

CARAC

TERIS

TIQUES ET

MANCHE - MER DU NORD

ÉTAT

ÉCOLO

GIQUE

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

ÉTAT BIOLOGIQUE

Description des différents biotopes

Distribution des biotopes principaux de la colonne d'eau

Martin Huret,
Isabelle Gailhard-Rocher (Ifremer, Brest).
Avec la participation de
Frédéric Vandermeirsch (Ifremer)
et Olivier Le Pape (Agrocampus Ouest, Pôle Halieutique, Rennes).



La notion d'habitat inclut conjointement les caractéristiques abiotiques (le biotope) et biotiques du milieu.

Les biotopes pélagiques se caractérisent par une grande variabilité spatio-temporelle des conditions hydrologiques de la colonne d'eau, par la diversité des populations pélagiques qu'ils hébergent – phytoplanctoniques, zooplanctoniques, ichtyologiques – et surtout par la dynamique de ces populations qui peuvent changer d'habitat au cours de l'année ou du stade de leur cycle de vie – larves, juvéniles, adultes, période d'alimentation, de reproduction, etc. –, notamment pour les espèces ichtyologiques.

Les études ayant trait à la classification des habitats marins portent essentiellement sur les habitats benthiques [1] [2] [3]. De nombreuses études se sont également intéressées à la cartographie des habitats d'espèces vulnérables ou d'intérêt, notamment dans un cadre réglementaire : liste OSPAR des habitats menacés, liste des habitats élémentaires de la directive Habitats. Seules deux typologies proposent des classifications permettant de recenser l'ensemble des habitats marins : la classification CMECS aux États-Unis [4] et la classification EUNIS en Europe [5]. Dans cette dernière typologie, la discrimination des habitats pélagiques est basée sur des critères physiques et hydrodynamiques. Cette classification, bien qu'elle constitue un standard européen et offre l'avantage d'être exhaustive grâce à sa structure hiérarchique, demeure d'utilisation complexe et peut se révéler inadaptée à certaines zones géographiques.

D'autres approches, moins génériques, s'intéressent au lien entre communautés ou espèces pélagiques et habitats, et tentent de prédire au mieux la distribution spatio-temporelle des populations, en particulier à l'aide de la modélisation [6] [7]. Elles se focalisent sur des espèces cibles, le plus souvent ichtyologiques, et sur des stades précis de leur cycle de vie : période de ponte, nourriceries, etc. [8]

Cette synthèse tente de conserver une approche générique, et se limite donc à la classification des biotopes. Par conséquent, nous sommes amenés à définir des frontières entre ces biotopes. Néanmoins, celles-ci conservent un caractère relatif et dépendront en particulier de l'échelle spatio-temporelle sur laquelle la classification est réalisée. Elles pourront être adaptées en fonction des facteurs environnementaux déterminants pour une espèce d'intérêt donnée, notamment dans un contexte de définition d'habitats. L'approche adoptée ici rejoint celle de la classification EUNIS, avec des critères quantifiables, en se basant sur des variables forçantes à l'échelle des biocénoses. L'objectif est de classer les masses d'eau sur la base de critères physiques, reconnus importants pour les espèces pélagiques et l'écosystème en général, et ainsi de construire une cartographie de « paysages hydrologiques », favorables au développement de différentes communautés pélagiques.

1. MÉTHODOLOGIE D'IDENTIFICATION DES PAYSAGES HYDROLOGIQUES

1.1. MÉTRIQUES HYDROLOGIQUES D'INTÉRÊT POUR LES COMMUNAUTÉS PÉLAGIQUES

Outre la température et la lumière, qui jouent un rôle direct sur la production primaire et l'ensemble du réseau trophique, d'autres caractéristiques telles que les courants, la stratification de la colonne d'eau ou la salinité, reflétant l'influence des panaches, ont un impact fort sur la distribution des communautés pélagiques.

