19°C au fond du golfe Normano-Breton et le long du littoral de la Manche orientale. Il résulte de ces variations saisonnières des gradients thermiques en Manche, un gradient d'amplitude thermique qui varie de 6°C en entrée de Manche à 10°C dans le Pas-de-Calais. D'ouest en est, les conditions thermiques passent d'eaux océaniques plutôt sténothermes à des eaux de plus en plus sous influence continentale et eurythermes.

À l'échelle du golfe Normano-Breton, la température des eaux de surface évolue selon un gradient côte-large orienté du nord-ouest vers le sud-est (Retière, 1979). Par ailleurs, le fort brassage de la colonne d'eau par les courants de marée se traduit par une absence de thermocline estivale, de sorte que les températures de fond sont

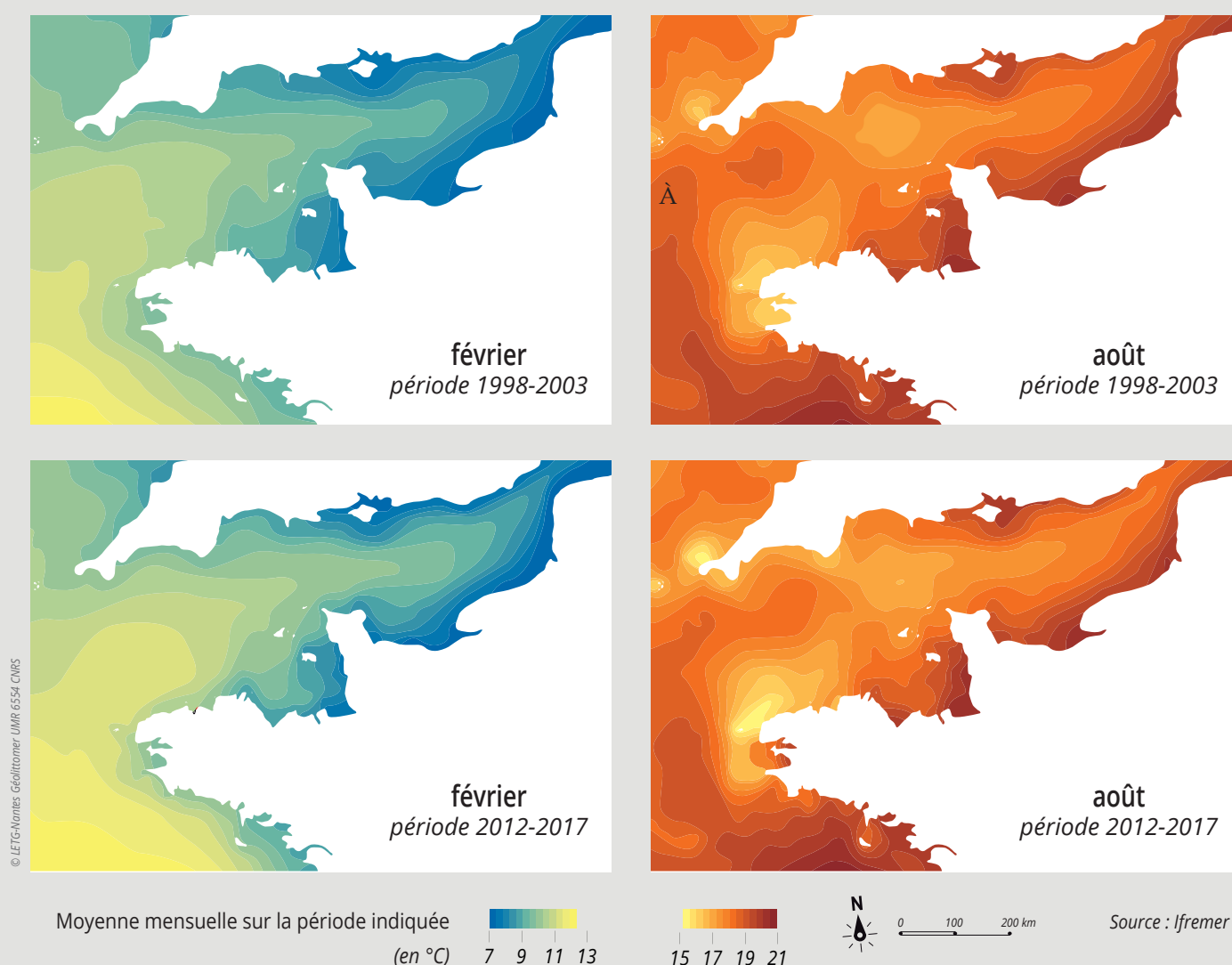


Figure 5 - Température de surface en mer (TSM)

très proches de celles de surface, leur écart n'excédant pas 0,5°C. En hiver, les eaux les plus froides, voisines de 8°C, sont ainsi observées au fond de la baie du Mont-Saint-Michel, alors qu'elles atteignent 9°C en bordure du Golfe. En été, le gradient thermique est nettement plus prononcé, avec des valeurs maximales, voisines de 19°C, relevées dans la baie de Cancale, et des valeurs minimales atteignant à peine 14°C au nord d'Aurigny. Le long de ces gradients horizontaux de variations thermiques, des discontinuités brutales ou fronts hydrologiques qui séparent des masses d'eau aux propriétés différentes peuvent apparaître localement. Un tel front permanent, large de quelques centaines de mètres et s'étalant sur plus de 10 milles nautiques le long d'un axe sud-ouest/nord-est, a été décrit entre Jersey et Guernesey (Pingree *et al.*, 1974). De part et d'autre de ce front, la différence de température peut atteindre 1°C au mois de juillet. Les petits fonds le long du littoral français combinés au mélange avec les faibles apports en eau douce d'origine continentale favorisent le réchauffement en été ou le refroidissement en hiver des eaux côtières, qui s'individualisent ainsi des eaux du large plus froides en été et plus chaudes en hiver. Un front thermique similaire a également été décrit au nord-ouest de Guernesey. Ces fronts agissent comme des zones de convergence au niveau desquelles s'accumulent les organismes planctoniques, dont les larves d'invertébrés benthiques (Pingree *et al.*, 1974).

En réponse au changement climatique récent, les eaux de la Manche, et plus spécifiquement celles du Golfe, se sont réchauffées de manière significative au cours des trente dernières années, avec de possibles répercussions sur la distribution de la macrofaune benthique (Gaudin, 2017). Sur la période 1985–2012, les températures modélisées des eaux de l'ensemble du Golfe ont augmenté d'environ 0,5°C par décennie à la fin de l'été (données Copernicus Marine Service, issues du modèle atlantique FOAM AMM7). Le réchauffement a été moindre en période hivernale et varie entre 0,2 et 0,35°C par décennie. Des données observées à partir de séries à long terme devant Flamanville ou en baie de Cancale confirment ces tendances.

La forte influence des eaux atlantiques fait qu'il existe peu de variations de la salinité susceptibles d'avoir des répercussions écologiques significatives en Manche, même si les isohalines présentent la même distribution en chevrons que les isothermes. Ainsi, la salinité moyenne annuelle des eaux de surface au large diminue faiblement d'ouest en est, de 35,3 en entrée de Manche à 35,0 dans le Pas-de-Calais (Lumby, 1935). Seuls les apports d'eau douce de la Seine et des différents fleuves côtiers répartis le long du littoral, entre la baie de Seine et le Pas-de-Calais, contribuent à faire diminuer de manière plus importante la salinité des eaux de surface dans une bande côtière de quelques milles nautiques en Manche orientale (Brylinski *et al.*, 1991). Dans le Golfe, la salinité décroît du large vers la côte, de 35,1 au nord-ouest d'Aurigny et Guernesey à légèrement moins de 35 en baie du Mont-Saint-Michel.

Au même titre que la température, la turbidité, qui résulte de la remise en suspension de particules sédimentaires sous l'effet des courants et des houles, est une variable hydrologique jouant un rôle important dans la distribution des communautés benthiques (Retière, 1979).

L'examen de données satellitaires permet de distinguer immédiatement deux masses d'eau distinctes dans le Golfe (Gohin, 2010) :

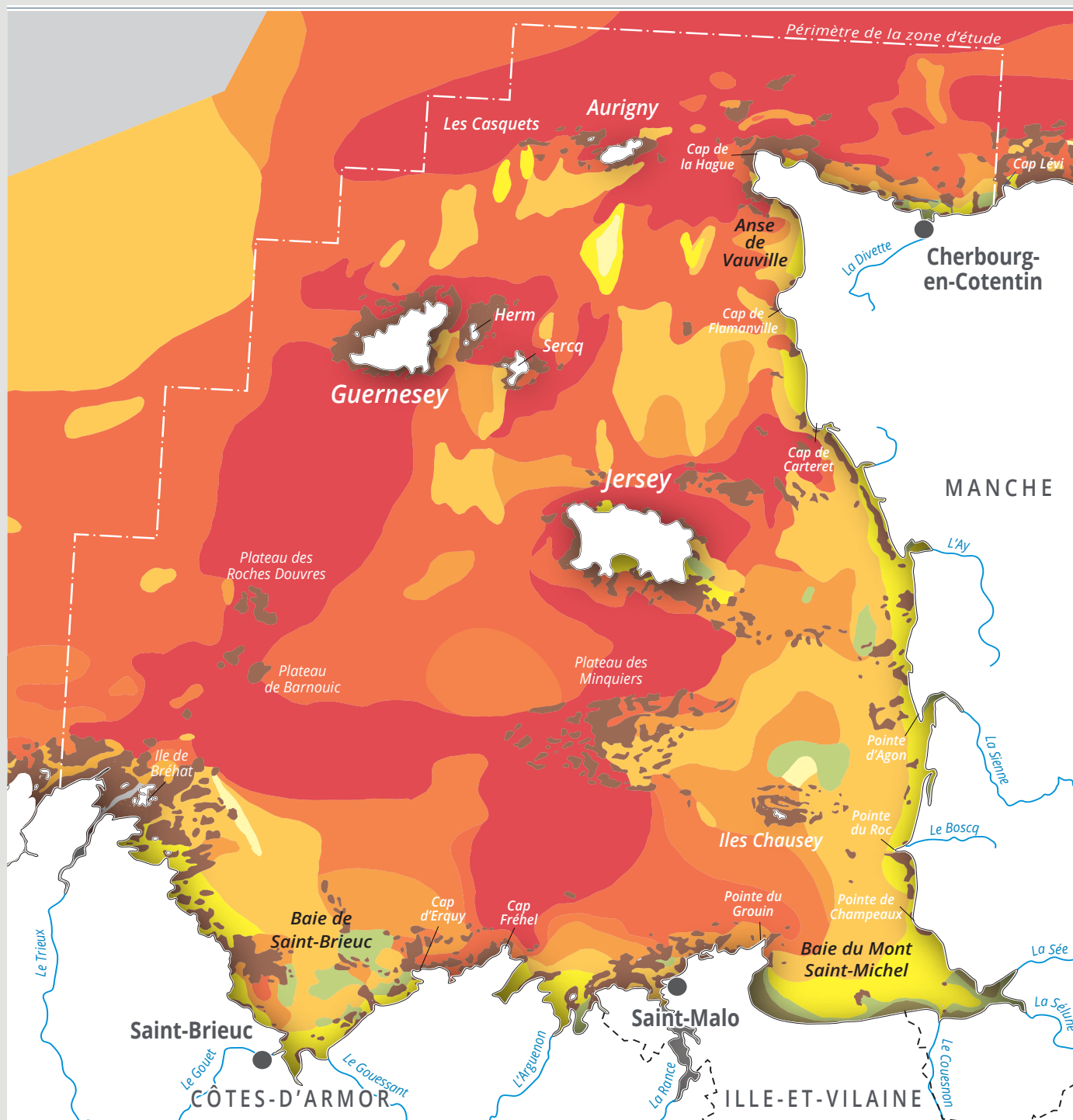
- les eaux très faiblement turbides ($< 10 \text{ g.m}^{-3}$ de matière en suspension en hiver) à l'extérieur d'une ligne qui part du cap de Flamanville, passe par l'extrémité ouest de l'île de Jersey et rejoint les côtes nord-bretonnes entre Saint-Malo et Cancale ;
- les eaux ceinturées par cette frontière qui présentent de forts gradients des niveaux de turbidité avec des valeurs maximales ($> 20 \text{ g.m}^{-3}$ de matière en suspension en hiver) le long du littoral du Cotentin et en baie du Mont-Saint-Michel.

Des valeurs élevées de turbidité se rencontrent également très localement en fond des petites baies du littoral breton (par exemple, Arguenon, la Fresnaye, Yffiniac). En baie du Mont-Saint-Michel, celles-ci peuvent atteindre $1\,000 \text{ g.m}^{-3}$ (Mézière, 1997). Cette forte turbidité des eaux côtières constitue une des originalités majeures des eaux du Golfe à l'échelle de la Manche occidentale.

Les niveaux de turbidité des eaux côtières présentent un signal saisonnier très marqué, avec des valeurs maximales en période hivernale, de décembre à février, et des valeurs minimales en période estivale, de juin à août (Gohin, 2010).

Les données satellitaires mettent également en évidence l'existence d'un fort gradient spatial dans la distribution de la biomasse phytoplanctonique annuelle moyenne mesurée à partir de l'estimation de la concentration en chlorophylle *a* (Ménèsgruen *et al.*, 2007 ; Gohin, 2010). Les valeurs maximales, supérieures à $1,5 \text{ mg.m}^{-3}$, sont observées le long du littoral du Cotentin, du havre d'Agon-Coutainville à la baie du Mont-Saint-Michel, et au fond de la baie de Saint-Brieuc. Les valeurs minimales, inférieures à $0,75 \text{ mg.m}^{-3}$, sont rapportées dans les eaux du large, à l'ouest d'une ligne reliant Aurigny, Jersey et le cap Fréhel. Les périodes de pics d'abondance de la biomasse phytoplanctonique varient également dans l'espace, le *bloom* étant plus précoce dans les zones côtières que dans les eaux du large (Ménèsgruen *et al.*, 2007). Ainsi, alors que la concentration en chlorophylle *a* est maximale en baie du Mont-Saint-Michel entre fin avril et début mai, elle ne l'est qu'en juillet et août à l'ouest de Jersey et de Guernesey.

La production primaire brute, qui traduit le fonctionnement de l'écosystème pélagique, présente également une forte hétérogénéité spatiale ; celle-ci diffère cependant de celle de la distribution de la biomasse chlorophyllienne (Ménèsgruen & Hoch, 1997). Ainsi, les valeurs de production primaire estimées à l'aide d'un modèle biogéochimique sont minimales ($< 25 \text{ gN.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$) dans les zones côtières, en particulier le long de la côte ouest de la presqu'île du Cotentin, et maximales ($< 40 \text{ gN.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$) à l'ouest du Golfe, des Héaux de Bréhat à Guernesey. En dépit d'apports nutritifs plus conséquents à la côte, la forte turbidité des eaux et leur faible profondeur limite la production primaire intégrée par unité de surface. *A contrario*, le niveau élevé de turbidité pourrait favoriser la production primaire microphytobenthique sur les vastes estrans du Golfe (Lefeuvre *et al.*, 2000). En baie du Mont-Saint-Michel, la production primaire microphytobenthique a ainsi été estimée à $23,5 \text{ gC.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ à partir de mesures réalisées en une station au cours d'un cycle annuel (Migné *et al.*, 2009).



Au-delà de la turbidité, le développement de l'espèce non-indigène *Crepidula fornicata* au cours des dernières décennies dans certains secteurs côtiers du Golfe, en particulier les baies de Saint-Brieuc et du Mont-Saint-Michel, a profondément modifié la dynamique de production des eaux du Golfe (Cugier *et al.*, 2010). En baie du Mont-Saint-Michel, il a ainsi été montré que la crépidule consommait environ 10 % de la production primaire et entraînait une baisse significative de la biomasse chlorophyllienne présente par rapport à un scénario où l'espèce serait absente. En contrepartie, la reminéralisation des biodépôts produits par les crépidules contribue à prolonger la période de production primaire dans les zones fortement colonisées.

Couverture sédimentaire

Comme cela a déjà été évoqué, la répartition des sédiments en Manche dépend très largement de l'intensité maximale des courants de marée. Cette dépendance à l'hydrodynamisme engendre, dans le Golfe, une mosaïque sédimentaire avec une forte dominance de sédiments grossiers (figure 6). Ainsi, aux sables grossiers organogènes largement présents au large de la Manche occidentale succèdent dans le Golfe, des fonds de cailloutis au sein desquels le substrat rocheux peut affleurer ça et là. Ces fonds couvrent d'importantes surfaces à la périphérie du Golfe et dans sa partie centrale, mais peuvent également atteindre le littoral, comme c'est le cas au voisinage du cap de La Hague, du cap de Carteret ou du cap Fréhel, dans les zones de forts courants de marée. Sous l'influence d'une décroissance progressive des courants, les fonds de cailloutis cèdent progressivement leur place à des fonds de graviers puis de sables graveleux. Dans la frange littorale et côtière, comme en baie du Mont-Saint-Michel, se rencontre une succession régulière de sédiments fins, des vases aux sables, avant que les sédiments graveleux n'apparaissent vers les isobathes -10 et -20 m. Dans certaines zones, des variations brusques de la vitesse des courants liées à la morphologie du littoral ou à des irrégularités du fond sont à l'origine de séquences incomplètes dans la succession des sédiments, des sédiments graveleux succédant sans transition à des sédiments sablo-vaseux, comme cela est observé en baie de Saint-Brieuc ou au nord de l'archipel des îles Chausey.

Des dunes hydrauliques constituées de sables coquilliers sont largement distribuées dans l'ensemble du Golfe. Si la plupart d'entre elles ont une amplitude inférieure à une douzaine de mètres (banc de l'Écrevière, basses de Taillepie, bancs Fêlés entre les Écréhous et la côte), voire à quelques mètres (bancs de la baie de Saint-Brieuc, bancs de la Catheue et de Tombelaine en baie de Granville), les dunes les plus imposantes courent sur plusieurs kilomètres et ont une hauteur qui atteint 25 m pour le banc de la Schôle et 35 m pour Great Bank entre Guernesey et Herm.

En dépit d'une apparente distribution en mosaïque du sédiment, il apparaît ainsi un gradient général de variation de la texture du sédiment, allant vers des dépôts de plus en plus grossiers selon un gradient côte-large. Les fonds vaseux sont extrêmement rares dans le Golfe et se cantonnent à certains fonds de baies (baies du Mont-Saint-Michel, de Saint-Brieuc, de Lancieux) ou d'estuaires (havres du Cotentin, anses profondes de l'estuaire de la Rance, estuaire du Trieux).

À l'image de la Manche occidentale, les sédiments du golfe Normano-Breton se caractérisent par des teneurs particulièrement élevées en carbonate de calcium (Vaslet *et al.*, 1979). Cette « anomalie carbonatée » présente néanmoins une forte hétérogénéité spatiale. Ainsi, les sédiments bioclastiques avec des teneurs en carbonate de calcium (CaCO_3) supérieures à 50 % se situent généralement à des profondeurs inférieures à 30 m, en baie de Saint-Brieuc, en baie du Mont-Saint-Michel, le long des côtes du Cotentin jusqu'au nord de Jersey, mais aussi au nord-ouest de Jersey et au nord-est de Guernesey. Ils forment des corps sédimentaires de morphologie et de texture variable, aussi bien dans le domaine intertidal (bancs coquilliers de la baie du Mont-Saint-Michel et de l'archipel de Chausey) que dans le domaine subtidal. Les particules de carbonate de calcium proviennent pour l'essentiel de débris de rhodophytes qui composent le maërl (*Lithothamnium coralloides*, *Phymatolithon calcareum*), de coquilles de mollusques (la crépidule *Crepidula fornicata*, l'Amande de mer *Glycymeris glycymeris*, la Palourde rose *Venerupis rhomboides*, la coque *Cerastoderma edulis*), de tests d'échinodermes (*Psammechinus miliaris*, *Ophiothrix fragilis*) et de bryozoaires (*Cellaria* spp.) (Pariente, 2016).

Les sédiments bioclastiques appartiennent généralement aux classes granulométriques des sables et des graviers, et sont en moyenne de taille inférieure aux sédiments lithoclastiques issus de l'érosion des roches endogènes du socle du massif armoricain, qui dominent les fonds du large. La présence importante de sédiments carbonatés dans le Golfe résulte tout à la fois d'une forte production carbonatée locale et de faibles apports terrigènes, mais aussi de caractéristiques hydrodynamiques et d'anomalies topographiques qui favorisent la formation de bancs sédimentaires à des échelles de temps pluriséculaires. Pour comprendre l'importance de la production carbonatée, il faut avoir à l'esprit que la production annuelle de coquilles dans le domaine subtidal du Golfe a été récemment estimée à 800 000 t, soit 300 à 350 000 m³ (Walker, 2001). Cette production résulte principalement de la crépidule, espèce introduite après la seconde guerre mondiale, de l'Amande de mer et de la Palourde rose. Au début du XX^e siècle, l'Huître plate *Ostrea edulis* qui présentait de très fortes biomasses devait jouer un rôle central en lieu et place de la crépidule. L'évolution dans le temps de la composition des communautés benthiques a ainsi pu jouer un rôle non négligeable dans la production carbonatée, d'autant que cette dernière n'est redistribuée que sur de faibles distances par les courants. Ainsi, l'essentiel des particules carbonatées qui composent les corps sédimentaires sont d'origine proximale.



Polymastia boletiformis Le Perron Saint-Briac-sur-Mer (35) 11/10/2006
(photo : Patrick Le Mao, Ifremer)

Les habitats benthiques du Golfe

Même si le biologiste ressent la nécessité d'individualiser chacun des habitats, il faut garder à l'esprit le caractère très graduel de la distribution des espèces et *de facto* des communautés sous l'influence des principaux paramètres abiotiques ainsi que la notion associée de « continuum ». La figure 7, obtenue d'après la compilation de l'ensemble des données existantes, correspond à la carte « consensus » des habitats benthiques de l'ensemble du golfe Normano-Breton (Cabral *et al.*, 2015). Cette carte met en évidence une forte dominance des sédiments grossiers figurés en rouge-orangé sur l'ensemble de la zone d'étude. De manière générale, les sédiments sont grossiers, puis sableux et enfin vaseux à mesure du rapprochement vers la côte. Au total, 17 habitats, dont la nomenclature figure dans l'encadré ci-dessous ont été retenus dans le Golfe.

