



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Réalisé par l'Ifremer avec le soutien du MTE



Méthodologie pour le calcul des indicateurs de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 visant à éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds et réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières (2ème cycle de la DCSMM).



Fiche documentaire

Titre du rapport : Méthodologie pour le calcul des indicateurs de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 visant à éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds et réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières (2ème cycle de la DCSMM).

Référence interne : REM/BEEP/LEP/2022.02

Date de publication : 2022/06/27

Version : 1.0.0

Diffusion :

libre (internet)

restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ

interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ

Référence de l'illustration de couverture

Copyright Ifremer, campagne BOBECO (2011). Coraux récifaux du golfe de Gascogne.

Langue(s) : Français

Résumé/ Abstract : Les Objectifs Environnementaux (OE) sont des outils de la mise en œuvre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). Ils doivent permettre de guider l'action publique et de prioriser les moyens d'intervention qui seront proposés à travers le Programme de Mesures pour atteindre le bon état écologique.

Le présent rapport décrit la méthode d'évaluation des indicateurs de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 relatif au descripteur 1 (biodiversité) appliqué aux habitats benthiques (HB). Les finalités de l'OE10 sont d'éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds (Ecosystèmes Marins Vulnérables) et de réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières. Cet OE compte cinq indicateurs. Le présent rapport décrit les méthodes d'évaluation des indicateurs 1, 2 et 4 relatifs à l'abrasion par les arts de pêches trainants sur les écosystèmes marins vulnérables et les structures géomorphologiques particulières.

Mots-clés/ Key words : DCSMM, Objectifs environnementaux, Biodiversité, Habitats benthiques, Abrasion, Ecosystèmes Marins Vulnérables, Structures Géomorphologiques Particulières.

Comment citer ce document :

Menot L, Fabri M.-C., Vaz S., 2022. : Méthodologie pour le calcul des indicateurs de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 visant à éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds et réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières (2ème cycle de la DCSMM). Ifremer. REM/BEEP/LEP/2022.02. 44 p.

DOI :

Commanditaire du rapport : Ministère en charge de l'environnement (MTES)

Nom / référence du contrat : 210-276-9907

Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX)

Rapport définitif

Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :

DCSMM

Auteur(s) / adresse mail

Affiliation / Direction / Service,
laboratoire

Menot Lénaïck
/lenaick.menot@ifremer.fr

REM/BEEP/LEP

Georges Vincent

REM/BEEP/LEP

Fabri Marie-
Claire/marie.claire.fabri@ifremer.fr

ODE-LITTORAL-LERPAC

Vaz Sandrine/sandrine.vaz@ifremer.fr

RBE-MARBEC-LHM

Méthodologie pour le calcul des indicateurs de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 visant à éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds et réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières (2^{ème} cycle de la DCSMM).

Table des matières

1	L'objectif environnemental D01-HB-OE10	1
2	Sources de données	3
2.1	Abrasion superficielle par les arts de pêches trainants.....	3
2.2	Distribution des Ecosystèmes Marins Vulnérables	3
2.2.1	Méditerranée	3
2.2.2	Atlantique et Manche.....	4
2.3	Distribution des structures géologiques particulières	5
2.3.1	Méditerranée	5
2.3.2	Manche – Atlantique	5
2.4	Bathymétrie.....	5
3	Méthode d'évaluation des objectifs environnementaux	6
3.1	Période et valeur de référence de l'abrasion	6
3.2	Evaluation des objectifs environnementaux	7
3.3	Résolution et emprises spatiales des évaluations.....	7
4	Evolution de la pression sur les Ecosystèmes Marins Vulnérables	8
5	Evolution de la pression sur les structures géomorphologiques particulières	10
6	Références	12
	ANNEXE 1. Cartes annuelles des pressions d'abrasion sur les écosystèmes marins vulnérables et les structures géologiques particulières (période 2018 – 2021)	13
	ANNEXE 2. Script R pour le calcul des pressions d'abrasion et des métriques de l'objectif environnemental OE-D01-HB10	21

1 L'objectif environnemental D01-HB-OE10

Les Objectifs Environnementaux (OE) sont des outils de la mise en œuvre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). Pour le deuxième cycle de mise en œuvre de la DCSMM (2018-2024), les plans d'action pour le milieu marin et les objectifs environnementaux ont été intégrés dans les Stratégies de Façades Maritimes. Les objectifs environnementaux (OE) et indicateurs associés doivent permettre de guider l'action publique et de prioriser les moyens d'intervention qui seront proposés à travers le Programme de Mesures pour atteindre le bon état écologique.

Le présent rapport décrit la méthode d'évaluation des indicateurs de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 relatif au descripteur 1 (biodiversité) appliqué aux habitats benthiques (HB). Les finalités de l'OE10 sont d'éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds (Ecosystèmes Marins Vulnérables) et de réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières. Cet OE compte cinq indicateurs (Tableau 1). Le présent rapport décrit les méthodes d'évaluation des indicateurs 1, 2 et 4 relatifs à l'abrasion par les arts de pêches trainants sur les écosystèmes marins vulnérables (EMV) et les structures géomorphologiques particulières (SGP).

Le principe de l'évaluation consiste à suivre l'évolution annuelle des pressions d'abrasion au cours de la période d'évaluation (2018-2021) en la comparant à une période de référence (2012-2017). L'évolution de la pression d'abrasion peut ainsi prendre cinq états : Augmentation, Stable, Réduction, Arrêt, Nulle. En fonction des cibles des indicateurs 1, 2 et 4, les états de pression sur les EMVs et les SGPs fournissent les métriques permettant d'évaluer l'atteinte des objectifs environnementaux.

La méthode s'inscrit dans une démarche F.A.I.R., les données sont Faciles à trouver, Accessibles, Interopérables et Réutilisables. Ainsi toutes les données utilisées pour l'évaluation sont accessibles dans des archives ouvertes. Le rapport est accompagné d'une Annexe présentant les scripts du langage de programmation R utilisés pour produire les analyses, les cartes et les graphiques

Tableau 1. Liste des indicateurs et des cibles de l'objectif environnemental D01-HB-OE10

Indicateur	Libellé	Cible
D01-HB-OE10-ind1	Part des EMV connus soumis à la pêche de fond en Atlantique	0% au-delà de 400m, en application du règlement européen 2016/2336
D01-HB-OE10-ind2	Part des EMV connus soumis à la pêche de fond en Méditerranée	Pas d'augmentation au-delà de 200m en Méditerranée occidentale et au-delà de 60 m en Corse, pour les EMV Corail Bambou (<i>Isidella elongata</i>), coraux froids et fonds à crinoïdes (<i>Leptometra phalangium</i>) et fonds à pennatulaires (<i>Funiculina quadrangularis</i>)
D01-HB-OE10-ind3	Proportion de surface d'EMV connus située dans des zones de protection forte	Définie et concertée en façade dans le cadre de la mesure M003, et adoptée simultanément au plan d'action du DSF
D01-HB-OE10-ind4	Part des structures géomorphologiques particulières connues soumises à la pêche aux engins trainants de fond a) pour la façade MEMN: Ridens de Boulogne, Roches Douvres et Fosse centrale de la Manche b) pour la façade NAMO: pockmarck de la baie de Concarneau et Môle inconnu. c) pour la façade SA: plateau de Rochebonne, fonds rocheux basques isolés et habitat 1180 (Structures formées par les émissions de gaz en limite de talus). d) pour la façade MED: plateau externe du golfe du Lion (dunes hydrauliques et bancs rocheux du Plateau)	Pas d'augmentation
D01-HB-OE10-ind5	Superficie des habitats profonds (EMV) et des structures géomorphologiques particulières soumises aux activités autres que la pêche et les câbles sous-marins générant une abrasion ou un étouffement (extraction de matériaux, immersion de sédiments...)	Pas d'augmentation pour les structures concernées par les autres indicateurs, et pas d'augmentation supplémentaire: a) pour la façade NAMO: au-delà de 800 m Escarpement de Trevelyan, Plateau de Meriadzeck, b) pour la façade SA : Haut plateau landais, Dôme de Gascogne. c) pour la façade MED: au-delà de 1000 m secteur de hauts topographiques

2 Sources de données

2.1 Abrasion superficielle par les arts de pêches trainants

L'abrasion superficielle des fonds marins par les arts de pêche trainant est estimée par un indicateur nommé le SAR (Swept Area Ratio) et développé par un groupe de travail du Conseil International pour l'Exploration de la Mer. Ce ratio est la somme par unité de temps et par unité de surface des aires abrasées par les arts traînants (ICES, 2015).

Le SAR a été estimé dans la ZEE française à compter de l'année 2012 (Georges et al., 2021). Les cartes de distribution du SAR sont mises à jour annuellement et disponibles sur Sextant :

Ifremer (2022). Abrasion superficielle des fonds marins par les arts de pêche trainants. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/ec189ce9-05bd-4580-b5f3-4851e9f31df0>.

2.2 Distribution des Ecosystèmes Marins Vulnérables

2.2.1 Méditerranée

Pour la façade méditerranéenne, sont définis comme Ecosystèmes Marins Vulnérables le Corail Bambou (*Isidella elongata*), les coraux froids, les fonds à crinoïdes (*Leptometra phalangium*) et les fonds à pennatulaires (*Funiculina quadrangularis*) au-delà de 200 m de profondeur ou au-delà de 60m de profondeur dans le cas particulier du plateau oriental corse.

Les données d'occurrence d'espèces indicatrices proviennent de trois sources distinctes, les métadonnées des campagnes océanographiques associées à ces jeux de données sont listées au Tableau 2 :

- Les observations obtenues par analyses de photographies ou vidéo acquises par des engins sous-marins (Fabri et al., 2014), pour lesquelles ont été retenues les données de présence des *Isidella elongata*, *Funiculina quadrangularis*, *Madrepora oculata* et *Desmophylum pertusum* (i.e. *Lophelia pertusa*).
- Les chaluts scientifiques récents des campagnes MEDITS présentant un rendement non nul pour les espèces *Isidella elongata* et *Funiculina quadrangularis*.
- Les données historiques des cartes de distribution des vases profondes à *Funiculina* et des vases profondes à *Isidella*.

Les données d'occurrences des EMVs de Méditerranée pourront être mises à jour avec l'acquisition de nouvelles connaissances. Les données actuellement disponibles sous Sextant sont listées ci-dessous :

Fabri Marie-Claire, Pedel Laura (2020). *Isidella elongata* (Alcyonacea) presence and absence extracted from video, from Fabri et al, 2014. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/b71269cf-21d1-4d34-9ffe-25462a284f92>

Fabri Marie-Claire, Pedel Laura (2020). *Funiculina quadrangularis* (Pennatulacea) presence and absence extracted from video, from Fabri et al, 2014. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/1aa1d021-9bf0-4606-b272-687782ea3def>

Fabri Marie-Claire, Pedel Laura, Beuck Lydia (2020). Scleractinian distribution (*Madrepora oculata* and *Lophelia pertusa*) reported from 1995 to 2013 in the French Mediterranean Sea. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/1f5d1a2a-26e1-4263-82db-78ad34d01464>

Fabri Marie-Claire, Vinha Beatriz (2020). Distribution des colonies de *Madrepora oculata* dans le canyon de Cassidaigne en 2017, Méditerranée Ouest. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/f4967e89-5ed6-4b5b-857c-c88fac13bf08>

Vaz Sandrine (2020). *Funiculina quadrangularis* (Pennatulacea) et *Isidella elongata* (Alcyonacea) distributions des prises accessoires des campagnes de chalutage scientifique. Ifremer. <http://dx.doi.org/10.12770/27ad8f32-bd15-417c-b08d-064a713c9409>

Maurin Claude (1962). Distribution of *Funiculina quadrangularis* (Pennatulacea) in the French Mediterranean Sea as described by Maurin in 1962. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/4e8e3fb7-52e9-450c-a0c6-2acf352fadb2>

Maurin Claude (1962). Distribution of *Isidella elongata* (Alcyonacea) in the French Mediterranean Sea as described by Maurin in 1962. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/ca656733-83a0-4dc3-a935-6c6dcacd9f3b>

2.2.2 Atlantique et Manche

Pour les façades Manche et Atlantique, les espèces indicatrices d'Ecosystèmes Marins Vulnérables sont définies par le Conseil International Pour l'Exploration de la Mer (ICES, 2020a). Elles incluent en particulier les coraux durs (scléactiniaires), les coraux noirs (antipathaires), les gorgones et coraux mous (alcyonaires), les éponges et les crinoïdes.

Des agrégations de ces espèces indicatrices d'EMV ont été cartographiées à partir des données acquises par des engins sous-marins au cours des campagnes BobGeo, BobEco et EVHOE (Tableau 2). Les données d'occurrences des EMVs de l'Atlantique pourront être mises à jour avec l'acquisition de nouvelles connaissances. Les données actuellement disponibles sous Sextant sont listées ci-dessous :

Van den Beld I., Tourolle J., Menot L., 2020. Cartographie des habitats marins profonds du golfe de Gascogne. <https://doi.org/10.12770/f1c5ec41-046e-4ba0-83d3-114dd2e9450a>.

Tableau 2. Métadonnées des campagnes océanographiques à l'origine des données d'occurrences d'écosystèmes marins vulnérables en Méditerranée et en Manche-Atlantique.

Façade	Campagne	Année	DOI	Navire	Engin
Méditerranée	MEDSEACAN	2009		Minibex	ROV Super Achille HOV Remora
	MARUM	2009			
	MARUM-Senckenberg	2011			
	CYATOX	1995	10.17600/95020060	Suroît	HOV Cyana
	ESSROV	2010	10.17600/10030090	Pourquoi-pas ?	ROV Victor 6000
	ESSNAUT	2013	10.17600/13010060	L'Atalante	HOV Nautile
	VIDEOCOR1	2017	10.17600/17004700	L'Europe	HROV Ariane
	VIDEOCOR1-02	2017	10.17600/17005400	L'Europe	HROV Ariane

Façade	Campagne	Année	DOI	Navire	Engin
	MEDITS	2012 - 2019	10.18142/7	L'Europe	Chalut à panneau GOC 73
	EPIBENGOL	2018	10.17600/18000589	L'Europe	Chalut à perche CP3M
	NOURMED	2019	10.18142/296	L'Europe	
Manche-Atlantique	BOBECO	2011	10.18142/259	Pourquoi-Pas ?	ROV Victor
	BOBGEO	2009	10.18142/259	Pourquoi-Pas ?	Caméra tractée Scampi
	BOBGEO-2	2010	10.18142/259	Suroît	
	EVHOE	2009-2012	10.18142/8	Thalassa	

2.3 Distribution des structures géologiques particulières

2.3.1 Méditerranée

Les structures géomorphologiques particulières (SGP) sont définies par l'indicateur 4. En Méditerranée les SGP concernent le plateau externe du golfe du Lion (dunes hydrauliques et bancs rocheux du Plateau), et en particulier : les roches de Sète ; les bancs de l'Ichtye, de l'Esquive, des Blauquières, du Magaud, de la Nioulargue ; le Haut Fond de Mejean ; le Paleo-delta et les dunes hydrauliques. L'emprise géographique des SGP de Méditerranée est disponible sous Sextant :

Fabri Marie-Claire (2021). Structures Géologiques Particulières du large (Côtes Méditerranéennes françaises). Ifremer <https://doi.org/10.12770/fac39310-c4fd-4635-a9d5-63d0289064ce>

Les sources d'informations sont précisées dans le fichier de données. Elles incluent des cartes SHOM (7008 et 6951), des données de la campagne océanographique CALMAR97 (Loubrieu B., <https://doi.org/10.17600/97010120>), des données EMODnet et des publications scientifiques.

2.3.2 Manche – Atlantique

En Manche – Atlantique, les structures géomorphologiques particulières incluent les Ridens de Boulogne, les roches Douvres, la Fosse centrale de la Manche, les pockmarcks de la baie de Concarneau, le Môle inconnu, le plateau de Rochebonne, les fonds rocheux basques isolés et l'habitat 1180 (Structures formées par les émissions de gaz en limite de talus). L'emprise géographique des SGP de Manche-Atlantique est disponible sous Sextant :

Besson Florian (2022). Structures géologiques particulières - Manche, Golfe de Gascogne (BESSON F., 2019). Ifremer. <https://doi.org/10.12770/e1c82c75-eb04-41ce-abc6-cabbffff7c69>.

Les sources d'informations sont précisées dans le fichiers de données. Elles incluent des données des campagnes océanographiques BOBGEO 2009 (Bourillet J.F., <https://doi.org/10.18142/259>) ainsi que SYPOCO 2018 (Ehrhold A. & Riboulot V., <https://doi.org/10.17600/18000420>), des données EMODnet et des publications scientifiques.

2.4 Bathymétrie

Le fond de carte bathymétrique est celui produit par EMODnet téléchargeable depuis le portail : <https://portal.emodnet-bathymetry.eu/#>.

3 Méthode d'évaluation des objectifs environnementaux

3.1 Période et valeur de référence de l'abrasion

Concernant les indicateurs 1, 2 et 4 de l'objectif environnemental D01-HB-OE10, l'évaluation consiste à déterminer l'évolution de la pression d'abrasion par les arts de pêche trainants sur les écosystèmes marins vulnérables et les structures géomorphologiques particulières. Les termes de l'OE-D01-HB10 fixe une période de référence de 2012 à 2017 au regard de laquelle est évaluée l'évolution des pressions d'abrasion. Afin de tenir compte de la variabilité inter-annuelle des pressions de pêche au cours de la période de référence, et compte tenu de l'objectif de réduction des pressions d'abrasion, une valeur seuil de référence est définie, pour chaque cellule (1x1') retenue. La valeur de référence est fixée au premier quartile de la distribution des 6 valeurs médianes des courbes de fréquences des valeurs probables d'abrasion (SAR) des années 2012-2017, pour chaque cellule (Figure 1). En d'autres termes, la valeur seuil de référence est la valeur probable d'abrasion (SAR) correspondant au quart inférieur des valeurs annuelles des médianes sur la période 2012-2017.

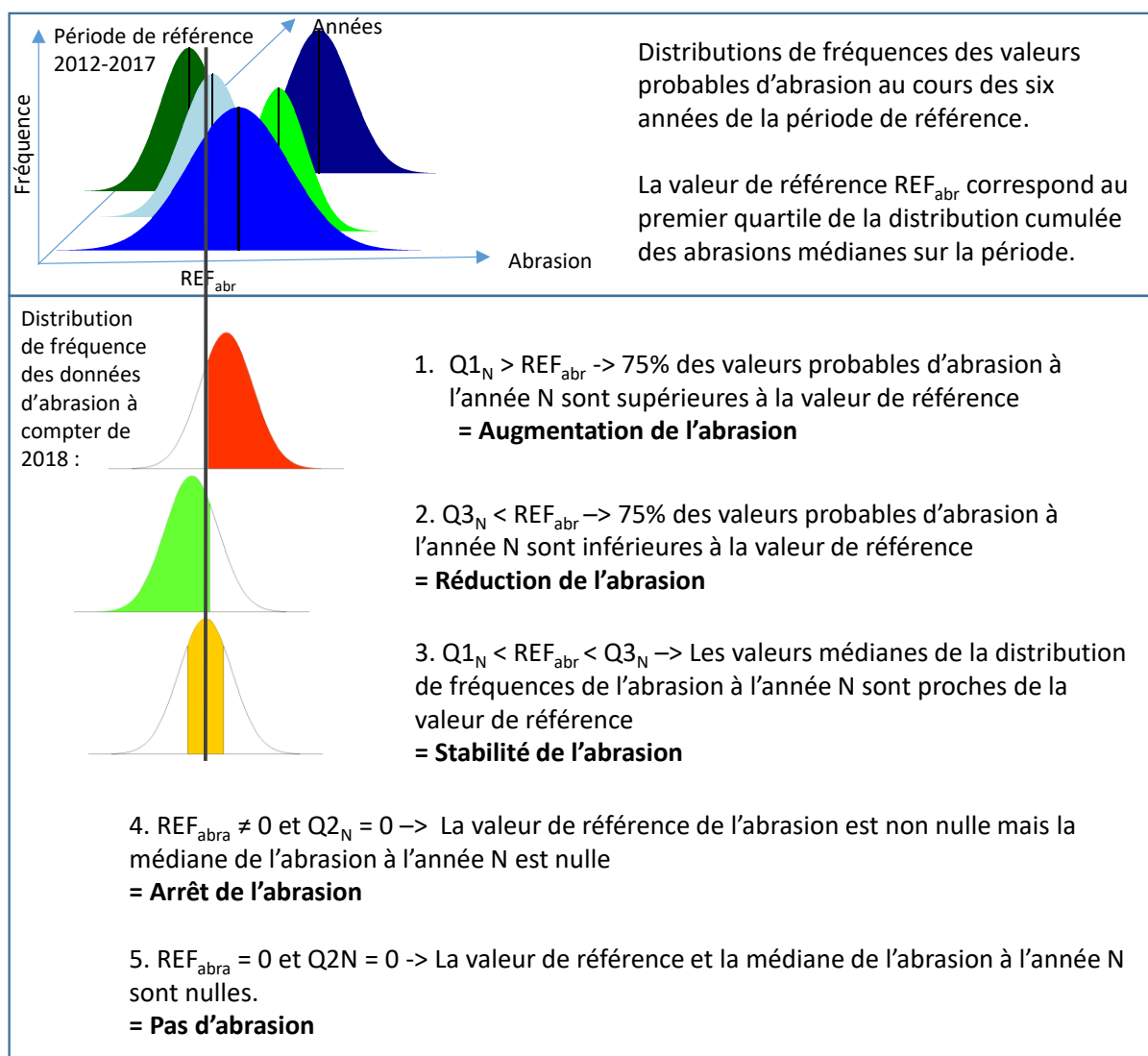


Figure 1. Illustration de la méthode d'évaluation des indicateurs 1, 2 et 4 de l'objectif environnemental D01-HB-OE10. L'abrasion par les arts de pêche trainants sur les écosystèmes marins vulnérables et les structures géologiques particulières est évaluée à l'année N et comparée à la période de référence (2012-2017).

