

CARAC

TERIS

TIQUES ET

GOLFE DE GASCOGNE

ÉTAT

ÉCOLO

GIQUE

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

GOLFE DE GASCOGNE

JUIN 2012

ÉTAT BIOLOGIQUE

Description des différents biotopes

Distribution des biotopes principaux de la colonne d'eau

Martin Huret (Ifremer, Nantes),
Isabelle Gailhard-Rocher (Ifremer, Brest).
Avec la participation de
Sandrine Vaz, Frédéric Vandermeirsch,
Pascal Lazure (Ifremer)
et Benjamin Planque (Institute of Marine Research, Norvège).



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, qui joue un rôle direct sur la production primaire et l'ensemble du réseau trophique, d'autres caractéristiques telles que 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 des « 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. 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.

Autres indices :

- la turbidité 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 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 spatiale de 0,1° (voir la contribution thématique « Variation spatio-temporelle de la température et de la salinité »).

Le nombre de mesures de salinité étant 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 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.

En outre, les données de type climatologique mensuelles utilisées ici ne permettent pas de capturer la variabilité associée aux structures hydrodynamiques à méso-échelle, telles que les tourbillons, les zones de front et les upwellings, qui peuvent également expliquer la distribution spatio-temporelle de certaines populations.

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

Concernant la turbidité et la chlorophylle, des estimations des moyennes mensuelles de 2003 à 2010 des concentrations en matières en suspension inorganiques (MES, $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) et en chlorophylle *a* (CHLA, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) 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].

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. Les résultats sont par la suite commentés pour la seule sous-région marine golfe de Gascogne. 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) 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 est utilisée afin d'identifier des groupes d'individus présentant une variabilité des conditions hydrologiques similaire au cours de l'année.

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 DANS LE GOLFE DE GASCogne

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).