Le système de classification EUNIS

Le Système d'information européen sur la nature (European Nature Information System [EUNIS]) (Cameron *et al.*, 2011, <http://eunis.eea.europa.eu/>) a été développé pour répondre à la mise en œuvre de la directive Habitats de l'Union européenne.

L'objectif de la classification EUNIS est d'avoir un système commun accepté permettant de définir l'ensemble des habitats et les nommer sur l'ensemble des territoires de l'Union européenne. Ce système comprend six niveaux qui suivent une hiérarchie. La résolution de l'habitat augmente du niveau 1 (le plus large) au niveau 6 (le plus précis), le passage d'un niveau au suivant étant assuré par une série de descripteurs clairement définis. Une structure très intuitive par clés définit les catégories à chaque niveau.

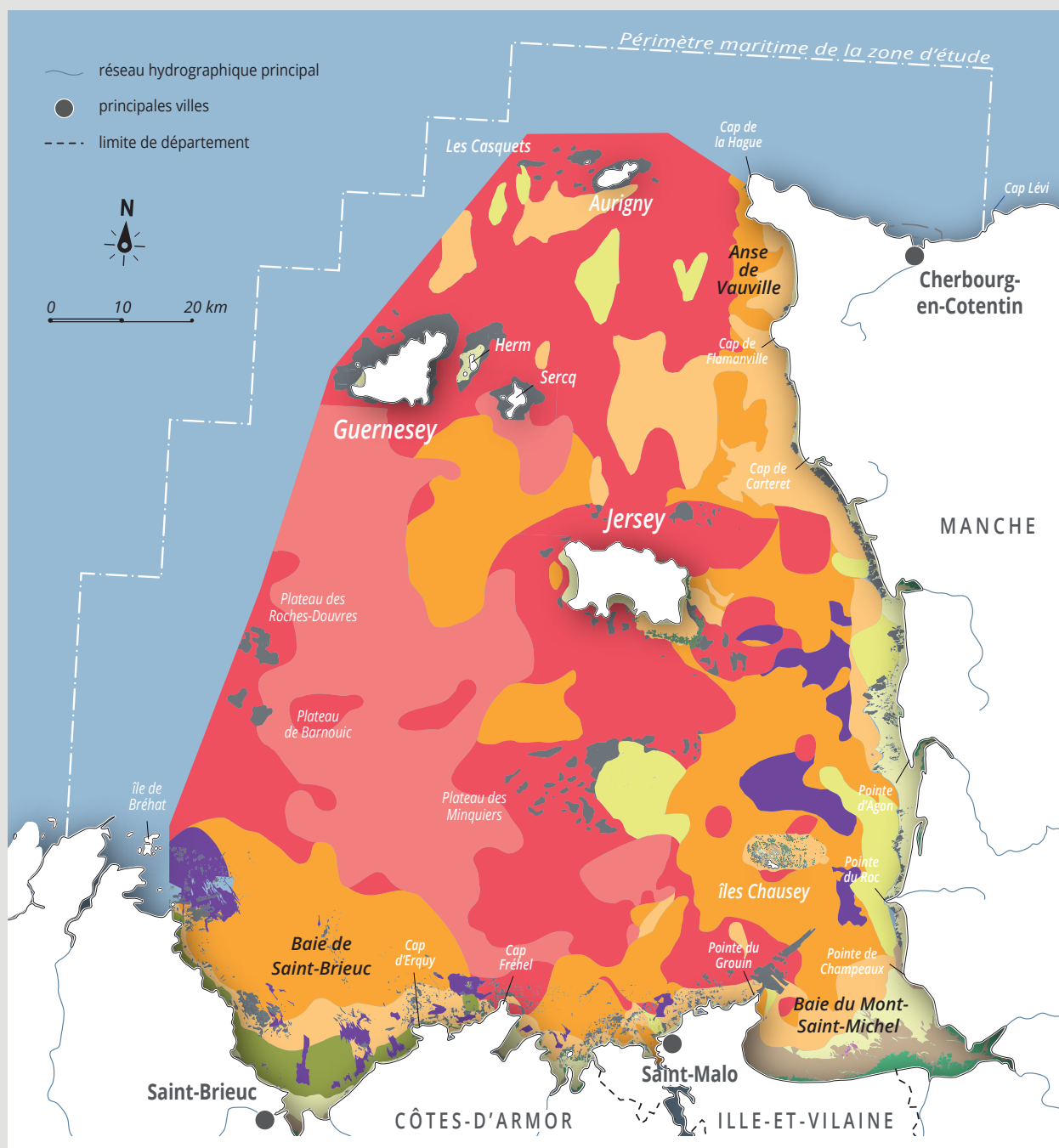
Au niveau 1, les habitats sont répartis entre habitats marins (code A) et autres (terrestres et d'eau douce).

Au niveau 2, EUNIS distingue des types d'habitats marins selon la profondeur, le type de substrat, le caractère permanent ou non de l'immersion, le couvert de glace et les caractéristiques de la colonne d'eau dans la zone pélagique (codes A1 à A8).

Au niveau 3, les habitats sont classés selon des critères abiotiques tels que la nature du substrat (sédiments grossiers, sable, vase sableuse, etc.), l'énergie hydrodynamique (forte, modérée ou faible), la température, la quantité de lumière et la salinité.

Les distinctions entre habitats sur la base de composantes de la biocénose font leur apparition au niveau 4 dans les milieux rocheux (par exemple, A3.11 – Laminaires, accompagnées d'un tapis faunistique et d'algues rouges foliacées). Cependant, des éléments de la biocénose ne sont pas inclus au niveau 4 dans toute la typologie EUNIS (Davies *et al.* 2010 ; Hamdi *et al.*, 2010).

Pour les niveaux inférieurs (5 et 6 : biotopes et sous-biotopes), la typologie reprend les catégories définies dans la typologie issue de la classification des habitats marins pour la Grande-Bretagne et l'Irlande (MNCR BioMar ; Connor *et al.*, 1997; Connor *et al.*, 2004).



Compilation des habitats benthiques selon la typologie EUNIS 2004

A1, A3, A4	Roches et autres substrats durs dans les zones intertidale, infralittorale ou circalittorale	A4.13	Mélange de communautés à épibioses sessiles sur cailloutis dans la zone circalittorale
A2.22	Rivages sableux mobiles stériles ou dominés par des Amphipodes	A4.21	Échinodermes et communautés encroûtantes sur cailloutis dans la zone circalittorale
A2.23	Rivages de sable fin dominés par des Amphipodes ou des Polychètes	A5.13	Sédiment grossier dans la zone circalittorale
A2.24	Rivages de sable vaseux dominés par des Polychètes ou des Bivalves	A5.23	Sable fin dans la zone infralittorale
A2.31	Rivages vaseux dans la partie moyenne des estuaires dominés par des Polychètes ou des Bivalves	A5.24	Sable vaseux dans la zone infralittorale
A2.5	Prés-salés marins	A5.43	Sédiment hétérogène dans la zone infralittorale
A2.61	Herbier à [<i>Zostera noltii</i>]	A5.51	Bancs de maërl
A2.71	Récifs de [<i>Sabellaria</i>] dans la zone intertidale	A5.53	Herbier à [<i>Zostera marina</i>]

Source : VALMER (<http://www.valmer.eu>), Jennifer Schoenn (Station biologique Roscoff), Pedro Cabral (UMR Amure) et Claire Rollet (Ifremer, coordination).

Habitats subtidaux

Fonds durs infra- et circalittoraux

Les fonds durs sont principalement localisés autour du cap de La Hague, au sud de Jersey, au voisinage des Roches-Douvres, autour des archipels des Minquiers et de Chausey et en baie de Saint-Malo. Ils occupent une superficie d'environ 355 km². On y observe une diminution très nette de la richesse spécifique par rapport aux fonds de cailloutis. L'endofaune est quasiment absente et l'épifaune vagile constitue plus de 80% des espèces. Les plus fréquentes sont les crustacés décapodes *Anapagurus hyndmanni* et *Pisidia longicornis* et les mollusques bivalves *Gibbula cineraria* et *Ocenebra erinaceus*. Trois communautés de substrats rocheux circalittoraux co-existent dans le Golfe :

- une communauté largement dominée par les spongiaires, notamment *Axinella dissimilis*, située au nord-est des Roches-Douvres ;
- une communauté des fonds durs à mélobesiées encroûtantes parfois accompagnées de Rhodophycées. Elle se rencontre jusqu'à des profondeurs de -20 à -25 m, notamment au sud de Jersey et autour du plateau des Minquiers. Soumise à un hydrodynamisme intense, ce sont surtout les balanes (*Balanus crenatus*) et les ascidies (*Distomus variolosus*) qui prédominent. On peut également y retrouver des hydraires, des spongiaires, des bryozoaires et quelques annélides polychètes sédentaires, dont *Sabellaria spinulosa* et *Spirobranchus triqueter* ;
- une communauté à *Musculus discors* (mollusque bivalve), constituant au niveau du cap de La Hague de véritables moulières. Elle correspond à une zone où les conditions hydrodynamiques extrêmes appauvrissent considérablement la faune vagile.

En domaine infralittoral, au-dessus d'une profondeur variant de -35 m (secteurs de Jersey, Guernesey ou de La Hague) à -20 m (baies de Saint-Malo et de Saint-Brieuc et côte ouest du Cotentin), de vastes champs de laminaires sont susceptibles de se développer. Sur les côtes bretonnes d'une manière générale, cet habitat est principalement structuré par quatre espèces, dont deux affines d'eaux tempérées froides (*Laminaria digitata* et *L. hyperborea*) et deux rencontrées dans les eaux plus chaudes (*Saccorhiza polyschides* et *Laminaria ochroleuca*). Bien qu'il ne soit pas comparable aux forêts de laminaires existant en mer d'Iroise, cet habitat joue néanmoins un rôle clé dans la zone littorale du Golfe en abritant un cortège d'espèces animales et végétales et en produisant une grande quantité de matière organique (consommée sur place ou exportée). La turbidité de l'eau est certainement le facteur qui limite le plus fortement le développement des laminaires dans certains secteurs du Golfe, comme le bassin de la Rance et plus généralement la baie de Saint-Malo, la baie du Mont-Saint-Michel ou l'embouchure des havres de la côte ouest du Cotentin.

Cailloutis à épibiose sessile de la zone circalittorale

Cet habitat se caractérise par des fonds grossiers dont le sédiment comporte plus de 80 % de cailloutis, 10 à 15 % de graviers, le reste étant composé de sable. La communauté en place se présente sous deux faciès principaux, l'un dénommé

« cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile », correspondant à une déclinaison de l'unité A4.13 de la classification EUNIS et l'autre, intitulé « échinodermes et communautés encroûtantes sur cailloutis circalittoraux », correspondant à une déclinaison de l'unité A4.21. Caractéristiques des zones de forts courants, ces deux faciès occupent la quasi-totalité des fonds supérieurs à une vingtaine de mètres du golfe Normano-Breton. La surface occupée dans le Golfe par ces deux unités est voisine de 4900 km².

Les espèces benthiques les plus abondantes au sein du faciès des cailloutis et galets plus ou moins graveleux à épibiose sessile sont les spongiaires (*Haliclona oculata*, *Tethya aurantium*), les cnidaires (*Abietinaria abietina*, *Alcyonium digitatum*, *Hydrallmania falcata*, *Sertularia argentea* et *Urticina felina*) et des bryozoaires (*Alcyonidium gelatinosum*, *Electra pilosa*, *Flustra foliacea*...). L'épifaune vagile est très abondante et surtout constituée de crustacés décapodes (*Pisidia longicornis*, *Galathea intermedia*, *Pilumnus hirtellus*, *Hyas coarctatus*, *Macropodia rostrata*...) et d'échinodermes (*Ophiothrix fragilis*, *Psammechinus miliaris* et *Asterias rubens*). Sur les cailloutis occidentaux du Golfe, l'ophiure *Ophiothrix fragilis* (espèce suspensivore) devient progressivement de plus en plus abondante jusqu'à devenir en certains secteurs quasi exclusive et former d'épais bancs. Cette transition faunistique assure la transition avec le faciès des cailloutis à échinodermes et communautés encroûtantes.

Banc d'*Ophiothrix fragilis*
photographié à l'ouest de Jersey par -50 m
photo : Ifremer - LERBN



Cette communauté peut présenter localement d'autres faciès, liés à des modifications des facteurs écologiques dont l'hydrodynamisme et les variations hydrologiques côte-large. On remarque ainsi :

- un faciès d'appauvrissement situé au nord-ouest de Jersey et à proximité des côtes. Ce faciès, qui assure la transition avec les sédiments grossiers circalittoraux, permet à l'endofaune (notamment les espèces sabulicoles et gravicoles) de se développer. Quelques espèces semblent préférer ces cailloutis ensablés et sont exclusives de ce faciès : l'annélide *Laonice cirrata*, le mollusque *Gari tellinella* et le crustacé décapode *Ateacyclus rotundatus*. Parmi les espèces électives de ce faciès,

on retrouve les échinodermes *Echinocyamus pusillus* et *Spatangus purpureus*, caractéristique des fonds de gravelles (Davoult & Richard, 1988) ;

- un faciès à *Modiolus modiolus* (30 % des espèces récoltées) situé de part et d'autre du cap de La Hague (du sud d'Aurigny au nord de Cherbourg), à une profondeur supérieure à -50 m. Une endofaune accompagnatrice sous-jacente importante s'y développe.



Modiolus modiolus colonisés par les alcyons

Photo : Ifremer - LERBN

Sédiments grossiers infra- et circalittoraux

Le sédiment caractérisant cet habitat est essentiellement composé de graviers (40 à 50 %) et de sables grossiers propres (10 %), le reste étant constitué de sables moyens et fins dépourvus de pélites. La communauté présente correspond à une déclinaison des unités A5.13 (domaine infralittoral) et A5.14 (domaine circalittoral) de la classification EUNIS. Elle est dénommée « sédiment grossier sablo-graveleux à *Branchiostoma lanceolatum* – *Glycymeris glycymeris* » par Retière (1979) et est représentée par un faciès type (« sédiment grossier sablo-graveleux à *Clausinella fasciata* et *B. lanceolatum* » - A5.135) et des faciès d'appauvrissement climatique. Cette communauté se distribue le long des côtes normandes et bretonnes du Golfe, où elle couvre environ 2300 km². Vers le large, elle succède au faciès d'appauvrissement des cailloutis (cité ci-dessus) et vers la côte, elle assure la transition avec le peuplement des sables moyens propres. Il en existe, de plus, quelques enclaves au sein du peuplement des cailloutis. À la périphérie du Golfe, cette communauté se décline localement en faciès d'appauvrissement climatique (à *Lithothamnium corallioides* ou à *L. corallioides* – *Nucula nucleus* ou à *N. nucleus* – A5.135) du fait d'écarts thermiques annuels importants. Ils diffèrent par la part importante de la fraction phycogène (brins de maërl).

Les espèces les plus représentatives de cette communauté sont le céphalocordé *Branchiostoma lanceolatum*, les mollusques bivalves *Spisula solida*, *S. elliptica* et *Glycymeris glycymeris* ainsi que l'échinoderme *Spatangus purpureus*.

Spatangus purpureus
recouvert de débris coquilliers
Photo : Ifremer - LER Bretagne nord



Sables fins infralittoraux

L'habitat « sables fins infralittoraux » est établi sur un sédiment composé de sables fins à moyens (60 à 90 %) dépourvus de pélites. La communauté en place se réfère à l'unité A5.231 « sables fins infralittoraux à *Abra prismatica* et *Opheliidæ* » de la classification EUNIS. Cette communauté prolonge au-dessous du zéro des cartes les estrans de mode battu qui s'étendent entre Granville et la pointe de Champeaux et occupe également les structures dunaires nombreuses et complexes, de faible amplitude, qui leur font immédiatement suite. Cette communauté, d'extension limitée (370 km²), se subdivise en deux faciès : le faciès type à *Donax variegatus* – *Armandia polyphthalma* » et le faciès de transition à *Nassarius reticulatus* – *A. polyphthalma* et ne compte guère plus d'une trentaine d'espèces de macrofaune (Retière, 1979). Dans le faciès type, les espèces dominantes sont les annélides polychètes *Armandia polyophthalma* et *Nephtys cirrosa* et le mollusque bivalve *Donax variegatus*. Le passage progressif de ce biotope à ceux qui l'entourent et plus spécialement les sédiments grossiers sablo-graveleux entraîne l'intrusion, dans les sables fins, d'espèces telles *Spisula elliptica*. Le faciès de transition diffère du faciès type par l'importance de la fraction sablonneuse. Il est composé d'espèces se référant aux sédiments fins et aux sables fins à moyens propres.

Sédiments hétérogènes infralittoraux

Ces fonds se caractérisent par un sédiment hétérogène contenant une part relativement importante de pélites (jusqu'à 4 %). Ils sont également constitués de 10 à 30 % de cailloutis, de 5 à 10 % de graviers et de 30 à 50 % de sables. Cet habitat, qui se réfère à l'unité A5.43 de la classification EUNIS (« hétérogène envasé infralittoral à *Pista cristata* »), est bien développé en baie du Mont-Saint-Michel, en bordure du littoral normand entre les havres de Regnéville et de Portbail et sous une forme quelque peu différente en baie de Saint-Brieuc. Il peut également se rencontrer en tâches isolées au sein des sédiments grossiers dès lors que des particules fines y

sont localement piégées. Sa surface a été estimée à environ 1000 km². Retière (1979) a décliné la communauté associée à cet habitat en trois faciès distincts présents respectivement en baie du Mont-Saint-Michel, le long de la côte ouest du Cotentin (fonds de maërl envasés) et en baie de Saint-Brieuc. Deux espèces peuvent être retenues pour caractériser globalement l'habitat des sédiments hétérogènes du Golfe : l'annélide polychète *Sthenelais boa* et le mollusque bivalve *Nucula nucleus*. La présence de ces deux espèces reflète la dualité qui s'exprime à l'analyse de la composition faunistique de ces faciès, avec une partie des espèces affines des sédiments fins (les mollusques *Abra alba* ou *Nassarius reticulatus* et les annélides polychètes *S. boa* ou *Ampharete spp.*, par exemple) et l'autre, affine des sédiments grossiers (les mollusques bivalves *Polititapes rhomboides* ou *Timoclea ovata*, par exemple).

Sables vaseux infralittoraux

Les sédiments au sein de cet habitat sont bien classés et présentent un mode granulométrique centré sur les sables fins (50–200 µm). Le taux de pélites n'y dépasse pas 5 %. Ces fonds tapissent sans discontinuité le fond de la baie de Saint-Brieuc sur une superficie d'environ 120 km² et prolongent au-dessous du zéro des cartes les estrans sablo-vaseux. La limite bathymétrique de cet habitat oscille entre les isobathes -10 à -12 m (-15 m dans sa limite la plus basse). Qualifiée de « faciès sableux à *Hyalinoecia bilineata* – *Spisula subtruncata* – *Tellina fabula* de la communauté à *Abra alba* – *Corbula gibba* », l'unité bio-sédimentaire correspondante se rattache au code A5.244 de la classification EUNIS (« sable envasé infralittoral à *Spisula subtruncata* et *Nephtys hombergii* »). Elle compte, selon Retière (1979), plus d'une centaine d'espèces. Toutefois, ces dernières ne sont pas spécifiques à ce faciès, elles sont également rencontrées dans d'autres grandes unités adjacentes ou éloignées (associées aux sables grossiers ou aux sables fins gris). Aux côtés des espèces caractéristiques qualifiant ce faciès, on retrouve également l'annélide polychète *Eone nordmanni*, les mollusques gastéropodes *Mangelia nebula* et bivalves *Nucula turgida* ou encore le crustacé amphipode *Urothoe pulchella*. La diversité spécifique de ce faciès augmente avec le gradient d'hétérogénéité côte-large de la texture sédimentaire.

Bancs de maërl

Les bancs de maërl « purs », connus sous la dénomination EUNIS A5.513 « bancs de maërl à *Lithothamnium corallioides* sur gravier envasé infralittoral » sont un habitat à protéger, *L. corallioides* étant une espèce d'intérêt communautaire. Dans le Golfe, les fonds de maërl sont connus depuis fort longtemps. Lors de l'exploration du golfe Normano-Breton, Retière (1979) a recensé de vastes bancs de maërl qui ne sont aujourd'hui, semble-t-il, plus que relictuels. En bordure de la presqu'île du Cotentin, les gisements s'étendaient à l'intérieur d'un périmètre situé entre Port-Bail, Granville, les Écréhous, la côte ouest de Jersey et l'ouest de l'archipel de Chausey. Au nord de Chausey ainsi qu'entre Chausey et Granville, Retière (1979) signale des proportions d'algues calcaires dans le sédiment de plus de 70 %. Il signale également du maërl pur, notamment entre la baie de Grouville (Jersey) et le platier de Gouville-sur-Mer. Au sein de ces secteurs, il est néanmoins possible de reconnaître, comme le suggérait Cabioch (1968), tous les stades intermédiaires entre les communautés associées aux bancs de maërl et celles des sédiments grossiers

pauvres en débris phycogènes. Les prospections récentes n'ont pas permis de retrouver les bancs décrits par Retière. Seuls des sédiments grossiers contenant du maërl mort ou une faible fraction (5 à 10 %) de brins vivants ont pu être observés.

Dans la partie occidentale du Golfe, on trouve du maërl au large d'Erquy, au sud-est et au nord des roches de Saint-Quay-Portrieux, sur une lentille vaseuse, et aux alentours du plateau des Jaunes. Le maërl est aussi présent dans le secteur de Paimpol-Bréhat où se situait la plus grande zone d'exploitation du maërl des côtes de Bretagne nord jusqu'en 2014 (site de Lost-Pic – 12 milles²). Le maërl était également exploité sur les sites plus modestes de l'îlot Saint-Michel et de la Cormorandière.