Les indices hydrodynamiques, développés dans des études antérieures [9] et sélectionnés ici, sont les suivants :

- indices de stratification de la colonne d'eau :
 - déficit d'énergie potentielle (ΦT , $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$), qui représente l'énergie nécessaire pour homogénéiser – en température, en salinité ou en densité – la colonne d'eau ;
 - gradient maximum vertical en température ($\text{Grad}T_{\text{max}}$, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$) ou en densité ($\text{kg}\cdot\text{m}^3\cdot\text{m}^{-1}$) ;
 - profondeur de la couche de mélange (thermocline, pycnocline ou halocline) (Z_m , m) ;
- salinité de surface (SS) : indice « panaches fluviaux » ;
- température de fond (BT, $^{\circ}\text{C}$) .

Les indices hydrologiques sont calculés selon les formules proposées [9]. Pour la température de fond, une profondeur seuil de 200 m a été fixée, profondeur approximative définissant la limite du plateau continental, afin d'éviter les profondeurs trop importantes de la plaine abyssale, sans intérêt pour le biotope lié à la couche euphotique. Pour les autres indices (déficit d'énergie potentielle, gradient vertical maximum de température et profondeur de la couche de mélange), un seuil de 100 m a été utilisé afin de s'assurer que l'on mesure bien la stratification liée à la couche de mélange de surface. Les courants ne sont pas pris en compte directement dans notre étude, mais indirectement au travers de leur effet sur la stratification.

Autres indices :

- la turbidité, qui influe sur la pénétration de la lumière, peut également jouer un rôle sur la distribution spatiale des populations pélagiques. Elle a été prise en compte dans l'analyse, au même titre que les indices physiques ;
- en outre, en référence aux espèces ichtyologiques, il peut être judicieux d'élargir la notion de biotope en prenant en compte le plancton, constituant l'alimentation de certaines populations ichtyologiques, et donc structurant leur distribution. C'est pourquoi le paramètre chlorophylle *a* a été intégré dans cette étude, en l'absence de données suffisamment synoptiques pour le zooplancton. Ce dernier paramètre ne s'inscrivant pas dans la démarche adoptée ici (typologie sur la base de critères physiques), il n'est pas pris en compte directement dans l'analyse et n'intervient pas dans la discrimination des groupes, mais apporte une information complémentaire pour leur interprétation écologique.

1.2. DONNÉES DISPONIBLES

Afin de décrire les propriétés physiques influant sur la répartition spatiale des populations, des mesures *in situ* de salinité et de température sur toute la colonne d'eau sont utilisées.

Sur la façade Manche-Atlantique, la climatologie BOBYCLIM¹ propose des moyennes mensuelles de température et de salinité calculées à partir de l'ensemble des mesures *in situ* collectées lors des campagnes océanographiques depuis plus d'un siècle. Des estimations par interpolation horizontale (analyse objective) permettent de reconstituer des champs complets pour chaque profondeur, de 0 à 4 000 m, à une résolution horizontale de 0,1° (voir la contribution thématique « Variation spatio-temporelle de la température et de la salinité »).

Les mois de décembre, janvier et février n'ont pas été pris en compte dans l'analyse en raison du faible nombre de mesures et de la moindre qualité des estimations qui en découlent.

En outre, le nombre de mesures de salinité étant de manière générale plus faible, le calcul de la densité à partir de la température et de la salinité n'est pas toujours cohérent. Par conséquent, le calcul des trois indices de

¹ <http://www.ifremer.fr/climatologie-gascogne/index.php>

stratification n'est basé que sur la température. Cette limite ne permet pas de décrire les processus hydrologiques uniquement liés à la stratification haline, concernant notamment les zones très côtières en périodes hivernales ou automnales, mais ces zones sont par ailleurs bien mises en évidence par l'indice de panache, c'est à dire la salinité.

