

Manche Mer du Nord

Fonctionnalité des habitats sur le secteur
d'étude du Parc Naturel Marin
"Estuaires picards et Côte d'Opale"
et de la zone Natura 2000
"Banc des Flandres"





Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux sur le secteur d'étude du Parc Naturel Marin « Estuaires picards et Mer d'Opale »



Source : tousautourdumonde.blogspot.com

OPTION « Fonctionnalité des habitats »

RAPPORT DEFINITIF



OCTOBRE 2012

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de *In Vivo* ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique : In Vivo (sauf mention particulière)

Auteurs

Hervé Darzacq	Chargé d'études
Séverine COUPPA	Cartographe (géographe)

In Vivo Environnement
ZA La grande Halte
29940 La Forêt Fouesnant
Tel : 02.98.51.41.75
Fax : 02.98.51.41.55



In Vivo Méditerranée
ZA les Castors
Le Beau Vézé
83320 Carqueiranne
Tel : 04.94.00.40.20
Fax : 04.94.00.40.21

mail : info@invivo-environnement.com
Site web : www.invivo-environnement.com

Table des matières

1	INTRODUCTION	5
2	DEFINITION DES CONCEPTS	5
2.1	FONCTIONNALITE ET FONCTIONNEMENT	5
2.2	NOURRICERIE.....	7
2.3	FRAYERE	8
2.4	ZONE DE TRANSIT	8
2.5	REFUGE	9
2.6	SITE DE NOURRISSAGE	9
2.7	SITE DE REPOS ET DE NOURRISSAGE A TERRE.....	9
3	RESULTATS	10
3.1	HABITATS FONCTIONNELS DES POISSONS.....	10
3.1.1	Les nourriceries côtières estuariennes	10
3.1.2	Les frayères	15
3.1.3	Les zones de transit	17
3.2	LES STRUCTURES REMARQUABLES DE LA MANCHE ORIENTALE ET LEUR FONCTIONNALITE.....	24
3.2.1	Les dunes hydrauliques	24
3.2.2	Les champs de macroalgues.....	25
3.2.3	Les ridens rocheux de Boulogne-sur-Mer	27
3.2.4	Les estuaires	29
3.2.5	Les phoques	32
4	CONCLUSION	36
5	BIBLIOGRAPHIE	40
6	FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE	46

Liste des figures

<i>Figure 1 : Représentation schématique du cycle de vie des poissons (d'après Harden Jones, 1968)</i>	<i>7</i>
<i>Figure 2 : Peuplements macrobenthiques côtiers (source : Ifremer)</i>	<i>11</i>
<i>Figure 3 : Densités de Donax vitattus (source : In Vivo).....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 4 : Distribution des frayères et des nourriceries de la plie (Abbes, 1991 in Mahé, 2006)</i>	<i>12</i>
<i>Figure 5 : Distribution des frayères et des nourriceries de la sole (Abbes, 1991 in Mahé, 2006).....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 6 : Distribution des nourriceries du merlan (Abbes, 1991 in Mahé, 2006)</i>	<i>13</i>
<i>Figure 7 : Nourricerie côtière de la Manche orientale</i>	<i>14</i>
<i>Figure 8 : Frayères de la Manche orientale</i>	<i>16</i>
<i>Figure 9 : Cycle biologique des salmonidés migrateurs (source : Fournel, 1994)</i>	<i>17</i>
<i>Figure 10 : Rythmes migratoires des salmonidés migrateurs dans les rivières du Nord-Ouest (source : Fournel, 1994).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 11 : Etat fonctionnel des contextes piscicoles du Nord Pas-de-Calais (source : Anonyme, 2007)</i>	<i>19</i>
<i>Figure 12 : Distribution et abondance des poissons amphihalins (source : Ifremer)</i>	<i>19</i>
<i>Figure 13 : Distribution du saumon dans les cours d'eau du bassin Artois-Picardie (source : Anonyme, 2007) ..</i>	<i>20</i>
<i>Figure 14 : Distribution des espèces de lamproies dans les cours d'eau du bassin Artois-Picardie (source : Anonyme, 2007).....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 15 : Densités d'anguille capturées en 2004 sur les stations du RHP (in Navarro, 2007)</i>	<i>22</i>
<i>Figure 16 : Zones de transit de la Manche orientale</i>	<i>23</i>
<i>Figure 17 : Champ de laminaires (source : Yves Gladu).....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 18 : Phoque veau marin au milieu des laminaires (source : Yves Gladu)</i>	<i>26</i>
<i>Figure 19 : Fonctionnalité de refuge (Parablennius gattorugine) (source : IN VIVO).....</i>	<i>28</i>
<i>Figure 20 : Fonctionnalité de refuge (Homparus gammarus) (source : IN VIVO)</i>	<i>29</i>
<i>Figure 21 : Structures remarquables de la Manche orientale</i>	<i>31</i>
<i>Figure 22 : Suivi télémétrique du phoque veau marin en baie de Somme (source : Vincent, 2009)</i>	<i>32</i>
<i>Figure 23 : Densité de Callionymus sp. (à gauche) et de poissons plats (à droite) (source : IN VIVO)</i>	<i>33</i>
<i>Figure 24 : Habitats fonctionnels du phoque veau marin.....</i>	<i>35</i>

1 INTRODUCTION

Dans l'emprise du PNM, une étude sur la fonctionnalité écologique des habitats doit être réalisée avec pour finalité la cartographie des habitats fonctionnels sur la base des trois fonctionnalités que sont les habitats de nourricerie, de frayère et de transit. Comme le stipule le CCTP, cette étude sera réalisée par analyse bibliographique et compléments d'acquisition argumentés.

L'objectif de cette étude est de comprendre la manière dont fonctionne un écosystème, son organisation, et la manière dont les espèces y effectuent leur cycle de vie. Tout d'abord, afin que cette étude soit la plus pertinente et la plus complète possible il est important de définir dans une première partie le concept de fonctionnalité et les différents habitats fonctionnels qui seront pris en compte. Ensuite, dans une partie résultats, les différents habitats fonctionnels nécessaires au cycle de vie des poissons seront présentés, ainsi que les structures remarquables de la Manche orientale qui ont une fonctionnalité particulière. La notion d'habitats fonctionnels ne s'applique pas uniquement aux poissons, cependant, comme cela est expliqué ci-dessous, dans le cadre d'un projet de PNM il semble plus pertinent de s'intéresser à des espèces de relativement grande taille, capables d'effectuer des déplacements significatifs par rapport aux dimensions de la zone d'étude.

2 DEFINITION DES CONCEPTS

2.1 FONCTIONNALITE ET FONCTIONNEMENT

Tout d'abord, il apparaît essentiel de distinguer les termes « fonctionnalité » et « fonctionnement ». Dans la littérature, rédigée en anglais, cette distinction se fait par les mots « fonction » et « functioning » (Jax, 2005). Le fonctionnement global d'un écosystème est complexe et implique les facteurs physiques, chimiques et biologiques du système (Bremner, 2008). D'une manière générale, le fonctionnement d'un écosystème traduit l'influence de la biocénose sur les conditions physico-chimiques du milieu (Naeem *et al.*, 1999). Cela signifie que les organismes végétaux, animaux et procaryotes maintiennent et régulent les processus qui se déroulent au sein de leur écosystème. Cela englobe les flux de matière et d'énergie, les cycles d'éléments chimiques, la productivité, ou encore des processus physiques tels que la diagénèse (transformation des sédiments en roches sédimentaires). Certaines espèces sont identifiées comme ayant un rôle prépondérant dans le déroulement des processus d'un écosystème, ce sont les « espèces clés » et les « espèces ingénieurs ». Leur perte aura un impact disproportionné sur la communauté comparé à la perte d'autres espèces. Les espèces benthiques ont des rôles très importants dans la régulation des processus d'un écosystème marin, et ces rôles sont déterminés par ce que l'on appelle les traits biologiques (Bremner *et al.*, 2006). Par exemple, le phénomène de bioturbation va avoir un impact

important sur le biotope et donc sur l'écosystème.

La notion de fonctionnalité, peut quant à elle, être considérée de deux manières différentes. Tout d'abord, le rôle que joue un organisme dans un écosystème. Par exemple la production primaire d'un organisme végétal, correspond à la fonctionnalité de cet organisme. Les espèces qui ont des fonctionnalités écologiques similaires sont regroupées en groupes fonctionnels (Naeem *et al.*, 1999). Ensuite, un écosystème (ou un habitat) a une fonctionnalité écologique lorsqu'il fait l'objet d'une utilisation « pratique » par les espèces (Jax, 2005). C'est-à-dire que l'habitat va remplir une fonction particulière pour le bon déroulement de tout ou partie du cycle de vie des espèces. C'est cette dernière définition de la fonctionnalité qui est prise en compte pour cette étude. Il convient néanmoins de la restreindre afin que l'identification des habitats fonctionnels soit pertinente et réponde aux objectifs d'une étude pour un projet de PNM. Il faut noter que le terme d'habitat fonctionnel renvoie à la notion d'écosystème.

Nous pouvons différencier les habitats fonctionnels au sens strict, qui sont utilisés par les espèces pour une étape de leur cycle de vie (e.g. nourricerie, frayère...), de l'habitat fonctionnel au sens large qui lui comprend les masses d'eau et substrats nécessaires à la croissance, la maturation, la reproduction et à la ponte des espèces, et qui inclut les propriétés physiques, chimiques et biologiques des zones marines qui supportent les populations durant la totalité de leur cycle de vie (Martin *et al.*, 2007). Nous pouvons considérer qu'un habitat fonctionnel au sens large est constitué de plusieurs habitats fonctionnels au sens strict. Pour un projet de PNM, c'est la connaissance des habitats fonctionnels au sens strict qui est importante pour envisager des dispositifs de gestion ciblé dans le temps et dans l'espace. Cette étude porte donc sur l'identification des habitats fonctionnels au sens strict.

En résumé, pour cette étude nous considérons que les habitats fonctionnels sont des habitats qui font l'objet d'une utilisation pratique, par une ou plusieurs espèces, pendant une période de leur cycle de vie.

Il est nécessaire qu'une échelle spatiale soit définie pour déterminer ces habitats fonctionnels. En effet, pour un petit organisme vivant, un crustacé amphipode par exemple, un simple rocher peut correspondre à son habitat fonctionnel au sens large qui sera constitué de plusieurs habitats fonctionnels au sens strict qui eux, correspondent aux différents faciès qu'offre le rocher. Pour une étude dans le cadre d'un projet de PNM, il semble plus pertinent de travailler à plus grande échelle, avec des espèces qui peuvent se déplacer de manière significative par rapport aux dimensions de la zone d'étude, afin que les données nous donnent des informations sur des habitats à échelle humaine pouvant faire l'objet de mesures de gestion cohérentes vis-à-vis des activités anthropiques. La présente étude porte donc une attention particulière aux espèces telles que les poissons, les mammifères marins (pinnipèdes) et les oiseaux, dont les habitats fonctionnels peuvent être identifiés à l'échelle de la zone d'étude.

Pour déterminer quels sont les principaux habitats fonctionnels, il est nécessaire de comprendre le cycle de vie des espèces. Pour les poissons, le cycle de vie comporte trois principales étapes. Tout d'abord, les

adultes vont pondre dans des zones de frayère. Ensuite, les larves planctoniques (phase pélagique) sont transportées par les courants dans les zones de nourriceries où elles vont se métamorphoser en juvéniles. Enfin, la phase de recrutement intervient lorsque les juvéniles devenus adultes rejoignent les autres adultes sur les habitats de vie où ils se nourrissent (stock). Les déplacements entre les différentes zones correspondent aux migrations (triangle de migration de Harden Jones, 1968) (**Figure 1**).

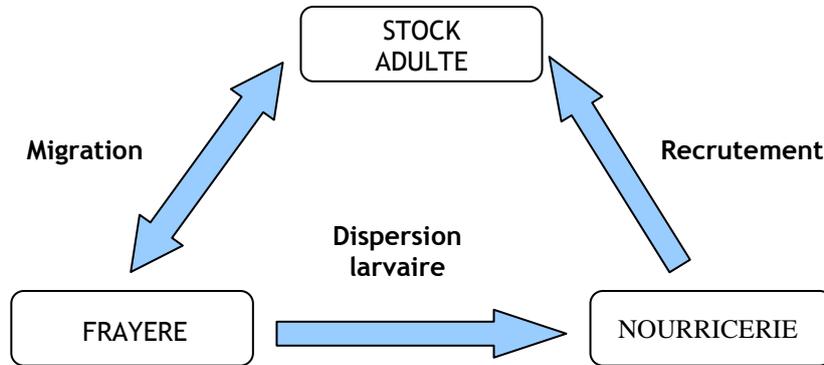


Figure 1 : Représentation schématique du cycle de vie des poissons (d'après Harden Jones, 1968)

Les principaux types d'habitats fonctionnels au sens strict sont donc les nourriceries, les frayères, et les zones de vie du stock adulte. Les zones de vie peuvent également être subdivisées en plusieurs habitats fonctionnels qui vont être exploités à divers moments de la journée, ou à différentes saisons. Ce sont les sites de nourrissage et les refuges, mais également les sites de repos à terre qui vont concerner les mammifères marins pinnipèdes et les oiseaux. La connaissance des habitats fonctionnels est primordiale pour l'exploitation durable des ressources halieutiques et pour la gestion de zones susceptibles d'abriter des espèces d'intérêt communautaire. Il est nécessaire de définir précisément à quoi ils correspondent afin de pouvoir les identifier.

2.2 NOURRICERIE

De nombreuses espèces de poissons, notamment de poissons plats, passent au cours de leur cycle biologique par des habitats restreints et instables que sont les nourriceries côtières et estuariennes (Gilliers *et al.*, 2004). Une nourricerie est un secteur géographique propice au développement et à la survie de jeunes poissons avant maturation (Riou *et al.*, 2000). Une nourricerie *stricto sensu* se caractérise par la présence durable de grandes densités de juvéniles, par l'utilisation pérenne de la matière produite *in situ* pour la croissance, et par la migration des subadultes vers les sites où vivent les adultes et où a lieu la reproduction (Beck *et al.*, 2001 in Parlier, 2006). La croissance et la survie des juvéniles dépendent à la fois de la capacité et de la qualité des habitats de nourricerie (Gibson, 1994 in Le Pape *et al.*, 2003) qui sont donc déterminant pour le renouvellement des stocks halieutiques. Les habitats de nourricerie de bonne qualité sont ceux où la croissance et la survie des espèces sont optimales. Les facteurs les plus

importants contribuant à la qualité des nourriceries sont l'oxygénation, la température, la disponibilité en nourriture et l'absence de prédateurs. Aux variations temporelles de ces facteurs « naturels » s'ajoutent les effets liés aux perturbations anthropiques du milieu (e.g. modification du débit des fleuves, anthropisation des berges, modifications des paramètres physico-chimiques de l'eau...), très fortes en milieu côtier malgré la fonction écologique essentielle de ces habitats (Gilliers *et al.*, 2004).

2.3 FRAYERE

Une frayère est le lieu où se reproduisent les poissons. Chez beaucoup de poissons osseux (osteichthyens), la fécondation est externe. C'est-à-dire que les gamètes mâles et les gamètes femelles sont libérés dans le milieu où a lieu la fécondation. Les œufs de poisson présentent une mortalité assez élevée, la ponte est donc un stade particulièrement vulnérable dans le développement de l'espèce. La connaissance des frayères de poissons et de leurs habitats associés est primordiale pour les protéger contre l'impact des activités humaines, telles que la surexploitation des géniteurs, le transport maritime et les ports internationaux, les installations en mer (e.g. les parcs éoliens), la pollution, l'extraction de granulats marins, etc. (Martin *et al.* 2007).

