

**PRE**

**SIONS**

**ET**

**MANCHE - MER DU NORD**

**IM**

**PACTS**

# PRESSIONS ET IMPACTS

## MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

### PRESSIONS BIOLOGIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS

### Éléments de synthèse

Impacts cumulatifs et synergiques : l'exemple  
de la sole dans les eaux sous juridiction française  
de la sous-région marine Manche-mer du Nord

Caroline Kostecki

et Olivier Le Pape (Agrocampus, Rennes).

Avec la collaboration d'Anik Brind'Amour (Ifremer, Nantes).



**La sole commune, *Solea solea* (L., 1758), est une espèce benthique dont la répartition s'étend des côtes ouest-africaines à la mer Baltique, sur des fonds meubles (vase et sable) de bathymétrie comprise entre 0 et 150 m.**

Dans les eaux sous juridiction française de la sous-région marine Manche-mer du Nord, on distingue deux populations principales de sole, en Manche Ouest et en Manche Est, même si cette dernière zone recouvre aussi une petite fraction sud de la population de mer du Nord.

Bien que variable selon les populations, le cycle de vie de la sole comporte partout une phase larvaire pélagique, suivie d'une phase juvénile benthique se déroulant au sein des nourriceries côtières et estuariennes (figure 1). À maturité, les jeunes soles âgées de 2 à 3 ans se déplacent vers des secteurs plus profonds et participent annuellement à la reproduction [1]. La sole se nourrit presque exclusivement d'invertébrés benthiques [2] [3].

D'une valeur commerciale élevée, elle fait l'objet d'une exploitation halieutique conséquente [4] [5] (voir la contribution thématique « Extraction sélective d'espèces »). Cette espèce est en effet une composante importante des peuplements ichtyologiques et son intérêt économique

est majeur. De plus, elle a fait l'objet de nombreuses études, notamment au sein de la sous-région marine. Il s'agit donc d'un modèle approprié à l'analyse des impacts cumulatifs des pressions anthropiques sur les ressources halieutiques.