Concernant la turbidité et la chlorophylle, des estimations des moyennes mensuelles de 2003 à 2010 des concentrations en matières en suspension inorganiques (MES, $g.l^{-1}$) et en chlorophylle *a* (CHLA, $g.l^{-1}$) dans la couche de surface sont disponibles grâce aux données « couleur de l'eau », issues du traitement d'images satellitaires à une résolution spatiale fine – 0.015° en longitude, 0.01° en latitude (voir la contribution thématique « Répartition spatio-temporelle de la chlorophylle ») [10].

Les données de type climatologique mensuelles utilisées ici ne permettent pas de capturer l'ensemble des structures hydrodynamiques méso-échelle, telles que les tourbillons, les zones de front temporaires et les upwellings, qui peuvent également expliquer la distribution spatio-temporelle de certaines populations.

Par ailleurs, ces moyennes mensuelles calculées à partir de données réparties sur plus d'un siècle pour les données physiques, ou plusieurs années pour les données satellitaires, donnent une information globale et stable, pertinente dans un objectif de description d'un état de référence, mais ne permettent d'évaluer les variations inter-annuelles.

1.3. ANALYSE STATISTIQUE

Les données décrites ci-dessus permettent de disposer de tables mensuelles présentant les six paramètres physiques sélectionnés – BT, SS, PhiT, GradTmax, Zm et MES –, calculés sur toute la zone géographique, à une résolution commune de $0,1^\circ$. Pour des raisons de pertinence écologique et de *continuum* entre les structures hydrologiques, l'analyse est conduite à l'échelle de la façade Manche-Atlantique. En raison du faible nombre de mesures rassemblées en mer d'Irlande et de la moindre fiabilité des estimations qui en découle, ces données ont été masquées. Les résultats sont par la suite commentés pour la seule sous-région marine Manche-mer du Nord. Sur la base d'une étude similaire ayant pour objectif d'identifier des « paysages hydrologiques » en domaine côtier dans le golfe de Gascogne [11] [12], deux analyses ont été envisagées [13] :

- dans un premier temps, une Analyse en Composantes Principales (ACP) de la table rassemblant l'ensemble des mois en lignes, suivie d'une méthode de classification, permet d'identifier des groupes communs à l'ensemble des mois et de décrire l'évolution de ces groupes au cours de l'année.
- dans un deuxième temps, une méthode de comparaison multi-tableaux (Analyse factorielle multiple - AFM) est mise en œuvre. Les variables sont ici structurées en groupes (les mois) et sont étudiées simultanément. Cette méthode consiste en une ACP globale de l'ensemble des variables, chaque variable d'un groupe/mois étant préalablement pondérée afin d'équilibrer l'influence des groupes. Elle permet d'obtenir un « compromis » sur l'ensemble de l'année et d'identifier des groupes au sein desquels la variabilité intra-annuelle des indices hydrologiques est similaire.

Pour ces deux méthodes, la variable chlorophylle *a* est introduite en supplémentaire : elle ne participe pas à la discrimination des groupes.

2. DISTRIBUTION DES PAYSAGES HYDROLOGIQUES IDENTIFIÉS EN MANCHE-MER DU NORD

2.1. ÉVOLUTION ANNUELLE DES PAYSAGES HYDROLOGIQUES

La première méthode permet d'identifier 9 paysages hydrologiques, présents à différentes périodes de l'année, et caractérisés par des conditions hydrologiques homogènes (figure 1, tableaux 1 à 3). Ces paysages hydrologiques sont tous présents dans la sous-région marine Manche-mer du Nord, dont 3 sporadiquement, avec une superficie très faible (groupes 2,3 et 5).