2.4 ZONE DE TRANSIT

Les zones de transit sont comme leur nom l'indique des zones qui vont être empruntées par divers espèces lors de leur migration. De très nombreuses espèces effectuent des migrations au cours de leur cycle de vie sur de plus ou moins longues distances. Le terme de migration renvoie ici à des migrations horizontales. Cependant, il existe des migrations verticales. Plusieurs espèces de poissons vont en effet effectuer des migrations verticales, en fonction des courants de marée, lors de leurs migrations horizontales. Lorsque le courant leur est favorable, par rapport au sens de leur migration, les individus vont se placer dans la colonne d'eau. A l'inverse, lorsque le courant leur est défavorable, ils vont se mettre sur le fond là où la force du courant est diminuée. Ainsi, la dépense d'énergie est grandement optimisée. Ce type de comportement est également observé chez les larves de plusieurs espèces, telles que la plie et la sole, ce qui explique des différences interspécifiques dans le transport larvaire (Grioche *et al.*, 1999 in Grioche *et al.*, 2000). Dans ce cas, le transport larvaire peut être considéré comme actif car la dérive (migration horizontale passive) est conditionnée par les migrations verticales actives. Néanmoins, dans le cadre de l'étude pour le projet de PNM, ce sont les migrations horizontales actives qui sont considérées car elles peuvent faire apparaître dans certains cas des couloirs de migrations (zone de transit). Ces couloirs de migrations peuvent faire l'objet de perturbations anthropogéniques et donc, du fait de leur importance pour le cycle de vie des espèces, leur identification est essentielle.

Le CCTP évoque les corridors comme habitat fonctionnel. La notion de corridor contient plusieurs aspects qu'il est important de définir. D'une manière générale, un corridor est une liaison fonctionnelle entre écosystèmes ou entre différents habitats d'une espèce, permettant sa dispersion et sa migration. Dans un contexte de métapopulation, les corridors biologiques se définissent comme des structures spatiales qui assurent la connexion entre deux sous-populations et permettent ainsi la migration d'individus et donc un flux de gènes entre les populations (Rapport-corridors FPNRF, 2005). La notion de corridor est une notion récente de l'écologie du paysage, une branche de la biogéographie, et est avant tout relative à l'écologie continentale. Cette notion est intervenue suite à la fragmentation écologique du paysage et des écosystèmes liée aux activités humaines. En biologie marine, la connectivité entre écosystèmes se fait grâce à un réseau complexe et encore mal connu de corridors biologiques sous-marins. Ces corridors ne sont pas comparables avec les corridors terrestres car ils ne sont pas physiquement délimités. Certains courants peuvent jouer le rôle de corridors écologiques de même que les paramètres physico-chimiques de l'eau qui peuvent guider les espèces grâce au chimiotactisme.

2.5 REFUGE

De nombreux juvéniles de poissons montrent une affinité particulière pour les habitats benthiques complexes du fait qu'ils constituent des habitats refuges contre les prédateurs (Lough *et al.*, 1989; Able *et al.*, 1995; Auster *et al.*, 1997; Gregory and Anderson, 1997; Thrush *et al.*, 2002 in Scharf *et al.*, 2006). Les fonds marins structurellement complexes offrent le plus de refuges contre la prédation sous la forme d'espaces interstitiels dans lesquels les petits poissons peuvent échapper aux plus gros (Scharf *et al.*, 2006). Ces habitats refuges sont particulièrement important pour la survie des espèces et une étude menée par Hutchings et Reynolds (2004) a montré que la réduction de la disponibilité des habitats refuges est un facteur entraînant le déclin de certaines populations de poissons ou ralentissant leur reconstitution (Scharf *et al.*, 2006).

2.6 SITE DE NOURRISSAGE

Les sites de nourrissage sont une subdivision de l'habitat fonctionnel plus vaste « lieu de vie ». Ce sont des zones où les assemblages biologiques vont être propices à la nutrition des espèces et qui vont donc être préférentiellement choisis par les individus en période de chasse.

2.7 SITE DE REPOS ET DE NOURRISSAGE A TERRE

Les sites de repos et de nourrissage à terre concernent les mammifères marins pinnipèdes et les oiseaux. En effet, les phases importantes du cycle de vie des pinnipèdes se déroulent à terre : accouplement, naissance, allaitement, mue, repos. Ils passent ainsi environ $\frac{1}{4}$ de leur temps à terre (Vincent, 2009). Les sites de nourrissage à terre ne concernent que les oiseaux, et notamment les limicoles et les anatidés.

3 RESULTATS

Les résultats sont présentés tout d'abord selon les trois grands habitats fonctionnels des poissons que sont les nourriceries, les frayères et les zones de refuge. Ensuite, un focus est fait sur les grandes structures remarquables de la Manche orientale, et la fonctionnalité écologique qui leur est associée.

3.1 HABITATS FONCTIONNELS DES POISSONS

3.1.1 LES NOURRICERIES CÔTIÈRES ESTUARIENNES

Les zones marines côtières situées à proximité d'embouchures de fleuves présentent un intérêt écologique majeur. Comme beaucoup de front hydrologique, elles sont caractérisées par d'importantes concentrations en nutriments et une forte production primaire (Largier, 1993 *in* Darnaude, 2003). Leur niveau de production secondaire est très élevé, les communautés animales étant le plus souvent composés d'espèces à croissance rapide et à forte productivité (Wolff, 1983 *in* Darnaude, 2003). De plus, dans les zones marines sous influence fluviale, l'origine de la matière organique est complexe et très variable (Mann, 1982 *in* Darnaude, 2003). Les apports continentaux se superposent aux éléments nutritifs déjà présents dans le milieu marin et influencent grandement la productivité et le fonctionnement des écosystèmes. Les crues saisonnières injectent également, au niveau du fond, de fortes quantités de matière organique particulaire et divers débris végétaux d'origine terrestre (Darnaude, 2003).

Ces conditions particulières, que l'on retrouve dans la zone d'étude du projet du PNM des trois estuaires, sont propices à l'établissement d'un habitat particulier : le sable fin envasé à *Abra alba* (W. Wood, 1802) et *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) (EUNIS A5 22_FR01). Ce peuplement qui présente une composition faunistique semblable au peuplement à *Donax vittatus* (da Costa, 1778), avec comme principales espèces *D. vittatus*, *M. balthica*, *Tellina fabula* (Gmelin, 1791), *Pectinaria koreni* (Malmgren, 1866), *Nephtys cirrosa* (Ehlers, 1868) (Cabioch et Glaçon, 1975 *in* Warembourg, 2000) et *Ensis directus* (Conrad, 1843) (Dewarumez et Davoult, 1997 *in* Warembourg, 2000), est localisé le long de la zone côtière généralement sur des fonds n'excédant pas 10 m de profondeur (Warembourg, 2000) (**Figure 2**). Il faut noter que ce peuplement présente en Mer du Nord des fluctuations très importantes d'une année sur l'autre (Dewarumez *et al.*, 1986 *in* Warembourg, 2000).

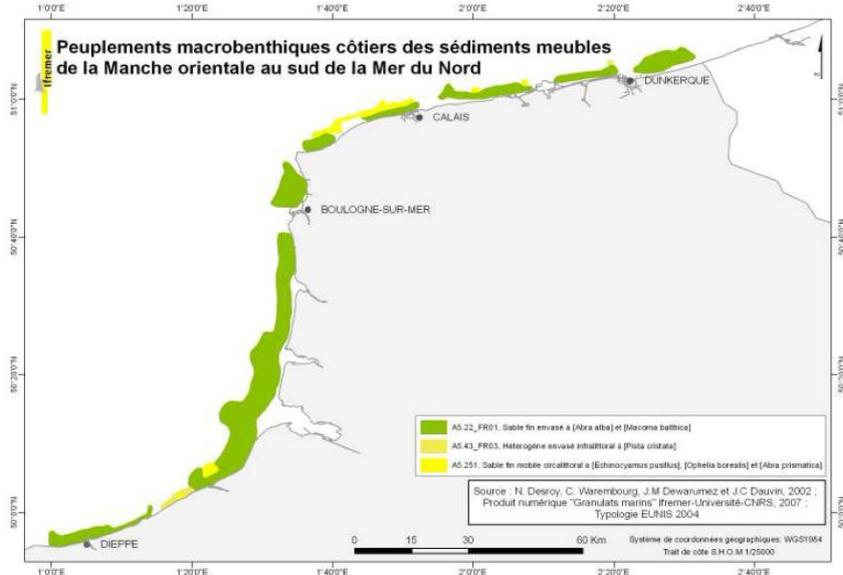


Figure 2 : Peuplements macrobenthiques côtiers (source : Ifremer)

Ces données bibliographiques sont corroborées par les données de terrain, obtenues grâce aux prélèvements réalisés à la benne, qui nous montrent de fortes densités de *D. vittatus* dans la zone côtière et notamment au niveau des embouchures de la Somme et de l'Authie (Figure 3).

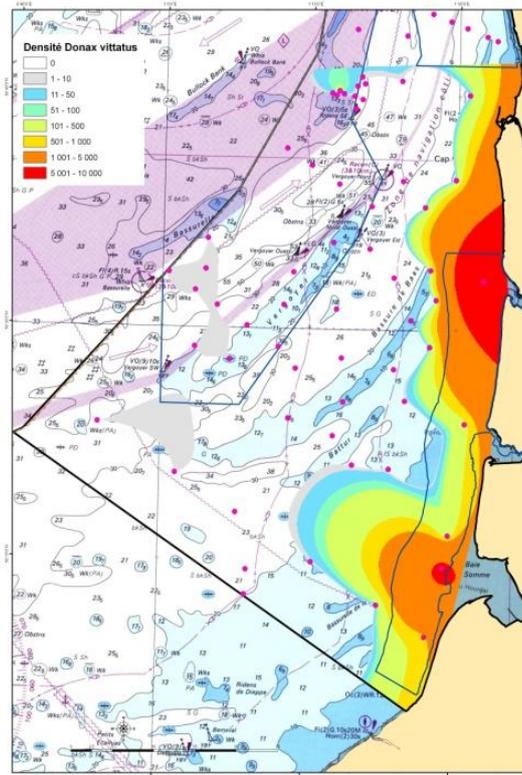


Figure 3 : Densités de *Donax vittatus* (source : In Vivo)

Le fonctionnement de cet écosystème benthique est très favorable à l'établissement d'un habitat de nurserie pour de nombreuses espèces, et en particulier pour les poissons plats qui se nourrissent de crustacés, d'annélides, d'échinodermes et de mollusques (Darnaude, 2003). En Manche, les nurseries côtières estuariennes sont en effet fortement fréquentées par les poissons plats et notamment par la sole (*Solea solea*, Linnaeus, 1758) et la plie (*Pleuronectes platessa*, Linnaeus, 1758) qui sont les deux espèces de poissons plats les plus pêchées en Manche orientale (Riou *et al.*, 2001) (Figure 4, Figure 5).

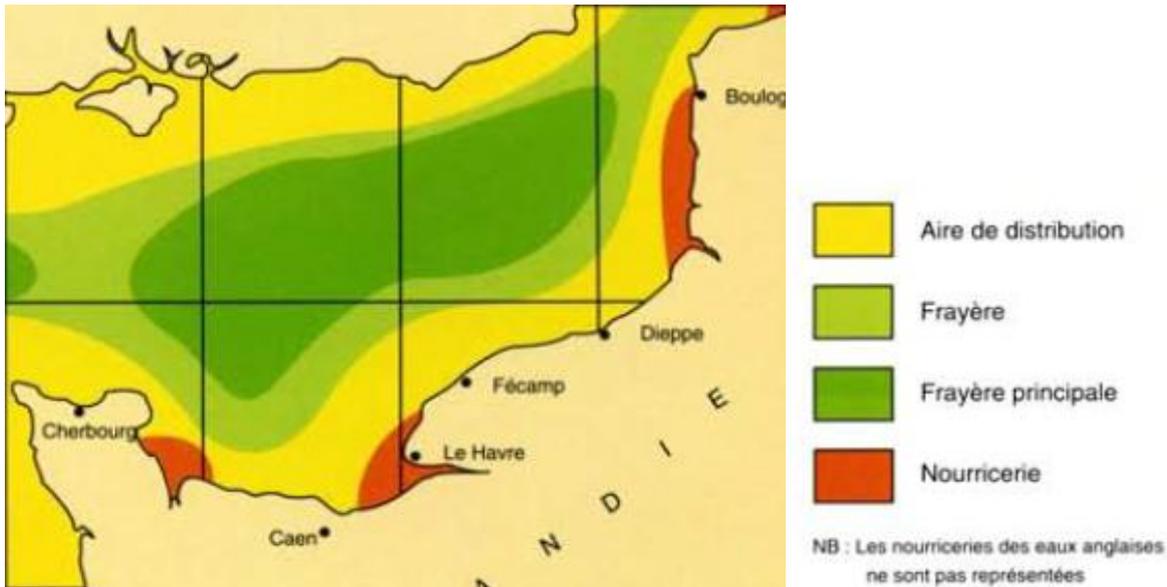


Figure 4 : Distribution des frayères et des nurseries de la plie (Abbes, 1991 in Mahé, 2006)

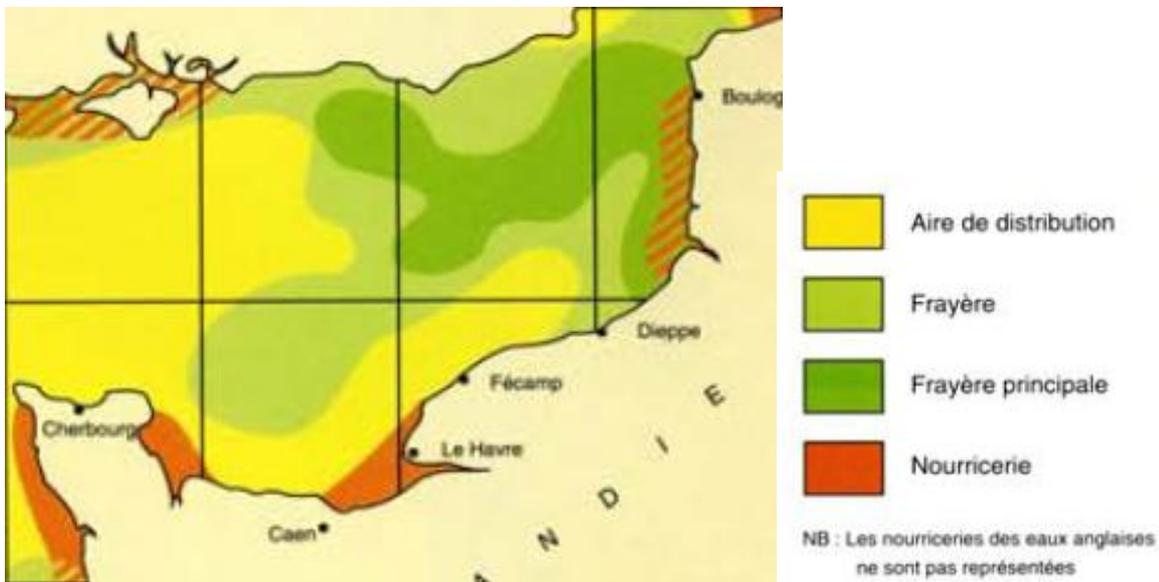


Figure 5 : Distribution des frayères et des nurseries de la sole (Abbes, 1991 in Mahé, 2006)

La sole a fait l'objet de nombreuses études en Manche orientale et sa biologie est bien connue. Les jeunes soles (moins de un an) sont étroitement liées aux facteurs abiotiques tels que la bathymétrie et le type de

sédiment. Ainsi elles sont nombreuses dans les zones peu profondes à substrat meuble (Le Pape *et al.*, 2003 in Nicolas *et al.* 2007). Elles sont également dépendantes de facteurs biotiques tels que la distribution et l'abondance d'invertébrés macrobenthiques (Nicolas *et al.* 2007) ce qui explique probablement leur présence au niveau des peuplements à *D. vittatus*. Il est important de noter que la variabilité temporelle du débit des fleuves et rivières peut avoir une influence sur l'étendue des habitats de nurricerie et sur l'abondance des jeunes soles qui y sont associées (Le Pape *et al.*, 2003 in Kostecki *et al.*, 2010). De plus, il existe des fluctuations interannuelles asynchrones d'abondance de juvéniles de plie et de sole entre différentes zones côtières de la Manche orientale (Riou *et al.*, 2000). Le Merlan (*Merlangius merlangus*, Linnaeus, 1758) utilise également les nurriceries côtières estuariennes en Manche (Mahé, 2006) (Figure 6).

