

Production d'un carroyage en mer, pour la synthèse des données d'activités, d'usages et d'environnement

Version 6, octobre 2017

Auteurs : Sébastien Colas, Frédéric Quemmerais, Pierre Vigné,

1 – Contexte

La mise en œuvre des politiques publiques dédiées à la gestion du milieu marin en outre-mer et en métropole, notamment pour les eaux françaises métropolitaines les directives DCSMM¹ (2008/56/CE) et PEM² (2014/89/UE), nécessitent la mobilisation et l'analyse de nombreuses données descriptives de l'environnement et des activités humaines. Dans le cadre de ces politiques, le développement des approches écosystémiques et intersectorielles s'accompagnent d'une montée en puissance de l'utilisation de la dimension spatiale de l'information. Dans ce contexte, l'information géographique nécessaire pour appuyer les processus de concertation, de décision et de gestion de l'espace marin est extrêmement variée, multi thématique³ et présente une très grande hétérogénéité d'échelles spatiales et temporelles. On peut citer par exemple :

- des données ponctuelles comme la localisation d'espèces, de pollutions, de stations de suivi de la qualité des eaux ou les positionnements de navires par les systèmes AIS et VMS... ;
- des données surfaciques délimitées comme les périmètres et zonages réglementaires d'aires marines protégées et d'activités humaines (clapage, extraction de granulats...)... ;
- des données surfaciques continues comme les cartographies de paramètres océanographiques (températures, ondes de marées, chlorophylle, habitats benthiques...);
- des données linéaires comme la nature du trait de côte, les câbles sous-marins...

Afin de pouvoir analyser conjointement ces données, il est utile de pouvoir disposer d'une grille continue et régulière sur le domaine marin. Ainsi, le Cerema et l'Agence française pour la biodiversité ont développé un **carroyage régulier de 1 minute de degré par 1 minute de degré**, avec la possibilité de le décliner à des échelles plus petites. Un carroyage de 3 minutes sur 3 minutes a ainsi été produit pour répondre à des demandes spécifiques telles que l'appui à la réalisation de politiques publiques (énergies marines renouvelables, documents stratégiques de façade, DCSMM, ...) ou le porter à connaissance à petite échelle (outil statistique de l'ONML).

Le projet actuel porte sur la couverture des façades maritimes métropolitaines, dans la limite des eaux sous juridiction. Les espaces maritimes des départements d'outre-mer seront concernés dans un second temps.

¹ Directive cadre stratégie pour le milieu marin.

² Planification de l'espace maritime.

³ En juillet 2017 le catalogue « DCSMM évaluations 2018 » du portail Sextant DCSMM comporte 269 jeux de données.

Le carroyage est en parfaite cohérence géométrique avec les référentiels existants tels que le carroyage MARSDEN, les rectangles statistiques du Système d'Information Halieutique et du CIEM, les zones de pêches FAO et le carroyage Valpena. Cette cohérence permet ainsi la mise en relation directe et l'agrégation des informations entre carroyages de différentes résolutions.

La production de ce carroyage s'inscrit pleinement dans plusieurs dossiers en cours et permet des échanges entre tous les acteurs concernés produisant des informations compatibles : analyses spatiales produites pour la rédaction des documents stratégiques de façade, production de cartographies des risques d'expositions aux pressions et cartographies des risques d'effets concomitants dans le cadre du projet Carpe Diem.

Ce travail s'inscrit, par ailleurs, dans la démarche initiée par le groupe de travail GIMeL (géoinformations pour la mer et le littoral) visant à mettre en place des informations géographiques de référence sur l'espace marin et littoral français.

Les maîtres d'ouvrage de ce standard sont la DEB et la DML qui, au titre de leurs travaux respectifs sur la DCSMM et les DSF, ont besoin de disposer d'un même socle géographique.

2 - Equipe projet constituée

Ce projet s'inscrit dans le cadre du groupe de travail GIMeL pour lequel un sous-groupe dédié au carroyage a été constitué. Sous le pilotage de Sébastien Colas de l'ONML, il est composé de :

- DEB : Florence Naizot
- MIG : Olivier Dissard
- Ifremer : Claude Mérrien
- MNHN : Guillaume Grech

Le rapportage de ces travaux est réalisé par le Cerema (Pierre Vigné) et l'AFB (Frédéric Quemmerais)

.3 - Les spécifications du carroyage

Les spécifications qui suivent sont le résultat de la réflexion engagée par le sous-groupe de travail et constituent ainsi un premier livrable avant d'envisager la rédaction d'un standard si cela s'avère nécessaire pour une meilleure appropriation par les services.