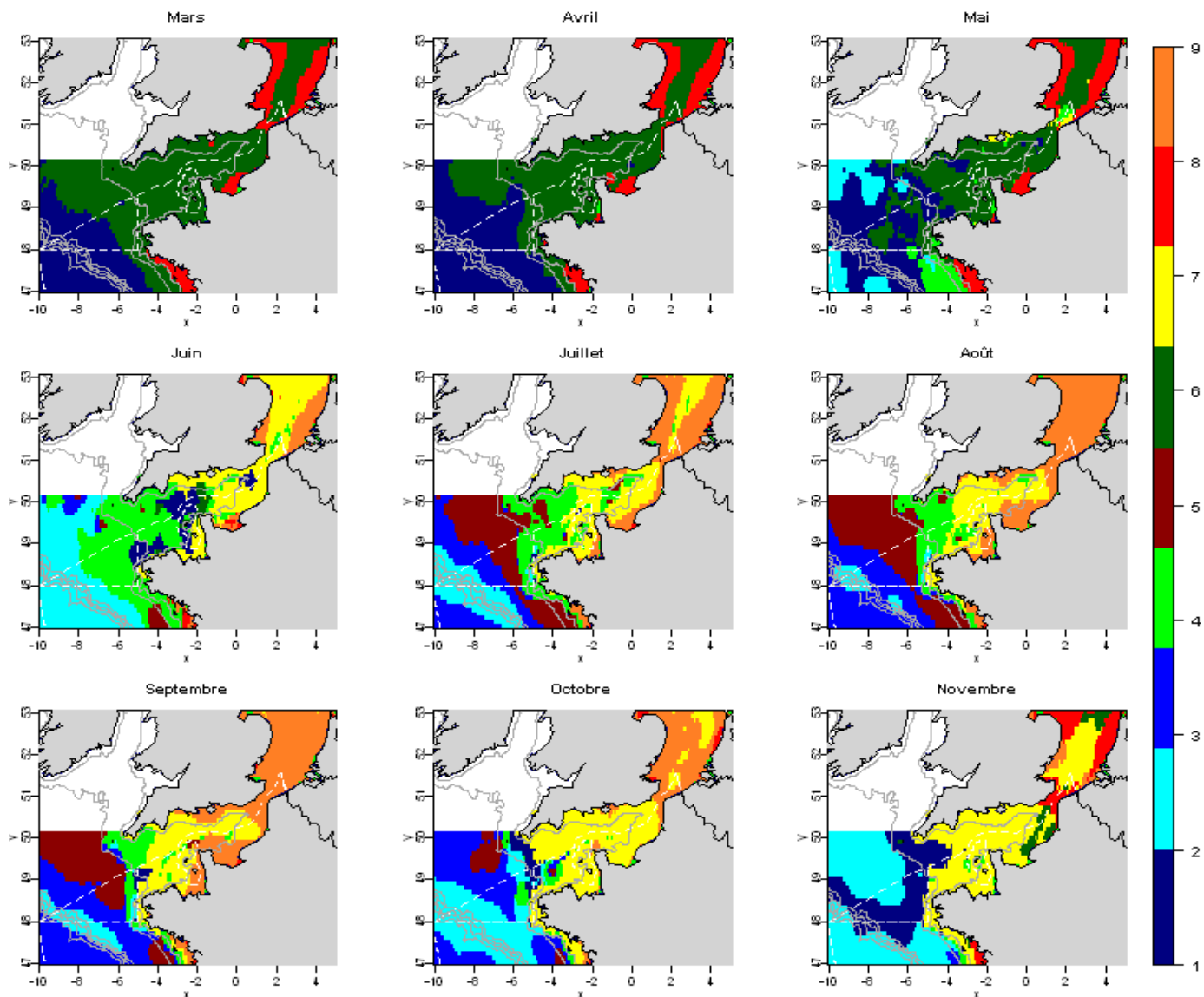


Figure 1 : Distribution spatio-temporelle des paysages hydrologiques identifiés par la première analyse (Sources : Ifremer, 2011).