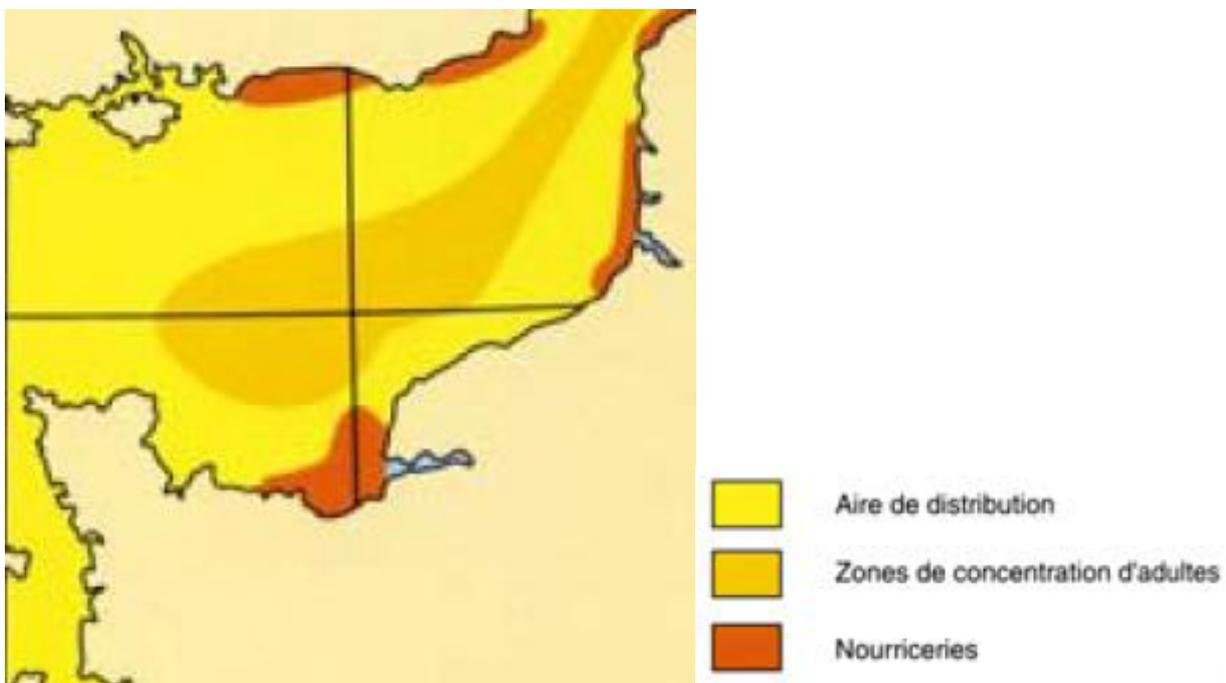


Figure 6 : Distribution des nurriceries du merlan (Abbes, 1991 in Mahé, 2006)

Dans le secteur d'étude du PNM, il y a donc une grande zone de nurricerie qui longe la côte du Tréport (Seine maritime) à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais) et qui s'étend jusqu'à l'isobathe 10m environ (Figure 7). Elle se caractérise par un habitat de sable fin envasé à *Abra alba*, et est fréquentée notamment par les juvéniles de plie, de sole et de merlan.

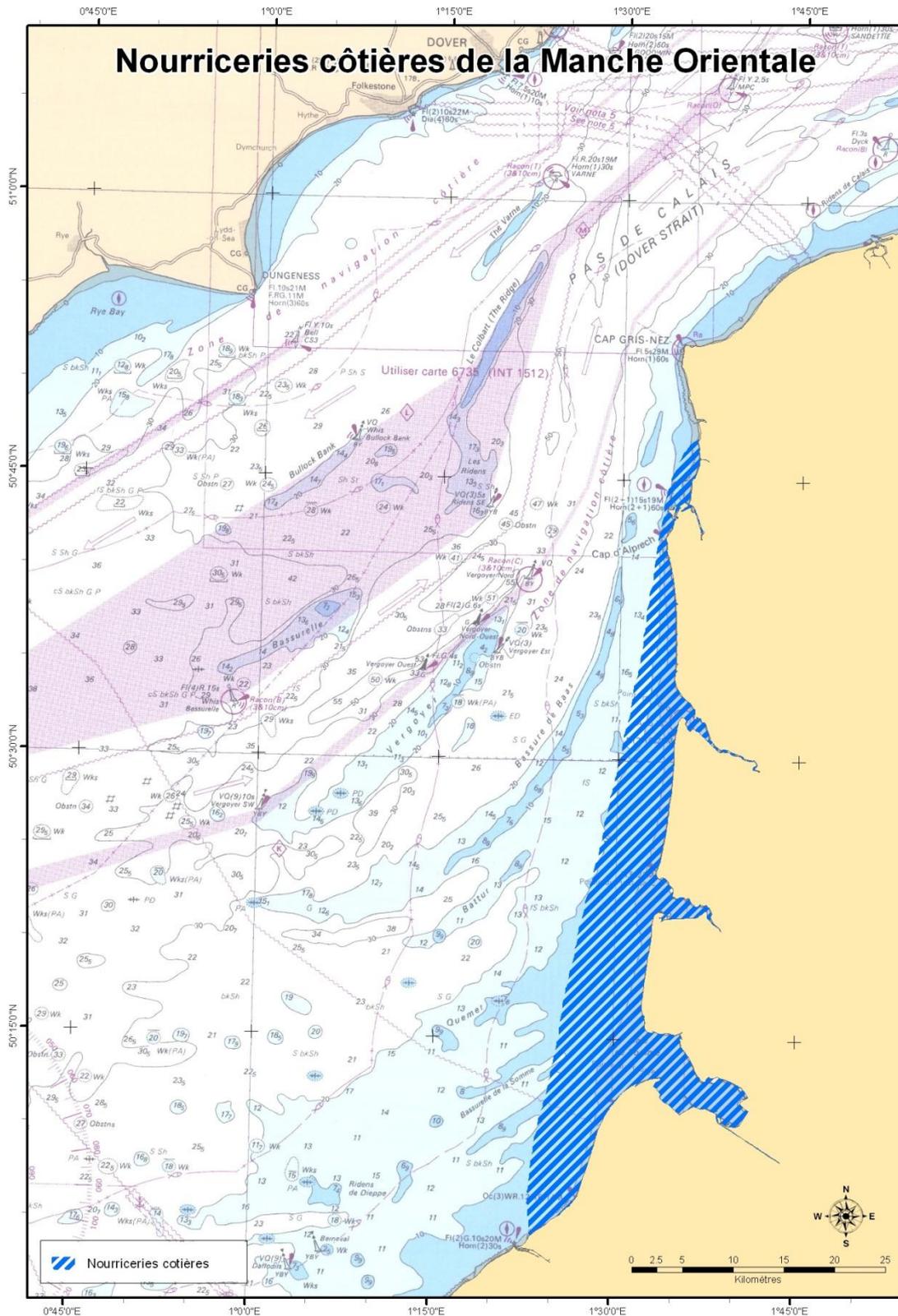


Figure 7 : Nourricerie côtière de la Manche orientale

3.1.2 LES FRAYERES

De nombreuses espèces de poissons viennent se reproduire en Manche orientale. Les périodes et les sites de ponte varient selon les espèces ce qui fait que toute la Manche orientale est concernée par la reproduction des espèces et cela tout au long de l'année. En effet, certaines espèces telle que le chinchard (*Trachurus trachurus*, Linnaeus, 1758) se reproduisent en été, d'autres se reproduisent en hiver comme le hareng (*Clupea harengus*, Linnaeus, 1758) et la plie, alors que d'autres se reproduisent aussi au printemps comme le tacaud (*Trisopterus luscus*) et le merlan. La raie bouclée (*Raja clavata*, Linnaeus, 1758), qui est un chondrichthyen (fécondation interne), peut quand à elle se reproduire toute l'année. Les périodes de reproduction varient en fonction de la disponibilité en nourriture. Elles peuvent avoir lieu soit après une période où les femelles ont pu accumuler de l'énergie pour la vitellogénèse, ou soit en fonction de la période d'incubation pour que l'éclosion des larves coïncide avec une forte disponibilité en nourriture. La température de l'eau peut également avoir une influence sur la reproduction. Ainsi, les soles se reproduisent quand l'eau dépasse 7°C, de la fin février à la fin juin. Les zones de frayères varient également selon les espèces. Ainsi, le merlan, le tacaud (*Trisopterus luscus*, Linnaeus, 1758), la morue (*Gadus morhua*, Linnaeus, 1758) ou encore la plie et la limande (*Limanda limanda*, Linnaeus, 1758) vont se reproduire vers le centre de la Manche là où les fonds dépassent 30 m de profondeur. En revanche, les espèces comme la raie bouclée et le hareng vont préférer les eaux peu profondes côtières. Le littoral de Fécamp à Dunkerque est en effet une grande zone de frayère pour le hareng où il va privilégier les zones à sédiments grossier. Le flet (*Platichthys flesus*, Linnaeus, 1758) se reproduit quant à lui dans les eaux saumâtres estuariennes. Il est difficile de connaître avec précision les zones de frayère et elles restent totalement inconnues pour de nombreuses espèces. Nous savons par exemple que la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*, Linnaeus, 1758), le rouget barbet (*Mullus surmuletus*, Linnaeus, 1758), la limande sole (*Mirostomus kitt*, Walbaum, 1792) ou encore l'encornet (*Loligo vulgaris*, Lamarck, 1798) se reproduisent en Manche, mais les zones de frai restent mal définies.

Bien que la Manche orientale soit dans son ensemble une zone potentielle de frayère, nous définirons deux zones comme frayères principales : la zone côtière peu profonde et la zone centrale de la Manche avec des profondeurs de plus de 30 m (Carpentier *et al.*, 2005 ; Mahé *et al.*, 2006) (Figure 8).

3.1.3 LES ZONES DE TRANSIT

Tout d'abord, la zone du PNM se caractérisant par la présence de plusieurs estuaires, il est important de connaître la biologie des poissons amphihalins migrateurs. Les poissons amphihalins vivent alternativement en eau douce et en eau de mer et leur migration est qualifiée d'anadrome lorsqu'elle se fait des eaux marines vers les eaux douces et de catadrome lorsqu'elle se fait en sens inverse. Sur le plan écologique, les espèces amphihalines capables de pénétrer en amont des grands fleuves sont de bons indicateurs de la qualité des milieux et plus généralement de celle des bassins hydrographiques. Sur le plan économique, en 1997 les poissons migrateurs représentaient encore 74% de la pêche professionnelle en eau douce en France, 42% étant constitués par une seule espèce : l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*, Linnaeus, 1758), et plus précisément par son alevin : la civelle (Morin *et al.*, 2010). Les migrateurs du genre *Salmo* se reproduisent en hiver sur les fonds caillouteux des rivières. Après la reproduction, les géniteurs qui ont survécus repartent vers la mer pour entamer une nouvelle saison de croissance et se préparer à la reproduction suivante. Les œufs éclosent en mars et les alevins passent une ou deux années sur les radiers et plats rapides (zones de croissance) avant de descendre vers la mer. Après une phase de vie en mer, qui va généralement de 14 à 18 mois, sur des zones d'engraissement qui vont de la mer du Nord au nord de l'Atlantique, ils reviennent à leur rivière de départ pour se reproduire. Ce phénomène de retour sur le lieu de naissance pour se reproduire est appelé philopatrie. Les poissons retrouvent leur rivière de naissance grâce aux paramètres physico-chimiques de l'eau (chimiotactisme). La remontée en rivière des adultes se fait en deux vagues distinctes et leur progression dans le réseau hydrographique se fait en deux phases : un stationnement plus ou moins prolongé dans le cours inférieur puis un déplacement vers les zones caillouteuses de l'amont et des affluents (Figure 9 et Figure 10).

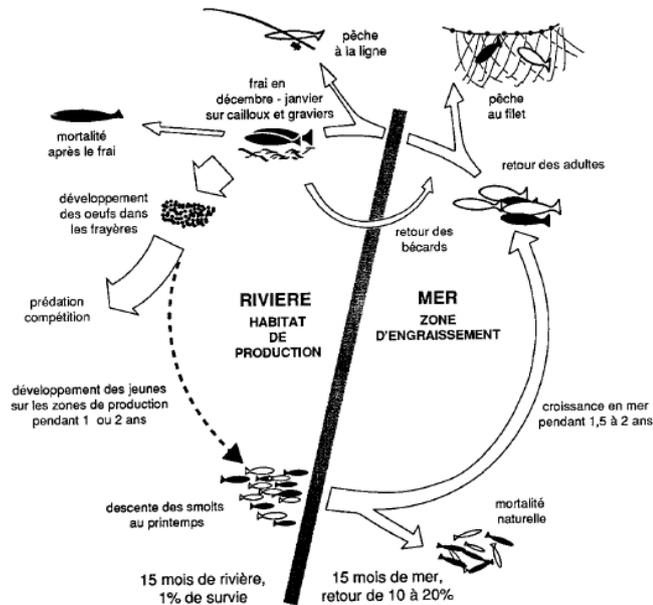


Figure 9 : Cycle biologique des salmonidés migrateurs (source : Fournel, 1994)

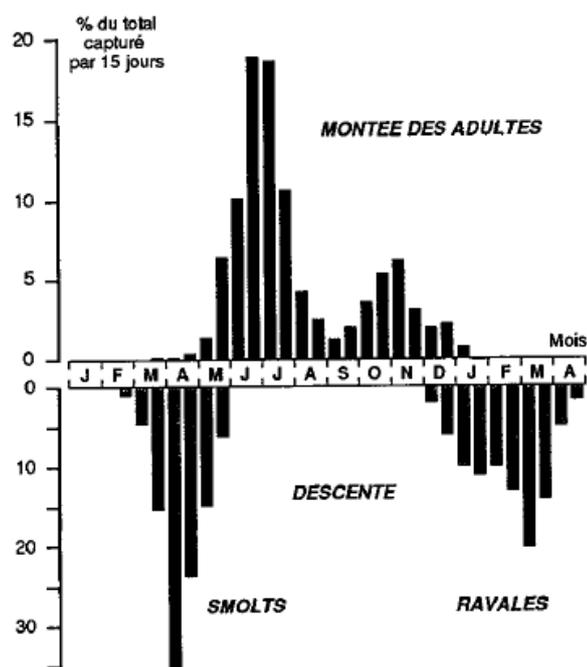


Figure 10 : Rythmes migratoires des salmonidés migrateurs dans les rivières du Nord-Ouest (source : Fournel, 1994)

Dans le secteur du projet du parc marin des trois estuaires, une étude menée par Fournel *et al.* (1994) nous indique que les rivières Canche et Authie figurent parmi les principaux cours d'eau du nord-ouest fréquentés par les salmonidés migrateurs telles que la truite de mer (*Salmo trutta*, Linnaeus, 1758) et le saumon atlantique (*Salmo salar*, Linnaeus, 1758) et que les remontées, de l'ordre du millier de poissons au total, sont plus importantes sur la Canche que sur l'Authie. D'autres espèces migratrices telles que l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*) et la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*, Linnaeus, 1758) fréquentent également ces cours d'eau. Cependant, lors de cette étude, les migrations étaient sévèrement limitées par les barrages qui interdisent aux migrateurs d'accéder à leurs zones de reproduction des cours moyens et supérieurs (zones peu profondes, à fort courant et à fond de cailloux-graviers). Une étude menée en 2007 pour le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles du Pas-de-Calais (PDPG 62) a établi l'état fonctionnel des contextes piscicoles (Figure 11).