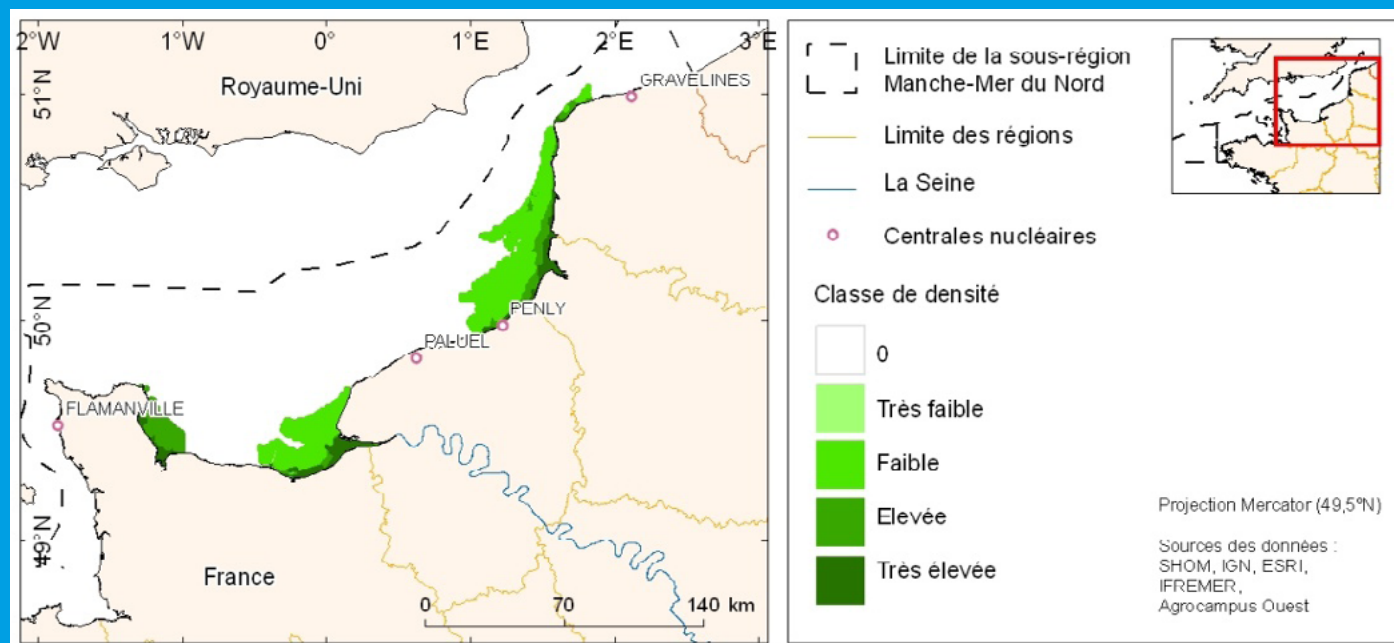


Figure 1 : Distribution des indices d'abondance juvéniles de sole nés dans l'année en Manche Est le long des côtes françaises. Il n'existe pas de données suffisantes pour réaliser la cartographie des nurseries en Manche Ouest où les informations qualitatives existantes démontrent une situation analogue (Sources : Rochette *et al.*, 2010 (6)).

En se référant au tableau 2 de l'annexe III de la DCSMM listant les pressions anthropiques sur le milieu marin, ce rapport présente une synthèse des connaissances sur les impacts de ces pressions – altération physique du milieu, eutrophisation, pollution chimique, espèces invasives, pêche, etc. – sur le cycle de vie des soles – croissance, survie, reproduction – en Manche ainsi que sur les côtes françaises du sud de la mer du Nord.

## 1. PRESSIONS ANTHROPIQUES ET IMPACTS SUR LA SOLE

### 1.1. PERTE PHYSIQUE

L'estuaire de la Seine, importante nourricerie pour les juvéniles de la population de Manche Est (figure 1), a subi au cours des deux derniers siècles des aménagements importants, principalement liés à la chenalisation et au développement de polders sur ses rives. La surface des secteurs de faible bathymétrie et de substrat meuble est passée de 130 km<sup>2</sup> en 1834 à 31 km<sup>2</sup> en 1978 [7]. Cette perte d'habitats favorables à la colonisation des juvéniles dans cet estuaire (33 % des vasières de l'aval de l'estuaire) a conduit à une perte de sa capacité de nourricerie de 42 % [6].

D'autres zones côtières ont subi des réductions de surfaces naturelles (estuaire de la Rance, secteurs portuaires de Boulogne, Calais, Gravelines, etc.) mais l'estuaire de la Seine, de par sa taille et son importante fonction de nourricerie, est celui dont la perte d'habitat a le plus de conséquences sur les populations de soles au sein de la sous-région marine.

### 1.2. DOMMAGES PHYSIQUES : EXTRACTION SÉLECTIVE DE RESSOURCES NON BIOLOGIQUES

L'extraction de sédiments marins dans les secteurs de dragage, ainsi que le colmatage et l'envasement (souvent dû au clapage de sédiments portuaires) peuvent directement impacter les ressources halieutiques et peuvent également perturber les relations trophiques en modifiant la composition spécifique de leurs proies (invertébrés) et/ou de leurs prédateurs (poissons).

L'impact des extractions sur les ressources halieutiques a été suivi et évalué sur deux sites en Manche orientale : au large de Dieppe (graviers et sable grossier) et en baie de Seine (sable). L'impact négatif des extractions sur l'abondance et la biomasse des espèces halieutiques est nettement moins important que celui observé pour les invertébrés benthiques, même si une diminution globale de la richesse spécifique et de l'abondance de la plupart des espèces a été observée ; et cela d'après une évaluation qualitative [8] [9] [10].

La sole commune est capable d'adapter son régime alimentaire en fonction des disponibilités trophiques et n'apparaît pas impactée négativement par les changements des communautés benthiques liés aux dragages. Les projets d'extraction de sédiments marins (Charlemagne, Saint-Nicolas ou Côte d'Albâtre) sur les habitats des adultes ne semblent donc pas représenter une menace pour la sole.