3.1 – Objectifs du carroyage

Ce carroyage est créé pour permettre la structuration, l'agrégation et la synthèse des données dans des unités géographiques clairement délimitées et connues. Cette méthode permet de cartographier de façon homogène les processus environnementaux, les compartiments biologiques et écologiques, les activités humaines, les paramètres sociaux et économiques. *In fine*, l'analyse des données ainsi maillées peut produire de façon relativement rationnelle et répétable les éléments nécessaires à la localisation, à la description et à la compréhension des enjeux de l'espace marin.

Considérant les politiques publiques de gestion de l'espace maritime, la résolution de 1 minute de degré par 1 minute de degré est une échelle permettant de synthétiser des processus très locaux avec une dégradation de l'information raisonnable et de décomposer des processus régionaux avec une précision largement suffisante. Dans la perspective de réaliser des analyses spatiales, le carroyage offre plusieurs avantages dont notamment :

- une standardisation et une synthèse de l'information ;
- la possibilité d'associer des indices de confiance, de qualité et de complétude des données ;
- le renseignement de la présence ou de l'absence d'information (valeur = x, valeur = 0, valeur = nulle c'est-à-dire pas de valeur) ;
- la possibilité d'exploiter chaque maille comme un individu dans une analyse statistique ;
- la possibilité de considérer les informations associées à chaque maille comme des enregistrements exploitables dans un système de base de données ;
- la possibilité d'associer des métadonnées à chaque enregistrement associé à chaque maille.

De plus l'analyse par maille peut fournir une aide précieuse pour assimiler et synthétiser l'information en vue des processus de rapportage et en vue de produire de l'information diffusable au public. A ce titre le carroyage a vocation à être diffusé et partagé le plus largement possible de manière à permettre la ventilation de données thématiques et ainsi d'enrichir le porter à connaissance et les analyses possibles entre les utilisateurs.

3.2–La cible, les utilisateurs

Les utilisateurs des carroyages sont multiples avec des utilisations tout aussi diverses :

- services déconcentrés de l'État : synthèses cartographiques pour les documents stratégiques de façade, mise en œuvre de schémas régionaux de développement de telle ou telle activité... ;
- collectivités locales : connaissance générale de leur environnement marin, développement de politiques maritimes, travail partenarial avec les collectivités voisines... ;
- gestionnaires d'aires marines protégées afin de définir le contexte dans lequel se situe le site en question : densité d'aires marines, trafic maritime, pollutions, densités d'oiseaux marins... ;
- services centraux de l'État et établissements publics : synthèse et état des lieux des connaissances biologiques, des pressions exercées sur l'environnement, rapportage aux instances internationales, confrontation des informations avec les pays transfrontaliers... ;
- universitaires : collecte de données, remontée d'informations standardisées au niveau national, échanges d'informations entre secteurs géographiques et entre universités...

3.3 - Etendue du carroyage

L'objectif final est de disposer d'un carroyage unique couvrant l'espace maritime français de la métropole et des départements d'outre-mer : Guadeloupe, Martinique, Guyane, La Réunion, Mayotte, celui-ci pouvant ensuite être décliné à des échelles plus petites suivant les besoins.

En mer, le carroyage s'étend jusqu'à la frontière ou jusqu'à la limite de la Zone Economique Exclusive (ZEE). A terre, le carroyage est produit sur l'emprise des communes littorales et remonte jusqu'à la limite de salure des eaux dans les zones estuariennes.

3.4 – Système de maillage géographique

Le carroyage produit est défini comme une grille géographique zonée.

En ce qui concerne le référentiel, un nouveau décret est en cours d'écriture qui découle des conclusions du GT "révision du décret 2006" du CNIG. Ainsi il est proposé que le système de référence géographique du carroyage soit compatible avec ce décret à venir.

Le WGS84 est exclu dans tous les territoires sous juridiction des Etats membres. Seul l'ITRS est légal.