3.2 Evaluation des objectifs environnementaux

Le statut des EMV est évalué par comparaison entre la valeur probable d'abrasion de l'année N et la valeur d'abrasion de référence. La comparaison est effectuée pour chaque cellule de l'emprise spatiale des EMV. Le statut des EMV a cinq attributs déterminés de la manière suivante (Figure 1) :

- **Augmentation** - lorsque le premier quartile de l'abrasion de l'année N ($Q1_{SAR}$) est supérieur à la valeur de référence ;
- **Diminution** - lorsque le troisième quartile de l'abrasion de l'année N ($Q3_{SAR}$) est inférieur à la valeur de référence ;
- **Stable** –lorsque la valeur de référence est comprise entre le premier et le troisième quartile de l'abrasion de l'année N.
- **Arrêt** – lorsque la valeur de référence est non nulle et l'abrasion de l'année N est nulle ;
- **Nulle** – lorsque l'abrasion était nulle pendant la période de référence et au cours de l'année N.

3.3 Résolution et emprises spatiales des évaluations

La résolution spatiale de l'évaluation est celle des cartes d'abrasion soit une cellule carrée de 1 minute d'arc de côté.

S'agissant des écosystèmes marins vulnérables (indicateurs 1 et 2), l'emprise spatiale correspond aux cellules dans lesquelles a été reportée une occurrence d'EMV, augmentées d'une zone tampon égale à la taille d'une cellule supplémentaire. Cette zone tampon tient compte d'une part de l'imprécision de la géolocalisation de l'engin de pêche et d'autre part des impacts cumulés de l'abrasion et de l'étouffement, sans qu'il soit possible de faire la part entre ces deux causes potentielles de perturbation (ICES, 2020b ; van Denderen *et al.*, 2021). Une zone tampon a été créée autour des occurrences des EMV lorsque celles-ci ont été observées par imagerie ou échantillonnage scientifique récent. Aucune zone tampon n'a été ajoutée aux données historiques qui sont déjà des données surfaciques extrapolées de données ponctuelles. L'emprise spatiale des EMV relevant de l'OE intègre également leur distribution bathymétrique, en deçà de 400 m de profondeur en Manche-Atlantique, de 200 m en Méditerranée occidentale et de 60 m au large de la Corse.

S'agissant des structures géomorphologiques particulières (indicateur 4), l'évaluation portant sur l'abrasion mais pas sur l'étouffement, l'emprise spatiale correspond aux cellules dans lesquelles a été reportée une occurrence de SGP, sans adjonction de zone tampon. Aucune limite bathymétrique n'est prise en compte.

4 Evolution de la pression sur les Ecosystèmes Marins Vulnérables

La pression d'abrasion exercée sur les EMVs est représentée sur la Figure 2 pour quatre années de la période d'évaluation (2018-2021) du cycle 2, pour les façades Manche-Atlantique (indicateur 1) et Méditerranée (indicateur 2). Les cartes de distribution des EMVs montrant l'évolution des pressions d'abrasion entre 2018 et 2021 sont fournies en annexe (Annexe I).

En Manche-Atlantique comme en Méditerranée, une grande majorité des EMVs profonds ne sont pas soumis à l'abrasion (83% en moyenne en Manche-Atlantique ; 72,5% en moyenne en Méditerranée) dans les tranches d'eau ciblées par la DCSMM pour le cycle 2. En Méditerranée occidentale néanmoins la distribution connue des EMVs s'étend également sur le plateau continental. Lorsque ces EMVs moins profonds (> 200 m) sont pris en compte, le pourcentage des EMVs non soumis à l'abrasion chute à 28%.

Concernant les EMVs soumis à une pression d'abrasion, les patrons diffèrent entre les deux façades. En Manche-Atlantique, l'abrasion a globalement augmenté pour une moitié des EMVs, elle est restée stable, a diminué ou s'est arrêtée pour l'autre moitié. En Méditerranée, l'abrasion a augmenté sur une grande majorité des EMVs déjà soumis à l'abrasion. La tendance est pluri-annuelle puisque l'augmentation concernait 16% de l'aire des EMVs en 2018 et 2019, 20% en 2020 et 23% en 2021.

Ces données permettent de renseigner les indicateurs 1 et 2 de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 (Tableau 3). La cible de l'indicateur 1 est 0% d'EMV soumis à l'abrasion en Manche-Atlantique. La métrique associée à cet indicateur est la somme des états « Réduction », « Stable » et « Augmentation » de l'abrasion. Celle-ci est relativement stable au cours de la période d'évaluation, compris entre 16% et 18%. La cible de l'indicateur 2 est d'éviter une augmentation de la pression de pêche sur les EMVs de Méditerranée occidentale (> 200 m) et de Corse (> 60 m). La métrique associée à cet indicateur correspond à l'état « Augmentation » de l'abrasion. Les valeurs prises par cette métrique sont croissantes sur la période d'évaluation, comprises entre 16% en 2018 et 23% en 2021.

Tableau 3. Résultats de l'évaluation des indicateurs 1 et 2 de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 relatifs à la pression de pêche sur les écosystèmes marins vulnérables profond.

D01-HB-OE10	Indicateur 1	Indicateur 2
Libellé	Part des EMV connus soumis à la pêche de fond en Atlantique	Part des EMV connus soumis à la pêche de fond en Méditerranée
Cible	0% au-delà de 400m	Pas d'augmentation au-delà de 200m en Méditerranée occidentale et au-delà de 60m de profondeur sur le plateau oriental corse
Métrique	Part des EMV soumis à l'abrasion au-delà de 400 m de profondeur(1) :	Part des EMV soumis à une abrasion supérieure à la valeur de référence, au-delà de 200 m de profondeur en Méditerranée occidentale et de 60 m en Corse(2) :
2018	16%	16%
2019	18%	16%
2020	17%	20%
2021	16%	23%

(1) Somme des états « Réduction », « Stable » et « Augmentation » de l'abrasion

(2) Valeur de l'état « Augmentation » de l'abrasion

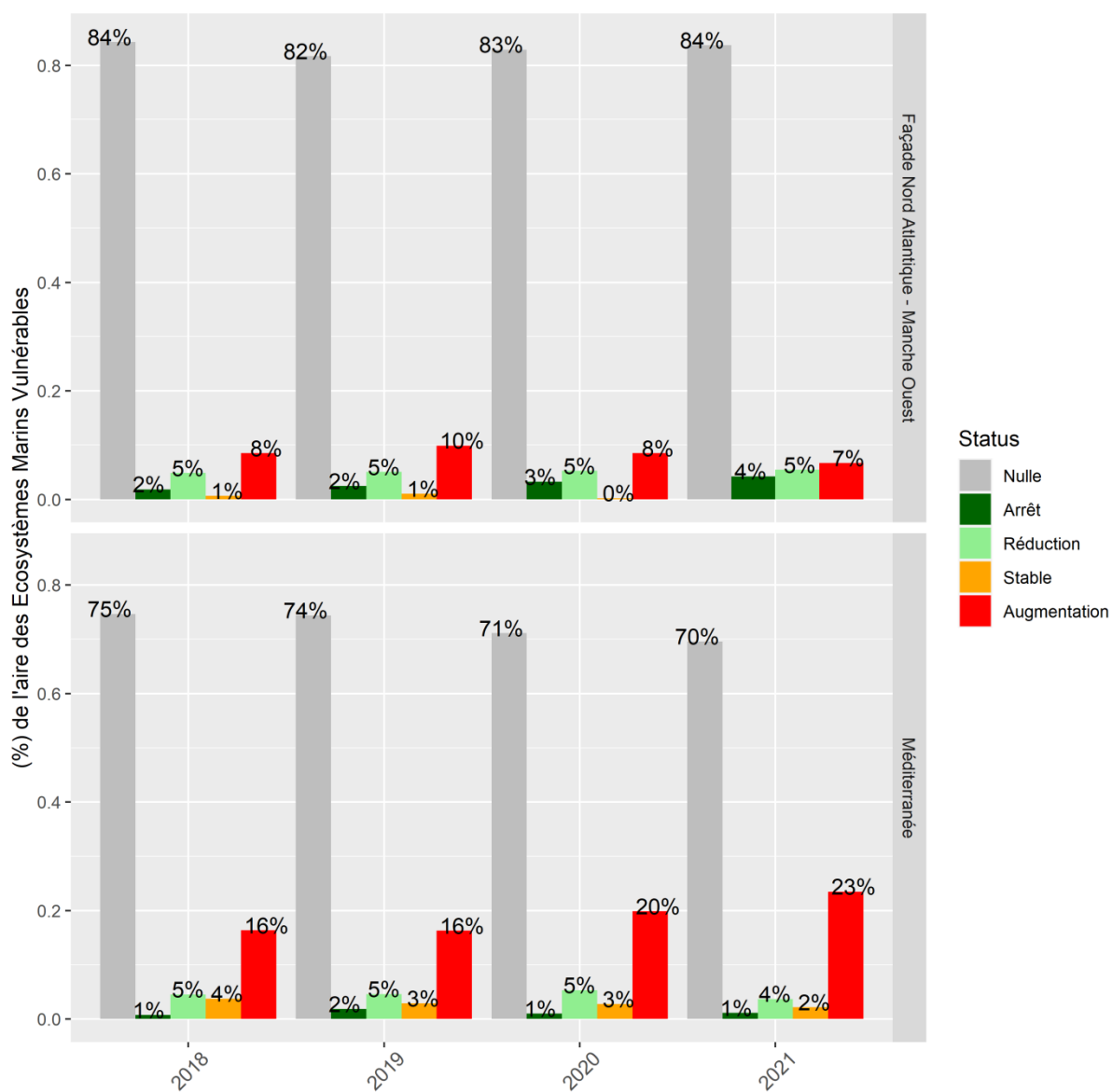


Figure 2. Evolution de la pression d'abrasion sur les EMV profonds de Manche-Atlantique et de Méditerranée sur la période 2018 – 2021.

5 Evolution de la pression sur les structures géomorphologiques particulières

La pression d'abrasion exercée sur les SGP est représentée sur la Figure 3 pour quatre années de la période d'évaluation (2018-2021) du cycle 2 et pour les sous-régions marines Atlantique-Manche Ouest, Manche Est et mer du Nord, et Méditerranée. Les cartes de distribution des SGP montrant l'évolution des pressions d'abrasion entre 2018 et 2021 sont fournies en annexe (Annexe I).

Chaque sous-région marine présente des spécificités mais le patron commun à chacune d'entre-elle est la prépondérance des SGP pour lesquelles l'abrasion est en augmentation par rapport à la période de référence (2012-2017). La seule exception à ce patron est une réduction très nette de la part des SGP soumises à l'abrasion (41%) en Manche Est, en 2019. Cette réduction fut cependant provisoire puisque la pression d'abrasion a de nouveau augmenté en 2020 et 2021, sans attendre les niveaux atteints en 2018 (73%). En Atlantique et Manche Ouest, la part des SGP soumises à une abrasion supérieure à la valeur de référence prédomine sur toute la période d'évaluation mais tend à décroître entre 2018-2019 (62,5% en moyenne) et 2020-2021 (50% en moyenne). En Méditerranée, la part des SGP soumises à une abrasion supérieure à la valeur de référence prédomine sur toute la période d'évaluation et présente une légère tendance décroissante entre 2018 (52%) et 2021 (46%).

Ces données permettent de renseigner l'indicateur 4 de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 (Tableau 4). La cible de l'indicateur est d'éviter une augmentation de la pression de pêche sur les SGP. La métrique associée à cet indicateur est la part des SGP soumises à une abrasion supérieure à la valeur de référence. Les résultats sont exprimés par région marine. Les valeurs prises par cette métrique sont plus élevées en début de période qu'en fin de période d'évaluation dans les trois régions marines. Elles restent néanmoins très largement au-delà de la cible, atteignant en 2021 66% en Manche Est et Mer du Nord, 66% en Atlantique et Manche Ouest, 46% en Méditerranée.

Tableau 4. Résultats de l'évaluation de l'indicateur 4 de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 relatif à la pression de pêche sur les structures géomorphologiques particulières

D01-HB-OE10	Indicateur 4 - Manche Est et Mer du Nord	Indicateur 4 – Atlantique et Manche Ouest	Indicateur 4 - Méditerranée
Libellé	Part des structures géomorphologiques particulières connues soumises à la pêche aux engins trainants de fond: Ridens de Boulogne, Roches Douvres et Fosse centrale de la Manche	Part des structures géomorphologiques particulières connues soumises à la pêche aux engins trainants de fond : pockmarck de la baie de Concarneau et Môle inconnu, plateau de Rochebonne, fonds rocheux basques isolés et habitat 1180.	Part des structures géomorphologiques particulières connues soumises à la pêche aux engins trainants de fond : : plateau externe du golfe du Lion (dunes hydrauliques et bancs rocheux du Plateau)
Cible	Pas d'augmentation	Pas d'augmentation	Pas d'augmentation
Métrique	Part des EMV soumis à une abrasion supérieure à la valeur de référence	Part des EMV soumis à une abrasion supérieure à la valeur de référence	Part des EMV soumis à une abrasion supérieure à la valeur de référence
2018	73%	63%	52%
2019	37%	62%	47%
2020	51%	49%	46%
2021	66%	51%	46%

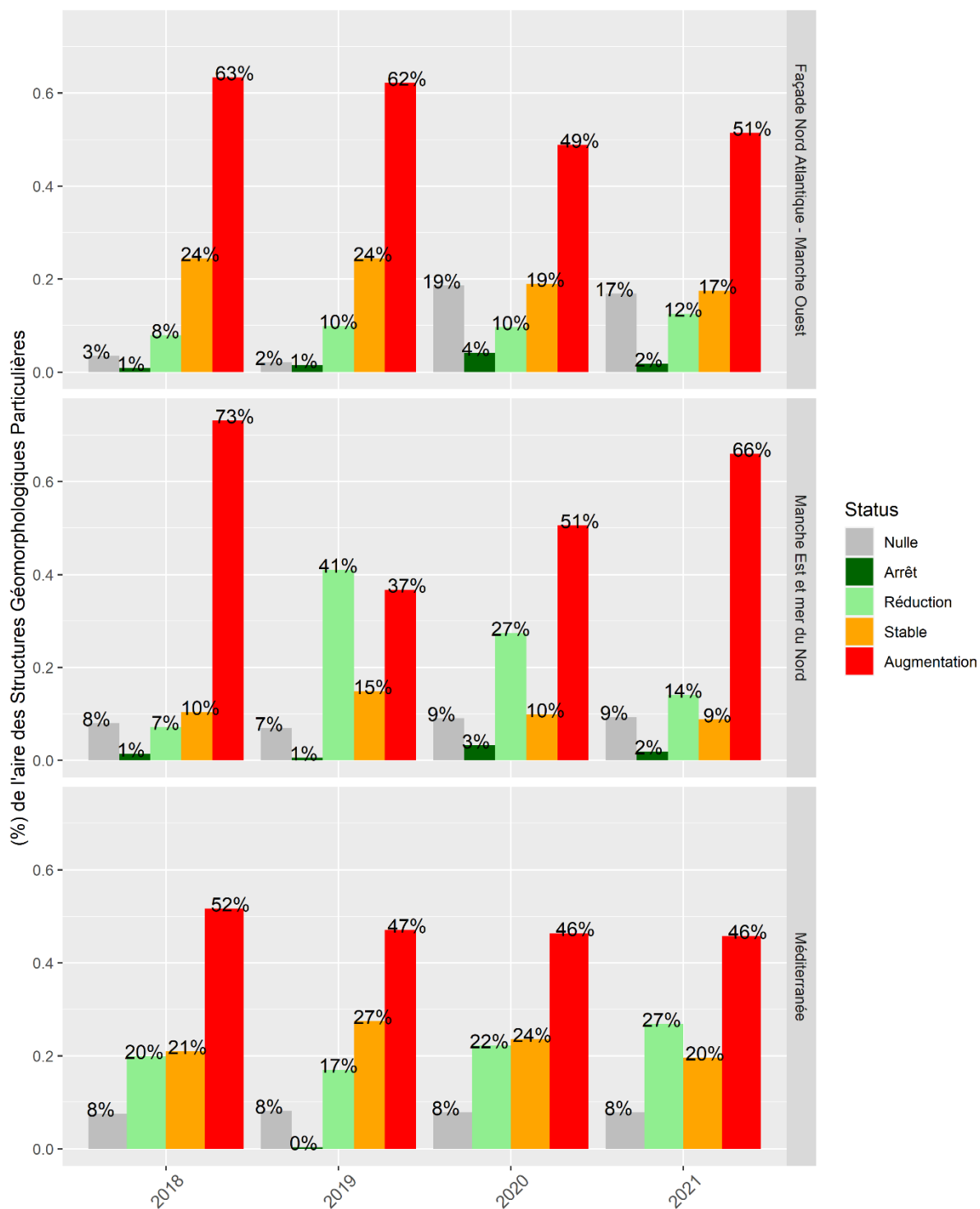


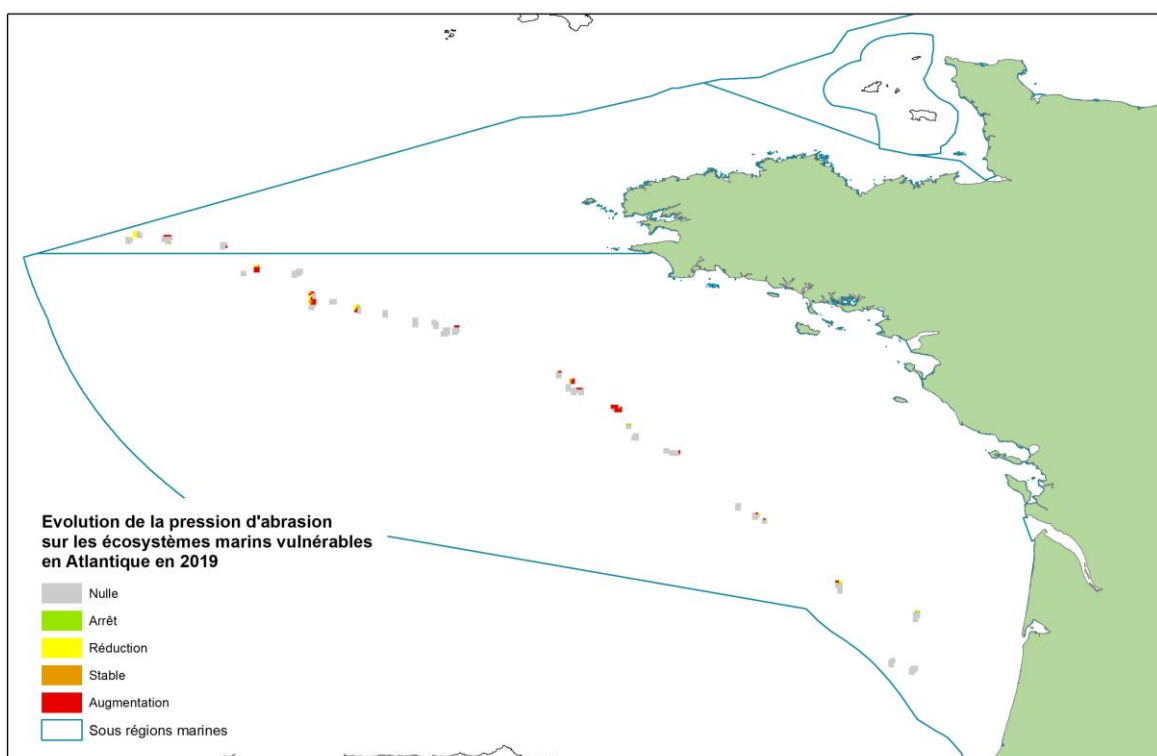
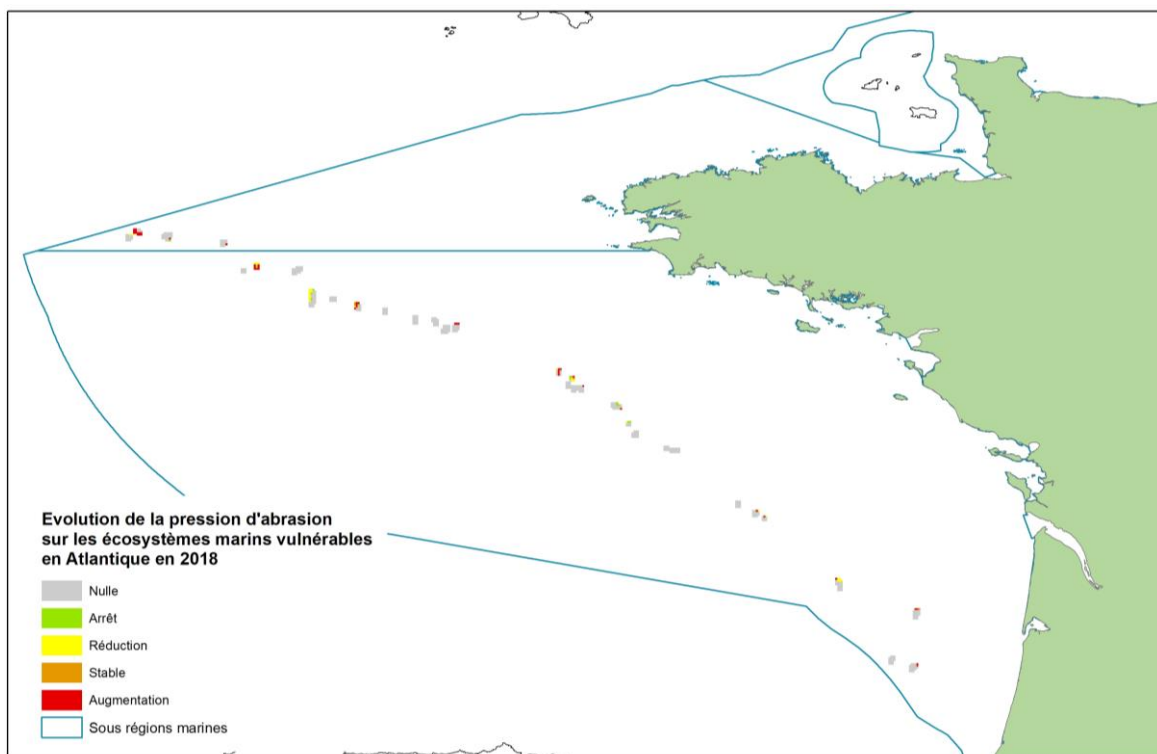
Figure 3. Evolution de la pression d'abrasion sur les structures géomorphologiques particulières en Atlantique-Manche Ouest, en Manche Est et mer du Nord, et en Méditerranée sur la période 2018 – 2021.