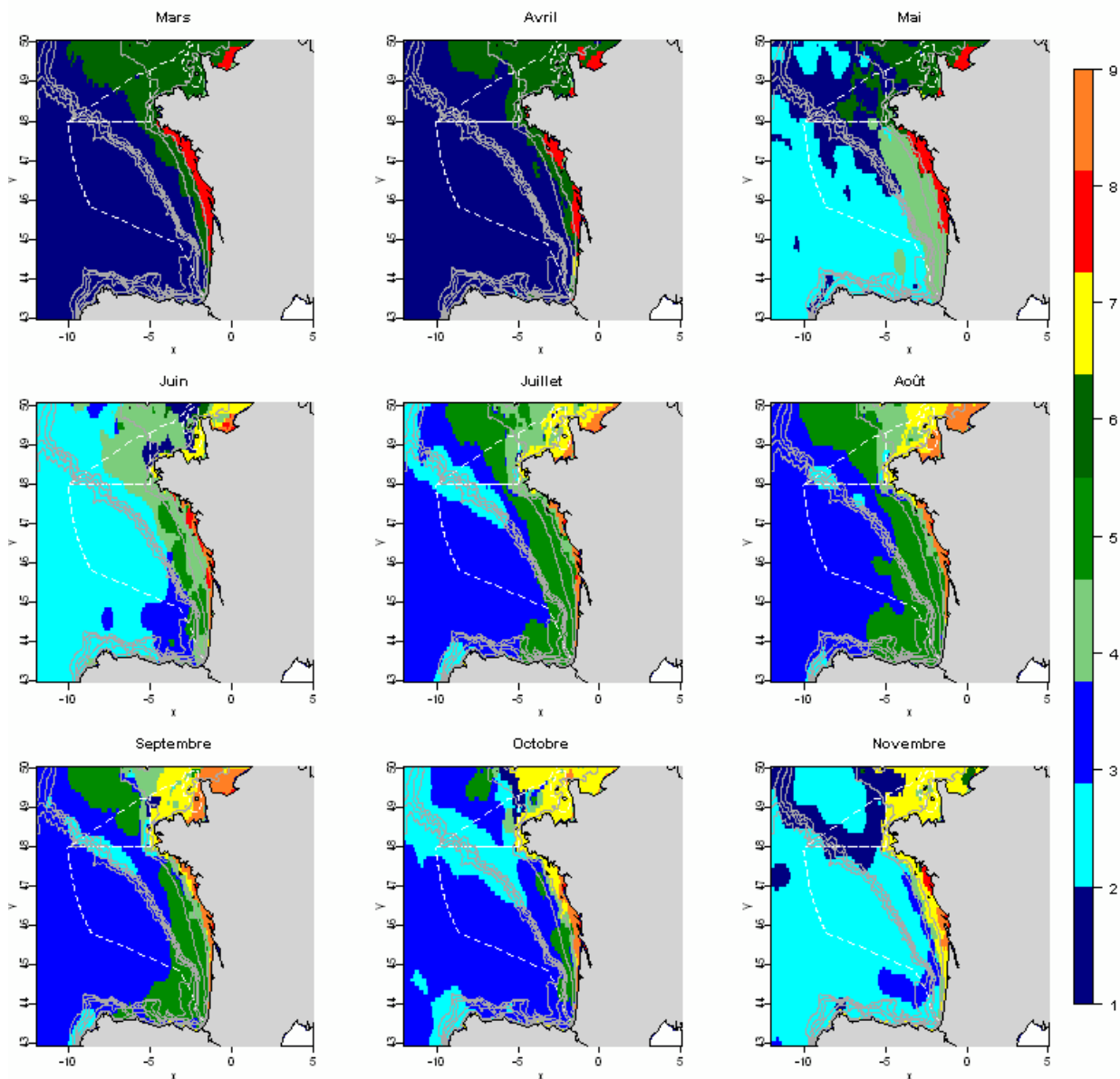


Figure 1 : Distribution spatio-temporelle des paysages hydrologiques identifiés par la première analyse. (Sources : Ifremer, 2011).

	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)	148 046	158 939	41 429			86		86	9 264
	Vol. (10 ⁹ m ³)	16 027	17 139	4 665			4		5	1 237
2	Sup. (km ²)			72 994	108 933	22 215	3 088	9 264	40 400	138 611
	Vol. (10 ⁹ m ³)			7 321	11 487	2 501	397	1 188	4 669	14 807
3	Sup. (km ²)				11 151	90 749	97 954	114 165	111 506	14 153
	Vol. (10 ⁹ m ³)				1 186	9 433	10 312	11 995	11 666	1 469
4	Sup. (km ²)	1 029	2 487	62 872	39 284	11 065	8 492	9 778	8 492	8 406
	Vol. (10 ⁹ m ³)	103	241	6 516	3 455	573	413	502	514	706
5	Sup. (km ²)				25 646	63 387	74 795	49 577	18 013	
	Vol. (10 ⁹ m ³)				2 748	6 463	7 727	5 130	1 805	
6	Sup. (km ²)	29 592	22 902	2 573						257
	Vol. (10 ⁹ m ³)	2 508	1 419	144						3
7	Sup. (km ²)		1 201	343	343	858	1 887	3 002	8 835	19 385
	Vol. (10 ⁹ m ³)		66	6	8	11	38	82	257	760
8	Sup. (km ²)	19 471	12 609	17 241	5 146	1 201	1 715	1 544	1 630	3 688
	Vol. (10 ⁹ m ³)	578	351	557	230	107	172	154	132	158
9	Sup. (km ²)			686	7 634	8 663	10 121	10 808	9 178	4 374
	Vol. (10 ⁹ m ³)			7	101	129	153	165	168	75

Tableau 2 : Superficie et volume des paysages hydrologiques dans la sous-région marine golfe de Gascogne.

Grp 1	Zone du large (au-delà des 100 m), très peu influencée par les panaches dessalés, et non stratifiée, présente uniquement l'hiver et en début de printemps, jusqu'en mai sur le talus au nord du golfe. Ce paysage hydrologique est également présent en novembre sur le talus, pour lequel la rupture de stratification est la plus rapide, avec des températures de fond froides.
Grp 2	Eaux du large aux mois de mai, juin et novembre, ainsi que de juillet à octobre sur le nord du talus. C'est un groupe avec une stratification encore peu intense en début de saison, ou dont la stratification s'atténue en novembre, ou encore ayant une stratification limitée en été sous l'effet du mélange au talus et dans l'upwelling de Galice. La production primaire y est limitée, même si elle peut être relativement élevée au talus l'été.
Grp 3	Eaux du large au cœur de l'été jusqu'en octobre, avec une stratification forte, une thermocline marquée et relativement profonde, et une absence de production phytoplanctonique.
Grp 4	Zone du plateau en fin de printemps, encore faiblement stratifiée, avec une couche de mélange peu profonde, et des valeurs de chlorophylle élevées, témoins du bloom printanier.
Grp 5	Zone du large du plateau dans le sud du golfe et du milieu de plateau dans le nord, ainsi qu'en entrée de Manche, présentant la stratification la plus forte au cours de l'été, du fait d'un réchauffement important et d'eaux relativement dessalées en surface en comparaison au groupe 3 du large.
Grp 6	Bande côtière entre les isobathes 50 m et 100 m en fin d'hiver, faiblement dessalée, avec des concentrations en MES conséquentes du fait de l'apport par les panaches et de la remise en suspension hivernale.
Grp 7	Bande côtière en été et surtout à l'automne, seulement faiblement dessalée en raison de débits plus faibles à cette saison, non stratifiée, et encore chaude 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 qu'en chlorophylle, témoignant de forts blooms printaniers dans ce groupe.
Grp 9	Étroite bande côtière présente surtout l'été et à 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

Cette deuxième méthode permet d'identifier 10 groupes, présentant une variabilité annuelle des conditions hydrologiques similaire. Parmi ces 10 paysages hydrologiques, la sous-région du golfe de Gascogne en comptabilise 9.