Il est proposé de retenir :

- pour la métropole : ETRS 1989 (EPSG : 4258)
- pour les Antilles françaises: RGAF09 (EPSG : 5489)
- pour la Guyane: RGFG95 (EPSG : 4624)
- pour la Réunion: RGR92 (EPSG : 4627)
- pour Mayotte: RGM04 (EPSG : 4470)
- pour Saint-Pierre-et-Miquelon : RGSPM06 (EPSG : 4463)

Cette solution présente l'avantage de faciliter les envois de données à l'Agence Européenne de l'Environnement. Mais en revanche elle nécessiterait l'utilisation de plusieurs carroyages : un pour chaque territoire.

3.5 –Origine et orientation de la grille

L'origine de la grille coïncide avec le point d'intersection entre l'équateur et le méridien de Greenwich (GRS80 latitude $\phi=0$; GRS80 longitude $\lambda=0$). Par ailleurs, la grille est orientée sud-nord et ouest-est suivant le quadrillage défini par les méridiens et les parallèles de l'ellipsoïde GRS80.

3.6 - Taille de la maille de référence

Le carroyage offre la possibilité d'agréger (par exemple par dénombrement, sommes, ...) de l'information à partir du moment où les carroyages disposent bien de la même origine et sont parfaitement emboîtés. A titre d'exemple, en procédant par une somme, il est tout à fait possible de calculer un nombre d'heures de présences par maille de 3 minutes, si ce nombre d'heures est connu par maille de 1 minute.

Pour cela, il est proposé de produire un unique carroyage sur la base d'une taille de référence d'une minute de résolution.

Et il est laissé libre à chaque métier, service ou utilisateur de générer d'autres carroyages à des résolutions moindres : 2 minutes, 3 minutes, ..., ou à des résolutions plus grandes ½ minute, ¼ minute, ...

3.7 – Identifiant de chaque maille

Un champ servant d'identifiant est créé. Il permet de repérer de manière unique chaque carreau dans la grille. Il permet aussi aux utilisateurs de faire référence à cet identifiant lors des agrégations de données ou lors de l'intégration dans d'autres carroyages existants.

Pour une cohérence avec le règlement européen Inspire, les carreaux de la grille de 1 minute sont identifiés de cette manière :

[taille de la maille]_[latitude mini]_[N/S]_[longitude mini]_[E/W]

Où

- taille de la maille = 1 minute dans le présent cas
- latitude mini = latitude du coin bas gauche de la maille en degrés et minutes
- N/S = Nord ou Sud
- longitude mini = longitude du coin bas gauche en degrés et minutes
- E/W = Est ou Ouest

Pour les traitements et les requêtes réalisés sur les tables attributaires il est souvent utile que les identifiants contiennent toujours et strictement le même nombre de caractères. C'est un point à anticiper.

L'exemple ci-dessous illustre l'identifiant d'un carreau situé à la position : 48°36'N et 2°50'W : « 1_4836_N_0250W » soit maille de 1 minute de degré, position 48°36' nord et 2°50' ouest

3-8-Cohérence du carroyage avec les carroyages existants

Le carroyage d'une minute est une déclinaison à grande échelle des différents carroyages préexistants. Il est ainsi possible, lorsqu'on le souhaite, d'agréger les valeurs additives afin de représenter l'information avec un niveau moins précis. Ci-dessous, sont présentées les mailles FAO et les mailles du Système d'information halieutique.