Toutefois, la mortalité directe peut être localement importante lors d'extractions dans des zones de concentration, comme les zones de nourricerie (par exemple au large d'Ouistreham) mais aussi les frayères en période de ponte.

### 1.3. INTERFÉRENCES AVEC DES PROCESSUS HYDROLOGIQUES : CENTRALES ÉLECTRIQUES

Le refroidissement des centrales nucléaires littorales par l'eau de mer peut avoir une incidence sur le milieu. Deux facteurs d'impacts possibles existent : (1) aspiration dans les prises d'eau ; les juvéniles se retrouvant arrêtés par les filtres, les œufs et les larves transitant dans les circuits, (2) la tache thermique.

Ces pressions ont été suivies sur les soles, juvéniles et adultes, autour de la centrale de Gravelines (figure 1). Il s'avère que l'impact exercé par les filtres y est quasiment nul [11]. Le transit dans les circuits a une influence sur la mortalité des œufs non embryonnés et se manifeste par une augmentation de la mortalité de 56 % à 75 % par rapport au témoin à la sortie des circuits, et de 20 à 50 % dans le panache proche (beaucoup de ces œufs provenant du circuit<sup>1</sup>). *A contrario* les œufs embryonnés se sont avérés résistants à ces effets de transit : mortalité inférieure à 1 % à la sortie des circuits [12] [13] [14] [15]. Les études n'ont pas permis de conclure sur les effets des processus de refroidissement sur les stades larvaires de sole.

<sup>1</sup> Pour les taux de mortalité identifiés sur les œufs dans le panache thermique, il n'est pas possible d'en tirer des conclusions, les œufs observés provenant en partie du transit dans les circuits.

En ce qui concerne les autres sites, la centrale de Penly est localisée dans une importante zone de nourricerie de soles mais son impact sur les larves et les juvéniles apparaît négligeable [16]. Les autres centrales nucléaires présentes en Manche (Flamanville et Paluel) sont situées dans des zones rocheuses, non favorables au développement des soles, et n'ont donc pas d'incidence notable sur cette espèce [17] [18].

## 1.4. CONTAMINATION PAR DES SUBSTANCES DANGEREUSES : INTRODUCTION DE COMPOSÉS SYNTHÉTIQUES ET NON-SYNTHÉTIQUES

Les activités humaines (industrie, agriculture, rejets urbains) sont à l'origine du rejet en mer de plus de 100 000 composés chimiques dont beaucoup sont potentiellement toxiques. Les xénobiotiques (composés organiques, métalliques ou organométalliques) sont des substances dont beaucoup possèdent des propriétés toxiques, même à de très faibles concentrations. Les PCB (polychlorobiphényles) et PBDE (polybromodiphényléthers) sont des contaminants organiques persistants d'origine industrielle qui ont tendance à s'accumuler dans les zones côtières et estuariennes [19]. Les sites les plus contaminés de la sous-région marine sont l'estuaire de la Seine, avec notamment un niveau de contamination en PCB dix fois supérieur à celui observé dans les autres estuaires européens [20], ainsi que les zones à proximité des installations portuaires comme Dunkerque et Calais [21].

Les conséquences néfastes des xénobiotiques sur les êtres vivants peuvent aller de la modification du génome jusqu'à une limitation de la croissance, une altération de la fécondité ou encore une augmentation de la mortalité. Les PCB ont, par exemple, un impact sur la survie des juvéniles car ils affectent leurs capacités d'exploration et de protection vis-à-vis des prédateurs (Loizeau comm. pers., [22]). Une exposition par voie trophique entraîne également une altération de la fonction immunitaire, du comportement et de la reproduction (Péan et Bégout, comm. pers.). Les résultats récents concernant la baisse de la fécondité chez les femelles exposées restent à confirmer (Loizeau comm. pers., [22]). Les xénobiotiques peuvent avoir un impact à l'échelle des populations en diminuant le nombre d'individus qui les composent. Ainsi, dans les nourriceries contaminées, les sédiments sont de moins bonne qualité, ce qui a un impact sur le stockage des réserves énergétiques et la croissance mais aussi sur la densité des juvéniles de sole [21] [23].