Cette classification distingue dans un premier temps les paysages hydrologiques côtiers, de faible profondeur et mélangés tout au long de l'année sous l'influence de la marée (groupe 3) et/ou influencés par les fleuves (2, 6), des paysages montrant une stratification saisonnière. Cette stratification thermique saisonnière est décalée dans le temps, et plus ou moins intense, du sud vers le nord (5, 8, 10, 4). Le groupe 1 se distingue le long du talus au nord, présentant une moindre stratification saisonnière du fait du mélange par les ondes internes.

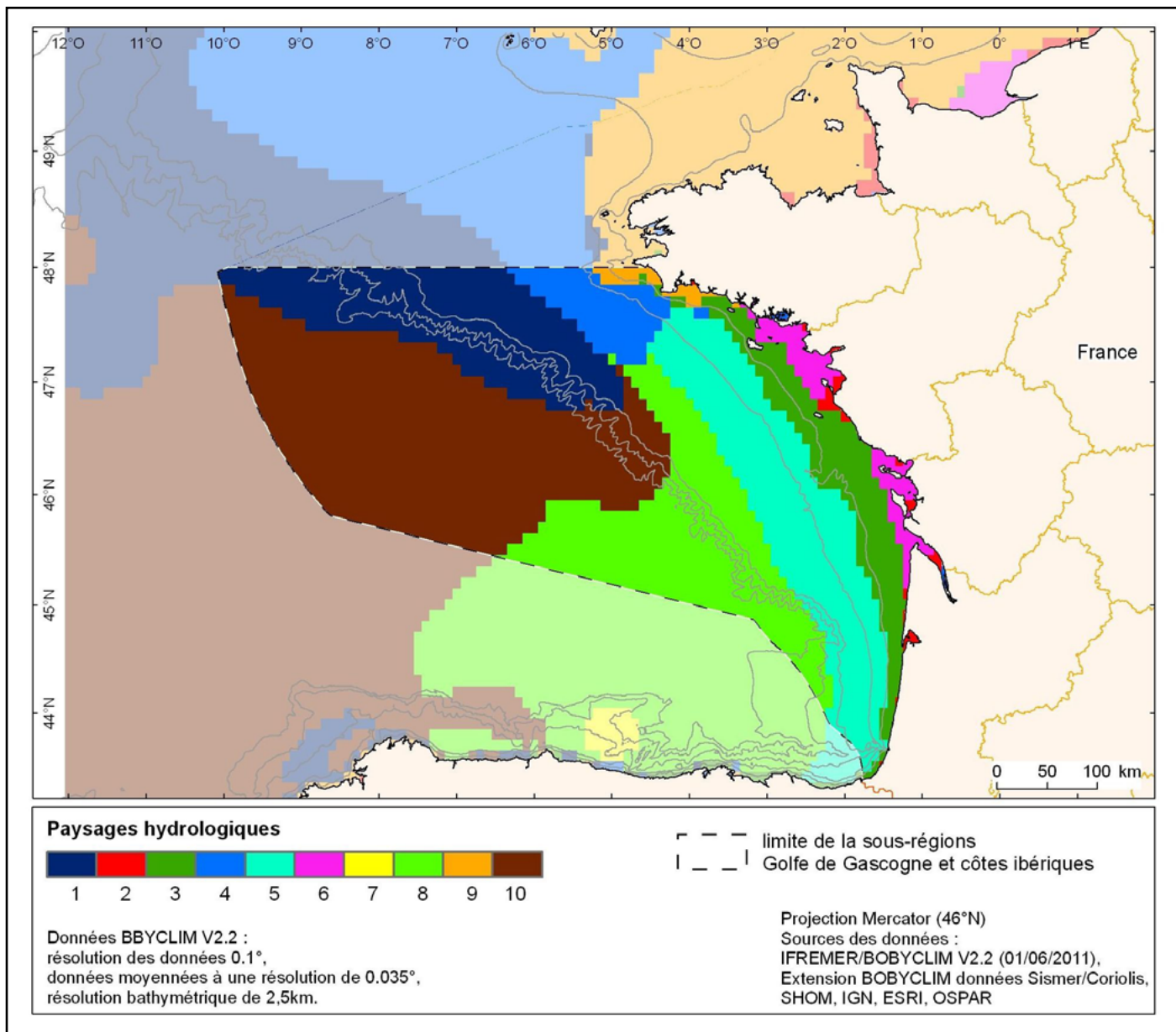


Figure 2 : Distribution spatiale des paysages hydrologiques identifiés par la deuxième analyse (Analyse factorielle multiple – AFM). (Sources : Ifremer/Boby clim, Simer, SHOM, IGN, ESRI, OSPAR, 2011).

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 au développement de certaines communautés pélagiques, mais aussi démersales et benthiques.

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 DCSSM. 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. Or, si des études spécifiques sur les distributions dans les sous-régions concernées sont disponibles, elles ne concernent que des zones limitées, essentiellement côtières pour le phytoplancton et le zooplancton, et des périodes de l'année ponctuelles pour les poissons. La structuration spatiale développée ici 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., Vandermeersch F., Gatti J., Garreau P., Gohin F., 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/>