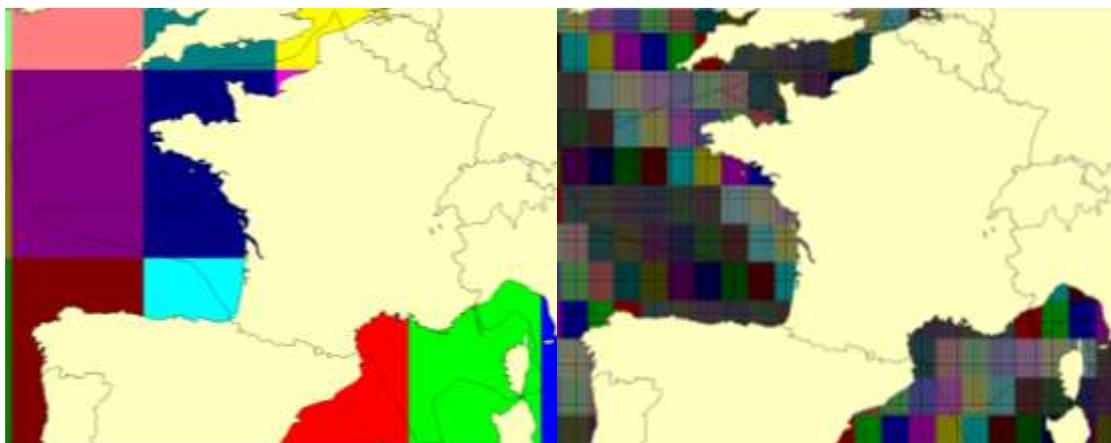


Figure 1 : mailles FAO et mailles du système d'information halieutique

Remarque : L'OGC travaille actuellement sur un standard appelé DGGS (Discrete Global Grid Systems) qui devrait permettre d'analyser des données multisources selon un système de carroyage. Le but de ce projet n'est pas de définir un carroyage, mais de définir les avantages à les utiliser, des normes de qualité, les rendre interopérables et normaliser les opérations à mener sur les carroyages.

Voir : <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/dggswg>

4 - Illustrations sous la forme d'exemples de traitements avec le carroyage

1-Projet Carpe diem de l'Agence française pour la biodiversité

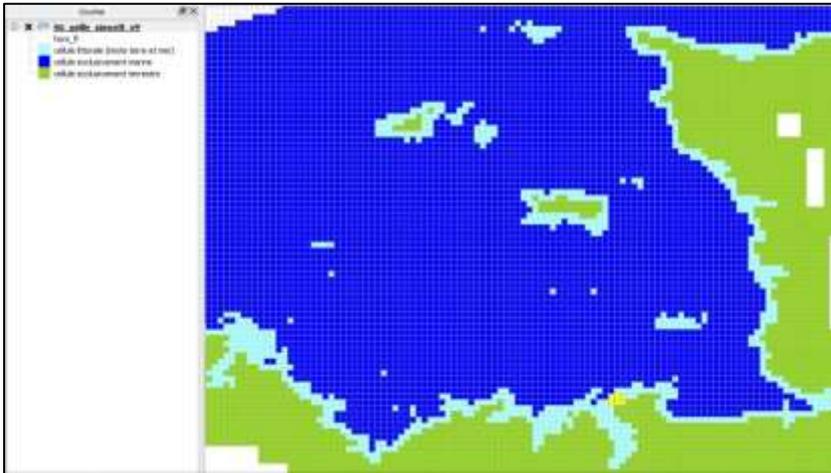


Figure 1 : localisation des cellules terrestre, littoral, et marine (classification basée sur la superposition avec le trait de côte Histolitt v2)

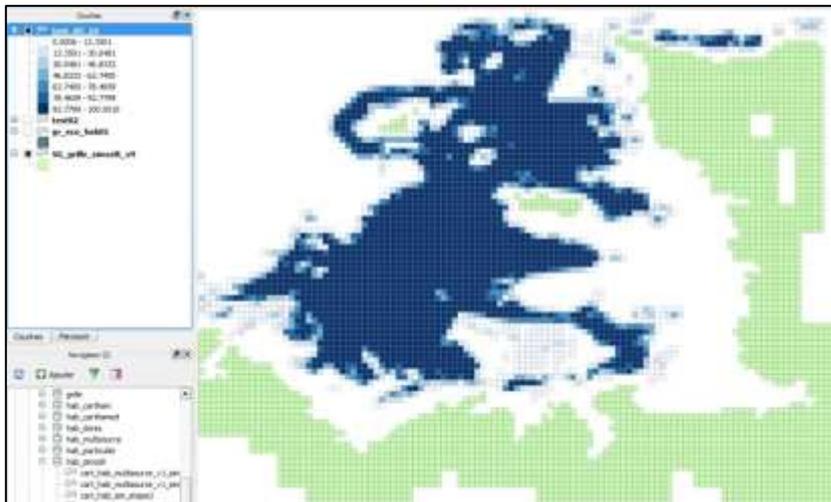


Figure 2 : présence et pourcentage de couverture de l'habitat A5.14 (sédiment grossier circalittoral) par cellule (multisources)



Figure3 : localisation des sites de cultures marines et estimation de la production en tonne par cellule (source Cerema, DDTM 50, 35, 22, schémas des structures, SRDAM)

Méthode d'exploitation du carroyage et des données associées dans le cadre du projet Carpe Diem

Le carroyage et les données associées aux carroyages sont stockés dans des tables au sein d'une base de données relationnelle et spatiale (PostgreSQL – PostGIS) exploitée avec le logiciel pgAdmin. Cette option de travail basée sur des technologies gratuites et orientée vers l'analyse de données permet de profiter pleinement des caractéristiques du carroyage et des identifiants de cellule pour réaliser des requêtes de sélection, de croisement de données et de calcul. Elle assure également une bonne stabilité et une relative rapidité des traitements attributaires et géographiques dans ce contexte où le carroyage représente un volume important d'individus (les cellules) et de données associées.