## 1.5. PERTURBATIONS BIOLOGIQUES

### 1.5.1. Extraction sélective d'espèces : la pêche professionnelle ciblée sur la sole

De par les prélèvements de biomasse d'espèces cibles ou accessoires et le passage d'engins traînants sur le fond, l'exploitation halieutique a des conséquences sur les ressources vivantes marines, et plus particulièrement sur les espèces comme la sole dont l'intérêt commercial est important.

À noter que dans le cadre de la pêche professionnelle, les données de pressions sont indiquées à une échelle supérieure à celle de la sous-région marine (données de débarquements totaux de soles dans les divisions CIEM VIIId et VIIe), et non pas exclusivement dans les eaux sous juridiction française, contrairement aux autres pressions relatées dans cette étude.

#### 1.5.1.1. Impacts directs

En Manche, deux stocks de sole sont soumis à quota, en Manche Est et en Manche Ouest, une très faible partie du stock de mer du Nord se situant à l'extrême nord de la zone d'étude. La contribution thématique « extraction sélective d'espèces » synthétise les résultats de l'état des stocks, notamment pour le stock de sole en Manche Ouest et en Manche Est.

#### Manche Est

Les débarquements de sole commune de Manche Est (division CIEM VIIId) ont été évalués à 4 969 t en 2009 [4]. Au niveau international, la France est le plus gros contributeur avec plus de 50 % des captures en Manche Est [4]. La biomasse des géniteurs fluctue autour de la valeur de 10 000 t depuis 1982 et se situe au-dessus du seuil de

biomasse de précaution<sup>2</sup> depuis 2002 [4]. Cependant, ce stock est considéré comme étant en dehors de ses limites biologiques de sécurité<sup>3</sup> car la mortalité par pêche est supérieure au seuil de précaution<sup>4</sup> depuis 2006 [4]. Les recommandations du CIEM sont donc de réduire cette mortalité par pêche afin de maintenir les engagements du rendement maximum durable [4].

### Manche Ouest

Les débarquements de sole commune de Manche Ouest (division CIEM VIIe) sont largement inférieurs à ceux de la Manche Est et avoisinent 626 t en 2009 [5]. Au niveau international, la France contribue à 30-35 % des captures en Manche Ouest [5]. La mortalité par pêche a chuté en 2009, du fait de mesures de gestion de la pêcherie, et le taux d'exploitation est à un niveau permettant une production maximale durable [5]. Cependant, la biomasse de géniteurs est en baisse depuis 1970 et se situe sous le seuil de biomasse de précaution<sup>2</sup> depuis 2006 [5]. Ce stock est donc considéré comme étant en dehors de ses limites biologiques de sécurité<sup>3</sup> [5].

#### 1.5.1.2. Impacts indirects

##### Croissance et reproduction

La pression de sélection exercée par la pêche, qui prélève les individus au-delà d'une taille minimale de capture, a une incidence sur la croissance ainsi que sur la taille et l'âge à maturité des espèces exploitées. Sur le stock de sole de mer du Nord, la taille moyenne des femelles âgées de trois ans est passée de 28,6 cm pour un poids de 251 g en 1960 à 24,6 cm et un poids de 128 g en 2002 [24]. En Manche-mer du Nord, les soles d'une même classe d'âge sont de plus en plus petites et sont matures plus tôt, car davantage d'énergie est allouée à la reproduction, au détriment de la croissance [25].

##### Modification du réseau trophique

Le passage des chaluts engendre des changements de communautés benthiques en faveur d'espèces opportunistes de petite taille [26]. Leur abondance est bénéfique pour les espèces comme la sole, en forte interaction avec le fond et se nourrissant de ces invertébrés. La production de ces proies est maximale dans les fonds chalutés une à deux fois par an [26] [27], ce qui permet de conclure à l'absence d'impacts négatifs du chalutage sur les disponibilités alimentaires des soles.