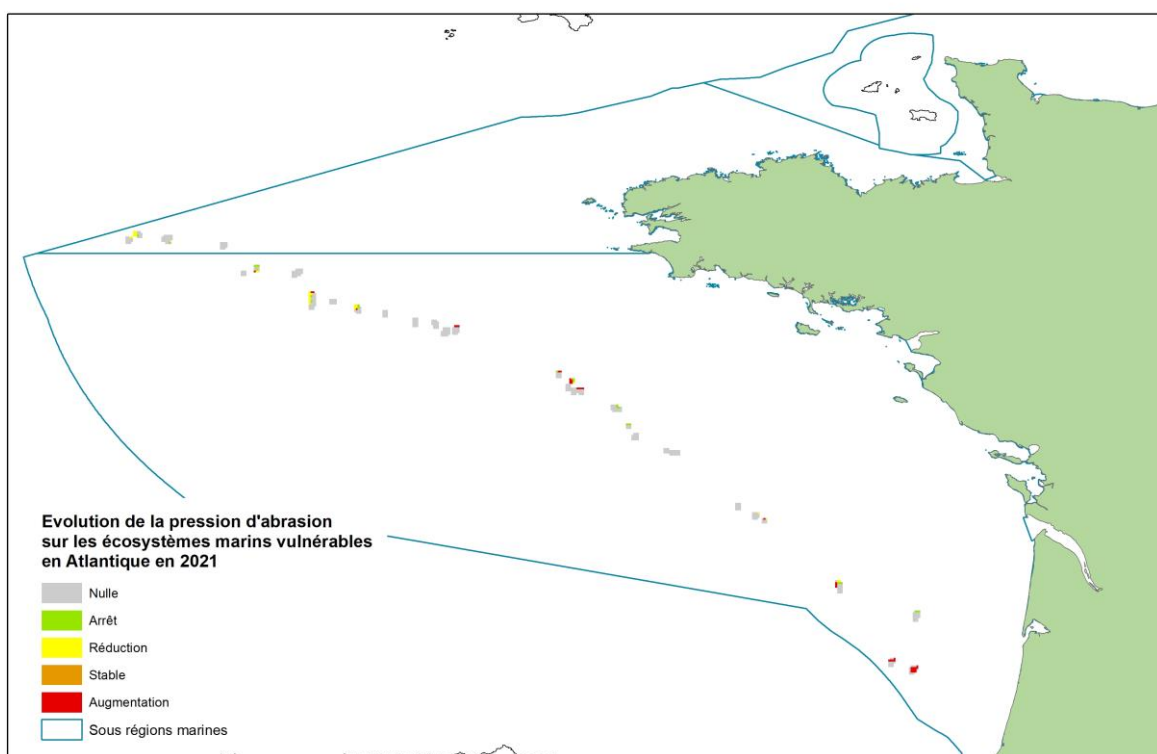
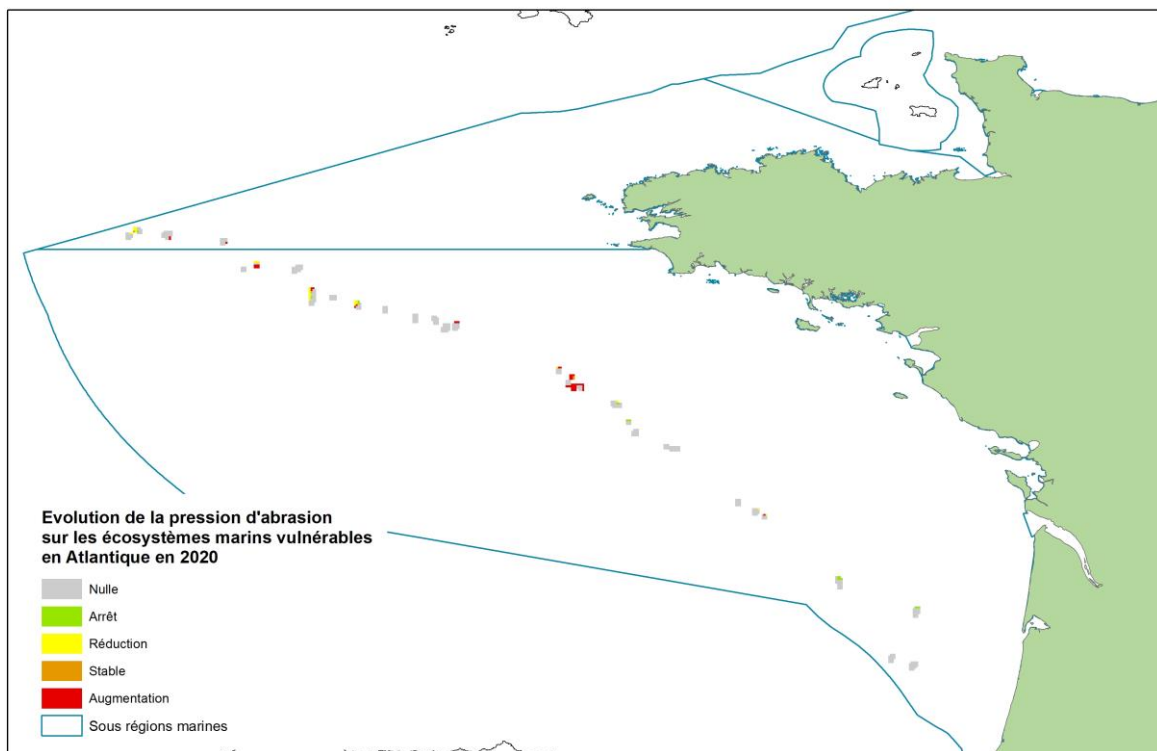
6 Références

- Fabri, M. C., Pedel, L., Beuck, L., Galgani, F., Hebbeln, D., and Freiwald, A.: Megafauna of vulnerable marine ecosystems in French mediterranean submarine canyons: Spatial distribution and anthropogenic impacts, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 104, 184-207, <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.06.016>, 2014.
- Georges, V., Begot, E., Duchene, J., Fabri, M.-C., Laffargue, P., Leblond, E., Rodriguez, J., Vaz, S., Woillez, M., and Menot, L.: Développement d'un indicateur d'abrasion des fonds marins par les arts de pêche trainants pour l'évaluation du bon état écologique des habitats benthiques, *Ifremer*, 10.13155/85532, 2021.
- ICES: Report of the Working Group on Spatial Fisheries Data (WGSFD), 8–12 June 2015, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark ICES CM 2015/SSGEPI, 150, 2015.
- ICES: ICES/NAFO Joint Working Group on Deep-water Ecology (WGDEC), *ICES Scientific Reports*, 2, 171, 10.17895/ices.pub.7503, 2020a.
- ICES: Workshop on EU regulatory area options for VME protection (WKEUVME), *ICES Scientific Reports*, 2, 237, <https://doi.org/10.17895/ices.pub.7618>, 2020b.
- van den Beld, I. M. J., Bourillet, J.-F., Arnaud-Haond, S., de Chambure, L., Davies, J. S., Guillaumont, B., Olu, K., and Menot, L.: Cold-Water Coral Habitats in Submarine Canyons of the Bay of Biscay, *Frontiers in Marine Science*, 4, 10.3389/fmars.2017.00118, 2017.
- van Denderen, P. D., Holah, H., Robson, L. M., Hiddink, J. G., Menot, L., Pedreschi, D., Kazanidis, G., Llope, M., Turner, P. J., Stirling, D., Murillo, F. J., Kenny, A., Campbell, N., Allcock, A. L., Braga-Henriques, A., González-Irusta, J. M., Johnston, G., Orejas, C., Serrano, A., Xavier, J. R., Hopkins, P., Kenchington, E., Nixon, E., and Valanko, S.: A policy-based framework for the determination of management options to protect vulnerable marine ecosystems under the EU deep-sea access regulations, *ICES J. Mar. Sci.*, 10.1093/icesjms/fsab237, 2021.

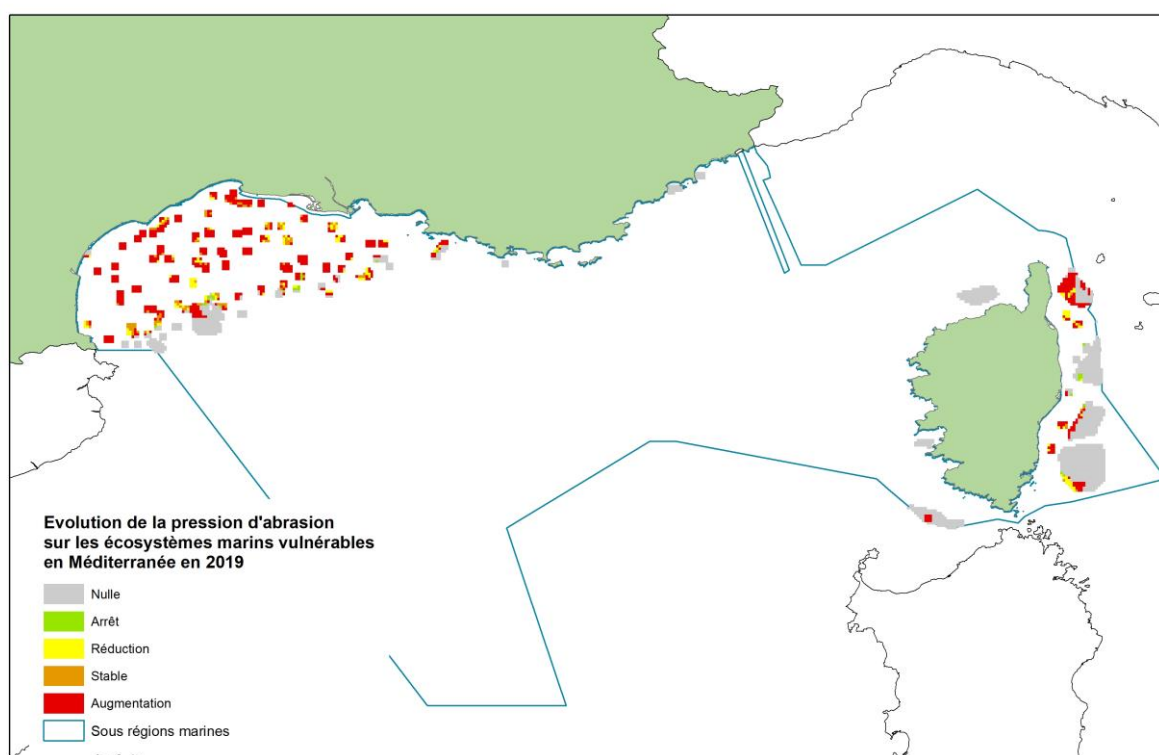
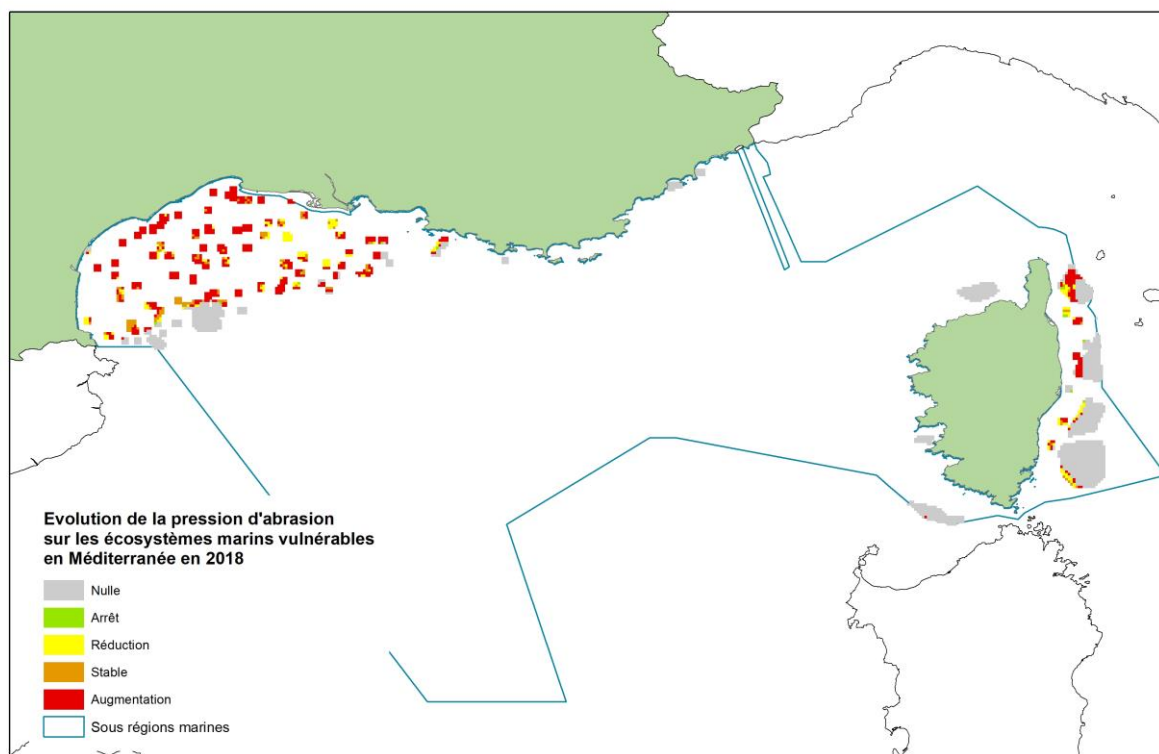
ANNEXE 1. Cartes annuelles des pressions d'abrasion sur les écosystèmes marins vulnérables et les structures géologiques particulières (période 2018 – 2021)

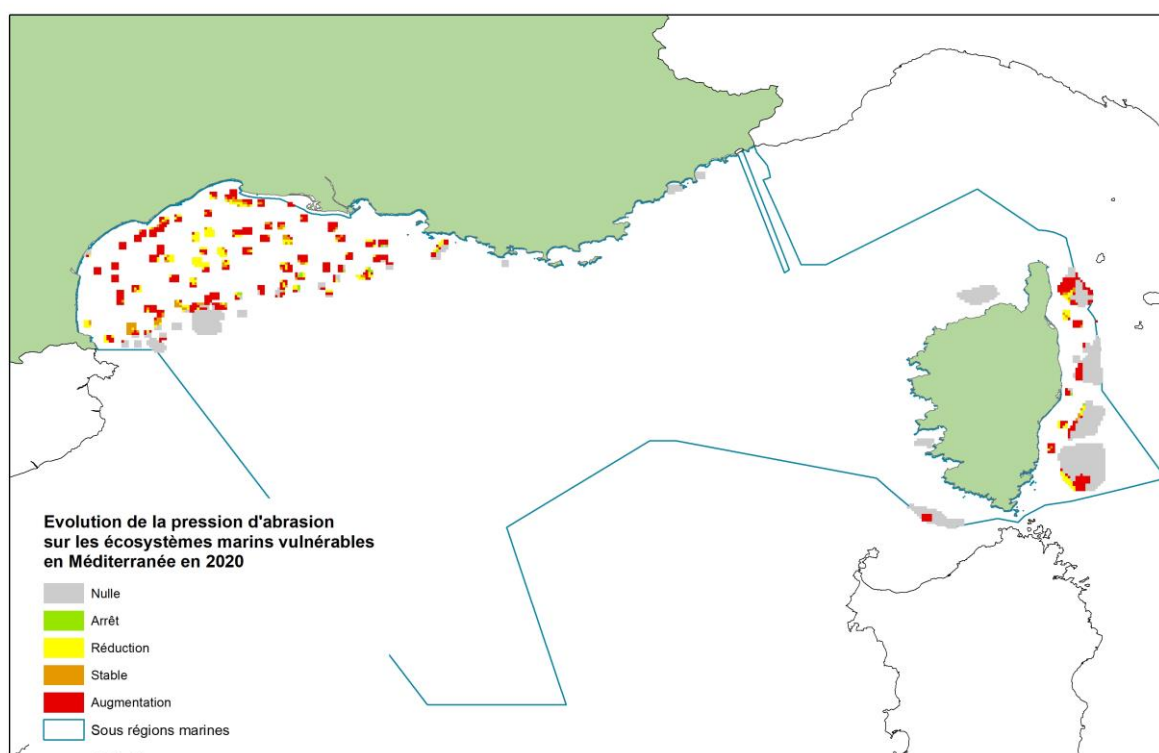
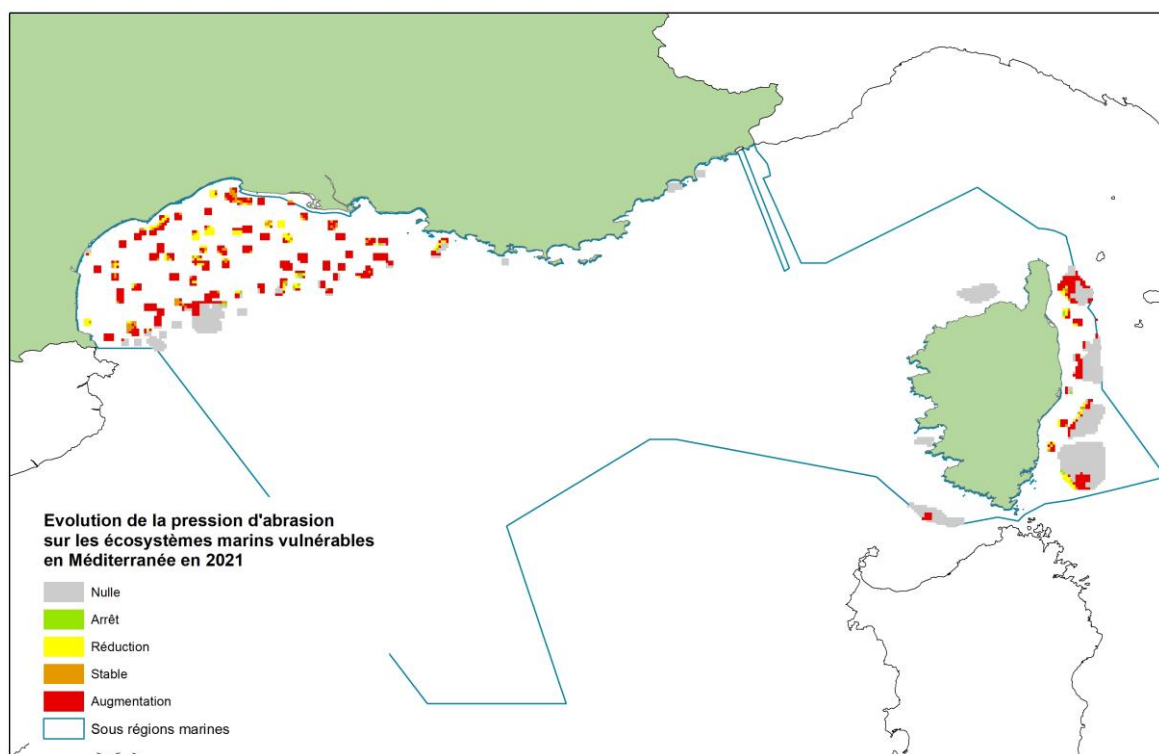
Ecosystèmes marins vulnérables de l'Atlantique