2-DSF : analyse des interactions entre les activités humaines

Les Documents Stratégiques de Façade sont articulés autour de deux volets : un volet situation de l'existant et un volet stratégie.

La situation de l'existant des DSF traite notamment des thèmes suivants :

- la protection des milieux, des ressources, des équilibres biologiques et écologiques ainsi que la préservation des sites, des paysages et du patrimoine ;
- la prévention des risques et la gestion du trait de côte ;
- la connaissance, la recherche et l'innovation ainsi que l'éducation et la formation aux métiers de la mer ;
- le développement durable des activités économiques, maritimes et littorales et la valorisation des ressources naturelles minérales, biologiques et énergétiques.

Le traitement de ces thèmes permet de mettre en perspective de nombreuses données spatiales concernant notamment :

- la description de l'environnement marin (descriptions physiques des écosystèmes et de la biologie marine) ;
- les politiques publiques mises en œuvre au regard d'enjeux défense et sécurité maritime ou encore de préservation et de mise en valeur du milieu marin, qui génèrent des zonages de régulation des activités ;
- les activités et usages qui sont présents en mer et sur le littoral.

Afin d'apporter une vision d'ensemble de ces données spatialisées à l'échelle d'une façade et d'illustrer les interactions entre ces thèmes, il est apparu nécessaire de créer dans la situation de l'existant des DSF un chapitre dédié à la « Mise en perspectives des activités, de leurs interactions et des enjeux » qui servira de base à l'élaboration de la stratégie.

La vocation de ce chapitre est d'apporter, à l'échelle d'une façade maritime, une vision synthétique de l'occupation de l'espace marin par les activités et les usages, en mettant en avant :

- leurs interactions pour notamment faire apparaître les secteurs à forte densité d'activité, les conflits d'usage éventuels, les secteurs encore peu utilisés...,
- les principaux zonages de régulation des activités et des usages édictés au regard notamment des enjeux de défense et de sécurité maritime et des enjeux de préservation et mise en valeur de l'environnement marin.

Pour le traitement des interactions entre activités, une méthode a été développée avec ventilation dans un carroyage de données classées par les services selon une typologie. L'objectif est de construire des cartes d'aide à la décision à destination des services permettant ensuite d'en déduire une carte destinée à la communication vers le grand public.