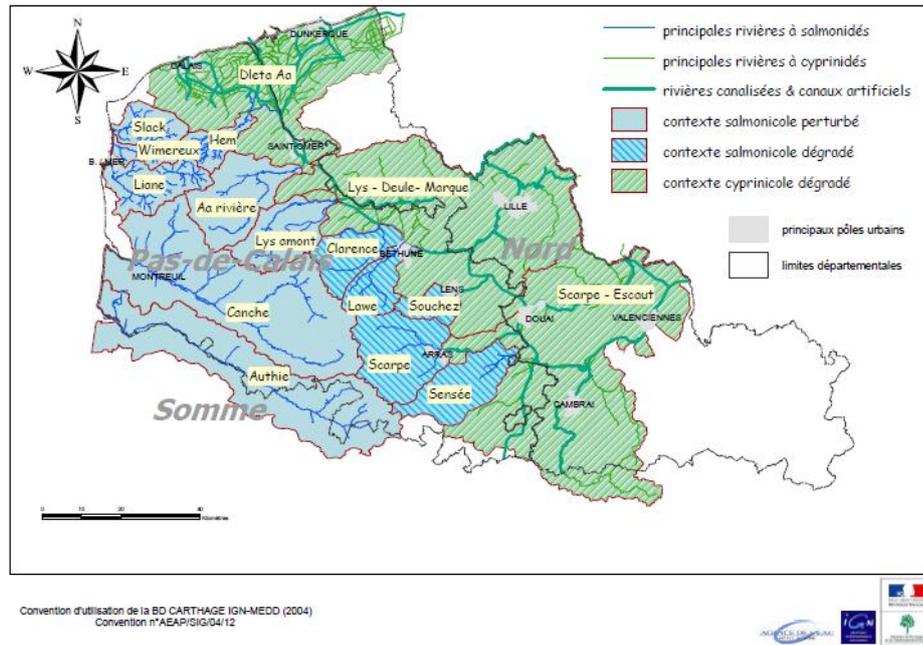


Figure 11 : Etat fonctionnel des contextes piscicoles du Nord Pas-de-Calais (source : Anonyme, 2007)

Cette carte nous indique que la Canche et l'Authie sont des rivières salmonicoles perturbées (le contexte est dit perturbé lorsqu'une ou deux phases du cycle de vie des espèces sont difficilement réalisables (Nihouarn, 1999 in Anonyme, 2007).

De plus, la campagne scientifique CGFS (Channel ground fish survey) menée de 2007 à 2009 par IFREMER n'a pas révélée d'abondance significative de poissons amphihalins dans la zone des estuaires picards (Figure 12).

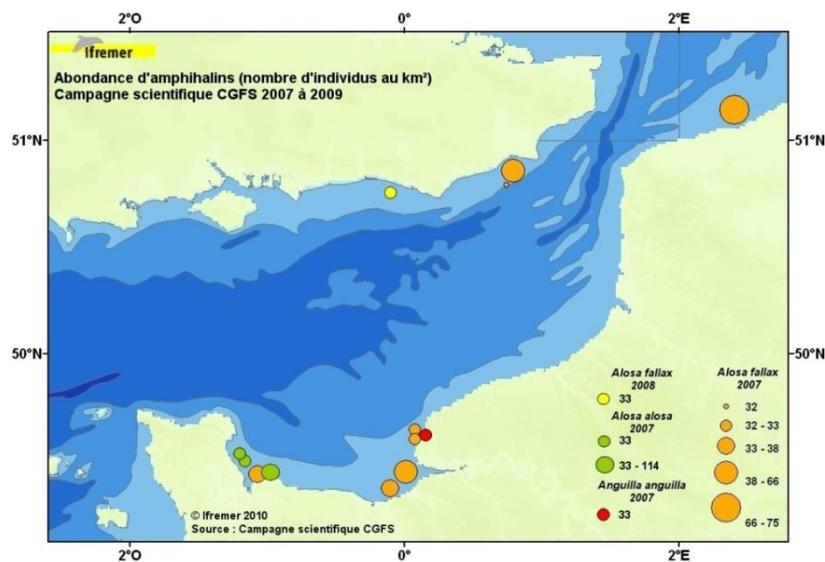


Figure 12 : Distribution et abondance des poissons amphihalins (source : Ifremer)

Cette carte met en évidence le fait que dans la zone du PNM des trois estuaires, les poissons migrateurs amphihalins semblent être absents.

Toutefois, plusieurs études mettent en évidence le fait que plusieurs espèces de poissons migrateurs amphihalins fréquentent les cours d'eau du bassin Artois-Picardie (Anonyme, 2007, Navarro, 2007) (Figure 13, Figure 14 et Figure 15).

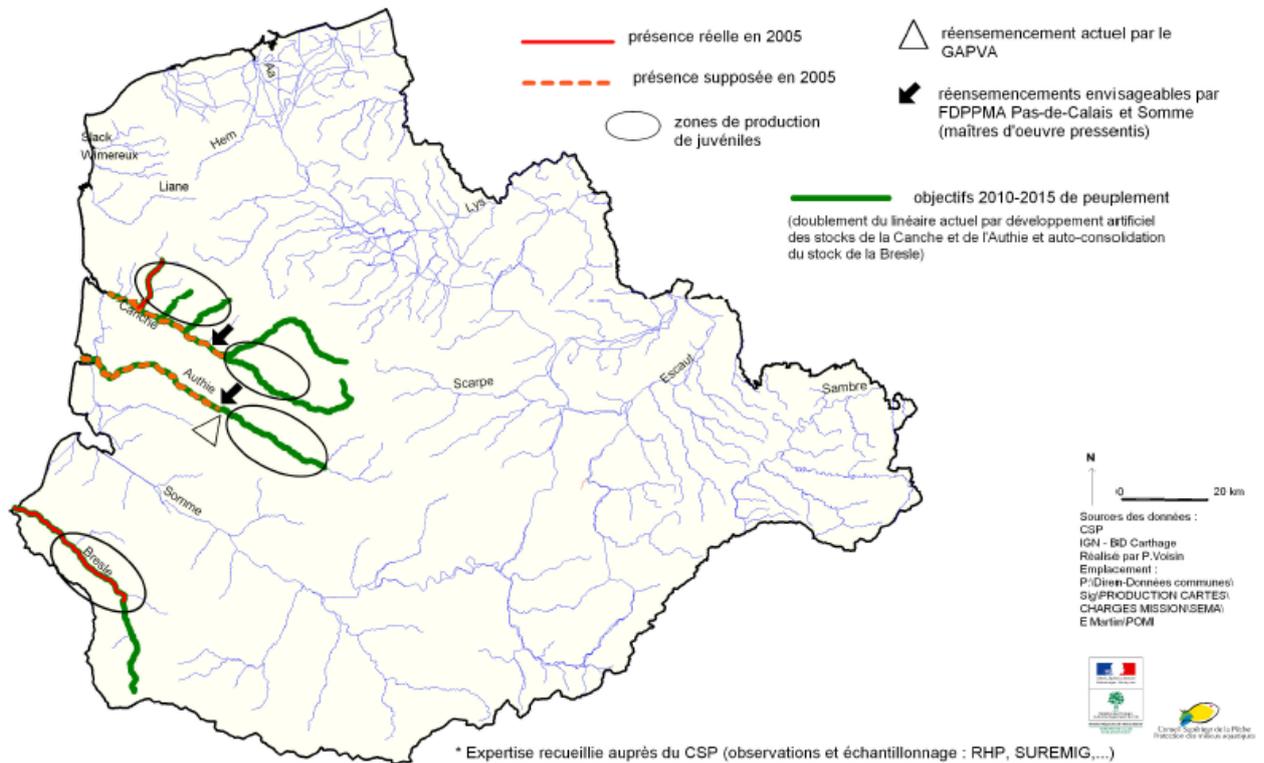


Figure 13 : Distribution du saumon dans les cours d'eau du bassin Artois-Picardie (source : Anonyme, 2007)

Cette figure montre que le saumon atlantique fréquente les cours d'eau de la Canche, l'Authie et la Bresle et donc qu'il est susceptible d'être présent dans la zone du PNM en période de migration.

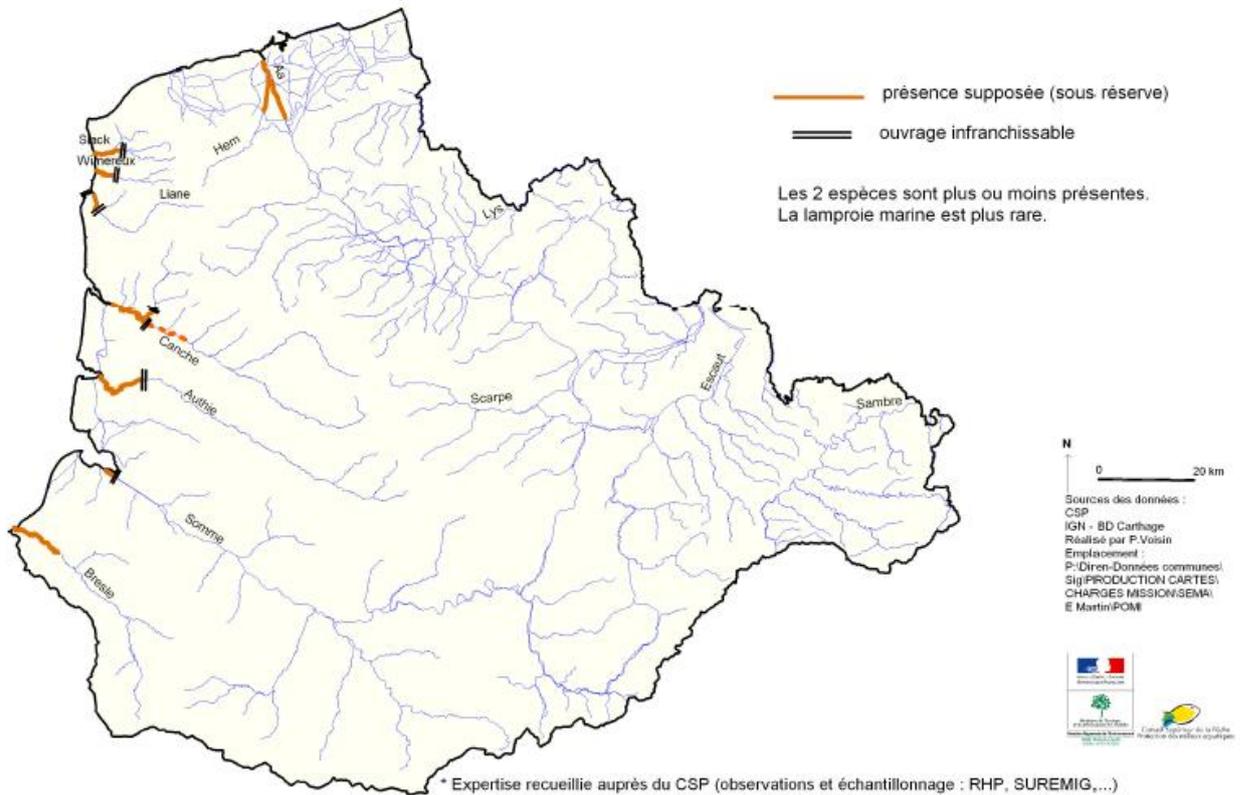


Figure 14 : Distribution des espèces de lamproies dans les cours d'eau du bassin Artois-Picardie (source : Anonyme, 2007)

Cette figure montre que la lamproie marine et la lamproie de rivière fréquentent les cours d'eau de la Slack, le Wimereux, la Liane, Canche, l'Authie et la Bresle et donc qu'il est susceptible d'être présent dans la zone du PNM en période de migration.

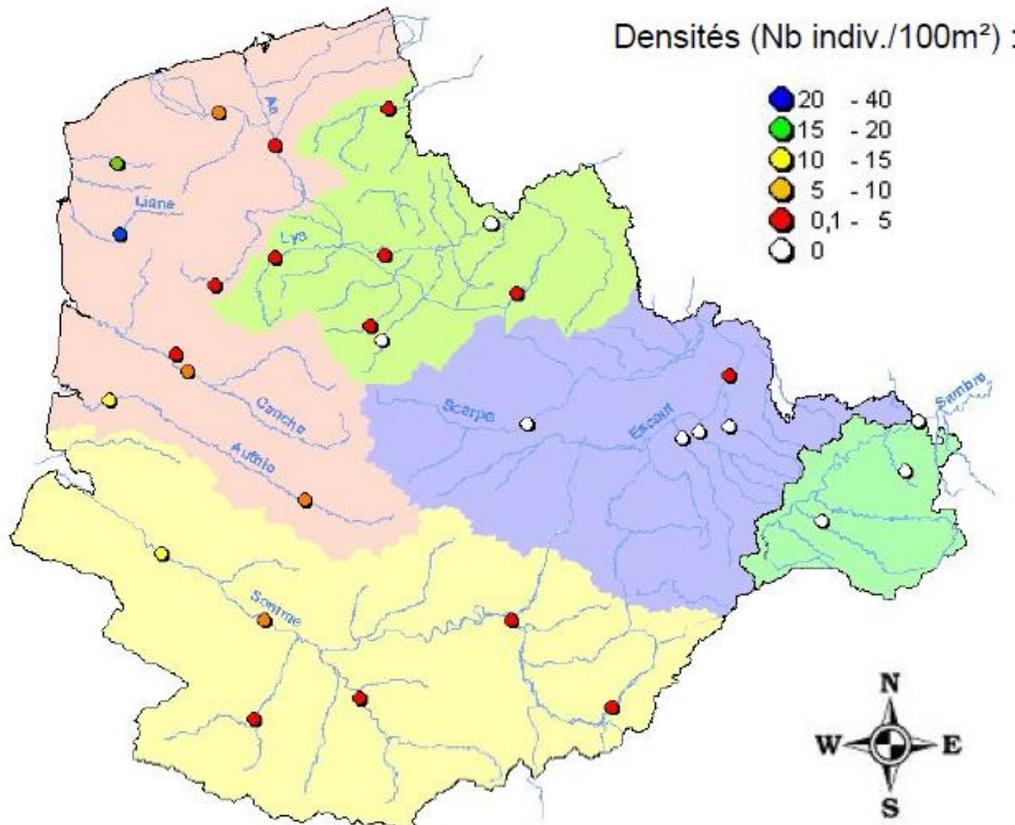


Figure 15 : Densités d'anguille capturées en 2004 sur les stations du RHP (in Navarro, 2007)

Cette carte montre que l'anguille d'Europe est présente dans les cours d'eau de la Slack, la Liane, Canche, l'Authie et la Somme et donc qu'elle est susceptible d'être présente dans la zone du PNM en période de migration.