Herbiers à *Zostera marina*

Cet habitat (A5.53 de la classification EUNIS) est fréquent dans le domaine infralittoral du Golfe. Il se distribue de façon discontinue entre Paimpol et Cancale et très éparse le long de la côte du Cotentin. La surface totale occupée par cet habitat dans le Golfe (environ 13 km²) est donc, à quelques exceptions près, la somme de petites entités de quelques hectares à quelques dizaines d'hectares. Les exceptions concernent certains herbiers qui forment localement de vastes ensembles comme dans la région de Paimpol (au niveau de l'Arcouest et de l'île de Bréhat), ou dans l'archipel de Chausey. Ce dernier secteur abrite le second herbier de France en surface (après celui du golfe du Morbihan), avec 436 ha occupés en 2014. Les herbiers les plus septentrionaux du Golfe (et de la Manche) sont signalés au niveau du cap de La Hague (dans l'anse Saint-Martin) et au port du Hable (Touffait *et al.*, 2001). Il semble qu'au nord de cette limite, cet habitat ne soit plus présent sur les côtes françaises.

Vue aérienne de l'herbier à *Zostera marina*
du banc des Corbières (Chausey)
Photo : Ifremer - LERBN



Une régression spectaculaire des herbiers a eu lieu le long des côtes du Cotentin depuis les années 1980. Alors que Guillaumont *et al.* (1984) signalaient une couverture très importante des herbiers en 1982 entre Granville et Gouville, il ne subsiste actuellement guère que deux herbiers majeurs dans ce secteur, l'un situé à Saint-Martin de Bréhal (71 ha en 2016) et l'autre à Gouville (414 ha en 2016). Le déclin de ces 30 dernières années a notamment été signalé par plusieurs usagers professionnels de la zone ostréicole de Gouville-sur-Mer (Ravache, 2016). L'analyse de photographies aériennes a toutefois permis de mettre en évidence une extension récente importante (33 %) de la superficie des herbiers dans le secteur de Gouville, qui n'occupaient en 2014 que 278 ha.

² L'engagement n° 94 du grenelle de l'environnement préconisait l'arrêt de l'exploitation du maërl au titre de la protection d'un habitat remarquable.

Un ensemble de facteurs peut être à l'origine de cette évolution, tels que :

- le « *wasting disease* » qui a décimé la majorité des herbiers de la zone Atlantique Nord dans les années 1930 ;
- la forte pression anthropique existant dans ce secteur (activités ostréicoles et de pêche à pied) ;
- des événements météorologiques exceptionnels, comme l'ouragan de 1987.

Si, très localement, l'extension de concessions ostréicoles dans des secteurs d'herbiers peut être repoussée ou renégociée (comme à Paimpol), les impacts de la pêche à pied ou des zones de mouillage organisées restent forts. Même si une prise en compte de la présence des herbiers commence à se faire ponctuellement, peu d'aménagements de mouillages ont été modifiés sur la base de la présence d'herbiers (Bajjouk *et al.*, 2015).



Traces générées par les passages de tractopelles installant les mouillages en baie du Prieuré à Dinard)

Photo Ifremer - LERBN

Habitats intertidaux

Roches et substrats durs

Dans le golfe Normano-Breton, les roches intertidales sont soumises au phénomène exacerbé des marées, qui découvre une étendue variable dépendant de la pente. Les lichens et les algues, notamment brunes, se répartissent en ceintures horizontales, depuis le milieu terrestre jusqu'au milieu marin, toujours immergé. Suivant les caractéristiques du substrat, les littoraux présentent des aspects très différents et offrent des écosystèmes variés occupant de vastes surfaces. L'habitat rocheux intertidal se réfère à l'unité EUNIS A1 « roche et autres substrats durs dans la zone intertidale ». Il prend des déclinaisons quelquefois originales, telles que celle des champs de blocs présents dans le secteur de Saint-Briac ou le long de la côte ouest du Cotentin (également dans le secteur du Trieux-Bréhat).

L'étage supra-littoral (très exceptionnellement immergé et plus généralement brumisé par les embruns) est colonisé par des placages de lichens où se mélangent des encroûtements de *Caloplaca marina* et *C. maritima* au sein d'une ceinture noirâtre d'*Hydropunctaria maura* (évoquant des traces d'hydrocarbures). Ces ceintures peuvent être très larges, jusqu'à 20 m sur les falaises des caps de La Hague ou Fréhel, par exemple (Manneville, 2018). Les lichens disparaissent progressivement dès lors que l'on se rapproche de l'étage médio-littoral (immergé et émergé à chaque marée). Il ne subsiste guère que *Lichina pygmaea* en haut des secteurs médio-littoraux très exposés aux vagues.

Au sein de l'étage médio-littoral se succèdent, en fonction de la durée d'émersion :

- la ceinture à *Pelvetia canaliculata* à laquelle se mêlent quelques touffes de *L. pygmaea*. En mode très battu, ces algues disparaissent pour laisser place aux cirripèdes (*Semibalanus balanoides*, *Balanus crenatus* et *Chtamalus stellatus*) ;
- la ceinture à *Fucus spiralis*, souvent discontinue et disparaissant en faciès battu. Avec l'apparition des fucales, la faune se diversifie (apparition des *Littorinidæ* et des *Trochidæ*) ;
- la ceinture à *Fucus vesiculosus* s'étendant de part et d'autre du niveau de mi-marée. En mode battu, le couvert végétal se raréfie et la forme « *evesiculosus* » se fait plus présente. Dès lors que l'agitation devient trop forte, les algues disparaissent au profit des moulières. Celles-ci attirent de nombreux prédateurs, dont *Nucella lapillus* (pourpre). En mode abrité et semi-battu, la faune se diversifie et s'enrichit notamment en mollusques gastéropodes (*Gibbula*, *Littorina*...) et en crustacés décapodes (*Carcinus maenas*, *Pilumnus hirtellus*, *Porcellana platycheles*,...) et amphipodes ;
- la ceinture à *Fucus serratus*, qui occupe la partie basse de l'étage médio-littoral. Cette ceinture s'enrichit de nombreuses espèces d'algues rouges et d'une faune bigarrée et variée, mais qui s'accommode de moins en moins à des émergences prolongées.

Ces ceintures sont particulièrement développées sur les faces abritées des archipels de Bréhat, Chausey ou des Minquiers. Les fucales ont connu une régression importante entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, vraisemblablement en réponse à un phénomène global. Si elles ont connu un regain au cours de la période 2004–2007, les couvertures de fucales restent en deçà de celles calculées à partir des premières images issues du Système probatoire d'observation de la Terre (SPOT) disponibles (Bajjouk *et al.*, 2015).

L'étage médio-littoral laisse progressivement place à l'étage infra-littoral, très exceptionnellement émergé. Il se caractérise par le développement des grandes algues brunes que sont les laminaires (dont *Laminaria digita*). Sur le plan faunistique, cette zone est très riche. L'enchevêtrement des crampons offre des habitats privilégiés à la faune lucifuge (mollusques gastéropodes, annélides polychètes, spongiaires, ascidies, bryozoaires...). *Laminaria digitata* est particulièrement sensible à l'augmentation globale de la température, susceptible d'accentuer sa raréfaction.

Sustrats meubles

Sables des hauts de plage

Cet habitat, qualifié de « rivages sableux mobiles stériles ou dominés par des amphipodes » dans la typologie EUNIS (ou A2.22), correspond à l'étage supralittoral des estrans sableux ou, en d'autres termes, aux plages tant recherchées dès que les beaux jours s'annoncent. Cette frange, dont l'espèce caractéristique en période estivale est l'homme, est présente à la périphérie du Golfe. Son intérêt biologique est assez limité, car azoïque. Seule la zone de la laisse de mer de haut niveau conserve une communauté à base d'insectes, d'annélides oligochètes *Enchytraeidæ* et d'amphipodes *Talitridæ*, dont le représentant en milieu sableux est la puce de mer *Talitrus saltator*.

Sables vaseux intertidaux

L'étage médiolittoral et la partie supérieure de l'étage infralittoral constituent la slikke (du néerlandais *slijk* signifiant « boue »). Immergée et émergée deux fois par jour, la slikke, séparée du schorre par une micro falaise de quelques centimètres, se présente sous la forme d'une étendue grise de faible pente. Cet habitat, qui recouvre une superficie d'environ 140 km² dans le Golfe est principalement présent en baie du Mont-Saint-Michel. On le rencontre également localement dans le fond des estuaires et des petites baies, telle celle d'Yffiniac. La végétation y est éparse, constituée de salicornes et de spartines (dont *Spartina townsendi* [forme stérile] et *S. anglica* [forme fertile] résultant de l'hybridation de *S. maritima* et *S. alterniflora*). Salicornes et spartines ne s'implantant que si la durée d'émersion biquotidienne excède six heures, on distingue une haute slikke (« rivages de sable vaseux dominés par des polychètes ou des bivalves ou A2.24 selon la désignation EUNIS ») et une basse slikke (« rivages de sables fins dominés par des amphipodes ou des polychètes » ou A2.23) dépourvue de végétation phanérogamique. Cette entité se réfère à la communauté boréo-atlantique à *Macoma balthica*, décrite par Petersen (1913).

Bien que sur les estrans du nord-ouest de l'Europe, la composition de cette communauté varie géographiquement, mais aussi localement, les espèces caractéristiques se distribuent selon un schéma précis. Ainsi, *Corophium volutator* et *Hediste diversicolor* se rencontrent préférentiellement sur la haute slikke. Ces deux espèces, qui exploitent du point de vue trophique le même environnement (interface eau/sédiment), n'y occupent pas les mêmes strates sédimentaires, *H. diversicolor* s'enfouissant plus profondément que *C. volutator*. Les déplacements à la surface du sédiment sont, chez cette dernière espèce, à l'origine de fluctuations d'abondance de type catastrophique : les tempêtes et les forts courants entraînent des effectifs importants d'individus au-delà de leur zone de distribution optimale et provoquent de brusques réductions d'effectifs. Le bivalve *Macoma balthica* se distribue préférentiellement entre le schorre et le niveau de mi-marée. Son abondance serait, selon Beanland (*in* Auffret, 1982), fonction de la qualité et de la quantité de nourriture ainsi que du temps disponible pour la prise alimentaire qui dépend du niveau bathymétrique. Le recrutement de cette espèce se fait préférentiellement dans les niveaux hauts : les jeunes s'installent dans la zone médiolittorale supérieure et migrent au printemps suivant vers les niveaux moyens où se trouvent les adultes.

D'autres espèces, telles *Peringia ulvæ* (mollusque prosobranch) ou *Scrobicularia plana* (mollusque bivalve) complètent ce cortège faunistique. Malgré une richesse spécifique souvent faible, la biomasse au sein de cette communauté est souvent très élevée du fait de la présence des bivalves.

La slikke, dans sa globalité, est une zone capitale pour l'équilibre estuarien, au sein duquel elle remplit une fonction d'épuration envers les apports continentaux du fait de l'intense activité microbienne qui y règne. Elle assure également une fonction de nourricerie pour un grand nombre d'espèces de poissons et de crustacés venant se reproduire dans les estuaires et qui, après un séjour d'environ une année, migrent vers la mer pour y achever leur croissance. De façon complémentaire, elle constitue, de par la biomasse importante d'invertébrés benthiques qu'elle abrite, une zone d'alimentation pour de nombreuses espèces de poissons et crustacés venant s'y nourrir à marée haute à marée haute et d'oiseaux limicoles à marée basse.

Sables fins intertidaux

Essentiellement présent dans les baies (notamment celle du Mont-Saint-Michel) et les estuaires du Golfe, l'habitat EUNIS A2.23 « rivages de sables fins dominés par des amphipodes ou des polychètes » occupent une superficie d'environ 310 km² dans le Golfe. Dans l'essentiel des sites où il se rencontre, cet habitat prolonge celui présent sur la haute slikke. Un nouveau cortège d'espèces prend le relais avec comme espèces caractéristiques (selon les caractéristiques granulométriques) notamment les annélides polychètes *Arenicola marina* et *Nephtys hombergii*, les mollusques *Cerastoderma edule* et *Donax vittatus*, qui se distribuent préférentiellement entre la zone de mi-marée et le bas de l'estran. À l'instar de *Macoma balthica*, la structure de la population d'*Arenicola marina* est réglée par une migration ontogénique : la partie supérieure de l'estran est une « nurserie » de jeunes vers. Le reste de la population, essentiellement constitué d'adultes, est régulièrement réparti jusqu'aux niveaux infralittoraux exondables. La présence de l'annélide polychète *Lanice conchilega* n'est pas rare au sein des sables fins gris de bas de plage. Leurs tubes arénacés sont visibles un peu partout sur le littoral du Golfe. Localement, comme en baie du Mont-Saint-Michel et dans l'archipel de Chausey, cette espèce forme des banquettes qui atteignent des surfaces assez considérables. À Chausey, dans la plaine du Rétin, les banquettes situées sur les sables grossiers ont atteint 100 ha en 2008 (Toupoint *et al.*, 2008). Mais c'est en baie du Mont-Saint-Michel, au nord-est du récif de Sainte-Anne, que les banquettes sont les plus vastes, avec une surface de près de 250 ha en 2005. Les banquettes denses servent de site d'alimentation pour de nombreux consommateurs secondaires, dont les oiseaux limicoles et certains ardéidés et laridés.

Les bas niveaux s'enrichissent progressivement en espèces d'affinité sublittorale assurant une transition progressive avec le peuplement subtidal. La présence de chenaux ou de résurgences, de bancs coquilliers, de banquettes de l'annélide polychète tubicole *Pygospio elegans* ou encore d'installations conchylicoles, sont toutefois susceptibles de modifier la texture du sédiment et de perturber localement la répartition de certaines espèces.

La macrofaune vagile rencontrée tant dans les cuvettes permanentes que sur le sédiment de l'estran est relativement limitée : on ne peut guère citer que la présence



Banquette à *Lanice conchilega* en baie du Mont-Saint-Michel.

Photo : Ifremer - LERBN

des crustacés décapodes *Carcinus maenas* ou *Crangon crangon* ainsi que des poissons gobiidés *Pomatoschistus* sp. À marée haute, outre les crustacés précités, les bernard l'hermite *Eupagurus bernhardus* et *Diogenes pugilator* ainsi qu'une faune de poissons comprenant notamment *Pleuronectes platessa* et *Pomatoschistus* spp. effectuent des incursions dans la zone intertidale.

Zone moyenne des estuaires

Par comparaison avec celle des fonds envasés infralittoraux, la faune des fonds d'estuaires est fortement appauvrie du fait de la dessalure. Les espèces estuariennes doivent en effet supporter quotidiennement des variations de salinité importantes et rapides. Peu d'espèces résistent à ces conditions difficiles, soit parce qu'elles s'y déminéralisent (espèces marines), soit parce qu'elles s'y déshydratent (espèces dulcicoles). Cet habitat, qu'EUNIS qualifie de « rivages vaseux dans la partie moyenne des estuaires dominés par des polychètes ou des bivalves » (A2.31), se rencontre dans les estuaires, dont celui du Trieux et de la Rance, ainsi que dans les havres de la côte ouest du Cotentin. Il est toutefois généralement riche en nourriture, car la production végétale locale est enrichie par des apports organiques fluviaux que la floculation des argiles piège dans les sédiments au fur et à mesure de leur dépôt (Bournérias *et al.*, 1983). La biomasse, composée d'espèces de surface broutant les films de bactéries ou de diatomées (*Hydrobiidae*) ou d'espèces fouisseuses (tels que l'annélide polychète *Hediste diversicolor* ou le mollusque bivalve *Scrobicularia plana*), est souvent très importante. Elle permet d'alimenter de fortes abondances d'oiseaux limicoles au moment des migrations.

Prés-salés marins

Le schorre (du néerlandais *schor*), ou pré-salé, constitue la frange maritime des marais littoraux. L'influence marine se traduit par la sélection d'une végétation halophile, c'est-à-dire « capable de se développer en présence d'une quantité anormalement élevée de sels solubles » (Binet, 1961). Le gradient topographique est responsable de la zonation cotidale ; aux niveaux supérieurs, les groupements végétaux sont plus diversifiés puisqu'à l'imprégnation marine atténuée se surimposent d'autres facteurs écologiques, notamment l'imprégnation d'eau douce.

Majoritairement représenté en baie du Mont-Saint-Michel, en baie de Saint-Brieuc et dans les havres de la côte ouest du Cotentin, cet habitat (A2.5 selon la typologie EUNIS) occupe dans le Golfe une superficie d'une centaine de km². Si en baie de Saint-Brieuc, les prés-salés évoluent en l'absence de toute pression anthropique et sont considérés en bon état de conservation, tel n'est pas le cas de ceux situés en baie du Mont-Saint-Michel ou de la côte ouest du Cotentin, fortement soumis au pâturage.

Le pâturage modifie la végétation originelle du pré-salé et sa zonation ; il permet le maintien d'une prairie ouverte à grande valeur pastorale et la sélection d'espèces en intervenant selon deux processus : le broutage et le piétinement. Ainsi, *Atriplex portulacoides*, espèce supportant mal le piétinement, est remplacée dans les niveaux moyens pâturés par *Puccinellia maritima*, qui forme alors une prairie rase broutée qualifiée de « paysage secondaire », puis, parfois, par le chiendent *Elytrigia atherica*.

Hormis l'avifaune et quelques micromammifères, les peuplements d'arthropodes vagiles (amphipodes *Talitridæ* du genre *Orchestia*, coléoptères carabiques [dont la sensibilité aux variations abiotiques de leur environnement en fait des indicateurs biologiques intéressants] et arachnides aranéides) constituent la quasi-totalité de la faune inventoriée du schorre. D'autres groupes, moins représentés, semblent inféodés à certains secteurs du schorre. Ainsi, la partie haute du schorre peut abriter les gastéropodes prosobranche *Assimineia grayana* et pulmoné *Alexia myosotis*, alors que la partie basse est plutôt le refuge des coléoptères *Heteroceridæ* ou *Staphylinidæ* (*Bledius spectabilis*). L'espèce la plus caractéristique du schorre est le *Talitridæ Orchestia gammarella*, dont la présence est à relier à la nature du peuplement végétal, les effectifs les plus importants étant observés dans les ceintures d'obione (Fouillet, 1986). L'abondance des individus du genre *Orchestia* s'explique par l'utilisation des déchets végétaux par ces espèces détritiphages. En zone rase, où ces espèces sont absentes, les productions de litières graminéennes sont dégradées par des coléoptères détritiphages, associés à des phytophages (*Ciccadellidæ*) et des coprophages recyclant les fèces des ovins.

Herbier de *Zostera noltei* de Saint-Jacut (campagne de surveillance de la Directive-cadre européenne sur l'eau 2016).
Photo : Ifremer - LERBN



À l'image des coléoptères carabiques halophiles qui se réfugient, pendant l'inondation du schorre, dans des micro-terriers et des fissures du substrat conservant une atmosphère confinée, les possibilités de survie des insectes dépendent de la disponibilité d'abris dans le substrat, de leur capacité physiologique à supporter le confinement et de la durée d'immersion.

Herbiers à Zostera noltei

Alors que *Zostera marina* est présente en zone infralittorale, *Z. noltei* se développe au milieu de la zone médiolittorale, à des taux d'émersion moyens de 40 à 70 % (Bajjouk *et al.*, 2015). Si elle forme de vastes « prairies » dans certains secteurs, dont le bassin d'Arcachon, cette espèce (à l'origine de l'habitat A2.61, tel que défini par la typologie EUNIS) est très peu présente dans le Golfe, où elle occupe une surface vraisemblablement à peine supérieure à un ou deux km². Elle ne se rencontre guère que dans l'estuaire de la Rance et en baies de Saint-Jacut et de Paimpol. Bien que considérée comme moins sensible que *Z. marina*, *Z. noltei* supporte toutefois mal les changements rapides et prolongés des conditions hydrologiques et sédimentaires. Sa densité présente aussi une grande variabilité en fonction du broutage par les oiseaux hivernants, en particulier les Bernaches cravants *Branta bernicla*.

Récifs de Sabellaria alveolata

Bien que l'espèce d'annélide *Sabellaria alveolata*, ou « hermelle », soit présente des côtes anglaises aux côtes marocaines, ce sont sur les côtes anglaises et françaises que se rencontrent les plus fortes concentrations (Dubois, 2003 ; Fournier, 2013). Cette espèce, parfois discrète sur les platiers rocheux où quelques tubes peuvent passer inaperçus, est susceptible également de former des placages imposants, voire constituer des structures biogéniques apparentées à des récifs (habitat A2.71 selon la typologie EUNIS). Les plus grandes bio-constructions se trouvent en baies du Mont-Saint-Michel et de Bourgneuf (façade atlantique). Si les naturalistes appelaient ces annélides « hermelles », c'est en raison de leur appartenance à la famille des



Structures tabulaires
naissantes sur le
récif d'hermelles de
Champeaux

Photo : Ifremer - LERBN

Hermellidæ, aujourd'hui redécrite et scindée en plusieurs familles, dont celle des *Sabellaridæ* (Bajjouk *et al.*, 2015). Le nom « hermelles » reste toutefois toujours utilisé pour qualifier ces structures. D'autres qualifications vernaculaires, telles « crassiers », en baie du Mont-Saint-Michel, sont également utilisées. La baie du Mont-Saint-Michel abrite trois vastes récifs : celui de Sainte-Anne, situé en son centre et s'étendant sur une centaine d'hectares, celui de Champeaux, situé dans sa partie est et couvrant plusieurs dizaines d'hectares, et celui de la Frégate, plus petit et situé plus au large (disparu en 1950 et réapparu en 2007) (Bajjouk *et al.*, 2015). Si, historiquement, *S. alveolata* était décrite comme une espèce nuisible qu'il fallait éradiquer, sa perception a radicalement changé puisqu'elle est considérée aujourd'hui comme faisant partie du patrimoine écologique. Bien que la surface de cet habitat soit modeste dans le Golfe (environ 1,4 km²), il joue néanmoins des rôles écologiques très variés qui lui confèrent un intérêt autre que paysager. Ces récifs se développent sur un substrat meuble et abritent une richesse spécifique différente de celle du milieu environnant et en moyenne cinq fois supérieure, du fait des nombreuses anfractuosités et microhabitats (Bajjouk *et al.*, 2015). Chaque étape de la dynamique récifale (structure en boule, barrière et platier) héberge une faune qui lui est propre, dont la composition est de surcroît influencée par l'état de la structure. Par ailleurs, la présence de *S. alveolata* a des conséquences fonctionnelles importantes en termes de structure du réseau trophique et d'interactions alimentaires. Cet ingénieur de l'écosystème augmente en effet le *pool* local de ressources alimentaires en favorisant le développement des macroalgues, des microalgues et du tapis bactérien (Jones, 2017).