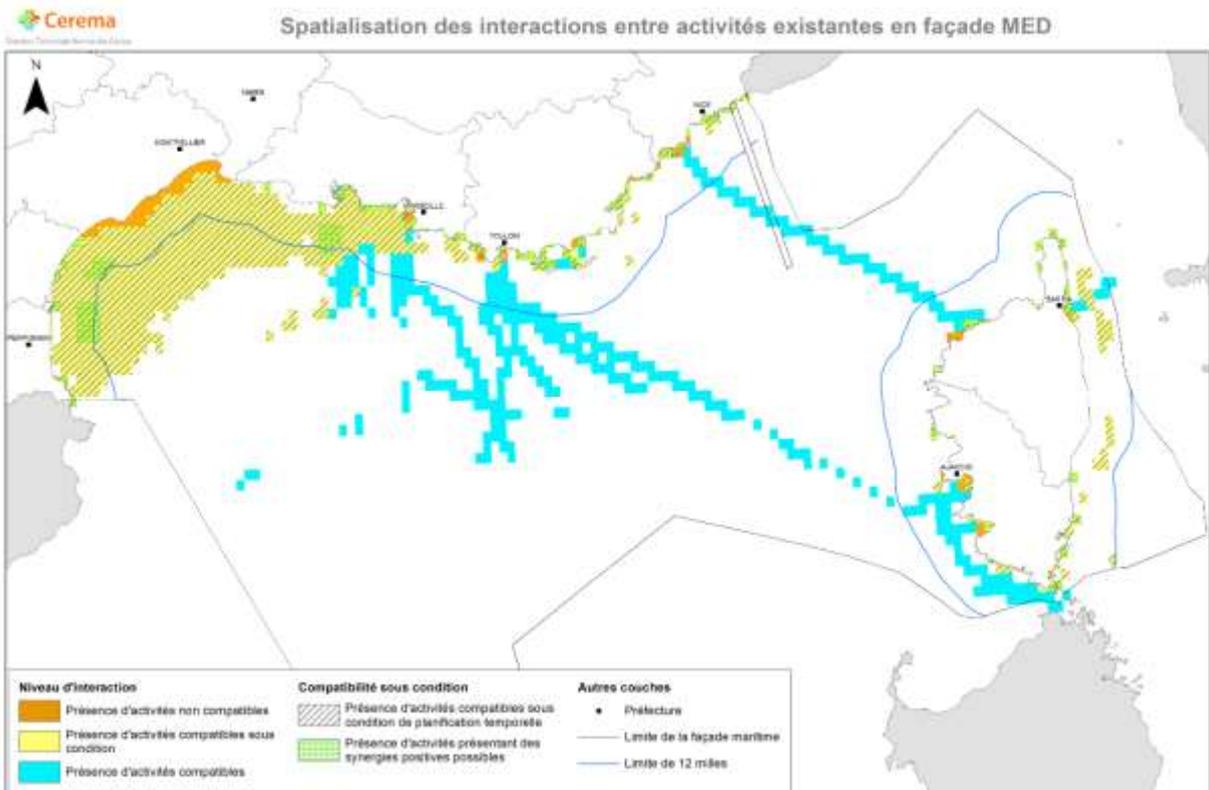


Figure 4 : carte d'interaction des activités sous forme de carroyage

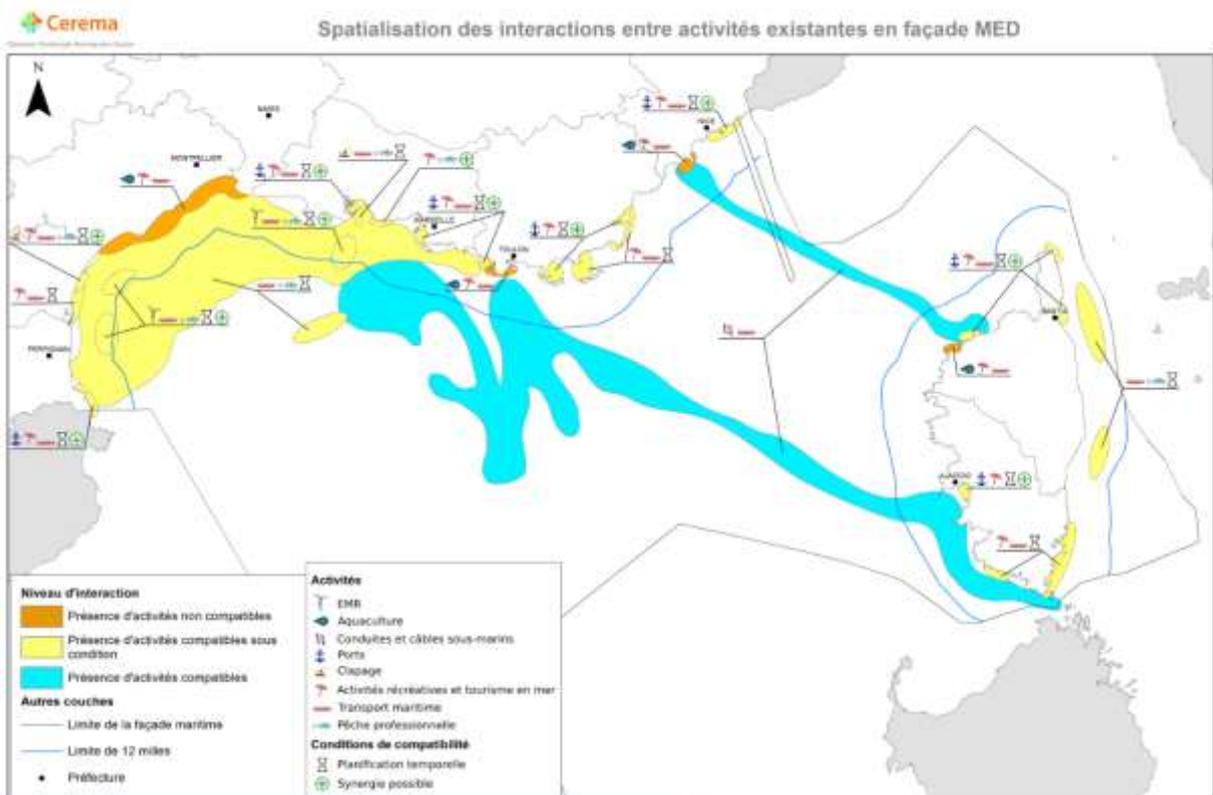


Figure 5 : carte communicante issue de la carte d'interaction des activités sous forme de carroyage