	SS (PSU)	BT (°C)	PHIT (KG·M ³ ·S ⁻²)	GRADTMAX (°C)	ZM (M)	MES (G·L ⁻¹)	CHLA (G·L ⁻¹)
Atlantique	35,46	11,68	28,54	0,07	29,33	0,52	0,51
1	35,59	11,66	4,27	0	0	0,58	0,7
2	35,6	11,65	40,57	0,07	41,9	0,47	0,37
3	35,63	11,63	92,93	0,15	43,52	0,41	0,21
4	35,13	11,99	31,33	0,14	22,78	0,85	0,93
5	35,18	11,62	108,25	0,26	31,34	0,43	0,34
6	35,11	10,36	0,07	0	0	1,67	1,1
7	35,12	14,33	1,57	0,04	0	1,45	1,1
8	33,99	10,81	0	0	0	8,42	3,11
9	34,69	16,7	0,67	0,03	0	3,46	1,97

Tableau 1 : Médiane des indices hydrologiques des différents paysages hydrologiques sur l'ensemble de la zone d'analyse.

		MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE
1	Sup. (km ²)		515	5 833	10 550	686	257	2 059	2 230	2 402
	Vol. (10 ⁹ m ³)		21	465	730	58	22	190	205	204
2	Sup. (km ²)					515	515	86	1 115	
	Vol. (10 ⁹ m ³)					46	51	8	102	
3	Sup. (km ²)			86		86			1 201	
	Vol. (10 ⁹ m ³)			7		6			104	
4	Sup. (km ²)	2 831	2 402	4 889	15 354	14 753	11 322	4 546	5 918	3 946
	Vol. (10 ⁹ m ³)	267	175	229	1 077	1 175	980	390	531	347
5	Sup. (km ²)					1 029	257	515	515	
	Vol. (10 ⁹ m ³)					73	18	47	44	
6	Sup. (km ²)	50 006	48 462	39 971	3 345					5 318
	Vol. (10 ⁹ m ³)	2 433	2 405	1 884	195					136
7	Sup. (km ²)			1 544	25 303	28 391	23 416	25 990	40 914	42 801
	Vol. (10 ⁹ m ³)			30	690	1 194	1 184	1 450	1 657	2 037
8	Sup. (km ²)	5 747	7 205	6 262	1 372	515	172	686	86	4 117
	Vol. (10 ⁹ m ³)	115	214	200	91	51	17	69	9	91
9	Sup. (km ²)				2 659	12 609	22 644	24 703	6 605	
	Vol. (10 ⁹ m ³)				32	211	542	660	164	

Tableau 2 : Superficie et volume des paysages hydrologiques dans la sous-région marine Manche-mer du Nord.

Grp 1	Paysage hydrologique peu présent en Manche-mer du Nord, mis à part en mai et juin, représenté par une stratification très limitée et des températures restant froides.
Grp 2	Paysage hydrologique très peu représenté en Manche-Mer du Nord, essentiellement en été dans l'extrême ouest de la zone où la stratification se met en place.
Grp 3	Paysage hydrologique encore moins représenté dans cette zone, sporadiquement, avec des valeurs de stratification élevées et des eaux appauvries en chlorophylle.
Grp 4	Paysage hydrologique de fin de printemps et d'été, encore faiblement stratifié dans l'ouest de la Manche, avec une couche de mélange peu profonde, et des valeurs de chlorophylle élevées, témoignant du bloom de fin de printemps.
Grp 5	Paysage hydrologique présentant la stratification la plus forte au cours de l'été, du fait d'un réchauffement important, mais quasiment absent en Manche-mer du Nord.
Grp 6	Paysage hydrologique couvrant une large partie de la Manche au printemps, faiblement dessalé, avec des concentrations en MES conséquentes du fait de l'apport par les panaches mais surtout de la remise en suspension hivernale en ce qui concerne la Manche.
Grp 7	Paysage hydrologique non stratifié de Manche est l'été, s'étendant avec la déstratification vers l'ouest à l'automne, avec des eaux encore chaudes suite au réchauffement estival.
Grp 8	Paysage hydrologique des panaches, donc étendu au printemps, période des débits les plus élevés, avec des températures de fond faibles en moyenne. Les concentrations en MES sont très élevées, ainsi que les concentrations en chlorophylle, témoignant de forts blooms printaniers dans ce groupe.
Grp 9	Bande côtière présente surtout l'été et l'automne, période de débits plus faibles. Eaux cependant assez dessalées et relativement riches en MES et chlorophylle.