Dans le Golfe, les récifs d'hermelles sont fortement soumis aux pressions humaines, d'une manière directe *via* les dégradations physiques dues à la pêche à pied (piétinement et arrachage des épibiontes tels que les Huîtres creuses), mais aussi d'une manière indirecte *via* les activités conchylicoles intenses conduites en baie du Mont-Saint-Michel (cultures d'huîtres et de moules dont les larves se fixent sur la structure récifale allant jusqu'à l'étouffer). Peu de mesures existent à l'échelle nationale et européenne pour la gestion et la protection de ces récifs. Toutefois, à des niveaux régional ou local, certains arrêtés ont été pris, réglementant la fréquentation, le stationnement des tracteurs ou la quantité de coquillages ramassés. Néanmoins, le récif de Sainte-Anne, actuellement en mauvais état, reste particulièrement menacé (Rollet *et al.*, 2015).



Débarquement de Coquilles Saint-Jacques au port de Saint-Malo et bouchots à moules de la baie de l'Arguenon (photos : Patrick Le Mao, Ifremer)

Les activités humaines et la protection de l'environnement marin

Les activités humaines

Les côtes normandes et bretonnes de notre zone d'étude sont peuplées de façon hétérogène avec des zones plus denses autour des principaux centres urbains d'Ille-et-Vilaine et des Côtes-d'Armor (Saint-Malo et Saint-Brieuc), mais elles restent généralement moins densément occupées que dans beaucoup d'autres endroits en France, par exemple les côtes méditerranéennes. L'économie maritime locale est principalement liée au tourisme et aux loisirs, à la conchyliculture et la pêche commerciale, marginalement à l'extraction de granulats marins ou, plus récemment, à la production d'énergie nucléaire, marémotrice ou, à l'avenir, d'énergies marines renouvelables *offshore*.

Tourisme et loisirs

Le tourisme représente l'activité économique majeure du littoral du golfe Normano-Breton. Il n'existe pas de données précises et synthétiques à l'échelle de notre territoire d'étude, mais les statistiques économiques départementales ont été produites par Stervinou (2011) à l'échelle de l'ensemble du littoral des trois départements français concernés.

Les activités liées au tourisme littoral y sont multiples, qu'il s'agisse de tourisme de loisir, sportif ou culturel. Nous ne traiterons pas ici du tourisme lié au Mont-Saint-Michel, que nous ne considérons pas comme une activité directement liée à la mer. Le poids économique des activités récréatives pratiquées par les ménages (pêche récréative en bord de mer, randonnée pédestre, plaisance/pêche embarquée, kayak et plongée/pêche sous-marine) a été évalué à environ 250 M€ en 2013 (Morisseau *et al.*, 2015). Les décrire en détail ici irait au-delà des objectifs de cet ouvrage, aussi nous contenterons-

nous d’aborder les trois aspects les plus en lien avec l’objet de notre travail, c’est-à-dire la faune benthique invertébrée du Golfe : le nautisme, la pêche à pied/en plongée de loisir et le tourisme culturel en lien avec les ressources marines de notre littoral (tableau 1).

Tableau 1. Chiffres du tourisme (Sources : CDT 50, 22, 35. Conception : Stervinou, 2011)

	Côtes-d’Armor	Ille-et-Vilaine	Manche	Totaux
Rang national de fréquentation	10	21	Non renseigné	
Nb de nuitées/an (en millions)	23	13	12	48
Part du tourisme dans le PIB départemental (%)	10	3,6	Non renseigné	-
Nb d’emplois directs/indirects	15 000	13 500	6 630	35 130
Consommation touristique/an (en M€)	820	941	475	2 236
Nb lits touristiques	420 000	221 000	278 000	919 000
Part de la clientèle externe (%)	52	89	Non renseigné	-

Le nautisme

Le golfe Normano-Breton est un bassin de plaisance particulièrement fréquenté. Ceci est parfaitement illustré par les capacités d’accueil des ports et sites de mouillage du Golfe : près de 23 000 places, soit 10 % du potentiel national auquel s’ajoute celui des îles Anglo-Normandes (tableau 2). Par ailleurs, en Bretagne, l’essentiel des infrastructures est saturé et le nombre de places disponibles est très limité en Normandie et dans les îles Anglo-Normandes.

Le nombre de bateaux tractés fréquentant nos eaux est également très élevé. Ainsi, en 2015, plus de 36 000 embarcations de plaisance (dont 26 000 navires à

Tableau 2. Nombre de places de plaisance dans le Golfe (d’après Stervinou, 2011).
IAN = îles Anglo-Normandes, NR = non renseigné

	Nombre d’installations de plaisance	Capacité d’accueil (nombre de places)		
		Ports à flot et d’échouage	Sites de mouillage	Total
Manche	15	4 118	291	4 439
Ille-et-Vilaine	12	3 117	2 720	5 837
Côtes-d’Armor	27	6 756	23 658	9 121
Guernesey	2	2 550	NR	2 250
Jersey	2	1 650	NR	1 650
Total	58	18 191	5 376	23 297
Total (France + IAN)	470	167 695	60 000	227 695
% dans le Golfe/ total France + IAN	12	11	9	10

moteur et 21 000 bateaux de moins de 5 mètres) sont immatriculés en Ille-et-Vilaine, alors que seules 6 000 places de mouillage y sont disponibles.

L'essentiel des bateaux présents dans le Golfe sont des embarcations motorisées qui, outre la promenade, sont beaucoup utilisées pour la pratique de la pêche de loisir, dont la pêche en plongée et la pêche au casier, cette dernière étant orientée vers la capture des crustacés, mais aussi des seiches.

La pêche à pied de loisir

Grâce aux immenses estrans découvrants à marée basse, la pêche à pied a été une activité vivrière de première importance dans le Golfe, où la variété des outils de pêche reflète celle des ressources disponibles (Legendre, 1984; Mauxion, 2016). Bien qu'existant toujours à notre époque, la pêche à pied professionnelle côtoie aujourd'hui une très importante pêche à pied de loisir qui est devenue une activité à haute valeur patrimoniale, touristique et économique. Initialement, les coques, les Huîtres plates et la Crevette grise étaient les principales ressources exploitées, mais les espèces actuellement convoitées par les pêcheurs à pied sur ce territoire sont nombreuses :

- palourdes, coques, praires et autres coquillages fouisseurs sur les estrans sableux et vaseux. Ils sont pêchés en utilisant un engin grattant ou ramassés en repérant la marque laissée par les siphons du bivalve sur le sable ;
- moules et Huîtres creuses sur les estrans rocheux ;
- Crevettes roses au haveneau ou à l'épuisette dans les flaques rocheuses et Crevettes grises pêchées sur les estrans sableux au dragnet ou à la bichette ;
- ormeaux, étrilles, homards, tourteaux et araignées dans les champs de blocs ou dans les failles de la roche ;
- lançons pêchés au rateau...

Les côtes du Golfe sont particulièrement fréquentées par les pêcheurs à pied résidents ou touristes. Un décompte aérien effectué sur l'ensemble du littoral des Côtes-d'Armor en marée de vives eaux en septembre 1997 a permis de dénombrier plus de 14 000 pêcheurs en une seule marée, avec plus de 2 000 personnes dans l'archipel des Hébihens à Saint-Jacut ! Cette fréquentation est tout aussi spectaculaire sur la côte ouest du Cotentin, où plus de 4 000 pêcheurs ont été dénombrés en une seule grande marée à Saint-Martin-de-Bréhal et à Agon-Coutainville.

On peut imaginer l'impact de cette pression de pêche sur les espèces ciblées mais aussi, et surtout, sur les écosystèmes où s'exercent ces pressions. Le retournement incessant des blocs rocheux dans certaines zones côtières met à mal la biodiversité fixée sous ces roches (Bernard, 2012), mais il est aussi fréquent de voir des herbiers de zostères arrachés ou labourés par les pêcheurs, tandis que le ratissage intense des estrans sableux et vaseux peut perturber l'ensemble de la faune fouisseuse. Une récente prise de conscience des pêcheurs, soutenue et entretenue par les importantes actions de communication de l'association Vivarmor en Côtes-d'Armor ainsi que de

l'Agence française pour la biodiversité sur le littoral normand et d'Ille-et-Vilaine, devrait permettre une amélioration de la situation. Ainsi, une réserve de pêche de bivalves a été créée pour la période de février 2018 à décembre 2021 à Agon-Coutainville et de nombreuses mesures réglementaires ont été prises dans chaque département afin de limiter les captures et réglementer le type d'outil utilisable.

Le tourisme culturel

Les ressources marines du Golfe mais également la pêche ou la culture des coquillages sont des éléments non négligeables du tourisme de découverte et festif de notre littoral. Si Cancale doit sa renommée et l'essentiel de sa fréquentation touristique à ses huîtres, les ports de Bretagne et de Normandie accueillent des festivals où les coquillages prennent une place centrale : Fête de la moule de bouchot de la baie du Mont-Saint-Michel, initiée au Vivier-sur-Mer en 1985 (8 000 visiteurs en 2011), Fête de la Coquille Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc depuis 1993 (60 000 visiteurs en 2016), festival des coquillages et crustacés à Granville depuis 2003 (60 000 visiteurs en 2017), etc.

Pêche et aquaculture

La pêche professionnelle

Le golfe Normano-Breton a, de tout temps, été le site d'une pêche à pied de subsistance sur les immenses estrans qui le composent et d'une exploitation embarquée de ses riches ressources côtières, principalement les coquillages (figure 8).

Les dépôts côtiers protohistoriques et antiques montrent déjà une activité de pêche à pied très développée sur le littoral du Golfe, qu'il s'agisse de ressources alimentaires comme les moules (Cocaign *et al.*, 1996) ou d'utilisation manufacturière comme la pourpre (Cocaign, 1997 ; Regnauld *et al.*, 1995).

Au XIX^e et au début du XX^e siècle, pendant que les flottilles en mer exploitaient intensivement les gisements d'Huîtres plates, se développait une pêche à pied intensive sur les immenses gisements de coques colonisant l'ensemble de nos baies sableuses abritées. Lambert (1939-1943) nous décrit l'immensité de ces gisements et leur intense exploitation, en particulier ceux des baies de Saint-Brieuc et du Mont-Saint-Michel. Il écrit ainsi, pour ce dernier gisement : « toute la grève moyenne, depuis Le Vivier jusqu'au nord de Carolles n'[était] qu'un immense banc de coques ». La production alimentait alors un important marché national et s'exportait même par transport en train vers le Portugal et l'Angleterre. La réduction drastique de la ressource dans la deuxième moitié du XX^e siècle fait que les quantités actuellement pêchées dans le Golfe ne sont que le pâle reflet d'une abondance maintenant révolue (Le Mao *in* Dabouineau *et al.*, 2015).

Les pêcheries d'estran ont toujours été très diversifiées par leurs techniques et les espèces ciblées en baie du Mont-Saint-Michel (Legendre, 1984 ; Mauxion, 2016). La diminution des ressources disponibles et le manque de rentabilité de ces pratiques y ont cependant entraîné la disparition progressive du métier de pêcheur à pied. Mais la prolifération, au début des années 2000, de la Palourde japonaise, originaire

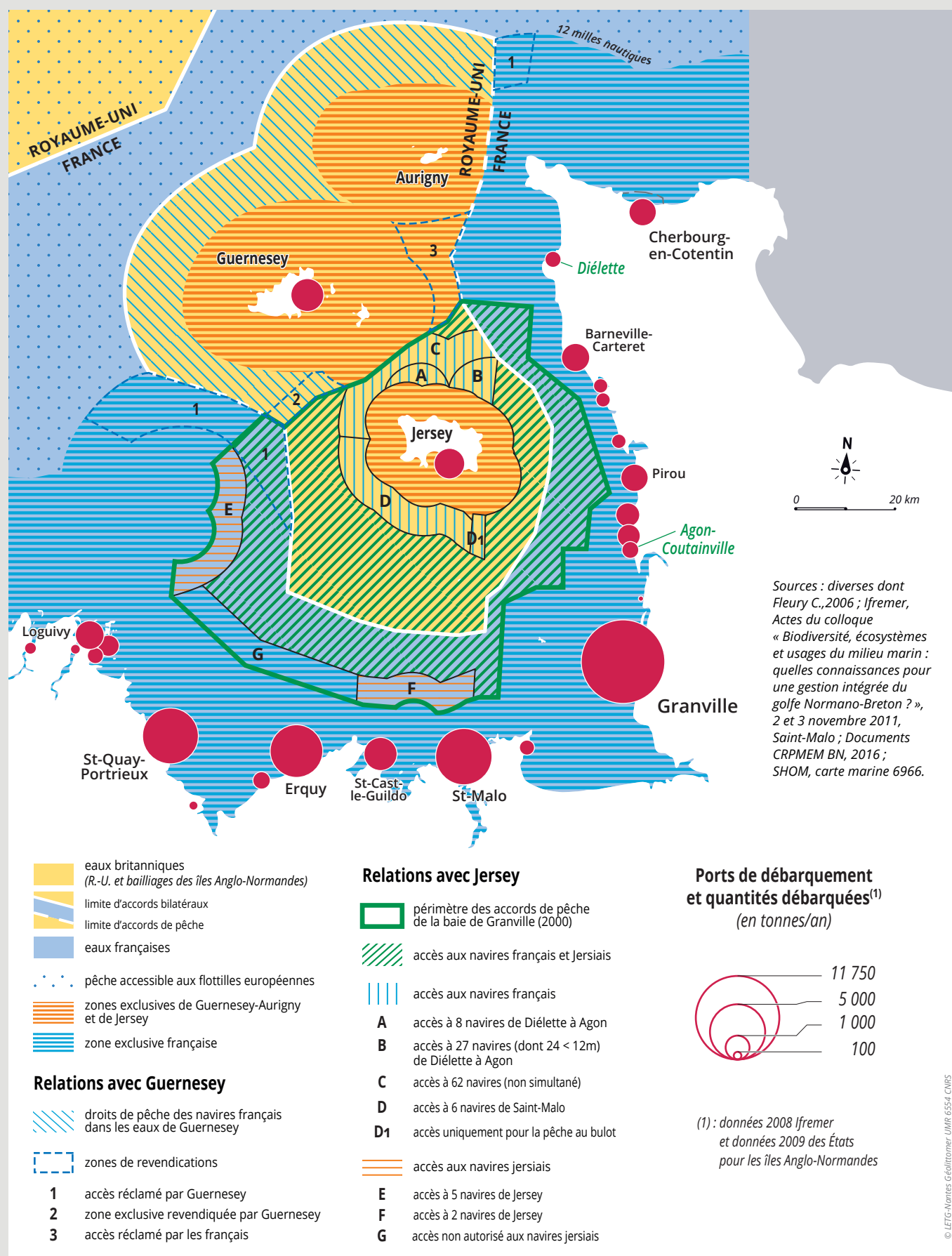


Figure 8 - La pêche professionnelle dans le Golfe

Tableau 3. Quantités de coquillages prélevés par la pêche à pied professionnelle dans le golfe Normano-Breton en 2015 (en tonnes)

	Ille-et-Vilaine	Côtes-d'Armor
Palourde japonaise	235	50
Coque	11	59
Moule	62	0
Huître creuse	0	6

du Nord-Ouest Pacifique et introduite dans les années 1980 sur le littoral français à des fins d'aquaculture, a entraîné la renaissance de la pêche à pied professionnelle dans le Golfe, principalement en baie du Mont-Saint-Michel et en Rance maritime (tableau 3). Toutes les espèces allochtones, même invasives, ne bénéficient pas, auprès des populations littorales, d'une perception négative, surtout si l'intérêt économique prévaut sur les impacts environnementaux potentiels (Le Mao *et al.*, 2018) !

Historiquement, au XIX^e et au début du XX^e siècle, les activités halieutiques embarquées des ports français de notre zone d'étude reposaient sur deux activités principales : le dragage des Huîtres plates sur les immenses gisements de nos côtes et la « grande pêche » à la morue, de Terre-Neuve à l'Islande.

La disparition des bancs d'huîtres et l'épuisement des stocks de morues ont amené les pêcheurs à se replier vers des ressources côtières dont les quatre piliers ont été et sont encore la praire *Venus verrucosa*, la Coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*, l'Araignée de mer *Maja brachydactyla* et le bulot *Buccinum undatum*.

La gestion des pêches embarquées dans le golfe Normano-Breton est complexe en raison de la multiplicité des parties : deux pays, deux régions pour la France et deux gouvernements autonomes pour les îles Anglo-Normandes. Une des caractéristiques majeures des pêcheries est qu'elles s'exercent sur des stocks locaux inféodés au Golfe et ne relevant pas des règlements communautaires (crustacés et mollusques en particulier), et donc susceptibles de mesures de régulation uni- ou multilatérale interne à notre zone d'étude (Berthou *et al.*, 1998). La meilleure illustration de ce partage de l'espace productif et des ressources liées est représentée par les accords de pêche concernant Bretons, Normands et Jersiais, appelés les « Accords de la baie de Granville », signés en 2000 et mis en application en 2004 (figure 8).

En 2008, les poissons ne représentaient que 17 % des captures de bateaux français basés dans les ports du Golfe, le reste se répartissant entre les mollusques bivalves (39 %), les mollusques gastéropodes (26 %), les crustacés (13 %) et les mollusques céphalopodes (5 %). Cette activité économique reposait donc essentiellement sur des invertébrés benthiques, tendance qui s'est maintenue jusqu'à aujourd'hui. Outre cette particularité unique sur le littoral français, le Golfe est la principale zone de pêche française pour de nombreuses espèces (tableau 4).

La pêche professionnelle embarquée représentait, en 2011-2012, pour l'ensemble des côtes françaises du Golfe, un poids économique de 66 M€, avec un nombre d'emplois direct égal à 917 équivalents-temps-pleins, la pêche dans les îles Anglo-Normandes générant quant à elle un chiffre d'affaires voisin de 10 M€.

Tableau 4. Dominance du Golfe sur certaines pêcheries françaises en 2003
(Le Mao & Retière, 2006)

		Quantité pêchée par les flotilles françaises dans le Golfe en 2003 (en tonnes)	Proportion des captures totales françaises de 2003 (en %)
Araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>	1 700	85
Coquille Saint-Jacques	<i>Pecten maximus</i>	9 500	60
Bulot	<i>Buccinum undatum</i>	13 500	90
Amande de mer	<i>Glycymeris glycymeris</i>	3 600	100
Vanneau	<i>Æquipecten opercularis</i>	2 850	80
Praire	<i>Venus verrucosa</i>	1 100	95
Palourde rose	<i>Polititapes rhomboides</i>	2 100	90
Huître plate	<i>Ostrea edulis</i>	30	100

La pêche de la praire *Venus verrucosa* a connu deux âges d'or culminant chacun vers 3 000 t de captures annuelles : le premier au début des années 1960, lors de la mise en exploitation des bancs de la baie de Saint-Brieuc et le second en 1970–1980, lors de l'exploitation des bancs de la baie de Granville (figure 9). Rapidement surexploitée, la production a chuté et s'est actuellement stabilisée à un niveau bas de moins de 400 t par an sans que les bancs ne montrent de réels signes de reconstitution (Foucher *in* Morisseau *et al.*, 2015).

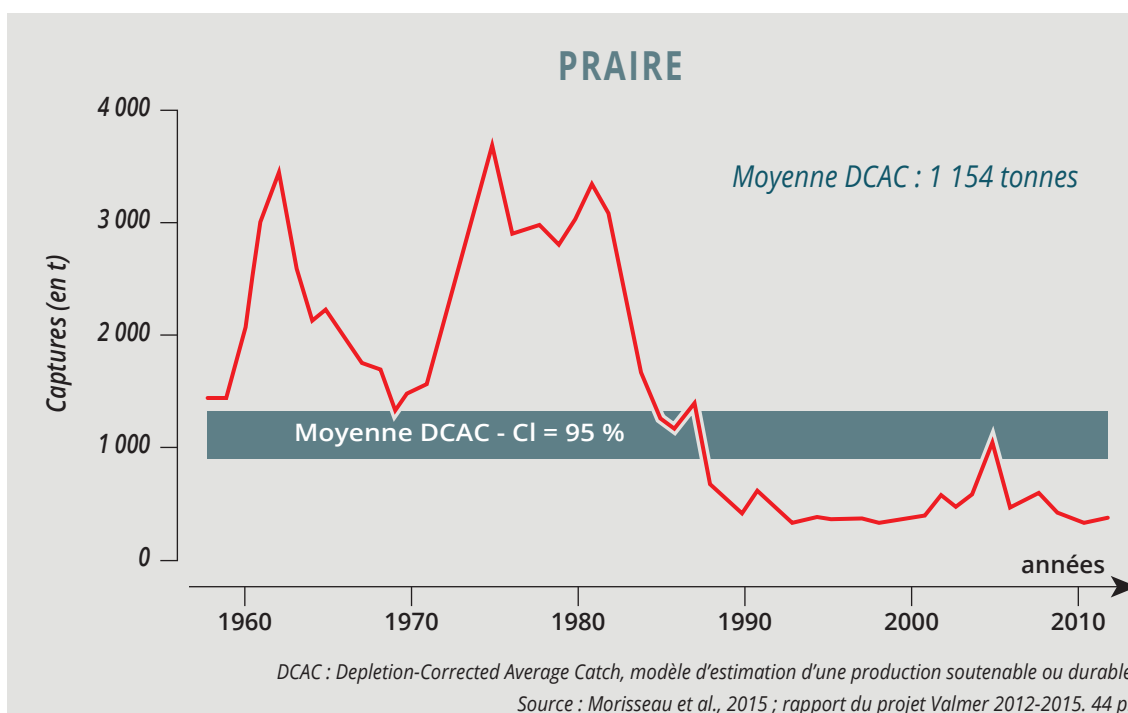


Figure 9 - Captures de praires dans le Golfe.