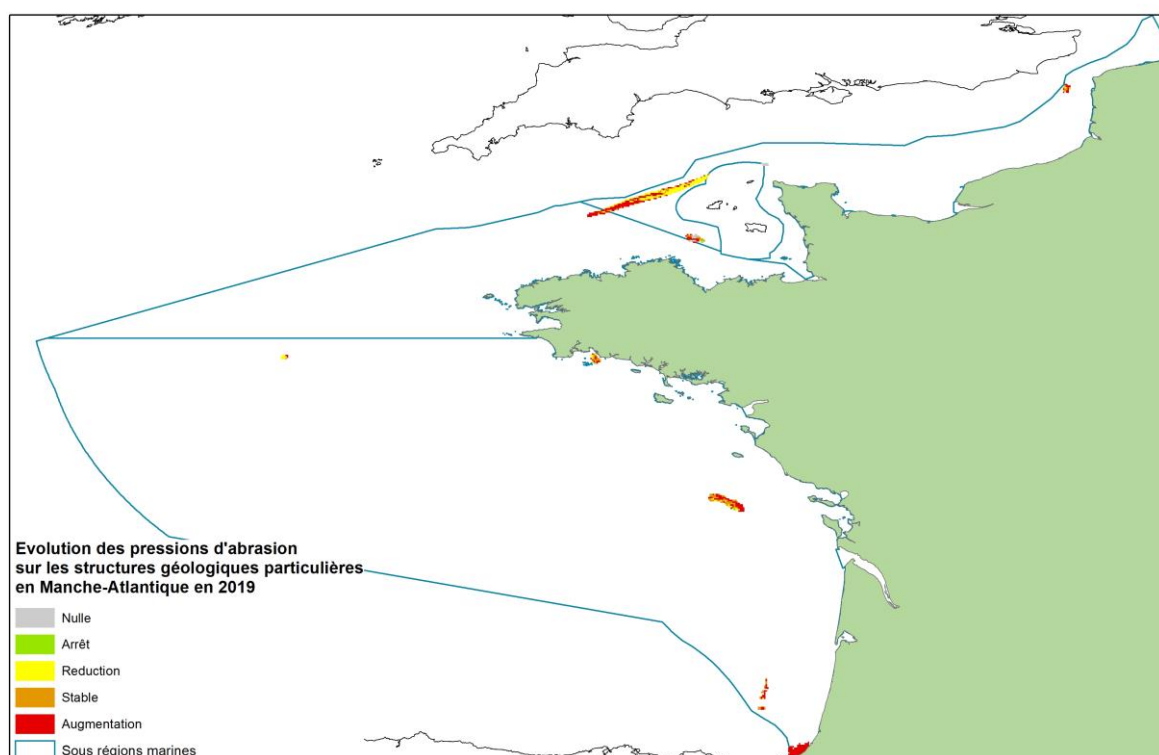
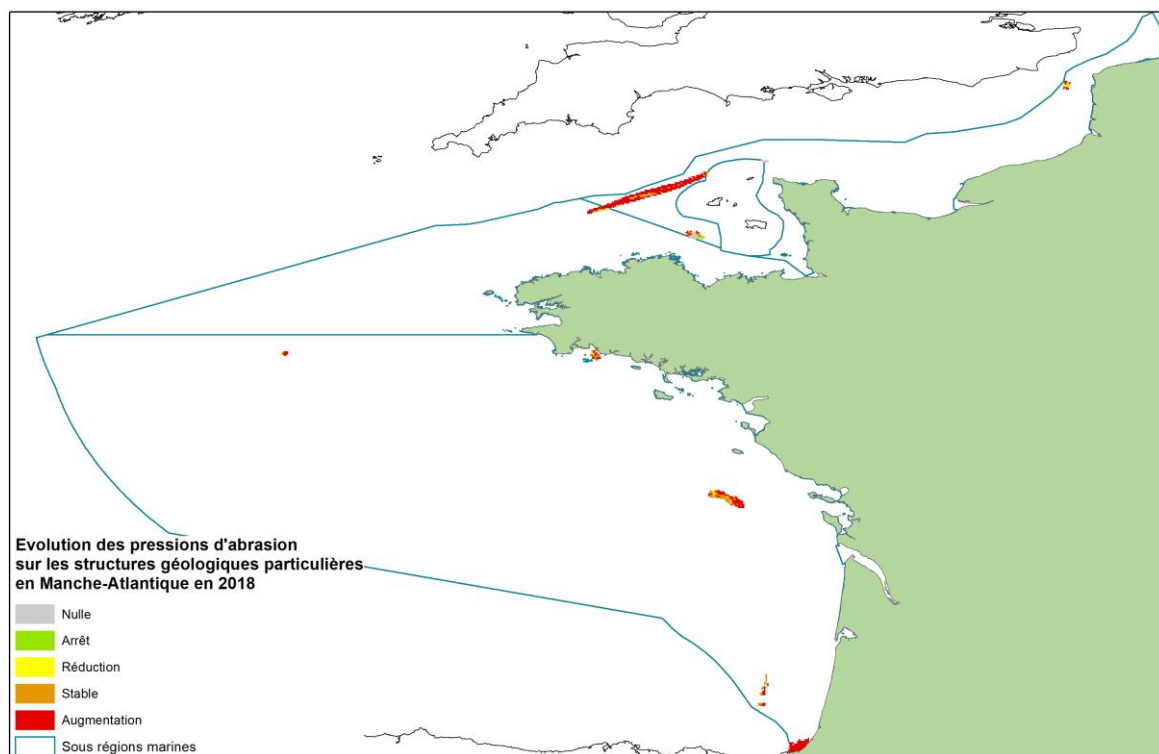


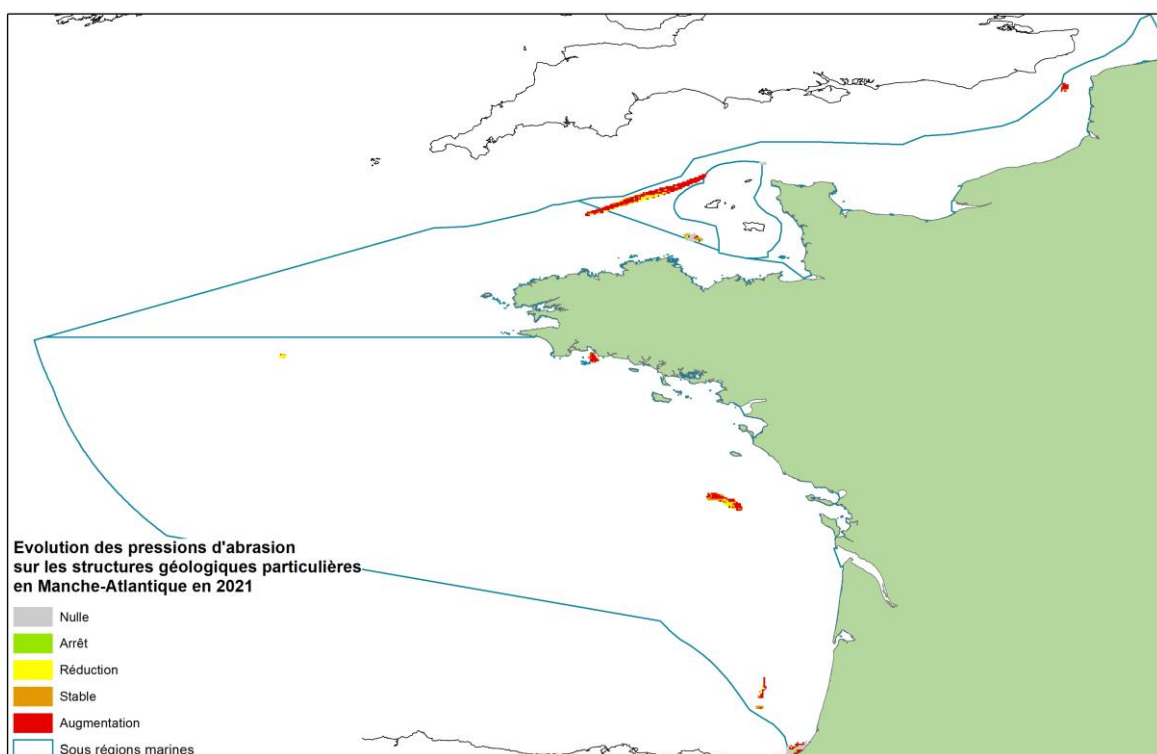
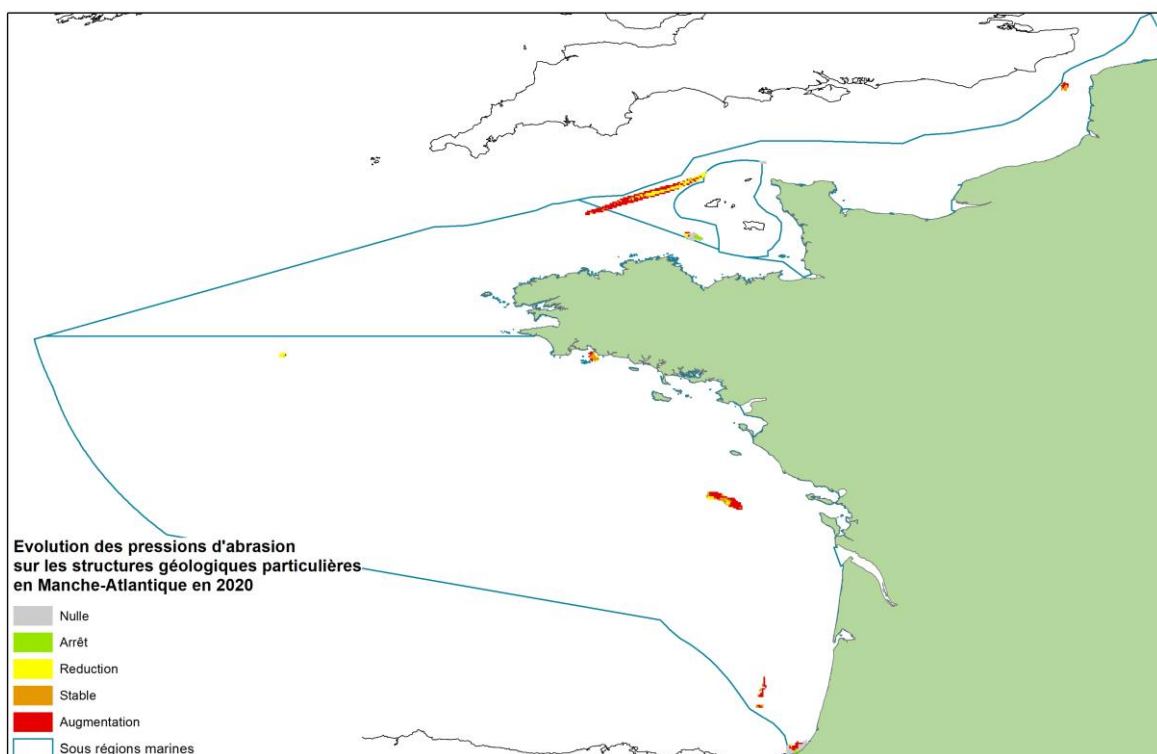
Ecosystèmes marins vulnérables de Méditerranée



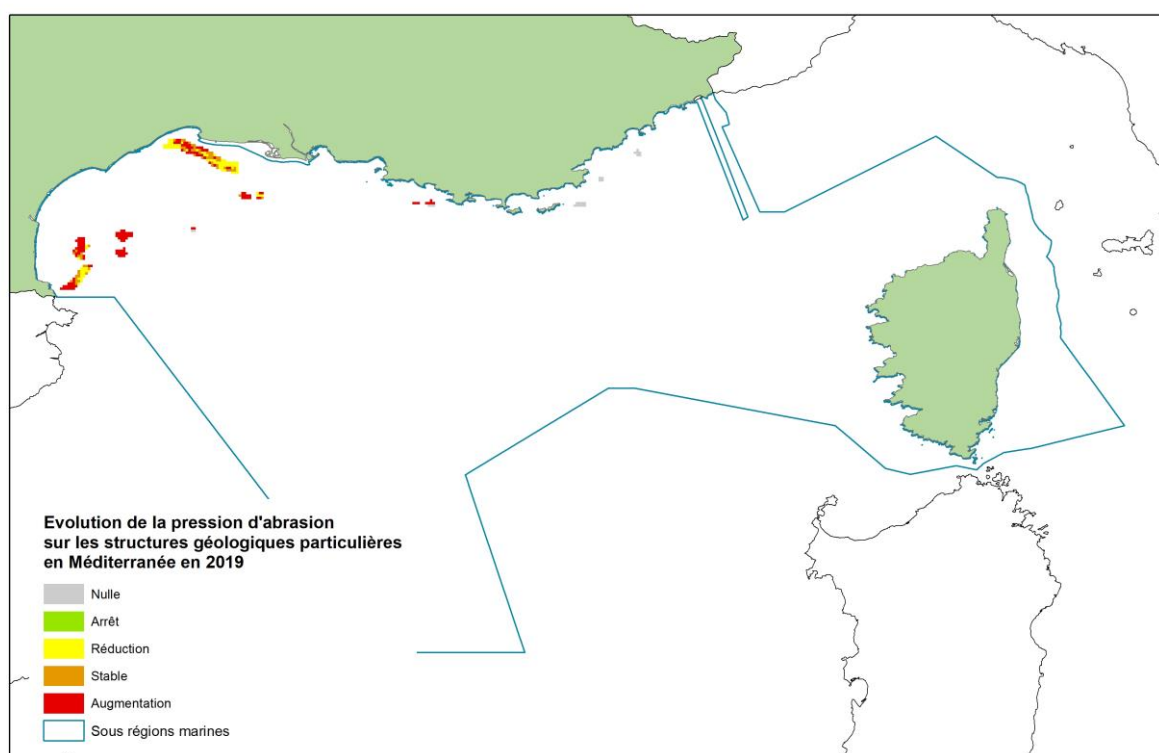
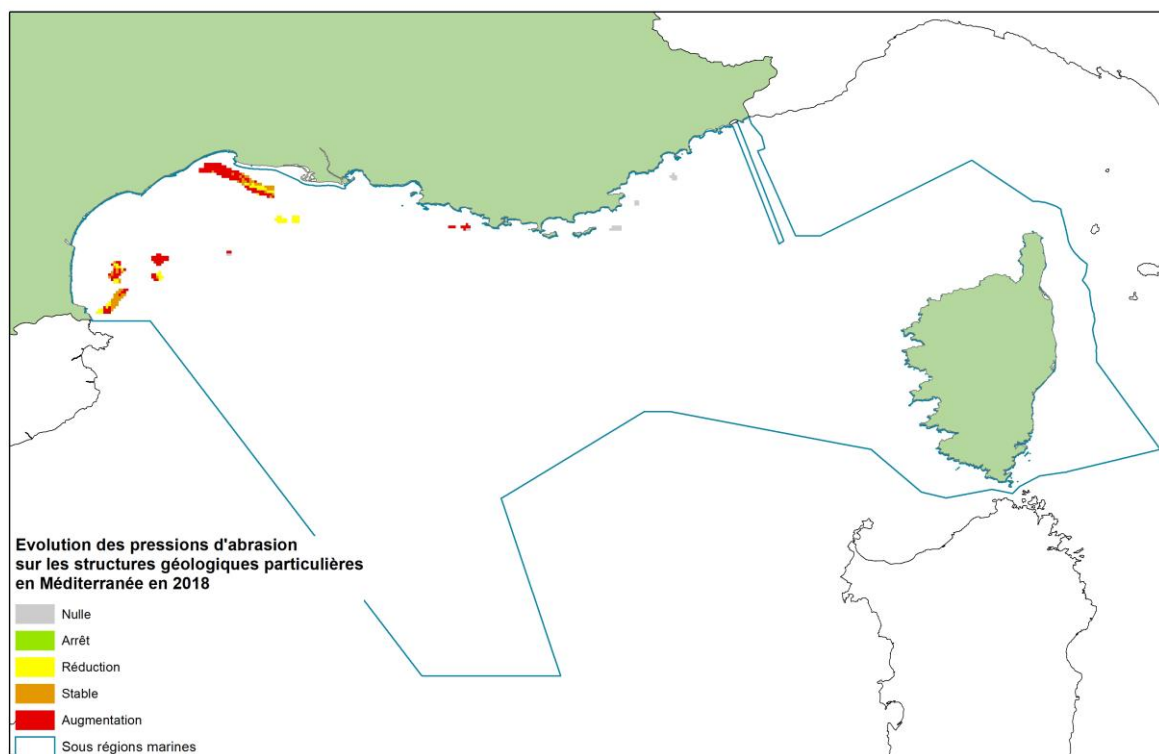


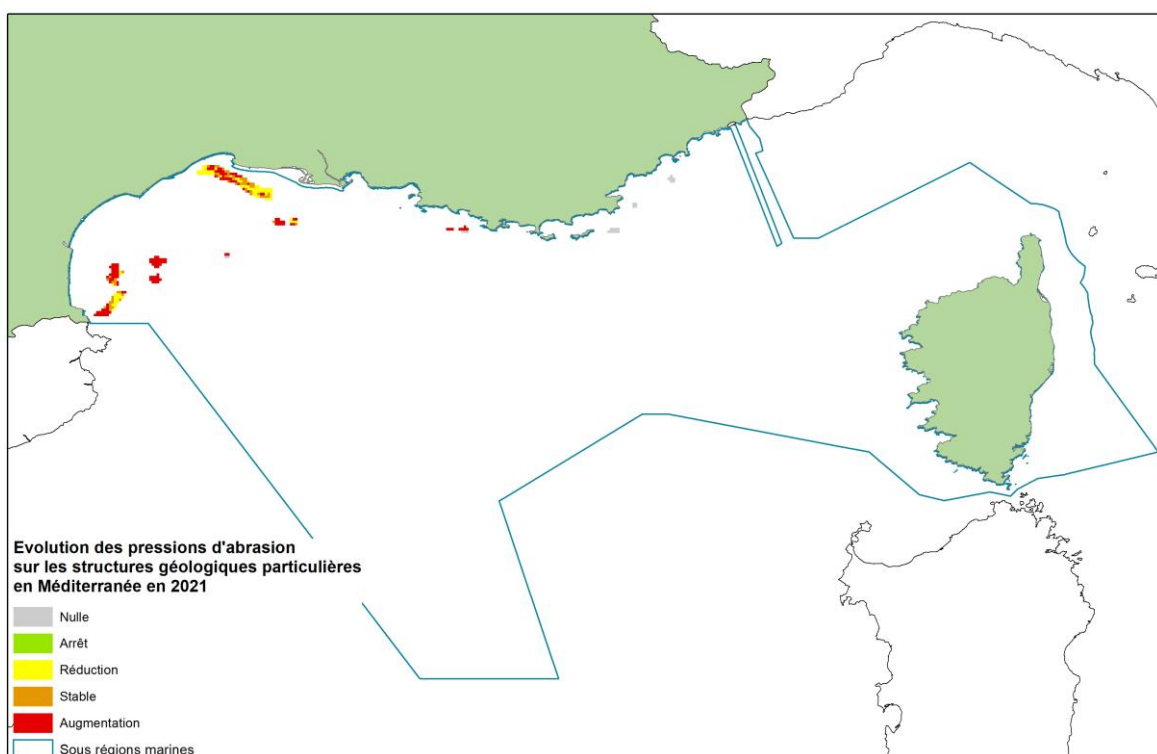
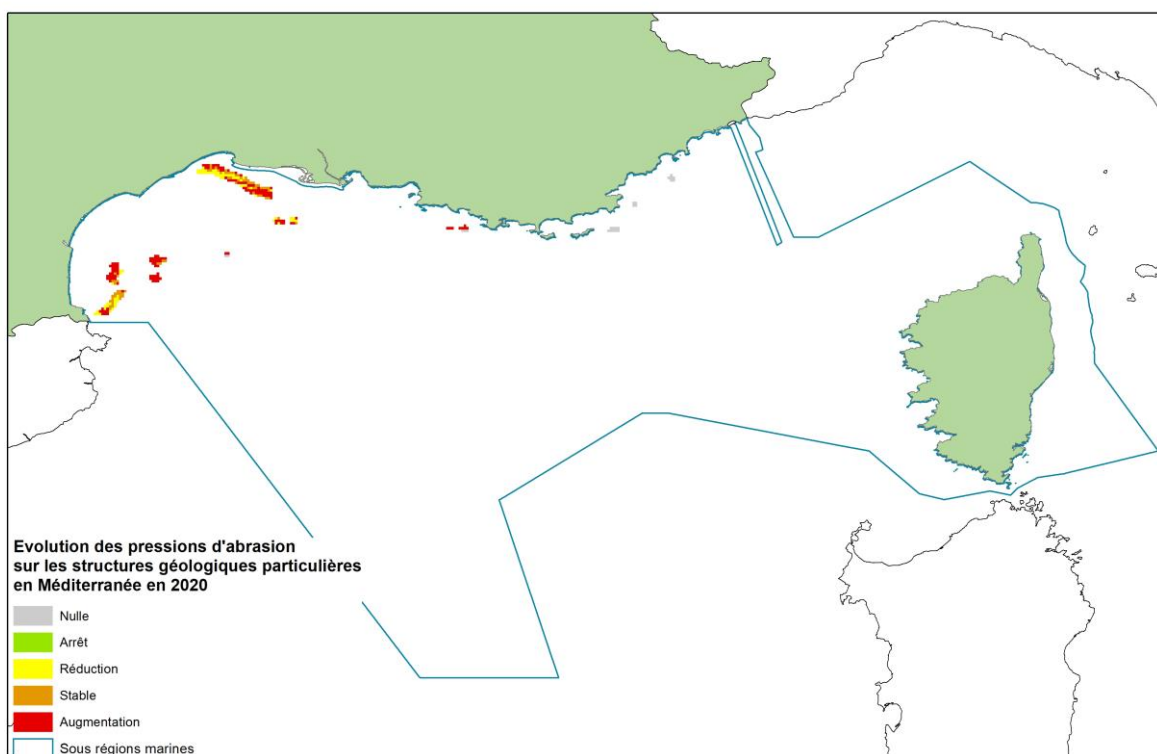
Structures géomorphologiques particulières en Manche-Atlantique





Structures géomorphologiques particulières de Méditerranée





ANNEXE 2. Script R pour le calcul des pressions d'abrasion et des métriques de l'objectif environnemental OE-D01-HB10

Dans le cadre du deuxième cycle la Directive Cadre Stratégie pour le milieu marin, un objectif environnemental est d'éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds (Ecosystèmes Marins Vulnérables) et réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières (D01-HB-OE10). Ce document a pour but d'illustrer le calcul des indicateurs permettant d'évaluer cet objectif environnemental. Les calculs et illustrations graphiques sont réalisées avec le logiciel libre R.