Ces cartes montrent que bon nombre de cours d'eau qui débouchent au nord de la Manche orientale et au niveau du détroit du Pas-de-Calais sont fréquentés par des espèces de poissons migrateurs amphihalins. Ces cours d'eau représentent donc des couloirs de migration pour ces espèces.

D'autres migrations liées à la reproduction et à la nutrition ont lieu en Manche orientale et concernent de nombreuses espèces (poissons, mammifères marins...). Cependant, il n'est pas possible de déterminer des couloirs de migrations précis. C'est en effet toute la zone de la Manche orientale qui est concernée par les migrations. Ces migrations peuvent s'effectuer entre la côte et le large, mais également entre la Manche et la mer du Nord. Plusieurs espèces de cétacés telles que le globicéphale noir (*Globicephala melas*, Traill, 1809) et le grand dauphin (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821) sont en effet régulièrement observées en Manche orientale en transit vers la mer du Nord (Voisin, 2007) (Figure 16).

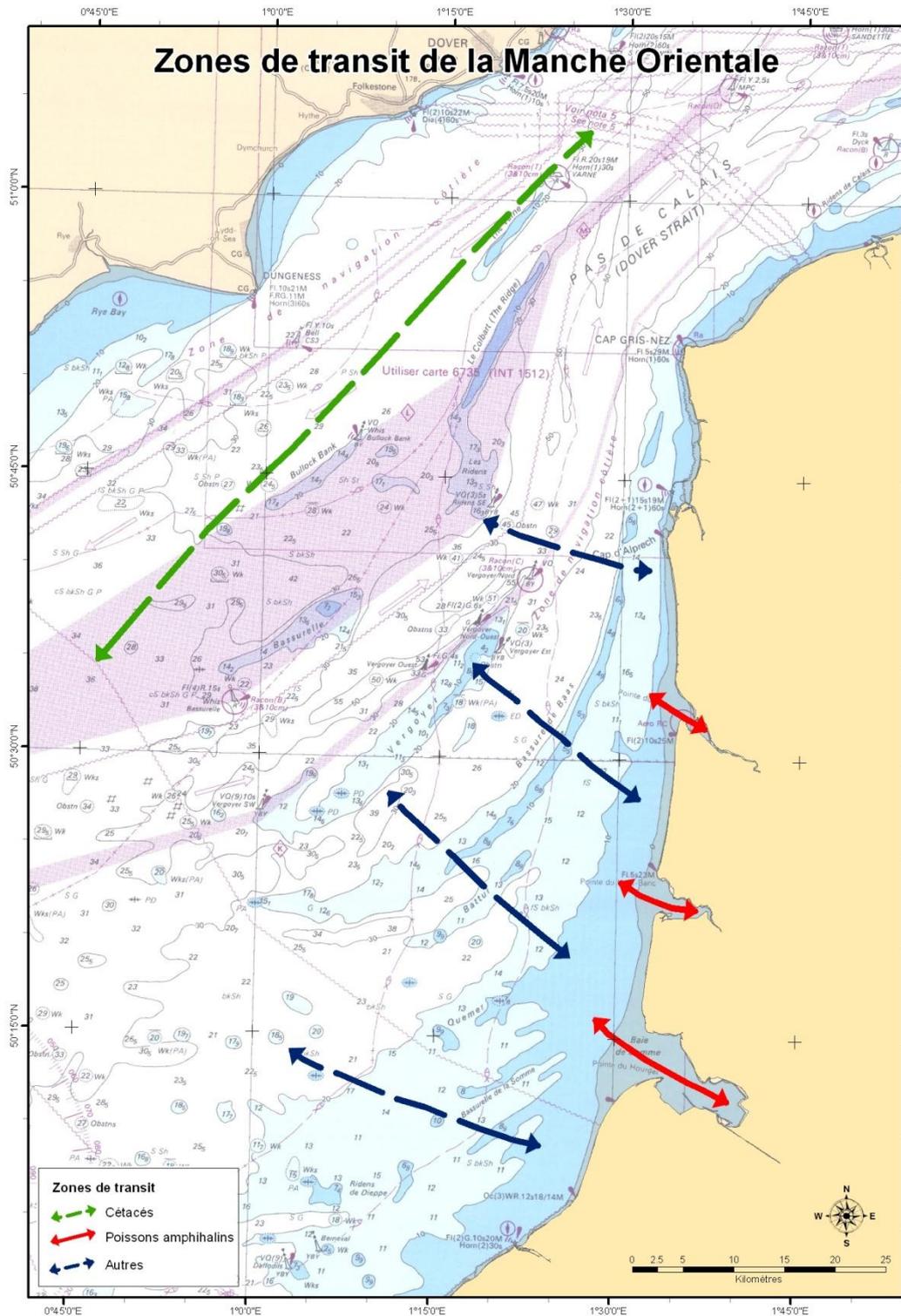


Figure 16 : Zones de transit de la Manche orientale

3.2 LES STRUCTURES REMARQUABLES DE LA MANCHE ORIENTALE ET LEUR FONCTIONNALITE

3.2.1 LES DUNES HYDRAULIQUES

Les dunes hydrauliques du détroit du Pas-de-Calais sont des accumulations de sable sous-marines souvent composées de sables coquilliers, qui s'élèvent parfois jusqu'à 20 m au-dessus des fonds. Elles correspondent à un habitat d'intérêt communautaire (Annexe 1 de la DHFF): « Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine » (code NATURA 2000 : 1110). Ce type d'habitat se rencontre à l'étage infralittoral des zones ouvertes soumises à un fort hydrodynamisme. Il s'agit de milieux dispersifs à très haute énergie où les dépôts de particules fines sont limités. Cet habitat abrite de nombreuses espèces d'invertébrés liées entre elles par des relations trophiques bien établies. Au sein de ces peuplements, les amphipodes et autres petits crustacés se satisfont de ces conditions difficiles d'instabilité sédimentaire. Les mollusques bivalves se nourrissant de particules en suspension, trouvent là un milieu de prédilection étant donné l'abondant matériel en suspension véhiculé par les houles et les courants. Bien que relativement pauvres sur le plan biologique en termes de diversité, ces bancs de sables, particulièrement représentés dans le détroit du Pas-de-Calais, hébergent des espèces typiquement inféodées à ce type de formation et des taxons qui peuvent être rare mais abondamment représentés. Ces espèces sont des annélides comme les ophélies (*Ophelia borealis*, Quatrefages, 1866 et *O. celtica*, Amoureux et Dauvin, 1981) et la glycère (*Glycera lapidum*, Quatrefages, 1865). Ce sont aussi les crustacés du genre *Bathyporeia* ou des échinodermes tels que la Fève de mer (*Echinocyamus pusillus*, O.F. Müller, 1776) et l'Ophiure blanche (*Ophiura albida*, Forbes, 1839). Les sables dunaires abritent également des bivalves telles que *Spisula solida* (Linnaeus, 1758), *S. ovalis* (Sowerby, 1817), ou encore *Abra prismatica* (Montagu, 1808). D'autres espèces caractéristiques des sables dunaires sont les lançons et notamment *Ammodytes tobianus* (Linnaeus, 1758). Les sables dunaires soumis aux forts courants de marée à la bouche des estuaires peuvent héberger de remarquables colonies de grands hydrides dressés : *Sertularia cupressina* (Linnaeus, 1758), *Hydrallmania falcata* (Linnaeus, 1758).

Les lançons font partie du régime alimentaire de plusieurs espèces de poissons carnassiers et notamment de la baudroie (*Lophius piscatorius*, Linnaeus, 1758) et de poissons de la famille des scombridés telle que la bonite à dos rayé (*Sarda sarda*, Bloch, 1793). De plus la faune macrobenthique présente, et notamment les jeunes bivalves, est particulièrement appréciée par le turbot (*Psetta maxima*, Linnaeus, 1758) (Anonyme, 2008).

Les dunes hydrauliques ont donc un fort potentiel de production et constituent un site de nourrissage pour plusieurs espèces. Dans le secteur du PNM on peut distinguer quatre principales zones de dunes hydrauliques : Bassure de Baas, Vergoyer, Bassurelle et le Colbart (Figure 21).

3.2.2 LES CHAMPS DE MACROALGUES

Les forêts de macroalgues sont des habitats dominés par des algues brunes de très grande taille, de quelques mètres à plus de 50 mètres (e.g. *Macrocystis pyrifera*, C. Agardh, 1820, absente en France) (Graham et Wilcox, 2000 in Bonnet 2010). Elles jouent un rôle majeur dans la biodiversité, notamment en tant que producteurs primaires, et constituent un élément clef de l'écosystème. Ces forêts sous-marines sont stratifiées à la manière des forêts terrestres, où chaque strate contribue à fournir alimentation, abri et ancrage, à une faune et une flore très diversifiées: poissons, mammifères, invertébrés et algues. Plusieurs études ont mis en évidence le fait que les herbiers de phanérogames marines (zostères, posidonies...) ont généralement une plus grande diversité que les substrats nus adjacents (Sogard, 1989, Connoly, 1994a, Edgar et Shaw, 1995 in Horinouchi, 2006), et que cette diversité est considérée comme étant due à la complexité structurelle de cet habitat (Horinouchi, 2007). Du fait que les champs de laminaires offrent une complexité structurelle comparable à celle des herbiers, il est raisonnable de penser que la forte diversité observée dans les champs de laminaires est en partie due à leur complexité structurelle. Par cette diversité exceptionnelle, les forêts de macroalgues représentent pour les zones côtières tempérées à froides une importante valeur patrimoniale.

Les deux seules espèces des laminaires de la côte d'Opale sont *Laminaria digitata* (Lamouroux) et *Saccharina latissima* (Lane, Mayes, Druehl et Saunders) (ancien nom *L. saccharina* (Lamouroux) (Gévaert, 2001). Certaines algues comme les rhodophycées se fixent sur les frondes des Laminaires. C'est le cas de *Callithamnion tetragonum* (Withering). D'autres comme *Palmaria palmata* (Kuntze) et *Rhodymenia pseudopalmata* (Lamouroux) se fixent sur les stipes. D'autres enfin comme *Corallina elongata* (Ellis et Solander) vivent à l'ombre des frondes. Tout un réseau trophique se développe à partir des laminaires. Tout d'abord, les crampons des laminaires constituent en eux-mêmes un écosystème particulièrement riche en invertébrés (Cancino et Santellices, 1981, Vasquez et Santelices, 1984). Des brouteurs tels que les oursins *Echinus esculentus* (Linnaeus, 1758) et *Sphaerechinus granularis* (Lamarck, 1816) ou les gastéropodes *Ansates pellucida* (Linnaeus, 1758), *Gibulla cineraria* (Linnaeus, 1758) ou encore *Haliotis tuberculata* (Linnaeus, 1758) dépendent de ces macroalgues. Ensuite, certaines espèces de poissons telles que *Parablennius gattorugine*, *Gobiusculus flavescens* (Fabricius, 1779), *Centrolabrus exoletus* (Linnaeus, 1758) ou encore *Trisopterus luscus* sont sédentaires et vivent au milieu des frondes des laminaires (figure 14) (Fiche habitat 1170-5). Cet écosystème attire des prédateurs tels que le bar (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) ou le lieu (*Pollachius sp.*), qui peuvent attirer à leur tour des supers prédateurs tel que le phoque (Figure 18). L'analyse du suivi télémétrique du phoque veau marin (*Phoca vitulina*, Linnaeus, 1758) montre que ses déplacements vont jusqu'aux zones potentielles de laminaires du cap gris-nez.



Figure 17 : Champ de laminaires (source : Yves Gladu)



Figure 18 : Phoque veau marin au milieu des laminaires (source : Yves Gladu)

Les champs de laminaires servent également de refuge pour des crustacés tels que le homard (*Homarus gammarus*, Linnaeus, 1758), l'étrille (*Necora puber*, Linnaeus, 1758), le tourteau (*Cancer pagurus*, Linnaeus, 1758), ou l'araignée de mer (*Maja squinado*, Herbst, 1788). Enfin, le lump (*Cyclopterus lumpus*, Linnaeus, 1758) se sert des champs de laminaires comme site de ponte au printemps.

La fonctionnalité écologique des champs de laminaires est multiple. Cet habitat constitue en effet à la fois un site de nourrissage et une zone de refuge pour de nombreuses espèces, mais également un site de ponte pour le lump qui a un intérêt économique important. Les travaux de Gevaert (2001), ont dressé un premier bilan de la répartition des laminaires dans la région du Nord-Pas-de-Calais. Les populations les plus importantes de laminaires sont localisées sur deux zones : Audresselles et

Strouanne. Audresselles est caractérisée par de « belles » populations selon l'auteur où seuls les rochers de la frange infralittorale présentaient une couverture en laminaires importantes. Les roches plus profondes en étaient complètement dépourvues en 2001. Précisons que l'auteur avait constaté des laminaires dans les zones plus profondes les années précédentes. La superficie totale de recouvrement par les laminaires a été estimée à environ 4 hectares. Le site de Strouanne est le site le plus intéressant de la côte. Selon Gevaert (2001), il « *présente la particularité d'être formé de deux barrières rocheuses, d'environ 800m de long, qui découvrent à marée basse de vives eaux, appelées « Grandes Wardes » au large et « Petites Wardes » à la côte. Le recouvrement est continu sur les Grandes Wardes. Laminaria digitata occupe sur ces dernières les zones les plus battues (les crêtes rocheuses les plus proches du 0 bathymétrique) tandis que Laminaria saccharina se présente dans les parties à plus faible hydrodynamisme, de part et d'autre de la barrière* ». Les prospections en plongée en 2001 ont permis d'estimer la superficie de recouvrement par les laminaires à 7,565 hectares (Figure 21).