Initiée au début des années 1960 en baie de Saint-Brieuc, la pêche à la Coquille Saint-Jacques a connu un rapide essor permettant aux pêcheurs de praires d'Erquy de se réorienter vers une nouvelle ressource et à l'ensemble des flottilles côtières, de Paimpol à Granville, de se trouver une nouvelle activité rémunératrice (figure 10). La forte augmentation incontrôlée de la pression de pêche a entraîné une chute des stocks à partir de la moitié des années 1970, à l'origine de la mise en place d'un système de gestion des pêcheries par licences, tout d'abord sur le gisement principal de la baie de Saint-Brieuc, puis sur les gisements secondaires des baies de Saint-Malo et de Granville. Après une forte augmentation des captures à la fin des années 2000, dues à des séries de recrutements exceptionnels, les captures sont revenues au niveau de production « soutenable et durable » de 5 000 t calculée par un modèle de gestion de stock mis en œuvre par les chercheurs en halieutique de la station Ifremer de Port-en-Bessin (Foucher *in* Morisseau *et al.*, 2015).

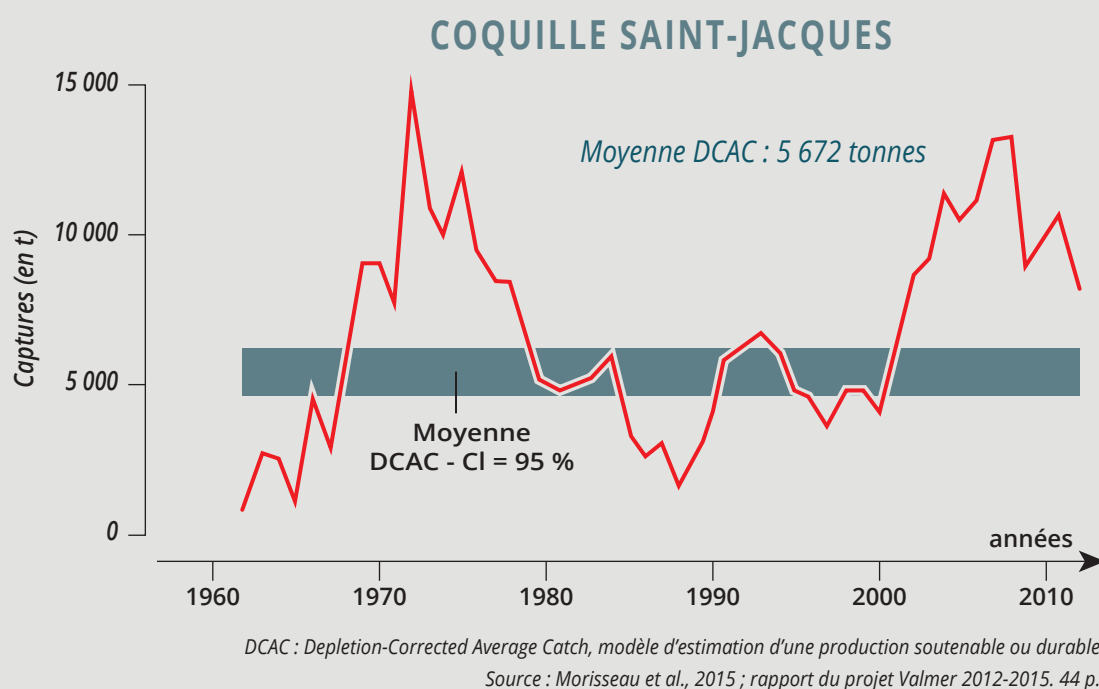


Figure 10 - Captures de Coquilles Saint-Jacques dans le Golfe.

L'aquaculture en mer

La conchyliculture

La conchyliculture a pris son essor dans le golfe Normano-Breton à partir des années 1950, faisant de notre zone d'étude un centre de production majeur à l'échelle nationale pour certaines productions conchyliques telles que les Huîtres plates et creuses et la moule de bouchot (figure 11). En 2009, les 2 078 emplois équivalents-temps-plein de cette activité généraient un chiffre d'affaires estimé à 143 M€ (Morisseau *et al.*, 2015). Pour cela, des milliers d'hectares d'estran ont été colonisés par les bouchots et les parcs à Huîtres creuses, la production d'Huîtres plates étant actuellement inféodée à des parcs en eau profonde, principalement en baie de Cancale. Les cultures en suspension situées plus au large sont encore une activité marginale dans le Golfe et restent localisées à l'archipel de Bréhat.

- Huître plate *Ostrea edulis*

Si la pêche de l'Huître plate, suivie ou non d'un reparcage, est une activité ancestrale sur l'ensemble des côtes du golfe Normano-Breton, l'ostréiculture proprement dite n'a débuté que dans les années 1920 à Paimpol et Cancale, lorsque des pêcheurs locaux tentèrent de faire pousser sur les parcs des Huîtres plates captées dans le Morbihan. Mais c'est surtout après l'arrivée d'ostréiculteurs morbihannais au lendemain de la deuxième guerre mondiale que cette activité a pris un véritable essor, permettant, en 1955, une production de 1 600 t à Cancale et de 2 600 t à Paimpol. L'apparition de deux parasitoses successives (mateilose à Paimpol au début des années 1970 et bonamiose à Cancale au début des années 1980) allait anéantir les cultures de cette espèce sur l'ensemble des estrans et provoquer la mise en place d'un plan complexe de relance de l'Huître plate basé sur la seule Bretagne, avec les parcs en eau profonde de la baie de Cancale comme principale zone de production, alimentée en naissains à partir des centres de captage morbihannais. Actuellement, Cancale produit environ 800 t d'Huîtres plates par an, soit 70 à 75 % de la production nationale.

- Huître creuse *Crassostrea angulata* puis *Crassostrea gigas*

Interdite au nord de la Loire, la culture de l'Huître portugaise *Crassostrea angulata* n'a été autorisée que tardivement, en 1959, en baie de Cancale et de Paimpol, traditionnellement réservées à la culture de l'Huître plate. Elle s'est grandement développée sur la côte ouest du Cotentin à partir du début des années 1960, en faisant un site majeur de production sur le littoral français. Atteint par une parasitose (maladie des branchies), l'Huître portugaise est remplacée par l'Huître japonaise *Crassostrea*

Tableau 5. Production d'Huîtres creuses en 2015 (en tonnes) dans les centres de production du golfe Normano-Breton

Ouest Cotentin	Cancale	Arguenon-Fresnaye	Baie de Saint-Brieuc	Paimpol-Bréhat-Trieux	Jersey	Total golfe Normano-Breton
8 000	5 100	800	150	8 800	1 700	24 550

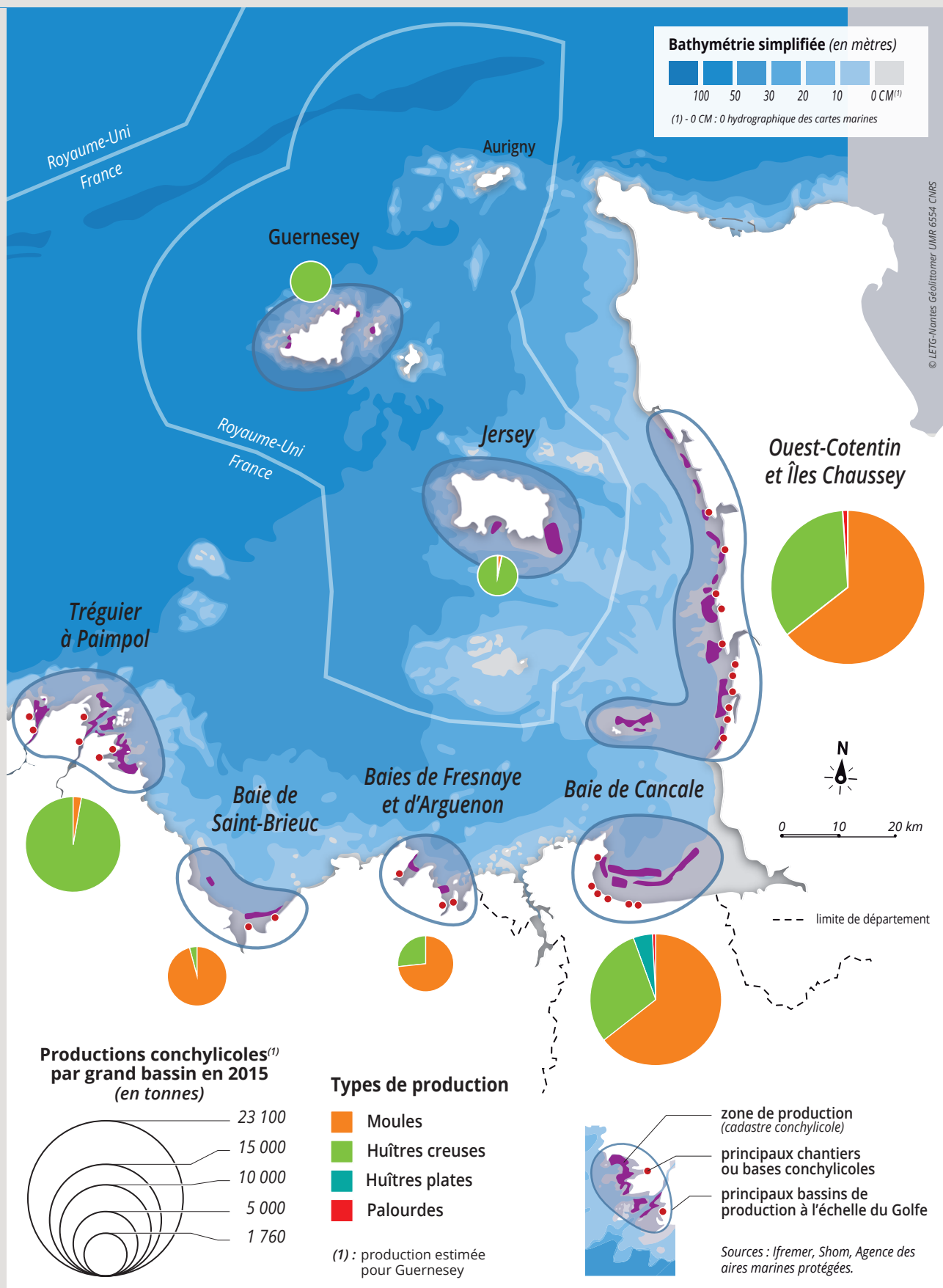


Figure 11 - La conchyliculture dans le Golfe

gigas dans les années 1970. Le golfe Normano-Breton est actuellement une zone de production de première importance avec un peu moins de 30 % de la production nationale issue de cette zone. Plus récemment implantée dans les îles Anglo-Normandes, la production jersiaise était estimée à 1 700 tonnes en 2015 (tableau 5).

- Moules *Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*

La mytiliculture sur bouchots est apparue sur notre littoral à la fin des années 1950 en baie du Mont-Saint-Michel et sur la côte ouest du Cotentin. Elle s'est répandue dans le courant des années 1960 dans les baies des Côtes-d'Armor. Le golfe Normano-Breton est actuellement devenu la principale zone de production de moules de bouchot en France, avec un volume de plus de 30 000 t (60 % de la production nationale) (tableau 6). Plus récemment, des bouchots ont été implantés sur la côte sud-est de l'île de Jersey. Les cultures sur corde suspendue sous des filières de bouées sont restées localisées à l'archipel de Bréhat, bien que plusieurs projets inaboutis aient été envisagés en plusieurs points de notre littoral. Bien qu'actuellement la totalité de la production soit issue de *Mytilus edulis* captées dans le golfe de Gascogne, le captage local de *Mytilus galloprovincialis* sur les bouchots des baies de Saint-Brieuc et de la Fresnaye a été longtemps exploité par les mytiliculteurs pour vendre des moules plus tôt dans la saison (d'avril à juin), produisant ainsi jusqu'à 400 t de « moules d'Erquy », ainsi qu'elles étaient dénommées sur les marchés locaux. L'actuelle hybridation entre les deux espèces, rendant le remplissage de ces moules très aléatoire, a entraîné l'abandon de cette pratique spécifique des Côtes-d'Armor.

Tableau 6. Production de moules en 2015 (en tonnes) dans les centres de production du golfe Normano-Breton

Ouest Cotentin	Baie du Mont-Saint-Michel	Arguenon-Fresnaye	Baie de Saint-Brieuc	Paimpol-Bréhat-Trieux	Jersey	Total golfe Normano-Breton
15 000	11 000	2 200	3 500	260	60	32 020

- Palourde japonaise *Ruditapes philippinarum*

Les premiers essais éphémères de vénériculture dans le Golfe ont eu lieu à Cancale en 1976. Cette activité n'a pris de l'ampleur qu'à partir du début des années 1980, avec l'extension de la culture à plat sous filet et la production massive de naissains en éclosérie. Dès lors, des concessions d'élevage sont apparues à Bréhat, en baie de l'Arguenon, en Rance maritime, en baie du Mont-Saint-Michel, près de Blainville et sur la côte sud-est de Jersey. Des cultures à grande échelle ont été envisagées en baie du Mont-Saint-Michel sur plus d'une centaine d'hectares (Berthomé *et al.*, 1986), mais la généralisation d'une parasitose, la maladie de l'anneau brun, a entraîné l'abandon de ce projet et de la quasi-totalité des concessions mises en culture. À l'heure actuelle, l'essentiel de la production française de ce bivalve très recherché provient de la pêche sur les gisements naturels. Les parcs d'élevage sont devenus rares en France et ne subsistent sur de grandes surfaces (47 hectares en 2011) que dans l'archipel de Chausey, et de façon plus modeste en baie du Mont-Saint-Michel. À Chausey, la production oscille entre 80 et 240 t par an (Anonyme, 2015) tandis qu'en baie du Mont-Saint-Michel, elle est inférieure à 10 t annuelles.

L'algoculture

Depuis le début des années 1980, 12 hectares de concessions sont dévolus à cette activité en Rance maritime où, en 2016, la production atteignait près de 30 t d'algues, essentiellement du wakamé *Undaria pinnatifida*, un peu d'*Alaria esculenta* ainsi que du kombu royal *Saccharina latissima*. Bien que des programmes de développement de cette activité soient actuellement encouragés par la Région Bretagne et qu'elle puisse profiter du soutien technique du Centre de valorisation des Algues (Ceva) basé à Pleubian dans les Côtes-d'Armor, ce type de culture reste encore très marginal sur notre littoral.

Ressources minérales et énergétiques

Ressources minérales

Les extractions de granulats marins dans le Golfe n'ont concerné que le maërl et les sables calcaires, principalement à des fins d'amendement des terres agricoles.

L'exploitation a été initialement centrée sur le maërl (principalement *Phymatolithon calcareum*) et surtout sur les gisements de la baie de Saint-Brieuc (îlots Saint-Michel à Erquy et sortie orientale de la baie de Paimpol). Ils ont été intensivement exploités jusqu'en 2014. En 2010, la production atteignait 95 000 t pour le gisement de Saint-Michel, débarquées à Saint-Malo, et 163 000 t à Lost-Pic, débarquées à Pontrieux et Lézardrieux.

L'arrêt de l'exploitation du maërl a entraîné un report de l'exploitation vers les sables coquilliers, principalement au nord-ouest de la baie de Saint-Brieuc sur le gisement de la Cormorandière, exploité depuis l'année 2000 pour une quantité annuelle autorisée de 33 000 m³, et surtout celui de la Horaine, exploité depuis 2010 pour 125 000 t annuelles autorisées.

Ressources énergétiques

Construite de 1963 à 1966, l'usine marémotrice de la Rance a été la première centrale de production électrique marémotrice au monde. Avec une capacité installée de 240 MW, elle produit annuellement environ 500 GWh, soit la consommation d'une ville d'environ 240 000 habitants, comme Rennes. Elle est longtemps restée la seule source significative de production d'électricité dans le golfe Normano-Breton, jusqu'à la mise en service du premier des deux réacteurs nucléaires de Flamanville en 1985. La production de cette centrale, refroidie à l'eau de mer, est actuellement d'environ 17 000 GWh. Un troisième réacteur de dernière génération (EPR) est en cours d'installation depuis 2007 et verrait sa mise en service effective se faire après 2020.

Le développement des énergies marines renouvelables reste un enjeu économique et environnemental important pour le golfe Normano-Breton, plus particulièrement pour les espaces insulaires. Le seul projet actuellement en voie d'aboutissement est celui du parc éolien en mer de la baie de Saint-Brieuc, retenu par l'appel d'offres de 2011. Soixante-deux éoliennes de 8 MW devraient être implantées d'ici 2023 sur un espace de 75 km². Il est prévu que l'ensemble du parc produise 1 820 GWh par an, soit l'équivalent de la consommation annuelle d'électricité de 835 000 habitants.

Bien que d'autres espaces soient éventuellement disponibles pour l'implantation de nouveaux champs éoliens et, plus localement, pour l'implantation d'hydroliennes, le développement de ces activités pose le problème du partage entre les différentes activités utilisant l'espace maritime.

Trafic maritime

Le trafic commercial

Le trafic maritime commercial dans le golfe Normano-Breton est basé sur quatre activités :

- l'approvisionnement des territoires côtiers ou insulaires à partir de marchés extérieurs : si on excepte le flux de marchandises transportées par camion qui transitent *via* Cherbourg et Saint-Malo vers le Royaume-Uni (1 660 000 t en 2015), le trafic de marchandises est essentiellement représenté par les importations à destination des îles Anglo-Normandes, plus de 800 000 t transportées majoritairement par conteneurs, et le fret conventionnel transitant par les ports de Saint-Malo et du Légué, 3^{ème} et 4^{ème} ports de la Région Bretagne par le tonnage transité, soit environ 1 500 000 t en 2015 (tableau 7). Il existe également une activité de bornage (cabotage sur distances courtes) liée aux débarquements de sables marins, actuellement localisés dans les ports de Lézardrieux et Pontrieux ;

Tableau 7. Trafic de marchandises en 2015 (en tonnes) dans les différents ports du Golfe

	Jersey	Guernesey	Saint-Malo	Lézardrieux et Pontrieux	Légué	Cherbourg	Total
Import	318 000	490 000					808 000
Export	79 000	40 000					119 000
Transmanche (fret et camions)			431 249			1 232 696	1 663 945
Fret conventionnel import-export			1 224 161	57 500	280 000		1 561 661
Total	397 000	530 000	1 655 410	57 500	280 000	1 232 696	4 152 606

- le trafic transmanche de passagers et de marchandises : ce trafic s'établit, par ordre d'importance, à partir des ports de Cherbourg, Saint-Malo, Jersey et Guernesey (tableaux 7 et 8). Il représente un flux de plus de 1 170 000 passagers et de 1 660 000 t de marchandises transportées par camion en 2015 ;

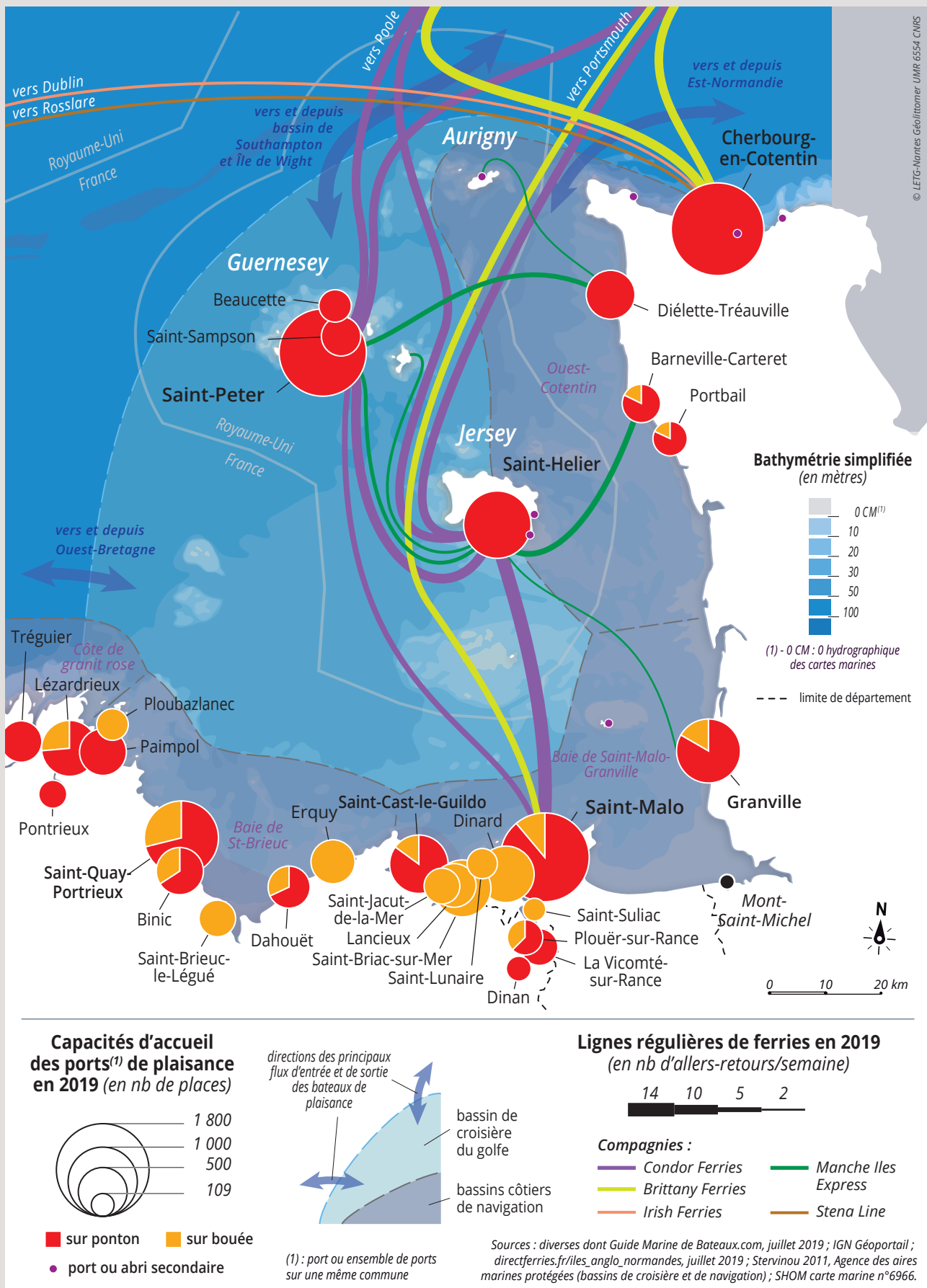


Figure 12 - Éléments structurants de la circulation maritime dans le Golfe

Tableau 8. Trafic des passagers en 2015 dans les différent ports du Golfe

	Jersey	Guernesey	Saint-Malo	Granville	Cherbourg	Total
Inter-Golfe	612 000	200 000	424 000	178 000		1 414 000
Royaume-Uni	164 000	150 000	344 000		512 399	1 170 399
Croisière			17 000		80 000	97 000
Promenade			290 000			290 000
Total	776 000	350 000	1 075 000	178 000	592 399	2 971 399

- le trafic de passagers et de marchandises entre les ports français du Golfe et les îles Anglo-Normandes et Chausey qui représente plus de 1 400 000 passagers en 2015 (tableau 8) ;
- l'accueil des navires de croisières et les promenades en mer à la journée : les deux principaux ports concernés sont Cherbourg et Saint-Malo avec près de 400 000 passagers en 2015 (tableau 8).