Tableau 3 : Caractéristiques des paysages hydrologiques identifiés par la première analyse.

2.2. PAYSAGES HYDROLOGIQUES PRÉSENTANT UNE VARIABILITÉ ANNUELLE SIMILAIRE

La deuxième méthode permet également d'identifier 10 groupes présentant une variabilité annuelle des conditions hydrologiques similaires, dont 3 – les groupes 2, 6 et 9 – sont présents en Manche-mer du Nord (figure 2). Le groupe 6 est représenté par le panache de la Seine, avec des eaux fortement dessalées, riches en MES et en chlorophylle. Le groupe 2 est représenté par une étroite bande côtière (baie du Mont-Saint-Michel, littoral de la Somme et du Nord-Pas-de-Calais), de faible profondeur, également sous l'influence de panache mais dans une moindre mesure. Le groupe 9 couvre le reste de la zone. Il représente un paysage hydrologique peu ou pas stratifié, restant relativement froid en comparaison de la zone golfe de Gascogne.

Le groupe 3 apparaît uniquement de manière anecdotique, à la frontière entre deux autres groupes aux caractéristiques proches.

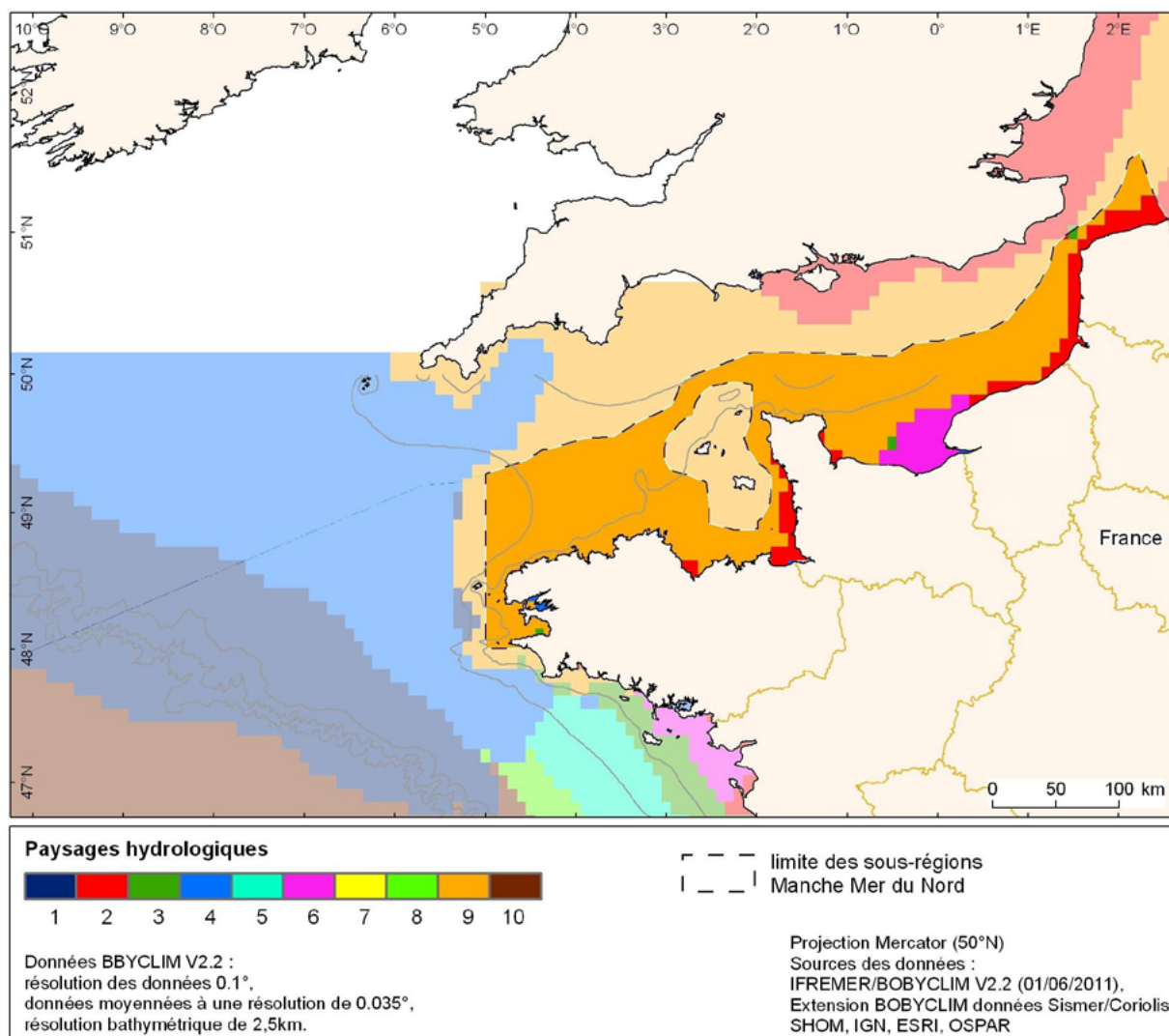


Figure 2 : Distribution spatiale des paysages hydrologiques identifiés par la deuxième analyse. Analyse factorielle multiple – AFM (Sources : Ifremer/Bobyclim, Simer, SHOM, IGN, ESRI, OSPAR, 2011).

3. CONCLUSION

Les paysages hydrologiques identifiés dans cette étude représentent des zones géographiques homogènes au plan des indices hydrologiques sélectionnés, qui peuvent ainsi fortement contribuer à la structuration des biocénoses. Ces structures hydrologiques homogènes peuvent constituer des entités géographiques favorables (ou « habitats potentiels ») au développement de certaines communautés pélagiques, mais aussi démersales et benthiques en lien étroit avec le domaine pélagique. Cependant, la réalisation de ces habitats potentiels est également sous la dépendance de facteurs intrinsèques aux populations (structure démographique, densité [6]) et de facteurs extrinsèques, comme la variabilité hydro-climatique interannuelle, facteurs non pris en compte dans notre étude.