3.2.3 LES RIDENS ROCHEUX DE BOULOGNE-SUR-MER

Les ridens de Boulogne sont les seuls hauts-fonds rocheux de la Manche orientale et constituent de ce fait une structure remarquable très favorable à la biodiversité dans cette zone géographique. Ils correspondent à l'habitat « roches infralittorales en mode exposé » (code NATURA 2000 : 1170-5) qui est un habitat d'intérêt communautaire répertorié à l'annexe 1 de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages (DHFF). Situé à environ 15 milles (27,8 km) de Boulogne-sur-Mer, les ridens sont constitués de roches de 2,5 à 3 m de hauteur et d'une profondeur de l'ordre de 15 à 20m. A cette structure remarquable s'ajoutent des conditions hydrodynamiques particulières. Le massif rocheux s'oppose à des courants de marée puissants, de 1,7 à 2,3 nœuds en vive-eau moyenne. Il faut noter que cette zone de la Manche orientale présente un fonctionnement particulier. En effet, les variations annuelles de la température ne sont pas de même amplitude dans la partie centrale et dans les zones côtières de la Manche orientale occasionnant le patron des isothermes disposées en chevrons et expliquant le passage des eaux océaniques de faible amplitude thermique aux eaux plus continentales de forte amplitude thermique (Lumby, 1935, Cabioch et al., 1977 in Foveau, 2009). Ces caractéristiques confèrent un caractère occidental aux eaux circulant sur les Ridens. Cela induit la présence d'espèces d'affinité occidentale, comme celle du peuplement à *Axinella dissimilis* (Bowerbank, 1866), et désigne ce massif comme un îlot en Manche orientale dont les conditions édaphiques permettent l'installation d'une faune particulière (Davoult *et al.* 1988). Les ridens abritent en effet une faune plus riche que les fonds à proximité (Garcia et al., 2007). La connaissance de cette richesse remonte au XIXème siècle avec les premiers dragages effectués par Hallez et Sauvage. Hallez (1899) décrit le sommet du plateau des Ridens revêtu d'une épaisse prairie de Mélobésiées, abritant notamment *Eurynome aspera*, *Ebalia tumefacta*, *E. tuberosa*, *Echinocyamus*

pusillus, *Lepadogaster bimaculatus* et *Cottus bubalis*, ainsi que quelques Amphipodes, Isopodes et Gastéropodes, plus fréquents sur les fonds voisins. Il trouve de nombreux Bryozoaires sur les pentes rocheuses, et dans une moindre mesure plusieurs espèces d'Hydrides. Quelques Ascidies solitaires et coloniales accompagnent cette épifaune, ainsi que des Mollusques Bivalves, qui semblent abondants (*Chlamys varia*, *Chl. opercularis*, *Modiolus barbatus*, *Musculus discors*, notamment) (Davoult et al., 1988). En 1965, Lefranc complète la liste d'espèces trouvées aux Ridens. Il décrit une gravelle principalement constituée de débris d'algues calcaires, de Bryozoaires dressés, et de nombreuses coquilles de Mollusques. Il ramène au cours de ses dragages une épifaune sessile assez riche, principalement représentée par des Hydrides et des Bryozoaires (Davoult et al., 1988). Dans leur publication de 1988, Davoult et Richard fond la liste de plus de 90 espèces d'épifaune sessile récoltées en plongée au ridens depuis 1982. D'autre part, une étude menée par Coppejans (1988) a mis en évidence la présence de cinq espèces d'algues spécifiques des ridens rocheux de Boulogne. Il s'agit de *Halidrys siliquosa*, *Delesseria sanguinea*, *Heterosiphonia plumosa*, *Brongniartella byssoides* et *Calliblepharis ciliata*. Les trois premières ont été récoltées de manière importante notamment sur les parois verticales des ridens, et les deux dernières ont été récoltées sur le sable coquiller.

Ensuite, la structure du site des ridens de Boulogne lui confère une fonctionnalité de refuge. En effet, les surplombs formés par les rochers constituent d'excellents abris contre les courants et les prédateurs pour des poissons de la famille des gadidés tels que le tacaud (*Trisopterus luscus*, Linnaeus, 1758) et la morue (*Gadus morhua*, Linnaeus, 1758) ou encore des labridés tel que le rouquié (*Ctenolabrus rupestris*, Linnaeus, 1758) et des blennidés comme la blennie cabot (*Parablennius gattorugine*, Linnaeus, 1758) (Figure 19).



Figure 19 : Fonctionnalité de refuge (*Parablennius gattorugine*) (source : IN VIVO)

Les anfractuosités des rochers abritent également plusieurs espèces de crustacés et notamment le homard, le tourteau ou encore l'étrille et l'araignée de mer (Figure 20).



Figure 20 : Fonctionnalité de refuge (*Homparus gammarus*) (source : IN VIVO)

La description des ridens de Boulogne faite dans le cadre d'études préalables à NATURA 2000 (Anonyme, 2008), présente le site comme particulièrement intéressant d'un point de vue écologique du fait de la présence d'un faciès à maërl. En effet, la complexité structurelle du maërl permet aux organismes de toutes tailles de circuler dans ses galeries, de se blottir dans ses cavités ou de creuser ce substrat meuble, et est largement favorable à la biodiversité. Les deux espèces présentes en France sont le *Phymatholiton calcareum* (Pallas) (brun-mauve) et le *Lithothamnion corallioides* (P.L.Crouan & H.M.Crouan) (rose). *P. calcareum* se développe préférentiellement sur un sédiment propre de type gravier tandis que *L. corallioides* se trouve plus généralement sur des sédiments envasés (Jakson, 2003 in Anonyme, 2006). Ces deux espèces bénéficient du statut de protection accordé par l'annexe V de la Directive Européenne Habitat 92/43. Cependant, un appauvrissement en mélobésiées avait déjà été observé entre 1899 et 1965 (Davoult *et al.* 1988), de plus, les prélèvements de même que les plongées réalisés par IN VIVO n'ont pas pu mettre en évidence la présence significative de maërl.

La fonctionnalité principale des ridens rocheux de Boulogne est donc une fonctionnalité de refuge contre les courants et les prédateurs. Ensuite, c'est une structure remarquable car elle constitue un îlot de biodiversité au sein de la Manche orientale (Figure 21).

3.2.4 LES ESTUAIRES

Les estuaires (code NATURA 2000 : 1130) sont des habitats d'intérêt communautaire (Annexe 1 de la DHFF). Ils correspondent à la partie aval d'une vallée fluviale soumise aux marées, à partir du début des eaux saumâtres. Les estuaires fluviaux sont des anses côtières où, contrairement aux « grandes criques et

baies peu profondes », l'apport en eau douce est généralement important. L'interaction des eaux douces avec les eaux marines ainsi que la réduction du flux des eaux dans l'estuaire provoquent le dépôt de fins sédiments sous forme de larges étendues de replats boueux et sableux (vasières) (fiche 1130 NATURA 2000). Un estuaire est un écotone (frontière entre plusieurs écosystèmes) qui présente une importance écologique majeure. Dans le cadre de l'étude pour le PNM de la côte d'Opale et des estuaires picards, la slikke (partie avale de la vasière, exondée à marée basse) présente un intérêt particulier du fait notamment de sa fonctionnalité importante vis-à-vis des oiseaux. Elle se caractérise en effet par de fortes abondances d'invertébrés benthiques tels que des bivalves, des gastéropodes et des annélides, et constitue ainsi une zone importante de nourrissage à marée basse. Ce sont en particuliers les limicoles, les anatidés et les laridés qui dépendent de cet habitat pour leur nutrition. Les baies de la Canche, de l'Authie et de la Somme possèdent toutes d'importantes étendues de vasières exondées à marée basse qui sont donc autant de sites de nourrissage pour les oiseaux. Certaines espèces telles que la spatule blanche (*Platalea leucorodia*), la grande aigrette (*Egretta alba*), la nette rousse (*Netta rufina*)... sont nicheuses, d'autres comme le bécasseau variable (*Calidris alpina*), la barge à queue noire (*Limosa limosa*)... sont hivernantes, d'autres enfin comme le phragmite aquatique (*Acrocephalus paludicola*)... n'utilisent ces baies (notamment la baie de Somme) que comme étape lors de leur migration (fiche RAMSAR 925).

Les baies de la Somme, de la Canche et de l'Authie présentent de vastes zones de slikke qui sont des zones de grande importance pour la nutrition des oiseaux. On peut y recenser de très nombreuses espèces de limicoles, d'anatidés et de laridés. Les zones d'estuaires sont donc à considérer notamment comme des habitats fonctionnels en tant que site de nourrissage pour les oiseaux (Figure 21).

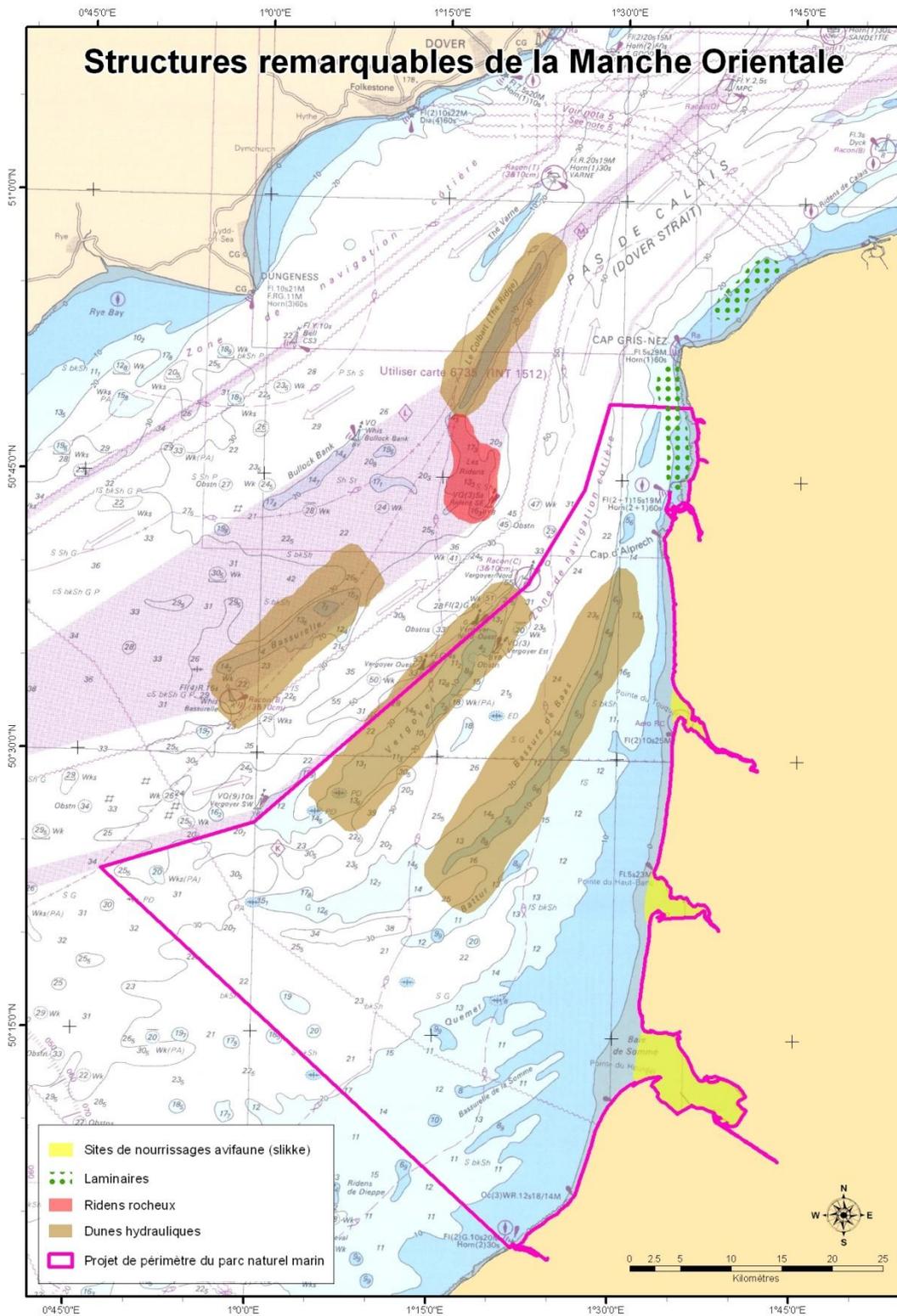


Figure 21 : Structures remarquables de la Manche orientale

3.2.5 LES PHOQUES

Deux espèces fréquentent la zone d'étude du PNM : le phoque gris (*Halichoerus grypus*, Fabricius, 1791) et le phoque veau marin. Cependant, selon « Picardie Nature » qui réalise le suivi des phoques, seul le phoque veau marin est sédentaire et reproducteur dans cette zone, ses effectifs sont donc nettement plus importants que ceux du phoque gris.

Le Phoque veau marin est protégé au niveau national (arrêté du 27 juillet 1995), et il est considéré « en danger » dans l'inventaire de la faune menacée en France. Sa protection est d'intérêt communautaire et sa présence justifie la désignation de zones spéciales de conservation au titre de la DHFF. En Manche orientale, il est principalement localisé en baie de Somme. En effet, avec un effectif moyen annuel d'une centaine d'animaux, la colonie de Phoques veaux marins de la baie de Somme rassemble environ 60% des effectifs français de cette espèce. Un suivi télémétrique de cette espèce réalisé pour la compagnie du vent GDF SUEZ (Vincent, 2009) a montré que malgré des déplacements parfois importants, la baie de Somme est la seule zone utilisée pour leurs repos au sec (Figure 22), elle revêt donc une grande importance pour la conservation de ce pinnipède dans notre pays. La période dite « sensible » de reproduction s'étale de juin à septembre. L'espace vital du phoque veau marin est de 183 km² en moyenne. Leurs zones de chasse sont particulièrement localisées, toujours sur l'estran à la limite du zéro des cartes marines ou sur une bande très côtière à moins de quelques kilomètres du littoral. Ces zones coïncident avec les habitats de nourriceries des principales espèces proies identifiées dans le régime alimentaire des phoques veaux marins de la baie de Somme, qui sont principalement des poissons plats, particulièrement aux stades juvéniles (Vincent, 2009 ; Dupuis, 2010). Une étude en cours sur le régime alimentaire du phoque veau marin a montré que les dragonnets (*Callionymus sp.*, Linnaeus, 1758) faisaient également partie de ses proies préférentielles (Anonyme, 2010).

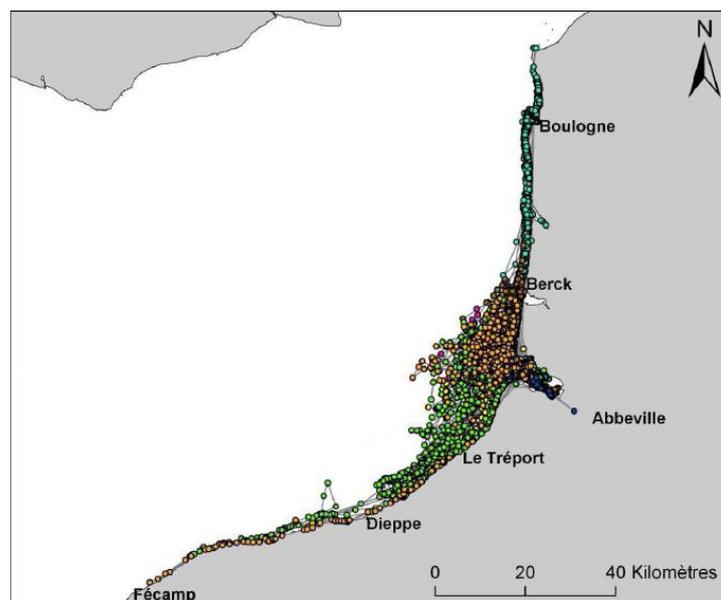


Figure 22 : Suivi télémétrique du phoque veau marin en baie de Somme (source : Vincent, 2009)

Les distributions de densité de dragonnets et de poissons plats nous montrent que le sud de la zone d'étude du projet du PNM, revêt une très importante fonctionnalité pour le phoque veau marin en tant que site de nourrissage.