Toutes ces activités maritimes sont des vecteurs primaires ou secondaires d'introduction d'espèces allochtones dans le Golfe, ainsi que cela a été décrit pour l'ascidie *Styela clava* (Dupont *et al.*, 2010).

Trafic de plaisance

Si le nombre de mouillages dans notre site d'étude est une donnée bien connue (figure 12), aucune investigation n'a été menée à ce jour sur l'ensemble de ce secteur pour analyser et comprendre finement les pratiques de plaisance à l'échelle du Golfe (Stervinou, 2011). Ainsi, les flux de visiteurs transitant par les ports de plaisance ne sont que partiellement connus, alors qu'il s'agit d'une donnée essentielle pour comprendre la dispersion d'espèces allochtones entre les différentes infrastructures portuaires.

Toutefois, Sonnic (2005) fait apparaître que le Golfe est un site où transitent de très nombreux plaisanciers principalement issus du sud de la Grande-Bretagne (bassin de Southampton - île de Wight) à destination des îles Anglo-Normandes, de Cherbourg et, secondairement, jusqu'aux ports bretons, mais aussi, en sens inverse, des ports bretons et normands du Golfe jusqu'au même bassin de l'île de Wight.

La protection de l'environnement marin

Opportunistes avant 2006, les politiques de protection de l'environnement marin en France ont été structurées par la création de l'Agence des aires marines protégées en 2006. Cet organisme a eu en charge la gestion de l'ensemble des aires marines pré-existantes et a pu bénéficier de la mise en œuvre de nouveaux outils de gestion, en particulier les parcs naturels marins.

Dès lors, il a été possible de développer des outils de gestion sur de vastes portions de nos eaux territoriales, en particulier pour répondre aux engagements de la France dans le cadre des conventions des mers régionales, telles que la Convention Oslo-Paris pour l'Atlantique du Nord-Est (Ospar), et des directives européennes, en particulier la directive Habitats, Faune et Flore et la directive Oiseaux.

Dans le golfe Normano-Breton, la protection de la baie du Mont-Saint-Michel a très tôt retenu l'attention des pouvoirs publics, ce site bénéficiant ainsi d'un empilement de désignations et de protections des paysages et des écosystèmes : réserve de chasse maritime sur 3 000 ha en 1974, patrimoine mondial de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]) en 1979 sur l'ensemble de la baie, site classé sur environ 18 000 ha en 1987, zone de protection spéciale (ZPS) pour l'avifaune depuis 1990 sur 14 700 ha dont 7 250 ha de domaine public maritime (DPM), site désigné en 1994 au titre de la Convention de Ramsar relative à la conservation des zones humides d'importance internationale sur 62 000 ha avec les marais périphériques, zone spéciale de conservation (ZSC) depuis 1995 avec une réactualisation en 1998 sur 38 747 ha (dont 97 % sur DPM intertidal et subtidal). Malgré (ou à cause de) cette superposition de désignations et de protections, le plus souvent sans cohérence au niveau des limites, leur application réglementaire est très variable. La plus dynamique pour la gestion et la protection du milieu marin est actuellement la mise en œuvre de Natura 2000.

Il faudra attendre le début des années 2000 pour voir apparaître des protections fortes du milieu marin littoral sur notre territoire d'étude : la réserve naturelle nationale de la baie de Saint-Brieuc, créée en 1998 et dont le territoire englobe 1 140 ha de prés-salés et d'estrans marins, et la réserve naturelle régionale du sillon du Talbert créée le 22 décembre 2006 et qui englobe, en plus du sillon lui-même, 180 ha d'estrans sableux et rocheux affectés au Conservatoire du littoral.

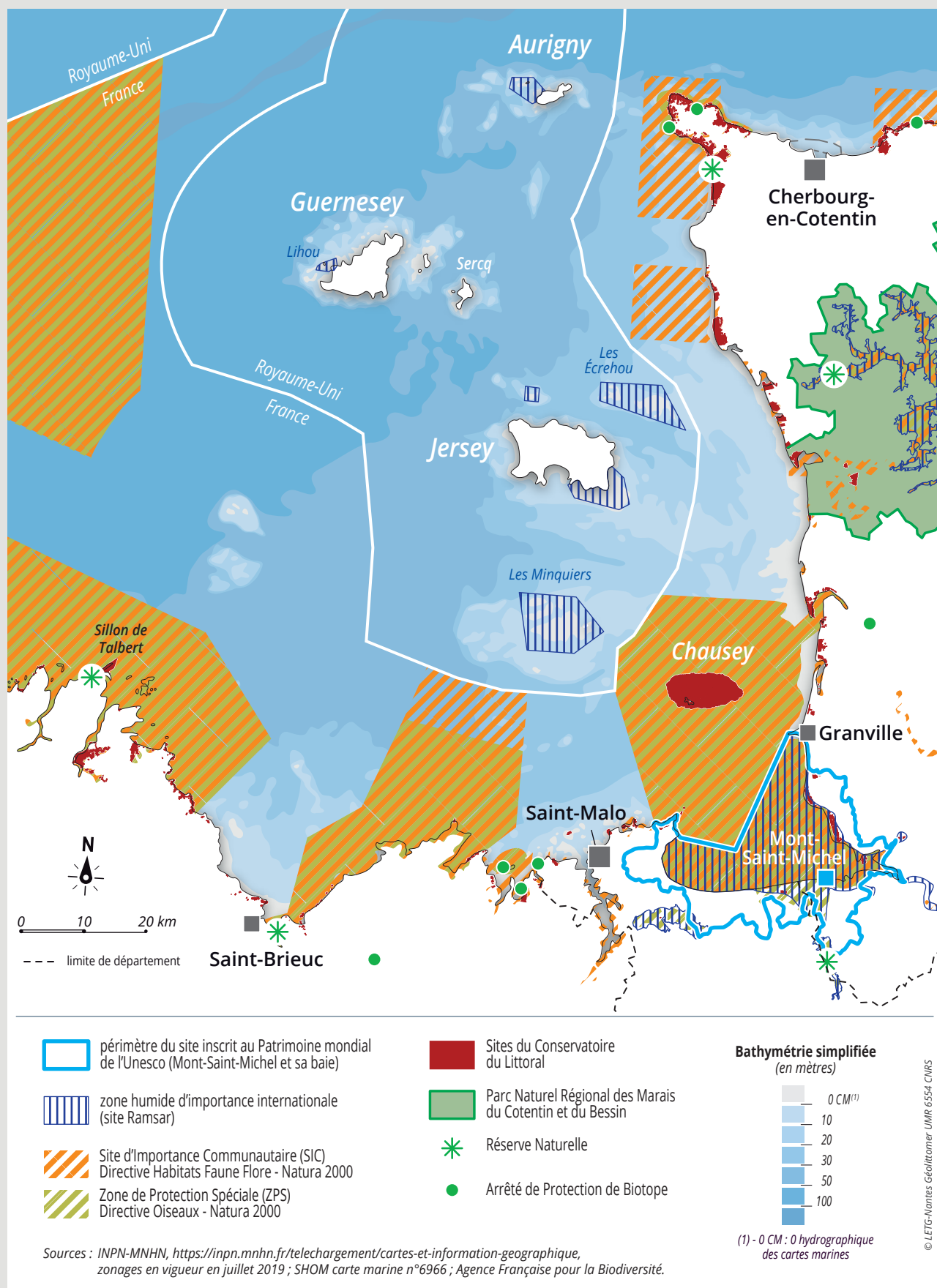


Figure 13 - Zonages de protection du patrimoine naturel du Golfe

Un projet de parc naturel marin du golfe Normano-Breton a été initié en juin 2010 par l'Agence des aires marines protégées (intégrée depuis à l'Agence française pour la biodiversité). Il aurait pu permettre de mettre en cohérence les politiques publiques de gestion et de protection du milieu marin à l'échelle des eaux françaises du Golfe ; toutefois, la démarche n'a pas abouti et les travaux sur ce site sont actuellement suspendus.

De ce fait, la majorité des aires protégées du Golfe le sont dans le cadre du réseau Natura 2000 (figure 13). Dès leur désignation initiale, les sites littoraux comprenaient de vastes surfaces d'estran et même de secteurs subtidaux, dont la plupart bénéficient actuellement d'un document d'objectifs (Docob), bien que la gestion du milieu marin y est souvent traitée moins précisément que celle des milieux terrestres. Une extension en mer a eu lieu en 2008, couvrant ainsi une part très significative des eaux territoriales françaises du Golfe, mais les documents d'objectifs restent à rédiger pour ces extensions.

Il faut aussi souligner la possibilité pour l'État d'affecter pour 30 ans des parties du domaine public maritime au Conservatoire du littoral (loi du 27/02/2002). Initialement appliquée sur notre territoire d'études au sillon du Talbert dès 2001 pour la partie « terrestre » du DPM et en 2005 pour les estrans adjacents, cette mesure a surtout été appliquée à l'archipel de Chausey en 2005. Cela a permis au Conservatoire, en tant qu'affectataire du DPM, d'y développer des plans de gestion en prenant en compte les activités humaines existantes (conchyliculture en particulier) et les enjeux de conservation.

Les îles Anglo-Normandes ne font pas partie de l'Union européenne et ne peuvent donc bénéficier des outils réglementaires mis en place par celle-ci. Pour la protection du milieu marin, le choix des gouvernements locaux de Jersey et Guernesey s'est donc porté vers des outils internationaux pouvant s'appliquer sur leur territoire marin et ils ont retenu la désignation de sites dans le cadre de la Convention de Ramsar. Pour compenser les engagements peu contraignants de cette convention en termes réglementaires, ces sites bénéficient de plans de gestion pour identifier les enjeux de protection et cadrer les actions à mener pour gérer et protéger la biodiversité locale. Dans le baillage de Jersey, l'ensemble de ces secteurs couvre 19 000 ha d'estran. Il comprend principalement l'ensemble de l'archipel des Minquiers et des Écréhou, ainsi que les vastes estrans situés au sud-est de l'île principale. À Guernesey, les surfaces concernées sont plus limitées et concernent 400 ha de milieu marin autour de l'îlot de Lihou et 1 500 ha au nord-ouest d'Aurigny, incluant les riches colonies d'oiseaux de mer des îlots de Burhou et d'Ortac.



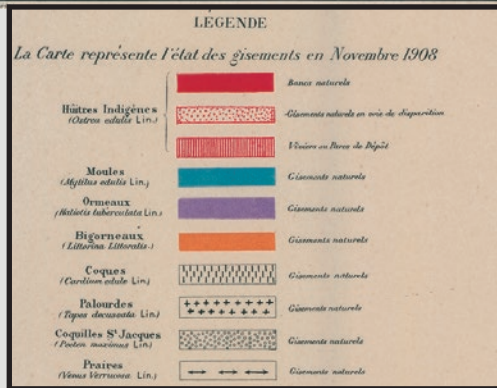
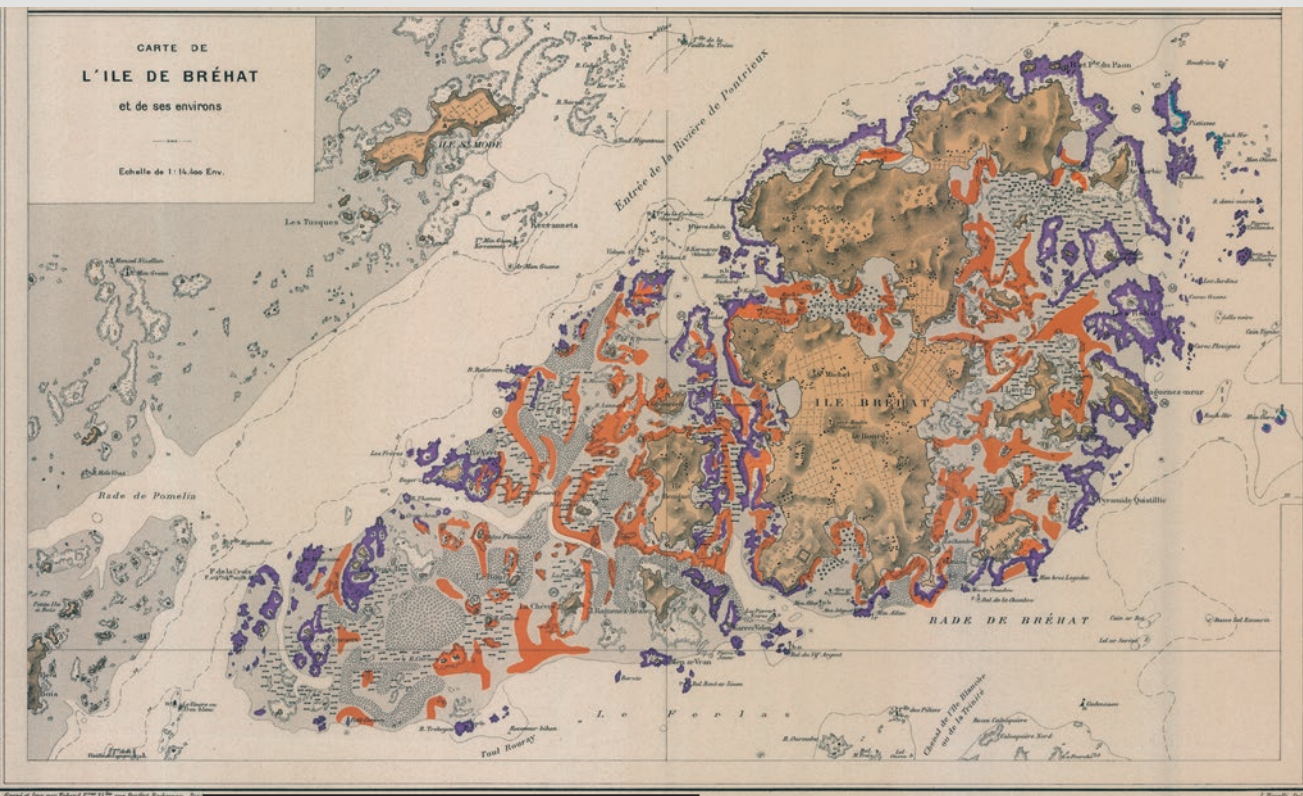
Jean Louis Armand de Quatrefages de Bréau
(Source : gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France)

Histoire naturaliste du golfe Normano-Breton

La classification linnéenne du vivant, établie au milieu du XVIII^e siècle, a été le paradigme nécessaire à l'exploration de la biodiversité à l'échelle de la planète en fournissant des méthodes de systématique partageables par tous les naturalistes. Dès lors, de nombreux scientifiques se sont attachés à la description de la faune et de la flore, bâtissant les bases d'un système dont la structuration a fortement évolué grâce aux progrès de la phylogénie, mais dont les fondements, en particulier la nomenclature binomiale des espèces, est restée la base de la taxinomie. Ce n'est qu'une fois ce système en place qu'ont commencé les observations zoologiques et botaniques systématiques qui nous permettent aujourd'hui de produire un atlas de la biodiversité macrozoobenthique du golfe Normano-Breton.

Dans notre zone d'étude, les observations zoologiques structurées les plus anciennes remontent au début du XIX^e siècle. Dans la première moitié de ce siècle, Charles-Alexis-Adrien Duhérissier de Gerville (1829), Jean Victor Audouin et Henri Milne-Edwards (1832 à 1834) puis Jean Louis Armand de Quatrefages de Bréau (1842 à 1865) sont les premiers à collecter et décrire la biodiversité marine des côtes françaises du Golfe, de Cherbourg à Bréhat.

Dans les îles Anglo-Normandes, Joshua Gosselin fournit, dès 1810, une liste restée non publiée des coquillages de Guernesey (Bréhaut, 1975 ; Chambers, 2008). Il transmet sa passion naturaliste à son cousin Frederick Corbin Lukis qui fournira par la suite de nombreux spécimens locaux aux scientifiques britanniques. La prospection naturaliste du milieu marin des îles Anglo-Normandes est foisonnante pendant tout le XIX^e siècle, les plus grands noms des pionniers de la biologie marine anglaise venant prospecter à pied et à la drague les rivages de l'ensemble des îles (John Gwyn Jeffreys, James Scott Bowerbank, Alfred Merle Norman, William Carmichael McIntosh, etc.) ou mettant à contribution les naturalistes locaux qui vont bientôt participer à la création de deux sociétés savantes encore très actives : la Société guernesiaise (1882) et la Société jersiaise (1873). La fin du XIX^e et le début du XX^e siècle sont marqués par les séjours de Koehler dans les îles Anglo-Normandes (1884) et les explorations d'Henri Gadeau de Kerville à Chausey et Granville (1894) et dans les parages du cap de La Hague (1899), suivis par les travaux de Dautzenberg et Durouchoux qui aboutissent à



Carte des gisements naturels de coquillages à Bréhat et en baie de Paimpol (Joubin 1909b). Source : base de données Sextant

leur publication sur les mollusques de la baie de Saint-Malo (1913). C'est aussi à cette période que Joubin publie, dans le Bulletin de l'Institut océanographique, sa magistrale cartographie des gisements de coquillages du littoral français dont cinq cartes concernent le golfe Normano-Breton (Joubin, 1909a et b, 1910a et b et 1911). Cette période d'inventaires faunistiques a permis de décrire, à partir d'échantillons en provenance du Golfe, 103 taxons encore inconnus, majoritairement des annélides polychètes (25 espèces), des mollusques (24 espèces), des bryozoaires (1 espèce) et des spongiaires (11 espèces) (tableau 9).

L'implantation du laboratoire maritime du Muséum national d'Histoire naturelle à Saint-Servan en 1923, transféré à Dinard en 1936, va permettre l'essor des études bionomiques descriptives dans la zone de balancement des marées à Bréhat (De Beauchamp & Lami, 1921), aux îles Chausey (De Beauchamp, 1923), dans l'archipel des Minquiers (Fischer & Fischer, 1926) et surtout dans l'estuaire de la Rance (Fischer, 1929). La revue « *Bulletin du Laboratoire maritime de Dinard* » témoigne d'ailleurs de l'importance des recherches poursuivies dans ce domaine.



Par contre, les fonds non exondables n'ont, à cette époque, encore jamais fait l'objet d'une exploration biologique systématique, même si Gruvel et Fischer-Piette (1939) précisent la distribution de quelques espèces sessiles entre Chausey et Bréhat. L'analyse des communautés benthiques subtidales est tout d'abord limitée aux sables fins de la baie de Saint-Brieuc (L'Herroux, 1970) puis progressivement étendue dans les années 1970 à l'ensemble du golfe Normano-Breton, grâce à une collaboration étroite entre Christian Retière et Louis Cabioch (Retière, 1979) et, plus localement, aux travaux menés par le Centre national pour l'exploitation des océans (Cnexo) pour le compte d'Électricité de France (EDF), dans le cadre de la création d'une centrale nucléaire à Flamanville et d'un potentiel barrage marémoteur entre Cancale et Granville. Les années 1980 et 1990 seront principalement consacrées à des travaux d'écologie fonctionnelle en Rance, à Chausey et en baie du Mont-Saint-Michel sous la direction des professeurs Christian Retière et Jean-Claude Lefeuvre. Les explorations à grande échelle des fonds subtidaux du Golfe ne seront reprises que lors de la campagne Benthomont 1 du Programme national en environnement côtier (PNEC) de la baie du Mont-Saint-Michel (Retière & Le Mao, 2006), du programme « Cartographie des habitats marins » (Cartham) piloté par l'Agence des aires marines protégées de 2010 à 2012, puis en 2012, grâce à la campagne Benthoclim financée par le programme « Écosphère continentale et côtière » (EC2CO) (Gaudin, 2017).