Mise à disposition d'informations sur un outil interactif : le travail de l'ONML

Le carroyage 3' x 3' a été déployé sur l'outil de cartographie statistique de l'Observatoire national de la mer et du littoral. Des premières données sont disponibles concernant, par exemple, le trafic maritime mais également les aires marines protégées. A terme, de nombreuses autres données carroyées viendront enrichir l'outil.

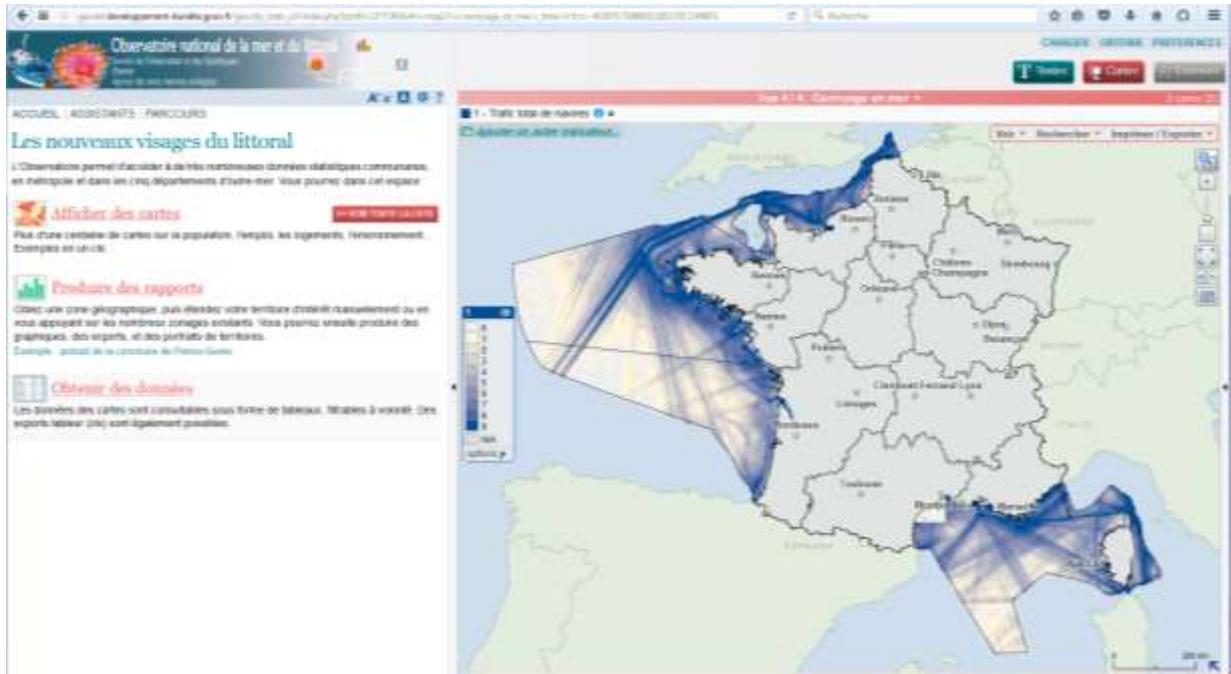


Figure 6 : exemple de carroyage sur l'outil de cartographie de l'ONML : le trafic maritime

5 – Comment ventiler des données dans le carroyage – Exemple par le « clipping zonal »

L'objectif de la ventilation est bien d'affecter des entités dans un maillage unique et de conserver « grossièrement » la forme initiale des objets ventilés.

Cette partie présente la méthode de ventilation de données dans un carroyage par la méthode dite du « clipping zonal ». D'autres méthodes d'interpolation existent. Il est possible de citer la méthode de Kernel, l'inverse proportionnelle de la distance, le krigeage, la méthode Spline.