1. PREPARER L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

1.1 Les librairies R à installer

```
library(tidyverse)
library(sp)
library(raster)
library(rgdal)
library(rgeos)
library(terra)
library(nngeo)
library(exactextractr)
library(gridExtra)
library(ggpubr)
library(rmapshaper)
library(tmap)
#### Les cartes interactives produite par Le script ne fonctionnent que dans un environneme
nt R ou un document html, Les lignes de codes ci-dessous permettent de rendre Les cartes in
teractives sous forme d'images dans des documents statiques (.docx, .pdf)
library(webshot)
webshot::install_phantomjs(force = TRUE)
```

1.2 structurer le répertoire de travail

Nous allons créer une arborescence de répertoires à la racine d'un disque dur externe (e:). Pour modifier l'emplacement de l'arborescence, il suffira de modifier le chemin de la variable "racine".

```
racine <- "e:"
travail <- file.path(racine, "OE_D01_HB10")
Emodnet <- file.path(travail, "Emodnet")
sextant <- file.path(travail, "Sextant")
abrasion <- file.path(sextant, "Abrasion")
emv <- file.path(sextant, "EMV")
geol <- file.path(sextant, "Geologie")
regl <- file.path(sextant, "Reglementation")
res <- file.path(travail, "Resultats")
dir.create(travail)
dir.create(sextant)
dir.create(abrasion)
dir.create(emv)
dir.create(geol)
dir.create(regl)
dir.create(res)
dir.create(Emodnet)
```

1.3 Les Sources de données à télécharger

1.3.1 EMODnet

Le fond de carte bathymétrique peut être téléchargé depuis le portail EMODNet bathymétrie: <https://portal.emodnet-bathymetry.eu/#>. Nous utiliserons les tuiles E3 à E5 et F3 à F5 au format ESRI ASCII. Les six tuiles doivent être copiées dans le répertoire EMODnet précédemment créé.

1.3.2 Sextant

Les jeux de données nécessaires au calcul des indicateurs sont disponibles sur le portail d'information géographique Sextant <https://sextant.ifremer.fr/>. Les fichiers sont fournis dans une archive qu'il conviendra de décompresser avant de copier les fichiers dans les répertoires de l'arborescence que nous venons de créer:

1. Les données relatives à la distribution des écosystèmes marins vulnérables doivent être copiées dans le répertoire Sextant/EMV
 - Fabri Marie-Claire, Pedel Laura (2020). *Isidella elongata* (Alcyonacea) presence and absence extracted from video, from Fabri et al, 2014. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/b71269cf-21d1-4d34-9ffe-25462a284f92>
 - Fabri Marie-Claire, Pedel Laura (2020). *Funiculina quadrangularis* (Pennatulacea) presence and absence extracted from video, from Fabri et al, 2014. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/1aa1d021-9bf0-4606-b272-687782ea3def>
 - Fabri Marie-Claire, Pedel Laura, Beuck Lydia (2020). *Scleractinian* distribution (*Madrepora oculata* and *Lophelia pertusa*) reported from 1995 to 2013 in the French Mediterranean Sea. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/1f5d1a2a-26e1-4263-82db-78ad34d01464>
 - Fabri Marie-Claire, Vinha Beatriz (2020). Distribution des colonies de *Madrepora oculata* dans le canyon de Cassidaigne en 2017, Méditerranée Ouest. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/f4967e89-5ed6-4b5b-857c-c88fac13bf08>
 - Vaz Sandrine (2020). *Funiculina quadrangularis* (Pennatulacea) et *Isidella elongata* (Alcyonacea) distributions des prises accessoires des campagnes de chalutage scientifique. Ifremer. <http://dx.doi.org/10.12770/27ad8f32-bd15-417c-b08d-064a713c9409>
 - Maurin Claude (1962). Distribution of *Funiculina quadrangularis* (Pennatulacea) in the French Mediterranean Sea as described by Maurin in 1962. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/4e8e3fb7-52e9-450c-a0c6-2acf352fcdb2>
 - Maurin Claude (1962). Distribution of *Isidella elongata* (Alcyonacea) in the French Mediterranean Sea as described by * Maurin in 1962. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/ca656733-83a0-4dc3-a935-6c6dcacd9f3b>
 - Van den Beld I., Tourolle J., Menot L., 2020. Cartographie des habitats marins profonds du golfe de Gascogne. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/f1c5ec41-046e-4ba0-83d3-114dd2e9450a>
2. Les données relatives à la distribution des structures géologiques particulières doivent être copiées dans le répertoire Sextant/Geologie

- Fabri Marie-Claire (2021). Structures Géologiques Particulières du large (Côtes Méditerranéennes françaises). Ifremer. <https://doi.org/10.12770/fac39310-c4fd-4635-a9d5-63d0289064ce>
 - Besson Florian (2022). Structures géologiques particulières - Manche, Golfe de Gascogne (BESSON F., 2019). Ifremer. <https://doi.org/10.12770/e1c82c75-eb04-41ce-abc6-cabbffff7c69>
3. Les données relatives à l'abrasion par les arts de pêche trainants doivent être copiées dans le répertoire Sextant/Abrasion
 - Ifremer (2022). Abrasion superficielle des fonds marins par les arts de pêche trainants. Ifremer. <https://doi.org/10.12770/ec189ce9-05bd-4580-b5f3-4851e9f31df0>
 4. Les sous-régions marines françaises dans le répertoire Sextant/Reglementation

<https://sextant.ifremer.fr/Donnees/Catalogue#/metadata/fed29b44-a074-4025-a23c-dfa59942f458>

2. Préparer les jeux de données pour les analyses

Les jeux de données géoréférencés au format 'shapefile' ou 'raster' fournis par Sextant et EMODnet doivent être chargés dans l'environnement R et formatés pour les analyses ultérieures.

2.1 Les données d'abrasion

Le script suivant lit les cartes d'abrasion annuelle et crée une pile de cartes représentant pour chaque année la médiane, le premier quartile et le troisième quartile de la distribution des valeurs d'abrasion.

```
#Mediane
med_list <- list.files(abrasion, pattern = "median", recursive = T,full.names = T)

#1er quartile
p25_list <- list.files(abrasion, pattern = "25", recursive = T,full.names = T)
p25_stack <- stack()
ext2012 <- raster(p25_list[1])
for(i in 7:length(p25_list)){
  layer <- raster(p25_list[i])
  layer <- crop(layer, ext2012)
  p25_stack <- addLayer(p25_stack,layer)
}

#3eme quartile
p75_list <- list.files(abrasion, pattern = "75", recursive = T,full.names = T)
p75_stack <- stack()
ext2012 <- raster(p75_list[1])
for(i in 7:length(p75_list)){
  layer <- raster(p75_list[i])
  layer <- crop(layer, ext2012)
  p75_stack <- addLayer(p75_stack,layer)
}
```

2.2 Les occurrences d'écosystèmes marins vulnérables

Les scripts suivants lisent les fichiers shapefiles d'occurrences d'écosystèmes marins vulnérables et concatènent ces informations, pour la Méditerranée et pour l'Atlantique.

```
## Méditerranée
history_isid <- readOGR(file.path(emv, "Isidella_FRANCE_Med_Surfaces_Maurin_1962.shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\Isidella_FRANCE_Med_Surfaces_Maurin_1962.shp", layer:
: "Isidella_FRANCE_Med_Surfaces_Maurin_1962"
## with 12 features
## It has 6 fields

proj4string(history_isid) <- CRS("+init=epsg:4326")

history_funi <- readOGR(file.path(emv, "Funiculina_FRANCE_Med_Surfaces_Maurin_1962.shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\Funiculina_FRANCE_Med_Surfaces_Maurin_1962.shp", layer:
: "Funiculina_FRANCE_Med_Surfaces_Maurin_1962"
## with 8 features
## It has 6 fields

proj4string(history_funi) <- CRS("+init=epsg:4326")

cwc1 <- readOGR(file.path(emv, "CS_VIDEOCOR_2017_Madrepora_oculata_Pt_from_mosaic.shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\CS_VIDEOCOR_2017_Madrepora_oculata_Pt_from_mosaic.sh
p", layer: "CS_VIDEOCOR_2017_Madrepora_oculata_Pt_from_mosaic"
## with 5879 features
## It has 14 fields

proj4string(cwc1) <- CRS("+init=epsg:4326")

df_cwc <- as.data.frame(cwc1)
Madre2017 <- df_cwc %>%
  dplyr::select(SPECIES, LATITUDE, LONGITUDE, CRUISE, DEPTH, DATE, PUBLI_DOI) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = as.character(SPECIES), ##L'espece ou l'habitat
    LATITUDE = as.double(LATITUDE), ##Les coordonnees
    LONGITUDE = as.double(LONGITUDE),
    CRUISE = as.character(CRUISE), ##La campagne
    DATE = as.character(DATE), #La date d'echantillonage
    DEPTH = as.double(sub(",", ".", DEPTH, fixed = TRUE)), #La profondeur
    PUBLI_DOI = as.character(PUBLI_DOI)) #La reference

cwc2 <- readOGR(file.path(emv, "CWC_FRANCE_Med_Fabri_et_al_2014.shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\CWC_FRANCE_Med_Fabri_et_al_2014.shp", layer: "CWC_FR
ANCE_Med_Fabri_et_al_2014"
## with 1035 features
## It has 18 fields
## Integer64 fields read as strings: IMMERSIONm DEPTH_m

proj4string(cwc2) <- CRS("+init=epsg:4326")
df_cwc2 <- as.data.frame(cwc2)
Madre_lophe2014 <- df_cwc2 %>%
  dplyr::select(SPECIES, LATITUDE, LONGITUDE, CRUISE, DEPTH_m, DATE, PUBLI_DOI) %>%
  dplyr::rename(DEPTH = DEPTH_m) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = as.character(SPECIES),
    LATITUDE = as.double(LATITUDE),
    LONGITUDE = as.double(LONGITUDE),
```

```

    CRUISE = as.character(CRUISE),
    DATE = as.character(DATE),
    DEPTH = as.double(DEPTH),
    PUBLI_DOI = as.character(PUBLI_DOI))

rov_isid <- readOGR(file.path(emv, "Isidella_FRANCE_Med_GoL_Pt_from_video_Fabri_et_al_2014.
shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\Isidella_FRANCE_Med_GoL_Pt_from_video_Fabri_et_al_20
14.shp", layer: "Isidella_FRANCE_Med_GoL_Pt_from_video_Fabri_et_al_2014"
## with 113 features
## It has 18 fields
## Integer64 fields read as strings:  LOC_NUM PRES_ABS NB_ISID DEPTH_m LENGTH_m NB_PER_KM

proj4string(rov_isid) <- CRS("+init=epsg:4326")
rov_isid_df <- as.data.frame(rov_isid)
isidrov <- rov_isid_df %>%
  dplyr::filter(PRES_ABS == 1) %>% ###On garde les points ou on est present
  dplyr::select(SPECIES,LATITUDE, LONGITUDE,CRUISE,DEPTH_m,DATE, PUBLI_DOI) %>%
  dplyr::rename(DEPTH = DEPTH_m) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = as.character(SPECIES),
    LATITUDE = as.double(LATITUDE),
    LONGITUDE = as.double(LONGITUDE),
    CRUISE = as.character(CRUISE),
    DATE = as.character(DATE),
    DEPTH = as.double(DEPTH),
    PUBLI_DOI = as.character(PUBLI_DOI))

trawlisid <- readOGR(file.path(emv, "IFR_IDEM_FUNIC_DENSITY.shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\IFR_IDEM_FUNIC_DENSITY.shp", layer: "IFR_IDEM_FUNIC_
DENSITY"
## with 918 features
## It has 17 fields
## Integer64 fields read as strings:  Year mois

proj4string(trawlisid) <- CRS("+init=epsg:4326")
trawl_df <- as.data.frame(trawlisid)
isidtrawl <- trawl_df %>%
  dplyr::filter(Dens_Iside > 0) %>%
  dplyr::select(Campagne, Latitude, Longitude, profondeur, Year) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = "Isidella elongata") %>%
  dplyr::rename(CRUISE = Campagne,
    LATITUDE = Latitude,
    LONGITUDE = Longitude,
    DEPTH = profondeur,
    DATE = Year) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = as.character(SPECIES),
    LATITUDE = as.double(LATITUDE),
    LONGITUDE = as.double(LONGITUDE),
    CRUISE = as.character(CRUISE),
    DATE = as.character(DATE),
    DEPTH = as.double(DEPTH),
    PUBLI_DOI= "DOI:10.12770/27ad8f32-bd15-417c-b08d-064a713c9409")

fun_trawl <- readOGR(file.path(emv, "IFR_IDEM_FUNIC_DENSITY.shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\IFR_IDEM_FUNIC_DENSITY.shp", layer: "IFR_IDEM_FUNIC_
DENSITY"
## with 918 features
## It has 17 fields
## Integer64 fields read as strings:  Year mois

```

```

proj4string(fun_tractawl) <- CRS("+init=epsg:4326")
df_funi <- as.data.frame(fun_tractawl)
funitrawl <- df_funi %>%
  dplyr::filter(Dens_Funic > 0) %>%
  dplyr::select(Campagne, Latitude, Longitude, profondeur, Year) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = "Funiculina quadrangularis") %>%
  dplyr::rename(CRUISE = Campagne,
                LATITUDE = Latitude,
                LONGITUDE = Longitude,
                DEPTH = profondeur,
                DATE = Year) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = as.character(SPECIES),
                LATITUDE = as.double(LATITUDE),
                LONGITUDE = as.double(LONGITUDE),
                CRUISE = as.character(CRUISE),
                DATE = as.character(DATE),
                DEPTH = as.double(DEPTH),
                PUBLI_DOI = "DOI:10.12770/27ad8f32-bd15-417c-b08d-064a713c9409")

funrov <- readOGR(file.path(emv, "Funiculina_FRANCE_Med_GoL_Pt_from_video_Fabri_et_al_2014.
shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\Funiculina_FRANCE_Med_GoL_Pt_from_video_Fabri_et_al_
2014.shp", layer: "Funiculina_FRANCE_Med_GoL_Pt_from_video_Fabri_et_al_2014"
## with 113 features
## It has 18 fields

proj4string(funrov) <- CRS("+init=epsg:4326")
rov_isid_df <- as.data.frame(funrov)
funirov <- rov_isid_df %>%
  dplyr::filter(PRES_ABS == 1) %>%
  dplyr::select(SPECIES, LATITUDE, LONGITUDE, CRUISE, DEPTH_m, DATE, PUBLI_DOI) %>%
  dplyr::rename(DEPTH = DEPTH_m) %>%
  dplyr::mutate(SPECIES = as.character(SPECIES),
                LATITUDE = as.double(LATITUDE),
                LONGITUDE = as.double(LONGITUDE),
                CRUISE = as.character(CRUISE),
                DATE = as.character(DATE),
                DEPTH = as.double(DEPTH),
                PUBLI_DOI = as.character(PUBLI_DOI))

### Agrégation des EMVs méditerranéennes
Full_VME <- bind_rows(isidtractawl, isidrov, funirov, funitrawl, Madre2017, Madre_lophe2014)
Full_VME$YEAR <- NA
Full_VME$YEAR <- ifelse(nchar(Full_VME$DATE) == 4, Full_VME$DATE, Full_VME$YEAR)
Full_VME$YEAR <- ifelse(substr(Full_VME$DATE, 3, 3) == "/", substr(Full_VME$DATE, 7, 10), Full_V
ME$YEAR)
Full_VME$YEAR <- ifelse(substr(Full_VME$DATE, 5, 5) == "/", substr(Full_VME$DATE, 1, 4), Full_VM
E$YEAR)

## Atlantique
bob <- readOGR(file.path(emv, "BOB_VMEs.shp"))

## OGR data source with driver: ESRI Shapefile
## Source: "E:\OE_D01_HB10\Sextant\EMV\BOB_VMEs.shp", layer: "BOB_VMEs"
## with 539 features
## It has 46 fields

bob <- spTransform(bob, CRS("+init=epsg:4326"))
bob$year <- substr(bob$Date, 1, 4)

```


2.3 Les structures géomorphologiques particulières

Le script suivant lit les fichiers shapefiles de distribution des structures géomorphologiques particulières de Méditerranée et de Manche-Atlantique puis les concatène.

```
geol_med <- st_read(file.path(geol, "IFR_F_POLY_STRUCT_GEOL_PART_MED_FRANCE.shp"))

## Reading layer `IFR_F_POLY_STRUCT_GEOL_PART_MED_FRANCE' from data source
## `E:\OE_D01_HB10\Sextant\Geologie\IFR_F_POLY_STRUCT_GEOL_PART_MED_FRANCE.shp'
## using driver `ESRI Shapefile'
## Simple feature collection with 9 features and 3 fields
## Geometry type: MULTIPOLYGON
## Dimension: XY
## Bounding box: xmin: 3.213889 ymin: 42.48743 xmax: 7.040236 ymax: 43.48196
## Geodetic CRS: WGS 84

geol_ManGas <- st_read(file.path(geol, "StructuresGeologiques_MancheGascogne_FBesson_2019.shp"))

## Reading layer `StructuresGeologiques_MancheGascogne_FBesson_2019' from data source `E:\OE_D01_HB10\Sextant\Geologie\StructuresGeologiques_MancheGascogne_FBesson_2019.shp'
## using driver `ESRI Shapefile'
## Simple feature collection with 8 features and 2 fields
## Geometry type: MULTIPOLYGON
## Dimension: XY
## Bounding box: xmin: -7.377815 ymin: 43.37602 xmax: 1.323038 ymax: 50.78898
## Geodetic CRS: WGS 84

SGP <- st_as_sf(rbind(geol_ManGas, geol_med[1:2]))
```

2.4 Bathymétrie

Le script suivant lit les fichiers raster des 6 tuiles de la bathymétrie EMODnet couvrant la ZEE de la France métropolitaine, associe ces tuiles en une seule carte puis sauve la carte résultante au format Geotiff.

```
tuiles <- list.files(path= Emodnet, pattern = ".asc", full.names = TRUE)
E3 <- raster(tuiles[1])
E4 <- raster(tuiles[2])
E5 <- raster(tuiles[3])
F3 <- raster(tuiles[4])
F4 <- raster(tuiles[5])
F5 <- raster(tuiles[6])
bathy <- merge(E3, E4, E5, F3, F4, F5)
proj4string(bathy) <- CRS("+init=epsg:4326")
writeRaster(bathy, filename = file.path(Emodnet, "EMODnet_Bathymetrie.tif"), format = 'GTiff', overwrite= TRUE)
```

2.5 Régions marines

Le script suivant lit le fichier shapefile relatif aux sous-régions marines.

```
# Sous-régions marines
regions = st_read(file.path(regl, "DCSMM_SOUS_REGIONS_MARINES_202005_P.shp"))

## Reading layer `DCSMM_SOUS_REGIONS_MARINES_202005_P' from data source
## `E:\OE_D01_HB10\Sextant\Reglementation\DCSMM_SOUS_REGIONS_MARINES_202005_P.shp'
## using driver `ESRI Shapefile'
## Simple feature collection with 4 features and 11 fields
```

```
## Geometry type: POLYGON
## Dimension: XY
## Bounding box: xmin: -10.08384 ymin: 40.08333 xmax: 10.25 ymax: 51.55694
## Geodetic CRS: WGS 84
```