En 1983, des scientifiques du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) s'associent à des plongeurs naturalistes pour créer l'Association pour la découverte du monde sous-marin, qui a réalisé les premiers inventaires systématiques de la faune sous-marine des fonds rocheux du Golfe, principalement en baie de Saint-Malo (1997), dans l'archipel de Bréhat (2000) et dans la ria du Trieux (2001). Ces inventaires sont suivis, dans les années 2000, par la renaissance de l'exploration faunistique du milieu marin par les naturalistes amateurs, aussi bien individuelle que structurée, principalement grâce au développement de la plongée autonome naturaliste, mais aussi grâce au travail inlassable de certains coureurs de grève. Outre le stockage dans les bases de données associatives, le partage de la connaissance se fait aussi *via* des sites internet de grande qualité, en particulier les sites Doris de la fédération française d'études et de sports sous-marins (<http://doris.ffessm.fr/>), Estran 22 de Florence Gully et Marc Cochu en Côtes-d'Armor (<http://www.nature22.com/estran22/estran.htm>) et Sealord de Richard Lord à Guernesey (<http://www.sealordphotography.net/>).

Dans les îles Anglo-Normandes, les très actives sections de zoologie marine des Sociétés jersiaise et guernesiaise ont continué à explorer les rivages et à produire d'impressionnantes bases de données telles que celle organisée par le Guernsey Biological Records Centre, tandis que Paul Chambers publiait deux ouvrages de références sur les mollusques des îles Anglo-Normandes en 2008 et sur l'histoire naturelle de l'archipel des Minquiers en 2016. En parallèle, les bénévoles et scientifiques de l'association Seasearch (<http://www.seasearch.org.uk>) ont développé l'exploration systématique en plongée des fonds durs infralittoraux de l'ensemble des îles Anglo-Normandes, contribuant de façon déterminante à la connaissance de la faune fixée de ses fonds.

Par ailleurs, la création de la Réserve naturelle nationale de la baie de Saint-Brieuc en 1998 a été depuis cette date le moteur d'une importante acquisition de

connaissances sur la faune des estrans du fond de la baie de Saint-Brieuc, sur la biologie de certains bivalves intertidaux et sur les relations trophiques entre les invertébrés benthiques et les oiseaux côtiers.

Le nombre de données acquises dans le Golfe a ainsi augmenté de façon exponentielle et la prospection naturaliste continue, essentiellement en zone d'estran et en infralittoral non découvrant. L'exploration de la majorité du circalittoral reste réservée aux scientifiques professionnels, car cette exploration nécessite la mise en œuvre de moyens nautiques et de matériels d'exploration lourds qui ne peuvent être mobilisés que dans le cadre de programmes scientifiques structurés.

**Tableau 9. Liste des espèces décrites à partir d'échantillons en provenance du golfe
Normal-Breton**

Volume 2 - Annélides	
Polychètes	
<i>Clymenella cincta</i> Saint-Joseph, 1894	Dinard
<i>Micromaldane ornithochæta</i> Mesnil, 1897	Anse de Saint-Martin/Omonville-la-Rogue
<i>Asclerocheilus intermedius</i> Saint-Joseph, 1894	Archipel des Hébihens
<i>Euphrosine foliosa</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	Banc d'anomies entre Granville et Chausey et Rocher Dodéhal/baie de Saint-Malo
<i>Schistomeringos neglecta</i> Fauvel, 1923	Cherbourg
<i>Leodice harassii</i> Audouin & Milne Edwards, 1834	Chausey et baie de Saint-Malo
<i>Lysidice ninetta</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	Chausey
<i>Marphysa bellii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1833	Chausey
<i>Lumbrineris labrofimbriata</i> Saint-Joseph, 1888	Dinard
<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	Chausey
<i>Labrorostratus parasiticus</i> Saint-Joseph, 1888	Cézembre
<i>Dysponetus joeli</i> Olivier, Lana, Oliveira & Worsfold, 2012	Chausey
<i>Glycera celtica</i> O'Connor, 1987	Un des spécimens utilisés pour la description de l'espèce provenait de Bréhat
<i>Glycera tridactyla</i> Schmarda, 1861	Saint-Malo
<i>Jasmineira elegans</i> Saint-Joseph, 1894	Dinard
<i>Circeis armoricana</i> Saint-Joseph, 1894	Dinard
<i>Josephella marenzelleri</i> Caullery & Mesnil, 1896	Anse de Saint-Martin/Omonville-la-Rogue
<i>Dipolydora caulleryi</i> (Mesnil, 1897)	Anse de Saint-Martin/Omonville-la-Rogue
<i>Dipolydora giardi</i> (Mesnil, 1896)	Anse de Saint-Martin/Omonville-la-Rogue
<i>Malacoceros girardi</i> de Quatrefages, 1843	Chausey et Saint-Malo
<i>Spio martinensis</i> Mesnil, 1896	Anse de Saint-Martin/Omonville-la-Rogue
<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870	Herbier de zostères à Saint-Malo
<i>Aphelochæta marioni</i> (Saint-Joseph, 1894)	Dinard
<i>Chætozone caputesocis</i> (Saint-Joseph, 1894)	Dinard
<i>Polycirrus arenivorus</i> (Caullery, 1915)	Anse de Saint-Martin/Omonville-la-Rogue
Volume 3 - Mollusques	
Polyplacophores	
<i>Leptochiton scabridus</i> (Jeffreys, 1880)	Jersey

Gastéropodes	
<i>Bittium simplex</i> (Jeffreys, 1867)	Herm, Sercq, Guernesey
<i>Cheirodonta pallescens</i> (Jeffreys, 1867)	Guernesey
<i>Rissoa guerinii</i> Récluz, 1843	Le matériel de description comprenait des échantillons provenant de Cherbourg et Saint-Malo
<i>Rissoa parva</i> (da Costa, 1778)	Guernesey
<i>Rissoella opalina</i> (Jeffreys, 1848)	Guernesey et Sercq
<i>Odostomia eulimoides</i> Hanley, 1844	Guernesey
<i>Odostomia lukisii</i> Jeffreys, 1859	Guernesey
<i>Odostomia turrita</i> Hanley, 1844	Guernesey
<i>Turbonilla acuta</i> (Donovan, 1804)	Guernesey
<i>Runcina coronata</i> (de Quatrefages, 1844)	Bréhat
<i>Runcina ornata</i> (de Quatrefages, 1844)	Bréhat
<i>Limapontia senestra</i> (de Quatrefages, 1844)	Bréhat
<i>Calma glaucoides</i> (Alder & Hancock, 1854)	Herm
<i>Geitodoris planata</i> (Alder & Hancock, 1846)	Herm
<i>Crimora papillata</i> Alder & Hancock, 1862	Moulin Huet Bay / Guernesey
<i>Onchidella celtica</i> (Cuvier, 1817)	Première description précise : Tour Solidor / Saint-Servan (Audouin & Milne-Edwards, 1832)
Bivalves	
<i>Glycymeris glycymeris</i> (Linnæus, 1758)	Guernesey
<i>Modiolus gallicus</i> (Dautzenberg, 1895)	Décrit à partir de spécimens de provenances diverses dont un de Saint-Pair
<i>Arculus sykesii</i> (Chaster, 1895)	Guernesey
<i>Neolepton sulcatulum</i> (Jeffreys, 1859)	Guernesey
<i>Dosinia lupinus</i> (Linnæus, 1758)	Guernesey
<i>Lyrodus bipartitus</i> (Jeffreys, 1860)	Guernesey
<i>Spathoteredo spatha</i> (Jeffreys, 1860)	Guernesey
<i>Teredothyra excavata</i> (Jeffreys, 1860)	Guernesey
Volume 4 - Arthropodes	
Chilopodes	
<i>Geophilus algarum</i> Brölemann, 1909	Grande-île de Chausey
Amphipodes	
<i>Caprella erethizon</i> Mayer, 1909	Une partie des spécimens provenait d'Omonville-la-Rogue
<i>Caprella tuberculata</i> Bate & Westwood, 1866	Guernesey
<i>Lysianassa insperata</i> (Lincoln, 1979)	Guernesey
<i>Parametopa kervillei</i> Chevreux, 1901	Cap de La Hague
Isopodes	
<i>Joeropsis brevicornis</i> Koehler, 1885	Grottes du Goulio à Sercq
<i>Munna armoricana</i> Carton, 1962	Décrit à partir de spécimens de Roscoff et du Cotentin

Décapodes	
<i>Periclimenes sagittifer</i> (Norman, 1861)	Sainte-Catherine's Bay/Jersey
Insectes	
<i>Pseudomogliptes vicentæ septentrionalis</i> Morère et Livory, 1999	Carolles
<i>Cylindera</i> (<i>Cylindera</i>) <i>germanica michælsensis</i> (Vidal y Lopez, 1916)	Estuaires normands de la baie du Mont-Saint-Michel
<i>Cylindera</i> (<i>Eugrapha</i>) <i>tresignata neustria</i> Rivalier, 1962	Ouest Cotentin
<i>Ochthebius</i> (<i>Ochthebius</i>) <i>lejolisii</i> Mulsant & Rey, 1861	Cherbourg
Volume 5 - Divers	
Spongiaires	
<i>Stryphnus ponderosus</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Homaxinella subdola</i> (Bowerbank, 1866)	Vazon Bay/Guernesey
<i>Pseudosuberites sulphureus</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Timea stellata</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Ophlitaspongia papilla</i> Bowerbank, 1866	Guernesey
<i>Raspailia</i> (<i>Raspailia</i>) <i>radiosa</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Axinella dissimilis</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Haliclona</i> (<i>Gellius</i>) <i>angulata</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Haliclona</i> (<i>Halichoclona</i>) <i>fistulosa</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Haliclona</i> (<i>Rhizoniera</i>) <i>indistincta</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey
<i>Ascandra contorta</i> (Bowerbank, 1866)	Guernesey et Sercq
Cnidaires	
<i>Edwardsia beautempsii</i> de Quatrefages, 1842	Grand-Épail/Chausey
<i>Edwardsia timida</i> de Quatrefages, 1842	Grand-Épail/Chausey
<i>Cladocoryne floccosa</i> Rotch, 1871	Herm
<i>Antennella siliquosa</i> (Hincks, 1877)	Saint-Peter's port/Guernesey
Platyhelminthes	
<i>Prostheceræus argus</i> (de Quatrefages, 1845)	Saint-Malo
<i>Stylochoplana maculata</i> (de Quatrefages, 1845)	Petit Bey/Saint-Malo
Némertes	
<i>Cerebratulus fuscus</i> (McIntosh, 1874)	Herm
<i>Euborlasia elizabethæ</i> (McIntosh, 1874)	Herm
<i>Valencinia longirostris</i> de Quatrefages, 1846	Chausey
<i>Tetrastemma coronatum</i> (de Quatrefages, 1846)	Bréhat
<i>Tetrastemma vermiculus</i> (de Quatrefages, 1846)	Bréhat
Bryozoaires	
<i>Plagioecia sarniensis</i> (Norman, 1864)	Guernesey et Jersey
<i>Amathia guernseii</i> Chimonides, 1987	Saints Bay/Guernesey
<i>Schizomavella sarniensis</i> Hayward & Thorpe, 1995	Certains spécimens utilisés pour la description provenaient de Guernesey

<i>Porella minuta</i> (Norman, 1868)	Certains spécimens utilisés pour la description provenaient de Guernesey
<i>Buffonellaria muriella</i> Berning & Kuklinski, 2008	Certains spécimens utilisés pour la description provenaient de Guernesey
<i>Puellina arrecta</i> Bishop & Househam, 1987	Certain spécimens utilisés pour la description de l'espèce provenaient de Guernesey et du nord du plateau de Roches-Douvres
<i>Puellina gattyæ</i> (Landsborough, 1852)	Jersey
<i>Puellina præcox</i> Bishop & Househam, 1987	Nord de l'archipel de Bréhat sur des fonds de graviers coquilliers par -73 m
<i>Plesiothoa gigerium</i> (Ryland & Gordon, 1977)	Bouilly Port/Jersey
<i>Schizotheca divisa</i> (Norman, 1864)	Fonds coquilliers entre Guernesey et Herm
<i>Escharella cryptoecium</i> Souto, Fernandez-Pulpeiro & Reverter-Gil, 2007	Nord de la baie de Cancale par -25 m de profondeur et large du cap Fréhel
<i>Schizoporella hesperia</i> Hayward & Ryland, 1995	Certains spécimens utilisés pour la description provenaient de Guernesey et de la fosse centrale de la Manche
<i>Trypostega venusta</i> (Norman, 1864)	Guernesey
Échinodermes	
<i>Leptosynapta galliennii</i> (Herapath, 1865)	Bordeaux Harbour/Guernesey
Hémicordés	
<i>Glossobalanus sarniensis</i> Koehler, 1886	Herm
<i>Protoglossus koehleri</i> Caullery & Mesnil, 1900	Anse de Saint-Martin/Omonville-la-Rogue
Ascidies	
<i>Aplidium nordmanni</i> (Milne-Edwards, 1841)	Chausey
<i>Morchellium argus</i> (Milne-Edwards, 1841)	Chausey
<i>Molgula complanata</i> Alder & Hancock, 1870	Guernesey



*Patrick Le Mao
Campagne benthoclim 10/05/2012. Photo : Aurélie Foveau*

Les données utilisées

Sources utilisées

Toutes les données cartographiques de distribution d'espèces de cet atlas sont issues d'une base de données constituée de 2010 à 2013 par les auteurs du présent ouvrage.

La plupart des sources correspondent à 935 documents publiés, parmi lesquels on compte 671 articles de revues scientifiques et/ou naturalistes destinées à un public plus large, 119 rapports techniques, 84 ouvrages ou chapitres d'ouvrages, 30 thèses et 24 mémoires universitaires ainsi que 7 communications en colloque publiées sous forme d'actes ou de résumés.

Nous avons également exploité 29 sites Internet dont les données ont été jugées fiables, ou qui ont permis d'avoir accès à des photographies d'individus ne laissant aucun doute quant à leur identification et leur localisation. La liste exhaustive des publications et sites internet consultés est fournie dans le dernier volume de cet atlas.

Les autres sources utilisées sont des données non publiées. Parmi ces dernières, une grande part correspond aux données des campagnes océanographiques menées en Manche dans les années 1970 par Christian Retière, qui avaient été informatisées en partie et restées à l'état de notes manuscrites pour le reste. Deux autres sources de données importantes proviennent de la base de données personnelle de Paul Chambers, de la Société jersiaise, et de la base de données de l'association Vivarmor qui nous ont aimablement transmis ces données concernant les îles Anglo-Normandes et le littoral des Côtes-d'Armor.

Trois collections d'animaux stockées à Dinard ont également été consultées : la collection sèche de mollusques de Dautzenberg (illustrée en couverture du volume 7) ; celle d'ascidies de C. et F. Monniot (aujourd'hui disparue) ; celle d'insectes de H. Bertrand. Plus ponctuellement, nous avons également complété ces données par le visionnage des vidéos sous-marines de la dernière campagne océanographique Benthoclim de 2012, pilotée par Nicolas Desroy, ainsi que par nos observations personnelles quand celles-ci étaient parfaitement datées et localisées et permettaient de compléter la distribution de certaines espèces.

Il est à noter qu'aucune recherche n'a été menée dans le cadre de ce travail pour compléter la connaissance de la distribution de certaines espèces puisque nous avons choisi de n'utiliser que des données déjà acquises. Certaines lacunes dans la distribution de quelques espèces communes pourraient ainsi probablement être comblées par des prospections complémentaires bien ciblées.

Tri des données

Les données jugées non valides par les auteurs de cet atlas (erreurs manifestes d'identification ou de localisation) n'ont pas été prises en compte. Les données concernant des espèces dont la présence dans le Golfe est douteuse ou dont la présence mériterait une confirmation ont été prises en compte, mais elles n'ont pas fait l'objet de cartes de distribution. Elles ont été traitées de manière séparée, à la fin de chacun des volumes 2 à 5. Ces données peuvent concerner des erreurs de détermination, surtout pour les données anciennes. Il peut aussi s'agir d'introductions involontaires d'animaux vivants restées sans suite ou encore de traces ultimes d'une aire de distribution qui aurait changé dans les derniers siècles.

Espèces présentées

Tous les noms d'espèces ont été actualisés en utilisant le référentiel taxinomique en ligne « WoRMS » (World Register of Marine Species : <http://www.marinespecies.org/>) en date du 24 décembre 2013, date de la fin de l'alimentation en données de la base. Il est à noter qu'une date devait être arrêtée arbitrairement du fait de révisions constantes de certains groupes taxinomiques.

Pour certaines espèces, des révisions systématiques sont intervenues tout au long de l'histoire de leurs recensements dans le Golfe. Deux principaux cas de figure ont été rencontrés. Dans le premier cas, ce qui était considéré comme deux espèces différentes autrefois ne correspond en fait qu'à une seule espèce d'après le référentiel WoRMS : toutes les données ont alors été regroupées sous le nom actuel de l'espèce. A l'inverse, le deuxième cas de figure correspond à la subdivision en plusieurs espèces de ce qui était considéré comme une seule espèce par le passé. En l'absence de réexamen des spécimens, il nous est paru impossible de trancher sur l'appartenance à une espèce en particulier : les différentes espèces sont alors présentées sur la même carte avec un commentaire le précisant dans le texte accompagnant la carte.

Une absence d'informations quant aux faunes et clés utilisées pour l'identification des spécimens est à déplorer dans de nombreuses publications. L'attribution erronée d'un nom d'espèce peut en effet être due à l'utilisation d'une faune trop ancienne au vu des révisions systématiques récentes ou, plus rarement, d'un document comportant des erreurs. En l'absence de ces informations, plusieurs données équivoques ont dû être supprimées de la base de données car jugées inexploitable. Enfin, les données ne renseignant qu'un nom de genre n'ont été prises en compte que si nous ne disposions pas de données à l'échelle spécifique pour ce genre.

Ordre de présentation des espèces

L'ordre de présentation des phyla de l'atlas est le suivant : *Annelida* (volume 2), *Mollusca* (volume 3), *Arthropoda* (volume 4). Les 14 autres phyla sont réunis dans le volume 5 et présentés dans l'ordre suivant : *Xenacoelomorpha*, *Porifera*, *Cnidaria*, *Entoprocta*, *Platyhelminthes*, *Nemertea*, *Sipuncula*, *Bryozoa*, *Brachiopoda*, *Phoronida*, *Cephaloryncha*, *Echinodermata*, *Hemichordata*, *Chordata*. Le volume 6 réunit des espèces déjà présentées dans les volumes précédents, mais pour lesquelles il nous est paru important de dresser des cartes plus précises et de rédiger des commentaires plus détaillés.

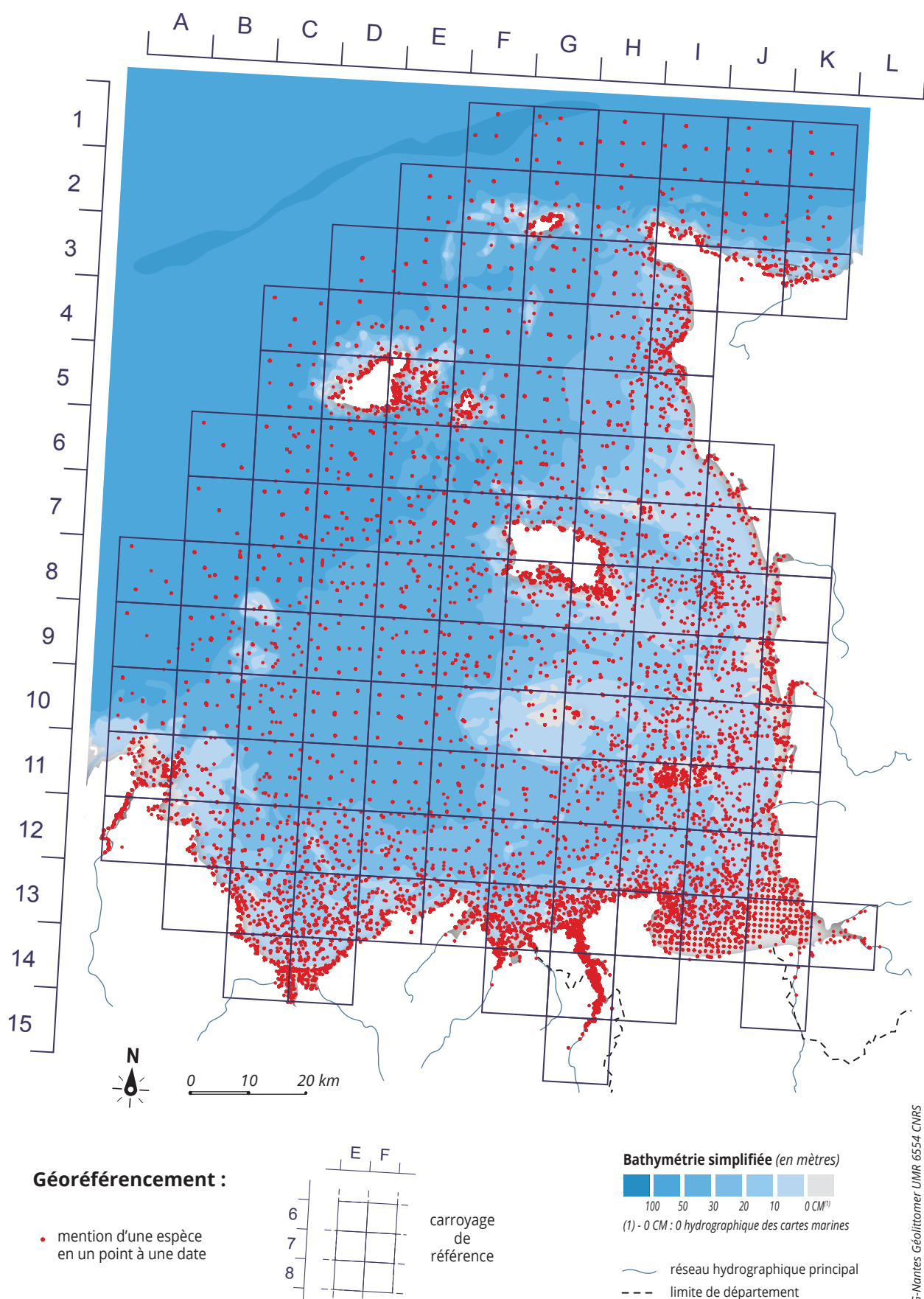
Au sein de chaque phylum, l'ordre de présentation des classes et des ordres suit celui proposé par Lecointre & Le Guyader (2006) et celui proposé dans les documents de référence suivants propres à chaque phylum :

- *Porifera* : Ackers *et al.* (2007)
- *Cnidaria* : Manuel (1988), Cornelius *et al.* (1997)
- *Platyhelminthes* : Howson (1997)
- *Nemertea* : Gibson (1994)
- *Mollusca* : Heppel *et al.* (1997)
- *Sipuncula* : Howson & Ball (1997)
- *Annelida* : Fauchald & Rouse (1997), Rouse & Fauchald (1997), Mackie & Erseus (1997)
- *Bryozoa* : Hayward (1997)
- *Arthropoda* : Southward (2008), Holmes *et al.*, (1997)
- *Echinodermata* : Southward & Campbell (2005)
- *Chordata* : Connor & Picton (1997)

Au sein de chaque ordre, les familles, puis les genres et les espèces sont ensuite présentés par ordre alphabétique.