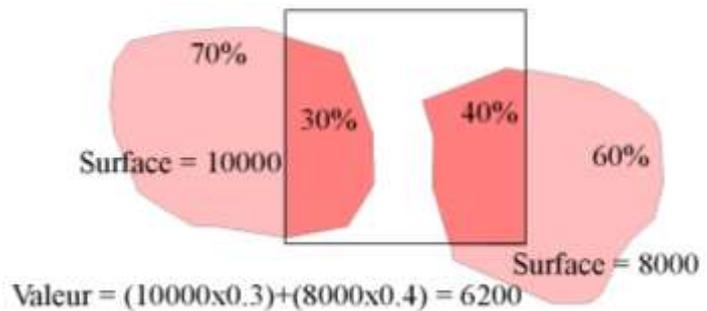
Le « clipping zonal » est une méthode de ventilation des données qui s'appuie sur le principe de contribution d'une entité à un carreau, celle-ci constituant en fait le rapport de la surface du polygone intersecté sur la surface du polygone initial. Le résultat constitue donc un pourcentage qui peut être utilisé pour le transfert de mesures spatiales vers un carroyage.

2 étapes sont à respecter dans le processus de clipping zonal.

Etape 1 : intersection des objets avec le carroyage :

Le principe est le suivant : calcul du polygone d'intersection dans un premier temps. Puis reventilation de la variable associée au polygone en fonction de sa contribution au carreau (ratio de la surface du polygone par rapport à la surface totale).

Principe de calcul de chaque maille: le calcul effectué est la somme pondérée par le ratio géométrique des valeurs des entités que la maille intersecte. →



Etape 2 : règle d'affectation :

Dans la bibliographie, il est souvent proposé ensuite de retenir les carreaux par la règle de la surface majoritaire. Si un carreau est occupé à plus de 50% de sa surface par les entités, alors il prend la valeur des entités. En revanche s'il est occupé à moins de 50%, alors il est considéré comme vide.

Cette règle fonctionne bien pour des carroyages de résolution fine. Ce n'est pas le cas pour la résolution d'une minute. A cette résolution de moyenne-petite échelle, la règle de ventilation va conduire à réduire certains objets soit parce que leur surface n'est pas très grande, soit parce que leur forme est particulière. Ainsi par exemple, les sites Natura 2000 sur les falaises normandes ne sont pas correctement ventilés dans le carroyage parce que leur forme est étirée (très large d'Est en Ouest mais peu profonde du Nord au Sud). Cela conduit à une perte de la forme originelle de l'objet ou à des trous.

Pour éviter ce type de problème, la note recommande au moment de la ventilation de créer un champ qui contiendra le pourcentage de surface des objets par rapport à la surface de la maille. Ceci permet ainsi à chaque utilisateur et selon ses besoins de retenir un seuil au-delà duquel le carreau est affecté.

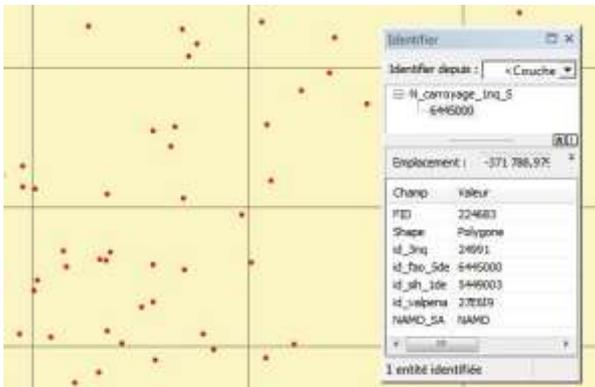
Cas particulier des données ponctuelles

Deux types de ventilation peuvent être rencontrés pour des entités ponctuelles :

- pour ventiler le contour d'informations géographiques (position géographique) comme par exemple des sites d'immersion de sédiments de dragage, la méthode consiste à affecter aux carreaux la valeur des points les intersectant.
- pour ventiler des valeurs attributaires de points (nombre d'heures de pêche par exemple), il est proposé d'intersecter les points dans le carroyage de manière à obtenir pour chaque

point l'identifiant du carreau. Puis dans un second temps, des résumés statistiques (somme, moyenne, écart type, ...) pourront être réalisés et affectés aux carreaux.

L'exemple ci-après présente la méthode de ventilation de données VMS (pêche professionnelle) depuis l'affectation pour chaque point VMS de l'identifiant de la maille, jusqu'à un résultat consistant à sommer le nombre d'heures de présence des navires par maille.



Intégration des points et affectation au carroyage



Requête et cartographie du carroyage