3. Méthode d'évaluation des objectifs environnementaux

3.1 Période et valeur de référence de l'abrasion

La valeur de référence de l'abrasion est définie par le premier quartile des abrasions médianes sur la période 2012-2017. Le script suivant compile les cartes d'abrasion médiane des six années de la période de référence puis calcul le premier quartile de la distribution de fréquence des médianes pour chacune des mailles de la carte.

```
ref_stack <- stack()
ref_2012 <- raster(med_list[1])
for(i in 1:6){ ##uniquement Les 6 premières années: 2012:2017
  layer <- raster(med_list[i])
  layer <- crop(layer,ref_2012)
  ref_stack <- addLayer(ref_stack,layer)
}
ref_stack <- rast(ref_stack)
ref_layer <- quantile(ref_stack, 0.25)
crs(ref_layer) <- "epsg:4326"

ref_poly <- rasterToPolygons(raster(ref_layer))
names(ref_poly) <- "AbraRef"

ref_poly_sf <- st_as_sf(ref_poly)
sf::sf_use_s2(FALSE)
ref_poly_dcsmm <- st_join(ref_poly_sf, regions, left = FALSE, largest=TRUE)
ref_poly_dcsmm$ID <- seq(1,length(ref_poly_dcsmm$AbraRef))

# st_write(ref_poly_dcsmm, file.path(res, "Abrasion_Reference.shp"))
```

3.2 Résolution de l'évaluation et emprise spatiale des écosystèmes marins vulnérables

La résolution spatiale est celle des cartes d'abrasion soit une cellule carrée de 1 minute d'arc de côté. Les occurrences d'écosystèmes marins vulnérables sont rapportées à cette même résolution. Le script suivant créé un polygone pour chacune des mailles des cartes d'abrasion puis identifie tous les polygones intersectant la présence d'un EMV, à l'exception des données historiques qui seront ajoutées ultérieurement.

```
poly_abra <- as(ref_poly_dcsmm, "Spatial")

#Méditerranée
sp::coordinates(Full_VME) <- ~LONGITUDE+LATITUDE
proj4string(Full_VME) <- CRS("+init=epsg:4326")
intersect<- over(poly_abra,Full_VME)
poly_abra$Species <- intersect$SPECIES
poly_abra$CruiseName <- intersect$CRUISE
poly_abra$Reference <- intersect$PUBLI_DOI
poly_abra$Year <- intersect$YEAR

#Manche Atlantique
```

```

inter_bob <- over(poly_abra,bob)

poly_abra$Species <- ifelse(is.na(poly_abra$Species) == T,
                             inter_bob$Hab_niv1,
                             poly_abra$Species )

poly_abra$CruiseName <- ifelse(is.na(poly_abra$CruiseName) == T,
                                inter_bob$Cruise,
                                poly_abra$CruiseName )

poly_abra$Reference <- ifelse(is.na(poly_abra$Reference) == T,
                               inter_bob$CruiseDOI,
                               poly_abra$Reference )

poly_abra$Year <- ifelse(is.na(poly_abra$Year) == T,
                          inter_bob$year,
                          poly_abra$Year )

```

L'emprise spatiale des EMV correspond aux cellules dans lesquelles ont été reportées une occurrence d'EMV, augmentées d'une zone tampon égale à la taille d'une cellule supplémentaire. Le script suivant identifie les mailles adjacentes à un polygone contenant un EMV.

```

poly_abra$Buffer <- F
sf_poly <- as(poly_abra,"sf")
x <- sf_poly[is.na(sf_poly$Species) == F,]
near <- st_nn(x,sf_poly, maxdist = 100, k = 9, progress=FALSE)
ids <- c()
for (i in 1:nrow(x)){
  ids <- c(ids,near[[i]])
}
idu <- unique(ids)

for (i in 1:length(sf_poly$Buffer)){

  if(sf_poly$ID[i] %in% idu){
    sf_poly$Buffer[i] <- T
  }
}
sp_poly <- as(sf_poly,"Spatial")

```

La zone tampon ne concerne pas les données historiques celles-ci étant déjà une extrapolation d'observations ponctuelles. Le script suivant ajoute les données historiques à la distribution des EMV et leurs zones tampons créée précédemment.

```

intersectisid <- over(sp_poly,history_isid)
intersectisid$ID <- seq(1,length(intersectisid$GEOG_AREA),1)
ids_isid <- intersectisid[is.na(intersectisid$CRUISE) == F,]
sp_poly$Buffer <- ifelse(sp_poly$ID %in% ids_isid$ID, T, sp_poly$Buffer)

intersectfuni <- over(sp_poly,history_funi)
intersectfuni$ID <- seq(1,length(intersectfuni$GEOG_AREA),1)
ids_funi <- intersectfuni[is.na(intersectfuni$CRUISE) == F,]
sp_poly$Buffer <- ifelse(sp_poly$ID %in% ids_funi$ID, T, sp_poly$Buffer)

buffers <- sp_poly[sp_poly$Buffer == T,]

```

Finalement le script ci-dessous identifie les mailles strictement associées à un EMV et les mailles associées à une zone tampon.

```

buffers$Core <- NA
buffers$Core <- ifelse(buffers$Buffer == T & is.na(buffers$Species) == T, "EMV-Tampon", buffers$Core)
buffers$Core <- ifelse(buffers$Buffer == T & is.na(buffers$Species) == F, "EMV-Coeur", buffers$Core)

```

3.3 Résolution de l'évaluation et emprise spatiale des structures géomorphologiques particulières

La résolution spatiale est celle des cartes d'abrasion soit une cellule carrée de 1 minute d'arc de côté. Les occurrences des structures géomorphologiques particulières sont rapportées à cette même résolution. Le script suivant identifie toutes les mailles de la carte d'abrasion intersectant la présence d'une structure géomorphologique particulière.

```

SGP_abra <- st_join(ref_poly_dcsmm, SGP, left = FALSE, largest = TRUE)
st_crs(SGP_abra) <- 4326

# Division par façades maritimes

SGP_abra$facade <- F
SGP_abra$facade <- ifelse(SGP_abra$srm_fr == "golfe de Gascogne" | SGP_abra$srm_fr == "mer Celtique et Manche Ouest", "Nord Atlantique - Manche Ouest", SGP_abra$facade)
SGP_abra$facade <- ifelse(SGP_abra$srm_fr == "Manche Est et mer du Nord", "Manche Est et mer du Nord", SGP_abra$facade)
SGP_abra$facade <- ifelse(SGP_abra$srm_fr == "mer Méditerranée occidentale" | SGP_abra$srm_fr == "Corse", "Méditerranée", SGP_abra$facade)

```

4. Evaluation du statut des Ecosystèmes Marins Vulnérables

Le statut des écosystèmes marins vulnérables est évalué en fonction des valeurs prises par les premier et troisième quartile de la distribution des valeurs d'abrasion à l'année N, et leur comparaison à la valeur de référence. Le statut d'abrasion de chacune des mailles associées à un EMV peut prendre quatre états: - un arrêt de la pression, si l'abrasion au cours de l'année d'évaluation est nulle et la valeur de référence non nulle; - une réduction, si le troisième quartile de l'abrasion est inférieure à la valeur de référence; - une augmentation, si le premier quartile de l'abrasion est supérieur à la valeur de référence; - une stabilité, si la valeur de référence est comprise entre les premier et troisième quartile; - Nulle, si l'abrasion était nulle pendant la période de référence et l'année d'évaluation. Le script ci-dessous associe à chacune des mailles associées à un EMV les données relatives aux premier et troisième quartiles de la distribution des valeurs d'abrasion puis calcul le statut de chaque maille pour chaque année à évaluer.

```

buffers_sf <- as(buffers, "sf")

# Extraction du premier (Q1) et troisieme (Q3) quartiles de La distribution des valeurs d'abrasion pour chaque maille associée à un EMV puis calcul du statut de chaque maille. Extractions et calculs sont itérés pour chaque année à évaluer
for (i in 1:nlayers(p25_stack)){
  buffers_sf$Statusx <- NA
  buffers_sf$Q1x <- exact_extract(p25_stack@layers[i][[1]], buffers_sf, 'mean', progress = F)
  buffers_sf$Q3x <- exact_extract(p75_stack@layers[i][[1]], buffers_sf, 'mean', progress = F)
  buffers_sf$Statusx <- ifelse(buffers_sf$AbraRef > buffers_sf$Q3x, "2_Reduction", buffers_

```

```
sf$Statusx)
  buffers_sf$Statusx <- ifelse(buffers_sf$AbraRef < buffers_sf$Q1x, "4_Augmentation", buffers_sf$Statusx)
  buffers_sf$Statusx <- ifelse(buffers_sf$AbraRef < buffers_sf$Q3x & buffers_sf$AbraRef > buffers_sf$Q1x, "3_Stable", buffers_sf$Statusx)
  buffers_sf$Statusx <- ifelse(buffers_sf$AbraRef > 0 & buffers_sf$Q3x == 0, "1_Arrêt", buffers_sf$Statusx)
  buffers_sf$Statusx <- ifelse(is.na(buffers_sf$Statusx) == T, "0_Nulle", buffers_sf$Statusx)
)
Q1 = paste("Q1_", substr(names(p25_stack)[i], 21,24), sep = "")
Q3 = paste("Q3_", substr(names(p75_stack)[i], 21,24), sep = "")
Status = paste("Status_", substr(names(p25_stack)[i], 21,24), sep = "")
names(buffers_sf)[names(buffers_sf) == 'Q1x'] <- Q1
names(buffers_sf)[names(buffers_sf) == 'Q3x'] <- Q3
names(buffers_sf)[names(buffers_sf) == 'Statusx'] <- Status
}
```

Le statut des écosystèmes marins vulnérables est rapporté par façades maritimes entre ou au sein desquelles les critères d'évaluation peuvent varier. L'objectif environnemental ne concerne que les écosystèmes marins vulnérables au-delà de 400 m en Manche-Atlantique, 200 m en Méditerranée occidentale et 60 m au large de la Corse. Le script suivant identifie, pour chaque maille associée à un EMV, la sous-région marine et la profondeur puis croise ces informations pour définir les mailles relevant de l'évaluation.

```
# Cas de La corse
ext_corse <- extent(8,12,40,44)
corse <- st_crop(buffers_sf,ext_corse)
buffers_sf$srm_fr <- ifelse( buffers_sf$ID %in% corse$ID, "Corse", buffers_sf$srm_fr)

# Division par limites bathymétriques supérieures
bathy <- raster(file.path(Emodnet, "EMODnet_Bathymetrie.tif"))
buffers_sf$depth <- exact_extract(bathy, buffers_sf, 'min', progress = F)
buffers_sf$LimBathy <- F
buffers_sf$LimBathy <- ifelse(buffers_sf$srm_fr == "Corse" & buffers_sf$depth < -60, F, buffers_sf$LimBathy)
buffers_sf$LimBathy <- ifelse(buffers_sf$srm_fr == "mer Méditerranée occidentale" & buffers_sf$depth < -200, T, buffers_sf$LimBathy)
buffers_sf$LimBathy <- ifelse(buffers_sf$srm_fr == "golfe de Gascogne" & buffers_sf$depth < -400, T, buffers_sf$LimBathy)
buffers_sf$LimBathy <- ifelse(buffers_sf$srm_fr == "mer Celtique et Manche Ouest" & buffers_sf$depth < -400, T, buffers_sf$LimBathy)

# Division par façades maritimes

buffers_sf$facade <- F
buffers_sf$facade <- ifelse(buffers_sf$srm_fr == "golfe de Gascogne" | buffers_sf$srm_fr == "mer Celtique et Manche Ouest", "Nord Atlantique - Manche Ouest", buffers_sf$facade)
buffers_sf$facade <- ifelse(buffers_sf$srm_fr == "Manche Est et mer du Nord", "Manche Est et mer du Nord", buffers_sf$facade)
buffers_sf$facade <- ifelse(buffers_sf$srm_fr == "mer Méditerranée occidentale" | buffers_sf$srm_fr == "Corse", "Méditerranée", buffers_sf$facade)
```

Le script ci-dessous restitue les données géographiques sous forme de cartes interactives et d'un fichier shapefile au format ESRI.

```
###Ecriture de La couche shapefile finale
OE_D01_HB10_Ind12 <- buffers_sf[, c("AbraRef", "srm_fr", "Species", "CruiseName", "Reference", "Year", "Core", "Status_2018", "Status_2019", "Status_2020", "Status_2021", "depth", "LimBathy")]
OE_D01_HB10_Ind12 <- dplyr::select(buffers_sf, AbraRef, srm_fr, Species, Mission = CruiseName, Ref = Reference, Annee = Year, Coeur = Core, Abr2018 = Status_2018, Abr2019 = Status_2019, Abr2020 = Status_2020, Abr2021 = Status_2021, Profond= depth, LimBathy)
```

```

st_write(OE_D01_HB10_Ind12, file.path(res, "DCSMM_OE_D01_HB10_EMV.shp"), append=FALSE)

## Deleting layer `DCSMM_OE_D01_HB10_EMV' using driver `ESRI Shapefile'
## Writing layer `DCSMM_OE_D01_HB10_EMV' to data source
## `e:/OE_D01_HB10/Resultats/DCSMM_OE_D01_HB10_EMV.shp' using driver `ESRI Shapefile'
## Writing 2689 features with 13 fields and geometry type Polygon.

###Représentation cartographique des indicateurs 1 (Atlantique) et 2 (Méditerranée)
an_eval <- substr(grep("Status", colnames(bufers_sf), value=TRUE), 8, 11)
index_eval <- grep("Status", colnames(bufers_sf))

for (i in 1:length(an_eval)){
  buffers_sf$Colorx <- NA
  buffers_sf$Colorx <- ifelse(buffers_sf[[index_eval[i]]] == "0_Nulle", "#CCCCCC", buffers_
sf$Colorx)
  buffers_sf$Colorx <- ifelse(buffers_sf[[index_eval[i]]] == "1_Arrêt", "#339933", buffers_
sf$Colorx)
  buffers_sf$Colorx <- ifelse(buffers_sf[[index_eval[i]]] == "2_Reduction", "#66FF33", buff
ers_sf$Colorx)
  buffers_sf$Colorx <- ifelse(buffers_sf[[index_eval[i]]] == "3_Stable", "#FFCC00", buffers_
sf$Colorx)
  buffers_sf$Colorx <- ifelse(buffers_sf[[index_eval[i]]] == "4_Augmentation", "#FF3300", b
uffers_sf$Colorx)
  annee <- paste("Color_", an_eval[i], sep = "")
  names(buffers_sf)[names(buffers_sf) == 'Colorx'] <- annee
}

index_color <- grep("Color", colnames(bufers_sf))

#Indicateur 1 (Atlantique - Manche Ouest)
ind1.shp <- buffers_sf[buffers_sf$facade == "Nord Atlantique - Manche Ouest" & buffers_sf$L
imBathy == TRUE, ]
ind1.srm <- regions[which(regions$srm_fr %in% unique(ind1.shp$srm_fr)), ]

carte_ind1 <- tm_shape(ind1.srm) + tm_borders() + tm_basemap("Esri.OceanBasemap")

for(i in 1:length(an_eval)){
label.config <- ind1.shp %>%
dplyr::distinct(ind1.shp[[index_eval[i]]], ind1.shp[[index_color[i]]])
names(label.config) <- c('Status', 'Color')
label.config<-arrange(label.config, Status)
fill <- names(ind1.shp[index_color[i]])[1]
tmp.map <- carte_ind1 + tm_shape(ind1.shp) +
tm_fill(fill) +
tm_layout (legend.position = c("left", "bottom")) +
tm_view(view.legend.position = c("left", "bottom")) +
tm_add_legend(type="fill", labels = label.config$Status, col=label.config$Color, title = an
_eval[i])
assign(paste0("EMV_ind1_", an_eval[i]), tmp.map)
}

tmap_mode("view")
tmap_arrange(EMV_ind1_2018, EMV_ind1_2019, EMV_ind1_2020, EMV_ind1_2021, sync = TRUE)

```

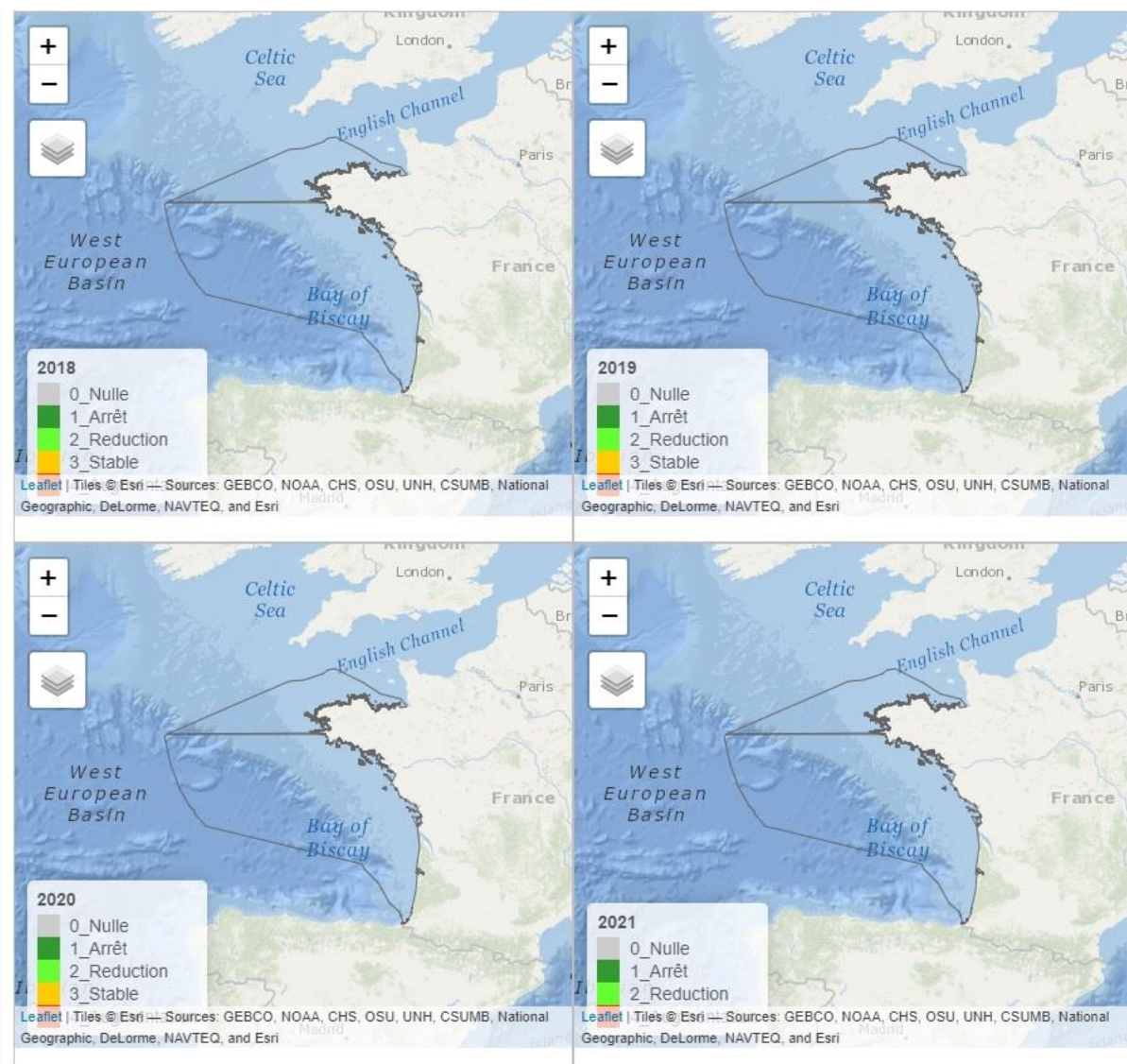


Figure. Carte de distribution des Ecosystèmes Marins Vulnérables d'Atlantique et Manche Ouest montrant L'évolution de La pression d'abrasion de 2018 à 2021 (La carte est dynamique dans un environnement R ou au format html)..