Jeu de données final

Au total, ce sont 97 651 données correspondant à 7 456 localités différentes qui ont été réunies (figure 14). Chaque donnée correspond à la mention d'une espèce en un point et à une date. Parmi ces 97 651 données, 97 %, soit 94 588 données, ont pu être géoréférencées précisément, les 3 % restant correspondant à des localisations approximatives [le plus souvent une ria ou un estuaire (comme la Rance ou le Trieux), une île (comme Jersey ou Guernesey) ou un archipel (comme Chausey ou les Ecréhous)]. La distribution spatiale du nombre de données est très inégale et suit un gradient bathymétrique et donc de facilité d'exploration depuis les petits fonds

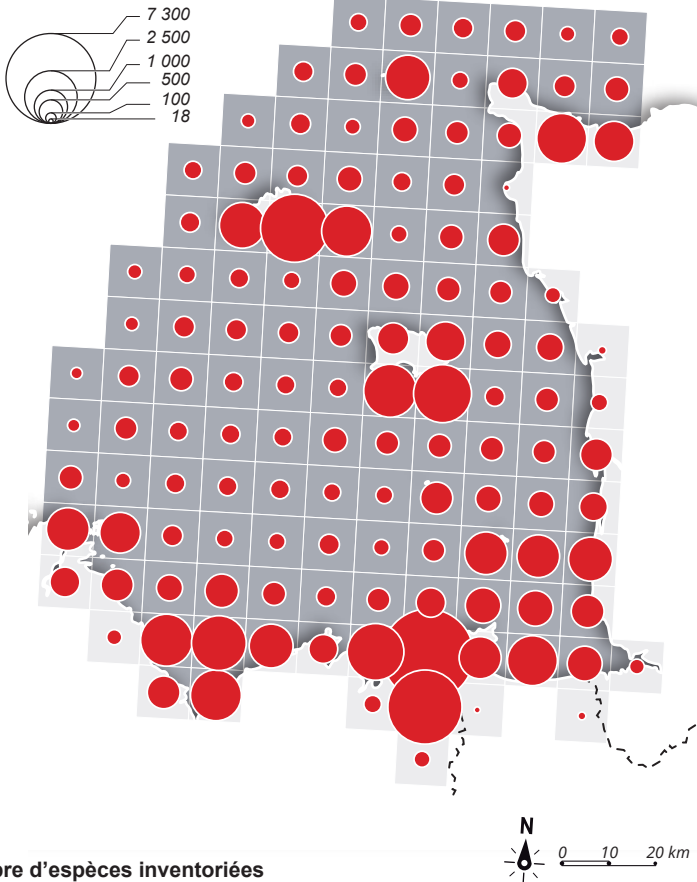


Sources : base de données de l'Atlas du golfe Normano-Breton, SHOM, cartes marines n°6857, 6930, 6996 ; IGN, Géoportail.

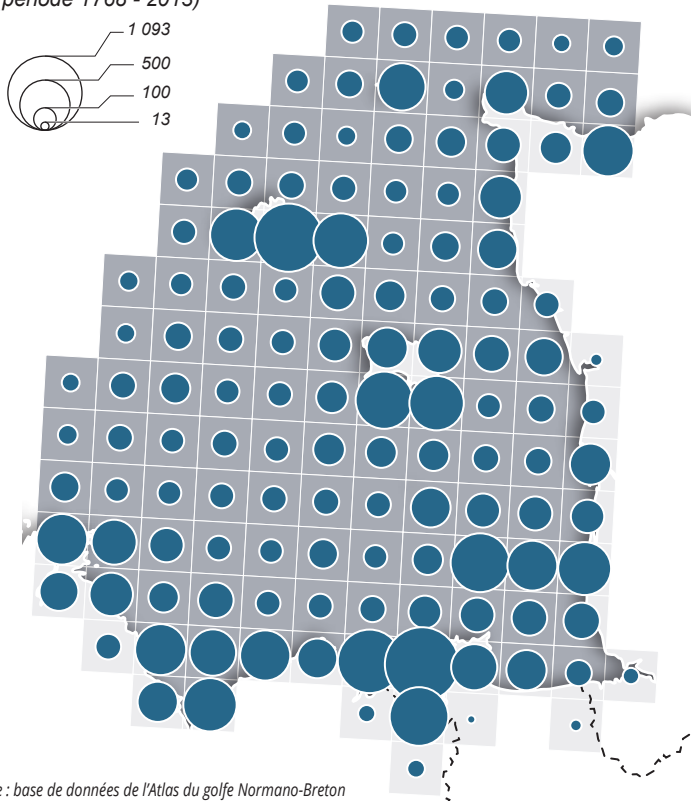
© LETG-Nantes Géolittomer UMR 6554 CNRS

Figure 14 - Distribution spatiale des données de l'atlas

**Nombre de données récoltées
par maille géographique
(période 1768 - 2013)**



**Nombre d'espèces inventoriées
par maille géographique
(période 1768 - 2013)**



© LETG-Nantes Géolittomer UMR 6554 CNRS

Source : base de données de l'Atlas du golfe Normano-Breton

bien explorés aux fonds supérieurs à 30 m, beaucoup moins prospectés. Les côtes, incluant les deux grandes baies (de St-Brieuc et du Mont-St-Michel), les rias et estuaires (Trieux, Rance) et les rivages insulaires des îles Anglo-Normandes mais aussi de Chausey ou Bréhat sont les secteurs bénéficiant du plus grand nombre de données (figure 15). Les secteurs les plus profonds et périphériques du Golfe sont les moins explorés, ainsi qu'un triangle compris entre Jersey, les Minquiers et Bréhat.

Les premières données dont nous disposons datent de 1768 et correspondent aux toutes premières mentions de bancs d'Huîtres plates sur la carte de l'Isle de Jersey, dressée au dépôt des cartes et plans de la Marine pour le service des vaisseaux du Roy et réalisée par Jacques-Nicolas Bellin. Nous avons compilé ensuite des données acquises jusqu'en 2013.

Les dates que nous avons conservées correspondent aux dates de collecte ou d'observation, ou, à défaut, à la date de la publication lorsque cette information n'est pas précisée ou est incertaine (figure 16).

Le nombre de données a augmenté au cours du temps et a été marqué de manière manifeste par les campagnes océanographiques, souvent couplées à des travaux de thèse de doctorat (figure 17). Le nombre de données a progressé de manière spectaculaire à partir du début des années 1970 et les campagnes océanographiques menées par Christian Retière (plus de 17 000 données de 1971 à 1976). Il s'agit de l'effort d'échantillonnage benthique le plus conséquent jamais mené à l'échelle du Golfe. Les années 1980 sont marquées par la thèse de Gérard Thouzeau (1985) en baie de

Figure 15 - Inventaire par maille géographique

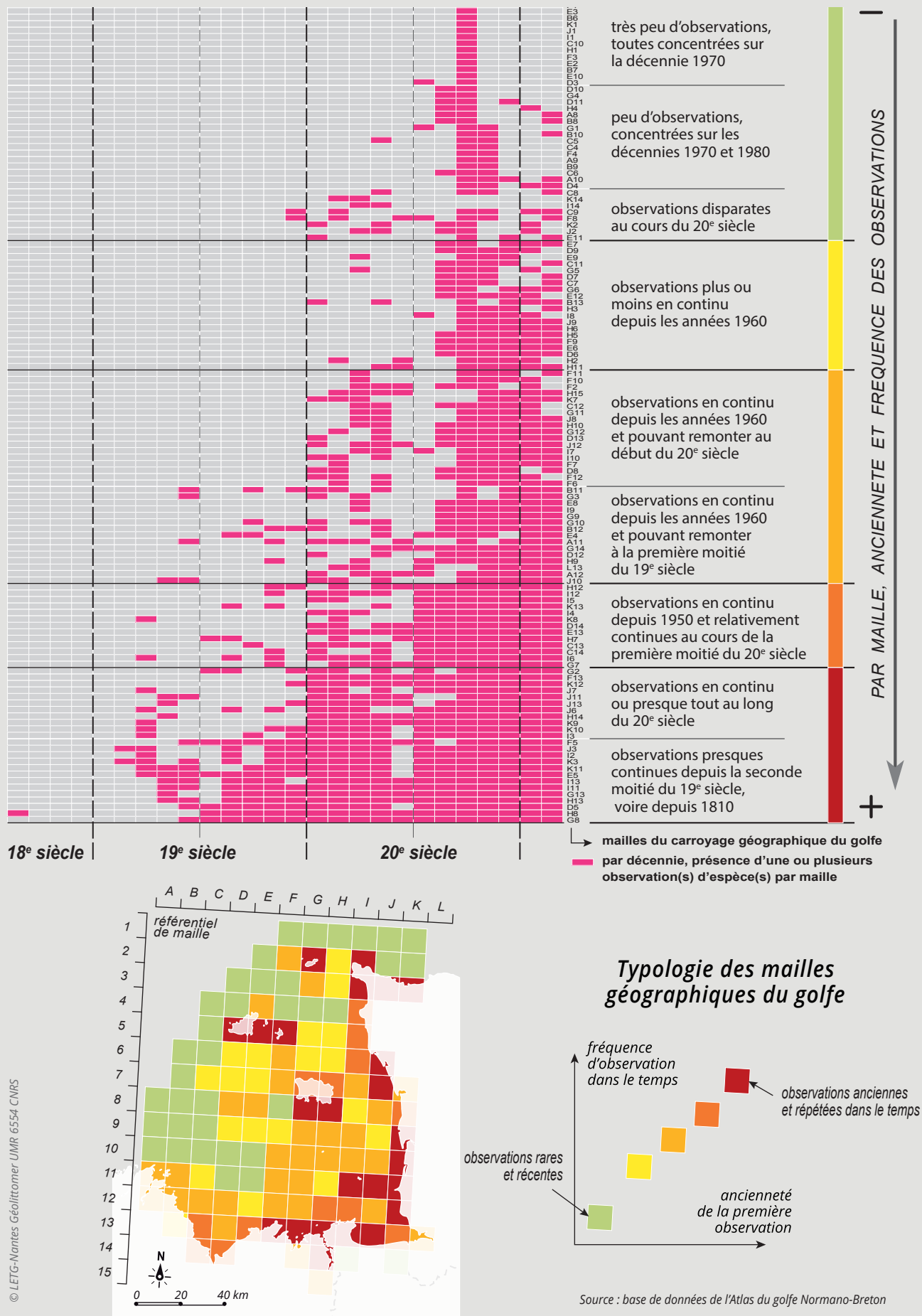


Figure 16 - Distribution spatio-temporelle des données (matrice de Bertin)

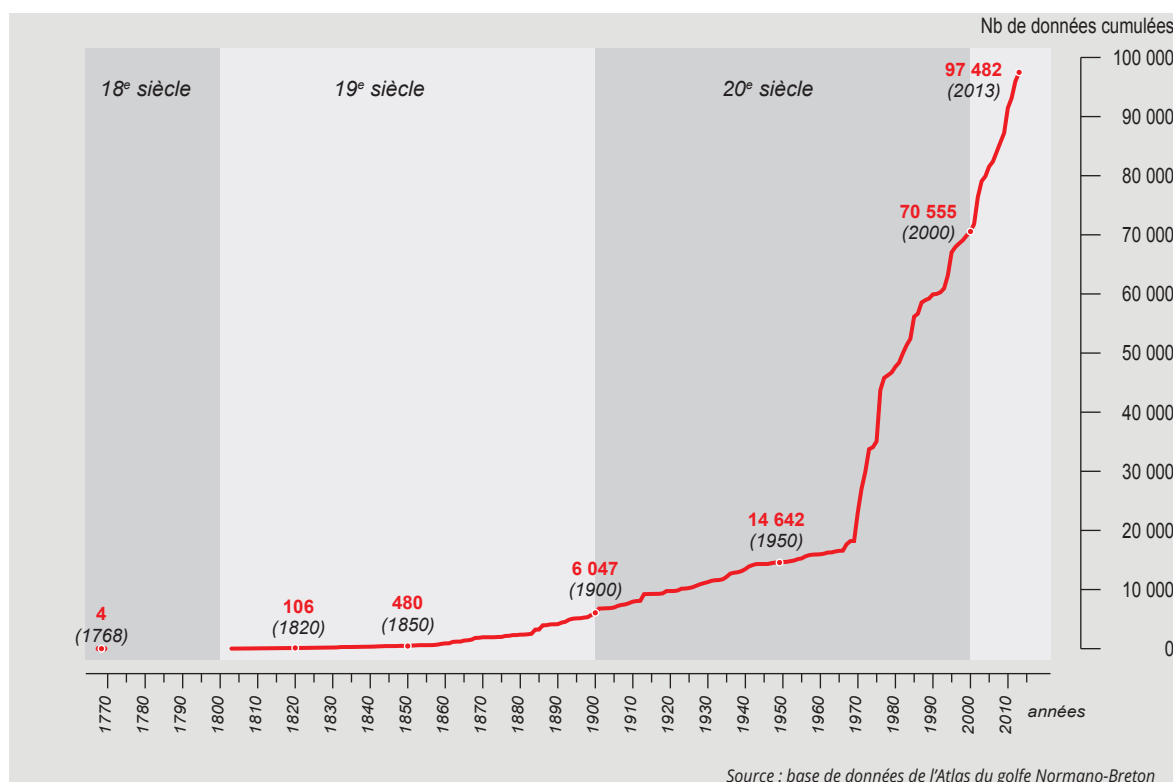


Figure 17 - Cumul des collectes ou observations de 1768 à 2013

Saint-Brieuc (plus de 3 000 données), les années 1990 par celle de Nicolas Desroy (1995) en Rance (près de 2 500 données). Les campagnes Benthomont du début des années 2000, couplées à la thèse de Jihane Trigui (2009) apportent également des milliers de données supplémentaires, suivies de la campagne Benthoclim de 2012.

Au total, ce sont 2 152 espèces d'invertébrés marins qui ont été inventoriées et ont fait l'objet d'une carte de distribution dans le présent atlas, auxquelles s'ajoutent 113 espèces dont la présence reste à confirmer dans le Golfe. Les arthropodes dominent avec 618 espèces, suivis des mollusques (477), des annélides (405), des bryozoaires (192), des cnidaires (145), des éponges (139), des chordés (69), des échinodermes (46), des nérmertes (29), des plathelminthes (11), les autres groupes réunissant chacun moins de 10 espèces (figure 18).

Cartographie

Les cartes de distribution d'espèces des volumes 2 à 5 sont présentées sous la forme de présence de chaque espèce sur une maille carrée de 6 milles marins de côté (soit un peu plus de 11 km de côté). Ce maillage a été choisi car une partie des données des campagnes océanographiques des années 1970 n'ont été conservées qu'à cette échelle et n'auraient pas pu être intégrées en utilisant un autre découpage. Un point coloré correspond à au moins une donnée de présence de l'espèce dans

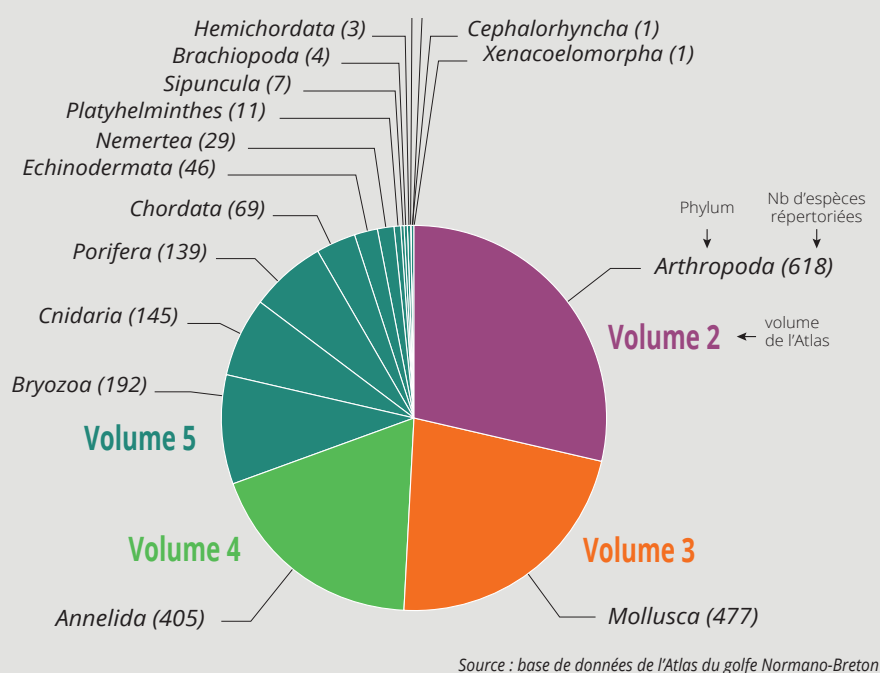


Figure 18 - Nombre d'espèces répertoriées par phylum

une maille à quelque période et quelque abondance que ce soient. Dans quelques cas, la présence de l'espèce n'a été renseignée que de manière imprécise, c'est-à-dire sans coordonnées géographiques, mais uniquement avec un toponyme (par exemple : « Jersey », « Chausey », « estuaire du Trieux »). Dans ce cas, lorsque la donnée peut concerner plusieurs mailles et qu'aucune autre donnée avec des coordonnées géographiques n'est disponible pour ces mailles, un carré (et non pas un point) coloré à cheval sur les mailles de présence potentielle de l'espèce a été représenté.

Les cartes du volume 6, qui concernent une quarantaine d'espèces d'intérêt particulier, s'affranchissent de la présentation par maille et proposent une distribution spatiale des espèces selon les coordonnées géographiques exactes de leurs mentions. Une gradation chronologique des mentions est proposée pour les espèces qui ont connu des progressions ou régressions qui méritent d'être notées.

Description par espèce

Chaque espèce fait l'objet d'une description débutant par son nom scientifique puis son ou ses nom(s) vernaculaire(s) (s'ils existent). Son inscription éventuelle à des listes d'espèces considérées comme patrimoniales ou son origine non-indigène est également mentionnée sur la première ligne comme suit :

- (1) « ZN » : espèce déterminante pour la désignation de ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) en région Basse-Normandie ;
- (2) « ZB » : espèce déterminante pour la désignation de ZNIEFF (Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) en région Bretagne ;
- (3) « OSPAR » : espèces inscrites à la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique Nord-Est, dite aussi « Convention OSPAR » (pour Oslo-Paris), qui sont des espèces nécessitant une protection ;
- (4) « NI » : espèces non-indigènes (donc introduites dans notre région d'étude).

Si l'espèce a été décrite pour la première fois dans le golfe Normano-Breton, cela est mentionné en début de texte. L'aire de distribution mondiale, ou, a minima, dans l'Atlantique Nord-Est, est ensuite précisée ainsi que ses biotopes de prédilection d'après la littérature et, plus précisément, dans le Golfe. La description s'achève par le niveau d'occurrence de l'espèce dans le Golfe ainsi que des anecdotes éventuelles relatives à son écologie ou son usage par l'homme.

Atlas de la faune marine invertébrée du golfe Normano-Breton

Volume 1

Présentation

Le golfe Normano-Breton est bordé au sud par les côtes rocheuses bretonnes indentées des deux grandes baies de Saint-Brieuc et du Mont-Saint-Michel et, à l'est, par les côtes normandes, essentiellement sableuses et ponctuées d'une succession de havres entre les falaises de Carolles et le cap de la Hague. Abritant les îles Anglo-Normandes, ce golfe se caractérise par des petits fonds généralement inférieurs à 50 mètres de profondeur, un régime de marée macro à mégatidal, de forts courants et la présence de structures tourbillonnaires qui l'isolent en partie du reste de la Manche occidentale. La mosaïque de ses fonds – composés pour l'essentiel de sédiments grossiers – et de ses habitats benthiques, combinée à une riche histoire naturaliste, en font un espace où plus de 2 000 espèces d'invertébrés marins benthiques ont pu être recensées du XVIII^e siècle à nos jours.

Après une présentation de cet espace (volume 1), cet atlas propose une cartographie de la distribution de ces espèces (volumes 2 à 5), en apportant des détails concernant une quarantaine d'espèces originales au titre de leur intérêt écologique, biogéographique ou économique (volume 6). Le lecteur pourra en outre se référer à un glossaire, une bibliographie complète des sources utilisées ainsi qu'un index des espèces présentées dans chacun des volumes (volume 7).

L'atlas est organisé en 7 volumes regroupés dans un coffret :

-  **volume 1** - Présentation
-  **volume 2** - Annélides (405 espèces)
-  **volume 3** - Mollusques (477 espèces)
-  **volume 4** - Arthropodes (618 espèces)
-  **volume 5** - Autres espèces (712 espèces)
-  **volume 6** - Espèces d'intérêt particulier (40 espèces sélectionnées parmi les 2 152 espèces répertoriées dans le Golfe, espèces introduites ou d'intérêt halieutique, patrimonial ou historique)
-  **volume 7** - Bibliographie, glossaire & index



CNRS • SORBONNE UNIVERSITÉ
**Station Biologique
de Roscoff**