#### 1.5.2. Introduction d'espèces non-indigènes

La qualité de l'habitat favorable aux poissons plats dépend de divers facteurs biotiques et abiotiques, dont la nature du sédiment. En effet, un substrat meuble est plus favorable à l'enfouissement des poissons plats, juvéniles ou adultes, et offre notamment une meilleure protection contre les prédateurs [28].

La crépidule, *Crepidula fornicata*, mollusque gastéropode invasif, a été introduite accidentellement dans la baie du Mont-Saint-Michel à la fin des années 1970. Depuis, les conditions favorables à son développement ainsi que l'absence de prédateurs, ont permis son expansion. L'amoncellement de coquilles modifie la nature du substrat, le rendant inadapte au développement de certaines communautés benthiques. Les poissons plats, dont la sole, ne colonisent pas ces zones et sont restreints à des surfaces résiduelles [29].

La disponibilité des habitats favorables pour les juvéniles de sole est réduite par l'invasion des crépidules. Ce phénomène concerne le littoral à l'échelle régionale puisque les crépidules sont largement établies dans la sous-région marine, non seulement en baie du Mont-Saint-Michel mais aussi en baie de Seine, de Saint-Brieuc ainsi qu'en rade de Brest [30].

<sup>2</sup> Biomasse en-dessous de laquelle le risque de non-renouvellement du stock est fort.

<sup>3</sup> Seuil au-dessous duquel les groupes de travail d'évaluation de ce stock considère que son renouvellement n'est plus assuré.

<sup>4</sup> Mortalité au-dessus de laquelle le risque de faire diminuer la biomasse de reproduction en dessous de la biomasse de précaution est fort.



## 1.6. ENRICHISSEMENT PAR DES NUTRIMENTS ET DES MATIÈRES ORGANIQUES

### 1.6.1. Proliférations algales

#### Macroalgues

Une étude expérimentale menée sur les juvéniles de poissons plats (flet *Platichthys flesus* et turbot *Scophthalmus maximus*) a montré qu'en présence d'algues dérivantes, leur efficacité de prédation était réduite de 80 % ( $\pm 12$  %) [31]. Les effets sur la modification de la structure des fonds par couverture de zones meubles ainsi que les modifications hydrochimiques (teneur en oxygène notamment) associées aux algues réduisent l'efficacité de recherche des proies.

Une seconde étude expérimentale menée sur les juvéniles de flets indique que 79 % des juvéniles préfèrent les substrats nus aux substrats avec algues filamenteuses, telles que *Enteromorpha* spp. [32]. Les études menées *in situ* sur la plie (*Pleuronectes platessa*) montrent que les juvéniles sont moins abondants dans les zones avec macroalgues tandis que les adultes ne montrent pas de préférence [33].

Même si aucune étude n'a été réalisée sur l'impact des macroalgues sur les juvéniles de sole, il est raisonnable de penser que la qualité d'habitats favorables pour les juvéniles de sole est altérée par leur accumulation. Les proliférations massives de macroalgues vertes sont récurrentes sur une succession de baies en Bretagne, et notamment à Saint-Brieuc, Lannion et Douarnenez au sein de la sous-région marine [34] [35], c'est à dire sur de nombreux secteurs potentiels de nourricerie de soles.

#### Phaeocystis

Les blooms phytoplanctoniques de *Phaeocystis* sp. se produisent au printemps, et lors du passage de la forme libre unicellulaire à la forme coloniale, une importante quantité de mucilage est générée, ce qui modifie la viscosité de l'eau. Ces blooms récurrents en Manche orientale sont suivis mais jusqu'à présent, aucun impact sur les soles n'a été rapporté [36] [37].

### 1.6.2. Anoxie

Des déficits en oxygène dissous sont souvent observés dans l'estuaire de la Seine, mais ils n'entraînent qu'une légère hypoxie des eaux de fond [34]. À l'échelle de la sous-région marine, la sole ne semble pas notablement touchée par des épisodes d'hypoxie. Il ne semble pas que des anoxies conséquentes surviennent ailleurs au sein de la sous-région marine.