#Indicateur 2 (Méditerranée)

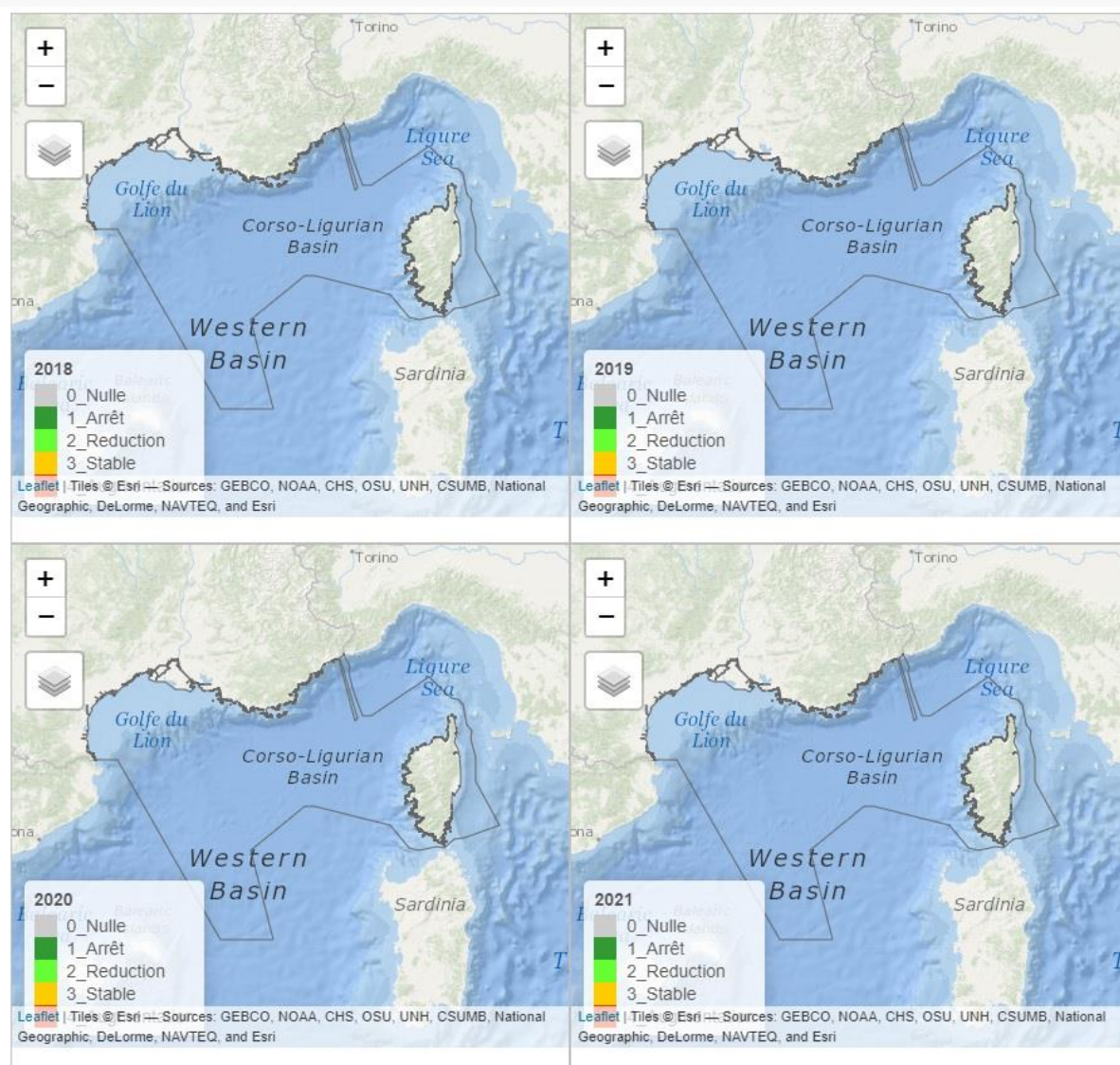
```
ind2.shp <- buffers_sf[buffers_sf$facade == "Méditerranée" & buffers_sf$LimBathy == TRUE, ]
ind2.shp <- ind2.shp[!(is.na(ind2.shp$ID)), ]
ind2.srm <- regions[which(regions$srm_fr %in% ind2.shp$srm_fr), ]

carte_ind2 = tm_shape(ind2.srm) + tm_borders() + tm_basemap("Esri.OceanBasemap")

for(i in 1:length(an_eval)){
  label.config <- ind2.shp %>%
  dplyr::distinct(ind2.shp[[index_eval[i]]], ind2.shp[[index_color[i]])
  names(label.config) <- c('Status', 'Color')
  label.config <- arrange(label.config, Status)
  fill <- names(ind2.shp[[index_color[i]])[1]
  tmp.map <- carte_ind2 + tm_shape(ind2.shp) +
  tm_fill(fill) +
  tm_layout (legend.position = c("left", "bottom")) +
  tm_view(view.legend.position = c("left", "bottom")) +
  tm_add_legend(type="fill", labels = label.config$Status, col=label.config$Color, title = an_eval[i])
  assign(paste0("EMV_ind2_", an_eval[i]), tmp.map)
```

```
}
```

```
tmap_mode("view")
tmap_arrange(EMV_ind2_2018, EMV_ind2_2019, EMV_ind2_2020, EMV_ind2_2021, sync = TRUE)
```



Carte de distribution des Ecosystèmes Marins Vulnérables de Méditerranée montrant L'évolution de La pression d'abrasion de 2018 à 2021 (La carte est dynamique dans un environnement R ou au format html).#

Le script ci-dessous restitue les résultats sous forme de tableaux de synthèse et de graphiques

```
###Tableaux de synthèse
```

```
df <- as.data.frame(buffers_sf) # Tous Les EMV
dfoe <- df[which(df$LimBathy == T), ] # Uniquement Les EMV plus profonds que Les Limites bathymétriques définies par L'OE
```

```
## Tous Les EMVs par sous région marine
```

```
an_eval <- substr(grep("Status", colnames(df), value=TRUE), 8, 11)
index_eval <- grep("Status", colnames(df))
```

```
# Tableau de synthèse
```



```

allVMEsum <- df %>% group_by(srm_fr, df[,index_eval[1]]) %>%
  summarise(count=n()) %>% #
  mutate(pct=count/sum(count)) %>%
  mutate(year = an_eval[1])
colnames(allVMEsum) <- c("region", "statut", "nb_maille", "pct","annee")

for (i in 2:length(an_eval)){
tmp <- df %>% group_by(srm_fr, df[,index_eval[i]]) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  mutate(pct=count/sum(count)) %>%
  mutate(year = an_eval[i])
  colnames(tmp) <- c("region", "statut", "nb_maille", "pct","annee")
  allVMEsum <- rbind(allVMEsum, tmp)
}

write.csv(allVMEsum, file.path(res, "Abrasion_TousVME.csv"))

# Graphique
all_plot <- ggplot(allVMEsum, aes(x=annee, y=pct, fill=statut)) +
  geom_bar(stat="identity", position = "dodge") +
  facet_grid(.~ region) +
  geom_text(data=allVMEsum, aes(label=paste0(round(pct*100,0),"%"), y=pct+0.01),size=3,
  position = position_dodge(1)) +
  scale_fill_manual("Status", labels = c("Nulle", "Arrêt", "Réduction", "Stable", "Augmentation"),
  values = c("0_Nulle" = "gray", "1_Arrêt" = "dark green", "2_Reduction" = "light green", "3_Stable" = "Orange", "4_Augmentation" = "Red")) +
  theme(axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=0.5,vjust=0.6, size = 10)) +
  xlab("") + ylab("(% de l'aire des EMV")

all_plot

```

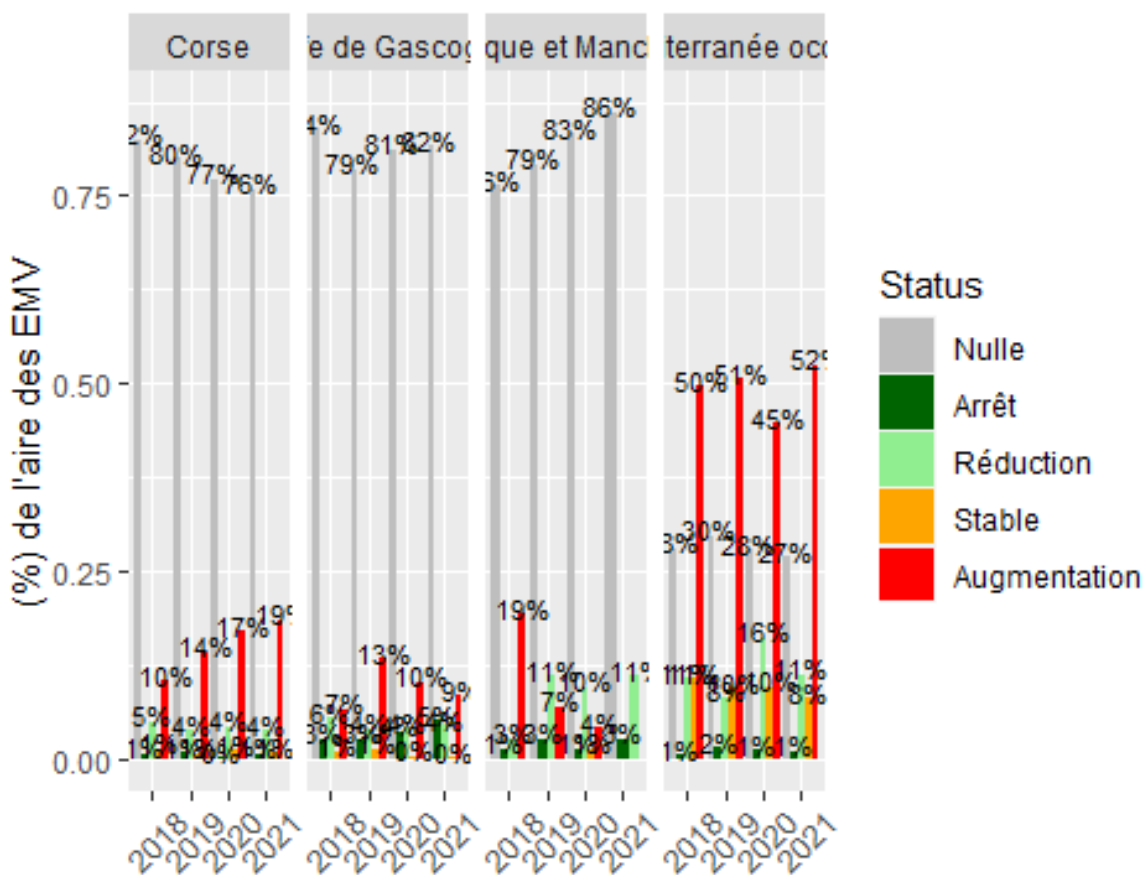


Figure. Evolution de La pression d'abrasion sur Les Ecosystèmes Marins Vulnérables de Manche-Atlantique et de Méditerranée sur La période 2018 - 2021.

```
ggsave(file.path(res, "EvalAbrasion_TousEMV.png"), plot = all_plot, dpi = 400,height = 6, width = 10)
```

EMVs relevant de L'OE par façade

```
an_eval <- substr(grep("Status", colnames(dfoe), value=TRUE), 8, 11)
index_eval <- grep("Status", colnames(dfoe))
```

Tableau de synthèse

```
OEVMESum <- dfoe %>% group_by(facade, dfoe[,index_eval[1]]) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  mutate(pct=count/sum(count)) %>%
  mutate(year = an_eval[1])
colnames(OEVMESum) <- c("facade", "statut", "nb_maille", "pct","annee")
```

```
for (i in 2:length(an_eval)){
  tmp <- dfoe %>% group_by(facade, dfoe[,index_eval[i]]) %>%
    summarise(count=n()) %>%
    mutate(pct=count/sum(count)) %>%
    mutate(year = an_eval[i])
  colnames(tmp) <- c("facade", "statut", "nb_maille", "pct","annee")
  OEVMESum <- rbind(OEVMESum, tmp)
}
```

```
write.csv(OEVMESum, file.path(res, "D01-HB-OE10-Ind12.csv"))
```

#Graphique

```
OE_plot <- ggplot(OEVMESum, aes(x=annee, y=pct, fill=statut)) +
  geom_bar(stat="identity", position = "dodge") +
  facet_grid(facade ~.) +
  geom_text(data=OEVMESum, aes(label=paste0(round(pct*100,0),"%"), y=pct+0.01), size=4,
  position = position_dodge(1)) +
  scale_fill_manual("Status", labels = c("Nulle", "Arrêt", "Réduction", "Stable", "Augmentation"), values = c("0_Nulle" = "gray", "1_Arrêt" = "dark green", "2_Reduction" = "light green", "3_Stable" = "Orange", "4_Augmentation" = "Red")) +
  theme(axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=0.5,vjust=0.6, size = 10)) +
  xlab("") + ylab("(% de l'aire des Ecosystèmes Marins Vulnérables")
```

```
OE_plot
```

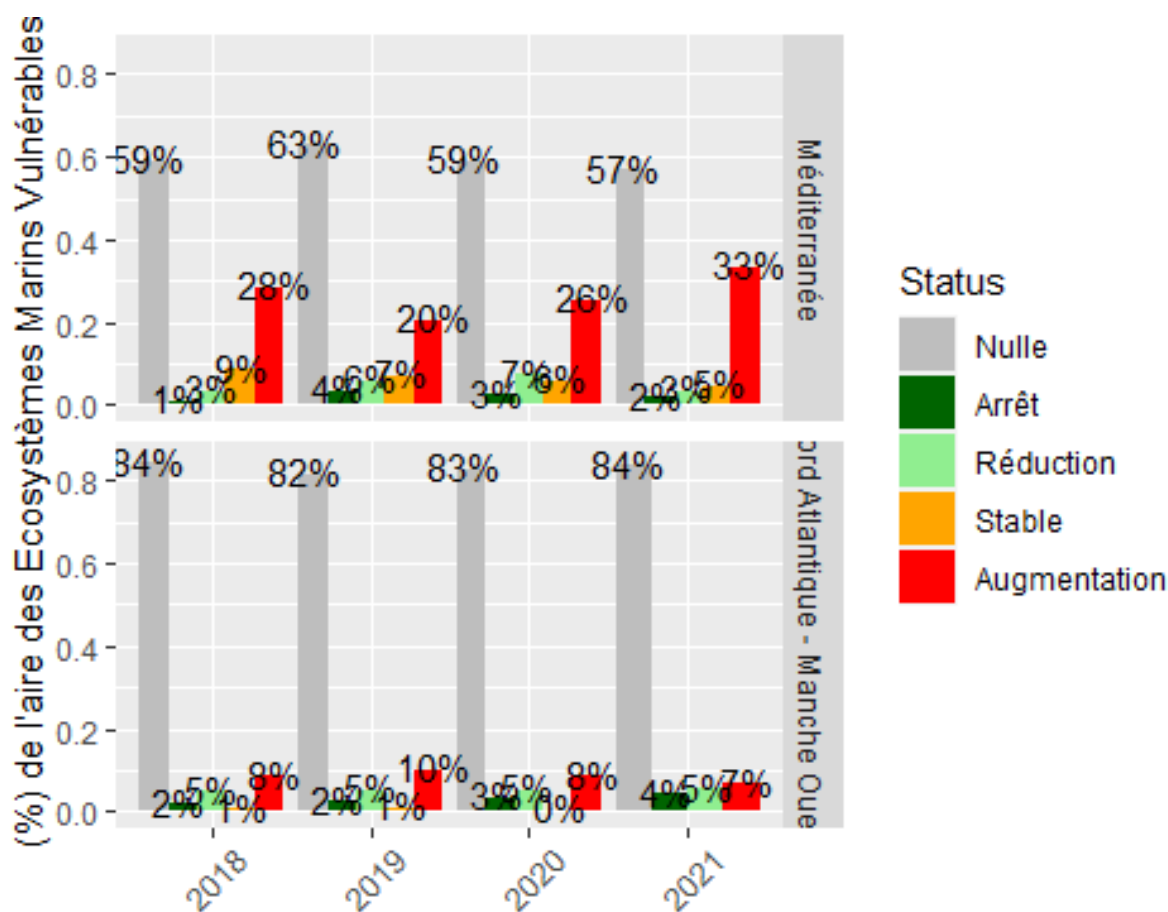


Figure. Evolution de La pression d'abrasion sur Les Ecosystèmes Marins Vulnérables profonds de Manche-Atlantique et de Méditerranée sur La période 2018 - 2021.

```
ggsave(file.path(res, "D01-HB-0E10-Ind12.png"), plot = OE_plot, dpi = 400, height = 8, width = 8)
```

5. Evaluation du statut des structures géomorphologiques particulières

Le statut des Structures Géomorphologiques Particulières (SGP) est évalué en fonction des valeurs prises par les premier et troisième quartiles de la distribution des valeurs d'abrasion à l'année N, et leur comparaison à la valeur de référence. Le statut d'abrasion de chacune des mailles associées à une SGP peut prendre cinq états: - un arrêt de la pression, si l'abrasion au cours de l'année d'évaluation est nulle et la valeur de référence non nulle; - une réduction, si le troisième quartile de l'abrasion est inférieure à la valeur de référence; - une augmentation, si le premier quartile de l'abrasion est supérieur à la valeur de référence; - une stabilité, si la valeur de référence est comprise entre les premier et troisième quartile; - Nulle, si l'abrasion a toujours été nulle. Le script ci-dessous calcul ce statut pour chacune des mailles de la ZEE de France métropolitaine. Le script ci-dessous associe à chacune des mailles associées à une SGP les données relatives à la valeur de référence de l'abrasion ainsi qu'aux premier et troisième quartiles de la distribution des valeurs d'abrasion puis calcul le statut de chaque maille pour chaque année à évaluer.

```
# Extraction du premier (Q1) et troisième (Q3) quartiles de la distribution des valeurs d'abrisation pour chaque maille associée à un EMV puis calcul du statut de chaque maille. Extractions et calculs sont itérés pour chaque année à évaluer
for (i in 1:nlayers(p25_stack)){
  SGP_abra$Statusx <- NA
  SGP_abra$Q1x <- exact_extract(p25_stack@layers[i][[1]], SGP_abra, 'mean', progress = F)
  SGP_abra$Q3x <- exact_extract(p75_stack@layers[i][[1]], SGP_abra, 'mean', progress = F)
  SGP_abra$Statusx <- ifelse(SGP_abra$AbraRef > SGP_abra$Q3x, "2_Reduction", SGP_abra$Statusx)
  SGP_abra$Statusx <- ifelse(SGP_abra$AbraRef < SGP_abra$Q1x, "4_Augmentation", SGP_abra$Statusx)
  SGP_abra$Statusx <- ifelse(SGP_abra$AbraRef < SGP_abra$Q3x & SGP_abra$AbraRef > SGP_abra$Q1x, "3_Stable", SGP_abra$Statusx)
  SGP_abra$Statusx <- ifelse(SGP_abra$AbraRef > 0 & SGP_abra$Q3x == 0, "1_Arrêt", SGP_abra$Statusx)
  SGP_abra$Statusx <- ifelse(SGP_abra$AbraRef == 0 & SGP_abra$Q3x == 0, "0_Nulle", SGP_abra$Statusx)
  Q1 = paste("Q1_", substr(names(p25_stack)[i], 21,24), sep = "")
  Q3 = paste("Q3_", substr(names(p75_stack)[i], 21,24), sep = "")
  Status = paste("Status_", substr(names(p25_stack)[i], 21,24), sep = "")
  names(SGP_abra)[names(SGP_abra) == 'Q1x'] <- Q1
  names(SGP_abra)[names(SGP_abra) == 'Q3x'] <- Q3
  names(SGP_abra)[names(SGP_abra) == 'Statusx'] <- Status
}

```

Le script ci-dessous restitue les données géographiques sous forme de cartes interactives et d'un fichier shapefile au format ESRI.

```
###Ecriture de la couche shapefile finale
OE_H10_Ind4 <- dplyr::select(SGP_abra, AbraRef, srm_fr, Struct = Nom_Struct, Source, Abr2018 = Status_2018, Abr2019 = Status_2019, Abr2020 = Status_2020, Abr2021 = Status_2021)
st_write(OE_H10_Ind4, file.path(res, "DCSMM_OE_D01_HB10_SGP.shp"), append=FALSE)

## Deleting layer `DCSMM_OE_D01_HB10_SGP' using driver `ESRI Shapefile'
## Writing layer `DCSMM_OE_D01_HB10_SGP' to data source
## `e:/OE_D01_HB10/Resultats/DCSMM_OE_D01_HB10_SGP.shp' using driver `ESRI Shapefile'
## Writing 1026 features with 8 fields and geometry type Polygon.

###Représentation cartographique de l'indicateur 4
an_eval <- substr(grep("Status", colnames(SGP_abra), value=TRUE), 8, 11)
index_eval <- grep("Status", colnames(SGP_abra))

for (i in 1:length(an_eval)){
  SGP_abra$Colorx <- NA
  SGP_abra$Colorx <- ifelse(SGP_abra[[index_eval[i]]] == "0_Nulle", "#CCCCCC", SGP_abra$Colorx)
  SGP_abra$Colorx <- ifelse(SGP_abra[[index_eval[i]]] == "1_Arrêt", "#339933", SGP_abra$Colorx)
  SGP_abra$Colorx <- ifelse(SGP_abra[[index_eval[i]]] == "2_Reduction", "#66FF33", SGP_abra$Colorx)
  SGP_abra$Colorx <- ifelse(SGP_abra[[index_eval[i]]] == "3_Stable", "#FFCC00", SGP_abra$Colorx)
  SGP_abra$Colorx <- ifelse(SGP_abra[[index_eval[i]]] == "4_Augmentation", "#FF3300", SGP_abra$Colorx)
  annee <- paste("Color_", an_eval[i], sep = "")
  names(SGP_abra)[names(SGP_abra) == 'Colorx'] <- annee
}
index_color <- grep("Color", colnames(SGP_abra))

#Indicateur 4 - "Manche Est et mer du Nord"
ind4.shp.manche <- SGP_abra[SGP_abra$facade == "Manche Est et mer du Nord", ]
ind4.srm.manche <- regions[which(regions$srm_fr %in% ind4.shp.manche$srm_fr), ]

carte_ind4_manche <- tm_shape(ind4.srm.manche) + tm_borders() + tm_basemap("Esri.OceanBasemap")

```

```

for(i in 1:length(an_eval)){
label.config <- ind4.shp.manche %%%
dplyr::distinct(ind4.shp.manche[[index_eval[i]]], ind4.shp.manche[[index_color[i]])
names(label.config) <- c('Status', 'Color')
label.config<-arrange(label.config, Status)
fill <- names(ind4.shp.manche[index_color[i]])[1]
tmp.map <- carte_ind4_manche + tm_shape(ind4.shp.manche) +
tm_fill(fill) +
tm_layout (legend.position = c("left", "bottom")) +
tm_view(view.legend.position = c("left", "bottom")) +
tm_add_legend(type="fill", labels = label.config$Status, col=label.config$Color, title = an_eval[i])
assign(paste0("SGP_ind4_manche", an_eval[i]), tmp.map)
}

tmap_mode("view")
tmap_arrange(SGP_ind4_manche2018, SGP_ind4_manche2019,SGP_ind4_manche2020, SGP_ind4_manche2021, sync = TRUE)