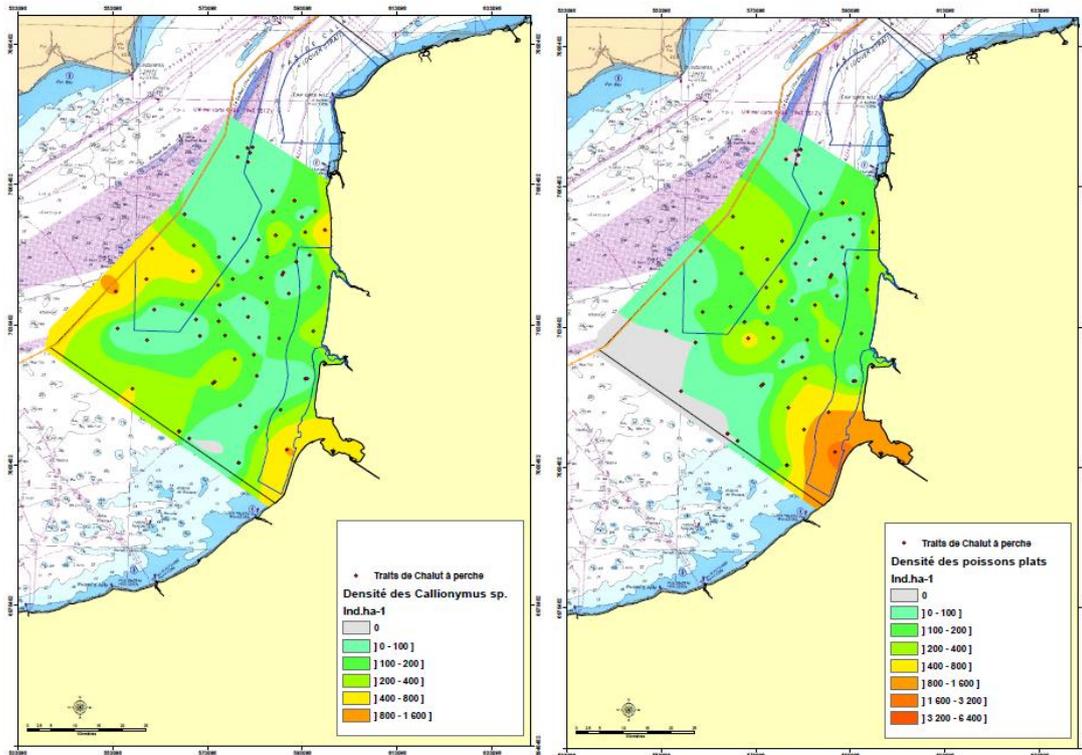


Figure 23 : Densité de *Callionymus sp.* (à gauche) et de poissons plats (à droite) (source : IN VIVO)

Pour ce qui est du phoque gris, la colonie de la baie de Somme n'est, pour le moment, pas considérée comme sédentaire: les effectifs hivernaux sont plus faibles que les effectifs estivaux ce qui signifie bien que les animaux quittent l'estuaire pour se rendre sur des sites de reproduction adaptés à leur espèce. Bien que la baie de Somme ne soit pas un site adapté à la reproduction des phoques gris par manque de reposoirs favorables à marée haute, on note depuis l'hiver 2007-2008 plusieurs naissances en Picardie. Toutes se sont terminées par la mort ou l'échouage du jeune dès la marée montante, cela à cause de son lanugo blanc (fin pelage laineux blanc qui recouvre les jeunes à la naissance) qui l'empêche de nager. Les dénombrements maximums en 2009 font état de 59 phoques gris le 27 juillet en baie de Somme et de 9 le 31 août en baie d'Authie. De novembre à avril, période de reproduction de l'espèce, seule la Baie de Somme semble régulièrement fréquentée avec un effectif plus faible d'à peine 20 individus (d'après le bilan annuel 2009, Picardie Nature *in NATURA 2000* en Picardie).

Les habitats fonctionnels pour le phoque veaux marins sont donc la baie de Somme pour toutes les phases du cycle de vie se déroulant à terre, ainsi que toute la bande côtière de Dieppe au cap Gris-

nez pour les sites de nourrissage. La baie de Somme revêt une importance majeure pour la conservation de cette espèce du fait qu'elle abrite la plus grande colonie française. Pour ce qui est du phoque gris, dont les effectifs sont nettement moins importants, la manche orientale et le périmètre du PNM ne constituent pas un habitat majeur pour l'espèce. En effet, l'espèce n'y trouve pas de site de reproduction adaptée, et le peu de naissances qui ont eu lieu dans cette région se sont soldé par la mort des jeunes. Les estuaires, et plus particulièrement la baie de Somme, peuvent constituer néanmoins des sites de repos à terre notamment en été.

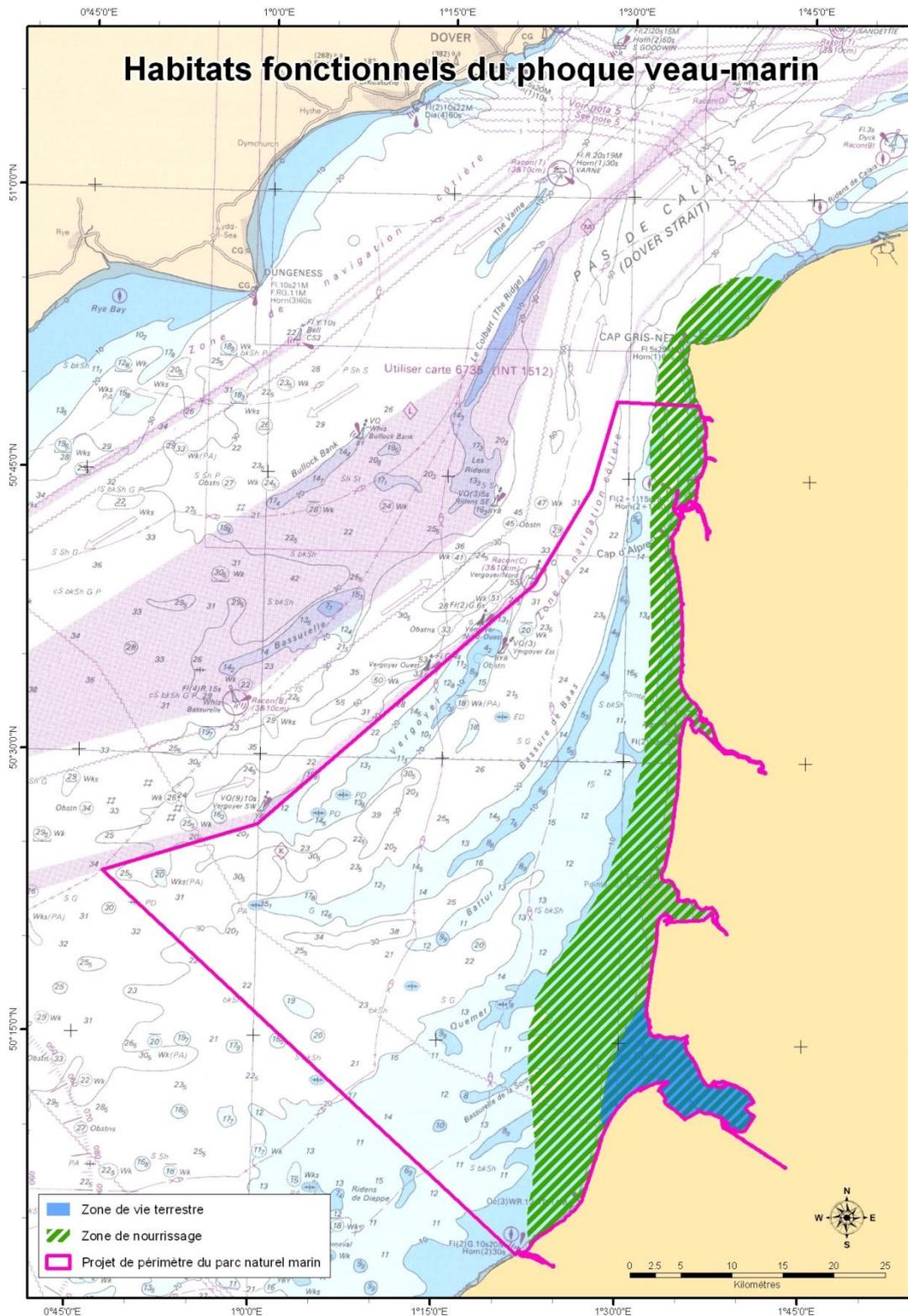


Figure 24 : Habitats fonctionnels du phoque veau marin

4 CONCLUSION

La Manche orientale présente une forte biodiversité, et notamment une importante diversité des habitats. L'ensemble des habitats fonctionnels identifiés sur la zone participe au fonctionnement global de l'écosystème de la Manche orientale. Leur conservation doit être assurée pour que les réseaux trophiques, et d'une manière plus générale, que les interactions intraspécifiques et interspécifiques soient maintenues.

Tout d'abord, il apparaît dans la littérature que la bande côtière se trouvant à l'intérieur du périmètre du PNM et qui s'étend de Dieppe au cap Gris-Nez, présente une fonctionnalité importante en tant qu'habitat de nurricerie pour les juvéniles de poissons plats, de frayère pour divers espèces, et de zone de nourrissage pour le phoque veau marin. Une autre zone de frayère se situe dans les eaux centrales de la Manche, mais il est important de noter que toute la zone de la Manche orientale est concernée par la reproduction des espèces, et notamment des poissons. Les prélèvements de macrofaune benthique effectués dans cette zone ont révélé la présence de fortes densités de *Donax vittatus* ce qui vient appuyer le fait que cette zone est un habitat de nurricerie car les espèces du peuplement à *D. vittatus* font partie des proies potentielles des juvéniles de poissons plats. Ensuite, la littérature met en avant le fait que ces zones de nurriceries sont particulièrement utilisées par les juvéniles de soles et de plies. Les prélèvements au chalut à perche n'ont pas mis en évidence une présence significative de juvéniles de ces deux espèces. Toutefois, les importantes densités de *Buglossidium luteum* et d'*Arnoglossus laterna* observées confirment le fait que la bande côtière est un habitat essentiel pour les poissons plats.

D'autre part, la Manche orientale offre plusieurs structures remarquables telles que les ridens rocheux de Boulogne, les dunes hydrauliques ou encore les champs de macroalgues. Ces structures participent à la diversité fonctionnelle de la zone en offrant des refuges et des zones de nourrissage, et contribuent ainsi au maintien et au développement des populations. Les ridens rocheux de Boulogne, en étant le seul haut-fond rocheux de la Manche orientale, constituent un hot-spot de biodiversité. Certaines espèces d'algues y sont même spécifiques. Les champs de laminaires, en plus de leur rôle de production primaire, constituent des habitats de refuge, de nourrissage voire même de ponte et jouent donc un rôle majeur dans le fonctionnement d'un écosystème. En région Nord-Pas-de-Calais, les champs de Laminaires sont localisés principalement sur deux sites : Audresselles et Strouannes. Les dunes hydrauliques sont quant à elles des habitats caractéristiques de la Manche orientale au fort potentiel de production (site de nourrissage). Il existe quatre zones majeures de dunes hydrauliques : Bassure de Baas, Vergoyer, Bassurelle et le Colbart. Les estuaires sont également des structures remarquables en tant que site de nourrissage pour les oiseaux. Ce sont notamment les limicoles, les anatidés et les laridés qui viennent dans les vasières, exondées à marée basse, assurer leur nutrition.

Ensuite, la Manche orientale est une zone qui est traversée par plusieurs voies de migration. Les estuaires, et en particulier ceux de la Canche, de l'Authie et de la Somme, constituent des zones de transit pour les poissons amphihalins qui effectuent une partie de leur cycle de vie dans les cours d'eau. Ensuite, le centre de la Manche orientale, c'est-à-dire la zone du large du périmètre du PNM, peut être empruntée par plusieurs espèces de cétacés pour leur migration entre la Manche et la mer du Nord. Enfin, des migrations peuvent s'effectuer entre la côte et le large en fonction de la saison et des différentes étapes du cycle de vie des espèces.

Il est important de noter que les conclusions présentées ci-dessus sur les différents habitats fonctionnels et leur localisation en Manche orientale sont principalement basées sur des données bibliographiques.

Pour aller plus loin dans l'identification des habitats de nourriceries, il faudrait mettre en place des protocoles particuliers qui permettraient de confirmer les données issues de la bibliographie et d'apprécier d'éventuels changements. Il faudrait d'une part réaliser des prélèvements à des intervalles de temps réguliers pour confirmer une présence durable de fortes abondances de juvéniles. Des analyses microchimiques pour détecter les éléments qui sont présents à l'état de trace dans les parties calcifiées des individus (microchimie des otolithes), et qui sont représentatives de zones et de milieux particuliers, peuvent également renseigner sur la durabilité de la fréquentation des zones. Il faudrait également vérifier que les juvéniles se nourrissent effectivement sur la zone. Pour cela, il faudrait soit analyser les contenus stomacaux pour connaître les régimes alimentaires à une petite échelle de temps, soit étudier les rapports isotopiques qui eux peuvent nous renseigner sur les interactions trophiques à plus long terme. Enfin, pour évaluer la contribution des juvéniles présents dans les nourriceries aux stocks de géniteurs, il faudrait comparer la signature microchimique des otolithes des juvéniles en nourricerie littorale avec celle des adultes. Avec cette technique il est même possible de connaître les contributions relatives des différentes nourriceries au stock de géniteurs. La thèse de doctorat de Parlier (2006) en mis en application ces différentes techniques pour caractériser de manière quantitative les nourriceries du bar.

Pour l'identification des frayères, il est nécessaire de détecter la présence d'œufs à l'aide soit d'un échantillonneur en continu d'œufs de poissons (CUFES pour « Continuous Underway Fish Eggs Sampler»), soit d'un filet vertical à œufs (e.g. filet du type bongo). Les concentrations en œufs permettent l'identification des zones de pontes. La campagne ISADO (identification des frayères du détroit du Pas-de-Calais et des zones marines adjacentes) a ainsi permis l'identification des frayères de la mer du Nord (Martin *et al.*, 2007).

Enfin, pour confirmer que les sites de nourrissage sont effectivement utilisés par les poissons, les oiseaux et les mammifères lors de leurs périodes de chasse, il faudrait réaliser une étude des régimes alimentaires avec notamment l'analyse des contenus stomacaux. Seule l'étude du régime alimentaire des phoques veaux marins est actuellement en cours (Picardie Nature).

Afin de préserver et éventuellement de restaurer les divers habitats fonctionnels de la zone du PNM, certaines orientations de gestion peuvent d'ores et déjà être dégagées. Tout d'abord, les cours d'eau présents sur la zone, et notamment la Somme, la Canche et l'Authie, ont une grande importance d'une part pour la fonctionnalité de la bande côtière car ils conditionnent directement ses paramètres physico-chimiques (apports terrigènes, turbidité...), et d'autre part pour la reproduction des poissons amphihalins. Le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles du Pas-de-Calais (PDPG 62) prévoit entre 2007 et 2012 un ensemble d'action visant à rétablir la qualité du réseau hydrographique et sa fonctionnalité écologique. Le but de ce plan de gestion est d'intervenir sur chaque composante de la qualité écologique du milieu aquatique : la qualité et la quantité d'eau, la structure physique du milieu et sa qualité biologique. Conscient que les perturbations sont liées aux activités humaines qu'elles soient domestiques, industrielles et agricoles, ce plan de gestion prévoit la mise en œuvre d'actions conjointes par les multiples acteurs, chacun dans leurs domaines de responsabilité et de compétence. Ces actions permettront tout d'abord de rétablir la continuité écologique qui permettra aux cours d'eau de retrouver leur fonctionnalité de zone de transit pour les poissons amphihalins. Pour confirmer le retour des espèces migratrices amphihalines, il pourrait être intéressant d'effectuer des marquages (e.g. marquage acoustique) qui nous renseigneraient sur les déplacements de ces espèces. Ensuite, les actions du PDGP auront un impact positif sur le transport sédimentaire qui est déterminant pour les populations benthiques et donc pour tout le réseau trophique qui y est associé. Le transport sédimentaire est également responsable de la turbidité de l'eau qui peut être un facteur limitant du développement algal. Afin de préserver la qualité et la fonctionnalité écologique de la bande côtière il est également essentiel de prévenir toute pollution qui pourrait se retrouver dans le sédiment et avoir un impact négatif sur les réseaux trophiques. Il paraît également important de modérer les activités de pêche, à la drague ou au chalut à perche (arts trainants), qui engendrent de grandes perturbations du sédiment et des populations benthiques. D'autre part, il faudrait veiller à ce que les activités de pêche qui peuvent avoir lieu sur la zone soient suffisamment sélectives pour ne pas impacter les populations juvéniles qui sont à la base du renouvellement des stocks. Cela peut nécessiter par exemple l'arrêt de la pêche lorsque la proportion de prises accessoires (dont les juvéniles) est jugée excessive.