## 1.7. CHANGEMENTS GLOBAUX

L'impact de l'augmentation de la température sur l'occurrence et l'abondance des poissons plats a été étudié dans le golfe de Gascogne [38]. La population de soles communes, située loin des limites de son aire de répartition, n'y est pas menacée par le réchauffement. Au vu de la biogéographie de cette espèce, ces résultats semblent pouvoir s'appliquer à la Manche-mer du Nord.

## 2. CONCLUSION

Les effets de la perte physique des habitats (aménagement des zones côtières, espèces envahissantes) et de la dégradation de la qualité des secteurs résiduels (eutrophisation et contamination chimique) se cumulent avec les effets de la pêche. Pour gérer durablement les populations de soles, il est donc indispensable de prendre en compte l'ensemble des pressions anthropiques pouvant agir sur les habitats essentiels au renouvellement de l'espèce, lors des différentes phases du cycle de vie des populations.

Plus particulièrement, les écosystèmes côtiers et estuariens jouent un rôle essentiel pour le renouvellement de la sole dont le cycle de vie impose, au stade juvénile, de séjourner dans des aires de nourriceries situées dans ces secteurs. L'augmentation des activités humaines le long des cours d'eau, des estuaires et des zones côtières affecte donc quantitativement (destruction) et qualitativement (dégradation de la qualité) ces habitats et, par conséquent, le renouvellement des populations.



Par exemple, la destruction des habitats dans l'estuaire de la Seine a entraîné une diminution de la capacité de nurserie de cet estuaire pour les juvéniles de sole de plus de 40 %. À l'échelle de la population exploitée en Manche Est, l'impact de cette destruction des vasières de l'aval de l'estuaire et de la dégradation de la qualité des habitats résiduels de nurserie a conduit à une réduction de l'abondance de soles, et, de fait, des captures potentielles, de l'ordre de 15 à 32 % [6]. En première approximation, on peut considérer que cette perte qui affecte l'ensemble de la population de Manche Est est occasionnée par la réduction physique des surfaces de vasières en Seine mais surtout (approximativement aux trois quarts) par la perte de qualité des habitats résiduels au sein de cet estuaire.