```

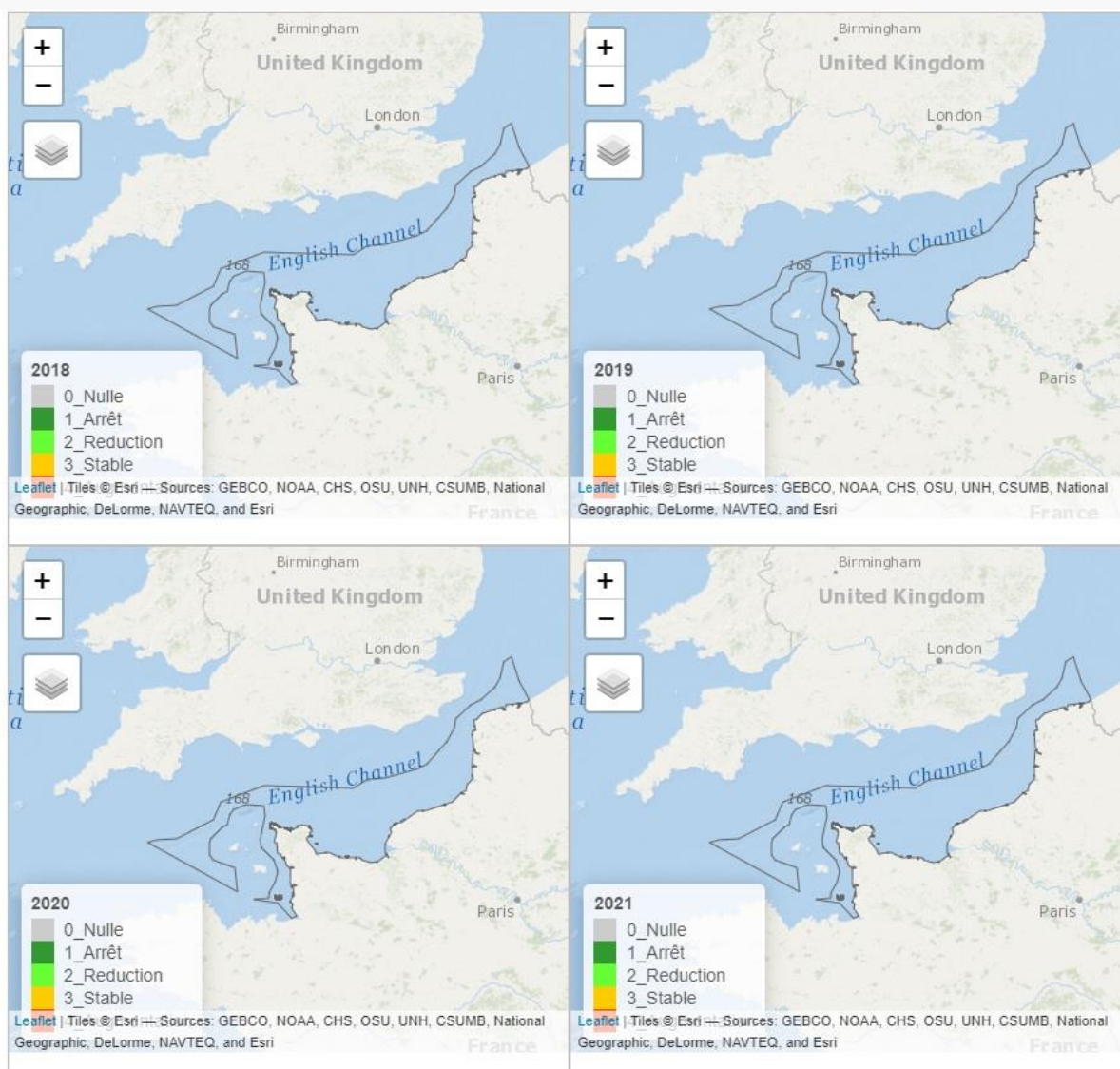


Figure. Carte de distribution des Structures Géomorphologiques Particulières de Manche Est et mer du Nord montrant L'évolution de La pression d'abrasion de 2018 à 2021 (La carte est dynamique dans un environnement R ou au format html).#

```

#Indicateur 4 - Atlantique et Manche Ouest
ind4.shp.atl <- SGP_abra[SGP_abra$facade == "Nord Atlantique - Manche Ouest", ]
ind4.srm.atl <- regions[which(regions$srm_fr %in% ind4.shp.atl$srm_fr), ]

carte_ind4_atl <- tm_shape(ind4.srm.atl) + tm_borders()

for(i in 1:length(an_eval)){
label.config <- ind4.shp.atl %>%
dplyr::distinct(ind4.shp.atl[[index_eval[i]]], ind4.shp.atl[[index_color[i]]])
names(label.config) <- c('Status', 'Color')
label.config<-arrange(label.config, Status)
fill <- names(ind4.shp.atl[index_color[i]])[1]
tmp.map <- carte_ind4_atl + tm_shape(ind4.shp.atl) +
tm_fill(fill) +
tm_layout(legend.position = c("left", "bottom")) +
tm_view(view.legend.position = c("left", "bottom")) +
tm_add_legend(type="fill", labels = label.config$Status, col=label.config$Color, title = an_eval[i])
assign(paste0("SGP_ind4_Atl", an_eval[i]), tmp.map)
}

tmap_mode("view")
tmap_arrange(SGP_ind4_Atl2018, SGP_ind4_Atl2019,SGP_ind4_Atl2020, SGP_ind4_Atl2021, sync = TRUE)

```

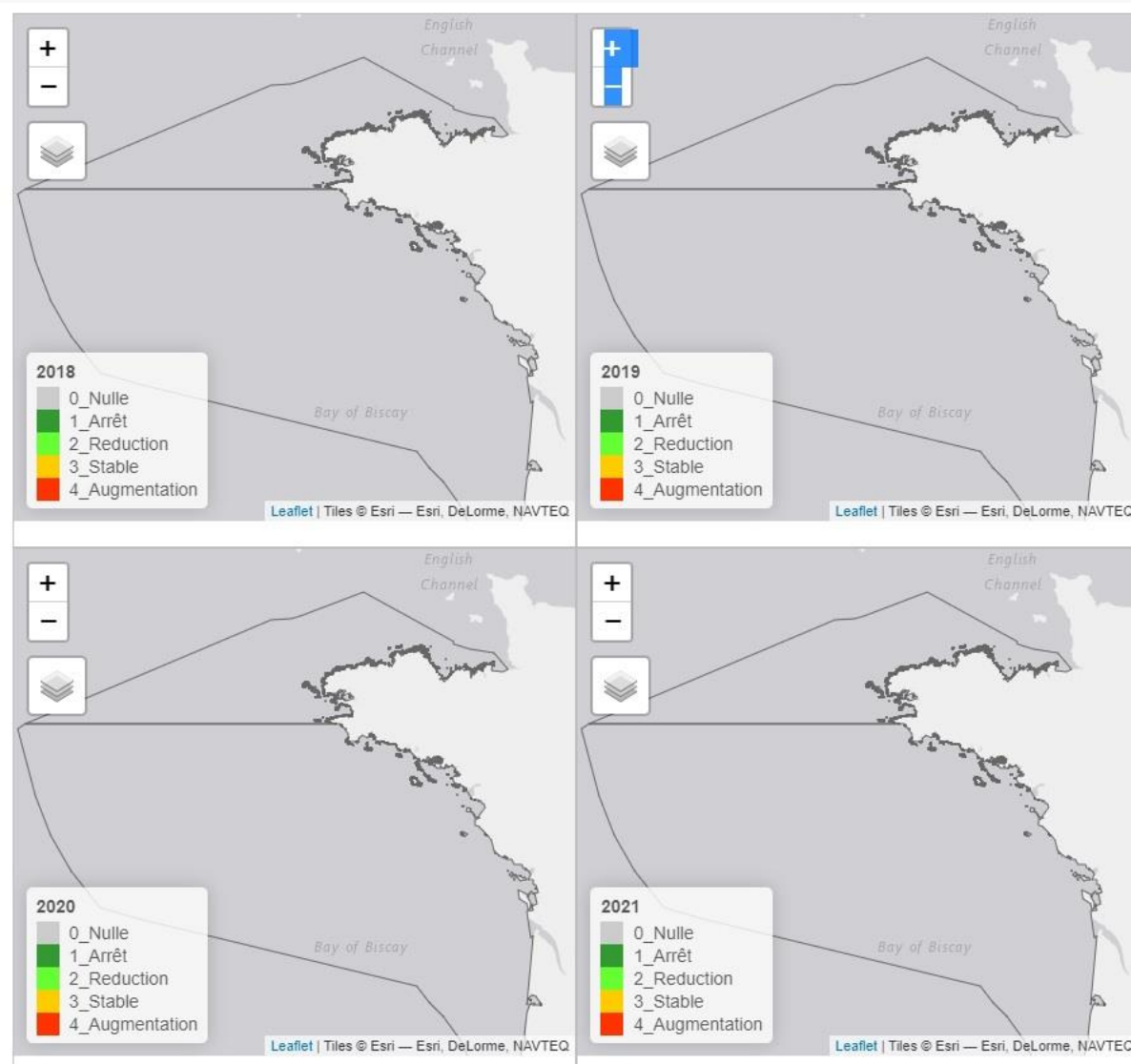


Figure. Carte de distribution des Structures Géomorphologiques Particulières d'Atlantique et Manche Ouest montrant L'évolution de La pression d'abrasion de 2018 à 2021 (La carte est dynamique dans un environnement R ou au format html).

#Indicateur 4 - Méditerranée

```
ind4.shp.med <- SGP_abra[SGP_abra$facade == "Méditerranée", ]  
ind4.srm.med <- regions[which(regions$srm_fr %in% ind4.shp.med$srm_fr), ]
```

```
carte_ind4_med <- tm_shape(ind4.srm.med) + tm_borders()
```

```
for(i in 1:length(an_eval)){  
  label.config <- ind4.shp.med %>%  
  dplyr::distinct(ind4.shp.med[[index_eval[i]]], ind4.shp.med[[index_color[i]]])  
  names(label.config) <- c('Status', 'Color')  
  label.config <- arrange(label.config, Status)  
  fill <- names(ind4.shp.med[index_color[i]])[1]  
  tmp.map <- carte_ind4_med + tm_shape(ind4.shp.med) +  
  tm_fill(fill) +  
  tm_layout (legend.position = c("left", "bottom")) +  
  tm_view(view.legend.position = c("left", "bottom")) +  
  tm_add_legend(type="fill", labels = label.config$Status, col=label.config$Color, title = an_eval[i])  
  assign(paste0("SGP_ind4_med", an_eval[i]), tmp.map)  
}
```

```
tmap_mode("view")
```

```
tmap_arrange(SGP_ind4_med2018, SGP_ind4_med2019, SGP_ind4_med2020, SGP_ind4_med2021, sync = TRUE)
```

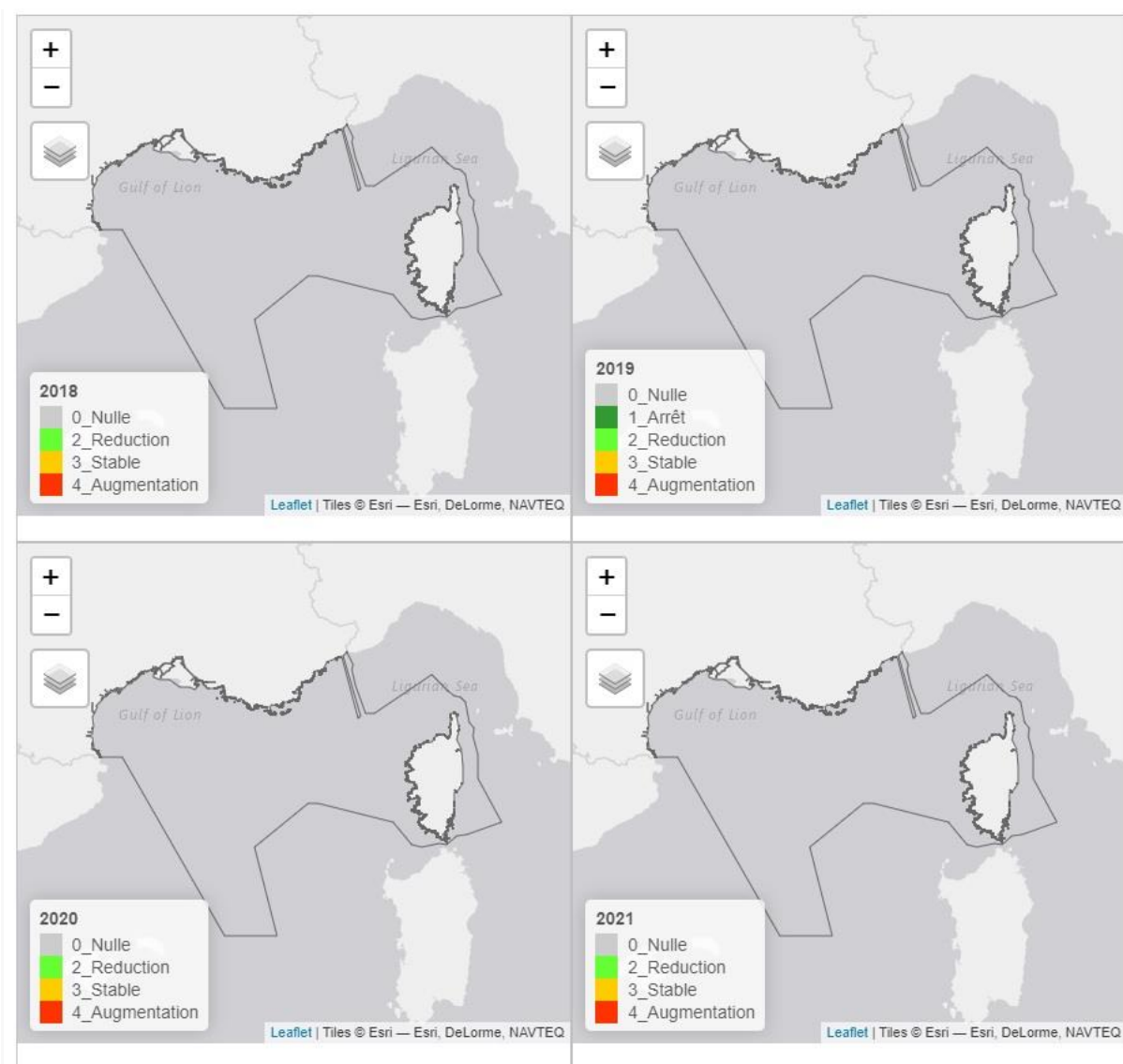


Figure. Carte de distribution des Structures Géomorphologiques Particulières de Méditerranée montrant L'évolution de La pression d'abrasion de 2018 à 2021 (La carte est dynamique dans un environnement R ou au format html).

Le script ci-dessous restitue les données géographiques sous forme d'un shapefile au format ESRI et les tableaux de synthèse résumant le statut des EMV par régions marines au format CSV.

###Tableaux de synthèse et représentation graphique

```
dfsgp <- as.data.frame(SGP_abra) # Tous Les EMV
dfsgp$facade <- F
dfsgp$facade <- ifelse(dfsgp$srm_fr == "golfe de Gascogne" | dfsgp$srm_fr == "mer Celtique et Manche Ouest", "Façade Nord Atlantique - Manche Ouest", dfsgp$facade)
dfsgp$facade <- ifelse(dfsgp$srm_fr == "Manche Est et mer du Nord", "Manche Est et mer du Nord", dfsgp$facade)
dfsgp$facade <- ifelse(dfsgp$srm_fr == "mer Méditerranée occidentale", "Méditerranée", dfsgp$facade)
```

Tous Les EMVs

```
an_eval <- substr(grep("Status", colnames(dfsgp), value=TRUE), 8, 11)
index_eval <- grep("Status", colnames(dfsgp))
```



```

# Tableau de synthèse
sgp.index <- dfsgrp %>% group_by(facade, dfsgrp[,index_eval[1]]) %>%
  summarise(count=n()) %>% #
  mutate(pct=count/sum(count)) %>%
  mutate(year = an_eval[1])
colnames(sgp.index) <- c("facade", "statut", "nb_maille", "pct","annee")

for (i in 2:length(an_eval)){
tmp <- dfsgrp %>% group_by(facade, dfsgrp[,index_eval[i]]) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  mutate(pct=count/sum(count)) %>%
  mutate(year = an_eval[i])
colnames(tmp) <- c("facade", "statut", "nb_maille", "pct","annee")
sgp.index<- rbind(sgp.index, tmp)
}

write.csv(sgp.index, file.path(res, "Abrasion_SGP.csv"))

# Graphique
sgp_plot <- ggplot(sgp.index, aes(x=annee, y=pct, fill=statut)) +
  geom_bar(stat="identity", position = "dodge") +
  facet_grid(facade ~ .) +
  geom_text(data=sgp.index, aes(label=paste0(round(pct*100,0),"%"), y=pct+0.01),size=4,
  position = position_dodge(1)) +
  scale_fill_manual("Status", labels = c("Nulle", "Arrêt", "Réduction", "Stable", "Augment
ation"), values = c("0_Nulle" = "gray", "1_Arrêt" = "dark green", "2_Reduction" = "light gr
een", "3_Stable" = "Orange", "4_Augmentation" = "Red")) +
  theme(axis.text.x=element_text(angle=45,hjust=0.5,vjust=0.6, size = 10)) +
  xlab("") + ylab("(% de l'aire des Structures Géomorphologiques Particulières")

sgp_plot

```

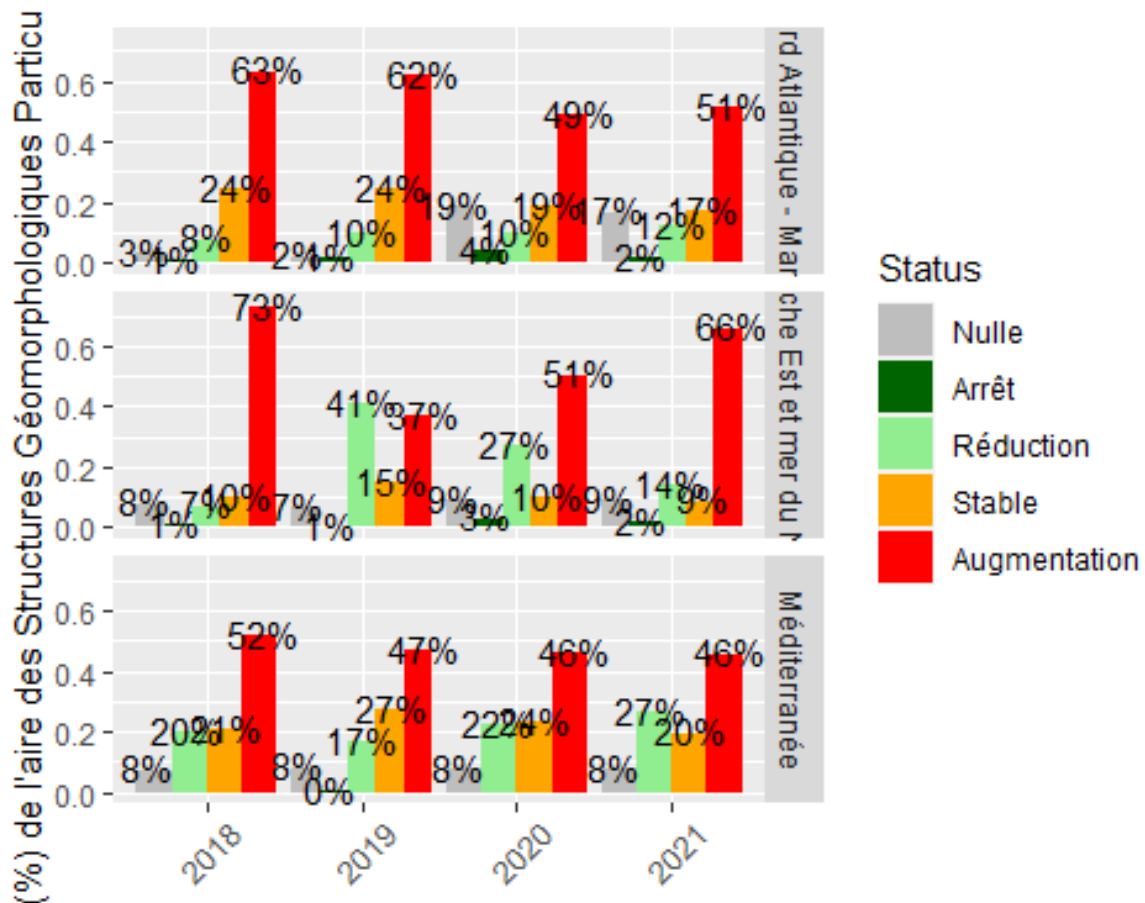


Figure. Evolution de la pression d'abrasion sur Les structures géomorphologiques particulières en Atlantique-Manche Ouest, en Manche Est et mer du Nord, et en Méditerranée sur la période 2018 - 2021.

```
ggsave(file.path(res, "EvalAbrasion_SGP.png"), plot = sgp_plot, dpi = 400, height = 10, width = 8)
```