Nous avons utilisé deux méthodologies différentes à partir d'indices mensuels, faisant ressortir pour la première des groupes homogènes à l'échelle du mois, pour la seconde des groupes présentant des évolutions hydrologiques saisonnières comparables. En ce sens la première est plus fine, et permet de suivre l'évolution saisonnière des biotopes pour une zone donnée et/ou la répartition géographique des différents biotopes au cours de l'année. Ces résultats peuvent apporter un éclairage pertinent permettant la compréhension de la répartition spatio-temporelle des populations pélagiques : une espèce fortement sensible aux variations hydrologiques mais mobile sur des distances suffisantes pourra ainsi « suivre » son habitat potentiel au cours de l'année, contrairement à une espèce fixe qui devra pouvoir supporter l'évolution saisonnière locale (biotope établi par la seconde méthode),

ou à une espèce à durée de vie courte qui devra profiter d'une période favorable de l'année pendant laquelle le biotope local représente sont habitat potentiel.

La Manche, contrairement au golfe de Gascogne, présente une hétérogénéité spatiale relativement faible, ce qui explique le faible nombre de biotopes obtenus aussi bien par la première méthode (6 biotopes vraiment représentés) que par la seconde (3 représentés). D'un point de vue spatial, la classification met surtout en évidence la baie de Seine, ainsi que la bande côtière du golfe Normand-Breton et de la Manche-est, turbide et légèrement influencée par les apports terrestres. D'un point de vue temporel, ces mêmes zones se distinguent, ainsi que la Manche-ouest, avec l'évolution de la stratification saisonnière, contrairement à la Manche-est et au sud de la mer du Nord qui restent mélangés toute l'année.