Parallèlement, la biomasse féconde des populations est aujourd'hui fortement réduite par rapport à l'état vierge (hors exploitation) du fait de la pêche et les conditions d'exploitation sont à l'origine d'une pression sélective qui limite la croissance des individus, ainsi que d'un niveau de biomasse trop faible (Manche Ouest) ou d'une mortalité trop forte (Manche Est) pour une exploitation durable (cf. § 1.5.1.).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Le Pape O., 2005. Les habitats halieutiques essentiels en milieu côtier. Les identifier, comprendre leur fonctionnement et suivre leur qualité pour mieux gérer et pérenniser les ressources marines exploitées. L'exemple des nurseries côtières de poissons plats. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Bretagne Occidentale : 78 pp.
- [2] Beyst B., Cattirjse A. et Mees J., 1999. Feeding ecology of juvenile flatfishes of the surf zone of a sandy beach. *Journal of Fish Biology* 55, 1171-1186.
- [3] Amara R., Laffargue P., Dewarumez J.M., Maryniak C., Lagardère F. et Luczac C., 2001. Feeding ecology and growth of 0-group flatfish (sole, dab et plaice) on a nursery ground (southern Bight of the North Sea). *Journal of Fish Biology* 58, 788-803.
- [4] ICES, 2010a. Report of the ICES Advisory Committee, 2010. ICES Advice 2010. Book 6, North Sea. 309 pp.
- [5] ICES, 2010b. Report of the ICES Advisory Committee, 2010. ICES Advice 2010. Book 5, Celtic Sea and West of Scotland. 294 pp.
- [6] Rochette S., Rivot E., Morin J., Mackinson S., Riou P. et Le Pape O., 2010. Effect of nursery habitat degradation on flatfish population : Application to *Solea solea* in the Eastern Channel (Western Europe). *Journal of Sea Research* 64, 34-44.
- [7] Le Pape O., Gilliers C., Riou P., Morin J., Amara R. et Desaunay Y., 2007. Convergent signs of degradation in both the capacity and the quality of an essential fish habitat : state of the Seine estuary (France) flatfish nurseries. *Hydrobiologia* 588, 225-229.
- [8] Desprez M., 2000. Physical et biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel : short- and long-term post-dredging restoration. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1428-1438.
- [9] Desprez, M., 2007. Impact halieutique des extractions de sédiments marins sur le site d'extraction de Dieppe. Fréquentation halieutique et relations trophiques entre poissons et macrofaune benthique.
- [10] ICES, 2010c. Report of the Working Group on the Effects of Extraction of Marine Sediments on the Marine Ecosystem (WGEXT), 31 May-4 June 2010, Djurönäset, Sweden. ICES CM 2010/SSGHIE : 10.108 pp.
- [11] Victor-Baptiste F. et Blanpied-Wohrer C., 1981. Évaluation des captures de poissons sur les filtres rotatifs de la centrale de Gravelines. Rapport préliminaire mars-septembre 1981. EDF, Direction des Etudes et Recherches.
- [12] Victor-Baptiste F., 1984. Étude qualitative et quantitative des organismes entraînés dans la centrale de Gravelines (Nord). Essai de quantification de l'impact global de la centrale : application aux harengs, *Clupea harengus* (L., 1758). Thèse de doctorat.
- [13] Blanpied-Wohrer C., 1984. Étude qualitative et quantitative des organismes entraînés dans la centrale de Gravelines (Nord). Influence des facteurs du milieu sur la capture de ces organismes. Thèse de doctorat.
- [14] Woehrling D., 1982. Étude expérimentale de l'impact de la centrale de Gravelines (Nord) sur les œufs et les larves de la sole (1982). Contrat EDF-SE/ISTPM n°E.2858.