Les structures remarquables de la Manche orientale méritent également des mesures de gestion adaptées afin de préserver leur fonctionnalité. Tout d'abord les dunes hydrauliques sont susceptibles d'être exploitées pour l'extraction de granulats (sables calcaires). Cependant, du fait de l'importance de cette activité en France (7 millions de tonnes de granulats d'origine marine sont extraits chaque année) et conscient de l'impact potentiel sur les écosystèmes, l'évaluation de l'incidence des projets d'extraction sur les sites NATURA 2000 est obligatoire. En 2006, les dunes hydrauliques de la zone du PNM n'étaient pas concernées par l'extraction de granulats (Anonyme, 2010). Ensuite, les ridens rocheux de Boulogne sont une structure unique en Manche orientale et nécessitent donc une attention particulière. Du fait des conditions difficiles qui règnent dans cette zone, notamment vis-à-vis des courants, il n'y a que peu de

plongeurs qui s'aventurent sur les ridens. Les impacts sur les ridens et leur fonctionnalité peuvent alors provenir de la perte d'engin de pêche. En effet, en restant accrochés au ridens rocheux, des filets pourraient limiter la colonisation des roches et empêcher l'accès aux zones de refuge. Les ridens rocheux peuvent également être impactés par des projets industriels en mer tels que les éoliennes.

L'enquête publique étant terminée, le PNM est dans l'attente de la signature du décret portant sa création, et de sa publication au journal officiel. En ayant intégré les enjeux écologiques de la Manche orientale, les enjeux économiques de la région et l'avis des différents acteurs de la mer, qu'ils soient professionnels ou usagers de loisir, le PNM de la mer d'Opale et des estuaires picards sera un outil de gestion intégrée du patrimoine naturel au service du développement durable.

5 BIBLIOGRAPHIE

Able, K.W., Fahay, M.P., Shepherd, G.R., 1995. Early life history of black sea bass, *Centropristis striata*, in the mid-Atlantic Bight and a New Jersey estuary. Fish. Bull. 93, 429-445.

Anonyme, 2006, Le maërl en région des pays de la Loire dans le cadre de la DCE, GC48 : baie de Bourgneuf, Bio Littoral.

Anonyme, 2007, Plan départemental pour la protection du milieu aquatique et la gestion des ressources piscicoles du Pas-de-Calais (PDPG 62), Synthèse et programme d'actions nécessaires 2007-2012.

Anonyme, 2008, Ridens et dunes hydrauliques du détroit du Pas-de-Calais, Réseau européen Natura 2000 en mer, directive habitat faune flore.

Anonyme, 2010, Guide pour l'évaluation des incidences des projets d'extraction de matériaux en mer sur les sites NATURA 2000, Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat.

Auster, P.J., Malatesta, R.J., Donaldson, C.L.S., 1997. Distributional responses to small-scale habitat variability by early juvenile silver hake, *Merluccius bilinearis*. Environ. Biol. Fish. 50, 195-200.

Beck, M. W., K. L. J. Heck, et al., 2001, The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates."Bioscience 51(8): 633-641.

Blanchard M., Heim M., Rozec X., Casey X., 2008, Cartographie synthétique et analyse des peuplements benthiques sur deux secteurs du littoral français "Manche-Est" et "Loire-Gironde", Rapport de contrat Ifremer / Ministère de l'Industrie n° 2004-00258-00-07 « Inventaire en matériaux marins sur les façades maritimes de 11 départements côtiers ».

Bonnet D., 2010, Système subtidal de forêt de macroalgues, Master ingénierie en écologie et gestion de la biodiversité.

Bremner J., Rogers S.I., Frid C.L.J., 2006, Methods for describing ecological functioning of marine benthic assemblages using biological traits analysis (BTA), Ecological Indicators 6 (2006) 609-622.

Bremner J., Species' traits and ecological functioning in marine conservation and management, 2008, Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 366 (2008) 37-47.

- Cabioch L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. Cah. Biol. Mar., Paris, t. 9 (5), suppl.: 493-720.
- Cancino J., Santelices B., 1981, The ecological importance of kelp-like holdfasts as a habitat of invertebrates in central Chile, Factors affecting community organization, Proceedings of the International Symposium 10, Sweden, p. 241-246.
- Carpentier, A., Vaz, S., Martin, C. S., Coppin, F., Dauvin, J.- C., Desroy, N., Dewarumez, J.- M., Eastwood, P. D., Ernande, B., Harrop, S., Kemp, Z., Koubbi, P., Leader-Williams, N., Lefèbvre, A., Lemoine, M., Loots, C., Meaden, G. J., Ryan, N., Walkey, M., 2005. Eastern Channel Habitat Atlas for Marine Resource Management (CHARM), Atlas des Habitats des Ressources Marines de la Manche Orientale, INTERREG IIIA, 225 pp.
- Claridge P.N., Potter I.C., Hardisty M.W., 1986. - Seasonal changes in movements, abundance, size composition and diversity of the fish fauna of the Severn estuary. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 66: 229-258.
- Copejans E., 1988, La flore algale des hauts-fonds des Ridens (Boulogne, France), Dumortiera 41-15.7.1988.
- Costa J.L., 1986. - Les poissons de l'estuaire du Tage. *Cybium*,10: 57-75.
- Darnaude A., 2003, Apports fluviaux en zone côtière et réseaux trophiques marins benthiques : transfert de matière organique particulaire terrigène jusqu'aux poissons plats au large du Rhone, Thèse de doctorat, université de la Méditerranée Aix Marseille II.
- Davoult D., Richard A., Les Ridens, haut-fond rocheux isolé du Pas de Calais : un peuplement remarquable, 1988, Cah. Biol. Mar. (1988), 29 : 93-107.
- Dupuis L., 2010, Bilan annuel 2009 étude et protection des phoques de la baie de Somme, Picardie nature, pôle protection faune.
- Elliott M. & Taylor C.J.L., 1989. - The structure and functioning of an estuarine/marine fish community in the Forth estuary, Scotland. In: Proceedings of the 21st European Marine Biology Symposium (Klekowski R.Z., Styczynska E. & L. Falkowski, eds.), pp. 227-240. Gdansk: Polish Academy of Sciences.
- Fournel F., Euzenat G., Fagard J.-L., 1994, Etude de faisabilité et programmation de la restauration et du développement des salmonidés migrateurs, Conseil supérieur de la pêche nord ouest/Eu-Juin 1994, 59 pp.

Foveau A, 2009, Habitats et communautés benthiques du bassin oriental de la Manche : Etat des lieux au début du XXI^{ème} siècle, thèse de doctorat, université de Lille, 308 pp.

Garcia, C. (2006). Variation à long-terme du peuplement benthique du haut-fond des Ridens. Résumé de Mémoire de Master Recherche, Université des Sciences et Technologies de Lille, 28 pp + annexes.

Gévaert F., 2001, Importance des facteurs de l'environnement et du phénomène de photoinhibition sur la production des grandes algues primaires, Thèse de doctorat, université de Lille.

Gibson, R.N., 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. Netherlands Journal of Sea Research 32, 191-206.

Gilliers C., Le Pape O., Amara R., Morin J., Désaunay Y., 2004, Rôle de la qualité du milieu sur la fonctionnalité des habitats côtiers en tant que nourriceries de poissons, Programme Seine-aval 2, Rapport annuel 2003, Thème 4: « Halieutique: populations, peuplements et habitats ».

Graham, L. E., Wilcox, L. W., 2000, Algae, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ. pp 640.

Gregory, R.S., Anderson, J.T., 1997. Substrate selection and use of protective cover by juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* in inshore waters of Newfoundland. Mar. Ecol. Prog. Ser. 146, 9-20.

Grioche A., Harlay X., Koubbi P., Fraga Lago L., 2000, Vertical migration of fish larvae: Eulerian and Lagrangian observations in the eastern English channel, Journal of plankton research vol.22 no.10 pp. 1813-1828, 2000

Hamerlynck O. & Cattrijsse A., 1994. - The food of *Pomatoschistus minutus* (Pisces, Gobiidae) in Belgian coastal waters, and a comparison with the food of its potential competitor *P. lozanoi*. *J. Fish Biol.*, 44: 753-771.

Harden Jones F.R., 1968, Fish Migration. Edward Arnold, London, UK. 325 pp.

Henderson P.A., 1989. - On the structure of the inshore fish community of England and Wales. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 69: 145-163.

Horinouchi M., 2006, Distribution patterns of benthic juvenile gobies in and around seagrass habitats: Effectiveness of seagrass shelter against predators, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72 (2007) 657-664.

Jakson A., 2003 - Maërl. Marine Life Information Network. Plymouth Marine Biological Association of the United Kingdom.

Jax K., 2005. Function and functioning in ecology: what does it mean? *Oikos* 111, 641-648.

Kostecki C., Le Loc'h F., Roussel J.-M., Desroy N., Huteau D., Riera P., Le Bris H., Le Pape O., 2010, Dynamics of an estuarine nursery ground: the spatio-temporal relationship between the river flow and the food web of the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) as revealed by stable isotopes analysis, *Journal of Sea Research* 64 (2010) 54-60.

Laffaille P., Feunteun E. & Lefeuvre J.C., 1999. - Compétition alimentaire entre deux espèces de gobies, *Pomatoschistus lozanoi* (de Buen) et *P. minutus* (Pallas), dans un marais salé macrotidal. *In: Sciences de la Vie*, pp. 897-906. Académie des Sciences. Paris: Elsevier édit.

Largier J.L., 1993, Estuarine fronts: how important are they?, *Estuaries*, 16: 1-11.

Le Pape O., Holley J., Guérault D., Désaunay Y., 2003, Quality of coastal and estuarine essential fish habitats : estimations based on the size of juvenile common sole (*Solea solea* L.), *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58 (2003) 793-803.

Le Mao P., 1986. - Feeding relationships between the benthic infauna and the dominant benthic fish of the Rance estuary (France). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 66: 391-401.

Lough, R.G., Valentine, P.C., Potter, D.C., Auditore, P.J., Bolz, G.R., Neilson, J.D., Perry, R.I., 1989. Ecology and distribution of juvenile cod and haddock in relation to sediment type and bottom currents on eastern Georges Bank. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 56, 1-12.

Mahé K., Delpech J. P., Carpentier A., 2006, Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du golfe de Gascogne, Convention Ifremer-ministère de l'industrie n° 2006-0000708.

Martin CS, Lelièvre S, Vaz S, 2007, Identification des frayères du Déroit du Pas-de- Calais et des zones marines adjacentes, Rapport final du projet ISADO, Programme Interreg IIIa. Canterbury (RU) : Canterbury Christ Church University, 114 pp.

Morin J., Duhamel S., De Roton G., 2010, Poissons, habitats et ressources halieutiques : Cas de l'estuaire de la Seine, Fascicules Seine-Aval 2, 78 pp.

Naeem S., Chapin F.S., Costanza R., Ehrlich P.R., Golley F.B., Hooper D.U., Lawton J.H., O'Neill R.V., Mooney H.A., Sala O.E., Symstad A.J., Tilman D., 1999. Biodiversity and ecosystem functioning: Maintaining natural life support processes issues in ecology, vol. 4. Ecological Society of America, Washington, pp. 11.

NATURA 2000 en Picardie, Phoque gris, 2 pp, http://www.natura2000-picardie.fr/fiche_1364.pdf

Nicolas D., Le Loc'h F., Désaunay Y., Hamon D., Blanchet A., Le Pape O., 2007, Relationships between benthic macrofauna and habitat suitability for juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Vilaine estuary (Bay of Biscay, France) nursery ground, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73 (2007) 639-650.

Parlier E.P., 2006, Approche quantitative de la fonction de nurricerie des systèmes estuaires-vasières, Thèse de doctorat, université de La Rochelle, 282 pp.

Pasquaud S., Girardin M., Elie P., 2004, Etude du régime alimentaire des gobies du genre *Pomatoschistus* (*P. microps* et *P. minutus*) dans l'estuaire de la Gironde (France), *Cybiurn* 2004, 28(1) suppl.: 99-106.

RAMSAR, fiche descriptive sur les zones humides RAMSAR, site n°925 : http://www.wetlands.org/reports/ris/3FR018_RIS2012.pdf

Riou P., Le Pape O., Rogers S., Lemoine M., 2000, Intérêt de l'étude des nurriceries de soles (*Solea solea*) et de plies (*Pleuronectes platessa*) à l'échelle de la Manche Est (Division CIEM 7D), Application à l'identité de stock et à l'estimation du recrutement. Les espaces de l'halieutique, 4e forum halieumétrique de l'Association française d'halieumétrie. IRD Éditions, Bondy, pp. 99-123.

Riou P., Le Pape O., Rogers S., 2001, Relative contributions of different sole and plaice nurseries to the adult population in the Eastern Channel: application of a combined method using generalized linear models and a geographic information system, *Aquat. Living Resour.* 14 (2001) 125-135.

Scharf F.S., Manderson J.P., Fabrizio M.C., 2006, The effects of seafloor habitat complexity on survival of juvenile fishes: Species-specific interactions with structural refuge, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 335 (2006) 167-176.

Thrush, S.F., Schultz, D., Hewitt, J.E., Talley, D., 2002. Habitat structure in soft-sediment environments and abundance of juvenile snapper *Pagrus auratus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 245, 273-280.

Vasquez J. A., Santelices B., 1984, Invertebrate communities in holdfasts of *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyta) in central Chile, *Revista chilena de historia natural* 57, 131-154, 1984

Vincent C., 2009, Projet éolien en mer des Deux Côtes, Synthèse de l'étude sur le suivi télémétrique de phoques veaux marins en Baie de Somme (2008-2009).

Voisin P., 2007, Synthèse des connaissances sur la distribution des mammifères marins en région Nord-Pas-de-Calais, Rapport DIREN Nord-Pas-de-Calais, 28 pp.

Warembourg C., 2000, Distribution des peuplements macrobenthiques de la frange côtière en Manche Orientale (zone de Dieppe - Boulogne sur mer), Diplôme supérieur de recherche.

Wolff, W. J., 1983, Estuarine benthos. In: Ketchum, B. H. (ed.). Estuaries and enclosed seas., Amsterdam : Elsevier. pp. 151-182.

Zander C.D., 1990. - Prey selection of the shallow water fish *Pomatoschistus minutus* (Gobiidae, Teleostei) in the SW Baltic. Helgol. Meeresunt., 44: 147-157.

6 FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE

Renseignements généraux concernant le document envoyé

Titre de l'étude	Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux sur le secteur d'étude du Parc Naturel Marin « Estuaires picards et Mer d'Opale ». Option « Fonctionnalité des habitats »
Nombre de pages/planches	47 pages
Maître d'Ouvrage	Agence des aires marines protégées
N° marché/Date de notification	N° 2010-AAMP-01 / 08/06/2010

Historique des envois

Documents envoyés	Exemplaires papier	Exemplaires pdf	Date d'envoi	N° récépissé
Rapport provisoire		1	26/04/2012	
Rapport définitif		1	17/10 /2012	

Intervenants dans l'élaboration des documents

LABADIE Florian, Darzacq Hervé

Réunions, visites

Objet	Date	Intervenants	Lieu
Réunion de cadrage	Août 2010 (COFIL)		
Réunion d'étape	Avril 2011 (COFIL)		
Réunion de rendu			

Contrôle Qualité

	Niveau 1	Niveau 2
Contrôlé par	DARZACQ Hervé	LABADIE Florian
Date	20/04/2012	16/10/2012
Signature		