La typologie présentée dans cette étude pourra servir de base à la structuration d'entités homogènes au sein desquelles il sera par la suite possible de qualifier l'état écologique demandé par la DCSMM. Pour ce deuxième exercice, la description des principales communautés ou espèces typiques associées aux paysages pourrait être un élément pertinent. Ce complément pourra s'appuyer sur certaines contributions de l'évaluation initiale, notamment celles relatives à la description des caractéristiques biologiques des communautés associées aux habitats pélagiques. Un tel travail à l'échelle annuelle, sur toute la zone concernée et pour l'ensemble des espèces pélagiques clés d'une région donnée, nécessite de disposer d'une description des distributions des espèces pélagiques dominantes, à des échelles temporelles et spatiales fines, ainsi qu'à plusieurs périodes de leurs cycles de vie en ce qui concerne les poissons et les invertébrés benthiques présentant une phase pélagique. La structuration spatiale développée pourra aussi être utilisée, en complément de la structure bio-sédimentaire, pour une même approche sur les communautés benthodémersales.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Foster-Smith B., Connor D., Davies J., 2007. MESH Guide to Habitat Mapping, MESH Project, 2007. JNCC, Peterborough. <http://www.searchmesh.net/default.aspx?page=1900>
- [2] Connor D.W., Gilliland P.M., Golding N, Robinson P., Todd D., Verling E., 2006. UKSeaMap: the mapping of seabed and water column features of UK seas. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.JNCC. <http://jncc.defra.gov.uk/page-2117>
- [3] Report of the Working Group on Marine Habitat Mapping (WGMHM), 2008.
- [4] Coastal and Marine Ecological Classification Standard: Version 3.1 (Working Draft). FGDC Document Number XX, 2010.
- [5] Davies C.E., Moss D., Hill M.O., 2004. Eunis habitat classification revised 2004, 310 p.
- [6] Planque B., Loots C., Petitgas P., Lindstrom U. et Vaz S., 2011. Understanding what controls the spatial distribution of fish populations using a multi-model approach. *Fish. Oceanogr.* 20:1, 1-17.
- [7] Planque B., Bellier E., Lazure P., 2007. Modelling potential spawning habitat of sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Bay of Biscay. *Fish Oceanogr.* 16:1, 16-30.
- [8] Lehodey P., Senina I. et Murtugudde R., 2008. A spatial ecosystem and populations dynamics model (SEAPODYM) – Modeling of tuna and tuna-like populations. *Prog. Oceanogr.* 78:304–318.
- [9] Huret M., Struski C., Léger F, Petitgas P., Lazure P. et Sourisseau M., 2009. Modélisation couplée physique-biogéochimie du golfe de Gascogne sur la période 1971-2007. R.INT.DOP/EMH/ 2009-01.
- [10] Saulquin B., Gohin F. et Garello R., 2011. Regional Objective Analysis for Merging High-Resolution MERIS, MODIS/Aqua, and SeaWiFS Chlorophyll-a Data From 1998 to 2008 on the European Atlantic Shelf, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 49, 143-154.
- [11] Planque B., Lazure P., Jegou A.M., 2004. Detecting hydrological landscapes over the Bay of Biscay continental shelf in spring. *Clim Res* 28:41-52.
- [12] Planque B., Lazure P., Jegou A.M., 2006. Typology of hydrological structures modelled and observed over the Bay of Biscay shelf. *Scientia Marina*70S1: 43-50.
- [13] Gailhard-Rocher I., Huret M., Lazure P., Vandermeirsch F., Gatti J., Garreau P., 2012. Identification de « paysages hydrologiques » dans les eaux marines sous juridiction française (France métropolitaine). Ministère de l'Ecologie et du développement durable, Directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM), Ref. R.INT.ODE/DYNECO/D 12-04, 48p. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00069/18018/>