- [15] Woehrling D., 1983. Étude expérimentale de l'impact de la centrale de Gravelines (Nord) sur les oeufs et larves de la sole (1982-1983). Contrat EDF-SE/ISTPM n°E.2963.
- [16] Halgand D., Cochard M.L., Huet M., Lampert L. et Dagault F., 2005. Surveillance écologique et halieutique du site de électronucléaire de Penly : année 2004. Rapport scientifique annuel. IFREMER/CN/EMH-05.01. 187 pp.
- [17] Drévès L., Abernot-Le Gac C., Lampers L., Martin J., Brylinski J.M., Nogues L., Schlaich I. et Vincent D., 2007. Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville : année 2006. Rapport scientifique annuel. IFREMER DOP/LER 07-01. 190 pp.
- [18] Monbet P., Antajan E., Claquin P., Davoult D., Delpech J.P., Le Gac-Arbenot C., Meirland A., Migne A., Rolet C., Rostiaux E. et Talleux J.D., 2010. Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Paluel : année 2009. Rapport scientifique annuel final. Ifremer RST LERN 10.01. 180 pp.
- [19] Abarnou A., Burgeot T., Chevreuil M., Leboulenger F., Loizeau V., Madoulet-Jaouen A., Minier C., 2000. Les contaminants organiques. Quels risques pour le monde vivant ? Fascicule Seine Aval, 13 : 36 pp.
- [20] Gilliers C., Le Pape O., Désaunay Y., Morin J., Guérault D. et Amara R., 2006a. Are growth and density quantitative indicators of essential fish habitat quality ? An application to the common sole *Solea solea* nursery grounds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69, 96-106.
- [21] Amara R., Meziane T., Gilliers C., Hermel G. et Laffargue P., 2007. Growth and condition indices in juvenile sole *Solea solea* measured to assess the quality of essential fish habitat. *Marine Ecology Progress Series* 351, 201-208.
- [22] Loizeau V., 2010. Rapport final de projet SoleBEMol-pop projet VMC 2006-13. Rapport Ifremer. 29 pp.
- [23] Gilliers C., Le Pape O., Désaunay Y., Bergeron J.-P., Schreiber N., Guerault D. et Amara R., 2006b. Growth and condition of juvenile sole (*Solea solea* L.) as indicators of habitat quality in coastal and estuarine nurseries in the Bay of Biscay with a focus on sites exposed to the Erika oil spill. *Scientia Marina* 70, 183-192.
- [24] Mollet F., Kraak S.B.M. et Rijnsdorp A., 2007. Fisheries induced evolutionary changes in maturation reaction norms in North Sea Sole *Solea solea*. *Marine Ecology Progress Series* 351, 189-199.
- [25] Ernande B., Cuvelier E., Diopere E., Mollet F., Rijnsdorp A.D., Volckaert F.A.M. and Maes G. (in prep.) Assessing temporal quantitative genetic differentiation within wild populations : Qt, a temporal equivalent of Qst.
- [26] Vergnon R. et Blanchard F., 2006. Evaluation of trawling disturbance on macrobenthic invertebrate communities in the Bay of Biscay, France : Abundance Biomass Comparison (ABC method). *Aquatic Living Resources* 19, 219-228.
- [27] Hiddink J.G., Rijnsdorp A.D. et Piet G., 2008. Can bottom trawling disturbance increase food production for a commercial fish species ? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65, 1393-1401.
- [28] Gibson R.N., 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research* 32 (2), 191-206.
- [29] Kostecki C., Rochette S., Girardin R., Blanchard M., Desroy N. et Le Pape O., 2011. Reduction of flatfish habitat as a consequence of the proliferation of an invasive mollusc. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92, 154-160.
- [30] Blanchard M., 1995. Origine et état de la prolifération de *Crepidula fornicata* (Gastropoda Prosobranchia) sur le littoral français. *Haliotis* 24, 75-86.
- [31] Nordström M. et Booth D.M., 2007. Drift algae reduce foraging efficiency of juvenile flatfish. *Journal of Sea Research* 58, 335-341.
- [32] Carl J.D., Sparrevohn C.R., Nicolajsen H. et Strottrup J.G., 2008. Substratum selection by juvenile flounder *Platichthys flesus* (L.) : effect of ephemeral filamentous macroalgae. *Journal of Fish Biology* 72, 2570-2578.
- [33] Wennhage H., Pihl L. et Stal J., 2007. Distribution and quality of plaice nursery grounds on the Swedish west coast. *Journal of Sea Research* 57 (2-3), 218-229.
- [34] Aminot A., Belin C., Chapelle A., Guillaud J.F., Joanny M., Lefebvre A., Ménesguen A., Merceron M., Piriou J.Y. et Souchu P., 2001. L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. IFREMER DEL/EC/01.02. 59 pp.
- [35] Zdanevitch I., Adam K. et Clincke A.S., 2010. Algues vertes. Description des phénomènes et procédés et enjeux de maîtrise des risques. Rapport d'étude INERIS. 116 pp.
- [36] Lefebvre A. et Delpech J.P., 2004. Le bloom de *Phaeocystis* en Manche orientale : nuisances socio-économiques et/ou écologiques ? Rapport IFREMER, 36 pp.
- [37] Selleslagh J. et Amara R., 2008. Inter-season and interannual variations in fish and macrocrustacean community structure on a eastern English Channel sandy beach : Influence of environmental factors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77, 721-730.
- [38] Hermant M., Lobry J., Bonhommeau S., Poulard J.C., Le Pape O., 2010. Impact of warming on abundance and occurrence of flatfish populations in the Bay of Biscay (France). *Journal of Sea Research* 64, 45-53.

## ABRÉVIATIONS

**CIEM** : Conseil International pour l'Exploration de la Mer (= ICES : International Council for the Exploration of Sea)

**PBDE** : polybromodiphényléthers

**PCB** : polychlororbiphényles

**PCP** : Politique Commune des Pêches

**RMD** : Rendement Maximal Durable